UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA

JOÃO CLAUDIO ESTAIANO

**Impactos da Mineração de Areia em Planícies Fluviais Meândricas
da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: O caso do Rio Embu-Guaçu,
São Paulo – SP.**

São Paulo
2007

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA

**Impactos da mineração de areia em planícies fluviais meândricas
da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: O caso do Rio Embu-Guaçu,
São Paulo – SP.**

João Claudio Estaiano

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em Geografia Física.

Orientador: Profa. Dra. Cleide Rodrigues

São Paulo
2007

Agradecimentos

À Universidade de São Paulo pelos recursos materiais e humanos disponíveis.

Aos professores do Departamento de Geografia pelo conhecimento transmitido.

À Professora Cleide pela orientação e amizade, obrigado.

Aos professores Archimedes e Lylia pelas idéias discutidas e sugestões na fase de Qualificação.

À Prefeitura do Município de São Paulo, na pessoa do Senhor Laurindo, que nos atendeu prontamente e cedeu o mapeamento atualizado da área de estudo.

Ao Senhor Salvador da Cunha Filho (Dodinha), proprietário do porto de areia Ponte Alta Extração de Areia Ltda. que permitiu a nossa entrada na área e nos autorizou a utilizar os dados para realização desta pesquisa.

À Prominer Projetos S/C Ltda., nas pessoas de Ciro Terêncio, Milton Akira e Maria Regina, empresa que forneceu informações para realização desta pesquisa, infraestrutura na impressão dos mapas e textos, além do conhecimento compartilhado nestes últimos 9 anos.

À todos os amigos do escritório, em especial à Keiko, Paulo, Therys, Robson, Helena, Renan, Anderson, Fabrício, Fúlvio, Graziella, Lílian, Luzia, Juliane e Sr. Ivo pelos momentos de descontração e troca de conhecimento, e também:

À Alana pela amizade, ajuda e pela edição do trabalho.

Ao Jairo pela amizade e tradução do resumo para o inglês.

Ao Peter pela ajuda no uso do SIG e auxílio na confecção de figuras, valeu Zé.

Ao Geólogo Emanuel (Mané) pela amizade e pelos 7 anos de aprendizado sobre o mundo da geologia, muito obrigado.

Aos amigos Maurício, Fabiana e Sérgio.

À amiga Waldirene pelas inúmeras vezes que me socorreu com favores, obrigado.

Ao Michiel, um amigo para todas as horas, desde o acompanhamento nos trabalhos de campo até na confecção de gráficos e mapas, agradeço pela amizade e pelo aprendizado.

À minha irmã, sobrinhos, cunhados, primos e amigos de infância.

Ao Seu Mateus e Dona Maria pela ajuda e acolhida nestes 9 anos de convívio fraterno.

Aos meus pais, João e Maria, que com simplicidade sempre prezaram pela minha conduta e educação.

A Minha esposa Rosiane, companheira de todos os momentos, que com amor e dedicação me mostrou que era possível a realização desta pesquisa.

À Deus!

Muito obrigado à todos!

**À Rosiane,
com amor**

Resumo

Este estudo apresenta conhecimento geomorfológico sobre sistemas físicos meândricos e, em especial, busca o entendimento das atividades antrópicas sobre estes sistemas físicos, exemplificando assim um dos princípios fundamentais da Antropogeomorfologia ou Geomorfologia Antropogênica.

A pesquisa tem como objetivo a análise qualitativa e quantitativa das mudanças produzidas pelas atividades de mineração de areia em um compartimento fluvial da planície meândrica do Rio Embu-Guaçu, setor sul do município de São Paulo (SP).

O estudo das mudanças foi realizado com utilização da cartografia geomorfológica evolutiva como recurso analítico das condições do sistema físico em situação pré-intervenção e após 22 anos de extração de areia (situação durante intervenção). Para tanto, foram produzidos dois mapas geomorfológicos de detalhe da área de estudo: um, referente ao ano de 1981, e representa a morfologia original, o outro, referente à 2003, representa a morfologia antropogênica.

A seleção e representação das formas, materiais e processos que constituem os mapas geomorfológicos, bem como sua análise comparativa baseiam-se em um conjunto de geoindicadores considerados como parâmetros para interpretação qualitativa e quantitativa.

Palavras Chaves: Antropogeomorfologia, Mapeamento Geomorfológico, Geoindicadores, Mineração de areia, Rio Embu-Guaçu.

Abstract

This study presents the geomorphological knowledge about physical meandering systems and pursues the understanding of the anthropic activities effects on these physical systems, so characterizing one of the main principles of a anthropogeomorphology and anthropogenic geomorphology.

The main purpose of this research was the qualitative and quantitative analysis of the modifications performed by sand mining activities in a fluvial compartment of the meandering floodplain of the Embu-Guaçu river, in the southern section São Paulo county.

This study was performed with the application of evolutionary geomorphological cartography mapping as analytical tool for the physical system conditions in a pre-intervention situation and after 22 years of sand extraction (state during intervention). Two detailed geomorphological maps were produced: one refers to 1981 and presents the original morphology and the other to 2003 including the anthropogenic morphology.

The selection and representation of forms, materials and processes included in geomorphological maps as well as the comparative analysis were based upon a series of geoindicators considered as qualitative and quantitative interpretation parameters.

Key-Words: Anthropogeomorphology, Geomorphological Mapping, Geoindicators, Sand Mining, Embu-Guaçu river.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS	16
2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	20
2.1. ASPECTOS BÁSICOS E LOCALIZAÇÃO	21
2.2. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA: CONTEXTO REGIONAL	28
3 METODOLOGIA.....	33
3.1 REFERENCIAL TEÓRICO METODOLÓGICO.....	34
3.2 ANTROPOGEOMORFOLOGIA OU GEOMORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA	35
3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTUDO DE IMPACTOS DA MINERAÇÃO.....	43
3.4 MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO	44
3.4.1 Alguns Sistemas de Mapeamento Geomorfológico de Detalhe	47
3.4.2 Aplicação de Mapas Geomorfológicos	49
3.4.3. Construção de Mapas Geomorfológicos	51
3.5 PROCEDIMENTOS	53
3.5.1. Bases Cartográficas.....	55
3.5.2 Elaboração das Legendas	57
3.5.3 Compilação de Dados	61
3.5.4 Trabalhos de Campo.....	62
3.5.4.1 <i>Materiais de campo</i>	62
3.5.5 Análises e Correlações	63
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DE TEMAS CENTRAIS	64
4.1 PLANÍCIES FLUVIAIS MEÂNDRICAS NA BACIA DO ALTO TIETÊ.....	65
4.1.1 Planícies Fluviais Meândricas.....	65
4.1.2 Ocorrência de Planícies Fluviais Meândricas na Bacia do Alto Tietê.....	68
4.1.3 Ocupação de Planícies Fluviais Meândricas da Bacia do Alto Tietê.....	70
4.2 MINERAÇÃO DE AGREGADOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO	79
4.2.1 Recursos Minerais: Conceitualização e Importância	79
4.2.2 Ocorrência e Distribuição dos Minerais Não-Metálicos na Região Metropolitana de São Paulo	81
4.2.3 Contexto Histórico da Extração de Agregados na Região Metropolitana de São Paulo.....	85

4.2.3.1 Crescimento da metrópole paulista e as intervenções no meio físico.....	85
4.2.3.2 A mineração de areia de 1980 até os dias atuais – Um quadro de mudanças	91
4.2.4 Técnicas de Extração de Agregados.....	94
4.2.4.1 Extração de areia em leito de rios e represas.....	94
4.2.4.2 Extração de areia em planícies de inundação e morros	95
4.2.5 Impactos da Mineração Sobre o Modelado na Região Metropolitana de São Paulo: Uma Abordagem Geral	98
4.2.6 “Recuperação” de Áreas Degradadas pela Mineração de Agregados na Região Metropolitana de São Paulo.....	99

5 CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA RETROSPECTIVA E EVOLUTIVA DA PLANÍCIE DO RIO EM BU-GUAÇU: 1981-2003 106

5.1 O ESTÁGIO PRÉ-INTERVENÇÃO – MORFOLOGIA ORIGINAL.....	108
5.1.1 Formas	108
5.1.2 Materiais	113
5.1.3. Processos.....	128
5.2. - O ESTÁGIO DE INTERVENÇÃO ATIVA – MORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA ...	132
5.2.1 A Descrição das Formas Antropogênicas	132
5.2.1.1. Formas erosivas antropogênicas.....	134
5.2.1.2. Formas deposicionais antropogênicas	134
5.2.2 Derivação para Morfologia Antropogênica	141
5.2.3 Análise Comparativa entre a Morfologia Original e Morfologia Antropogênica: Mudanças nas Formas, Processos e Materiais.....	142
5.2.3.1 A mudança nas formas	146
5.2.3.2 A mudança nos materiais.....	147
5.2.3.2 A mudança nos processos.....	148

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 153

7 BIBLIOGRAFIA 157

ANEXOS 177

ANEXO A – ANÁLISE QUÍMICA DAS TURFAS.....	178
ANEXO B – EXEMPLOS DE BOLETINS DE SONDAGENS	182

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Geoindicadores propostos para o estudo de mudanças em planícies fluviais meândricas (escala 1:2.500).....	42
Tabela 2 – Alguns sistemas de mapeamento geomorfológico de detalhe	49
Tabela 3 – Proposição de legenda para o mapa geomorfológico de 1981 – Sistema Geomorfológico Original	59
Tabela 4 – Proposição de legenda para o mapa geomorfológico de 2003 – Morfologia Antropogênica.....	60
Tabela 5 – Principais hipóteses sobre a origem dos meandramentos	66
Tabela 6 – Quadro de intervenções em planícies fluviais na BAT	71
Tabela 7 – Estimativa de utilização dos recursos naturais da terra por reino.....	79
Tabela 8 – Exemplos de usos dos bens minerais pela sociedade moderna.....	79
Tabela 9 – Números de minas na RMSP e produção anual estimada.....	83
Tabela 10 – Material extraído mensalmente (m^3) - 1937.....	89
Tabela 11 – Técnicas de extração mineral de areia e brita na RMSP	99
Tabela 12 – Geoindicadores utilizados para o estudo de mudanças em planícies fluviais meândricas (escala 1:2.500).....	145

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Fluxograma mostrando a hierarquia fluvial do Rio Embu-Guaçu em relação à Bacia Hidrográfica do Tietê e seus principais formadores na BAT (região da Cidade de São Paulo – afluentes principais da margem esquerda do Rio Tietê).74
- Figura 2** - Imagem de satélite dos formadores do Rio Pequeno (Represa Billings) um dos poucos canais meândricos remanescentes preservados. Esta área foi objeto de estudos por parte de Estaiano em 2003. Fonte Google Earth (2004)..... 75
- Figura 3** - Trecho da confluência entre os Rios Embu-Guaçu e Ribeirão das Lavras, um dos raros remanescentes preservados na Bacia Hidrográfica do Guarapiranga. Fonte: Google Earth (2004)..... 76
- Figura 4** - Técnicas de dragagem hidráulica em leito de rios e represas. Fonte: IPT (2003)..... 94
- Figura 5** - Técnicas de Desmonte Mecânico, Fonte: IPT (2003). 97
- Figura 6** - Técnicas de desmonte hidráulico. Fonte: IPT (2003)..... 97
- Figura 7** - Ilustração da área por meio do Modelo Digital de Elevação do período pré-intervenção (1981). É possível observar a morfologia original com destaque para o terraço fluvial ao centro e a planície de inundação ocupando o setor com cores mais claras. Fonte: Mapa topográfico SMC/EMPLASA (1981), confecção: Michiel Wichers Schrage. (exagero vertical de 2,5X)..... 113
- Figura 8** - Perfil Típico da planície de inundação.**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 9** - Perfil típico do terraço fluvial.....**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 10** - Ilustração da área por meio do Modelo Digital de Elevação do período de intervenção ativa (2003) com o mesmo ângulo de visada da figura anterior. Nota-se a área mais rebaixada no centro da figura, trata-se da cava de mineração. Nesta imagem o terraço não é tão nítido e a planície de inundação apresenta área mais restrita próxima da mineração. Fonte: Mapa topográfico da PMSP (2003), confecção: Michiel Wichers Schrage..... 133
- Figura 11** - Gráfico de concentração de sólidos sedimentáveis no Rio Embu-Guaçu (pontos de coordenadas: A1 montante 321.150m E e 7350.025m N e A1 jusante 321.000m E e 7350.500m N)..... 151
- Figura 12** - Vazão diária do Rio Embu-Guaçu e vazão média anual..... 151
- Figura 13** – Perfis topográficos..... 152

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Mapa de Localização.....	23
Mapa 2 - Mapa da Rede Hidrográfica original do Alto Tietê na altura da Cidade de São Paulo. Notar os cursos d'água com os seus traçados originais. Fonte: Santos (1956).....	25
Mapa 3 – Contexto geológico regional e o Rifit Continental do Sudeste do Brasil – RCSB.....	29
Mapa 4 – Mapa Geomorfológico da RMSP.....	32
Mapa 5 – Área de recobrimento das aerofotos.	54
Mapa 6 – Base Cartográfica de 1981.....	56
Mapa 7 – Base Cartográfica de 2003.....	57
Mapa 8 – Mapa de 1930 – Rio Pinheiros na Altura da Cidade Universitária.....	77
Mapa 9 – Mapa de 1972 – Rio Pinheiros na Altura da Cidade Universitária.....	78
Mapa 10 – Mapa Geomorfológico da RMSP com a Localização das Minerações de Areia.....	84
Mapa 11 – Mapa de 1930 – Portos de Areia na Região da Vila Maria.....	90
Mapa 12 – Mapa Geomorfológico de Detalhe – Morfologia Original (1981).	107
Mapa 13 – Mapa Geomorfológico de Detalhe – Morfologia Antropogênica (2003).131	

1 INTRODUÇÃO

A realização desta pesquisa iniciou-se com objetivo de avaliar os efeitos da ação antrópica em sistemas fluviais meândricos dando continuidade a uma temática e abordagem metodológica iniciada em um estudo sobre mudanças morfológicas provocadas pela construção do Reservatório Billings na sub-bacia do Rio Pequeno (ESTAIANO, 2003a). Esse estudo auxiliou na compreensão da importância dos sistemas fluviais meândricos, e despertou o interesse em estudos de cunho geomorfológico para o entendimento dos sistemas físicos naturais, especialmente quando sofrem modificações por ação antrópica.

Na Região Metropolitana de São Paulo – RMSP, as planícies fluviais meândricas representam remanescentes de um sistema fluvial mais amplo e típico da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – BAT, atualmente restritas às regiões periféricas em decorrência do processo de urbanização que produziu diversas modalidades de ações antrópicas com diferentes graus de intervenção e velocidade de mudanças.

Antes que a expansão urbana atingisse as planícies fluviais impondo mudanças tão intensas como reversão de curso, retificações, canalizações e construção de barragens e de pontes (RODRIGUES, 2006), já se praticava a exploração de areia dos leitos dos principais rios da BAT, atividade que teve início nas primeiras décadas do século XX (SANCHEZ, 2003).

Cerca de 75% do total minerado atualmente na RMSP, refere-se à exploração de areia e rocha britada (BITAR, 1997) e há reservas minerais da ordem de 819.840 mil toneladas de brita e 264.959 mil toneladas de areia (SINTONI, 1994). Os dados demonstram a relevância econômica da atividade mineradora bem como sua importância na transformação dos sistemas naturais, e em especial, das características morfológicas e processuais ao realizar a remobilização de material em grande quantidade.

Assim, o estudo dos efeitos da atividade mineradora como ação de elevado grau de mudanças sobre o modelado fluvial, requer um referencial teórico-metodológico que considere o homem como agente modificador da superfície terrestre (por exemplo, NIR, 1983; TOY e HADLEY, 1987; RODRIGUES, 1997a, 2003, 2004 e 2005).

Tendo em vista contribuir para o conhecimento da geomorfologia fluvial da BAT, avaliar e dimensionar as mudanças realizadas por intervenções antrópicas,

destacando-se a mineração de areia, definiu-se como área de estudo um compartimento fluvial da Planície Meândrica do Rio Embu-Guaçu, sub-bacia da Bacia Hidrográfica da Represa Guarapiranga, porção sul do município de São Paulo.

Na área de estudo, implantou-se no início da década de 1980 a empresa Ponte Alta Extração de Areia Ltda., que extrai areia do terraço e planície fluvial, na margem esquerda do Rio Embu-Guaçu em seu alto curso. Trata-se de uma empresa regular e licenciada pelo Departamento Nacional de Produção Mineral e pela Cetesb e que aplica o desmonte mecânico e hidráulico como técnica extrativa. Iniciou sua atividade extraindo aproximadamente $2.000\text{m}^3/\text{mês}$, e, atualmente, extrai cerca de $6.000\text{m}^3/\text{mês}$. Entre 1995-1996 apresentou uma fase em que atingiu o volume de $10.000\text{m}^3/\text{mês}$. A flutuação de volumes extraídos explica-se pela demanda do mercado que apresenta oscilações de procura e não por mudanças na oferta de areia nas jazidas¹.

A avaliação e dimensionamento de mudanças exigem conhecimento das condições originais do sistema físico afetado, reconhecendo-se a **morfologia original**, a partir da qual as ações antrópicas se desenvolveriam gerando a **morfologia antropogênica** (RODRIGUES, 2005).

O recorte temporal nesta pesquisa abrange um período de 22 anos de atividade extrativa e é realizado por intermédio do mapeamento geomorfológico de detalhe da área de estudo para duas datas distintas: 1981 e 2003, e ambos na escala espacial 1:2.500. O procedimento, denominado cartografia evolutiva (RODRIGUES, 2004, 2005) justifica-se no plano analítico por permitir, graças ao mapa de 1981, o estudo da morfologia original, e com o mapa de 2003 a morfologia antropogênica. A análise comparativa entre os dois produtos cartográficos, acompanhada de levantamentos de campo para caracterização morfológica e dos materiais superficiais, permitiu o desenvolvimento de interpretação sobre as mudanças qualitativas e quantitativas do sistema físico selecionado.

A identificação e representação das formas, materiais e processos que constituem os mapas geomorfológicos desse estudo, bem como sua análise comparativa estão em concordância com a proposta dos **geoindicadores** voltados

¹ Estes dados foram retirados dos relatórios anuais de lavra e também de informações verbais fornecidas pelo engenheiro de minas, responsável técnico pela mineradora, Ciro Terêncio Russomano Ricciardi e pelo proprietário senhor Salvador da Cunha.

para estudos da urbanização no meio tropical úmido (RODRIGUES e COLTRINARI, 2004).

Espera-se que este trabalho contribua na compreensão dos impactos da mineração sobre o modelado, e se constitua como um exercício de aplicação de recursos teórico-metodológicos que voltados, também, para as atividades de licenciamento ambiental e de recuperação, principalmente aquelas ligadas ao planejamento físico-territorial na implementação de instrumentos técnicos e de gestão.

1.1 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

O objetivo geral deste estudo é avaliar qualitativamente e quantitativamente mudanças físicas provocadas pela ação antrópica sobre sistemas geomorfológicos fluviais, no caso, um compartimento fluvial da Planície Meândrica do Rio Embu-Guaçu, porção sul do município de São Paulo onde ocorre a atividade de mineração de areia.

O estudo das mudanças foi realizado por intermédio da cartografia evolutiva visando, num primeiro momento, a representação espacial da morfologia original que contempla a situação anterior à instalação da mineradora quanto aos parâmetros referentes a formas, processos e materiais (situação pré-intervenção - 1981). Em um segundo momento, obteve-se a representação espacial da morfologia antropogênica, que representa a situação na mesma área após 22 anos de extração de areia em trecho de terraço e planície fluvial (situação durante intervenção - 2003).

A fase analítica do estudo pretendeu a aplicação de parâmetros (geoindicadores) que favoreceram tanto análises qualitativas (por meio de inferências sobre processos e origem dos materiais) como também forneceram informações quantitativas sobre as mudanças desenvolvidas no sistema físico. Exemplos dessas informações quantitativas foram:

- relacionadas à morfologia original: áreas da planície e do terraço, (em m²), área de inundação (em m²), área da cobertura vegetal de ocorrência no terraço e na planície

(em m^2), estimativa de volume (em m^3) e profundidade média (em m) dos sedimentos fluviais, e

- relacionadas à morfologia antropogênica: volume médio (em m^3) de sedimento retirado até a data do mapeamento (2003), estimativas de volume de rejeitos depositados (em m^3), da área (em m^2) desmatada.

A aplicação conjunta do mapeamento geomorfológico e dos geoindicadores permitem avaliar até que ponto a mineração de areia provoca mudança na morfologia do terreno pelos processos de escavação visando retirada e remanejamento dos materiais que provocam aceleração de alguns processos geomorfológicos e diminuição de outros.

Assim, definem-se os seguintes objetivos específicos:

- aplicar a proposição de geoindicadores em áreas urbanas;
- produzir dois mapas geomorfológicos de detalhe e testar a cartografia evolutiva como recurso analítico;
- contribuir para a pesquisa da geomorfologia fluvial propriamente dita, e para a abordagem do antrópico.

Considerando-se que a configuração espacial atualmente predominante no planeta apresenta modificações decorrentes da ação antrópica, torna-se fundamental o conhecimento dos impactos gerados pelas diversas modalidades de intervenção sobre o meio físico. Selby (1982) estima que apenas 15% da superfície terrestre encontra-se em seu estado natural.

Com a crescente demanda por recursos minerais na RMSP, novas áreas são exploradas ou ampliadas. Entender as mudanças ocasionadas nas formas de relevo poderá contribuir para o planejamento da atividade mineradora tendo em vista a recuperação das áreas degradadas. O uso efetivo da informação e de técnicas geomorfológicas podem auxiliar no entendimento dos impactos nas formas, materiais e processos em sistemas físicos geomorfológicos, tais como, o sistema fluvial meândrico sob estudo, e dessa forma contribuir para o equacionamento de problemas relacionados à previsão de impactos e recuperação de áreas degradadas (HART, 1986).

Rodrigues (1997a) considera que na maioria dos casos os trabalhos realtivos à recuperação de áreas degradadas pela mineração focalizam assuntos como a recomposição florestal e controle da qualidade das águas gerados pelos efluentes líquidos. Os cuidados com o entendimento do quadro pré-intervenção são quase sempre negligenciados sendo que os dados geomorfológicos, quando analisados, não consideram os estágios de *antes*, *durante* e *depois* da lavra.

A área de estudo é um compartimento fluvial, um setor da bacia hidrográfica do Rio Embu-Guaçu, que aflui para a Represa Guarapiranga, cuja área de drenagem constitui uma sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê e está localizada na área sul da RMSP. Deste fato decorre que a pesquisa apresenta múltipla importância:

- A reconstituição histórica dos processos de apropriação e extração mineral na RMSP que relaciona-se ao desenvolvimento do processo urbano-industrial paulista que “polariza” a economia nacional;
- O Rio Embu-Guaçu é o principal contribuinte da represa Guarapiranga, que abastece cerca de 20% da população da RMSP, constituindo parte da área de mananciais sul. Assim, o conhecimento sobre os processos que ocorrem em sua bacia hidrográfica resguarda a possibilidade de fornecer informações para o entendimento das características qualitativas e quantitativas das águas da Represa;
- Pode servir como subsídio para análise da Lei de Proteção aos Mananciais, que dispõe sobre tipos e densidades de uso e ocupação da área de estudo;
- O estudo acrescenta conhecimento sobre a história natural da metrópole paulista, pois a planície do Rio Embu-Guaçu representa um remanescente do sistema fluvial meândrico que caracterizava a BAT até as primeiras décadas do Século XX;
- Trata-se de uma das únicas áreas no município de São Paulo que ainda possuem efetiva atividade mineradora, o que possibilita o acompanhamento das condições físicas e técnicas que se estabelecem durante a situação de perturbação ativa;
- Amplia o conhecimento a respeito da morfologia e processos que caracterizam o modelado de relevante área urbana situada no meio tropical úmido.

É neste contexto que esta pesquisa se insere, visando produzir conhecimento sistematizado a respeito dos impactos da mineração sobre o meio físico natural.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1. ASPECTOS BÁSICOS E LOCALIZAÇÃO

A área de estudo localiza-se na área sul da RMSP, no Bairro Ponte Alta, Distrito de Parelheiros, Município de São Paulo, próxima às divisas com os municípios de Itanhaém e Embu-Guaçu e apresenta uma área de cerca de 50.000m² referenciada pelas coordenadas geográficas 23° 56' 35"S e 23° 57' 40"S e 46° 44' 56"W e 46° 45' 50"W.

O município de São Paulo apresenta características de grande metrópole, com uma população superior a 10 milhões de habitantes, com um índice elevado de urbanização e industrialização. No entanto, a área ocupada pela Mineração Ponte Alta, no município de São Paulo, apresenta características tipicamente rurais do ponto de vista da do uso do espaço sendo comum a presença de pequenas chácaras e sítios, assim como áreas ocupadas por mata nativa e reflorestamento de eucalipto. Ao longo das estradas de acesso é possível observar o baixo índice de ocupação da área, contrastando com as áreas urbanizadas do município de São Paulo (fotos 1 e 2).

FOTO 1 – Estrada da Ponte Alta nas proximidades da Mineração, no Município de São Paulo. A ocupação ao longo da estrada se dá por pequenas chácaras. Fonte: João Claudio Estaiano (2006).

FOTO 2 – Estrada da Ponte Alta no acesso ao porto de areia, mostrando o uso do solo predominante, áreas de mata, com manchas de reflorestamento e presença de pequenas propriedades. Fonte: Arquivo Prominer (1994).

A área ocupada pela mineração apresenta um alto grau de preservação do meio físico em relação à maior parte do Município de São Paulo. Configura-se em um sistema fluvial meândrico preservado remanescente com representatividade para realização de um estudo sobre impacto da mineração sobre o modelado.

Trata-se de um trecho da planície no alto curso do Rio Embu-Guaçu, local onde a Mineração Ponte Alta se instalou e localiza-se na Bacia Hidrográfica do Reservatório Guarapiranga, na porção sul da área drenada pelo Rio Tietê na Metrópole Paulista (ver Mapa 1 – Mapa de Localização).

Regionalmente a área se localiza na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – BAT, que corresponde a 70% da Região Metropolitana de São Paulo, drenando uma área de 5.650 km² (EMPLASA, 2005 e DAEE, 2005). Sua rede hidrográfica manifesta sua maior expressividade ao formar o Rio Tietê e seus principais contribuintes, destacando-se o Rio Pinheiros.

LOCALIZAÇÃO DA RMSP EM RELAÇÃO AO BRASIL E O ESTADO DE SÃO PAULO

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

BACIA HIDROGRÁFICA DO GUARAPIRANGA

REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO-RMSP COM LIMITE DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

FONTE: BASE AEROFOTOGRAMETRIA E PROJETOS, OBRA 829, FX. 128, FOTO 5006, ESCALA ORIGINAL 1:8.000

AEROFOTOGRAFIA (2003)

O Rio Pinheiros, retificado desde a década de 1930, tem como principais contribuintes duas bacias hidrográficas: a do Reservatório Billings, bacia hidrográfica do Rio Grande, e do Reservatório Guarapiranga, bacia hidrográfica do Rio Guarapiranga. Esta última tem, como principal afluente, o Rio Embu-Guaçu, que antes da construção do reservatório era o principal afluente do Rio Guarapiranga. O Rio Embu-Guaçu nasce no reverso da Serra do Mar, na divisa com o município de Itanhaém, e próximo à sua cabeceira é nitidamente orientado por estruturas geológicas, onde permanece encaixado. Em seu percurso planalto adentro, drena terrenos aluvionares por onde divaga em uma planície que se alarga a medida em que recebe afluentes. Sua planície de inundação, com menor extensão à montante da área da mineração, se amplia gradualmente, esta demonstrada pela extensão dos pacotes sedimentares quaternários, registrados nos mapas geológicos. Tais aspectos também são observados ao longo dos maiores afluentes que próximo à foz apresentam características análogas a do coletor principal, como é o caso do Ribeirão Vermelho (mapa 2).

À jusante da confluência com o ribeirão Vermelho, na altura da cidade de Embu-Guaçu, o local toma a forma mais expressiva de uma planície de inundação com drenagem labiríntica, com uma larga planície de inundação e formas típicas deste ambiente (foto 3). Mais a jusante o rio se encontra com as águas do reservatório onde a planície encontra-se afogada, mas apresenta trechos expostos quando o nível do reservatório diminui (área de remanso).

Este sistema fluvial pode ser considerado, na bacia do Alto Tietê, como um remanescente de curso fluvial meândrico, com morfologia que não sofreu grandes alterações a montante da cidade de Embu-Guaçu.

Em boa parte de seu curso, o rio Embu-Guaçu apresenta as aluviões constituídas por areia, cascalhos conglomeráticos intercalados à lentes lamíticas, por vezes apresentando horizontes superficiais ricos em matéria orgânica e ocorrência de turfeiras (VASCONCELOS, 2000).

Mapa 2 - Mapa da Rede Hidrográfica original do Alto Tietê na altura da Cidade de São Paulo. Notar os cursos d'água com os seus traçados originais. Fonte: Santos (1956)

Na área de estudo, predominam de três formas de relevo: a planície fluvial com suas feições deposicionais características, o terraço fluvial com pacotes de turfa e solo orgânico e os morros.

No trecho estudado a planície de inundação apresenta uma drenagem meândrica com meandros abandonados e canais paralelos (rios tipo yazoo). Quanto ao material superficial, ocorre em boa parte da área um solo negro turfoso, muito rico em matéria orgânica, com de cerca de 1,5 m de espessura. Sobre este solo, se assenta uma vegetação de porte baixo caracterizada por briófitas. Próximo ao canal na área do cinturão meândrico ocorrem matas ciliares assentadas nos diques marginais.

FOTO 3 – Um dos remanescentes preservados da Planície Fluvial Meândrica do Rio Embu-Guaçu, próximo à sua foz no Reservatório Guarapiranga. Observam-se os meandros entremeados por matas ciliares assentadas nos diques marginais e em alguns cordões marginais convexos. Fonte: Estaiano (2003a apud SABESP, 2002).

FOTO 4 – Área do avanço da frente de lavra atual. Observa-se ao fundo, na parte superior do perfil camada escura de um solo turfoso escuro rico em matéria orgânica. Esta área aberta pelos processos extrativos estava originalmente coberta por essa camada de turfa. O perfil de intemperismo do topo ao fundo da cava ultrapassa 20 metros de profundidade. É possível notar as várias cores das paredes dos taludes lavados por jatos de água que desagregam as partículas do perfil de intemperismo. Fonte: João Claudio Estaiano (2006)

2.2. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA: CONTEXTO REGIONAL

Os grandes compartimentos de relevo do Sudeste Brasileiro apresentam, na região de São Paulo, antigos planaltos diferenciados regionalmente pelas condições pedológicas morfológicas e climáticas e pela constituição geológica de seus terrenos (AB'SÁBER, 2004). Na área constituída por terrenos cristalinos pré-cambrianos ocorrem rochas marcadas por fortes deformações de origem tectônica. Tais deformações ocorreram ao longo do pré-Cambriano e em durante as reativações da crosta, que originaram falhamentos com deslocamento de blocos, refletidos na morfologia dos relevos do Planalto Atlântico (ALMEIDA, 1964; IPT, 1981a).

Hasui, *et al.* (1975) atribuem à área onde se insere a BAT a denominação de Cinturão de Dobramentos do Ribeira, também denominado Região de Dobramentos do Sudeste (HASUI, *et al.*, 1977). Em geral na área de dobramentos ocorrem rochas supracrustais de baixo a médio grau metamórfico, com predomínio de granitos e gnaiss-migmatíticos. Ocorrem também gnaisses, xistos, filitos, quartzitos, entre outras rochas de ocorrência menos expressiva. A Região de Dobramentos do Sudeste, em sua porção paulista, é representada pelos grupos geológicos Açungui e São Roque (IPT, 1981a). Esses grupos geológicos são faixas com grande diversidade litológica, divididos por falhamentos transcorrentes reativados no Cenozóico, que definem, grosso modo, parte da compartimentação regional do relevo da Bacia do Alto Tietê (RODRIGUES, 2006).

A área do Cinturão de Dobramentos do Sudeste de idade Neoproterozóica (RICCOMINI *et al.*, 2004), esteve sujeita, no final do Período Jurássico, a fenômenos relacionados à reativação da plataforma (Reativação Wealdeniana), com evolução que culminou com a abertura do Atlântico. Neste período de instabilidade da crosta, instalou-se em uma densa trama de falhas transcorrentes reativadas, uma feição alongada e deprimida com cerca de 900 km de comprimento, seguindo grosso modo a linha de costa, desde Curitiba-PR à Itaboraí-RJ. Essa feição tectônica de idade provavelmente Cenozóica foi denominada por Riccomini (1989) como Rift Continental do Sudeste do Brasil – RCSB.

Ao longo dessa alongada estrutura, em locais onde se formaram expressivas depressões, ocorreram processos de sedimentação que deram origem a bacias

trafegênicas cenozóicas – ver mapa 3 (RICCOMINI e COIMBRA, 1992). Neste contexto de evolução geológica do sudeste do Brasil, deu-se início ao desenvolvimento da Bacia Sedimentar de São Paulo. A bacia encontra-se instalada em um *hemi-graben*, basculado para NNW com preenchimento de sedimentos de origem terciária. São reconhecidas as formações São Paulo, Itaquaquecetuba, Resende e Tremembé (COUTINHO, 1989; MELO et al., 1989; RICCOMINI et al., 2004).

- Contexto geológico regional do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) - 1) embasamento pré-cambriano; 2) rochas sedimentares paleozóicas da Bacia do Paraná; 3) rochas vulcânicas toleíticas eocretáceas da Formação Serra Geral; 4) rochas relacionadas ao magmatismo alcalino mesozóico-cenozóico; 5) bacias cenozóicas do rift (1- Bacia de Itaboraí, 2- Gráben de Barra de São João, 3- Bacia do Macacu, 4- Bacia de Volta Redonda, 5- Bacia de Resende, 6- Bacia de Taubaté, 7- Bacia de São Paulo, 8- Gráben de Sete Barras, 9- Formação Pariquera-Açu, 10- Formação Alexandra e Gráben de Guaraqueçaba, 11- Bacia de Curitiba, 12- Gráben de Cananéia); 6) zonas de cisalhamento pré-cambrianas, em parte reativadas durante o Mesozóico e Cenozóico.

Fonte: Riccomini, et al., 2004

Mapa 3 – Contexto geológico regional e o Rift Continental do Sudeste do Brasil – RCSB.

Os sedimentos da bacia de São Paulo distribuem-se por uma área de cerca de 1500km². Em sua porção norte exibe um bordo retilíneo, condicionado pelas falhas de Taxaquara e Jaguari, na porção sul ocorrem contatos irregulares com as rochas do embasamento cristalino. São ramificações que interpenetram sobre o embasamento cristalino nas porções sul da BAT, ao sul de Interlagos, Bororé e Cipó (RICCOMINI, et al., 1992; RICCOMINI e COIMBRA, 1992, CUCHIERATO, 2000).

