

BIBLIOTECA DIGITAL DE TESES E DISSERTAÇÕES  
UNESP

RESSALVA

Alertamos para a ausência das fig. 1 e 2, não enviadas pelo autor no arquivo original.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**Instituto de Geociências e Ciências Exatas**

**Campus Rio Claro**

**“IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DE CAVAS E PILHAS DE BOTA-FORA DE MINERAÇÃO COMO UNIDADE GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA NO MUNICÍPIO DE ESTIVA GERBI – SP”**

**Luciano Willen Candido**

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao Curso de Pós-Graduação em Geociências – Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente para a obtenção do Título de Mestre em Geociências.

Rio Claro (SP)

2004

1

624.151 Candido, Luciano Willen  
C217r Identificação e mapeamento de cavas e pilhas de  
bota-fora de mineração como unidade geológico-geotécnica no  
município de Estiva Gerbi - SP / Luciano Willen Candido. – Rio Claro :  
[s.n.], 2004

68 f. : il., tabs., fots., mapas

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista,  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Orientador: José Eduardo Zaine

1. Geologia de engenharia. 2. Mapeamento geológico-  
geotécnico. 3. Áreas modificadas. 4. Alterações ambientais. 5.  
Mineração. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI – Biblioteca da UNESP  
Campus de Rio Claro/SP

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. José Eduardo Zaine (Orientador)

Prof. Dr. José Cândido Stevaux

Prof. Dr. Antonio Roberto Saad

Rio Claro, 19 de Novembro de 2004



*Aos meus pais, João e Alice  
e a minha mulher Telma*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente Deus, por me conceder a graça de estar vivo.

Ao Prof. Dr. José Eduardo Zaine, por sua amizade, constante estímulo e contribuição como orientador.

Às Prefeituras Municipais de Estiva Gerbi e Mogi Guaçu, pelo apoio e fornecimento de material para a pesquisa.

Ao CNPQ, pelo auxílio à pesquisa e suporte financeiro para este trabalho.

Aos professores, Dra. Paulina Setti Riedel e Dr. Leandro Cerri pelas sugestões e correções realizadas no exame de qualificação.

Aos amigos Artur e Norton pelo grande apoio, pousada e companheirismo.

Aos grandes amigos Rogério Porcinio de Souza, Adelson Andrei de Campos e Marcelo Luiz Messias, pelo grande carinho e apoio;

A Haroldo do IPT, pelo apoio e fornecimento das fotografias aéreas.

A Tânia e Armando pela amizade e apoio nas horas difíceis.

A Telma, amiga e companheira de todas as horas, pelo grande amor e incentivo na realização deste trabalho.

Aos meus pais João e Alice, e meus irmãos Lessandro e Léo pelo amor, carinho e apoio dados durante todos os anos de minha vida.

## SUMÁRIO

ÍNDICE.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iii
ÍNDICE DE FOTOS.....	iii
ÍNDICE DE TABELAS .....	iv
ÍNDICE DE APÊNDICES .....	v
RELAÇÕES DE SIGLAS .....	vi
RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	viii
CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO II. MÉTODO E ETAPAS DE TRABALHO .....	3
CAPÍTULO III. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	10
CAPÍTULO IV. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	30
CAPÍTULO V. APRESENTAÇÃO E ANÁLISES DOS RESULTADOS .....	44
CAPÍTULO VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES .....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	66

## ÍNDICE

<b>I INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 Importância do tema .....	2
1.2 Objetivo .....	2
<b>II MÉTODO E ETAPAS DE TRABALHO</b> .....	3
2.1 Fundamentos Metodológicos.....	3
2.2 Método de Trabalho .....	4
2.3 Materiais utilizados e procedimentos .....	4
2.3.1 Fontes bibliográficas .....	5
2.3.2 Material cartográfico utilizado .....	6
2.4 Etapas de Trabalho .....	6
2.4.1 Revisão bibliográfica.....	6
2.4.2 fotointerpretação.....	7
2.4.3 Trabalho de Campo .....	7
2.4.4 Elaboração do mapa geológico-geotécnico .....	8
2.4.5 descrição e classificação de áreas modificadas .....	9
2.4.6 interação, análise e interpretação dos dados e considerações finais.....	9
<b>III REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	10
3.1 Principais metodologias utilizadas na confecção de cartas e/ou mapas geotécnicos .....	10
3.1.1 Principais metodologias internacionais .....	10
3.1.2 Principais metodologias brasileiras .....	12
3.1.2.1 Metodologia utilizada na UNESP/Rio Claro .....	13
3.1.3 Análise Comparativa entre os Metodologia do IPT, EESC/USP e UNESP/RC .....	15
3.2 Alterações e impactos ambientais .....	18
3.2.1 Impactos decorrentes de atividades do meio .....	20
3.2.1.1 Atividades de Mineração .....	20
3.2.1.2 Atividades Agropecuárias .....	22
3.2.1.3 Urbanização.....	22
3.2.1.4 Deposição de resíduos urbanos .....	24
3.2.1.5 Industrias .....	25