Essa diversidade geológico-estrutural reflete diretamente no relevo e no modelado da BAT, que apresenta morfologia diversificada. Nos terrenos da bacia sedimentar de São Paulo o relevo em geral apresenta baixa dedividade, com

ocorrência de colinas com topos aplanados, patamares planos entre terraços fluviais e planícies de inundação dos principais rios que as drenam. Os terrenos cristalinos apresentam maior diversidade, com formas de relevo de maiores amplitudes topográficas. São formas caracterizadas por morros com vertentes inclinadas, com topos convexos e pequena amplitude interfluvial, ocorrem também serras restritas e grandes escarpamentos de falha da Serra do Mar (ver mapa 4).

Regionalmente, a área de estudo encontra-se inserida no domínio dos Mares de Morros, caracterizado pela complexidade de formas modeladas em terrenos cristalinos e sedimentares devido à ação principal do intemperismo químico. (AB'SÁBER, 1966).

A área encontra-se inserida no compartimento morfoestrutural do Cinturão Orogênico do Atlântico, na unidade morfoescultural do Planalto Atlântico (ALMEIDA, 1964; ROSS e MOROZ, 1997). Ab'Sáber (1957) afirma que o Planalto Atlântico corresponde a uma faixa de terrenos arqueanos e proterozóicos que se estendem desde os altos da Bocaina (1800-2100m) até a serra de Paranapiacaba (800-1000m), ao longo de uma região que corta o Estado de São Paulo, de nordeste para sudoeste, paralelamente à linha de costa.

O Planalto Atlântico encontra-se subdividido em zonas e subzonas. A área sob análise encontra-se no domínio da zona do Planalto Paulistano, na subzona Morraria do Embu (ALMEIDA, 1964; IPT, 1981b, ROSS e MOROZ, 1997).

“O Planalto Paulistano se apresenta como uma área de cerca de 500km². Mostra-se como um planalto de relevo suavizado, de morros e espigões de modesta altura, que se drenam para o rio Tietê e seus afluentes a montante do sítio onde este rio alcança a serra do Itaquí. (...) a origem deste relevo está ligada a destruição da superfície do Japi e ao estabelecimento no Terciário, da superfície de erosão do alto Tietê (...)” (ALMEIDA, 1964, p.).

Segundo Almeida (1956, 1964) o Planalto Paulistano é delimitado pela Serra do Mar ao sul, e pela Serra da Cantareira ao norte. Esse planalto abriga colinas sedimentares e as planícies de inundação mais expressivas da metrópole paulista que se assentaram sobre a bacia sedimentar Terciária de São Paulo e terraços sedimentares quaternários. É circundado por terrenos modelados no embasamento cristalino (morros e serras) denominados de Sub-Zona da Morraria do Embu. Sobre o pacote sedimentar da Bacia Sedimentar de São Paulo desenvolveu-se um sistema de drenagem originalmente meandrante, representado principalmente pelos Rios

Tietê, Pinheiros e Tamanduateí que drenam vastas áreas das colinas, terraços fluviais e planícies de inundação da metrópole paulistana (ver mapa 2).

A Morraria do Embu (IPT, 1981b) está esculpida em terrenos do Complexo Embu formado por rochas cristalinas, migmatitos e gnaisses-migmatíticos (JULIANI, 1992). Na porção sul da BAT, especificamente nos limites da Bacia Hidrográfica do Reservatório Guarapiranga - BHG, o Complexo Embu ocorre em uma faixa de direção predominante que vai desde a porção sudeste da BHG, passa por Embu-Guaçu e Cipó até a faixa NE do corpo da represa, com predomínio de metassedimentos (VASCONCELOS, 2000).

Na interpenetração sobre terrenos cristalinos, na porção sul da BAT, nos limites da Bacia Hidrográfica da Guarapiranga – BHG, ocorrem sedimentos Terciários constituídos por intercalações entre arenitos e arenitos conglomeráticos a conglomerados além de lamitos e argilitos vinculados à época de preenchimento da Bacia Sedimentar de São Paulo, sendo reconhecidamente da Formação São Paulo (VASCONCELOS, 2000).

A Morraria do Embu (IPT, 1981b) apresenta morros e serras alongadas que foram esculpidos em rochas cristalinas antigas. Na porção sul do Planalto Paulistano, limitando com as escarpas da Serra do Mar, há morros convexos drenados por pequenos cursos d'água de primeira e segunda ordens que deságuam em coletores maiores que apresentam canal mais largo e regime diferenciado. São rios perenes que apresentam estreitas planícies de inundação, pequenos terraços fluviais e depósitos aluviais de areia e muitas vezes ocorrem depósitos de turfas que recobrem a planície e os terraços fluviais.

No mapa 4 – Mapa Geomorfológico da RMSP pode-se observar os compartimentos de relevo ocorrentes na RMSP. Batista (2002) e Rodrigues (2004) sistematizaram os principais mapeamentos geomorfológicos para região de São Paulo e produziram o mapa geomorfológico da RMSP. Ele representa a distribuição das principais unidades do relevo ocorrentes originalmente na região. A leitura do mapa possibilita a identificação de dois grandes compartimentos que condicionaram o modelado da área. A morfologia típica da bacia sedimentar de São Paulo: planícies fluviais meândricas, baixos terraços fluviais, e colinas, enquanto nos terrenos do embasamento cristalino há morros, serras restritas e escarpas de falhas.

Mapa 4 – Mapa Geomorfológico da RMSP.

3 METODOLOGIA

3.1 REFERENCIAL TEÓRICO METODOLÓGICO

Para seleção e utilização de referências teórico-metodológicas foi realizada a revisão bibliográfica que constituiu a etapa inicial deste estudo. Essa revisão permitindo coerência na elaboração do projeto de pesquisa, desde a definição de objetivos até orientações quanto a procedimentos. Essa pesquisa bibliográfica pode ser descrita, de maneira geral, do seguinte modo:

- ✓ *Área de estudo:* permitiu o reconhecimento de teorias sobre diversos aspectos que caracterizam a área de estudo, mas em decorrência dos objetivos da pesquisa destacam-se as obras relacionadas ao conhecimento geológico e geomorfológico (AB'SÁBER, 1952/53, 1956, 1957; ALMEIDA 1956, 1964, 1967; IPT, 1981a; 1981b, RICCOMINI, 1989, entre outros). Os resultados desta revisão bibliográfica estão presentes no capítulo 2.
- ✓ *Referencial teórico-metodológico:* necessário para o entendimento das orientações metodológicas adotadas para o desenvolvimento do estudo, bem como identificação dos conceitos de análise. Para compreensão da concepção teórica em torno da idéia do homem como agente geomorfológico (destacam-se: NIR, 1983; HART, 1986; TOY e HADLEY, 1987; LIMA, 1990; GOUDIE, 1993, GREGORY, 1994; RODRIGUES, 1997a, 1999, 2003, 2004, 2005; entre outros), para apreensão dos conceitos de morfologia original e morfologia antropogênica (RODRIGUES, 2005) e para noção de geoindicadores (cita-se COLTRINARI, 1996; RODRIGUES e COLTRINARI, 2004 e KANIL, 2006). Resultados apresentados no item 3.2, sendo que conceitos e demais concepções permeiam toda a pesquisa.
- ✓ *Mapeamento geomorfológico:* devido à relevância do mapa geomorfológico para o estudo distingue-se este item no qual se destaca a evolução do mapeamento geomorfológico (KLIMASZEWSKI, 1982, 1988 e 1990), informações sobre a legenda unificada e procedimentos auxiliares no mapeamento geomorfológico de detalhe (DEMEK, 1972), orientações metodológicas de mapeamentos seguidos nesta pesquisa e legenda da França (TRICART, 1965; CNRS, 1971; COLTRINARI, 1975, 2003; LIMA, 1990), revisão sobre as diversas escalas de mapeamento geomorfológicos, além de

uma discussão sobre a sua confecção por meio do SIG (GUSTAVSON, 2005 e 2006; GUSTAVSON, et al., 2006). Uma síntese da revisão sobre a temática consta no item 3.4.

- ✓ *Geomorfologia Fluvial*: referencial adotado como suporte teórico para o entendimento do sistema físico sob análise – sistema fluvial meândrico, fornecendo conceitos e explicações necessários às interpretações sobre as condições originais e as que se estabeleceram com a ação antrópica. No capítulo 4 estão apresentados os conceitos e as explicações que mediaram as análises (LEOPOLD *et al.*, 1964; CHISTOFOLETTI, 1981), e sobre o sistema fluvial meândrico da Bacia do Alto Tietê, (destacam-se AB’SÁBER 1957, 1978 e 2000a e TAKIYA, 1997);
- ✓ *Mineração de agregados na RMSP*: voltado ao entendimento da distribuição das principais jazidas de areia na RMSP, e técnicas extrativas, pois os dois níveis de informações são necessários para análises da morfologia original e da morfologia antropogênica. Também no capítulo 4 há uma síntese da revisão bibliográfica sobre o tema. (Destacam-se: AB’SÁBER, 1978; BITTAR, 1997; SANCHEZ, 2003).

3.2 ANTROPOGEOMORFOLOGIA OU GEOMORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA

A geomorfologia, desde seu reconhecimento como ciência no final do século XIX, buscou explicações sobre a origem e evolução das formas de relevo, seja por meio de modelos ou pela incorporação de novas metodologias e técnicas que contribuíram para sua edificação científica (PITTY, 1982; ABREU, 1982 e 1983; HART, 1986). As várias linhas de pesquisa almejavam elucidar os aspectos naturais que impunham uma morfologia a cada área, considerando as forças naturais por meio da interpretação de eventos passados e atuais e comparando os vários relevos do planeta. Desta forma, apresentavam-se modelos e teorias que davam suporte a interpretações genéticas e também aquelas ligadas à dinâmica processual, conjuntamente responsáveis pela diversidade de formas da superfície terrestre.

Até meados do século XX, destacaram-se teorias e modelos que objetivavam o entendimento da evolução do relevo e das forças naturais responsáveis por essa fase em que preponderou a pesquisa geomorfológica histórica. Menciona-se, por exemplo, os modelos de evolução do relevo propostos por Davis (1989), Penck, (1924) e Hack (1960). Os efeitos das intervenções humanas sobre o ambiente só começaram a ser estudados mais largamente a partir de 1950 (GREGORY, 1985 e GOUDIE, 1993).

O intenso processo de crescimento urbano-industrial, empreendido a partir de meados do século XX, desencadeou o aumento progressivo na utilização dos recursos naturais e modificação dos ambientes naturais devido ao acelerado processo de avanço das terras ocupadas pelas atividades de agropecuária, silvicultura, minerária, e áreas urbanas sobre as áreas naturais.

Neste contexto, o homem pode ser reconhecido como um agente modificador da superfície terrestre, provocando diretamente ou indiretamente mudanças na morfologia, nos processos e no arranjo e propriedades dos materiais que compõem o relevo (NIR, 1983; SELBY, 1985; GREGORY, 1985 e 2004; HART, 1986; GREGORY e WALLING, 1987; TOY e HADLEY, 1987; ROSS, 1990; LIMA, 1990; GOUDIE, 1993, 1993; BERGER, 1996; COLTRINARI, 1996; PANIZZA, 1996; RODRIGUES, 1997a, 1999 e 2004 e 2005, entre outros).

Conforme esta abordagem o homem é autor de mudanças e assim surgiram estudos voltados para transformações ocorridas no relevo terrestre por ação humana. Foi o que Nir (1983) denominou de *Antropogeomorfologia* ou, segundo Rodrigues (1997a) *Geomorfologia Antropogênica*.

A identificação do homem como agente modificador da superfície terrestre pela geomorfologia é um fato recente. Pesquisadores precursores das ciências naturais e, posteriormente, especialistas nas ciências da terra (geólogos, geógrafos, etc.) não percebiam o poder do homem como agente geomorfológico capaz de alterar a superfície terrestre (GOUDIE, 1993).

Obras editadas no meio do século XIX já suscitavam o assunto de considerar o homem como um agente modificador do relevo. Gregory (1985) e Gregory e Walling (1987) apresentam uma revisão bibliográfica sobre esta perspectiva. Os autores destacam que um dos marcos iniciais se deu com a

publicação da obra *Man and Nature*, de Marsh (1864), que apresentou novas perspectivas aos estudos que demonstram a importância da consideração das mudanças produzidas pela atividade humana. Segundo Rodrigues (1997a) a partir dessa publicação começaram a surgir novos estudos, no entanto, até a década de 1960, essas obras apesar de possuírem uma base de consideração da variável antrópica, não tinham sido formuladas para esse fim.

A partir dos debates sobre questões ambientais iniciados em meados dos anos de 1970, graças à efetiva preocupação com o aquecimento global, a desertificação de terras e os desdobramentos desses processos no ambiente, despontavam estudos que consideravam o homem como modificador da biosfera. Nesse mesmo período ocorria na geomorfologia maior ênfase com essa mesma preocupação. Historicamente, houve uma retração dos estudos que contemplavam a cronologia de denudação, que esteve em voga até meados do século passado, em função da expansão dos estudos que incorporavam os processos geomorfológicos e, posteriormente, a necessidade do entendimento do homem como agente geomorfológico devido às pressões exercidas sobre o ambiente (NIR, 1983; GOUDIE, 1993).

O entendimento das mudanças causadas pela ação antrópica no relevo e no modelado é o cerne dos estudos da Antropogeomorfologia ou *Geomorfologia Antropogênica*. O reconhecimento do homem como agente geomorfológico implica na compreensão de que as relações entre o homem e o relevo não se dão somente na criação de uma nova morfologia. A atividade humana modifica taxas, intensidades, magnitudes, frequências e limiares dos processos geomorfológicos, além de retirar e remobilizar grandes quantidades de material (SELBY, 1985; RODRIGUES, 2004).

Os processos geomorfológicos naturais podem, então, ser intensificados, extintos ou ainda apresentarem desenvolvimento reduzido, desencadeando mudanças no equilíbrio do relevo e do modelado. O balanço geomorfológico determinado pela produção, retirada, transporte e deposição passa a ser transformado, atingindo os limiares para aceleração de processos que modificam, finalmente, as formas de relevo. Estes processos acontecem entre as interações rocha-solo-relevo e os agentes de transformação cobertura vegetal, água, clima e o homem. O entendimento dos processos físicos e bioquímicos que estruturam e

moldam o relevo, suas taxas de formação, incluindo as intervenções antrópicas conduzem à descrição e explicação do relevo terrestre (NIR, 1983, HART, 1986; TOY e HADLEY, 1987).

Rodrigues (1997a, 1999, 2004 e 2005) sintetizou os principais procedimentos metodológicos para o entendimento dos efeitos das ações antrópicas sobre o meio físico, em especial sobre o modelado. A saber:

- 1- *Observar ações humanas como ações geomorfológicas na superfície terrestre;*
- 2- *Investigar padrões de ações humanas significativas para morfodinâmica;*
- 3- *Investigar a dinâmica e a história cumulativa das intervenções humanas, iniciando com estágios de pré-perturbação;*
- 4- *Empregar diversas e complementares escalas espaço-temporais;*
- 5- *Empregar e investigar as possibilidades da cartografia geomorfológica de detalhe;*
- 6- *Explorar a abordagem sistêmica e a teoria do equilíbrio dinâmico;*
- 7- *Utilizar a noção de limiares geomorfológicos e análise magnitude e frequência;*
- 8- *Dar ênfase à análise integrada de sistemas geomorfológicos;*
- 9- *Levar em consideração as particularidades dos contextos morfoclimáticos e morfoestruturais;*
- 10- *Ampliar o monitoramento de balanços, taxas e geografia dos processos derivados e não derivados de ação antrópica.*

O conjunto de procedimentos propostos revela que para atingir um resultado pleno na pesquisa que considera as intervenções antrópicas como ações geomorfológicas, é necessário lidar com as possibilidades e limites da geomorfologia em seu conjunto (RODRIGUES, 1997a, 1999, 2004).

Esta pesquisa foi desenvolvida segundo orientações mencionadas acima a fim de compreender a ação geomorfológica antrópica em sistemas fluviais meândricos, mas sabe-se que não foi possível adotar amplamente todos os procedimentos sugeridos, e, por diferentes razões, foram privilegiados alguns desses princípios, a saber: investigação dos padrões de ações antrópicas

ênfatizando-se as técnicas da mineração; estudo dos estágios pré-perturbação; raciocínio multiescalar (espacial e temporal); ênfase nas escalas de detalhe aplicação da cartografia geomorfológica de detalhe, ênfase para a análise integrada dos elementos do sistema fluvial; consideração sobre particularidades morfodinâmicas e morfoestruturais.

Esta limitação decorre das opções procedimentais quanto ao uso do mapeamento geomorfológico para investigação das mudanças impostas pela atividade de extração de areia na área de estudo. Desta forma, não procedeu-se ao monitoramento de qualquer variável do sistema fluvial, adotando fontes secundárias e observações diretas de alguns parâmetros da morfologia e das formações superficiais (via investigação de campo), sem sequenciamento temporal.

Na geomorfologia antropogênica a abordagem se faz considerando um estágio pré-perturbação caracterizado pelas condições físicas originais e preservadas, ou as mais próximas delas é o que a autora denominou de estudo da *Morfologia Original*. Além disso, é preciso considerar o estágio de consolidação da intervenção, denominado perturbação ativa e o estágio final de pós-perturbação, esses dois últimos reconhecidos como sendo estágios onde as formas de relevo derivam para uma *Morfologia Antropogênica* (RODRIGUES, 2005). Segundo Toy e Hadley (1987) a comparação de áreas com morfologia original e áreas com morfologia antropogênica leva a considerações sobre processos derivados ou diretamente associados à ação antrópica, o que auxilia em prognósticos, nas avaliações sobre o quadro ambiental original e na reabilitação de áreas degradadas. Rodrigues (2004, p. 95) coloca que as morfologias pré-intervenção *“constituem os parâmetros para o dimensionamento das modificações, pois, sem esse conhecimento, não é possível avaliar a magnitude dos impactos das ações que se sobrepõem ao sistema investigado, tampouco investigar variáveis mais relevantes para detonação de determinados processo indesejáveis”*.

Admite-se, portanto que o entendimento do espaço transformado ou em transformação partiria das condições dos sistemas físicos existentes anteriormente à intervenção antrópica. *“O mais relevante parece ser a questão da investigação histórica dos processos naturais e formas, que não se limitam no antes e depois, mas também no durante a intervenção”* (RODRIGUES, 1997a, p. 121, v. 1). E, quando houver possibilidades devem-se considerar as condições de pós-

intervenção. Tal abordagem é aplicável com o emprego da cartografia retrospectiva e evolutiva (RODRIGUES, 1997a, 1999, 2004 e 2005).

Assim, a cartografia geomorfológica de detalhe foi adotada como principal procedimento, pois atende necessidades diretamente relacionadas aos objetivos deste estudo. Primeiro, porque oferece um panorama da distribuição espacial da morfologia, dos processos e dos materiais para datas específicas e representativas da morfologia original e da morfologia antropogênica. E, segundo, pois a comparação entre mapeamentos de datas diferentes para mesma área fornece a possibilidade de correlação entre as variáveis espaciais viabilizando objetivos de avaliação qualitativa e dimensionamento quantitativo de mudanças físicas provocadas por ação antrópica.

Como metodologia para estudar impactos de curto prazo, (naturais e antrópicos) há a proposição dos **geoindicadores**, que são indicativos de mudanças ambientais rápidas, que podem ser mensuradas por *medidas de magnitudes, freqüências, taxas e tendências de processos ou fenômenos geológicos que ocorrem em períodos de 100 anos ou menos, na – ou próximo à – superfície terrestre, sujeitos as variações significativas para compreensão das mudanças ambientais rápidas* (COLTRINARI e MCALL, 1995, p.7), apesar dessa proposta não estar orientada diretamente a sistemas perturbados. Os geoindicadores não foram desenvolvidos para monitoramento direto da ação antrópica e seus efeitos, tendo em vista que voltava-se inicialmente exclusivamente para áreas pouco perturbadas pela ação antrópica. Assim, Rodrigues e Coltrinari (2004) utilizaram as referências dos geoindicadores para criar parâmetros objetivos do monitoramento das mudanças no meio físico, especialmente as mudanças em sistemas geomorfológicos do meio tropical úmido, frente à urbanização. As autoras apresentaram uma lista inicial de geoindicadores para o meio tropical úmido, enfatizando considerações ligadas ao processo de urbanização da metrópole paulista (RODRIGUES e COLTRINARI, 2004).

A incorporação da noção dos geoindicadores foi aqui realizada sobretudo para interpretação das mudanças antropogênicas pela comparação entre os dois mapas produzidos. Também foram importantes na identificação de evidências durante a investigação de campo, conforme apresentado no capítulo 5. Os geoindicadores adotados foram sistematizados e organizados em uma tabela que

orientou as seguintes etapas da pesquisa: elaboração, interpretação e comparação analítica dos mapas geomorfológicos, e observações diretas por meio de investigação de campo (tabela 1).

O período de 100 anos ou menos em que se trabalha com os geoindicadores, está intimamente relacionado ao ciclo de uma vida humana. Os impactos gerados pelas intervenções antrópicas são produzidos num período relativamente curto, mas significativamente intenso e impactante. A maior dificuldade reside na distinção dos limites entre os processos naturais e antrópicos, principalmente em áreas urbanas.

No Brasil, pesquisas que adotam o arcabouço teórico-metodológico da antropogeomorfologia e que permitem testar suas orientações, bem como abranger características próprias do meio tropical úmido, foram inicialmente conduzidas por Lima (1990) e Coltrinari (1996) e posteriormente por Rodrigues (1997a, 1999, 2004, 2005 e 2006) e outros pesquisadores (BATISTA, 2002; CARVALHO, 2006; RÚBIO, 2003; ESTAIANO, 2003a; SILVA, 2006).

Destaca-se como exemplo, o trabalho de Silva (2006) que aplicou a metodologia da antropogeomorfologia e também estudou um subsistema da bacia hidrográfica do Guarapiranga. A autora adota principalmente a cartografia evolutiva para avaliar as mudanças geradas pela urbanização em duas sub-bacias da bacia hidrográfica do Guarapiranga, sendo uma dessas bacias em avançado processo de urbanização e outra com certo grau de preservação morfológica. Os resultados relacionaram-se ao outro estudo evolutivo e de maior detalhe, a respeito das áreas colmatadas nos remansos das duas sub-bacias, que também foram associadas à evolução do uso da terra, principalmente o uso urbano da terra.

Tabela 1 – Geoindicadores propostos para o estudo de mudanças em planícies fluviais meândricas (escala 1:2.500)

Indicadores	Geoindicadores	Unidade
<i>Morfológicos (originais e antropogênicos)</i>	Planície de Inundação	m ²
	Terraço	m ²
	Back Swamps	m ²
	Cinturão meândrico	m ²
	Padrão do canal	m ²
	Largura do canal	m
	Extensão do canal	m
	Profundidade média do canal	m
	Diques marginais	m ²
	Meandros abandonados	m ²
	Canais abandonados	m ²
<i>Materiais e uso da terra (originais e antropogênicos)</i>	Cobertura vegetal da planície de inundação	m ²
	Cobertura vegetal do terraço fluvial	m ²
	Cobertura vegetal dos diques marginais (mata ciliar)	m ²
	Cobertura vegetal dos morros	m ²
	Fitofisionomia da vegetação na planície de inundação	adimensional
	Fitofisionomia da vegetação no terraço fluvial	adimensional
	Fitofisionomia da vegetação nos diques marginais (mata ciliar)	adimensional
	Fitofisionomia da vegetação nos morros	adimensional
	Sedimentos fluviais de planície de inundação e do terraço fluvial:	-
	- origem	adimensional
	- espessura	m
	- volume	m ³
	- distribuição vertical	m ²
	- distribuição horizontal	m ²
	- estratigrafia	adimensional
	- mineralogia	adimensional
	- granulometria	mm
	- textura	adimensional
	Manto de intemperismo da rocha migmatítica:	-
	- origem	adimensional
	- profundidade	m
	- volume	m ³
	- distribuição vertical	m ²
	- distribuição horizontal	m ²
	- estratigrafia	adimensional
	- mineralogia	adimensional
	- granulometria	mm
	- textura	adimensional
<i>Processos (originais e antropogênicos)</i>	Taxa de deposição de sedimentos na planície de inundação	m ³ /ano
	Taxa de deposição de sedimentos no terraço fluvial	m ³ /ano
	Taxa de erosão na planície de inundação	m ³ /ano
	Taxa de intemperismo	cm ³ /ano
	Taxa de erosão no terraço fluvial	m ³ /ano
	Vazão do Rio Embu-Guaçu	m ³ /s
	Assoreamento	m ²
	Grau de entalhamento dos canais	-
	Erosão (sulco e ravinas)	m ²
	Migração do canal	m
	Qualidade das águas superficiais	-
	Qualidade das águas subterrâneas	-
	Nível d'água subterrâneo	m

Fonte: Berger (1996); Rodrigues e Coltrinari (2004); CARVALHO (2006), organizado e adaptado por ESTAIANO (2007).

* em verde destacam-se os geoindicadores usados na pesquisa.

3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTUDO DE IMPACTOS DA MINERAÇÃO

No caso específico da mineração, existem várias modalidades de intervenção sobre as formas de relevo, dependendo do tipo de minério, jazimento, configuração do relevo e o tipo de extração e beneficiamento desenvolvido. Essas são algumas variáveis levadas em consideração no processo de extração para uma melhor compreensão dos impactos sobre o modelado. Cada ação direta sobre as formas de relevo, que objetiva a extração do mineral subjacente, possui uma técnica específica para sua extração, seu reconhecimento é essencial para interpretar e analisar as principais mudanças ocorridas na morfologia original (ESTAIANO, 2004).

A área, o volume, e a velocidade das intervenções dão medida da intensidade dos impactos das áreas degradadas, e são função direta do nível tecnológico atingido pela sociedade (NIR, 1983; TOY e HADLEY, 1987). Assim, é necessário o reconhecimento de como cada técnica age nas formas de relevo mudando os processos naturais.

As intervenções antrópicas realizadas pela atividade de mineração de areia devem ser estudadas, preferencialmente, por abordagens que considerem escalas espaciais grandes, 1:10.000 ou maiores, e escalas temporais de 10 a 100 anos, principalmente, porque a mineração tem um grau de intervenção espacial pontual e temporal curto, relacionados ao tamanho das reservas minerais. Os jazimentos minerais de areia se esgotam, quase sempre, não ultrapassando 50 anos de exploração contínua².

A abordagem escalar imposta pelo sistema antrópico requer análises detalhadas, no entanto, devem ser consideradas também as escalas complementares. Trata-se do raciocínio multi-escalar, que auxilia no entendimento de variáveis dando noção de relação e do conjunto de formas e processos, desde seus compartimentos à unidades elementares (RODRIGUES, 1997a, 2004).

² Esta evidência é comprovada por estudos realizados em consultorias desde 1998 em áreas ocupadas por minerações de areia na RMSP. Primeiro porque a concessão máxima dada pelo Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM não ultrapassa 50ha, e segundo pelas licenças ambientais da CETESB não autorizarem o aproveitamento máximo da reserva lavrável, tendo que ser respeitadas áreas de preservação permanente, nível do lençol freático, entre outros fatores.

3.4 MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO

Apesar da diversidade de orientações teóricas, muitos estudos geomorfológicos têm como um dos seus pontos centrais a utilização do mapeamento geomorfológico de detalhe. Klimaszewski (1982 e 1990) coloca que as primeiras sistematizações para se chegar à concepção do mapa geomorfológico de detalhe datam do início do século XX, tendo seu auge no pós-guerra. As reuniões realizadas nos Congressos Internacionais de Geografia pela UGI, a partir de 1956 no Rio de Janeiro e 1960 em Estocolmo, deram um salto para a criação de uma legenda unificada para o mundo o que se estabeleceu com a reunião em Krakóvia, em 1962. Esses encontros culminaram na publicação, em 1972, do *Manual of Detailed Geomorphological Mapping*, organizado por Demek (1972), que reuniu uma legenda unificada, publicada inicialmente por Klimaszewski (1956) e St. Onge (1968), e contribuições de vários pesquisadores sobre o mapeamento geomorfológico de detalhe.

O mapeamento é um recurso diferencial nas análises e interpretações de cunho essencialmente geográfico. O mapa geomorfológico de detalhe é um instrumento fundamental para avaliação e dimensionamento das intervenções antrópicas impostas sobre o modelado. Frequentemente, o mapa geomorfológico apresenta-se como o meio mais eficaz na interpretação da gênese e da dinâmica das formas de relevo, e fornece perspectivas para interpretações das mudanças impostas pela atividade antropogênica e para prognósticos evolutivos. Rodrigues (1997a, p.88,) afirma que a “*cartografia geomorfológica constitui o cerne da pesquisa geomorfológica, confundindo-se, inclusive, com seu próprio objeto*”.

As cartas geomorfológicas, são cartas temáticas que fornecem uma descrição completa de todos os elementos do relevo e do modelado a que se referem e auxiliam no desenvolvimento teórico e na aplicação do conhecimento científico da geomorfologia (DEMEK, 1972; COLTRINARI, 1984).

A confecção de cartas geomorfológicas requer domínio das técnicas da cartografia temática. Os procedimentos da cartografia temática (uso de cores, símbolos, etc.) são aplicadas no mapeamento geomorfológico, pois possibilitam representar a distribuição e configuração espacial do terreno.

Segundo Joly (1990 pp.74-75) “o objetivo dos mapas temáticos é o de fornecer, com o auxílio de símbolos quantitativos e/ou qualitativos dispostos sobre uma base de referência, geralmente extraída dos mapas topográficos ou dos mapas de conjunto, uma representação convencional dos fenômenos localizáveis de qualquer natureza e de suas correlações”. Portanto, a cartografia temática desencadeia dois processos de comunicação: a confecção e o uso, ambos considerados durante o processo de mapeamento geomorfológico.

As cartas geomorfológicas de detalhe seguem um padrão pré-estabelecido quanto às escalas. Coltrinari (1984), baseada em Tricart (1965) e Demek (1972), definiu que as escalas de mapeamento podem ser divididas em duas categorias espaciais:

- ✓ Cartas de pequena escala (1:500.000 e menores), representam conjunto de relevos de dimensões quilométricas, morfoestrutura.
- ✓ Cartas de detalhe (1:5.000 a 1:25.000, excepcionalmente 1:50.000 e 1:100.000), representam os processos que criam as formas e o modelado.

As cartas de detalhe representam, ao contrário daquelas de pequena escala que exibem mega-compartimentos, dados mais complexos e mais detalhados referentes a morfologia, morfometria, morfogenética e cronologia, tendo como base essencial o trabalho de campo. A sua elaboração requer bases topográficas detalhadas e dados com escalas compatíveis referentes à geologia, coberturas pedológicas, uso da terra e outras mais que se fizerem necessárias e disponíveis, que influenciam diretamente no modelado e também aquelas informações ligadas às formas, processos, materiais e idades usadas na confecção do mapa geomorfológico de detalhe e na interpretação genético-processual (MOREIRA, 1969; DEMEK, 1972).

Atualmente, recursos computacionais voltados para a representação de informação cuja natureza é espacial, os denominados Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), são largamente utilizados. Esses recursos disponibilizam um amplo número de produtos cartográficos. As manipulações e aplicações de dados possibilitam o estudo e a espacialização de fenômenos geográficos que podem gerar análises mais numerosas e precisas. A utilização do SIG para confecção de mapas geomorfológicos de detalhe tem sido bastante ampla, a proposição de uma

legenda baseada nos principais sistemas de mapeamento geomorfológico, adaptada para entrada nos *softwares* SIG tem se mostrado promissora. O uso do SIG traz vantagens por possuir a capacidade em auxiliar e processar informações e poder ajudar na previsão e resolução de questões. Entretanto, faz-se necessário lembrar a importância das informações e técnicas contidas nos manuais clássicos e no exaustivo trabalho de campo (GUSTAVSSON, 2005, 2006; GUSTAVSSON et al., 2006).

Outro produto gerado em ambiente computacional é o modelo digital de terreno que se constitui em um instrumental auxiliar para o reconhecimento e análise de feições estruturais e aquelas ligadas diretamente ao modelado, auxiliando em correlações morfométricas e morfológicas. A confecção de modelos digitais do terreno, ou de elevação requer o domínio de técnicas específicas do ambiente dos Sistemas de Informação Geográfica e também o conhecimento cartográfico. A flexibilidade e relativa rapidez de confecção, aliada a um produto final de alta qualidade proporcionam um instrumental de valor prático nas análises espaciais requeridas por diversas áreas de pesquisa, sobretudo aquelas ligadas aos estudos da compartimentação estrutural e do modelado (SILVA e OLIVEIRA, 2004).

A utilização de computadores na geração de modelos do terreno possibilita o emprego de diversas ferramentas visando a representação de porção do terreno de maneira mais aproximada do real, além de permitir a visualização do modelo a partir de diversos ângulos de observação ao se acionar recursos do sistema. Assim, por exemplo, é possível “girar” a imagem em torno de um eixo e proceder à observação da face ora destacada, e este procedimento pode ser repetido tantas vezes seja necessário, sem a obrigação de gerar novos modelos. Produziu-se um modelo digital do terreno para as duas datas mapeadas com o objetivo de ilustrar as feições morfológicas típicas da área de estudo, o que facilitou, principalmente, a distinção entre a planície e o nível de terraço, representando, também, as diferenças morfológicas entre as duas margens do Rio Embu-Guaçu.

Entretanto, é fundamental uma análise quanto ao processo de elaboração e reconhecimento das potencialidades e limitações destes produtos na interpretação do fato geomorfológico. A adoção e incorporação de técnicas recentes devem ser vistas como uma complementação e auxílio no desenvolvimento dos objetivos de cada pesquisa (COLTRINARI, 2000). A introdução de novas técnicas deve ser

cautelosa e pautada como recurso adicional aos procedimentos já consagrados do mapeamento geomorfológico de detalhe (TRICART, 1965; SAVIGEAR, 1965; DEMEK, 1972, KLIMASZEWSKI, 1982, 1988, entre outros).

A cartografia geomorfológica fornece um dos documentos sintéticos mais importantes que resultam da exploração do terreno e de análises de controle em laboratório (TRICART, 1965). O mapeamento deve ser baseado em pesquisa de campo e interpretação de fotografias aéreas, o conteúdo deve ser plotado sobre fundo topográfico usando símbolos multicoloridos conforme a escala de análise (KLIMASZEWSKI, 1982 e 1988).

3.4.1 Alguns Sistemas de Mapeamento Geomorfológico de Detalhe

O mapeamento geomorfológico apresenta grande diversidade de escolas que adotaram técnicas e legendas próprias para mapear o relevo e o modelado. Essa diversidade demonstra o desenvolvimento científico alcançado, entretanto, também comprova que a utilização de legendas próprias, coloca o mapeamento geomorfológico de detalhe cada vez mais distante de uma convenção para uma legenda unificada que possa ser utilizada por todas as áreas do globo (KLIMASZEWSKI, 1990).

Apesar do consenso geral entre as escolas sobre o conteúdo que deve ser apresentado em um mapa geomorfológico de detalhe (morfologia, morfometria, morfogênese e morfocronologia) as maiores divergências ocorrem na escolha da legenda e sua representação gráfica no mapa.

Em geral as escolas foram agrupadas em duas alas. As escolas polonesa, russa, romena e alemã deram mais ênfase aos aspectos relacionados à forma, com pouca ênfase à estrutura geológica. Já as escolas francesa, tchecoslovaca e húngara tinham como base a relação das formas de relevo com a estrutura geológica. É fato que a unificação dessas escolas resultou na legenda unificada, publicada em Demek (1972), no entanto permanecem arraigados a cada escola seus princípios basilares.

Nos últimos cinquenta anos, principalmente geógrafos, tentam desenvolver uma legenda uniforme que possa ser aplicada aos vários tipos de paisagens do

globo. Klimaszewski (1990) coloca que em 1990 existiam seis legendas gerais para uso no mundo. No entanto, o autor assinala que essas legendas foram usadas em paisagens com estrutura geológica e condições climáticas diferenciadas o que dificulta uma boa comparação entre elas. Na mesma época foram realizadas sete legendas nacionais e dezessete regionais. Esse desenvolvimento aponta para uma padronização internacional, porém essa é uma etapa muito complexa. O número de símbolos adotados por cada escola é muito grande, um exemplo são as propostas de legenda como a de unificação da legenda IGU e francesa com mais de 350 símbolos, e as das escolas polonesa e russa que excedem 500 símbolos (KLIMASZEWSKI, 1990).

Desde 1950 as propostas de legenda vêm sendo incorporadas ao mapeamento geomorfológico de detalhe. Recentemente tem sido proposto por alguns autores a confecção do mapa geomorfológico de detalhe em ambiente SIG (GUSTAVSSON, 2006; GUSTAVSSON *et al.*, 2006).

A evolução do conhecimento sobre as técnicas utilizadas no mapeamento geomorfológico de detalhe tem mostrado uma evolução, no sentido da incorporação de novas tecnologias e o acúmulo do conhecimento tem contribuído para o aprimoramento das técnicas de mapeamento e a criação de sistemas que utilizam simbologia que torna o mapa geomorfológico um documento cartográfico mais preciso. No entanto, essa tecnologia utilizada localmente afasta o objetivo de unificação de uma simbologia única. Na tabela 2, pode-se observar alguns sistemas de mapeamentos geomorfológicos empregados em várias partes do planeta.

A metodologia adotada para o mapeamento geomorfológico desta pesquisa é baseada na francesa, que tem suas orientações apresentadas em Tricart (1965) e CNRS (1970). Seguiu-se também adaptações presentes nas seguintes pesquisas brasileiras: Coltrinari (1975, 2003), Lima (1990) e Estaiano (2003a), além de informações sintetizadas no manual de Demek (1972).

Tabela 2 – Alguns sistemas de mapeamento geomorfológico de detalhe

Origem	Ano
Polonesa	1950
Suíço	1958 e 1978
Russa	1960
Francesa	1962 e 1970
Checoslovaca	1963
UGI	1963
Belga	1964 e 1970
Savigear (EUA)*	1965
ITC (Holandesa)	1968
GMK (Alemã)	1976
Brasil/França	1977
AGRG (alpino)	1987
Britânico	1990
Italiano	1994
SIG (sueco)	2005 e 2006

Fonte: St. Onge (1968), Klimaszewski (1982 e 1990) e Gustavsson (2005).

*uso restrito para a morfologia. Adaptação de João Claudio Estaiano.

3.4.2 Aplicação de Mapas Geomorfológicos

Os mapas geomorfológicos, até os dias atuais, têm seu uso e aplicação muito restritos. Apesar desses produtos sintetizarem grande número informações e interpretações acerca das relações (gênese e desenvolvimento) das formas, processos e materiais, são pouco utilizados, seja pela comunidade acadêmica ou por técnicos das áreas das ciências da terra e planejadores (KLIMASZEWSKI, 1982; GUSTAVSSON, 2005).

Uma das questões centrais reside no fato do mapa geomorfológico ser um documento complexo e de difícil leitura (TRICART, 1965). Ademais, apesar da proposta de unificação da legenda em 1968, não existe uma legenda única e nem mesmo um único procedimento para representar as formas³ o que torna o mapa geomorfológico menos utilizado. Pode-se citar como exemplo comparativo os mapas de geologia que são largamente utilizados, pois possuem convenção internacional e não se mostram tão complexos, pois são quase sempre puramente descritivos.

³ Apesar de um consenso da comunidade acadêmica sobre os procedimentos para execução do mapa geomorfológico, as várias escolas adotam legendas específicas e dão ênfase a aspectos diferenciados. Como exemplo pode-se citar a escola polonesa (com ênfase na forma), e a escola francesa (com ênfase na estrutura) (TRICART, 1965 e KLIMASZEWSKI, 1982).

Como o mapeamento geomorfológico é um trabalho altamente especializado, que envolve para sua confecção etapas de campo, laboratório e interpretações sobre a origem e evolução das formas, a sua leitura normalmente só é realizada por pessoas especialmente treinadas (TRICART, 1965).

Klimaszewski (1982) considera que o mapa geomorfológico possui grande aplicação prática e a partir dele podem ser derivados outros mapas que necessariamente necessitam das informações sobre as formas de relevo. No entanto, o mapa geomorfológico freqüentemente não é utilizado como produto final em análises sobre o meio físico (GUSTAVSSON, 2005).

Tricart (1965) e Demek (1972) também expõem os principais usos e aplicações dos mapas geomorfológicos, dividindo em duas modalidades: uso científico (acadêmico) e uso em aplicações práticas.

Um dos objetivos do mapa geomorfológico é descrever as formas da superfície mapeada, possibilitando a reconstrução e avaliação histórica da evolução das paisagens, como também subsidiando prognósticos para recuperação de áreas degradadas. Nas ciências da terra o mapa geomorfológico pode ser utilizado no inventário das formas e comparações de formas criadas em ambiente geológico similar com história climática diferenciada. Além disso, os mapas geomorfológicos contribuem para outras ciências como a pedologia, hidrologia, geologia, agronomia, engenharia, e ciências afins.

É muito comum a não utilização da informação geomorfológica e principalmente pela dificuldade de extração de informações a partir de mapas geomorfológicos pelos pesquisadores de ciências da Terra. Como assinala Gustavsson (2006) em aplicações práticas as informações avaliadas, por exemplo, como em mapas geológicos e geotécnicos, frequentemente mostram-se insuficientes ao planejamento e prognósticos durante um projeto, entretanto o mapa geomorfológico é quase sempre negligenciado ou subutilizado.

Como as intervenções humanas sobre o meio fatalmente interferem nas formas de relevo, o mapa geomorfológico pode auxiliar no planejamento dessas intervenções. Como em projetos de engenharia, agricultura, loteamentos, turismo, manejo de recursos naturais, entre outros.

Demek (1972) dispensa um capítulo, do Manual de Mapeamento Geomorfológico de Detalhe, para aplicações de mapas geomorfológicos dando ênfase à utilização no auxílio à pesquisa dos depósitos minerais. Cooke e Doornkamp (1990) salientam a importância do reconhecimento das formas de relevo e sua relação com possíveis jazimentos minerais. Mais recentemente o mapa geomorfológico tem-se mostrado uma ferramenta de auxílio no planejamento de intervenções no relevo e em prognósticos que ajudam na recuperação dessas áreas (TOY e HADLEY, 1987, RODRIGUES, 2004).

Nesta pesquisa o mapeamento geomorfológico é aplicado como produto essencial para as análises sobre o meio físico na reconstituição de suas características originais do ponto de vista das formas, processos e materiais, bem como na interpretação das intervenções antrópicas. Espera-se, ainda, que possa constituir um instrumento propositivo para o planejamento de atividades humanas.

3.4.3. Construção de Mapas Geomorfológicos

Seguem-se, neste trabalho, as orientações de Tricart (1965) para a confecção dos mapas geomorfológicos de detalhe. O autor distingue de maneira geral, quatro etapas: a definição de uma legenda, a utilização (e quando necessário, a elaboração) de uma boa base cartográfica, o procedimento de fotointerpretação, o trabalho de campo, a interpretação e a análise dos mapas. Estes são considerados os princípios do mapeamento elaborado, apresentando-se a seguir uma síntese explicativa sobre cada um deles.

Para o início da execução dos mapas geomorfológicos é necessário a escolha de uma legenda que proporcione a comunicação adequada das feições observadas e facilite a leitura final e compreensão dos documentos gerados.

A representação gráfica dos símbolos da legenda acrescenta uma dificuldade ao mapeamento em meio digital, pois os *softwares* disponíveis no mercado não têm a grande diversidade de símbolos necessários. Gustavsson et al. (2006) propôs a adoção de símbolos para o ambiente SIG que tem se mostrado satisfatórios às representações das formas, processos, materiais e idades. Tem-se ensaiado a confecção de símbolos por meio do *Software* Auto Cad e tem-se obtido

resultados aceitáveis sob o ponto de vista da representação gráfica dos fenômenos geomorfológicos (ESTAIANO, 2003a).

O mapeamento geomorfológico de detalhe deve sempre estar referenciado por coordenadas (georreferenciado) e complementado por informações contidas em uma base cartográfica. A base cartográfica, neste caso assume dupla função, a de proporcionar um fundo topográfico para a representação das formas processos e materiais que compõem as formas de relevo, como também é um documento base para as informações referentes à morfometria (altitude, declividade, perfis longitudinais, etc.) e, em alguns casos, passível de interpretações morfológicas de parte do terreno.

A fotointerpretação é outra etapa fundamental para o mapeamento geomorfológico de detalhe. A escolha das aerofotos é o primeiro passo para se alcançar os objetivos requeridos para o mapeamento. A escala e data dos vãos devem ser selecionadas de acordo com os objetivos do que se busca cartografar e evidenciar.

As etapas de fotointerpretação estão agrupadas em um conjunto de inter-relações e técnicas com o trabalho de campo, laboratório e gabinete. A fotoleitura, fotoanálise e fotointerpretação são etapas que conjuntamente com trabalho de campo, a utilização de documentos cartográficos e técnicas específicas, não esquecendo da importância da experiência do fotointérprete, levam ao mapeamento mais fidedigno da área estudada. O mapeamento final deverá, então, expressar a soma dessas atividades e o produto da seqüência lógica em uma escala temporo-espacial. É importante ressaltar que a relação entre o detalhamento da representação e a escala de apresentação do mapa devem ser compatíveis.

Tricart (1965) destaca ainda que, dentre as fases para confecção do mapeamento geomorfológico de detalhe, a pesquisa de campo é extremamente enriquecedora, não havendo nenhuma atividade semelhante que se compare na formação de um geomorfólogo. Para uma pesquisa geográfica e essencialmente geomorfológica, o trabalho de campo se mostra indispensável.

O trabalho de campo é uma ação que se realiza em várias fases da pesquisa. É uma etapa essencial da pesquisa, para evidenciar as incertezas em relação à fotointerpretação e todo tipo de documentação cartográfica e bibliografia

estudada, frequentemente mostra relações imperceptíveis em gabinete, aumenta a familiarização com ambiente estudado, proporciona a coleta de amostras para análises em laboratório e no próprio campo, e leva a conclusões só possíveis em campo.

O trabalho de campo deve ser realizado primeiramente na tentativa de percorrer toda área estudada para se ter uma noção da totalidade a ser levantada, se atendo para o conjunto das formas, dos compartimentos e a relação entre os aspectos geológicos expressos no relevo, é o que Tricart (1965) denomina de familiarização com os quadros estruturais e formações detríticas. Esta etapa deve ser realizada com cartas e fotografias aéreas que foram previamente analisadas em gabinete e serão também utilizadas em campo. Também poderão ser recolhidas amostras de solo e/ou rocha que representem algum aspecto relevante em relação ao relevo.

A etapa seguinte será realizada após a interpretação dos dados da primeira ida a campo, a análise em laboratório dos materiais coletados, a confecção de uma legenda preliminar, a elaboração de um relatório com os principais apontamentos realizados no campo e a retomada do estudo bibliográfico, que nesta etapa toma todo o seu sentido, são fundamentais para finalizar o mapeamento (TRICART, 1965).

A última etapa de campo consiste no ajuste fino do mapa. Nesta fase serão evidenciadas formas de relevo, processos atuantes, gênese e idade das formas. As informações obtidas em campo devem ser correlacionadas com dados de laboratório e levantamento bibliográfico. É o estágio final para confecção do documento cartográfico mais rico em informações fundamentais para pesquisa geomorfológica.

3.5 PROCEDIMENTOS

Para o mapeamento geomorfológico do sistema fluvial do rio Embu-Guaçu adotou-se a escala 1:2.500 porque enquadra-se no objetivo de avaliar as ações antrópicas nas formas, materiais e processos. A questão da escala de representação das formas constitui-se na premissa básica para o grau de detalhamento da informação a ser mapeada. A escolha da escala deve ser pautada

na representação que se queira mostrar o que representará o grau de complexidade dos fenômenos a serem mapeados (KOHLER, 2001).

Para executar o mapeamento geomorfológico evolutivo do sistema fluvial do Rio Embu-Guaçu procedeu-se a confecção de dois mapas: o primeiro para o ano de 1981 a fim de resgatar a morfologia original, e o segundo para 2003 a fim de representar as mudanças ocorridas após a implantação da mineradora de areia na área de estudo.

O mapeamento teve como técnica principal a aerofotointerpretação de pares de fotografias de 1981 e 2003, na escala 1:8.000, adquiridas junto à empresa Base S/A, em formato digital. A localização aproximada do recobrimento das aerofotos e a área efetivamente mapeada são mostradas no mapa 5, a seguir.

Mapa Planimétrico de um trecho da Bacia Hidrográfica do Guarapiranga com a delimitação da área mapeada e sobreposição da área recoberta pelas aerofotos. Fonte: Vasconcelos (2000), Organizado e elaborado por João Claudio Estaiano.

Mapa 5 – Área de recobrimento das aerofotos.

3.5.1. Bases Cartográficas

Utilizou-se como base cartográfica para o mapeamento geomorfológico de detalhe do período de pré-intervenção (mapa 6), a carta confeccionada pela EMPLASA em 1981, na escala 1:10.000, por meio de vetorização de um trecho da carta Ponte Alta (SF-23-T-C-VI-3-SE-D), que teve sua última atualização realizada em junho de 1993. Para o mapeamento geomorfológico de detalhe do ano de 2003 (mapa 7), foi utilizada a base cartográfica fornecida pela Prefeitura de São Paulo. Trata-se de um mapeamento topográfico realizado por meio de restituição de aerofotos de 2003, na escala 1:5.000, em formato digital (vetorizado). A base cartográfica foi importante para a representação das informações planialtimétricas (principalmente as curvas de nível relacionada a morfometria). Além de servir como base, foi por meio do mapa vetorizado que efetuou-se o georeferenciamento por meio da malha de coordenadas fornecidas nas bases.

Fonte: Emplasa (1981). Elaborado por João Claudio Estaiano.

Mapa 6 – Base Cartográfica de 1981.

Fonte: PMSP (2003). Adaptado por João Claudio Estaiano.

Mapa 7 – Base Cartográfica de 2003.

3.5.2 Elaboração das Legendas

A escolha dos conteúdos das legendas para a cartografia dos sistemas geomorfológicos originais está baseada, fundamentalmente, nas obras de Savigear (1965), Tricart (1965), Demek (1972), CNRS (1971), Coltrinari (1975; 2003) e Estaiano (2003a). Do ponto de vista da simbologia, e, em alguns casos, tais como o mapeamento das formas antropogênicas, foi necessário adaptar e criar novos símbolos que representassem as formas identificadas na escala de análise.

Estaiano (2003a) propôs uma legenda para mapeamento de um esboço geomorfológico de detalhe da planície fluvial meândrica de um trecho do Rio Pequeno, na bacia hidrográfica da Billings (SP). O mapa elaborado foi baseado em fotografias aéreas de 1947, na escala 1:8.000, e sua legenda é formada por dez símbolos coloridos, privilegiando as formas características dos canais meândricos. A classificação adotada levou em consideração a evolução das formas no tempo, representando os meandros e canais abandonados (grau de sedimentação). Para a morfologia das vertentes foram consideradas apenas duas características dos setores superiores: suas convexidades e mudanças de declividade.

Com base nesta legenda e levando-se em consideração o conhecimento acumulado sobre a área de estudo e a literatura especializada, foram elaboradas as legendas das condições originais e da morfologia antropogênica dos mapas deste estudo. O processo de mapeamento geomorfológico estabeleceu a criação de novos símbolos que se mostraram necessários, sobretudo em relação ao mapeamento da morfologia antropogênica. As legendas foram organizadas em tabelas (Tabelas 3 e 4), que apresentam respectivamente informações referentes aos mapas de 1981 e 2003.

Para a morfologia relacionada ao ambiente fluvial optou-se pela legenda apresentada por Estaiano (2003a) com adaptações e complementações extraídas de Coltrinari (1975, 2003), CNRS (1971) e Tricart (1965). Para a representação das formas de relevo relacionadas às vertentes e aos topos optou-se pelos símbolos extraídos de Savigear (1965), CNRS (1971) e Tricart (1965). Para os materiais foram utilizadas legendas de Demek (1972) e Tricart (1965).

Tabela 3 – Proposição de legenda para o mapa geomorfológico de 1981 – Sistema Geomorfológico Original

Elementos	Símbolo	Denominação	Baseado em:
<u>Topografia e vias de acesso</u>		Curvas de nível	Convenção cartográfica
		Ponto cotado	Convenção cartográfica
		Estrada de terra	Convenção cartográfica
		Caminho ou trilha	Convenção cartográfica
<u>Formas Fluviais</u>		Nascente	Tricart (1965); CNRS (1971)
		Curso d'água perene	Convenção cartográfica
		Curso d'água temporário	Convenção cartográfica
		Vale em V	Tricart (1965)
		Canal abandonado	Estaiano (2003a)
		Meandro abandonado	Tricart (1965)
		Limite da planície de inundação	Coltrinari (1975)
		Limite do cinturão meândrico	Coltrinari (1975)
		Ruptura de declividade	Savigear (1965)
		Mudança de dedividade	Savigear (1965)
<u>Formas das vertentes</u>		Topos convexos	Tricart (1965); CNRS (1971)
		Interflúvio	Coltrinari (2003)
		Limite aproximado do terraço fluvial	Estaiano (2007)
<u>Morfocronologia</u>		Tecnógeno – Formas geradas por ação antrópica	Convenção geológica
		Formas geradas no Quaternário	Convenção geológica
		Formas geradas no Cenozóico (indiferenciadas)	Convenção geológica
<u>Litologia/embasamento</u>		Aluviões em geral	Convenção geológica
		Arenitos conglomeráticos	Convenção geológica
		Granitos	Convenção geológica
		Migmatitos	Convenção geológica
<u>Formações Superficiais/cobertura (aluviões)</u>		Turfas	Tricart (1965); Demek (1972)
		Sedimentos arenosos	Tricart (1965); Demek (1972)
		Indiferenciados (areias, argilas, cascalhos e sedimentos orgânicos)	Tricart (1965); Demek (1972)

Organizado por Estaiano (2007)

Tabela 4 – Proposição de legenda para o mapa geomorfológico de 2003 – Morfologia Antropogênica

Elementos	Símbolo	Denominação	Baseado em:
<u>Morfologia Antropogênica</u> Formas Erosivas		Patamares em cava (cortes)	CNRS (1971) e Lima (1990).
	Rebordo escarpado de cava	CNRS (1971) e Estaiano (2007)
	Rebordo escarpado de antiga bacia de decantação	CNRS (1971) e Estaiano (2007)
	Rebordo escarpado em bacia de decantação recente	CNRS (1971) e Estaiano (2007)
	Sulcos e ravinas	CNRS (1971) e Estaiano (2007)
<u>Morfologia Antropogênica</u> Formas Depositionais		Bacia de decantação (antiga cava) preenchida com sedimentos consolidados com cobertura vegetal	Demek (1972) e Lima (1990).
	Bacia de decantação (antiga cava) preenchida com sedimentos consolidados sem cobertura vegetal	Demek (1972) e Lima (1990).
	Bacia de decantação (antiga cava) preenchida com sedimentos inconsolidados com presença de água	Demek (1972) e Lima (1990).
	Bacia de decantação (antiga cava) preenchida com sedimentos inconsolidados sem presença de água	Demek (1972) e Lima (1990).
	Manto de alteração exposto (cava de extração)	Estaiano (2007)
	Áreas antropogênicas indiferenciadas	Estaiano (2007)

Cores da morfologia antropogênica baseada em Joumaux (1975). Organizado por Estaiano (2007)

3.5.3 Compilação de Dados

Após o processo de fotointerpretação para as duas datas estabelecidas, procedeu-se à vetorização dos overlays obtidos definindo-se a edição final dos layouts de apresentação dos mapas.

Foi nesta fase que se executou uma importante etapa do mapeamento: a compilação de dados obtidos pelas bases cartográficas que forneceram informações morfométricas; fotointerpretação, responsável pela identificação de formas e inferências sobre processos; observação direta em estudos de campo, que possibilitaram a verificação e delimitação de formas e materiais, e dados primários obtidos de sondagens⁴, que forneceram conhecimento quanto à organização vertical e horizontal dos perfis de solo. Esses últimos foram objeto de investigações sobre origem, posicionamento, profundidade, espessura e granulometria dos materiais, identificando-se níveis de turfa, argilosos, arenosos, linhas de pedra e cascalhos.

Realizou-se a sobreposição das informações obtidas por cada tipo de técnica mencionada e documentos citados, e, finalmente procedeu-se a edição final dos produtos cartográficos.

Procurou-se usar os recursos computacionais com a finalidade de reproduzir a representação obtida inicialmente pelos métodos tradicionais e já testados e sobrepor os dados compilados. Assim, a dificuldade para desenhar cada símbolo no computador foi compensada pela possibilidade de testar as combinações de cores e tons, espessuras e tipos das simbologias lineares até se obter um resultado considerado satisfatório do ponto de vista dos objetivos da pesquisa. Outro fator importante foi a possibilidade de extração de informações a respeito da quantificação de elementos lineares, área e volumes. Este recurso possibilitado pelo computador aumenta os tipos de variáveis utilizadas na avaliação das mudanças provocadas pela mineração de areia no sistema fluvial meândrico do Rio Embu-Guaçu.

⁴ Para efeito de licenciamento mineral junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) a empresa Ponte Alta Extração e Transporte de Areia Ltda. realizou em 1995 uma sondagem com 23 (vinte e três) furos na área, com espaçamento de 100m metros entre eles e 20m de profundidade média. Cada furo corresponde a uma descrição da distribuição vertical do material, com informações relativa a gênese e granulometria, apresentadas em forma de boletins de sondagens. (Exemplos de fichas de sondagem **Anexo B**)

3.5.4 Trabalhos de Campo

Uma das etapas mais importantes para realização desta pesquisa constitui-se nos levantamentos de campo na área de estudo. Estes foram essenciais na interpretação de dúvidas decorrentes, principalmente, do mapeamento geomorfológico de detalhe.

Foram utilizadas técnicas específicas que auxiliaram nas análises e interpretações sobre as principais alterações do modelado:

- ✓ Confecção de perfis topográficos, geológicos e pedológicos (topossequências);
- ✓ Documentação fotográfica
- ✓ Coleta de coordenadas geográficas e cotas altimétricas;
- ✓ Coleta de medidas por meio de trena de perfis e cortes;
- ✓ Coleta de amostras de solo, rocha e vegetação;

O trabalho de campo foi muito importante no equacionamento de problemas e dúvidas a respeito da evolução do modelado ocorrente na área e do avanço da lavra sobre as áreas preservadas.

3.5.4.1 *Materiais de campo*

Os principais equipamentos utilizados em campo foram:

- ✓ Trado holandês
- ✓ Enxada
- ✓ Martelos de pedólogo e geólogo
- ✓ Bússola e GPS portátil
- ✓ Câmera fotográfica digital
- ✓ Trena
- ✓ Lupa

3.5.5 Análises e Correlações

Um conjunto de geoindicadores das formas, materiais e processos constituíram-se em uma orientação importante para a confecção dos mapas geomorfológicos de detalhe, e, principalmente para a interpretação das mudanças da morfologia original realizadas pela atividade de mineração de areia em planícies fluviais meândricas.

Esses geoindicadores apresentados na Tabela 1 foram aplicados diretamente no mapeamento ou usados por meio de inferências nas avaliações das mudanças nas formas, processos e materiais da área de estudo.

Por ausência de uma rede de monitoramento, mudanças na morfologia e a retirada e remobilização dos materiais subjacentes foram os geoindicadores considerados mais importantes na análise comparativa entre os períodos de pré-perturbação e perturbação ativa. Para avaliação e dimensionamento dos impactos referentes ao período de perturbação ativa, além das inferências estabelecidas pela alteração da morfologia e dos materiais, foram realizados trabalhos de campo que foram indispensáveis ao entendimento da Morfologia Antropogênica produzida ao longo de 22 anos nas diversas fases do processo de mineração.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DE TEMAS CENTRAIS

4.1 PLANÍCIES FLUVIAIS MEÂNDRICAS NA BACIA DO ALTO TIETÊ

4.1.1 Planícies Fluviais Meândricas

Planícies fluviais meândricas constituem sistemas fluviais cuja morfologia mais elementar é o meandro, o qual dá origem à denominação do sistema. Entretanto, estes sistemas fluviais comportam um conjunto de morfologias complexas, geradas em ambiente com predomínio de sedimentação, ligadas a interação dos processos fluviais que ocorrem no canal e na planície de inundação, tais como meandros abandonados, diques marginais, canais abandonados, depósitos de ponta de barras, bacias de decantação, entre outros (CHRISTOFOLETTI, 1981).

O processo de formação das curvas meândricas ainda é tema de debate entre pesquisadores. Christofolletti (1981) aborda o assunto ordenando as principais hipóteses teóricas na tentativa de buscar um melhor entendimento sobre o assunto (ver tabela 5). No entanto, afirma que *“Apesar das inúmeras ponderações aventadas, elas surgem como proposições pessoais, valorizando um ou outro fator, encaixadas no contexto dos diversos paradigmas geomorfológicos, encontrando maior ou menor receptividade”* (p. 187).

Sabe-se que, após a instalação de canais meândricos, os processos de sedimentação começam a ocorrer com maior frequência e intensidade, tanto no limite do canal como na planície de inundação por conta do extravasamento do canal por ocasião das cheias sazonais. Quando as águas transpassam o canal e conseguem romper os diques marginais, os materiais em suspensão e solução são depositados nas planícies de inundação (TRICART, 1966; AB’SÁBER, 2000).

Leopold *et al.* (1964) assinalam que os ajustes morfológicos do canal são condicionados por sete variáveis principais, a saber:

- 1- *profundidade do canal;*
- 2- *largura;*
- 3- *velocidade da corrente;*
- 4- *declividade do canal;*

5- carga e dimensão dos sedimentos;

6- descarga de sedimentos;

7- irregularidades do leito.

Essas variáveis condicionam o ajuste da morfologia do canal e mudanças, mesmo sutis, podem provocar alteração na dinâmica fluvial que atua sobre o canal e as formas relacionadas a ele (LEOPOLD et. al., 1964; CHRISTOFOLETTI, 1981).

Tabela 5 – Principais hipóteses sobre a origem dos meandramentos

Teoria/Autores	Resumo
<i>Efeito da rotação da Terra</i> (VON BAUER, 1860 e EAKIM, 1910)	Teoria baseada na Força de Coriolis que busca explicar a origem dos meandros pela influência do efeito da rotação terrestre sobre os rios.
<i>Perturbações Locais</i> (HEDIN, 1904)	Teoria fortemente rebatida que explica a origem dos meandros pelos resultados de perturbações locais (barras rochosas, árvores caídas, movimentos de massa, desbarrancamento de margens, etc.)
<i>Fluxo Helicoidal</i> (PRUS-CHACINKY, 1954; LELIAVSKY, 1966)	Demonstra que o fluxo helicoidal é o mecanismo básico na formação dos meandros. Entretanto, não se sabe se esse fluxo é o responsável pelo meandramento ou se ele ocorre por condicionamento da sinuosidade das curvas meândricas.
<i>Seiches</i> (EXNER, 1919; GUILCHER, 1965; HJULSTROM, 1949)	As curvas meândricas teriam origem nas ondas de gravidade. As seiches seriam oscilações periódicas no nível d'água do mar ou de lagos que condicionariam o aparedimento dos meandramentos.
<i>Erosão das margens e deposição dos detritos</i> (TIFFANY e NELSON, 1939; FRIEDKIN, 1949; MATTES 1941, entre outros)	Clássica explicação de que ocorre erosão das margens côncavas e deposição nas margens convexas do canal, colocando como um pré-requisito para ocorrerem meandros. No entanto, podem existir canais meândricos em ambientes desprovidos de carga sedimentar (geleiras, por exemplo).
<i>Maximização da perda de energia</i> (JEFFERSON, 1902; INGLIS, 1949, entre outros)	Explica a origem da sinuosidade do meandro sob a ótica de dissipação do excesso de energia do curso fluvial. O fundamento básico reside na suposição de que a água fluindo por um curva apresenta maior perda de energia do que quando flui por um canal reto.
<i>Concepções probabilísticas</i> (LEOPOLD e LANGBEIN, 1962 e 1966, SCHEIDEGGER, 1967 e 1970, YANG, 1971, entre outros)	Afirma que a forma meândrica é aquela mais provável entre todas as trajetórias possíveis. É a forma pela qual os rios executam seu trabalho pelo menor esforço. Estudos em laboratório mostraram que entre as várias alternativas do curso fluvial fluir ele sempre tende a realizar o percurso a fim de minimizar o desgaste de energia, e essa forma é o meandro.

Fonte: Elaborado por João Claudio Estaiano, baseado em CHRISTOFOLETTI (1981).

Os canais com morfologia meândrica possuem menor capacidade e competência no transporte de sedimentos quando comparados com outros tipos (anastomosados, por exemplo). Os canais meândricos tendem a transportar materiais de granulação mais fina e bem selecionada, de forma mais uniforme. Exceção feita aos episódios de picos de cheia em que o aumento da vazão e da velocidade da corrente acarreta mudança na quantidade e tamanho do material transportado (capacidade e competência fluvial). Em muitos casos esses picos de alteração ficam registrados em camadas de cascalhos ao longo do perfil estratigráfico, como em terraços fluviais (LEOPOLD *et al.*, 1964; CHRISTOFOLETTI, 1980 e 1981; SUGUIO e BIGARELLA, 1990).

Os canais meândricos têm forte relação com os materiais sedimentares. A textura, granulometria, e outras propriedades dos sedimentos são um dos maiores responsáveis pelas características da morfologia fluvial do canal (grau de sinuosidade) (SELBY, 1985).

Os canais meândricos geralmente se desenvolvem sobre sedimentos coerentes com granulação móvel, esses pacotes sedimentares formam as planícies de inundação meândrica que possuem em seu conjunto uma grande diversidade de formas e foi considerada por Christofolletti (1981), como o tipo mais importante entre as planícies fluviais de inundação.

A constituição dos sedimentos que compõem as planícies de inundação apresenta uma granulometria predominantemente fina. A seleção ocasionada pela corrente fluvial, e os transbordamentos sazonais, fazem com que os sedimentos no sistema fluvial meândrico sejam distribuídos de acordo com seu peso e tamanho, criando morfologias únicas, próprias deste sistema (AB'SÁBER, 2000). Os sedimentos presentes nas planícies de inundação são depositados crescendo cerca de 1 a 2 cm a cada cheia (LEOPOLD *et al.*, 1964).

O sistema fluvial meândrico se desenvolve em dois setores: no canal fluvial e na planície de inundação. O ponto que assinala a descontinuidade entre os dois sistemas encontra-se no estágio das margens plenas⁵. Apesar de o canal ser considerado um subsistema da planície de inundação não se deve confundir os

⁵ O conceito de margens plenas é definido como a vazão que preenche exatamente o leito menor do canal fluvial, acima da qual ocorrerá transbordamento para a planície de inundação. (CHRISTOFOLETTI, 1981).

processos que agem sobre eles. Os processos que caracterizam as formas do canal são distintos da planície de inundação e ocorrem circunscritos e de forma contínua. A planície de inundação está condicionada as cheias sazonais, quando as águas ultrapassam o estágio das margens plenas (LEOPOLD, *et al.*, 1964 e CHRISTOFOLETTI, 1981).

4.1.2 Ocorrência de Planícies Fluviais Meândricas na Bacia do Alto Tietê

Ab'Sáber (2000, p.20) afirma que é muito difícil estabelecer quando começou o processo de formação das planícies fluviais na BAT. *“Pode-se afirmar que todas as várzeas e diques marginais das planícies aluviais do Brasil, constituem áreas de sedimentação aluvial em processo (...) A julgar pelas formações sedimentares empilhadas nos fundos dos vales do Tietê e Pinheiros, na região de São Paulo, a história fluvial dos fins do Pleistoceno e decorrer do Holoceno, nos possibilita uma idéia aproximada da época de início da sedimentação aluvial responsáveis pelas atuais planícies regionais”.*

Takiya (1997) menciona que o desenvolvimento das planícies fluviais meândricas na BAT ocorreu mais intensamente no período Quaternário. Porém, defende a idéia de que o canal do Tietê e alguns dos principais afluentes já existiam anteriormente à deposição dos sedimentos da Bacia Sedimentar de São Paulo. Segundo essa autora, reativações de falhamentos transcorrentes e os movimentos da crosta trouxeram implicações de ordem tectônica que impuseram um novo arranjo aos antigos traçados da rede drenagem da BAT.

O preenchimento da antiga depressão integrante do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RICCOMINI, 1989) por sedimentos que compõe a Bacia Trafogênica de São Paulo também contribuíram pra influenciar a imposição de uma nova morfologia dos cursos d'água drenados pelo coletor principal, o Tietê. A história de evolução da rede drenagem do Alto Tietê remonta o Cenozóico (AB'SÁBER, 1957), no entanto, os registros mais significativos dessa história encontram-se relacionados ao período Quaternário, mais intensamente as do final do Pleistoceno e no decorrer do Holoceno (RICCOMINI e COIMBRA, 1992; TAKYIA, 1997).

Os pacotes sedimentares das planícies de inundação do Rio Tietê e seus principais afluentes mostram-se justapostas com camadas de areia e argilas e siltes. No Rio Tietê, na região de Mogi das Cruzes e Itaquaquetuba existem depósitos de areia de cerca de 10m intercalados com depósitos menos espessos de matriz argilosa, que demonstram momentos diferentes de deposição (AB'SÁBER, 2000).

Almeida (1956) afirma que nas planícies dos rios meândricos do Planalto Paulistano, especialmente o Tietê e Pinheiros, formaram-se lentes de cascalhos com matriz areno-argilosa, camadas de argilas, às vezes muito puras e camadas com estratificação plano paralelas horizontal de areia, com maior ou menor porção de argila. Essas camadas evidenciam momentos e locais específicos onde ocorreu deposição, mostrando uma ligação entre o tipo de ambiente e o material depositado. Muito provavelmente, os cascalhos e areia com granulometria mais grossa estão relacionados aos depósitos de canais, as argilas a um ambiente lacustre (meandros abandonados) e as areias com presença de argila e material orgânico, são depósitos de planície de inundação (ALMEIDA, 1956; TAKIYA, 1997; RICCOMINI e COIMBRA, 1992; RICCOMINI, *et al.*, 2004).