3.3 Definições para depósitos tecnogênicos .....	26
<b>IV CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>29</b>
4.1 Localização e vias de acesso .....	29
4.2 Aspectos históricos .....	29
4.3 Aspectos climáticos .....	31
4.4 Hidrografia .....	31
4.5 Aspectos geomorfológicos .....	33
4.6 Aspectos geológicos .....	34
4.6.1 Rochas Cristalinas .....	34
4.6.2 Grupo Tubarão.....	36
4.6.3 Grupo Itararé .....	36
4.6.4 Formação Aquidauana.....	38
4.6.5 Formação Tatuí.....	39
4.6.6 Sedimentos Cenozóicos.....	40
4.6.7 Rochas Intrusivas.....	41
4.7 geologia local .....	42
<b>V APRESENTAÇÃO E ANÁLISES DOS RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
5.1 Mapa geológico-geotécnico.....	44
5.1.1 Unidade I: solo areno-argiloso em relevo de média vertente da Formação Aquidauana .....	44
5.1.2 Unidade II: solo argiloso em situação de baixa vertente da Formação Aquidauana.....	46
5.1.3 Unidade III: Solo coluvionar em situação de meia encosta de cobertura cenozóica indiferenciada .....	47
5.1.4 Unidade IV: solo residual de topo de colinas amplas de cobertura cenozóica indiferenciada .....	50
5.1.5 Unidade V: solo aluvionar de planície de inundação .....	51
5.1.6 Unidade VI: área modificada pela atividade de mineração .....	53
<b>VI CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES .....</b>	<b>61</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>64</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 01: Fluxograma de elaboração de um projeto de pesquisa condicionado pelos recursos disponíveis ( ANDREW & HIDELEBRAND, 1982) .....	3
FIGURA 02: Fluxograma da seqüência das etapas de trabalho .....	5
FIGURA 03: Mapa de localização do município de Estiva Gerbi .....	30
FIGURA 04: Mapa geológico regional.....	35
FIGURA 05: Coluna estratigráfica representativa da unidade V (ponto EG 57).....	53
FIGURA 06: Esquema de estudos posteriores para caracterização da área em escala de detalhe ....	63

## ÍNDICE DE FOTOS

FOTO 01: Córrego dos Ypês. ....	32
FOTO 02: Córrego Anhumas.....	33
FOTO 03: Perfil de solo característico da unidade I.....	45
FOTO 04: Detalhe da foto anterior. ....	45
FOTO 05: lamitos da unidade II. ....	46
FOTO 06: Contato geológico entre as unidades II e III. ....	47
FOTO 07: vista geral da Unidade III. ....	48
FOTO 08: Espessura de material inconsolidado. ....	48
FOTO 09: Detalhe da interface de material inconsolidado e substrato.....	49
FOTO 10: linha de seixos.....	49
FOTO 11: : Processos erosivos instalados na unidade III.....	50
FOTO 12: Unidade IV. ....	51
FOTO 13: Erosão e lixo. ....	52
FOTO 14: Planície aluvionar. ....	52
FOTO 15: Trincas em construção. ....	54
FOTO 16: Depósito de assoreamento. ....	54
FOTO 17: Cavas abandonadas nas proximidades da área urbana.....	56
FOTO 18: Perfil de solo da Unidade VI. ....	59
FOTO 19: Depósito construído do tipo espólico.....	59
FOTO 20: Depósito construído do tipo espólico.....	60
FOTO 21: Catadores e proliferação de urubus.....	61