As sondagens realizadas na planície de inundação do Rio Tietê, na cidade de São Paulo, pela Companhia Melhoramentos em 1926, identificaram uma camada superficial argilo-arenosa de 0,5m até 5,0m e logo abaixo 5,0m de areia e pedregulho. Sondagens do IPT confirmam o predomínio da matriz arenosa, sendo que as camadas de argila, entre as cotas mais baixas, reduzem-se a pequenas lentes argilosas e conforme aumenta a profundidade vão sobressaindo sedimentos arenosos ricos em cascalhos na base, podendo o pacote dessas aluviões atingir cerca de 15,0m (AB'SÁBER, 1956 *apud* SEABRA, 1987).

As áreas das planícies de inundação, compostas por esses sedimentos aluviais, podem ter, desde poucos metros de extensão, como é o caso de pequenos afluentes de 1ª e 2ª ordem, até mais de 2 km, caso do Rio Tietê em São Paulo⁶ (AB'SÁBER, 1956, 1957; ALMEIDA, 1964).

⁶ Dado comprovado em mapa topográfico e geológico da planície aluvial do Rio Tietê, próximo à foz com o Rio Tamanduateí. A planície de inundação do Rio Tietê apresenta dimensões quilométricas.

4.1.3 Ocupação de Planícies Fluviais Meândricas da Bacia do Alto Tietê

As morfologias fluviais da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê encontram-se quase que em sua totalidade inseridas no Planalto Paulistano (ALMEIDA, 1956). Esta área apresenta uma drenagem altamente diversificada em função das características geológicas, condições climáticas (atuais e pretéritas), modelado das formas, características pedológicas e da cobertura vegetal e que dão feição a uma rede hidrográfica regional altamente complexa (AB'SÁBER, 1957, 1978, 2000a).

Os Rios Tietê, Pinheiros e seus principais contribuintes, até meados de 1930, drenavam suas águas por vastas planícies fluviais de inundação, apresentando feições típicas como meandros abandonados, *backswamps*, canais abandonados, lagoas. Esses ambientes foram denominados por Ab'Sáber (1957) como drenagem labiríntica simples⁷.

Estas áreas apresentavam-se como um obstáculo ao crescimento da Metrópole Paulista, eram consideradas áreas de reserva, e foram posteriormente ocupadas por vias marginais, como nos Rios Tietê, Pinheiros, Tamanduateí, Aricanduva e tantos outros. Algumas planícies fluviais meândricas foram inundadas pelas construções de reservatórios, como Billings e Guarapiranga. Outro processo com menores dimensões areais, mas não de menor importância, ocorre até os dias de hoje alterando esses ambientes: trata-se da EXTRAÇÃO MINERAL DE AREIA, que teve início no começo do século XX e se desenvolve até os dias atuais nas planícies remanescentes aos impactos resultante do grandioso crescimento da Metrópole Paulistana no século passado.

Nos últimos 70 anos, esse ambiente vem sendo modificado de tal forma, que restam poucas áreas com a morfologia original de um sistema fluvial meândrico. Em estudos realizados pelo IAC (1985), foram mapeadas as várzeas do Estado de São Paulo. Constatou-se que 7,5% destas áreas encontram-se na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Rodrigues (2005) sistematizou uma seqüência de intervenções antrópicas

⁷ Segundo Ab'Sáber (1957, p. 78) "Dominava de Osasco à Mogi das Cruzes, no vale do Tietê, assim como no Pinheiros, drenagem extremamente sinuosa, com meandros divagantes labirínticos. (...) Entretanto, comparadas com a '*bizarra*' morfologia das drenagens labirínticas brasileiras da Amazônia e do Pantanal, as planícies aluviais paulistas poderiam enquadrar-se num terceiro tipo, correspondente ao mais simples dos padrões de drenagens labirínticas do Brasil."

das planícies de inundação na Metrópole Paulista que pode ser visualizada na Tabela 6.

Tabela 6 – Quadro de intervenções em planícies fluviais na BAT

Período	Área de intervenção (km ²)	Porcentagem (%)
Até 1929	20,61	2,36
De 1929 – 1962	211,23	24,23
De 1963 – 1997	121,71	13,96
Total	817,70	100

Fonte: Rodrigues (2005), adaptado.

Os dados evidenciam que esses sistemas, onde a morfologia original é preservada, são, atualmente, de rara ocorrência na BAT. Seus remanescentes estão localizados nas partes periféricas ou pouco habitadas da RMSP, áreas quase sempre protegidas por algum diploma legal (Unidades de Conservação Ambiental, Lei de Proteção aos Mananciais na RMSP, etc.). O crescimento urbano-industrial fez com que a metrópole se expandisse para todas as direções, atingindo ao norte, o sopé da Cantareira, e ao sul, o reverso da Escarpa da Serra do Mar. Indiscutivelmente, o caminho percorrido pela expansão trouxe drásticas modificações nos sistemas naturais. No modelado as marcas mais visíveis na paisagem estão expressas nas modificações das formas (cortes e aterros) e alteração na dinâmica hidrológica dos fluxos e da morfologia fluvial original.

No início do século XX, as intervenções nas áreas ocupadas pelos principais rios passaram a ocorrer de forma mais significativa. Na Cidade de São Paulo, o crescimento foi, em princípio, impulsionado pela ampliação da economia cafeeira no estado. Nesta época, começava a ocorrer a consolidação do sistema urbano, que induziu a expansão das indústrias, do sistema financeiro e comercial. Estas atividades promoveram o desenvolvimento de outras tipicamente urbanas: comércio varejista, transportes urbanos, comunicação, energia elétrica, construção civil, equipamentos urbanos, entre outras (SEADE, 1983).

Neste contexto de constituição da metrópole, a demanda por energia elétrica aumentou muito e em 1901, a empresa canadense *The São Paulo Tramway, Light and Power Company, Limited*, que possuía o monopólio para geração de energia elétrica, criou a Usina de Parnaíba (atual Edgard de Souza) utilizando-se das

quedas d'água próximas à Soleira de Barueri, no Rio Tietê. No ano de 1907, a *Light* construiu o reservatório Guarapiranga (ver foto 5). Estas intervenções abriram caminho para o início das grandes intervenções nos sistemas fluviais em decorrência do crescimento urbano-industrial de São Paulo.

FOTO 5 – Fotografia do ano de 1906 que retrata o período de construção da Represa Guarapiranga. Notar as estruturas da futura barragem. Fonte: FPHESP.

As áreas de planícies fluviais na BAT sofreram mudanças mais intensas a partir do começo do século XX devido a construção de barragens para geração de energia elétrica⁸, alagando grandes áreas dos vales fluviais meândricos. E a partir da década de 30, ocorreram retificações nos principais rios da metrópole (originalmente meândricos) - Tietê, Pinheiros, e afluentes secundários, proporcionando a incorporação das planícies de inundação ao tecido urbano⁹.

O crescimento da metrópole acarretou alterações drásticas na morfologia original da BAT, destacando-se as modificações impostas aos sistemas fluviais dos

⁸Atualmente na bacia hidrográfica do Alto Tietê existem doze reservatórios principais, quase todos são utilizados para abastecimento público, são eles: Ribeirão do Carmo, Ponte Nova, Paraitinga, Biritiba, Jundiá, Taiaçupeba, Billings, Edgard de Souza, Paiva Castro, Pirapora, Rio das Pedras e Guarapiranga, a maioria com vales tipicamente meândricos, com largas planícies de inundação ocupadas pelo caudal dos reservatórios.

⁹ Exceção é feita ao Rio Tamanduateí que teve sua obra de canalização iniciada em 1890 (DAEE, 2005).

Rios Pinheiros e Tietê. Rodrigues (2006) coloca que a seqüência de intervenções nesses rios se deu com a retificação, encurtamentos de pequenos trechos do canal, deposições de material heterogêneo de pequeno porte, construção de pontes, aterros, construção de sistema viário, incorporação da planície fluvial ao tecido urbano e por fim o atual projeto de ampliação e aprofundamento da calha do Tietê.

Nos mapas 6 e 7 é possível observar a mesma área em períodos diferentes. Trata-se de um trecho da planície fluvial do Rio Pinheiros na altura da Cidade Universitária/Jaguaré. O primeiro mapa retrata o período do início da década de 1930 (PMSP, 1930 - levantamento SARA Brasil), antes da retificação do canal (ver foto 6). Nota-se o canal tipicamente meândrico, com vários meandros abandonados e larga planície de inundação. Nesta época a urbanização ainda se mostrava pequena próxima às áreas da planície de inundação. O outro mapa retrata o período de 1972, quando já havia ocorrido a retificação do canal. A mudança é drástica, aparece o canal retilíneo com os meandros e a planície de inundação aterrados. O nível de urbanização e as vias de comunicação ocupam toda área de inundação. Segundo Ab'sáber (1978) a antiga planície de inundação foi incorporada ao tecido urbano, transformando-se em um verdadeiro terraço antrópico.

FOTO 6 – Confluência do Rio Pinheiros com o Tietê em 1929. Observar que as largas planícies de inundação apresentavam uma ocupação incipiente de pequenas chácaras (nas margens do Rio Pinheiros). No Tietê, a sua vasta Planície de Inundação encontrava-se praticamente desocupada, com exceção de alguns portos de areia que se instalavam em suas margens. Fonte: Prefeitura do Município de São Paulo, (2003).

Apesar das fortes mudanças impostas à morfologia original do Planalto Paulistano, principalmente as empreendidas aos sistemas fluviais meândricos, ainda

é possível encontrar remanescentes com morfologia original preservada. Uma dos poucos exemplos, no município de São Paulo, encontra-se em sua porção sul, no Distrito de Parelheiros. Trata-se do Rio Embu-Guaçu em seu alto e médio curso. Este rio, tributário do antigo Rio Guarapiranga (atual reservatório), nasce próximo a Serra do Mar e é responsável pela maior contribuição para o Reservatório do Guarapiranga. (ver Figura 1)

O crescimento que atingia a cidade de São Paulo e seus arredores próximos era um fenômeno que despendia uma grandiosidade de matérias-primas e energia. A energia elétrica substituía progressivamente a lenha e as lamparinas, e também dava suporte para abastecimento das indústrias que se instalavam em São Paulo. No entanto, para a sustentabilidade desse crescimento foi necessária a introdução de novas técnicas e materiais em vários setores como a construção civil.

Figura 1 - Fluxograma mostrando a hierarquia fluvial do Rio Embu-Guaçu em relação à Bacia Hidrográfica do Tietê e seus principais formadores na BAT (região da Cidade de São Paulo – afluentes principais da margem esquerda do Rio Tietê).

Como se observa na Figura 1, o Rio Embu-Guaçu é um dos principais contribuintes da Guarapiranga, que por sua vez une-se à bacia hidrográfica da Billings para formar o Rio Pinheiros, este totalmente alterado, retificado e com seu curso revertido. Pelo fluxograma é possível inferir que os rios que apresentam trechos preservados, como sua morfologia original, são aqueles na base do diagrama, os de menor porte e de ordem inferior, localizados nas partes mais afastadas das áreas urbanizadas. Exemplos de remanescentes podem ser visualizados nas Figuras 2 e 3, a seguir.

Figura 2 - Imagem de satélite dos formadores do Rio Pequeno (Represa Billings) um dos poucos canais meândricos remanescentes preservados. Esta área foi objeto de estudos por parte de Estaiano em 2003. Fonte Google Earth (2004).

Figura 3 - Trecho da confluência entre os Rios Embu-Guaçu e Ribeirão das Lavras, um dos raros remanescentes preservados na Bacia Hidrográfica do Guarapiranga. Fonte: Google Earth (2004).

Mapa de 1930

Rio Pinheiros na Altura da Cidade Universitária

Fonte: Levantamento SARA Brasil, escala original 1:20.000, 1930, Folha 01

250 0 250 500 750 (m)
Escala 1:25.000

Mapa de 1972

Rio Pinheiros na Altura da Cidade Universitária

Fonte: IBGE, escala original 1:12,500, 1972, Edição 01, Folha 04.

250 0 250 500 750 (m)
Escala 1:25.000

4.2 MINERAÇÃO DE AGREGADOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

4.2.1 Recursos Minerais: Conceitualização e Importância

A Tabela 7 apresenta uma estimativa da utilização pelo homem dos recursos naturais da Terra, demonstrando sua dependência. Observa-se a dependência humana em relação aos recursos mineiras que sofreram um salto de consumo devido à demanda cada vez maior da sociedade. Segundo Sudelpa (1986) o homem há cerca de 250 mil anos atrás consumia em média 1 mineral (sílex); 6 mil anos atrás cerca de 25 minerais; 100 anos atrás 120 minerais e nos dias atuais mais de 400 minerais. Na tabela 8 apresenta-se a importância dos minerais no cotidiano das pessoas.

Tabela 7 – Estimativa de utilização dos recursos naturais da terra por reino

Reinos da Natureza	Vegetal	Animal	Mineral
Consumo Humano em kg/ano	400 a 500	300 a 350	2.000 a 20.000

Fonte: SUDELPA (1986), Adaptado.

Tabela 8 – Exemplos de usos dos bens minerais pela sociedade moderna

Área de Consumo	Sub-área	Emprego	Bens Minerais
Alimentação	Agricultura	Fertilizantes	Fosfato, potássio, nitrato, calcário, etc.
	Indústria Alimentar	Temperos e Embalagens	Sal de cozinha, estanho, ferro, alumínio, caulim, talco, etc.
Higiene	Indústria de Cosméticos	Higiene Pessoal	Caulim, talco, alumínio, etc.
Saúde	Indústria Farmacêutica	Remédios	Quartzo, calcário, sais minerais, petróleo, etc.
Energia	Combustíveis sólidos, líquidos e gasosos	Automóveis, gás de cozinha, indústrias	Petróleo, carvão, gás natural, etc.
	Energia Elétrica	Iluminação, eletrodomésticos. Indústrias, etc.	Cobre, ferro, alumínio, brita, calcário, areia, petróleo, etc.
Construção Civil	Habitação	Moradia	Ferro, zinco, areia, brita, chumbo, cobre, petróleo, etc.

Fonte: SUDELPA (1986); IPT (2003), adaptado.

Os recursos minerais podem ser definidos como um recurso de concentração natural, encontrados na superfície ou no interior da crosta terrestre, de tal forma que sua extração seja potencialmente viável e possua valor para o homem. Quando um mineral assume importância econômica ou social então ele passa ser denominado minério e quando sofre o processo de beneficiamento passa a ser denominado bem mineral (SUDELPA, 1986; BROW *et. al.*, 1997; IPT, 2003).

Os minerais são divididos em dois grupos: metálicos e não metálicos. Os minerais não metálicos são classificados em materiais de construção (agregados), matérias-primas de fertilizantes e minerais industriais (calcário, argila, rochas ornamentais e gesso). Os materiais da construção geralmente são empregados diretamente, sem sofrerem processos industriais, mas apenas beneficiamento na mina (areia, cascalho e rocha britada) (MACEDO, 1998).

Os bens minerais não metálicos são importantes para o atendimento direto das necessidades da população, no entanto, possui menor relevância no cenário econômico e industrial. Os minerais energéticos e metálicos dominam o mercado de exploração e exportação do Brasil, enquanto os não metálicos têm tímida participação, com destaque apenas para os industriais e os fertilizantes, ficando os agregados excluídos dessa participação. Os minerais utilizados diretamente na construção civil possuem baixo valor agregado e grande volume de produção. Somado a isso, o custo de transporte onera muito o produto, fazendo com que as jazidas exploradas se concentrem próximas aos centros consumidores. No caso da areia para construção civil, supõe que o custo seja de 5 centavos de dólar por tonelada-quilômetro (t/km), podendo, em alguns casos, o preço final da areia dobrar quando transportada por cerca de 60km (BROWN, *et. al.*, 1995).

Dados disponibilizados pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) em 2003 demonstram a demanda por agregados nos grandes centros do país. Segundo DNPM (2004) foram produzidos 320 milhões de toneladas de agregados, sendo que deste montante cerca de 70% ficou concentrado na Região Sudeste, confirmando a estreita relação com os grandes centros urbanizados do país e o aumento crescente do consumo de agregados (POLETO, 2006).

Atualmente a Região Metropolitana de São Paulo sofre um problema crônico no abastecimento de matéria-prima para construção civil, principalmente areia. Apenas 25% desse material é extraído na própria região. Segundo Macedo (1998),

do montante estimado de 12.887,040 m³ de areia utilizados por ano na RMSP (cerca de 0,7m³/habitante/ano), 75% era importado de outras áreas com até 250km de distância (MACEDO, 1998). No entanto, no começo da década de 1930, o quadro que se apresentava era outro, em pleno crescimento e expansão a cidade começava a intensificar a exploração de seus recursos minerais de uso direto na construção civil (primeiro a areia e cascalho e posteriormente rocha britada), que ajudaram a construir boa parte das habitações, estradas e todo tipo de construção civil da RMSP.

4.2.2 Ocorrência e Distribuição dos Minerais Não-Metálicos na Região Metropolitana de São Paulo

Os jazimentos minerais apresentam íntima relação com a geologia de cada área. Os processos que ocorrem no meio físico expõem camadas de rocha, transformam minerais primários e revelam indícios de jazimentos minerais. O relevo, o solo, o clima, a cobertura vegetal, exercem papel fundamental sobre a geologia e os processos que exercem influência nos depósitos minerais. Em alguns casos, as formas de relevo e seus processos geradores podem evidenciar jazimentos minerais, que neste caso são materiais gerados por processos geomorfológicos que modelam às formas de relevo (VERSTAPPEN, 1983).

A distribuição das formas de relevo e da geologia auxilia a compreender a configuração dos principais depósitos minerais da RMSP. A compreensão do meio físico conduz as maiores evidências de localização e tamanho dos jazimentos minerais. Os processos que geraram a configuração atual das rochas, do relevo e dos solos são os principais atributos que devem ser considerados para efetuar o mapeamento dos depósitos minerais.

O mapa 8 - Mapa geomorfológico da RMSP, que também apresenta a localização das minerações de areia revela as principais características dos compartimentos morfoestruturais da RMSP e áreas de extração de areia associadas. Um breve resumo dessa associação pode ser feito a partir do conhecimento existente na geologia e geomorfologia da RMSP.

- Rochas do embasamento cristalino, de idade presumivelmente Pré-cambriana (granitos, gnaisses, migmatitos, xistos, quartzitos, entre outros). Essas rochas estão associadas à maciços antigos como a Suítes Graníticas, ao Grupo São Roque (norte da RMSP) e Açungui (S-SE da RMSP) e outros Complexos à eles associados. O relevo nestas áreas apresenta-se em morros e morrotes policonvexos e algumas elevações como a Serra da Cantareira, com predomínio de extração mineral de areia, rocha britada e caulim (AB'SÁBER, 1957; ALMEIDA, 1974; BITAR, 1997).
- Sedimentos Terciário-Quaternários de origem das Formações das Bacias Sedimentares de São Paulo e Taubaté. As formas de relevo apresentam-se em colinas com declividade suaves, áreas drenadas pelo Rio Tietê na Metrópole e cabeceiras do Paraíba do Sul, onde se destaca a produção de areia. Esta área possui o maior aglomerado humano do Brasil.
- Aluviões recentes, associadas às morfologias fluviais, geralmente distribuídos em planícies de inundação e terraços fluviais dos principais rios da Metrópole, como o Rio Tietê e afluentes, predominam exploração de areia e argila.

A RMSP, devido suas características geológicas e geomorfológicas, constitui-se em uma área que apresenta-se propícia a extração de minerais não metálicos. Bitar (1997) aponta que 75% da produção mineral na RMSP correspondem a minerais que não sofrem beneficiamento industrial (areia e brita, principalmente), sendo o restante concentrado em minerais industriais (caulim, quartzitos, argilas, entre outros), ainda contando com 3% do total para produção de águas minerais. Na Tabela 9 – Observa-se a produção dos minerais na RMSP e o números de estabelecimentos produtores (minas).

O bem mineral mais produzido atualmente na RMSP é a rocha britada que corresponde a mais de 50% da produção, logo em seguida areia com 20%, caulim com 10% e outros minerais somam os 20% restantes (VALVERDE, 1997). Contudo, essa extração acarreta benefícios econômicos à região e por outro lado traz impactos negativos sobre os sistemas físicos naturais e aos conflitos de uso e ocupação do solo em áreas urbanas.

Tabela 9 – Números de minas na RMSP e produção anual estimada

Substância Mineral	Produção Anual	Numero de Minas
Água Mineral	31.705.300 l	08
Areia para Construção	1.908.585m ³	66
Areia e Quartzito Industrial	138.768 t	09
Argilas	515.392 t	46
Rocha Britada	10.283.335 m ³	37
Rocha Calcária	1.308.522 t	01
Rochas Dimensionadas e Aparelhadas	9.312 m ³	09
Outros Bens Minerais	56.975 t	12
Total	-	188

Fonte: Bitar (1997 apud RUIZ; NEVES, 1990).

Atualmente na RMSP a mineração de areia ocupa papel de destaque sendo o segundo bem mineral em produção. No Mapa Geomorfológico da RMSP (Mapa 8), observa-se que a localização dos portos de areia está concentrada em volta da mancha urbana nas áreas de planícies, terraços e colinas, principalmente em sua porção sul. Na porção norte, as áreas de extração concentram-se nos morros e serras com extração do manto de intemperismo de rochas graníticas.

O crescimento da metrópole acarreta uma forte demanda por minerais usados diretamente na construção civil, mas ao mesmo tempo em que isso acontece a mancha urbana cresce e, conseqüentemente há diminuição das áreas de extração, ocorrendo a migração para além dos limites da RMSP. Isso onera o preço final da areia pelo alto custo do transporte e o baixo valor agregado deste bem mineral.

Mapa Geomorfológico da RMSP com a Localização das Minerações de Areia

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO DE SÃO PAULO

AR 01	Sarp Extração de Areia Ltda.	AR 23	Ext. de Areia e Ped. Cachoelra Ltda.	AR 45	Mineração MM. Ltda.
AR 02	Mineradora RAF Ltda.	AR 24	Empresa de Mineração JBS Ltda.	AR 46	Sociedade Caulinita Ltda.
AR 03	Inesal - Ind. Extrativa Santos Ltda.	AR 25	Itaquareia Ind. Ext. de Minérios Ltda.	AR 47	Ponte Alta Extração de Areia Ltda
AR 04	Empresa de Mineração Brejão Ltda.	AR 26	Justo Extração de Areia Ltda.	AR 48	Arenas Ext Com de Prod Minerais Ltda.
AR 05	Armando Angelini - Fl	AR 27	Real Emp. Extrativa de Areia Ltda.	AR 49	Itaquareia Ind. Ext. de Minérios Ltda.
AR 06	Embu S/A Eng. e Comércio	AR 28	Proviga Ind. Min. Ltda. (Fontoura)	AR 50	Emp.de Min.Menegon Ltda. (Proviga)
AR 07	Firpavi - Const. e Pavimentadora Ltda.	AR 29	Proviga Ind. Min. Ltda. (Extral)	AR 51	Cessi Com. de Mat. para Const. Ltda.
AR 08	Empresa de Mineração Caravelas Ltda.	AR 30	Proviga Ind. Min. Ltda. (Jomafe)	AR 52	Ext. de Areia Paratei Ltda.
AR 09	Mineração Areisca Ltda.	AR 31	Empresa de Mineração Horii Ltda.	AR 53	ATIC - Areia, Ext. Ind. e Com. Ltda.
AR 10	Erika Kehrle	AR 32	Itapiserra Mineração Ltda.	AR 54	Raul Lerário
AR 11	Itaquareia Ind. Ext. de Minérios Ltda.	AR 33	Empresa de Mineração Lopes Ltda.	AR 55	Mineração Renascer Ltda.
AR 12	Mandy Mineração e Eng. Ltda.	AR 34	Cemica Mineração Ltda	AR 56	Mineração Ramos Marques Ltda.
AR 13	José dos Santos Ferreira	AR 35	Emp. de Mineração Ressaca Ltda.	AR 57	Fiori Mineração Ltda.
AR 14	Emp. Mineração Floresta Negra Ltda.	AR 36	Porto Jovem Guarda Ltda.	AR 58	Paupedra - Pedreira Pav. Const. Ltda.
AR 15	Mogi-Minas Mineração e Transp. Ltda.	AR 37	Amílcar Pereira Martins Ltda.	AR 59	Empresa de Mineração JBS Ltda.
AR 16	Itaquareia Ind. Ext. de Minérios Ltda.	AR 38	Aminex Min. e Ext. de Areia Ltda.	AR 60	Iúdice Mineração Ltda.
AR 17	Itaquareia Ind. Ext. de Minérios Ltda.	AR 39	Porto de Areia Sete Praias Ltda.	AR 61	Mineradora Pedrix Ltda.
AR 18	Porto de Areia e Ped. Salbro Luso Ltda.	AR 40	Emp. de Mineração e Ext. Olífar Ltda.	AR 62	Embu S/A Eng. e Comércio (Itapeti)
AR 19	Porto e Ext. de Areia Três Coroas Ltda.	AR 41	Porto de Areia Paineiras Ltda.	AR 63	Pedreira Sargon Ltda.
AR 20	Dutra - Extração de Areia Ltda.	AR 42	Viterbo Machado Luz Mineração Ltda.	AR 64	Reago Indústria e Comércio Ltda.
AR 21	Empresa Mineradora Boa Sorte Ltda.	AR 43	Lauro Pavan & Cia Ltda.	AR 65	Panorama Industrial de Granitos Ltda.
AR 22	Extração de Areia Taboão Ltda.	AR 44	João Carlos Pongiluppi Mineração	AR 66	Minerpav Mineração Ltda.

LEGENDA

- Serras

Escarpas

Morros

Colinas

Terraços

Planícies
- Sede do Município

Limite de Município

Auto-estradas

Estradas pavimentadas

Drenagens

Reservatórios

Área Urbanizada

Minerações de Areia

Fonte: adaptado de IPT (1998), Cuchlerato (2000), Batista (2002) e Rodrigues (2003)

1:400.000

4.2.3 Contexto Histórico da Extração de Agregados na Região Metropolitana de São Paulo

4.2.3.1 Crescimento da metrópole paulista e as intervenções no meio físico

Até o final do século XIX, a maioria das edificações que compunham a área hoje ocupada pela metrópole paulista era construída pelo método da taipa (pau-a-pique, com madeira e argila), com exceção de igrejas e os principais edifícios públicos, que eram feitos com pedras de cantaria, bem como o calçamento das principais vias de circulação. Foi só a partir do começo do século XX que a construção civil começou a incorporar a técnica de uso do cimento *Portland*¹⁰, areia e brita em seus métodos construtivos (SANCHEZ, 2003).

Em meados da década de 1920, existia em São Paulo um número muito grande de “barqueiros”¹¹ que extraíam areia e cascalho do leito dos rios Tietê e Pinheiros. A abundância de pacotes sedimentares nos leitos destes rios se deve aos processos naturais de retirada, transporte e deposição realizado pelos cursos d’água.

Os barqueiros empregavam técnicas rudimentares para alcançar os sedimentos no fundo do leito, utilizavam barcos de até 20m de calado, com capacidade de 11 a 13 m³ (cerca de 30t) de areia e cascalho, onde depositavam e vendiam em portos (ver fotos 7, 8 e 9).

“Para alcançar o fundo do leito, utilizavam os tiradores de areia de um instrumento simples: um estirão que era um longo pedaço de pau com uma lata presa em uma de suas extremidades. A lata tinha perfurações no fundo para escoar a água e reter o material bruto (...). No lado oposto do estirão ao qual estava presa a lata tinha uma corda amarrada. (...) Um dos barqueiros empurrava com as mãos para o fundo do leito enquanto o outro barqueiro puxava pela corda” (SEABRA, 1997, p. 80)

¹⁰ Segundo Sanchez, (2003, p. 148) “a produção de areia e brita cresceu no Brasil em decorrência da adoção de métodos construtivos que empregavam o cimento Portland e o concreto”.

¹¹ Segundo Melo Nóbrega (1981) apud Camargo, (2002). Em 1919, São Paulo contava com 350 embarcações licenciadas; em 1920, com 400; em 1922, 458.

FOTO 7 - Porto de Areia Raposo Tavares, na região de Osasco, no Rio Tietê, em meados de 1920. Observam-se os batelões utilizados para transportar areia e cascalho. É retratado o momento do descarregamento da areia no porto, onde se dava a comercialização. Fonte: Oliveira e Negrelli, (1992 *apud* CAMARGO, 2002).

FOTO 8 – Fotografia de um ponto de desembarque de areia extraída no Rio Tietê, por volta de 1900. Ao fundo, observa-se a Ponte Grande, onde se encontra atualmente a Ponte das Bandeiras. Em primeiro plano, nota-se um batelão utilizado para extrair areia e cascalho do leito do rio, e o local na margem do rio utilizado como depósito. Fonte: JORGE (2004).

FOTO 9 – A mesma área da foto anterior, ocupada por carroças que transportavam areia depositada às margens do Rio Tietê. Mais ao fundo, no canto superior direito, o Observatório Astronômico do General Couto de Magalhães e antiga Ponte Grande. Fonte: JORGE (2004).

Graças à ocorrência de depósitos de argila, geralmente intercaladas às camadas de areia era comum também a presença de olarias nas planícies de inundação dos rios Tietê e Pinheiros (SEABRA, 1997; CAMARGO, 2002).

Em 1927 a empresa Light passou a deter o monopólio do uso do Rio Pinheiros devido a realização de obras de retificação e reversão do canal com objetivo de prover as represas, localizadas no reverso da Serra do Mar, a fim de gerar energia na usina de Cubatão (Henry Borden). Isso provocou a diminuição da extração de areia do leito fazendo com que os barqueiros migrassem para o Rio Tietê, tal situação configura-se um conflito de uso dos recursos (POLETTTO, 2006).

A partir de 1930 foi implantada a draga na extração de areia dos leitos do Tietê e Pinheiros e os barqueiros que trabalhavam “avulsos” passaram a transportar areia e cascalho retirados pela draga de donos de portos de areia. A introdução da técnica de dragagem mecânica provocou um grande aumento na produção de areia: em 1925 foram estimados 515.200m^3 de areia extraída do leito do Tietê e Pinheiros, e em 1937, a extração atingiu a marca de 1091.820m^3 (SEABRA, 1997).

O crescimento e expansão da metrópole aumentaram a demanda por agregados, em São Paulo, por exemplo, a partir de 1940 cresceu o número de locais de extração de areia (portos de areia) e pedreiras para extração de rochas em forma de brita.

Nos anos 40 o rio Tietê já recebia cargas de esgoto por meio do rio Tamanduateí e de algumas indústrias, e por esta razão apresentava-se impróprio para extração devido o acúmulo de lodo em seu leito. Com toda dificuldade para extração da areia no leito dos rios, o que aconteceu foi a descoberta dos sedimentos das planícies de inundação, ricas em areia (AB'SÁBER, 1978).

Em toda extensão das planícies de inundação, principalmente nas planícies dos rios Pinheiros e Tietê, instalaram-se portos de exploração de areia. No mapa 9, apresenta-se um extrato do mapa de 1930, (PMSP, 1930 - levantamento SARA Brasil), onde aparece trecho do antigo canal do rio Tietê. Aparece uma coalescência de lagoas unidas ao canal do rio Tietê, na zona norte da cidade de São Paulo, na região da Vila Maria. Essas lagoas são áreas que foram ocupadas por minerações de areia. A expansão da cidade alcançava as proximidades do canal e dos meandros do Tietê, e as áreas de extração limitavam-se com ruas e avenidas.

Os mineradores de areia sabiam que por baixo das aluviões finas e solos hidromórficos poderiam encontrar areia e cascalho. Na área de Osasco, descobriu-se um bolsão de areia de 20m de profundidade. Na região da Cidade Universitária, onde está a raia Olímpica, foi retirado areia para a construção da Universidade (ver Foto 10) (AB'SÁBER, 1978).

“Era costume entre os ‘areieiros’ do passado, na região da Penha Baixa, que era preciso ‘destampar a várzea para encontrar areia’. Uma descoberta empírica, que ocasionou a mais forte exploração de cavas para obtenção de areias, de todo o Brasil, (Carapicuíba, Penha Baixa, Cidade Universitária e, sobretudo Itaquaquecetuba). Massas de areia vendidas ao longo de toda a segunda metade do século para construção da Metrópole. Exploração agressiva nos locais de maior espessura das camadas arenosas cruzadas” (AB'SÁBER, 2000a, p. 20).

Com a instalação da nova modalidade de extração, a *Light* não pode interferir de imediato. As áreas eram exploradas em acordo com o dono da propriedade. Na tabela 10, compilada de Seabra (1997), há dados que comprovam a substituição da modalidade de retirada de areia do leito dos rios, pela extração nas planícies de inundação.

Tabela 10 – Material extraído mensalmente (m³) - 1937

Tipo de Extração	Tietê		Pinheiros	
	Areia	Cascalho	Areia	Cascalho
Nas Planícies de Inundação	54.025	10.400	17.300	6.360
No leito do Rio	2.760	440	200	-
Total	56.785	10.840	17.530	6.360

Fonte: Seabra (1997), adaptado.

FOTO 10 – Fotografia tirada no final da década de 40. Em primeiro plano tem-se o rio Pinheiros retificado. À direita, os primeiros edifícios da Cidade Universitária, e ao centro, um trecho da raia olímpica, com cicatrizes deixadas pela extração de areia, da qual boa parte foi utilizada para construção da Cidade Universitária. Fonte: Nicolini, (2001).

Mapa de 1930

Portos de Areia na Região da Vila Maria

Fonte: SARA Brasil, 1930, escala 1:20.000, Folha 02

Durante a década de 40 a cidade de São Paulo cresceu de forma rápida e a demanda por agregados para construção civil (areia e brita) acompanhou este ritmo. A instalação de indústrias, a expansão da mancha urbana, o aumento das vias de comunicação fizeram com que ocorressem a abertura de minerações de brita em São Paulo. A pedra britada, derivada do beneficiamento de rochas granito-gnaissica, fez com que o cascalho, retirado do Tietê e Pinheiros, perdesse seu espaço no mercado. A *Light*, detentora do monopólio do Rio Pinheiros, já estocava areia, a Prefeitura de São Paulo, que quase que concomitantemente à *Light* no Pinheiros, começava a retificar também o Tietê, e possuía seu estoque para obras passava a dar concessões aos mineradores da região.

Nas décadas subseqüentes ocorreu um crescimento constante e irregular da mancha urbana. O centro crescia verticalmente, e a mancha urbana cresceu horizontalmente provocando o desenvolvimento de áreas mais afastadas que foram incorporadas à metrópole. Esse processo aconteceu, principalmente, na cidade de São Paulo e seus arredores próximos, para depois atingir toda a área, hoje denominada como Região Metropolitana de São Paulo. Assim, outras áreas mais afastadas, no próprio Tietê (Itaquaquecetuba, Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim) e outros rios, mais distantes das áreas consolidadas pela urbanização, onde era possível a extração de areia e porque esses vales não tinham sido incorporados ao tecido urbano, ou inundados para construção das represas, foram explorados, até o final da década de 70, quando começaram a vigorar diplomas legais que impediam ou restringiam a exploração, sem a realização de estudos ambientais de licenciamento.

4.2.3.2 A mineração de areia de 1980 até os dias atuais – Um quadro de mudanças

Entre as décadas de 1940 e 1970, a metrópole paulistana passou pela maior taxa de crescimento de sua história. A população que, em 1940, era de cerca 1.300.000 habitantes, chegou a quase 8 milhões de habitantes nos finais da década de 1970 (SEADE, 2005). O crescimento urbano-industrial, com taxas superiores a 4,5% ao ano, foi alavancado, entre outros fatores, pelo incremento de diversas matérias-primas. É inquestionável que os minerais de uso na construção civil (areia, cascalho, argila, calcário e rocha britada) exerceram um papel fundamental para

alicerçar este crescimento. As características geológicas da BAT contribuíram para uma certa abundância dos jazimentos em seu território. A proximidade das jazidas com os centros consumidores proporcionou a construção de todo tipo de edificação e outros usos diretos na construção civil da Metrópole, a baixo custo financeiro¹².

Segundo Valverde (2001), habitações populares com 50m², consomem em média 68t de agregados; um edifício público de 1000m², consome 1.360t; em uma pavimentação urbana, 1km de via pública com, 10m de largura, consome entre 2.000 a 3.250t. Com estes dados é possível estimar a quantidade de agregados utilizados para erguer a Metrópole. Para construir todas as edificações da Metrópole, vias de comunicações, e todo tipo de construção civil uma quantidade grande de minas foram e ainda são exploradas.

Nos anos 80 o que se observou foi uma desaceleração do crescimento da RMSP em relação as décadas passadas. A atividade mineradora, e os outros ramos industriais, entraram numa recessão econômica que tomou conta do país. A capacidade instalada para a extração de minérios na RMSP, nos anos de 1980 a 1990, manteve-se estável em relação à década de 1970. A RMSP em 1990 contava com 188 minas ativas, sendo 66 de areia e 37 de brita, e as 87 restantes distribuídas entre outros bens minerais¹³ (BITAR, 1997).

Outro fator que desencadeou o fechamento de minas irregulares e dificultou a abertura de novos empreendimentos mineiros em meados da década de 80, foi a instituição no Brasil de legislações que impunham, às empresas e pessoas que possuíam ou pretendiam abrir novos empreendimentos, a obrigação de “recuperar” a área degradada e o licenciamento ambiental para possuir a concessão de lavra de novas áreas.

Em 1986, o governo federal promulgou a Resolução CONAMA 01, que instituiu a obrigatoriedade de apresentação de Estudos e Relatórios de Impacto Ambiental para empreendimentos potencialmente poluidores. Em 1988, a Constituição Federal já versava sobre a recuperação de áreas degradadas, e, em 1989, foi promulgado o Decreto Federal 97.632/89 que trata sobre o compromisso

¹² Para os minerais de uso direto na construção civil (minerais classificados com de classe 2 – areia e brita principalmente) um dos principais fatores que altera o seu custo final é o incremento do transporte, por este motivo a importância de buscar as jazidas mais próximas dos centros consumidores.

¹³ Água Mineral, Quartzito, Argilas, Rocha Calcária, Rochas Ornamentais e outros minerais de menor ocorrência.

da recuperação de áreas degradadas, mesmo para os empreendimentos pré-existent à lei. Os Estudos de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) e Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADs) são instrumentos que impuseram restrições a atividade minerária, mas também ordenaram a exploração. Deste período até os dias atuais, as várias instâncias do poder público vêm instituindo novas formas para gerenciar as atividades mineradoras, que se mostram importantes ao desenvolvimento da sociedade, mas carregam consigo o impacto inerente.

Após a década de 1990, na RMSP houve diminuição das áreas de mineração de agregados. A maior questão, além das restrições ambientais, foi a ocorrência dos jazimentos em lugares atualmente urbanizados ou protegidos por algum diploma legal. Ao contrário da maioria das atividades industriais, a mineração possui uma das maiores restrições quanto ao local de instalação¹⁴. É refém das ocorrências minerais, os jazimentos impõem a essa atividade a sua localização.

A extração de areia na RMSP, após a década de 80, se restringiu a portos de areia de pequeno porte, que extraíam em planícies fluviais e em morros cristalinos (manto de alteração), com exceção da região de Itaquaquecetuba e Mogi das Cruzes, que extraem areia, até os dias de hoje, na planície fluvial do Rio Tietê, em cavas com grandes extensões areais. No entanto, a demanda por areia sempre foi alta fazendo com que, começasse mais intensamente o processo de importação de areia para RMSP, principalmente das regiões do Vale do Paraíba, onde a areia é extraída do leito do Rio Paraíba do Sul e de sua planície de inundação e do Vale do Ribeira, sul do Estado de São Paulo.

As jazidas de areia exploradas na RMSP resumem-se, nos dias atuais, a extrações em planícies de inundação dos principais rios da metrópole como no rio Tietê em Itaquaquecetuba, Mogi das Cruzes, Biritiba Mirim. Na cidade de São Paulo observam-se portos de areia que extraem o mineral em morros cristalinos com uso de técnicas que conseguem beneficiar o manto de alteração da rocha granítica e extração incipiente em planícies de inundação, como exemplo a área objeto deste estudo.

¹⁴ Muitos municípios possuem no seu zoneamento áreas restritas para instalação de indústrias (ZUP), no entanto para a atividade mineradora raramente é levado em consideração que ela é dependente do jazimento mineral, e este ocorre de forma descontínua, mas conhecida.

4.2.4 Técnicas de Extração de Agregados

4.2.4.1 Extração de areia em leito de rios e represas

A modalidade de extração em leito de rios, atualmente com poucos registros na RMSP¹⁵, já esteve em evidência no começo do século XX até aproximadamente 1940, com atividades nos Rios Pinheiros e Tietê, como já salientado. No entanto, a técnica de extração de leito de rios corresponde 90% da areia extraída no Brasil. No Estado de São Paulo 45% da areia é de planícies fluviais, 35% de leito de rios e 20% utilizam outras fontes como manto de alteração de rochas e pó de pedra (IPT, 2003). Na Figura 4 pode-se observar uma representação esquemática da técnica de extração em leito de rios ou represas.

Figura 4 - Técnicas de dragagem hidráulica em leito de rios e represas. Fonte: IPT (2003).

A técnica consiste na sucção do material arenoso do fundo de leitos fluviais por meio de bombeamento. A areia então é enviada para barcas e destas para

¹⁵ Na RMSP essa modalidade praticamente não existe mais. A extração de leito de rios só ocorre para manutenção e controle do assoreamento dos canais do Rios Pinheiros e Tietê (trecho retificado).

áreas de estocagem, onde o produto é beneficiado por separação granulométrica e expedido para venda. Geralmente, o material mais fino e o cascalho que não foram vendidos são descartados no leito dos rios.

Os principais impactos se concentram em alterações da morfologia fluvial do fundo e margens dos canais e em modificações, quando em áreas tipicamente meândricas, de depósitos das margens convexas, alterando o equilíbrio fluvial. Os processos fluviais, que participam do equilíbrio do sistema fluvial, também são alterados, ocorrendo ainda a remobilização dos materiais do fundo do canal. Como consequência podem ocorrer distúrbios em relação às comunidades faunísticas pelo soterrando da fauna que vive no fundo dos canais, aumento da turbidez da água, assoreamento e solapamento induzidos.

4.2.4.2 Extração de areia em planícies de inundação e morros

A extração em planícies de inundação também já foi muito efetuada na Metrópole Paulista. As aluviões dos Rios Tietê e Pinheiros foram indistintamente extraídas pela mineração de areia e argila secundariamente. Atualmente, nas minas que extraem areia na RMSP essa modalidade é que mais se destaca. As áreas drenadas pelo Rio Tietê, nos municípios de Itaquaquecetuba, Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim, se mostram como grandes produtoras de areia originadas por deposição fluvial há também áreas com produção incipiente, nos rios mais afastados dos centros urbanos, como o alto curso do rio Embu-Guaçu, no município de São Paulo, entre outras.

Atualmente, emprega-se também na RMSP, a extração de areia em mantos de alteração de morros cristalinos, com embasamento granítico. Esta técnica consiste em beneficiar o solo intemperizado, lavrando as encostas dos morros até atingir a rocha sã. Esse tipo de extração se concentra no sul do município de São Paulo, região de Grajaú/Parelheiros.

A extração de planícies fluviais ricas em aluviões com matriz arenosa e morros sustentados por embasamento cristalino, com grandes mantos de alteração, acarretam drásticas modificações no modelado, podendo atingir cavas com profundidades superiores a 30m IPT (2003).

As técnicas utilizadas em extrações de planícies inundação e mantos de alteração (figuras 5 e 6) consistem em duas modalidades conjugadas: o desmonte mecânico e hidráulico. Inicialmente, é realizado a remoção da cobertura vegetal e do horizonte orgânico, depois remove-se a parte estéril (camada do solo que não é formada por minério). Após a abertura das frentes de lavra por retro-escavadeiras e pás-carregadeiras que expõem o material friável, jatos d'água em alta pressão são direcionados aos taludes abertos pela escavação das máquinas. Estes jatos desagregam as partículas e provocam o desmoronamento e movimentação do material por gravidade. O material então se concentra em um ponto de convergência na cava onde é bombeado, por meio de dragas, para separadores granulométricos (hidrociclones). Na separação, o material mais fino (rejeito) é depositado nas cavas exauridas onde sofre decantação e a areia e cascalho são expedidos.

Ao contrário da extração em leito de rios e represas, estas outras modalidades acarretam em primeiro lugar um impacto visual na paisagem. Isso se dá devido aos altos volumes de movimentação e remobilização de materiais e também pelas grandes dimensões da cava e frentes de lavra.

A extração por escavação mecânica e o desmonte hidráulico conjugados acarretam, alterações no modelado e, conseqüentemente, nos materiais e processos geomorfológicos. Com a remoção e/ou degradação da cobertura vegetal e da camada de solo orgânico a área fica suscetível aos processos erosivos. Ocorrem alterações nos perfis naturais das vertentes e aparecimento de sulcos e ravinas e em alguns casos de minerações abandonadas podem surgir voçorocas. O processo de assoreamento de canais pela alteração do escoamento pluvial e a ocorrência de enchentes também são freqüentes.

Figura 5 - Técnicas de Desmonte Mecânico, Fonte: IPT (2003).

Figura 6 - Técnicas de desmonte hidráulico. Fonte: IPT (2003).

4.2.5 Impactos da Mineração Sobre o Modelado na Região Metropolitana de São Paulo: Uma Abordagem Geral

A atividade mineradora é hoje importante atividade econômica, pois as matérias-primas e insumos advindos da extração mineral constituem fator necessário para manutenção da vida humana em sociedade, como por exemplo, na saúde, agricultura, comunicações, construção, transportes, entre outros. No entanto, ao mesmo tempo em que a atividade minerária é importante para o homem, ela provoca grande impacto sobre o meio físico. Portanto, se estabelece um binômio complexo e polêmico: assegurar o suprimento de matérias-primas minerais e garantir as condições de qualidade ambiental (IPT, 2003).

A extração mineral altera os sistemas físicos porque muda formas e processos e a organização dos materiais envolvidos em pequena e grande escala, podendo trazer grandes mudanças pelos impactos cumulativos inerentes à atividade que geralmente possui uma grande área de abrangência (ESTAIANO, 2004).

A atividade mineradora provoca mudanças no 'balanço geomorfológico' (produção, retirada, transporte e deposição), a pedogênese e os processos intempéricos ficam desestabilizados. A ação direta do homem sobre o relevo altera limiares naturais e introduzem outros de origem antrópica, podendo aumentar as taxas de erosão, assoreamento, movimentos de massa, entre outros. A morfologia muda como também mudam os processos, com a retirada dos materiais originais (cobertura vegetal, serrapilheira, solo, rocha alterada, etc.), ficam desestabilizados provocando alterações nas taxas de magnitude e frequência dos processos (NIR, 1983; TOY e HADLEY, 1987; RODRIGUES, 1997a, 1999 e 2004).

Sobre os impactos da mineração no relevo, Nir (1983, p.63), em seu trabalho *Man, a Geomorphological Agent*, colocou: *"The impact of mining on geomorphology consists of changes in the surface, extraction of minerals, their accumulation above the ground, changes in the stability of the upper layers of the earth's crust, and, last but not least, of changes when derelict areas are being reclaimed"*.

A análise dos impactos da mineração no relevo deve reconhecer que a relação entre o homem e a superfície do solo não se dá somente com a criação de novas formas, mas também na modificação das taxas e intensidades dos processos naturais. Logo, as ações humanas são entendidas como ações geomorfológicas

responsáveis por mudanças nos atributos das formas, nas propriedades e posicionamento dos materiais, e nas taxas, balanços, magnitude, frequência e localização dos processos geomorfológicos (SELBY, 1985; RODRIGUES, 1999a e 2004).

Outro fator que não deve ser negligenciado é o grau de tecnologia atingido pela indústria extrativa mineral, pois o uso de técnicas cada vez mais avançadas na mineração propiciam a retirada da substância mineral até o esgotamento da jazida. Além disso, as técnicas utilizadas para extração das substâncias minerais ficam condicionadas ao tipo de minério e o seu jazimento e suas particularidades condicionam as técnicas para cada tipo de modalidade extrativa.

A Tabela 11 sintetiza as principais modalidades extrativas de areia e brita na RMSP e associa as formas de relevo atingidas pela ação mineradora e suas respectivas origens geológicas.

Tabela 11 – Técnicas de extração mineral de areia e brita na RMSP

Substância	Técnica de Extração	Formas de Relev o	Origem geológica dos jazimentos
Areia	Dragagem	Leitos, dunas fluviais e morfologia típica.	Sedimentos Quaternários
Areia	Desmonte Hidráulico e Mecânico	Planícies de Inundação, terraços fluviais e colinas	Sedimentos Quaternários e Terciários
Areia	Desmonte Hidráulico e Mecânico	Morros e Morrotes	Manto de Alteração de rochas (rochas granitóides, principalmente)
Brita	Desmonte por explosivo	Morros e Serras	Rochas Pré-cambrianas

Fonte: IPT (2003), modificado.

4.2.6 “Recuperação” de Áreas Degradadas pela Mineração de Agregados na Região Metropolitana de São Paulo

A recuperação de áreas degradadas tem sido tema de discussão entre pesquisadores de várias áreas. Entretanto, o conceito de recuperação possui muitas definições dependendo da formação do pesquisador. Bitar (1997) listou 14 definições para o tema, e a partir delas concluiu que os conceitos vão ao sentido de restabelecer as condições originais da área ou mais próximas dela, buscando a estabilidade do ambiente e sua sustentabilidade. A Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT (1989) considera que o conceito de recuperação implica

que o local degradado seja trabalhado de modo que as condições ambientais acabem se situando próximas as condições originais. Existem ainda outros dois conceitos assinalados pela norma ABNT (1989) o de *restauração* que está associado à idéia de reprodução das condições exatas do local antes das modificações e o conceito de *reabilitação* que significa que o local degradado deverá ser destinado a um novo uso ou certa atividade produtiva.

Os conceitos e terminologias adotados muitas vezes não consideram com relevância a importância do conhecimento das condições originais da área anteriormente à degradação (NIR, 1983; RODRIGUES, 1997a, 1999). No caso específico da mineração, quase sempre são negligenciadas as informações sobre a morfologia original, não abrangendo estudos que considerem as formas os processos e materiais ocorrentes na área. Toy e Hadley (1897) também afirmam a importância do conhecimento dos processos naturais atuantes antes da atividade degradadora, colocando que esta prática é a base para obtenção de uma forma aceitável de novo uso ou produtividade, conforme um plano prévio que contemple essas premissas.

Outro ponto muito discutido é sobre a volta da área degradada às condições originais. Esse conceito parece ter um caráter utópico. Segundo Poulin e Sinding (1996) a extração mineral é uma atividade que possui impacto inerente e as mudanças causadas na área de extração são irreversíveis, não podendo a área retornar as antigas condições. O conceito de irreversibilidade deve ser encarado como intrínseco à atividade e as formas de recuperação da área devem ser vistas como um sequenciamento lógico de proposições de novos usos para área, tendo como base a premissa do conhecimento prévio da morfologia original para o alcance mais significativo da recuperação.

A indústria mineradora tem sua localização condicionada pelas ocorrências dos jazimentos e a sua vida útil é relativamente curta, dada pelas características das reservas minerais. Até meados de 1980, quando ocorria a exaustão da mina as áreas eram frequentemente abandonadas¹⁶. No entanto, após a promulgação da Constituição Federal de 1988 e o Decreto Federal 97632 de 10 de abril de 1989 a

¹⁶ As recuperações (novo uso para área), ocorridas antes da obrigatoriedade, se deram por ação do poder público que integraram essas áreas a mancha urbana da cidade, como exemplo pode-se citar a Estação Rodoviária do Tietê, o Parque do Ibirapuera, o Parque Vila Lobos e a Raia Olímpica da USP (SANCHEZ e RICCIARDI, 2005).

recuperação de áreas degradadas pela extração mineral passou a ser obrigatória. As mineradoras foram obrigadas a elaborar Planos de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD e implementarem as medidas preconizadas nestes documentos.

Entretanto, o estudo realizado por Bitar (1997) confirmou a existência de cerca de 250 minerações abandonadas na RMSP, demonstrando o quadro de degradação causado pela atividade que atualmente possui cerca de 200 minas ativas. O abandono das minas provoca a instalação de processos erosivos que podem levar até o aparecimento de voçorocas, escorregamentos de massa, quedas de blocos, assoreamentos, entre outros. As propostas de recuperação de áreas degradadas por mineração são baseadas em novos usos, normalmente com atividades que permitem maior lucratividade, e não há proposição quanto ao desenvolvimento dos processos físicos atuantes na área, assim é desconsiderado, na maioria dos casos, o seu uso seqüencial.

Como exemplo há portos de areia e pedreiras “recuperados” com materiais inertes da construção civil (entulho) nos quais as mineradoras preenchem as cavas com este material sem ter uma preocupação com o uso futuro. As cavas preenchidas com este material são consideradas pelo poder público como ambientalmente recuperadas. Em alguns casos pode ocorrer o plantio de eucaliptos ou pinos dando um aspecto mais aprazível à área, porém pelas características do material subjacente (entulho), mesmo com a recomposição do horizonte orgânico, a vegetação não apresenta um bom desenvolvimento. As conseqüências do preenchimento de cavas com esse tipo de material levam apenas a consideração de aspectos ligados a posição do lençol freático e estabilidade geotécnica do terreno e não as conseqüências futuras em termos de prognósticos que considerem a instalação e de processos geomorfológicos e o comportamento dessa morfologia antropogênica sustentada por sedimentos tecnógenos inconsolidados.

As considerações a respeito dos métodos de recuperação se concentram sempre no reflorestamento, seja com espécies nativas ou mesmo exótica dependendo do tipo de terreno. Considerações sobre a geologia, solos e geomorfologia são sempre informações secundárias e subutilizadas quando são realizadas as “recuperações”. Os exemplos desse tipo de intervenção na RMSP podem ser exemplificados a partir das fotografias apresentadas a seguir.

Foto 11 - Pesque-pague Alto da Serra na área do antigo Porto Santa Cruz em São Bernardo do Campo. As antigas cavas foram transformadas em um tanque para criação de peixes e as outras partes do antigo porto foram aterradas e gramadas. Fonte: Arquivo Prominer (2004).

Foto 12 - Vista da cava da Pedreira Itaquera no final da década de 1980, antes do processo de preenchimento com material inerte (entulho). Notar a proximidade com as casas. Fonte: Arquivo Prominer (2004).

Foto 13 - Vista da Pedreira Itaquera em 2005. Notar o total preenchimento da cava com material inerte oriundo da construção civil. O projeto final prevê a urbanização deste local. Fonte: Arquivo Prominer (2004).

Foto 14 - Aterro Sanitário implantado em uma mineração na divisa do Município de Guarulhos com São Paulo em área ocupada anteriormente pela extração de quartzito para produção de areia para construção civil. Fonte: Arquivo Prominer (2004).

Foto 15 - Cava da Pedreira Lageado em Itaquera/Guaianazes, parcialmente inundada e utilizada pela Prefeitura de São Paulo para contenção de cheias do Córrego Itaquera (Piscinão). Fonte: Arquivo Prominer (2004).

Foto 16 - Hipermercado implantado recentemente na cava de antiga pedreira no Bairro do Jaguaré. Notar no centro da foto o talude da antiga pedreira. Fonte: Arquivo Prominer (2004).

Foto 17 – Área de antigas bacias de decantação de rejeitos argilosos de mineradora em Barueri ocupada atualmente por galpões para usos industrial e comercial. Fonte: Arquivo Prominer (2004).

**5 CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA
RETROSPECTIVA E EVOLUTIVA DA PLANÍCIE DO
RIO EMBU-GUAÇU: 1981-2003**

MAPA GEOMORFOLÓGICO DE DETALHE - MORFOLOGIA ORIGINAL (1981)

Fonte: EMPLASA/SCM; Folha Ponte Alta - 2244 (SF-23-Y-CII-3SE-D), 1981, Escala 1:10.000 - Carta Geológica da RMSP, EMPLASA, Folha Embu-Guaçu, 1981, escala 1:50.000 - Mapa Geológico da Bacia da Guarapiranga IPT, (1996 apud VASCONCELOS, 2000), Confeccção e tratamento digital: João Claudio Estalano

Foto Aérea de 1981

Fonte: Base S/A, obra 405, faixa 17, foto 2276 data 1981, escala do voo 1:8.000

Legenda Morfologia Original	
Topografia	Morfocronologia
Curva de nível	Tecnógeno - Formas geradas por ação antrópica
Ponto cotado	Formas geradas no Quaternário
Hidrografia - Formas fluviais	Formas geradas no Cenozóico (indiferenciado)
Nascente	Litologia/embasamento
Curso d'água perene	Aluviões em geral (argilas, areias, cascalhos e turfas)
Curso d'água temporário / sinais de escoamento concentrado	Arenitos conglomeráticos
Canal abandonado	Granitos
Meandro abandonado	Migmatitos
Vale em V	Formações superficiais/cobertura
Limite do cinturão meândrico	Turfas podem ocorrer argilas e areias subordinamente
Limite da planície de inundação	Sedimentos Arenosos podem ocorrer turfas e argilas subordinamente
Ruptura de declividade	Indiferenciados (relacionados às vertentes)
Mudança de declividade	Outros elementos
Vertentes e setores superiores do terraço	Furos de sondagem executados em 1995
Topos convexos	
Interflúvio Pronunciado	
Contato aproximado do terraço fluvial com as vertentes

5.1 O ESTÁGIO PRÉ-INTERVENÇÃO – MORFOLOGIA ORIGINAL

5.1.1 Formas

No mapa geomorfológico de detalhe da situação pré-intervenção (1981), (Mapa 12) foram identificadas as seguintes morfologias:

- morfologia fluvial: representada pela planície de inundação e o terraço fluvial com suas formas típicas e materiais distintos, e
- morfologias associadas ao predomínio de processos de vertentes, onde são identificados morros, classificados pelo IPT (1981b) como morrotes baixos, alongados e paralelos e morros alongados.

A planície de inundação, no trecho mapeado, ocupa uma área com cerca de 413.000 m² e atinge largura máxima de 400 m próximo das confluências com dois afluentes de segunda ordem sendo referenciada pelas coordenadas UTM 321.500 m E e 7.350.000 m N. O ponto de menor largura não ultrapassa 200 m, e localiza-se na porção noroeste do mapa onde o Rio Embu-Guaçu sofre uma inflexão para oeste próximo a um pequeno corpo granítico. Este ponto localiza-se próximo das coordenadas UTM 320.750 m E e 7.350.500m N

Os contatos mais abruptos da planície de inundação com os morros na margem direita do Rio Embu-Guaçu e os rebordos do terraço na margem esquerda, às vezes são escarpados com rupturas de declividade, e às vezes apresentam apenas mudanças de declividade, definem morfologicamente o setor ocupado pela planície de inundação atual. Marcas de cheias anuais não puderam ser identificadas, no entanto, por meio de entrevistas, foi verificado que o nível máximo das águas coincidia com o limite estabelecido pelo critério morfológico.

As formas mapeadas no setor ocupado pela planície de inundação e o canal do Rio Embu-Guaçu caracterizam a maior diversidade morfológica da área. Os meandros e os canais abandonados (rios tipo yazoo) ocorrem em grande número, alguns com presença de água e outros parcialmente colmatados, e estas morfologias são comuns no pequeno cinturão meândrico mapeado.

A distribuição dos meandros e canais abandonados é mais concentrada nos pontos de maior largura da planície, onde o canal fluvial teve maior possibilidade de divagação, isso acontece no trecho em que o rio corre no sentido preferencial S-N. Próximos das coordenadas UTM 321.250 m E e 7.350.350 m N o rio sofre uma inflexão para oeste e passa a correr em direção preferencial E-W e neste trecho a ocorrência dos meandros e canais abandonados se torna rara.

Observando o mapa 12 é possível notar que o índice de sinuosidade do canal é maior na porção sul onde há predomínio dos meandros e canais abandonados. Na porção norte, após a inflexão que provoca mudança do canal do Rio Embu-Guaçu para oeste, o rio apresenta um padrão com baixa sinuosidade.

O canal do rio Embu-Guaçu apresenta largura média de 1,5 m, podendo chegar a atingir valores superiores a 3 m de largura. Apresenta uma extensão do trecho mapeado da ordem de 2.687 m.

Em investigação de campo foi possível observar, além das feições mapeadas pequenos diques marginais e raramente os cordões marginais convexos, encobertos na aerofoto pela vegetação ciliar que impossibilitou a sua representação no mapa. A profundidade do canal foi estimada em torno de 1,5 a 2 m, e seu nível d'água varia muito em função das chuvas, também foi possível observar que no fundo do canal do rio Embu-Guaçu predomina a deposição de sedimentos arenosos (foto 18).

FOTO 18 – Fundo do canal do Rio Embu-Guaçu nas coordenadas UTM 321.100m E e 7.350.300m N. Notar o fundo com sedimentos arenosos e os padrões das marcas ondulares causados pela corrente fluvial. Fonte: Arquivo Prominer, (2004).

Outra morfologia mapeada é o terraço fluvial, um patamar intermediário entre as vertentes e a planície de inundação que foi definido hipoteticamente como um terraço rochoso (*strath terrace*).

A definição clássica de que o terraço fluvial é uma área anteriormente ocupada por antiga planície de inundação (LEOPOLD, *et al.*, 1964) não é um modelo totalmente adequado para a área de estudo. No trecho mapeado a planície de inundação raramente ultrapassa 400 m de largura, sendo que a área identificada hipoteticamente como um terraço fluvial, possui cerca de 450 m de largura alçado da planície atual cerca de 15 m, no ponto mais elevado. Esta área localiza-se na margem esquerda do Rio Embu-Guaçu, sendo que na margem oposta não há indício de ocorrência de níveis terraceados, estando a planície de inundação em contato direto com os morros, evidenciado uma ruptura de dedividade.

Esse terraço pode ser considerado um *strath terrace* ou terraço rochoso, pois se enquadra na definição dada por Christofolletti (1981, p. 253) de que “*são patamares esculpidos pela morfogênese fluvial sobre as rochas componentes das encostas dos vales, nas quais há ausência ou presença de capeamento muito delgado de detritos aluviais*”. O autor atenta para diferenciação entre os terraços

rochosos (*strath terrace*) esculpidos pela morfogênese fluvial e os terraços estruturais mantidos por rochas resistentes cuja gênese não apresenta relação com ação fluvial e poderiam confundir a análise sobre a morfologia da área.

O terraço possui, no contato com a planície de inundação, um rebordo encoberto por turfas, e somente no trecho em que o canal nitidamente erodiu a sua borda aparece uma ruptura de declividade pronunciada, nos outros pontos predominam mudanças de declividades. O limite superior do terraço com as vertentes não é nítido. As mudanças de declividade só puderam ser observadas por meio de perfis topográficos, pois o limite entre o terraço e a vertente é mascarado pelo capeamento dos sedimentos turfosos, sendo mapeada por inferência morfológica e pelas diferenças de tipos da cobertura vegetal (vegetação arbustiva no terraço e arbórea nos morros)¹⁷.

O terraço fluvial possui cerca de 750 m de comprimento, seguindo o eixo do rio e uma largura média de 420 m, se estendendo por uma área com cerca de 337.000 m² (área mapeada). Apresenta declividades muito baixas o que reflete na morfologia ligeiramente convexa no topo com baixa inclinação em direção a planície de inundação.

Esse terraço fluvial caracteriza-se como um patamar intermediário com baixa declividade, com inclinação muito suave em direção ao canal fluvial do Rio Embu-Guaçu. Este modelado elevado a mais de uma dezena de metros em relação à planície atual e a ocorrência de suave convexidade no seu topo contraria os modelos que explicam a formação de terraços fluviais. Além disso, a área possui um capeamento de turfas chegando a atingir em alguns pontos 6m de espessura¹⁸.

Problemas similares no reconhecimento de terraços fluviais por recobrimento de coberturas coluvionares foram tratadas por Ritter e Miles (1973) em duas áreas de Montana-EUA. Bigarella e Mousinho (1965) também abordaram o assunto propondo um modelo evolucionar para a região do sudeste do Brasil sobre os terraços fluviais e a cobertura do colúvio que o recobre e mascara sua morfologia. Na área de estudo o modelo proposto por Bigarella e Mousinho (1965) não pode ser aplicado. Nas palavras dos autores *“A morfologia apresentada pela rampa de*

¹⁷ Observações de campo realizadas nas áreas preservadas e inferidas na fotografia aérea de 1981 (período pré-intervenção)

¹⁸ Evidências de campo e dados de sondagem executadas em 1995.

colúvio, originada por processo não fluvial, não coincide com a do terraço fluvial". Ao contrário, na área de estudo, o material que recobre o terraço não tem sua origem ligada aos colúvios, mas sim por formação de depósitos turfosos de gênese diferenciada dos colúvios ligadas ao sistema fluvial e processos biológicos (FRANCHI, 2004).

Ainda aparecem no terraço fluvial sinais de entalhamento fluvial em sua borda. São canais classificados como intermitentes que provocaram pequenas incisões no terraço.

Outra feição mapeada foi denominada de setores de vertentes, formadas por morros que circundam o terraço e planície de inundação. O setor de vertentes apresenta morros com perfis ligeiramente convexos topos plano-convexos, com declividade média. As amplitudes topográficas do topo a base são da ordem de 35 m e as distâncias interfluviais são baixas com cerca de 200 m em média. Apresentam vales com incisão em formato de "V" formados por canais intermitentes com alinhamento relacionado às estruturas geológicas que favorecem o entalhamento da drenagem.

Há ocorrência de cursos intermitentes e canais de escoamento concentrado que foram diferenciados no mapa pela presença de nascente e pela morfologia. Os sinais de escoamento concentrado são incisões menos pronunciadas e não possuem contribuição do lençol sendo somente alimentados por água de chuva.

A visualização da morfologia na área de estudo, descrita neste item, pode ser observada na ilustração apresentada na figura 7. O modelo digital do terreno permite identificar os três compartimentos que ocorrem na área: o terraço fluvial, a planície de inundação e os morros, com destaque para as formas e para os contatos entre elas.

Figura 7 - Ilustração da área por meio do Modelo Digital de Elevação do período pré-intervenção (1981). É possível observar a morfologia original com destaque para o terraço fluvial ao centro e a planície de inundação ocupando o setor com cores mais claras. Fonte: Mapa topográfico SMC/EMPLASA (1981), confecção: Michiel Wichers Schrage. (exagero vertical de 2,5X).

5.1.2 Materiais

A leitura do mapa 12 permitiu a descrição da distribuição horizontal das formações superficiais que ocorrem na planície de inundação e no terraço fluvial, predominando na área a ocorrência de sedimentos turfosos que capeiam a maior parte das formas fluviais.

A turfa é definida como *“uma substância fóssil, organo-mineral, originada da decomposição de restos vegetais, encontrada em áreas alagadiças como várzeas de rios, planícies costeiras e regiões lacustres. Trata-se de um biólito, isto é um*

deposito sedimentar desenvolvido a partir de processos biológicos” (FRANCHI, 2004, p. 04).

Na planície de inundação há predominância de turfa capeando quase toda sua extensão, ocupando uma área de cerca de 315.000 m² (76%). Nas áreas ocupadas pela mata ciliar ao longo do canal do Rio Embu-Guaçu, nos diques marginais foram espacializados sedimentos predominantemente arenosos ocupando uma área de cerca de 98.000 m² (24%).

A figura 8 apresenta um perfil de solo obtido a partir dos dados do furo 22 realizado pela sondagem de avaliação de reservas minerais (PROMINER, 1995). O furo está localizado no mapa 12 e foi selecionado porque é representativo da distribuição vertical dos materiais.

Nesse perfil observa-se que o material que constitui a planície apresenta a aluvião com um nível superficial de aproximadamente 2 m caracterizado por turfa com presença de água em superfície e vegetação em processo de decomposição. Logo abaixo há um nível de 4 m de turfa com presença de argila cinza na base da aluvião. O manto de alteração de rocha predominantemente migmatítica apresenta seu primeiro nível a 6m de profundidade com uma camada de 8 m com areia grossa marrom acinzentada, a camada subsequente de 2 m é composta de areia média pouco argilosa, micácea e de cor marrom, e, por último, há uma camada de 2 m de areia fina argilosa, muito micácea e de cor cinza escuro.

A sondagem realizada em 1995 perfurou somente dois locais na planície de inundação, pois as perfurações foram concentradas na área ocupada pelo terraço fluvial (mapa 12). Desta forma, as inferências sobre a distribuição dos sedimentos baseiam-se nos dois furos de sondagem de 1995 (21 e 22) e nos trabalhos de campo como também em relatos dos mineradores sobre a ocorrência de turfa e argila nas áreas lavradas da planície de inundação. A uniformidade apresentada pelo depósito de turfa observada em campo foi outro fator determinante para a inferência sobre a distribuição dessas formações superficiais que recobrem a planície de inundação.

Segundo os dados de sondagem (PROMINER, 1995), a planície de inundação possui um pacote de sedimentos que compõem a aluvião da ordem de 6 metros de profundidade, composto por sedimentos argilosos na base e turfas

recobrando o pacote, ocorrendo em quase toda extensão da planície de inundação. Exceção é feita aos locais ocupados pela mata ciliar, onde supostamente há predomínio de sedimentos arenosos relacionados aos depósitos de diques marginais. Esses sedimentos foram inferidos pela morfologia dos diques marginais e pela ocorrência da mata ciliar margeando toda extensão do canal do Rio Embu-Guaçu.

Fonte: Prominer (1995). Sondagem furo 22 localizado no mapa 12.

Figura 8 - Perfil Típico da planície de inundação.

A distribuição horizontal dos sedimentos no terraço fluvial também tem como predominância a ocorrência das turfas. Há também, em dois locais restritos, próximos ao contato com as vertentes sedimentos predominantemente arenosos.