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 01: Roteiro de trabalho (SANTOS, 2002).....	4
TABELA 02: Algumas metodologias internacionais de cartografia geotécnica (ZAINÉ, 1997):	.11
TABELA 03: Síntese das etapas do método do detalhamento progressivo (ZAINÉ, 2000):	.....14
TABELA 04: : Comparação entre as principais metodologias utilizadas no Brasil.	.....17
TABELA 05: - Diferentes tipos de impactos ambientais de acordo com Deliberação CECA nº 1078 de 25/junho/1987 (RJ).....	19
TABELA 06: Formas de mineração e impactos decorrentes no município de Campinas – SP (IG in Collares 2000).....	21
TABELA 07: Alterações físicas e químicas decorrentes de intervenções antrópicas sobre o meio físico (FAO in COLLARES, 2000).	.....23
TABELA 08: Problemas gerados devido à disposição inadequada de resíduos (CUNHA & CONSONI in COLLARES, 2000).....	25
TABELA 09: Divisão proposta para o Quartenário, englobando-se o tecnógeno (PELOGGIA, 1999).....	26
TABELA 10: Classificação dos depósitos segundo Oliveira <i>apud</i> Peloggia (1998).	.....26
TABELA 11: : Classificação de camadas tecnogênicas segundo Flanning & Flanning (1989 <i>apud</i> PELLOGIA, 1998).....	27
TABELA 12: Descrição das áreas de mineração de acordo com o apêndice 3.....	58

## ÍNDICE DE APÊNDICES

- APÊNDICE 1:** Mapa de pontos 1:50.000
- APÊNDICE 2:** Mapa geológico-geotécnico 1:25.000
- APÊNDICE 3:** figuras de detalhes da unidade VI.

## **RELAÇÕES DE SIGLAS E ABREVIACÕES**

ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

N.A. – Nível d'água subterrâneo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

IG – Instituto Geológico



## **RESUMO**

A pesquisa tem como tema central o reconhecimento de áreas modificadas pela atividade de mineração como uma unidade geológico-geotécnica no Município de Estiva Gerbi (SP). As últimas décadas têm sido marcadas por grandes mudanças tecnológicas, pelo aumento da população e o decorrente aumento das cidades, tendo como reflexo a conseqüente elevação do consumo dos recursos naturais. Este estudo caracterizou cavas e pilhas de bota-fora, geradas pela atividade extração de argila para a indústria cerâmica, como modificadoras das características geológico-geotécnicas naturais dos terrenos. Para atingir o objetivo deste estudo foi realizado um mapeamento do Município de Estiva Gerbi onde a área de estudo foi dividida em 6 unidades geológico-geotécnicas: Unidade I - solos areno-argilosos, em relevo de média vertente da Formação Aquidauana; Unidade II - solos argilosos, em situação de baixa vertente da Formação Aquidauana; Unidade III - solo coluvionar, em situação de meia encosta de cobertura cenozóica indiferenciada; Unidade IV - solo residual, de topo de colinas amplas de cobertura cenozóica indiferenciada; Unidade V - solo aluvionar, de planície de inundação, e Unidade VI - áreas modificadas, onde foram agrupadas as áreas oriundas da atividade de mineração, individualizadas como uma unidade geológico-geotécnica específica. A pesquisa comprovou que as cavas e pilhas de bota-fora e sua área de influência possuem características particulares em relação às outras unidades. Através de observações de campo conclui-se que as principais alterações ambientais desta unidade são: a mudança no perfil de solo, a declividade do terreno, alterações no nível de água subterrâneo, a formação de lagos, as condições de permeabilidade, a aceleração de processos erosivos e a disposição de lixo. De acordo com a literatura específica sobre depósitos tecnogênicos, as pilhas de bota-fora são classificadas como camada construída do tipo espólico.

**PALAVRAS CHAVE:** mapeamento geológico-geotécnico, Estiva Gerbi (SP), áreas modificadas, alterações ambientais, mineração.