Os depósitos de turfas que ocorrem no terraço apresentam faixas arenosas e pequenas linhas de pedra cortando lateralmente (fotos 25 a 27). Depósitos turfosos com intercalação arenosa também foram identificados na base de anfiteatros em Campos de Jordão-SP (MODENESI, 1988; MODENESI e HIRUMA, 2004). A origem desses sedimentos arenosos, segundo os autores, deve-se ao rebaixamento do lençol em época de estiagem. O déficit hídrico provoca o acúmulo de areia na superfície do depósito vindo dos patamares superiores das vertentes. E com o aumento da umidade há retomada do processo de formação da turfa que recobre o sedimento arenoso, formando faixas descontínuas no interior do depósito.

Os modelos de evolução das turfeiras geralmente são baseados nas regiões do hemisfério norte (baixas latitudes), pouco se tem produzido em relação aos depósitos tropicais (FRANCHI, 2004). Modenesi (1988) classificou as turfas de Campos do Jordão como turfeiras tropicais, pois apresentam teores de matéria orgânica entre 13% e 55%, valores insuficientes para definir uma turfeira verdadeira (MODENESI e HIRUMA, 2004). Segundo esta classificação as turfas que ocorrem no terraço deste estudo também são turfeiras tropicais, já que análises realizadas para verificação dos teores de matéria orgânica (PROMINER, 1995), apresentaram valores da ordem de 20% (anexo A).

A cobertura vegetal que colonizou a área do terraço e deu origem as turfeiras tropicais é constituída, principalmente, por musgos do gênero *Sphagnum* e vegetação de pequeno porte representadas por briófitas (samambaias, samambaia-açu), carqueja, entre outros (COSTA, *et al.*, 2002). Na planície de inundação a vegetação é mais homogênea formada por herbáceas, gramíneas e arbustos pequenos, adaptados às variações das condições hidrológicas (fotos 28 e 29).

FOTO 19 – Nota-se no centro da foto a formação de musgos em ambiente saturado em área preservada na qual a lavra não avançou. Em volta a vegetação é essencialmente formada por briófitas (samambaias) e pequenos arbustos, típicas dessas áreas com formação de turfas. Fonte: João Claudio Estaiano (2006)

FOTO 20 – Ocorrência de turfa em área próxima ao contato da planície de inundação com o terraço fluvial. O perfil apresenta cerca de 2 m de altura. Na parte inferior logo abaixo da turfa aparecem sedimentos argilosos. Fonte: Prominer (1995)

Observou-se em quase toda a extensão do terraço fluvial e confirmou-se nos boletins de sondagens, a presença de cascalheiras que variam de 1 a 0,5 m de espessura podendo atingir em alguns pontos restritos 3 metros de espessura, compostas por quartzos e raros quartzitos, de granulometria variável desde cascalhos centimétricos a calhaus dessimétricos, sub-arredondados com distribuição dos calhaus na base do depósito¹⁹. (fotos 23 e 24)

Logo abaixo das cascalheiras aparece um perfil exposto pelas escavações na cava que é sustentado por rocha migmatítica fortemente alterada com presença de diques de rochas básicas, veios de quartzo fragmentados, corpos métricos de quartzitos além de ocorrência de pequenas linhas de falhas, fraturas e dobras. O manto de intemperismo varia de 4 a 20 metros, com rocha fortemente alterada e pacotes arenosos com presença de argila, (fotos 21 e 22).

FOTO 21 – Dique de rocha básica muito alterado cortando o corpo de rocha migmatítica. Observar o pequeno basculamento dado pela presença de uma pequena falha. Fonte: Emanuel Rodrigues Romaro da Silva (2007).

¹⁹ Foi descrito por funcionários da mineradora, que no final da década de 1990, foram encontrados locais com cerca de 3 metros de camada de cascalhos com presença de areia, conforme descrito na figura 8.

FOTO 22 – Rocha quartzítica ocorrente na área. Os traços observados na rocha não têm ligação com o corpo maior que o envolve, possivelmente esta rocha é um testemunho de ciclos anteriores que ficou preservada no interior do corpo migmatítico. Fonte: João Claudio Estaiano (2007)

A cava atual apresenta, aproximadamente, 20 m de profundidade e expõe o manto de alteração que é muito heterogêneo, resultado da decomposição do maciço migmatítico e da diversidade de rochas que o cortam. Essa heterogeneidade é dada pelas diferentes respostas das rochas ao ataque dos agentes, além das descontinuidades estruturais que facilitam a decomposição, tendo inclusive papel importante sobre o desenvolvimento da morfologia da área.

Foram identificados dois níveis de depósitos de cascalhos soterrados e distribuídos em profundidades diferentes e que são distinguidos visualmente por sua dimensão e características granulométricas.

As cascalheiras em contato direto com o manto de alteração da rocha migmatítica são formadas por fragmentos predominantemente de quartzos que variam em tamanho desde 1 cm até 40 cm, são cascalhos e calhaus sub-arredondados a sub-angulosos. Estes depósitos foram denominados, neste estudo, de *cascalheira* e supõe-se que sua origem seja vinculada a processos fluviais com a predominância de morfogênese mecânica.

A segunda ocorrência de cascalhos descreve pequenas linhas de pedra compostas por quartzos e se situa próxima à superfície, sendo bem uniforme com camadas que não ultrapassam 10 cm de largura com fragmentos angulosos centimétricos o que foi aqui interpretado como resultado de pequeno transporte fluvial²⁰.

A diferenciação entre os dois tipos de ocorrência de clastos segue uma terminologia genética apontada por Ab'Sáber (1971) que sugere essa diferenciação para os depósitos de terraços, que denominou de lençóis aluviais rudáceos ou cascalheiras e as linhas de pedra (*stone line*) com origem em paleopavimentos.

A figura 9 apresenta um perfil de solo obtido a partir dos dados do furo 08 (PROMINER, 1995), localizado no mapa 12 e foi selecionado porque abrange um dos níveis de descontinuidades dos materiais (cascalheira) constituintes do terraço.

A caracterização dos materiais revela que há sedimentos orgânicos turfosos que capeiam a maior parte do terraço, e possui maior expressividade nas áreas do topo do terraço como revela a figura 13, e em alguns locais mais próximos ao contato com a planície, conforme observa-se na figura 8, com profundidades que podem superar os 6 m. Em média, os depósitos de turfa do terraço possuem cerca de 1m de espessura com profundidades inferiores a 0,5 m nos pontos próximos do contato com as vertentes e nos locais de entalhamento dos canais intermitentes. Em pontos restritos do terraço aparecem sedimentos arenosos onde há maior concentração do escoamento.

²⁰ Sobre gênese de cascalheiras e linhas de pedra há diversos estudos que abordam diferentes explicações associadas, por exemplo, à oscilações climáticas ou bioturbações (TRICART, 1959; AB'SÁBER, 1966 e 1979; CAILLEUX, 1966; CHRITOFOLETTI, 1968; PENTEADO, 1969; QUEIROZ NETO, 1974; MIKLOS, 1996, entre outros)

Fonte: Prominer (1995). Sondagem furo 08 localizado no mapa 12.

Figura 9 - Perfil típico do terraço fluvial.

Na figura 9 é possível notar a distribuição horizontal dos sedimentos ocorrentes neste ponto da sondagem, locado no mapa como furo 08. A área possui cerca de 1,5 m de sedimentos turfosos, abaixo da camada orgânica ocorrem cascalhos sub-arredondados e sub-angulosos com origem em processo de morfogênese mecânica. Logo abaixo desta camada aparece o manto de alteração da rocha migmatítica com encraves de diques e rochas básicas, restritos veios de quartzo e blocos de quartzitos (fotos 21 e 22). Também foram observadas pequenas falhas e fraturas demonstrando que a área sofreu movimentações tectônicas, provavelmente vinculadas à reativação tectônica cenozóica (ALMEIDA, 1967).

FOTO 23 – Perfil aberto para avanço da lavra. Observa-se a cascalheira com fragmentos de quartzo. Logo abaixo se encontra o manto de alteração e sobre a cascalheira formam-se as turfeiras. Fonte: João Claudio Estaiano (2007)

FOTO 24 – Cascalheira no interior da cava formada por cascalhos e calhaus de quartzos sub-arredondados. Fonte: João Claudio Estaiano (2005)

FOTO 25 – Linha de pedra com acúmulo de sedimentos arenosos. Os grãos de quartzo não ultrapassam 3 cm. Fonte: João Claudio Estaiano (2007)

FOTO 26 – Perfil típico na área de estudo. Na base aparecem cascalhos de origem fluvial, acima forma-se solo turfoso com intercalações de faixas arenosas. Na topo ocorre uma linha de pedra centimétrica que corta as turfeiras. A coloração clara das turfas ocorre pela exposição do perfil em longo período de estiagem. A vegetação acima do perfil é composta por um estrato herbáceo. Fonte: João Claudio Estaiano (2007)

A linha de pedra que ocorre na área ocupada pelo terraço fluvial do Rio Embu-Guaçu se formou no meio do pacote de turfa que possui gênese diferenciada e relacionada à decomposição biológica de massa vegetal. Esta linha de pedra apresenta fragmentos muito pequenos de quartzo e provavelmente marcam oscilações pouco acentuadas. Os fragmentos desta linha encontram-se no interior do depósito turfoso, onde também aparecem alternâncias definidas por pequenas faixas arenosas intercaladas com grãos muito pequenos (foto 27).

FOTO 27 – Corte em solo turfoso onde aparecem várias faixas arenosas irregulares cortando todo perfil. Fonte: João Claudio Estaiano (2007)

FOTO 28 - Visada a partir do terraço fluvial, no ponto de coordenadas UTM 321.150m E e 7.349.850m N. Observa-se trecho da planície de inundação do Rio Embu-Guaçu. É possível diferenciar a cobertura vegetal da planície e do terraço. Na planície de inundação a vegetação apresenta-se mais homogênea e adaptada a terrenos sempre alagados. No terraço a cobertura vegetal é mais heterogênea e apresenta, além de gramíneas, arbustos condicionados por maiores variações de umidade, com período marcadamente seco. O contato do terraço com a planície é muito suave neste ponto, mascarado pela presença da turfa. A vegetação é um indicativo da mudança de morfologia condicionada principalmente pela disponibilidade hídrica. Fonte: João Claudio Estaiano (2005)

FOTO 29 – Vista do terraço fluvial. Observa-se a cobertura vegetal formada por pequenos arbustos, destacando-se as briófitas, adaptadas as variações do nível da água. Notar a presença de vegetação "invasora" formada por pinus e eucalipto. Ao fundo encontra-se a planície de inundação do Rio Embu-Guaçu e no canto esquerdo aparece trecho da bacia de decantação do porto de areia. Fonte: João Claudio Estaiano (2005)

5.1.3. Processos

Os processos geomorfológicos relacionados neste sub-capítulo referem-se, na maioria dos casos, a inferências realizadas por meio do mapa geomorfológico de detalhe (mapa 12), correlacionando essas inferências com a morfologia e os materiais. O trabalho de campo também foi importante no estabelecimento desta descrição, juntamente com a utilização de bibliografias relacionáveis ao tema. Apresenta-se uma descrição dos processos dominantes para o ano mapeamento do ano de 1981, pois não foram realizados monitoramentos que pudessem mensurar taxas e magnitudes de processos geomorfológicos naturais.

Na planície de inundação os processos geomorfológicos predominantes referem-se à sedimentação (acrecção vertical) devido às cheias anuais do canal do Rio Embu-Guaçu. Segundo relatos dos moradores do local e dos mineradores, o Rio Embu-Guaçu inunda a área da planície de inundação pelo menos uma vez ao ano.

Quanto ao canal fluvial, ocorre migração relacionada a erosão das margens côncavas e deposição dos sedimentos nas margens convexas. A carga sedimentar transportada também é muito importante no estabelecimento da morfologia do canal (capacidade e competência). Foi possível observar a presença de areia depositada no fundo do canal com traço padrão de marcas ondulares (foto 18).

Os processos geomorfológicos predominantes também foram responsáveis pelo estabelecimento de canais intermitentes e sinais de escoamento concentrado, estabelecidos no terraço fluvial, que aparentemente encontrava-se em processo inicial de entalhamento das bordas do terraço fluvial, chegando a erodir locais ocupados por solo turfoso expondo sedimentos arenosos da base do terraço. Também ocorre, graças pelo entalhamento do Rio Embu-Guaçu, na borda do terraço, uma ruptura de declividade esculpida pelo rio.

Outro processo importante na área refere-se à formação de sedimentos turfosos que se relacionam à morfologia do terraço fluvial, à disponibilidade de água e à presença de cobertura vegetal. Este processo ocorre até os dias atuais em áreas não atingidas pela extração mineral.

Outros traços de ação fluvial no terraço são a presença das cascalheiras em sua base que, aparentemente, demonstram ter origem em processos de morfogênese mecânica mais antigos, vinculados a formação do terraço.

Possivelmente os terraços fluviais da região sudeste formaram-se até 13.000 anos BP (TURCQ e MELO, 1989). Coltrinari, et al. (1984), em estudos realizados nas aluviões do Rio Parateí, sugerem um início de retomada do processo de sedimentação por volta de 7.700 anos BP. Apesar de não ter sido realizada datação de materiais da área, as hipóteses sobre as alternâncias climáticas e o estudo das estratificações de sedimentos acenam para grande similaridade com outras áreas estudadas no sudeste. As cascalheiras da área indicam paralisações do entalhe fluvial com a predominância da morfogênese mecânica, demonstrando maior capacidade e competência fluvial do Rio Embu-Guaçu, podendo supor que sua planície meândrica teve seu desenvolvimento mais acentuado no início do Holoceno, na transição paleoclimática registrada pela cascalheira na base do terraço (AB'SÁBER, 1952/53 e 1957, 1977, 1992; BIGARELLA e MOUSINHO, 1969; BIGARELLA, 1971; COLTRINARI *et al.*, 1984; TURCQ e MELO, 1989; TAKIYA, 1997, entre outros).

Foi constatado que os solos turfosos que mascaravam a morfologia do terraço desenvolveram-se sobre as cascalheiras depositadas no terraço. Hipoteticamente, a ocorrência de turfa na área pode ser um indício da existência de uma morfologia que facilitou o acúmulo de água formando locais pouco drenados onde se instalou uma cobertura vegetal que foi decomposta e deu origem a este tipo de depósito organo-mineral. Essas bacias de decantação (*backswamps*) formaram um sistema ideal para a formação das turfas que cobriram quase toda a área do terraço.

Segundo Franchi (2000) o processo de formação de turfas em locais inundados se dá com acúmulo de matéria vegetal morta. A ampliação do ambiente saturado em água nas áreas planas e ligeiramente rebaixadas, pouco drenadas, possibilita a deposição de matéria vegetal morta. Esta formação inicial assegura a retenção das águas de inundação e das chuvas, permitindo o aparecimento de musgos (*sphagnum*). A lentidão do processo de decomposição da matéria orgânica morta em ambiente anóxico em combinação com o crescimento dos musgos, resulta numa acumulação de turfa (FRANCHI, 2000 e 2004). (fotos 19 e 20)

A relação entre o tipo de morfologia, clima, disponibilidade hídrica e cobertura vegetal são aspectos importantes para instalação das turfeiras. Na planície de inundação, as turfas recobrem sedimentos aluviais de argila depositados nos períodos iniciais da formação da planície, possivelmente no início do Quaternário (TAKYIA, 1997). Na planície de inundação as turfas desenvolvem-se em ambiente saturado por água, sem um período prolongado de seca, pois o lençol freático aflora mantendo a disponibilidade hídrica mínima em períodos de estiagem, para a manutenção do processo de formação das turfas.

No terraço fluvial, alçado da planície de inundação em cotas que podem alcançar até 15 m, a disponibilidade hídrica é menor, pois o lençol freático não aflora e o topo do depósito retêm quantidade menor de água devido a morfologia levemente convexa. Outro fator importante é que a área atualmente só recebe contribuição de águas pluviais, pois as cheias sazonais do canal não alcançam o terraço²¹.

²¹ Dado levantado por meio de entrevistas com os mineradores.

MAPA GEOMORFOLÓGICO DE DETALHE - MORFOLOGIA ANTRÓPICA (2003)

Fonte: Mapeamento executado pela PMSP a partir da restituição de fotografias aéreas de 2003, na escala 1:5.000 - Carta Geológica da RMSP, EMPLASA, Folha Embu-Guaçu, 1981, escala 1:50.000 - Mapa Geológico da Bacia da Guarapiranga IPT, (1996 apud VASCONCELOS, 2000).
Confeção e tratamento digital: João Claudio Estaiano

Foto Aérea de 2003

Fonte: Base S/A, obra 829, faixa 128, foto5006, data 2003, escala do voo 1:8.000

Legenda Morfologia Original

Topografia	Morfocronologia
Curva de nível	Tecnógeno - Formas geradas por ação antrópica
Ponto cotado	Formas geradas no Quaternário
Hidrografia - Formas fluviais	Formas geradas no Cenozóico (indiferenciado)
Nascente	Litologia/embasamento
Curso d'água perene	Aluviões em geral (argilas, areias, cascalhos e turfas)
Curso d'água temporário / sinais de escoamento concentrado	Arenitos conglomeráticos
Canal abandonado	Granitos
Meandro abandonado	Migmatitos
Vale em V	Formações superficiais/cobertura
Limite do cinturão meândrico	Turfas podem ocorrer argilas e areias subordinamente
Limite da planície de inundação	Sedimentos Arenosos podem ocorrer turfas e argilas subordinamente
Ruptura de declividade	Indiferenciados (relacionados às vertentes)
Mudança de declividade	
Vertentes e setores superiores do terraço	
Topos convexos	
Interflúvio Pronunciado	
Contato aproximado do terraço com as vertentes	

Legenda Morfologia Antrópica

Formas Erosivas	Formas Depositionais
Patamares em cava (cortes)	Bacia de decantação preenchida com sedimentos consolidados com cobertura vegetal
Rebordo escarpado da cava	Bacia de decantação preenchida com sedimentos consolidados sem cobertura vegetal
Rebordo escarpado de bacia de decantação recente	Bacia de decantação preenchida com sedimentos inconsolidados com presença de água
Rebordo escarpado de bacia de decantação antiga	Bacia de decantação preenchida com sedimentos inconsolidados sem presença de água
Sulcos e ravinas	Manto de alteração exposto (cava de extração)
	Áreas antrópicas indiferenciadas

5.2. - O ESTÁGIO DE INTERVENÇÃO ATIVA – MORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA

Toy e Hadley (1987) consideram que o período de intervenção ativa equivale ao tempo máximo de desequilíbrio entre a superfície (morfologia) e os processos geomorfológicos reinantes. Esse desequilíbrio é provocado pelas técnicas empregadas nas escavações e remanejamento de materiais, ocorrendo induções e acelerações dos processos naturais como os erosivos e deposicionais (assoreamento).

O processo de extração, beneficiamento e descarte do rejeito, dá feição a um tipo de modelado produzido pela retirada e deposição de sedimentos que mudam totalmente a dinâmica atual de formação do solo turfoso, o processo de dissecação no terraço fluvial e provoca diminuição da área da planície de inundação.

5.2.1 A Descrição das Formas Antropogênicas

A morfologia antropogênica, gerada pelo processo de extração de areia, ocupou boa parte do terraço fluvial e um trecho da planície de inundação.

O minério explorado no terraço fluvial e na planície de inundação concentra-se no manto de intemperismo da rocha. Além da areia, há remobilização de outros materiais diferenciados em material de rejeito e estéril.

As escavações que alcançam profundidades superiores a 20 metros removem o material superficial acima do minério, denominado material estéril, que é formado por turfas, argilas e todo material que se encontra acima das camadas ricas em sedimentos arenosos e são utilizados na construção de diques para contenção das bacias de decantação. As bacias são preenchidas com rejeitos formados por material argiloso. O rejeito é o material que foi separado no processo de beneficiamento, apresentado granulometria inferior a das areais (argila e silte) e não possui valor comercial.

A morfologia antropogênica representada no mapa 13 foi classificada em duas categorias relacionadas aos processos geradores: formas erosivas e formas

deposicionais. Por meio da ilustração apresentada na figura 10, modelo digital de elevação da área em 2003, é possível observar as principais morfologias ocorrentes, com destaque para área ocupada pela cava de extração. Também são visualizadas as morfologias do terraço modificado, da planície de inundação e dos morros circundantes.

Figura 8 - Ilustração da área por meio do Modelo Digital de Elevação do período de intervenção ativa (2003) com o mesmo ângulo de visada da figura anterior. Nota-se a área mais rebaixada no centro da figura, trata-se da cava de mineração. Nesta imagem o terraço não é tão nítido e a planície de inundação apresenta área mais restrita próxima da mineração. Fonte: Mapa topográfico da PMSP (2003), confecção: Michiel Wichers Schrage.

5.2.1.1. Formas erosivas antropogênicas

As formas erosivas antropogênicas são resultantes das escavações realizadas na área minerada. Caracterizam-se por fortes rupturas de declividade formando pequenos “escarpamentos antrópicos” nas bordas das cavas exauridas transformadas em bacias de rejeitos e na cava atual onde ocorre a extração. No interior da cava aparecem pequenos patamares erosivos formados pelo desmonte hidráulico e mecânico direcionados a setores selecionados por apresentarem maior potencial mineral, isto é, presença de sedimentos arenosos. Esta seleção provoca no interior da cava o aparecimento dos “patamares em cava”.

No mapa 13, onde foi representada a morfologia antropogênica foram identificadas e espacializadas as seguintes morfologias:

- ✓ Patamares em cava (cortes): são formas erosivas no interior das cavas (foto 32);
- ✓ Rebordo escarpado da cava: forte ruptura caracterizando uma “escarpa antrópica” na cava em atividade (fotos 32 a 34);
- ✓ Rebordo escarpado da bacia de decantação recente: forte ruptura caracterizando uma “escarpa antrópica” nas bacias de decantação mais recentes (foto 31);
- ✓ Rebordo escarpado da bacia de decantação antiga: forte ruptura caracterizando uma “escarpa antrópica” nas bacias de decantação mais antigas (ver foto 35);
- ✓ Sulcos e ravinas: são pequenas feições erosivas que ocorrem no interior da mineração.

5.2.1.2. Formas deposicionais antropogênicas

As formas deposicionais são geradas por processos de deposição nas cavas exauridas ou na formação dos diques de contenção das barragens de rejeitos. Essa morfologia relaciona-se exclusivamente ao remanejamento dos materiais. A classificação adotada levou em consideração o tempo de deposição dos rejeitos

dados pelos diferentes graus de consolidação dos materiais. A seguir são descritas as formas deposicionais mapeadas na área efetivamente minerada:

- ✓ Bacias de decantação com sedimentos consolidados e cobertura vegetal: são cavas exauridas mais antigas, preenchidas por material de granulometria fina que se encontra consolidado e com presença de vegetação (foto 30);
- ✓ Bacias de decantação com sedimentos consolidados sem cobertura vegetal: são cavas exauridas mais antigas, preenchidas por material de granulometria fina que encontra-se consolidado sem presença de vegetação (foto 30);
- ✓ Bacias de decantação com sedimentos inconsolidados e presença de água: são cavas mais recentes utilizadas como bacias de rejeitos e acúmulo de água empregada no processo de extração (foto 31);
- ✓ Bacias de decantação com sedimentos inconsolidados sem presença de água: são cavas mais recentes utilizadas como bacias de rejeitos (foto 31);
- ✓ Manto de alteração exposto: trata-se da cava de extração com manto de alteração sendo minerado (fotos 32 a 34);
- ✓ Formas antropogênicas indiferenciadas: são outras formas geradas em decorrência da mineração, classificadas como estradas de acesso, formas geradas por terraplenagem, utilizadas como estoque de areia e turfa e ocupadas pela infra-estrutura.

As fotografias mostradas a seguir retratam as principais feições mapeadas da morfologia antropogênica.

FOTO 30 – Local ocupado por antiga bacia de rejeitos, na qual encontra-se consolidada e com presença de cobertura vegetal de eucalipto. Em primeiro plano área ocupada por bacia de rejeitos sem cobertura vegetal. Fonte: João Claudio Estaiano (2006)

FOTO 31 – Bacia de rejeitos com presença de rejeitos inconsolidados com presença de água. Notar a área escarpada da borda da bacia de rejeitos e em primeiro plano o início do processo de sedimentação da bacia. Fonte: João Claudio Estaiano (2006)

FOTO 32 – Área de lavra da mineração Ponte Alta. É possível observar as bordas da cava com seus escarpamentos antrópicos. No interior da cava ocorrem patamares gerados pela escavação mecânica, hidráulica e aterramentos. Estes patamares foram denominados, para efeito de sua representação no mapa geomorfológico de detalhe, de “patamares em cava”. Fonte: João Claudio Estaiano (2007)

FOTO 33 – Cava de extração de areia. Observa-se a técnica do desmonte hidráulico na qual jatos de água sob alta-pressão desagregam as paredes da cava. Mais acima, retroescavadeira retira a camada de solo orgânico e o material estéril para posterior avanço da frente de lavra. Fonte: João Claudio Estaiano (2007)

FOTO 34 – Outro ponto da lavra atingido pela técnica do desmonte hidráulico. O material desagregado junto com a água forma uma polpa que segue por gravidade para o fundo da cava onde é succionado por uma draga e daí segue para o processo de beneficiamento (separação granulométrica). Fonte: João Claudio Estaiano (2007)

FOTO 35 – Fotografia tirada no ano de 1994. Notar a elevação causada pelo aterramento de parte da planície. Esta forma antrópica foi mapeada como sendo rebordo da antiga bacia de rejeitos. Atualmente encontra-se com vegetação, sendo difícil o acesso à área. Fonte Arquivo Prominer (1994).

FOTO 36 – Foto do ano de 1995. Processo de decapeamento com retirada das camadas superficiais do solo. Notar a presença espessos depósitos de turfas sendo retirados pela retroescavadeira. Fonte Arquivo Prominer (1995).

5.2.2 Derivação para Morfologia Antropogênica

Após a retirada dos materiais superficiais começa a escavação mecânica para abertura da cava e depois se inicia o desmonte hidráulico. As escavações geralmente atingem mais de 20 metros de profundidade, alcançando o embasamento rochoso. Todo o material superficial rico em areia e o manto de intemperismo é lavado pelo desmonte hidráulico e retirado por dragas para seguir para expedição (venda), após a separação granulométrica. Os materiais mais finos, argila e silte, são separados e lançados através de bombeamento em meio aquoso para as áreas das cavas exauridas. Estima-se que cerca de 50% do material lavrado e beneficiado é enviado para as bacias de decantação, os outros 50% são vendidos como areia²². Este processo preenche as antigas áreas de lavra com o material de granulometria fina. A água presente na bacia de decantação é utilizada geralmente em circuito fechado para o processo de desmonte hidráulico. Progressivamente as bacias de decantação vão sendo preenchidas pelos sedimentos finos que se tornam consolidados. Algumas destas áreas recebem camada de solo orgânico, no caso turfa, para o plantio de vegetação, geralmente eucalipto e pinus que se desenvolvem bem neste tipo de terreno. (foto 37)

²² Informação verbal fornecida pelo Engenheiro de minas Ciro Terêncio Russomano Ricciardi e pelo proprietário do porto de areia da Ponte Alta Extração de Areia Ltda.

FOTO 37 – Fotografia de 1996. Observa-se a bacia de decantação totalmente preenchida por sedimentos argilosos (rejeitos). Por cima é depositada camada de turfa para realização do plantio de vegetação. Fonte Arquivo Prominer (1996).

5.2.3 Análise Comparativa entre a Morfologia Original e Morfologia Antropogênica: Mudanças nas Formas, Processos e Materiais.

A morfologia antropogênica é gerada devido a grande remobilização e retirada dos materiais que promovem mudanças nos processos geomorfológicos como acelerações nos processos erosivos. O balanço natural entre as forças (processos geomorfológicos) e a resistência dos materiais que condicionam a morfologia é modificado pela atividade de mineração, que introduz uma nova configuração morfológica para área, definida principalmente, pela retirada dos materiais subjacentes.

As mudanças ocasionadas pelas técnicas empregadas pela mineração geraram morfologias antropogênicas que foram identificadas também pelo auxílio de perfis confeccionados a partir das bases topográficas de 1981 e 2003 e dos mapas 12 e 13, como também pelos dados de sondagem e observações de campo. Na figura 13, os perfis 1 e 2 representam um transecto (locados nos mapas 12 e 13) que parte do ponto A (coordenadas aproximadas UTM 320.670m E e 7.349.943m N) no sentido de SW para NE até o ponto B (coordenadas aproximadas UTM 321.600m

E e 7.350.255m N). Os perfis 1 e 2 representam um corte no terreno dos períodos de pré-intervenção e intervenção ativa, respectivamente.

O perfil 1, de 1981, próximo do ponto A, corta um morro com cota máxima de 778m, depois passa pelo terraço fluvial cuja altitude varia entre 768 e 756 e a planície de inundação com altitude média de 754m, o morro próximo ao ponto B possui cota máxima de 783m. Já o perfil sobre a morfologia antropogênica apresenta cotas diferenciadas em função das mudanças na morfologia. O morro encontra-se inicialmente próximo da cota 770²³, com seu topo próximo da cota 780m, o terraço minerado apresenta variação entre as cotas de 765m e 757m, a planície apresenta cota em torno dos 754m e o morro próximo ao ponto B não sofreu alterações, apresentando a cota 783m.

A leitura desses perfis oferece informação sobre as mudanças ocorridas nas formas e nos materiais dos três compartimentos morfológicos indentificados na área de estudo, com destaque para o terraço fluvial e a planície de inundação.

Quanto a morfologia observam-se mudanças nas formas em relação as convexidade do topo do terraço para superfícies aplainadas das bacias de decantação com suas bordas apresentando rupturas de declividade. O novo modelado está associado aos seguintes fatores: escavação e remobilização do manto de intemperismo rico em areia e dos materiais superficiais (argilas, turfas e cascalheiras), atividades de terraplenagem em alguns setores e principalmente como resultado da deposição de rejeitos argilosos nas bacias de decantação. Também é possível observar rupturas de declividades associadas aos cortes e desmontes das escavações.

O desmatamento na área representada caracteriza-se pela retirada de parte da vegetação arbórea do morro situado nas proximidades do ponto A, da vegetação arbustiva do terraço fluvial, e parte da vegetação herbácea da planície de inundação. Observa-se a manutenção da vegetação arbórea no setor ocupado pelo morro nas imediações do ponto B, da mata ciliar que acompanha o canal do Rio Embu-Guaçu e a vegetação herbácea onde a planície de inundação não foi minerada.

²³ A diminuição de cota deve-se a instalação de uma mineradora vizinha a Ponte Alta Extração de Areia Ltda., que minera o manto de alteração do morro e não é objeto de estudo desta pesquisa.

Quanto aos materiais superficiais houve retirada dos níveis de argila, turfa e cascalheiras, situadas acima do manto intemperizado arenoso que constitui o jazimento principal de areia explorado. Esse manto intemperizado com cerca de 20 m de profundidade também foi remobilizado, e as cavas resultantes estão preenchidas por sedimentos predominantemente argilosos. No caso desse perfil as morfologias antropogênicas, encontradas ao longo dos transectos A-B, são respectivamente formadas pelas bacias de decantação recente, com rebordos escarpados preenchidos com sedimentos argilosos que se encontram inconsolidados.

As principais mudanças no modelado ocasionada pela atividade mineradora foram avaliadas por meio de uma lista de geoindicadores (tabela 12) confeccionada por meio de informações recolhidas em campo, dados bibliográficos e principalmente a avaliação (qualitativa e quantitativa) extraída dos mapas geomorfológicos de detalhe (mapas 12 e 13). A análise das mudanças foi realizada por meio de comparações entre as formas, materiais e processos da morfologia original (1981) e morfologia antropogênica (2003).

Tabela 12 – Geoindicadores utilizados para o estudo de mudanças em planícies fluviais meândricas (escala 1:2.500)

Indicadores	Geoindicadores	Morfologia original	Morfologia Antropogênica (intervenção)	Técnica de mensuração	Fonte
<i>Morfológicos (originais e antropogênicos)</i>	Planície de Inundação	413.000 m ²	60.000 m ²	Cartográfica	Mapas 12 e 13
	Terraço	337.000 m ²	190.000 m ²	Cartográfica	Mapas 12 e 13
	Back Swamps	-	-	Cartográfica	Mapa
	Cinturão Meândrico	226.000 m ²	17.000 m ² (restaram 209.000 m ²)	Cartográfica	Mapa
	Padrão do canal fluvial	+	+	Cartográfica	Mapa
	Largura do canal fluvial	1,5 m	1,5 m	Cartográfica e medida instrumental	Mapas 12 e 13 e trabalho de campo
	Extensão do canal fluvial	2.687m	2.687m	Cartográfica	Mapas 12 e 13
	Profundidade média do canal fluvial	1 m	1 m	Medida instrumental	Trabalho de campo
	Diques marginais	+	+	Cartográfica	Mapa
	Meandros abandonados	-	-	Cartográfica	Mapa
	Canais abandonados	-	-	Cartográfica	Mapa
<i>Materiais e uso da terra (originais e antropogênicos)</i>	Cobertura vegetal da planície de inundação	315.300 m ²	60.000 m ² (restaram 255.000 m ²)	Cartográfica	Mapas 12 e 13
	Cobertura vegetal do terraço fluvial	337.000 m ²	190.000 m ² (restaram 147.000 m ²)	Cartográfica	Mapas 12 e 13
	Cobertura vegetal dos diques marginais (mata ciliar)	97.700 m ²	-	Cartográfica	Mapas 12 e 13
	Cobertura vegetal dos morros	+	+	Cartográfica	Mapas 12 e 13
	Fitofisionomia da vegetação na planície de inundação	Herbácea	Herbácea	Visual e cartográfica	Trabalho de campo e Fotointerpretação
	Fitofisionomia da vegetação no terraço fluvial	Arbustiva	Arbustiva	Visual e cartográfica	
	Fitofisionomia da vegetação nos diques marginais	Arbórea	Arbórea	Visual e cartográfica	
	Tipologia da vegetação nos morros	Arbórea	Arbórea	Visual e cartográfica	
	Sedimentos fluviais de planície de inundação e do terraço fluvial:				
	- origem	Deposição fluvial	-	Cartográfica e visual	Mapa 12 e 13
	- profundidade média	6 m	-	Perfis	sondagem
	- volume	2.478.000 m ³	-	Cálculo de perfis	Relatórios Prominer
	- distribuição vertical	+	+	Perfis	Sondagem
	- distribuição horizontal	+	+	Cartográfica	Sondagem
	- estratigrafia	+	+	visual	Trabalho de campo
	- mineralogia	+	+	Medida instrumental	Análise em laboratório -
	- granulometria	+	+	Medida instrumental	Análise em laboratório -
	- textura	+	+	visual	Trabalho de campo
	Manto de intemperismo da rocha migmatítica:				
	- origem	Intemperismo da rocha	+	Cartográfica e visual	Mapa 12 e 13 e trabalho de campo
	- profundidade média	20 m	+	Perfis	Sondagem
	- volume	+	+	Cálculo de perfis	Relatórios Prominer
	- distribuição vertical	+	+	Cálculo de perfis e visual	Relatórios Prominer e trabalho de campo
	- distribuição horizontal	+	+	Cartográfica e visual	Mapa 12 e 13 e trabalho de campo
	- estratigrafia	+	+	visual	Trabalho de campo
	- mineralogia	+	+	Medida instrumental	Análise em laboratório -
	- granulometria	+	+	Medida instrumental	Análise em laboratório -
	- textura	+	+	visual	Trabalho de campo
<i>Processos (originais e antropogênicos)</i>	Taxa de deposição de sedimentos na planície de inundação	+	22.700 m ³ /ano	Modelo e cartográfica	Mapas 12 e 13 e cálculo
	Taxa de deposição de sedimentos no terraço fluvial	+	86.300 m ³ /ano	Modelo e cartográfica	Mapas 12 e 13 e cálculo - Mateus (2007, no prelo)
	Taxa de erosão na planície de inundação	+	45.400 m ³ /ano	Modelo e cartográfica	Mapas 12 e 13 e cálculo
	Taxa de erosão no terraço fluvial	+	172.600 m ³ /ano	Modelo e cartográfica	Mapas 12 e 13 e cálculo
	Taxa de intemperismo	+	-	Medida instrumental	Monitoramento
	Vazão do Rio Embu-Guaçu (média dos últimos de 25 anos)	1,5 m ³ /s	1,5 m ³ /s	Medida instrumental	Mapa 12 e 13 e Monitoramento - Mateus (2007, no prelo)
	Área de inundação da planície	315.000 m ²	60.000 m ² (restaram 255.000 m ²)	Cartográfica	Mapa 12 e 13
	Assoreamento	-	-	Medida instrumental	Monitoramento
	Grau de entalhamento dos canais	-	-	Medida instrumental	monitoramento
	Erosão (sulco e ravinas)	+	+	Medida instrumental	monitoramento
	Migração do canal	-	-	Cartográfica e Medida instrumental	Mapa e monitoramento
	Qualidade das águas superficiais	+	+	Medida instrumental	Análise de laboratório
	Qualidade das águas subterrâneas	+	+	Medida instrumental	Análise de laboratório
	Nível d'água subterrânea	+	+	Medida instrumental	Monitoramento

Fonte: Berger (1996); Rodrigues e Coltrinari (2004); CARVALHO (2006) e Mateus (2006), organizado e adaptado por João Claudio Estaiano.