## **ABSTRACT**

The research main issue is the recognition of areas modified by mining activity as a geological-geotechnical unit in the Municipality of Estiva Gerbi (State of São Paulo). The last decades have been marked by great technological changes, population boost and the resulting enlargement of cities caused the elevation of natural resources consume. This study characterized furrows and putting out piles, generated by the activity of clay extraction to the ceramic industry as modifiers of geological-geotechnical natural aspects of the soil. To achieve the aim of this study, the Municipality of Estiva Gerbi was mapped and the study area was divided in 6 geological geotechnical units. Unit I sand-clay soils on a mid hogback relief of “Aquidauana Formation”; Unit II – clay soils, on a low hogback situation of “Aquidauana Formation”; Unit III – adjacent to river soil on a mid cliff of surface finish; Unit IV – residual soil, on the top of wide hills with Cenozoic undistinguished surface finish; Unit V – river soil, on flooding plains and Unit VI – modified areas, where the areas deriving from mining activity where grouped, individualized as a specific geological-geotechnical unit. The researched proved that furrows and putting out piles and its influence area has particular characteristics comparing to other units. Through field observations, it was concluded that the main environmental alterations of this unit are: the modification of the soil profile, the declivity of the terrain, subterranean water level alterations, the formation of lakes, the conditions of permeability, the acceleration of erosive processes and the disposal of refuse. According to specific literature about technogenical deposits, the putting out piles are classified as a built layer of spolic type.

**KEYWORDS:** geological-geotechnical mapping, Estiva Gerbi (SP), modified areas, environmental changes, mining.

## I. INTRODUÇÃO

As últimas décadas têm sido marcadas por grandes mudanças tecnológicas no âmbito social, tecnológico, econômico e ambiental. Um dos grandes fatores que tem contribuído para esse desequilíbrio é, sem dúvida nenhuma, o crescimento da população e o decorrente aumento das cidades, tendo como reflexo, a conseqüente elevação do consumo dos recursos naturais.

O Município de Estiva Gerbi (SP), antigo Distrito de Mogi-Guaçu, foi emancipado em 19 de maio de 1992 e tem hoje um grande potencial de crescimento. A expansão urbana e o estabelecimento de novos empreendimentos, principalmente os industriais, requerem ações de planejamento.

A cada dia aumentam o número de pessoas, o espaço ocupado e as necessidades de recursos naturais, em conseqüência do crescimento acelerado dos municípios. O aparecimento de problemas ambientais está relacionado à má gestão e à falta de um planejamento adequado do crescimento urbano das cidades.

O desenvolvimento de um município necessita de uma política ambiental que contemple, para intervenções e obras potencialmente impactantes, a realização de estudos de viabilidade e de avaliação de possíveis impactos ambientais. Dentre os estudos do meio ambiente, está o mapeamento geológico-geotécnico, com investigações e análises necessárias para a caracterização do meio físico.

O método do detalhamento progressivo, proposto por Cerri *et al.* (1996) e aplicado por Zaine (2000) no Município de Rio Claro, apresenta-se como uma alternativa aos estudos geológico-geotécnicos, tendo como objetivo principal a produção de instrumentos adequados para a gestão e o planejamento urbanos, diante das necessidades de seus principais usuários.

Estudos geológicos e geomorfológicos são fundamentais para uma melhor caracterização das diferentes unidades do meio físico, e a análise conjunta permite a definição de unidades que compõem o mapa geológico-geotécnico elaborado na 1ª etapa do método do detalhamento progressivo de Zaine (2000).

Seguindo esse raciocínio, Santos (2002) considera que o trabalho deve ser separado em etapas, para uma melhor organização frente a um determinado problema, cada qual com seu objetivo e os principais cuidados que se deve tomar em cada etapa de trabalho.

A pesquisa proposta prevê, a partir de um levantamento geológico-geotécnico, aplicando a primeira etapa do detalhamento Progressivo, o cadastro e cartografia das unidades geológico-geotécnicas e a identificação de áreas modificadas por fatores antrópicos no Município de Estiva Gerbi, classificando-as como uma unidade geológico-geotécnica.

### **1.1 – Importância do tema**

As cidades que cresceram devido às atividades de mineração, necessitam de estudos detalhados para que possa ocorrer um crescimento sustentável. Muitas vezes, tal atividade deixa marcas que, provavelmente, se transformarão em obstáculos para o crescimento almejado. Pretende-se, então, com a aplicação do método do detalhamento progressivo no Município de Estiva Gerbi, gerar um mapa geológico-geotécnico com indicativos de áreas para estudos posteriores de semidetalhe e detalhe; indicar os impactos ambientais relacionados e delimitar zonas modificadas pela mineração, contribuindo, assim, para um melhor desenvolvimento do município.