* em verde destacam-se os geoindicadores usados na pesquisa.

** os campos marcados com símbolo (-) indicam geoindicadores que não foram afetados diretamente pela mineração e os campos marcados com símbolo (+) indicam ausência de dados.

5.2.3.1 A mudança nas formas

O terraço fluvial apresentava em 1981 uma área de aproximadamente 337.000 m² e deste total estimou-se que 190.000 (56,4%) foi minerado até o ano de 2003. Na planície de inundação uma área de 60.000 m² sofreu extração de areia. As áreas do terraço fluvial e da planície, ocupadas pela atividade mineradora, correspondem à 250.000 m² cuja morfologia original sofreu impactos que resultaram em uma morfologia antropogênica (tabela 13).

As maiores mudanças na morfologia ocorreram no terraço fluvial que teve 56,4% de sua área transformada em morfologia antropogênica entre 1981 a 2003. O terraço que apresentava originalmente convexidade no seu topo e fraca declividade em direção a planície de inundação foi desfigurado, o processo de remoção da cobertura vegetal e dos materiais superficiais mudou o seu perfil natural (figura 13).

Segundo o mapa geomorfológico de 2003, mapa 13, o terraço fluvial apresenta a morfologia antropogênica que ocupa uma área de 190.000 m² onde houve extração, além de áreas terraplanadas e bacias de decantação, cujo material depositado mais recentemente está ainda inconsolidado, sendo que em 21.097 m² há cobertura vegetal e em 45.171 m² não há cobertura vegetal. Ocorrem ainda bacias de decantação cujo material depositado mais recentemente encontra-se inconsolidado. Neste tipo de morfologia, em 60.442 m² há presença de água empregada no processo extrativo, e em 10.340 m², não há presença de água.

As formas erosivas que ocorrem nas bacias de decantação caracterizam-se por apresentarem uma ruptura de declividade devido às escavações provocadas na época em que era extraída areia. A área de extração em 2003 encontrava-se totalmente no terraço fluvial e ocupava uma área de aproximadamente 54.000m², com uma profundidade média de 18 metros.

Os perfis 1 e 2 (figura 13) mostram que a convexidade que marcava o topo do terraço foi mudada para uma morfologia levemente côncava provocando retenção de parte das águas das chuvas que originalmente drenariam para planície ou ficariam retidas nas antigas áreas do terraço cobertas por turfa. Ocorreu também a diminuição da área da planície de inundação e do cinturão meândrico, próxima ao terraço, que foi lavrada e incorporada às bacias de decantação. A planície de inundação teve uma diminuição de 14,5% da área original mapeada e o cinturão

meândrico que possuía 226.000 m² e no ano 2003 passou a 209.000 m², teve uma diminuição da ordem de 8%.

Tabela 13 – Quantificação das intervenções no terraço e planície de inundação

Formas	Área mapeada (m ²) - 1981	Área de intervenção (m ²) - 2003	Porcentagem afetada (%)
Terraço fluvial	337.000	190.000	56,4
Planície de inundação	413.000	60.000	14,5
Total	750.000	250.000	33,3

Fonte: Tabela 12

5.2.3.2 A mudança nos materiais

Segundo os dados de sondagem executados em 1995 e os trabalhos de campo foi possível estabelecer um perfil topográfico (figura 13) para os períodos de pré-intervenção e intervenção ativa, evidenciando os materiais subjacentes. O arranjo desses materiais superficiais, tanto para morfologia original como para morfologia antropogênica, refletem diretamente nas formas. Com a retirada e remanejamento de parte do material formou-se uma nova morfologia sustentada pelos novos arranjos desses materiais.

Estimou-se que o volume total de material retirado no período de 1981 a 2003, atingiu aproximadamente 3.800.000 m³ (incluindo as turfas, argilas, cascalhos e areias, das aluviões e do manto de alteração), sendo que 1.000.000 m³ equivalente a aproximadamente 26% do total extraído, foi retirado da planície de inundação e 2.800.000 m³, cerca de 74% do total foi extraído, foi retirado do terraço fluvial (tabela 14). Dos 3.800,000 m³ de sedimentos retirados, calcula-se que 50% deste montante retornam a área como rejeito ou como material superficial que não sofreu beneficiamento (turfa e cascalhos).

Tabela 14 – Quantificação dos materiais removidos e remobilizados

Formas	Volume total removido (m ³) - 2003	Volume remobilizado (rejeito e estéril) (m ³) - 2003
Terraço fluvial	2.800.000	1.400.000
Planície de inundação	1.000.000	500.000
Total	3.800.000	1.900.000

Fonte: Tabela 12.

Estima-se que uma área com cerca de 250.000m² de cobertura vegetal entre vegetação arbustiva (terraço fluvial) e herbácea (planície de inundação) foi desmatada. Este valor corresponde a aproximadamente 38% da área originalmente vegetada do terraço fluvial e da planície de inundação, excluindo-se a classe de mata ciliar.

5.2.3.2 A mudança nos processos

É provável que um dos primeiros processos que foram cessados na área se refere à formação das turfas. A retirada de cobertura vegetal promoveu mudanças no comportamento do escoamento superficial favorecendo o aumento do fluxo e diminuição da retenção de água, essencial para a formação da turfa.

A retirada da vegetação e do material inerte favorece o aparecimento de feições erosivas como sulcos e ravinas que podem evoluir de forma muito acelerada se o escoamento pluvial não for controlado. Isto é, sem a presença da vegetação e com a retirada das camadas superiores do solo a área fica sujeita a detonação de processos erosivos.

As escavações também provocam mudanças nos processos de intemperismo. Geralmente a extração de areia atinge a alterita, e, às vezes, a rocha sã, e a retirada do manto de intemperismo modifica os processos de decomposição e formação do solo. Após exaustão da cava sedimentos argilosos entram em contato com a rocha alterada provocando mudanças nas taxas de intemperismo, pois o material argiloso pode tornar a área pouco permeável, acarretando mudanças no fluxo subterrâneo e sub-superficial e na contribuição de água por infiltração às áreas mais profundas, alterando os processos intempéricos que ocorriam no interior do solo originalmente.

Os processos fluviais relacionados ao transbordamento do canal não foram diretamente afetados. Medidas do canal como extensão, profundidade e largura permaneceram praticamente as mesmas nos dois períodos tabela 12, evidenciando que não ocorreram mudanças significativas que afetaram diretamente o canal.

A planície de inundação teve parte de sua área minerada, desta forma diminuindo o limite original de inundação do Rio Embu-Guaçu. As morfologias antropogênicas caracterizadas por rupturas de declividade entre a área minerada e a atual planície de inundação impossibilitam o contato das águas dos transbordamentos do canal com as áreas mais baixas do terraço, como acontecia anteriormente à instalação da mineração. Este processo ainda acontece no trecho preservado do contato da planície de inundação com o terraço fluvial localizado na porção sul do mapa 13, onde este contato aparece como uma mudança de declividade.

Os processos erosivos nas áreas expostas por ausência da cobertura vegetal e das camadas superiores do solo podem provocar a retirada e transporte destes materiais em direção à planície de inundação e o canal fluvial, contribuindo para o processo assoreamento. No entanto, não foram constatados indícios de assoreamento no Rio Embu-Guaçu e na planície de inundação. A mineração Ponte Alta possui canaletas de drenagem que direcionam as águas pluviais para o interior das bacias de decantação.

Dados de monitoramento Prominer (2006) dos sólidos totais presentes no canal do Rio Embu-Guaçu foram adotados para a elaboração da figura 11, que representa a variação do parâmetro entre 1997 e 2007 em dois pontos localizados no Rio Embu-Guaçu, próximo à área minerada. O primeiro ponto localiza-se na posição de coordenadas UTM 321.406m E e 7.350.023m N e encontra-se a montante da área minerada, o segundo ponto está referenciado pelas coordenadas UTM 320.320m E e 7350.557m N e encontra-se a jusante da mineração, na ponte da Estrada da Ponte Alta sobre o Rio Embu-Guaçu.

A leitura do gráfico demonstra que não há presença de material que confirme o processo de assoreamento causado pela mineração. Nota-se somente um pico na passagem de ano de 2005 para 2006. O ponto que apresenta maior discrepância está a jusante da mineração, confirmando as observações de campo de que não ocorre mudanças que indicam assoreamento do canal por intervenção da mineração de areia.

Outro geoindicador que parece não sofrer mudanças significativas em decorrência da mineração é comportamento da vazão do Rio Embu-Guaçu. Na figura 12 foram plotados os dados em forma de gráfico do período compreendido

entre 1970 a 2005. A leitura do gráfico permite supor que as variações estão relacionadas aos picos de chuva e que a mineração não exerce influência direta nas mudanças das vazões. A vazão média do Rio Embu-Guaçu durante o ano de 1981, segundo dados de Mateus (2007, no prelo) era da ordem de $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ e para o ano de 2003 de $1,36 \text{ m}^3/\text{s}$.

As variações das vazões máximas e mínimas expressam a sazonalidade do clima regional. Ressalta-se que o ponto de monitoramento da vazão do rio encontra-se a cerca de 13 km da mineração, nas proximidades da Cidade de Embu-Guaçu. Portanto, a representatividade deste ponto pode não dar a medida dessa mudança, mas em campo constatou-se que a mineração não utiliza água do Rio Embu-Guaçu, trabalhando em circuito fechado com a água das bacias de decantação. É possível que a impermeabilização causada pelos sedimentos argilosos das bacias de rejeitos podem alterar a contribuição das águas superficiais e subterrâneas, intervindo na vazão do Rio Embu-Guaçu. No entanto, essa hipótese não foi constatada em campo, pois haveria necessidade de um monitoramento para avaliar se há alteração significativa na vazão do rio neste ponto. A deposição de sedimentos nas cavas também pode acarretar mudanças nos níveis das águas subterrâneas e na sua qualidade. A qualidade das águas superficiais também pode sofrer alterações devido as intervenções da mineração. Esses geoindicadores não puderam ser mensurados, pois não foi realizado monitoramento desses parâmetros.

A maior parte das taxas de processos naturais, como a sedimentação da planície de inundação, a erosão o terraço fluvial e o grau de entalhamento dos canais, não puderam ser mensurados, pois os mesmos não foram monitorados. As taxas dos processos antropogênicos, como a retirada de material das cavas e deposição nas bacias de decantação foram estimados, e pressupõe que atingiram valores muito superiores aos dos processos naturais. A taxa de retira de material da planície de inundação, no trecho minerado, foi calculada em torno de $45.400 \text{ m}^3/\text{ano}$ de material retirado. Já para o terraço fluvial a estimativa esteve na casa dos $172.600 \text{ m}^3/\text{ano}$ de material retirado. As bacias de decantação foram preenchidas com cerca de $22.700 \text{ m}^3/\text{ano}$ para a planície de inundação e $86.300 \text{ m}^3/\text{ano}$ para o terraço fluvial. Apesar da escassez de dados, pode considerar que a magnitude do processo antropogênico, comparado as taxas naturais de erosão e sedimentação, estão muito acima dos valores dos processos naturais. O tempo de formação dos

sedimentos e de retirada por processo erosivos na natureza, em uma área equivalente a da mineração de areia, pode levar mais de 10 mil anos para acontecer, sendo que estas intervenções ocorreram em um período de tempo muito curto, em 22 anos foi retirado e remobilizado material que levou pelo menos todo holoceno para se desenvolver (TAKYA, 1997 e TURC e MELO, 1989).

Figura 9 - Gráfico de concentração de sólidos sedimentáveis no Rio Embu-Guaçu (pontos de coordenadas: A1 montante 321.150m E e 7350.025m N e A1 jusante 321.000m E e 7350.500m N).

Figura 10 - Vazão diária do Rio Embu-Guaçu e vazão média anual.

MORFOLOGIA ORIGINAL (1981)

MORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA (2003)

Escala Horizontal: 1:2.000
Escala Vertical: 1:800
Exagero vertical de 2,5X.

Os perfis não são totalmente coincidentes, pois os mapas foram referenciados originalmente por datum diferentes. O mapa de 1981 utiliza do Datum Córrego Alegre e o de 2003 SAD , o que pode acarretar diferenças de localização da ordem de 20m.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destaca-se inicialmente que o desenvolvimento desta pesquisa favoreceu o aprendizado quanto ao método científico como abordagem para o conhecimento e explicação da realidade. Isto se deu pelo exercício de procedimentos sugeridos pelo referencial teórico adotado, necessidade de sistematização das etapas de trabalho e, principalmente, pelo entendimento de que os resultados apresentados têm caráter provisório, sendo apenas propositivos e passíveis de refutação, além de resguardarem possibilidades de análises não exploradas.

O referencial teórico da Antropogeomorfologia e suas orientações metodológicas foram aplicados em associação ao conhecimento já produzido e acumulado pela ciência geomorfológica e, em especial, da geomorfologia fluvial, do mapeamento geomorfológico de detalhe e da proposta de geoindicadores.

Entre os princípios da Antropogeomorfologia apropriados nesta pesquisa, há ênfase para:

1. Identificação do homem como agente geomorfológico. Isto se deu pelo entendimento das técnicas empregadas na mineração de areia na planície do Rio Embu-Guaçu, e suas implicações sobre as formas, materiais e processos da área de estudo.
2. Caracterização da morfologia do estágio pré-intervenção. Foi fundamental a pesquisa bibliográfica que forneceu subsídios à respeito das condições estruturais e climáticas em escala regional e local. Foram realizados trabalhos de campo para o reconhecimento da área visando identificação de aspectos relacionados à escala de mapeamento, e também forneceram evidências que possibilitaram a interpretação quanto a morfogênese, a pedogênese e a distribuição espacial dos materiais. A confecção e leitura do mapa geomorfológico de detalhe de 1981 permitiu a identificação dos compartimentos morfológicos da área de estudo – planície meândrica, terraço fluvial e setor de vertentes, bem como a caracterização de suas feições.
3. Caracterização da morfologia do estágio intervenção ativa. Resultado da elaboração e leitura do mapa geomorfológico de detalhe de 2003, associado aos trabalhos de campo e construção de perfis topográficos.

Dentre os princípios geomorfológicos destacou-se a tríade formas-processos-materiais (HART, 1986). Realizou-se a caracterização morfológica e morfométrica destes elementos nos estágios pré-intervenção e intervenção ativa

com base em uma lista de geoindicadores, que numa primeira etapa foi adotada como orientação conceitual para a representação cartográfica e, num segundo momento constituiu a sistematização das quantificações realizadas. O desenvolvimento da proposta de geoindicadores nesta pesquisa permitiu a organização da tabela 12.

A quantificação de geoindicadores pode ser obtida por diferentes técnicas, mas nesta pesquisa procurou-se testar a potencialidade do mapeamento geomorfológico de detalhe também para este fim. Assim, algumas medidas, como por exemplo, áreas da planície de inundação foram obtidas do mapa com aplicação de software.

A aplicação de geoindicadores foi mais satisfatória em relação à morfologia e às estimativas de volumes dos materiais retirados do sistema ou simplesmente remobilizados. Outros atributos dos materiais, como textura, granulometria e mineralogia, exigem a definição de observações de campo, coleta de material e análises laboratoriais para complementação da lista de geoindicadores.

Os processos descritos foram inferidos pelas mudanças provocadas nas formas e nos materiais, o que por si só é insuficiente para alcançar resultados mais completos. Esta deficiência aponta a sugestão do planejamento voltado à implementação de redes de monitoramento voltadas ao diagnóstico das mudanças que ocorrem também em processos.

Procurou-se adotar também a orientação quanto ao raciocínio multiescalar (RODRIGUES, 1997a), relacionando a escala regional (para entendimento estrutural da área e de seu contexto climático), à escala local que permite a caracterização da planície meândrica estudada e que fornece subsídio ao mapeamento geomorfológico que foi realizado para uma escala de detalhe (1:2.500).

A principal vantagem do mapeamento na escala adotada se deve a possibilidade de representação espacial das formas e mudanças de feições morfológicas de menores dimensões, pois são incompatíveis com escalas menores que produziriam a generalização destas feições.

Por outro lado, algumas dificuldades foram encontradas para se trabalhar nesta escala:

- obtenção de base cartográfica atualizada para o mapeamento de 2003;

- adoção de simbologia compatível já que alguns símbolos já consagrados foram adotados satisfatoriamente para escalas menores;
- confiabilidade de alguns dados, já que alguns resultam de fotointerpretação, entrevistas, e extrapolação de interpretações feitas para trechos preservados e cavas expostas;
- distorções resultantes de ampliações das bases cartográficas.

Outro aspecto importante é a aplicação do conhecimento de geomorfologia fluvial para a avaliação de um sistema fluvial meândrico remanescente da Bacia do Alto Tietê. Procurou-se o reconhecimento de processos e morfologias típicas de sistemas fluviais meândricos, o que favoreceu o conhecimento da planície do Rio Embu-Guaçu, bem como possibilitou um esboço de um possível quadro das características naturais da BAT quando se iniciou o desenvolvimento da urbanização paulistana.

Uma perspectiva lançada pelo desenvolvimento deste estudo refere-se à pesquisa no âmbito da geomorfologia pura, uma vez que a área de estudo apresenta-se em estado semi-preservedo em termos de sua caracterização física.

Durante os estudos de campo foram identificados diferentes aspectos como turfeiras, cascalheiras, linhas de pedras, diques, falhamentos, dobramentos, espessos mantos de alteração que supostamente representam evidências de diferentes momentos de evolução morfogenética da área, que parece apresentar episódios mais antigos do Terciário, possivelmente associados à Reativação Wealdeniana (ALMEIDA, 1967), e episódios mais recentes ocorridos durante o Pleistoceno e Holoceno até os dias atuais (RICCOMINI et al., 2005). A datação de materiais parece ser importante recurso para a explicação destes elementos demonstrando se eles realmente podem ser interpretados como evidências dos processos tectônicos e morfoclimáticos desenvolvidos na área de estudo.

Outra perspectiva é a possibilidade de elaboração de um quadro prognóstico para áreas afetadas por mineração. Neste estudo o objetivo foi avaliar as mudanças ocorridas entre a fase pré-intervenção e a intervenção ativa, mas o planejamento de uma rede de monitoramento e de análises de campo e laboratoriais (conforme já mencionado) pode alimentar modelos de simulação para diferentes cenários para a mesma área e em diferentes escalas temporais.

7 BIBLIOGRAFIA

ABREU, A. A. de. **Análise Geomorfológica: Reflexão e Aplicação** – Uma Contribuição ao Conhecimento das Formas de Relevo do Planalto de Diamantina-MG. (Tese de Livre Docência) - Dept. de Geografia/FFLCH/USP, São Paulo, 1982.

ABREU, A. A. de. A Teoria Geomorfológica e sua Edificação: Análise Crítica. **Revista do Instituto Geológico**. v. 4, n. 1/2, jan/dez, 1983.

AB´SÁBER, A. N. Os terraços fluviais da região de São Paulo. In: **Anuário da Faculdade de Filosofia “Sedes Sapientiae”**. PUC, Faculdade de Filosofia do Instituto “Sedes Sapientiae”. São Paulo, 1952/1953. pp. 86-104.

AB´SÁBER, A. N. O Sítio Urbano de São Paulo. In: AZEVEDO, A. (Org). **A Cidade de São Paulo, Estudos de Geografia Urbana**. Vol I. A Região de São Paulo. São Paulo: Cia. Editora Nacional, 1956.

AB´SÁBER, A. N. **O Sítio Urbano de São Paulo**. 1957. Dissertação (Tese de Doutorado) - FFLCH, USP, São Paulo, 1957.

AB´SÁBER, A. N. O Domínio dos Mares de Morros, In: **Geomorfologia 2**. São Paulo: Instituto de Geografia - USP, 1996.

AB´SÁBER, A. N. O Quaternário na Baía de São Paulo: Estado Atual dos Conhecimentos, In: **Geomorfologia 8**. São Paulo: Instituto de Geografia - USP, 1969.

AB´SÁBER, A. N. Fragmentos de leitura na mira da crítica - I. In: **Sedimentologia e Pedologia, nº 2**. São Paulo: Instituto de Geografia - USP, 1971.

AB´SÁBER, A. N. Geomorfologia da Área das Barragens do Alto Jaguari, In: **Geomorfologia 42**. São Paulo: Instituto de Geografia - USP, 1973.

AB´SÁBER, A. N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários, In: **Paleoclimas 3**. São Paulo: Instituto de Geografia - USP, 1977.

AB´SÁBER, A. N. A Planície do Tietê no Planalto Paulistano. In: **Geomorfologia 57**. São Paulo: Instituto de Geografia - USP, 1978.

AB´SÁBER, A. N. Limitações dos informes Paleoecológicos das linhas de pedra, no Brasil. In: **Inter-Facies Escritos e Documento, nº1**. São José do Rio Preto, SP: Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas – UNESP, 1979.

AB´SÁBER, A. N. Súmula geomorfológica da região de São Paulo. In: **Aspectos geológicos e geotécnicos da Bacia de São Paulo**. São Paulo: ABGE,SBG/SP, 1980

AB´SÁBER, A. N. A Serra do Japi, sua origem geomorfológica e a teoria dos refúgios. In: MORELATO, L. P. C. (Org), **História Natural da Serra do Japi – Ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil**. Campinas, SP: Editora Unicamp/Fapesp, 1992.

AB´SÁBER, A. N. O Suporte Geoecológico das Florestas Beradeiras (Ciliares). In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H. de F. **Matas Ciliares Conservação e Recuperação**. São Paulo: EDUSP, FAPESP, 2000a

AB´SÁBER, A. N. Summit surfaces in Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, 30(3): 515-516. São Paulo-SP: 2000b.

AB´SÁBER, A. N. **Os Domínios de Natureza do Brasil: Potencialidades Paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AB´SÁBER, A. N. **São Paulo Ensaio e Entreveros**, São Paulo: EDUSP, Imprensa Oficial, 2004. 518pp.

ALMEIDA, F. F. M. de O Planalto Paulistano. In: AZEVEDO, A. (Org). **A Cidade de São Paulo, Estudos de Geografia Urbana**, Vol I, A Região de São Paulo. São Paulo: Cia. Editora Nacional, 1956.

ALMEIDA, F. F. M. de. **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**. Boletim IGG. nº41. São Paulo: 1964. pp. 169-263.

ALMEIDA, F. F. M. de Origem e Evolução da Plataforma Brasileira, **Boletim nº 241**. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Divisão de Geologia e Mineralogia. Rio de Janeiro, 1967.

ALMEIDA, F. F. M. de Magmatismo e Tectônica Pós-Paleozóica no Brasil. **Atas do 5º Simpósio Regional de Geologia**. SBG/SP, São Paulo: 1985. v. 2.

ALMEIDA, F. F. M. de e CARNEIRO, C. D. R. Origem e Evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**. 1998. 28(2) 135-150.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10.703** - Degradação do Solo: Terminologia. 1989.

AZEVEDO, A. A Cidade Trilionária. in: AZEVEDO, A.(org) - **A Cidade de São Paulo, Estudos de Geografia Urbana**, Vol I, A Região de São Paulo, Cia. Editora Nacional, São Paulo, 1956

BATISTA, S.C. **Conversa Cartográfica: Processo de Expansão Urbana na Metrópole Paulistana e Unidades Geomorfológicas de Média Escala**, Trabalho de Graduação Individual – TGI, DG/FFLCH/USP. São Paulo, 2002.

BIGARELLA, J.J. Variações climáticas no Quaternário superior do Brasil e sua datação radiométrica pelo método do carbono 14. In: **Paleoclimas**, nº 1, Igeog/USP. São Paulo, 1971. pp. 1-22.

BIGARELLA, J.J. e MOUSINHO, M.R. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas. In: **Boletim Paranaense de Geografia**, nº 16 e 17. UFP, Curitiba, 1965. pp. 153-197.

BERGER, A.R. The geoinicator concept and its application: An introduction. In: Berger, A.R. & Janssens, W.J. (EDTS) **Assessing Rapid Environmental Geoindicators: Changes in Earth Systems**. Balkema, Rotterdam, 1996. pp.: 1-14

BITAR, O. Y. **Avaliação de Recuperação de Áreas Degradadas por Mineração na Região Metropolitana de São Paulo**, Tese de Doutorado, EPUSP, Dep. de Engenharia de Minas. São Paulo, 1997.

BRASIL - MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Projeto RADAMBRASIL – Levantamento de Recursos Naturais**. Volume 32, Folhas SF23/24. 1983

BROWN, G. et al. **Materiais de Construção e outras Matérias-Primas – Bloco 2**, Recursos físicos da Terra. Editora UNICAMP/ The Open University, 1995. Tradução e Adaptação Luiz Augusto Milani Martins.

BROWN, G. et al. **Depósitos Minerais 1: Origem e Distribuição** – Bloco 3 Parte 1, Recursos físicos da Terra, Editora UNICAMP/ The Open University, 1997. Tradução e Adaptação Roberto Perez Xavier.

BUZA, M. A general geomorphological map of România on the scale of 1:25.000, Zlatna sheet. In: **GeoJournal**, v.41, nº1. 1997. pp. 85-91.

CAILLEUX, A.; TRICART, J. O Problema de Classificação dos Fatos Geomorfológicos. In: **Boletim Geográfico**. Rio de Janeiro, 1956. v. 24, nº. 188, pp. 643-709.

CAMARGO, P.F.B. **O Itaim Bibi já foi Porto**. 2002. Disponível em: <www.itaim.com.br> Acesso em 20/05/05.

CAMPANHA, G. A. da C. et al. Análise do padrão de fraturamento mesozóico – cenozóico de bacias tafrogênicas continentais do sudeste do Brasil. In **Atas do 5º Simpósio Regional de Geologia**, SGB/SP, 1985. v. 1.

CAMPOS NETO, M.C., et. al. Evolução do Pré-Cambriano Paulista e Regiões Adjacentes. In: Atas do 5º Simpósio Regional de Geologia, SBG/SP. **Anais...** São Paulo, 1985. v.2. 561-585pp.

CANIL, K. **Indicadores para o monitoramento de processos morfodinâmicos: aplicação na Bacia do Ribeirão Pirajuçara**. Tese de Doutorado, DG/FFLCH/USP, São Paulo, 2006. 151pp.

CNRS Legende pour la carte geomorphologique de la France au **1:50.000**. Centre National de la Recherche Scientifique, 63pp. (traduzido e adaptado para o espanhol por Serrat, et al, 1976). 1971.

CARVALHO, D.L.R. de **Ensaio de Cartografia Geomorfológica de Detalhe sob a Abordagem da Antropogeomorfologia – Bairro Jardim Serrano (Ribeirão Pires – RMSP)**, Trabalho de Graduação Individual – TGI, DG/FFLCH/USP. São Paulo, 2002.

CARVALHO, D.L.R. de **Indicadores geomorfológicos de mudanças ambientais no sistema fluvial do Alto Tietê (Município de São Paulo): Pesquisa Documental**. Dissertação de Mestrado, DG/FFLCH/USP, São Paulo, 2006. 140pp.

CASCO, S. L., CHIOZZI, N. I. B. de e NEIFT, J.J. La vegetación como indicador de la Geomorfologia Fluvial. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. 2005. ano 6, nº 1, 123-136.

CESERO, P. de e PONTE, F. C. Análise Comparativa da Paleogeologia dos Litorais Atlânticos Brasileiro e Africano. **B. Geoci. PETROBRAS**, Rio de Janeiro, 1997. 11 (1/2). pp. 1-18.

CHRISTOFOLLETI, A. Capacidade e Competência no Transporte Fluvial, in: **Boletim de geografia Teorética**, Rio Claro, 1976. Vol. 6 nº. 11 e 12, pp.67-77.

CHRISTOFOLLETI, A. Depósitos Sedimentares e Formas Topográficas nos Canais e nas Planícies de Inundação. In: **Notícia Geomorfológica**, 18 (36): 3-56. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Campinas, 1978.

CHRISTOFOLLETI, A. **Geomorfologia**, São Paulo, 1980. Edgard Blücher.

CHRISTOFOLLETI, A. **Geomorfologia Fluvial**, São Paulo, 1981. Edgard Blücher.

COELHO, J.M. The Mining of Aggregates in the Metropolitan Region of São Paulo, in: **Mining, Minerals and Sustainable Development IIED, England**. São Paulo, 2001. nº121, pp.11.

COLTRINARI, L. **Contribuição à geomorfologia da região de Guaratinguetá-Aparecida**. Tese de Doutorado, IGEOG/USP (série teses e monografias 17). São Paulo, 1975. 156pp.

COLTRINARI, L. Um Exemplo de Carta Geomorfológica de Detalhe: a Carta do Médio Vale do Rio Parateí, SP (1:25.000). In: **Revista do Departamento de Geografia**, DG/FFLCH/USP. n.1, São Paulo, 1982.

COLTRINARI, L. Cartas Geomorfológicas, In: **Orientação** nº5, IGEOG, USP, São Paulo, 1984. Pp. 96-99.

COLTRINARI, L. Natural and Anthropogenic Interactions in the Brazilian Tropics, in: BERGER, A.R.; IAMS, W.J. (Eds.) **Geoindicators Assessing Rapid Environmental Changes in the Earth Systems**, Rotterdam/Brookfield, 1996.

COLTRINARI, L. Geomorfologia e Mudanças Globais: Algumas Considerações, in: **Revista do Departamento de Geografia**, nº11, Humanitas, Publicações FFLCH-USP, São Paulo, 1997.

COLTRINARI, L. Geomorfologia: Caminhos e Perspectivas. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, UGB, 2000. Vol. 1. nº. 1, pp. 44-47.

COLTRINARI, L. **Evolução Geomorfológica do Planalto de São José dos Campos (SP)**. Tese de Livre Docência, Dept. de Geografia, FFLCH/USP. São Paulo, 2003. 114pp.

COLTRINARI, L., NAKASHIMA, P. e QUEIROZ NETO, J.P. Carta do Modelado e das Formações Superficiais do Médio Vale do Rio Parateí – SP. Memorial Explicativo. **Sedimentologia e Pedologia nº9**. Instituto de Geografia. São Paulo, 1978.

COLTRINARI, L., NAKASHIMA, P. e QUEIROZ NETO, J.P. Evolução Quaternária do Vale Médio do Rio Parateí, Estado de São Paulo – Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, nº3. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP. São Paulo, 1984. pp.7-19.

COLTRINARI, L.; McALL, G.J.H. Geoindicadores: Ciências da Terra e Mudanças Ambientais In: **Revista do Departamento de Geografia**, n.9, DG/FFLCH/USP. São Paulo, 1995.

COOKE, R.U.; DOORKKAMP, J.C. **Geomorphology in Environmental Management: an introduction.**, Oxford, Clarendon Press, 1986. 433 pp.

COPPEDÊ Jr., A. **Formas de relevo e perfis de intemperismo no leste paulista: aplicações no planejamento de obras civis**. Dissertação de Mestrado, EPUSP/USP. São Paulo, 1988. 151pp.

COSTA, C. S. B. et al Composição florística das formações vegetais sobre uma tufeira topotrófica da planície costeira do Rio Grande do Sul, **Acta Botânica Brasileira**, 17 (2), Sociedade Botânica do Brasil, 2002.

COUTINHO, J. M. V. Alguns aspectos Sedimentológicos e Tectônicos na Área da Bacia de São Paulo, in: **Geologia da Bacia de São Paulo**, IPT/IG-USP, São Paulo, 1989.

CRUZ, O. Alguns Conhecimentos Básicos para Fotointerpretação – in: **Aerofotogeografia 25**, IGEOG-USP, São Paulo, 1981.

CUCHIERATO, G. **Caracterização dos resíduos de mineração de agregados na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), visando seu aproveitamento econômico.** Dissertação de Mestrado, IG/USP, São Paulo, 2000.

DAVIS, W. M. **The Geographical Cycle.** Journ., London, 1899. v. 14, nº 5, pp. 481-504.

DEMEK, J. Generalização de Mapas Geomorfológicos, in: DEMEK, J. (ed). **Progress made in geomorphological mapping. Brno, proceedings of the IGU Commission on Applied Geomorphology, Sub. Comm. Geomorph. Mapping.** 1967. (tradução Fábio A. Oliveira, revisão Lylian Coltrinari)

DEMEK, J. **Manual of Detailed Geomorphological Mapping.** Prague, Czechoslovak, Academy of Sciences, IGU. 1972. 200pp.

DONÉ, S.M.B. Mapas Geomorfológicos e suas Legendas, uma Contribuição para Estudos Analíticos, in: **Notícia Geomorfológica**, 21 (41):85-110, Campinas, 1981.

EMPLASA Implantação do Plano Diretor de Mineração para RMSP, Fase 7 São Paulo: 1989b. SNW/Emplasa, 69p.

EMPLASA **Plano Metropolitano da Grande São Paulo 1994 a 2010**, São Paulo, 1994.

ESTAIANO, J. C. **Planícies Meândricas do Alto Tietê: o Caso do Rio Pequeno – Trabalho de Graduação Individual – TGI, FFLCH-USP, São Paulo, 2003a.**

ESTAIANO, J.C. Ensaio de Cartografia Geomorfológica: Planícies Meândricas do Alto Tietê - o Caso do Rio Pequeno. In: I Seminário de Pesquisa em Geografia – SEPEGE, **Anais...**, FFLCH-USP, 2003b.

ESTAIANO, J.C. Atividade Minerária na RMSP: Um estudo Geomorfológico do Impacto da Mineração de Areia em Planícies Fluviais. In: II Seminário de Pesquisa em Geografia – SEPEGE, **Anais...**, FFLCH-USP, 2004.

ESTAIANO, J.C. Mineração e Impactos no Meio Físico na Região Metropolitana de São Paulo: Uma Abordagem Geomorfológica. In: XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, **Anais...**, FFLCH-USP, 2005.

FAIRBRIGGE, R.W. **The Encyclopedia of Geomorphology**, New York, Reinhold Books Corporation, 1968.

FILIZOLA, H.F. **O Papel da Erosão Geoquímica na Evolução do Modelado da Bacia de Taubaté- SP**, Tese de Doutorado DG/FFLCH/USP. São Paulo, 1993.

FRANCHI, J.G. **Aplicação de turfa na recuperação de solos degradados pela mineração de areia**, Dissertação de Mestrado, EPUSP/USP, São Paulo, 2000. 105pp.

FRANCHI, J.G. **A utilização de turfa como adsorvente de metais pesados. O exemplo da contaminação da Bacia do Rio Ribeira de Iguape por chumbo e metais associados**, Tese de Doutorado, IG/USP, São Paulo, 2004.

GUERRA, A.T.; GUERRA A.J.T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1997. 2º ed.

GOUDIE, A. Human Influence in Geomorphology. In: **Geomorphology**, Special Issue Geomorphology the Research Frontier and Beyond, vol. 7, p. 37-59, Amsterdam, Elsevier Science Publishers, 1993.

GREGORY, K.J. Human activity transforming and designing river landscapes: A review perspective. In: **Geographia Polonica**, vol. 77, nº2, Warszawa, Polish Academy of Sciences, Institute of Geography and Spatial Organization, 2004. pp. 5-20.

GREGORY, K.J. **A Natureza da Geografia Física**, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1992. (tradução: Antonio Christofletti).

GREGORY, K.J.; WALLING, D.E. (Eds.) **Man and Environmental Processes**, London. Butterworth, 1981.

GUPTA, A. Urban Geomorphology in the Humid Tropics: The Singapore Case, in: GARDINER, V. (Edit.) – **International Geomorphology Part I**, Jonh Wiley & Sons Ltd., 1986

GUPTA, A. Geoindicators for Tropical Urbanization, in: Regional Conference on Geomorphology, Rio de Janeiro, **Anais...**, UFRJ, 1999.

GUSTAVSSON, M. **Development of a detailed geomorphological mapping system and gis Geodatabase in Sweden**, Tese de Licenciatura, Universitet Uppsala, Uppsala, 2005. Disponível em http://www.eld.geo.uu.se/swe/hemsidor/marcus/Lic_1_5Final_Ch%201-4.pdf

GUSTAVSSON, M. **Development of a detailed geomorphological mapping system and gis Geodatabase in Sweden**, Universitet Uppsala, Uppsala, Acta Universitatis Upsaliensis, Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology, 2006. 236, 36pp., Disponível em <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:se:uu:diva-7222>

GUSTAVSSON, M. et al. A new symbol-and-GIS based detailed geomorphological mapping system: Renewal of a scientific discipline for understanding landscape development. In: **Geomorphology**, 77, Elsevier, 2006. pp. 90-11.

HACK, J.T.. Interpretation of Erosional Topography in Humid-Temperate Regions, **American Journal of Science**, New Haven, Con. 1960. V. 258-A, pp. 80-97.

HART, M.G. **Geomorphology Pure and Applied**, London, George Allen & Unwin. 1986. 226pp.

HASUI, Y., et al. The Ribeira Folded Belt, in **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 5, SBG-SP, 1975. pp 257-266.

HASUI, Y., et al. As grandes falhas do Leste Paulista, in Simpósio Regional de Geologia, 1, São Paulo, **Atas...**, SBG-SP, 1977. pp 369-380.

HERMANN, H. Política de Aproveitamento de Areia no Estado de São Paulo: dos Conflitos Existentes às Compatibilizações Possíveis. In: **Série Estudos e Documentos 18**. Rio de Janeiro, CETEN/CNPq, 1992. 187pp.

HIRUMA, S. T., RICCOMINI, C e MODENESI-GAUTTIERI, M.C. Neotectônica no Planalto de Campos do Jordão, SP. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, 2001. 31(3):375-384.

HOOKE, J.M. **Geomorphology in Environmental Planning**, Chichester: John Wiley & Sons, 1988.

IPT. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**, volume I e II, São Paulo, 1981^a. (escala 1:500.000).

IPT. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, volume I e II, São Paulo, 1981b. (escala 1:1000.000).

IPT. Mineração & Município, Bases para o Planejamento e Gestão dos Recursos Minerais, São Paulo (publicação IPT 2850), 2003.

IAC. Distribuição espacial das várzeas no Estado de São Paulo, Campinas, 1985. (Boletim Científico nº2).

JOLY, F. Point de Vue Sur la Geomorphologie. An. de Géographie, 1977.

JOLY, F. A Cartografia, Campinas, São Paulo, Papirus, 1990 (tradução Tânia Pellegrini).

JORGE, J. O Rio que a Cidade Perdeu: O Tietê e os Moradores de São Paulo 1890-1940. Tese de Doutorado, FFLCH/USP, Departamento de História, São Paulo, 2004.

JOURNAUX, A. Legende pour une carte de l'environnement et as dynamique. Caen , Univesité de Caen, 1975. 115pp.

JULIANI, C. O Embasamento Pré-cambriano da Bacia de São Paulo. In: **Problemas geológicos e geotécnicos na Região Metropolitana de São Paulo**, ABAS, ABGE, SBG/SP, São Paulo, 1992.

KING, L.C. A geomorfologia do Brasil Oriental Revista Brasileira de Geografia, 18 (2): 147-265, Rio de Janeiro, 1956.

KLIMASZEWSKI, M. On Detailed Geomorphological Maps ITC Journal, n. 03, p. 265-271, Enschede, 1982.

KLIMASZEWSKI, M. On Construction Detailed Geomorphological Maps Z Geomorph NF, 32: 457-470, Berlim-Stuttgart, 1988.

KLIMASZEWSKI, M. Thirty years of detailed geomorphological mapping in: Geographia Polonica, vol. 58, nº1, Warszawa, Polish Academy of Sciences, Institute of Geography and Spatial Organization, 1990. pp. 11-18.

KOHLER, H. C. A escala na análise geomorfológica. In **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Rio de Janeiro, 2001. vol. 2, nº 1, pp. 21-33.

LANGENBUCH, J. R. **A Estruturação da Grande São Paulo – estudo de geografia urbana**, Tese de Doutorado, FFLC/UNICAMP, IBGE, Rio de Janeiro, 1971.

LEDRU, M. Late. Quaternary Environmental and Climatic Changes in Central Brazil. In **Quaternary Research**, 39, 90-98. EUA, 1993.

LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G. Channel Patterns: Braided, Meandering and Straight, U.S. Geol. Survey Prof. Paper, 282B, in: SCHUMM, S. A. (Edit.) – **River Morfology**, Benchmark Papers in Geology, Dowden, Hutchinson&Ross, Inc., 1957.

LEOPOLD, L.B. et al. **Fluvial Processes in Geomorphology**, San Francisco, W. H. Freeman, 1963. 522pp.

LICHTE, M. e BEHLING, H. Dry and cold climatic conditions in the formation of the present landscape in Southeastern Brazil. An interdisciplinary approach to a controversially discussed topic. In: **Z. Geomorph. N.F.**, 43, 3, 341-358. Berlim – Stuttgart, 1999.

LIMA, C. R. de. **Urbanização e Intervenções no Meio Físico na Borda da Bacia Sedimentar de São Paulo: Uma Abordagem Geomorfológica**, Dissertação de Mestrado, Departamento de Geografia, FFLCH, USP, São Paulo, 1990.

MACEDO, A.B. Recursos Minerais não Metálicos in: **Revista de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo**. São Paulo, 1998. 12 (33), pp. 67-87.

MARSH, G.P. **Man and Nature or Physical Geography as Modified by Human Action**, New York, Chasles Scribner, 1864.

MATEUS, R.S. **Modelo hidrológico da Bacia Hidrográfica da Represa Guarapiranga – São Paulo (SP)**, (Dissertação de Mestrado), DG/FFLCH/USP, São Paulo, 2006. 139pp.

MATEUS, R.S. **Modelo hidrológico da Bacia Hidrográfica da Represa Guarapiranga – São Paulo (SP)** - no prelo. São Paulo, 2007.

MELO, M.S. de e PONÇANO, W. L. **Gênese, Distribuição e Estratigrafia dos Depósitos Cenozóicos no Estado de São Paulo**. Monografias 9. IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo). São Paulo, 1983.

MODENESI, M. C. **Significado dos Depósitos Correlativos Quaternários em Campos do Jordão – São Paulo. Implicações Paleoclimáticas e Paleoecológicas**. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria da Pesquisa de Recursos Naturais. Instituto Geológico. Boletim nº7. São Paulo, 1988.

MODENESI-GAUTTIERI, M.C. e HIRUMA, S. T. A expansão urbana no Planalto de Campos do Jordão. Diagnóstico Geomorfológico para fins de planejamento. In: **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 2004. 25 (1/2), 1-28.

MONTEIRO, C. A. de F. William Morris Davis e a Teoria Geográfica. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**. UGB, 2001. Vol. 2. nº. 1, pp. 1-20.

MORAES, A. C. R. Formação Territorial e Políticas Ambientais no Brasil, pp.79-87 in: RIBEIRO, W.C. (Org.) – **Patrimônio Ambiental Brasileiro**. São Paulo. Edusp, 2003. 622pp.

MOREIRA, A. A. N. Cartas Geomorfológicas, in: **Geomorfologia 5**, IGEOG-USP, São Paulo, 2003.

NEVES, M. A., MORALES, N. e SAAD, A.R. Coberturas Sedimentares Cenozóicas da Baía do Rio Jundiá – SP. In **Geociências**, v. 24, nº3, pp.289-303. São Paulo, UNESP, 2005.

NICOLINI, H. **Tietê o Rio do Esporte** – São Paulo, Phorte Editora, 2001. 368pp.

NIR, D. **Man, a Geomorphological Agent – An Introduction to Anthropic Geomorphology**, The Hebrew University, Jerusalem, 1983.

PANIZZA, M. **Environmental Geomorphology**, (Development in earth surface process, vol. 4) Amsterdã, Elsevier, 1996. 268pp.

PITTY, A.F. **The Nature of Geomorphology**, London, Methuen. 1982. 161pp.

POLETTTO, C. **A exploração de pedreiras na Região Metropolitana de São Paulo no contexto do planejamento e gestão do território**, Tese de Doutorado, DG/FFLCH/USP, São Paulo, 2006. 236pp.

Prefeitura do Município de São Paulo-PMSP. **Guarapiranga Recuperação Urbana e Ambiental no Município de São Paulo**, São Paulo, M. Carrilho Arquitetos, 2000. 256pp.

PROMINER Projetos. **Relatório Final de Pesquisa Mineral – Ponte Alta Extração de Areia e Transporte Ltda.**, São Paulo, 1995. 112pp.

QUEIROZ NETO, J.P. Proposição de uma tipologia dos materiais de origem dos solos do Brasil de Sudeste. In: **Notícia Geomorfológica** , 14 (27/28), Campinas, 1974. pp. 77-94.

QUEIROZ NETO, J.P. Sistemas de Representação Cartográfica Empregados nas Regiões do Parateí, São Pedro e Marília. In: **Colóquio: Estudo e Cartografia de Formações Superficiais e suas Aplicações em Regiões Tropicais**, São Paulo, Dept. de Geografia, FFLCH/USP. São Paulo, 1978. 23-36p.

QUEIROZ NETO, J.P. Geomorfologia e Pedologia. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, UGB, 2000. Vol. 1. nº. 1, pp. 59-67.

RICCOMINI, C. **O Rift Continental do Sudeste do Brasil**, Tese de Doutorado, Instituto de Geociências – USP, São Paulo, 1989.

RICCOMINI, C. et al. Evolução dos Conhecimentos sobre a Geologia da Bacia de São Paulo na Década de Oitenta, in: **Geologia da Bacia de São Paulo**, IPT/IG-USP, São Paulo, 1989.

RICCOMINI, C. *et al.* Tectônica e sedimentação na Bacia de São Paulo. In: **Problemas geológicos e geotécnicos na Região Metropolitana de São Paulo**, ABAS, ABGE, SBG/SP, São Paulo, 1992.

RICCOMINI, C. e COIMBRA, A.M. Geologia da Bacia Sedimentar de São Paulo. 37-94pp. In: NEGRO Jr., A. et al. (edit.) (1992) **Solos da Cidade de São Paulo**, Mesa Redonda ABMS, ABEF, São Paulo, 1992. 362pp.

RICCOMINI, C. e ASSUMPÇÃO, M. Quaternary tectonics in Brazil. **Episodes**, 1999. vol. 22, nº 3.

RICCOMINI, C. et al. Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: Montesso Neto, et al. (2004) **Geologia do Continente Sul Americano evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. BECA, São Paulo, 2004.

RICCOMINI, C. et al. Cratera de Colônia, SP. Provável astroblema com registros do paleoclima quaternário na Grande São Paulo. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, SIGEP. São Paulo, 2005.

RITTER, D. F. e MILES, C. Problems of stream terrace correlation and reconstruction of geomorphic history caused by colluvium. **Geographiska Annaler**, serie A, Physical Geography, 1973. vol. 55, nº 2, pp 85-91.

RIVAS, V., et al. Geomorphic consequences of urban development and mining activities; an analysis of study areas in Spain e Argentina. In: **Geomorfology**, Elsevier, 2006. nº 73, pp. 185-206.

RODRIGUES, C. **Geomorfologia Aplicada ao Planejamento Físico Territorial Brasileiro**, Tese de Doutorado, Departamento de Geografia, FFLCH, USP. São Paulo, 1997a.

RODRIGUES, C. Qualidade Ambiental Urbana: Como Avaliar?, in: **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, FFLCH, USP, Nº11, 1997b.

RODRIGUES, C. **On Anthropogeomorphology**, Rio de Janeiro, Regional Conference on Geomorphology (no prelo). Rio de Janeiro, 1999.

RODRIGUES, C. A Teoria Geossistêmica e sua Contribuição aos Estudos Geográficos e Ambientais in: **Revista do Departamento de Geografia**, FFLCH, USP. São Paulo, 2001. Nº14, 69-77pp.

RODRIGUES, C. A Urbanização da Metrópole sob a Perspectiva Geomorfológica: Tributo a Leituras Geográficas, 89-114pp. in: CARLOS, A.F.A.; OLIVEIRA, A.U. de (org.) - **Geografias de São Paulo – Representação e Crise na Metrópole**, Editora Contexto, São Paulo, 2004. 430 pp. v.1

RODRIGUES, C. Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na Definição de Unidades Espaciais de Planejamento Urbano. Exemplos da Metrópole Paulista, In: XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, **Anais....**, São Paulo, FFLCH-USP, 2005. (no prelo).

RODRIGUES, C. **Sistemas geomorfológicos e o impacto da urbanização na Metrópole de São Paulo**, Guia de excursão, VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, São Paulo, 2006.

RODRIGUES, C.; COLTRINARI, L. Geoindicators of Urbanization Effects in Humid Tropical Environment: São Paulo (Brazil) Metropolitan Area. In: International Geological Congress, Florença, **Anais...** Florença, 2004.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia Ambiente e Planejamento**. São Paulo, Editora Contexto, 1991.

ROSS, J. L. S. e MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**, FFLCH/USP/IPT/FAPESP, São Paulo, 1997.

RÚBIO, M.F. **Vencendo a Escarpa da Serra do Mar – da Calçada aos Livros e Pontos**, Trabalho de Graduação Individual–TGI, DG/FFLCH/USP, São Paulo, 2003.

RUDIO, F. V. **Introdução ao Projeto de Pesquisa Científica**. Petrópolis, Rio de Janeiro, Editora Vozes, 1986.

RUELLAN, F. As Aplicações da Fotogrametria aos Estudos Geomorfológicos, In: **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, 1994. v.11, nº3, pp. 309-354.

SALOMÉ, A. I.; van DORSSER, H. J. Exemplos de Mapas Geomorfológicos na Escala 1:50.000 de parte das Ardenas. **Z. Geomorph. N.F.**, v. 26, nº4, 1982. (tradução Fábio A. Oliveira, revisão Lylian Coltrinari)

SANCHEZ, L.E. A Produção Mineral Brasileira: Cinco Séculos de Impacto Ambiental, pp.125-163 in: RIBEIRO, W.C. (Org.) – **Patrimônio Ambiental Brasileiro**, São Paulo, Edusp, 2003. 622pp.

SÁNCHEZ, L. E.; RICCIARDI, C. T. R. Reabilitação e novo uso de áreas mineradas: um apanhado de alguns casos em São Paulo. In: **Areia e Brita**. São Paulo, 2004. n.27, p. 26-34.

SANTOS, E.O. Tietê, o rio de São Paulo in: AZEVEDO, A.(org)- **A Cidade de São Paulo, Estudos de Geografia Urbana**, Vol I, A Região de São Paulo. São Paulo, Cia. Editora Nacional, 1956.

SAVIGEAR, R.A.G. A Technique of Morfological Mapping- **Annals Association of American Geographers**. 1965. n. 55, pp.66-75.

SCHUMM, S. A. **The Fluvial Systems**, Chichester, Jonh Wiley, 1977.

SEABRA, O. C. de L. **Os Meandros dos Rios, nos Meandros do Poder: Tietê e Pinheiros - Valorização dos Rios e das Várzeas na Cidade de São Paulo**, Tese de Doutorado, Departamento de Geografia, FFLCH, USP. São Paulo, 1987.

SEADE. **Características Gerais do Processo de Industrialização Paulista**. São Paulo, 1983.

SEADE. **São Paulo em Dados**, in: www.seade.sp.gov.br, São Paulo, 2005. Acesso em 10/09/2005.

SELBY, M.J. **Earth's Changing Surface**, Ed. Clerendon Press, 1985.

SILVA, J. de P. **Expansão urbana e evolução geomorfológica em remansos de reservatórios: análise comparativa de duas bacias hidrográficas em Guarapiranga, São Paulo**, Dissertação de Mestrado, DG/FFLCH/USP, São Paulo, 2005. 123pp.

SILVA, J.C.C.; OLIVEIRA, D. A Modelagem Digital de Elevação como Instrumento Adicional na Análise Estrutural e Geomorfológica: Exemplos de Utilização. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM GEOGRAFI FÍSICA, II, **Anais...**, 2004. cd.

SINTONI, A. A mineração no cenário do município de São Paulo: Mercado e Novas Tecnologias in: ENCONTRO DE MINERAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO – SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS, I, São Paulo, Secretaria de Administrações Regionais, **Anais...**, São Paulo, 1994. 31-42pp.

SOUZA, E. de. **História da Light, Primeiros 50 anos**, Eletropaulo Eletricidade de São Paulo SA, São Paulo, 1982.

ST-ONGE, D. A. Geomorphic Maps. In: FAIRBRIGGE, R.W. (1968) **The Encyclopedia of Geomorphology**, New York, Reinhold Books Corporation, 1968.

SUDELPA. **ABC da Mineração Aspectos Legais e Tributários**, São Paulo, 1986. 18 pp.

SUGUIO, K. **Síntese dos conhecimentos sobre a sedimentação da Bacia de São paulo**, In: Aspectos Geológicos e Geotécnicos da Bacia de São Paulo, ABGE, SBG/SP, São Paulo, 1980.

SUGUIO, K. Recent progress in Quaternary geology of Brazil. **Episodes**. 1999. vol. 22, nº 3.

SUGUIO, K. e BIGARELLA, J.J. **Ambientes fluviais**, 2ª edição, Florianópolis, Editora da UFSC e Editora da UFPR, 1990. 183pp.

SVARICHEVSKAYA, Z. A. The tasks of the geomorphological mapping (As tarefas do mapeamento geomorfológico), in: DEMEK, J. (ed). **Progress made in geomorphological mapping. Brno, proceedingsof the IGU Commission on Applied Geomorphology, Sub. Comm. Geomorph. Mapping**. 1967 (tradução Fábio A. Oliveira, revisão Lylian Coltrinari).

TAKIYA, H. **Estudo da sedimentação Neogênico-Quaternária no Município de São Paulo: caracterização dos depósitos e suas implicações na geologia urbana**. Tese de Doutorado, IG/USP. São Paulo, 1997. 152pp.

THOMAS, M.F. **Geomorphology in the tropics A study of weathering and denudation in low latitudes**, John Wiley & Sons, Chichester, 1994. 459pp.

THOMAS, M.F. Quaternary fans and colluvium as indicators of environmental change an landscape sensitivity, in: **Revista do Instituto Geológico**, vol. 23, nº 1, São Paulo, 2002. pp. 1-11.

TRICART, J. Informações para a interpretação paleogeográfica dos cascalheiros. In: **Notícia Geomorfológica 4**, Campinas, 1959. pp. 1-11. (tradução de Antônio Christofolletti).

TRICART, J. **Panorama de la Geomorphologie Appliquée dans de monde**, Revue Generale des Sciences, França, 1964 (tradução Lylian Coltrinari)

TRICART, J. **Principies e Méthodes de la Geomorphologie III** Paris, Masson, 1965.

TRICART, J. Os Tipos de Leitos Fluviais. In: **Notícia Geomorfológica**, Campinas, 1966. vol. 6, nº.11, pp. 41-49.

TRICART, J. **Ecodinâmica**, Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica SUPREN, 1977.

TOY, T. & HADLEY, R. F. **Gemorphology and Reclamation of Disturbed Lands**, London, Academic Press Inc, 1987.

TURQ, B. e MELO, M.S. O Quaternário na área da Grande São Paulo in: **Geologia da Bacia de São Paulo**, IG/USP, São Paulo, 1989. pp.64-70

VALVERDE, F. M. (Coord.) **Bases Para o Planejamento da Mineração de Areia na Região Metropolitana de São Paulo**, CPRM, DNPM, Governo de São Paulo, São Paulo, 1997.

VALVERDE, F. M. Agregados para Construção Civil, in: **Balanço Mineral Brasileiro**, MME/DNPM, 2001. 15pp. Disponível em: <www.dnpm.gov.br>.

VASCONCELOS, M.M.T. **Diagnóstico da Degradação do Meio Físico e Proposição de Medidas de Recuperação em Áreas de Mineração Abandonadas na Bacia do Guarapiranga, Região Metropolitana de São Paulo**, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo EPUSP. São Paulo, 2000.

VERSTAPPEN, H. T. **Applied geomorphology geomorphological surveys for environmental development**, Amsterdam, Elsevier, 1983.

VEIRA, S.R.S.S. et. Al. Geologia e Evolução Geológica da Região de Embu-Guaçu - Parelheiros, SP. in: **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, 1990. Sociedade Brasileira de Geologia, vol. 20, números 1,2,3 e 4.

VINK, A.P.A. et alli **Problemas Metodológicos da Interpretação de Fotografias Aéreas**, ITC, Publicação B-32, 1965.

Sítios consultados

DAEE. www.daee.sp.gov.br – acesso em 26/09/2005.

EMPLASA. www.emplasa.sp.gov.br - acesso em 01/10/2005.

PMSP. www.pmsp.sp.gov.br - acesso em 21/02/2005.

ANEXOS

ANEXO A – ANÁLISES QUÍMICAS DAS TURFAS

ANEXO B – EXEMPLOS DE BOLETINS DE SONDAGENS

ANEXO A – ANÁLISE QUÍMICA DAS TURFAS

C E L Q A - Comercio de Fertilizantes Ltda. ME
 LABORATORIO DE QUIMICA AGRICOLA
 Registrado no C.R.Q. No 10.133-F - Quarta Regiao
 Rua Afonso Gabriotti, 343 - Vila Sta. Tereza - LABORATORIO
 Sorocaba - SP CEP 18015-720 Tel: (0152) 33-3179
 Rua Alvarenga Peixoto, 357 - Vila Anastacio - ESCRITORIO
 Sao Paulo - SP CEP 05095-010 Tel: (011) 260-8610

R E S U L T A D O D E A N A L I S E S

Solicitacao : D-0318/95 Data Recebimento : 01/11/95 Analise : Externa

Solicitante : PROMINER Interessado : PROMINER PROJETOS S/C LTDA.
 Endereco : RUA DOS OTONIS, 191 - VILA CLEMENTINO
 Cidade : SAO PAULO CEP : 04025000 UF : SP
 Telefone : (011) 5719936 Fax : (011) 5759094

Produto Analisado : TURFA

Num. Amostra	Num. L.Q.A.	Determinacoes	Resultados
01	1721	Nitrogenio.....(N)	0,10 %
		Fosforo.....(P)	0,01 %
		Potassio.....(K)	60 ppm
		Calcio.....(Ca)	67 ppm
		Magnesio.....(Mg)	65 ppm
		Enxofre.....(S)	0,10 %
		Materia Organica.....(M.O.)	28,0 %
		pH em agua na relacao 1:10....	3,9
		Capacidade de retencao de agua	26,0 g/100g an
		OBS. RESULTADOS EXPRESSOS	SOBRE A AMOSTRA
		TAL QUAL.	

AM.01= PRONTA PARA VENDER.
 RESULTADO(S) CONFORME AMOSTRA(S) RECEBIDA(S)
 RESULTADO(S) CONFIRMADO(S) POR REANALISE

Responsavel pela Analise :

JOSE CARLOS MACHADO DE ALMEIDA
 CRQ Nr. 04404512
 4a Regiao

Data de Said a : 13/11/95

Rua Afonso Gabriotti, 343 - Vila Sta. Tereza - LABORATORIO
 Sorocaba - SP CEP 18015-720 Tel: (0152) 33-3179
 Rua Alvarenga Peixoto, 357 - Vila Anastacio - ESCRITORIO
 Sao Paulo - SP CEP 05095-010 Tel: (011) 260-8610

C E L Q A - Comercio de Fertilizantes Ltda. ME

C E L Q A - Comercio de Fertilizantes Ltda. ME
 LABORATORIO DE QUIMICA AGRICOLA
 Registrado no C.R.Q. No 10.133-F - Quarta Regiao
 Rua Afonso Gabriotti, 343 - Vila Sta. Tereza - LABORATORIO
 Sorocaba - SP CEP 18015-720 Tel: (0152) 33-3179
 Rua Alvarenga Peixoto, 357 - Vila Anastacio - ESCRITORIO
 Sao Paulo - SP CEP 05095-010 Tel: (011) 260-8610

R E S U L T A D O D E A N A L I S E S

Solicitacao : D-0318/95A Data Recebimento : 01/11/95 Analise : Externa
 Solicitante : PROMINER Interessado : PROMINER PROJETOS S/C LTDA.
 Endereco : RUA DOS OTONIS, 191 - VILA CLEMENTINO
 Cidade : SAO PAULO CEP : 04025000 UF : SP
 Telefone : (011) 5719936 Fax : (011) 5759094
 Produto Analisado : TURFA

Num. Amostra	Num. L.Q.A.	Determinacoes	Resultados
02	1722	Nitrogenio.....(N)	0,11 %
		Fosforo.....(P)	0,01 %
		Potassio.....(K)	5 ppm
		Calcio.....(Ca)	25 ppm
		Magnesio.....(Mg)	65 ppm
		Enxofre.....(S)	0,10 %
		Materia Organica.....(M.O.)	19,4 %
		pH em agua na relacao 1:10....	3,8
		Capacidade de retencao de agua	40,0 g/100g an
		OBS.: RESULTADOS EXPRESSOS	SOBRE A AMOSTRA
		TAL QUAL.	

AM.02= CAMADA 1.
 RESULTADO(S) CONFORME AMOSTRA(S) RECEBIDA(S)
 RESULTADO(S) CONFIRMADO(S) POR REANALISE

Responsavel pela Analise : JOSE CARLOS MACHADO DE ALMEIDA
 CRQ Nr. 04404512
 4a Regiao

Data de Saida : 13/11/95

Rua Afonso Gabriotti, 343 - Vila Sta. Tereza - LABORATORIO
 Sorocaba - SP CEP 18015-720 Tel: (0152) 33-3179
 Rua Alvarenga Peixoto, 357 - Vila Anastacio - ESCRITORIO
 Sao Paulo - SP CEP 05095-010 Tel: (011) 260-8610

C E L Q A - Comercio de Fertilizantes Ltda. ME

C E L Q A - Comercio de Fertilizantes Ltda. ME
LABORATORIO DE QUIMICA AGRICOLA
Registrado no C.R.Q. No 10.133-F - Quarta Regiao
Rua Afonso Gabriotti, 343 - Vila Sta. Tereza - LABORATORIO
Sorocaba - SP CEP 18015-720 Tel: (0152) 33-3179
Rua Alvarenga Peixoto, 357 - Vila Anastacio - ESCRITORIO
Sao Paulo - SP CEP 05095-010 Tel: (011) 260-8610

R E S U L T A D O D E A N A L I S E S

Solicitacao : D-0318/95B Data Recebimento : 01/11/95 Analise : Externa

Solicitante : PROMINER Interessado : PROMINER PROJETOS S/C LTDA.
Endereco : RUA DOS OTONIS, 191 - VILA CLEMENTINO
Cidade : SAO PAULO CEP : 04025000 UF : SP
Telefone : (011) 5719936 Fax : (011) 5759094

Produto Analisado : TURFA.

Num. Amostra	Num. L.Q.A.	Determinacoes	Resultados
03	1723	Nitrogenio.....(N)	0,16 %
		Fosforo.....(P)	0,1 %
		Potassio.....(K)	20 ppm
		Calcio.....(Ca)	22 ppm
		Magnesio.....(Mg)	30 ppm
		Enxofre.....(S)	0,10 %
		Materia Organica.....(M.O.)	16,4 %
		pH em agua na relacao 1:10	4,0
		Capacidade de retencao de agua	36,0 g/100g am
		OBS.: RESULTADOS EXPRESSOS	SOBRE A AMOSTRA
		TAL QUAL.	

AM.03= CAMADA 2.

RESULTADO(S) CONFORME AMOSTRA(S) RECEBIDA(S)

RESULTADO(S) CONFIRMADO(S) POR REANALISE

Responsavel pela Analise :

JOSE CARLOS MACHADO DE ALMEIDA
CRQ Nr. 04404512
4a Regiao

Data de Saida : 13/11/95

Rua Afonso Gabriotti, 343 - Vila Sta. Tereza - LABORATORIO
Sorocaba - SP CEP 18015-720 Tel: (0152) 33-3179
Rua Alvarenga Peixoto, 357 - Vila Anastacio - ESCRITORIO
Sao Paulo - SP CEP 05095-010 Tel: (011) 260-8610

C E L Q A - Comercio de Fertilizantes Ltda. ME

ANEXO B – EXEMPLOS DE BOLETINS DE SONDAGENS

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM A PERCUSSÃO						SP08	
CLIENTE: PONTE ALTA -- EXTRAÇÃO DE AREIA LTDA.						CÓDIGO: 122 F	
LOCAL: Ponte Alta -- Distrito de Parelheiros							
INÍCIO:		UTM:		DATA: 19/11/95		DESENHO:	
FIM:		COTA:		ESC. VERT.: 1:200		ARQUIVO:	
REVEST.	NÍVEL D'ÁGUA	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	AMOSTRA	INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA	
		1.50		TURFA	1	ALUVIÃO	
		4.50		AREIA MÉDIA A GROSSA COM PEDREGULHOS, DE COLORAÇÃO MARROM ESCURA	2		
		15.00		AREIA MÉDIA A GROSSA, DE COLORAÇÃO MARROM ACINZENTADA	3	ALTERAÇÃO DE ROCHA	
		20.50		AREIA MÉDIA POUCO ARGILOSA, MICÁCEA (muscovitas), DE COLORAÇÃO MARROM ACINZENTADA	4		
				(Fim do furo)			
MEDIDA DOS NÍVEIS D'ÁGUA			TRADO: 1.50 m LAVAGEM: 20.50 m REVEST.:				
DATA	HORA	N.A.	OBS.:				
RESPONSÁVEL TÉCNICO:			CREA:				

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM A PERCUSSÃO						SP21	
CLIENTE: PONTE ALTA – EXTRAÇÃO DE AREIA LTDA.						CÓDIGO: 122 F	
LOCAL: Ponte Alta – Distrito de Parelheiros							
INÍCIO:		UTM:		DATA: 19/11/95		DESENHO:	
FIM:		COTA:		ESC. VERT.: 1:200		ARQUIVO:	
REVEST.	NÍVEL D'ÁGUA	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	AMOSTRA	INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA	
		2.00		TURFA	1	ALUVÃO	
		6.00		ARGILA ORGÂNICA PRETA	2		
		14.00		AREIA GROSSA, DE COLORAÇÃO MARROM ACINZENTADO		ALTERAÇÃO DE ROCHA	
		16.00		AREIA MÉDIA POUCO ARGILOSA, MICÁCEA (muscovita), DE COLORAÇÃO MARROM ACINZENTADO	3		
		18.00		AREIA FINA ARGILOSA, MUITO MICÁCEA (muscovitas e biotitas), DE COLORAÇÃO CINZA ESCURA	4		
				(Fim do furo)			
MEDIDA DOS NÍVEIS D'ÁGUA		TRADO: 2.00 m		LAVAGEM: 18.00 m		REVEST.:	
DATA	HORA	N.A.	OBS.:				
RESPONSÁVEL TÉCNICO:			CREA:				

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM A PERCUSSÃO						SP 22	
CLIENTE: PONTE ALTA - EXTRAÇÃO DE AREIA LTDA.						CÓDIGO: 122 F	
LOCAL: Ponte Alta - Distrito de Parelheiros							
INÍCIO:			UTM:		DATA: 19/11/95		DESENHO:
FIM:			COTA:		ESC. VERT.: 1:200		ARQUIVO:
REVEST.	NÍVEL D'ÁGUA	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	AMOSTRA	INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA	
		1.00		TURFA	1	ALUVIÃO
			ARGILA CINZA AMARRONZADA	2		
		6.00		AREIA MÉDIA POUCO ARGILOSA, MICÁCEA, DE COR CINZA ESCURA	3	ALTERAÇÃO DE ROCHA	
		12.00		AREIA MÉDIA A FINA ARGILOSA, MUITO MICÁCEA (muscovitas e biotitas), DE COLORAÇÃO CINZA ESCURA	4		
		16.00		(Fim do furo)			
MEDIDA DOS NÍVEIS D'ÁGUA		TRADO: 1.00 m		LAVAGEM: 16.00 m		REVEST.: -	
DATA	HORA	N.A.	OBS.:				
RESPONSÁVEL TÉCNICO:				CREA:			