Assim, duas questões podem ser colocadas:

- É possível identificar e individualizar áreas modificadas pela atividade de mineração e classificá-las como unidade geológico-geotécnica?
- Município pequeno e novo, como Estiva Gerbi pode, com base na caracterização do meio físico e dos processos da dinâmica natural e da dinâmica induzida pela ação antrópica, orientar medidas corretivas simples e adotar medidas preventivas?

### **1.2 Objetivo**

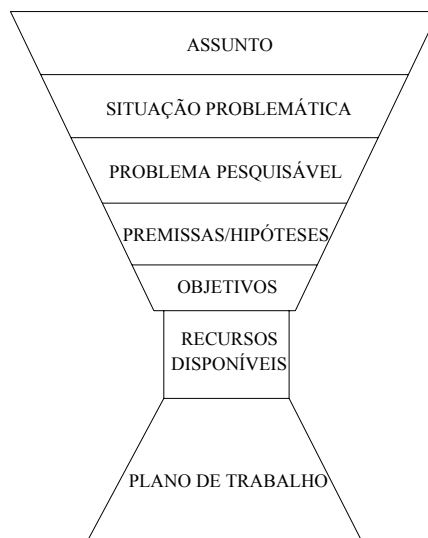
O objetivo deste estudo foi, a partir de um mapeamento geológico-geotécnico do Município de Estiva Gerbi (SP), identificar, descrever e cartografar áreas de cavas e pilhas de bota-fora, oriundas da atividade de mineração, individualizando-as como uma unidade geológico-geotécnica específica.

## II. MÉTODO E ETAPAS DE TRABALHO

Neste capítulo é apresentada a base teórica utilizada para a estruturação desta pesquisa e são descritas as diferentes etapas de trabalho realizadas para se buscar uma melhor forma de investigação, análise e interpretação das características do meio físico (natural e modificado) do Município de Estiva Gerbi (SP).

### 2.1 Fundamentos metodológicos

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi necessário uma organização e um método aplicado. Andrew & Hildebrand (1982), através de um diagrama em forma de cone, procuraram demonstrar a estruturação e o fluxo seguido pela pesquisa.



**Figura 1:** Fluxograma de elaboração de um projeto de pesquisa condicionado pelos recursos disponíveis ( ANDREW & HIDELEBRAND, 1982).

Este fluxograma mostra que os recursos disponíveis são um fator limitante e determinante para se dimensionar uma pesquisa, entendendo-se que recursos disponíveis não dizem respeito somente a recursos financeiros, mas também a recursos humanos, laboratoriais e de capacitação técnica, entre outros.

Santos (2002) indica um roteiro de trabalho, o qual é seguido nesta pesquisa, no qual organiza e expõe as diversas etapas de trabalho frente a um determinado problema, contendo os objetivos e os principais cuidados que se deve tomar em cada etapa (Tabela 1):

**Tabela 1: Roteiro de trabalho (SANTOS, 2002).**

FASES DO TRABALHO	OBJETIVO	PRINCIPAIS CUIDADOS
Circunscrição do problema	-Identificação preliminar dos problemas potenciais ou ocorridos. -Enquadramento geológico-geomorfológico do local. - Delimitação e caracterização da área de trabalho	- Recolhimento de todos os registros bibliográficos e técnicos e de testemunho de pessoal local. - Caracterização das feições e dos processos geológicos geomorfológicos naturais locais e regionais presentes
Análise e Diagnóstico dos Fenômenos Presentes	- Caracterização dos parâmetros geológicos e geotécnicos necessários ao entendimento dos fenômenos envolvidos - Diagnóstico final e descrição qualitativa e quantitativa dos fenômenos implicados nas inter-relações solicitações/meio físico.	- Pesquisa de situações semelhantes, especialmente na região. - Identificação dos processos geológicos e geotécnicos originalmente presentes. - Adoção de hipóteses fenomenológicas progressivas e esforço investigativo e observativo para sua aferição.
Formulação de soluções	- Apoiar a engenharia na formulação das soluções adequadas	- Zelo especial pela perfeita aderência solução/fenômeno. Busca do barateamento da solução encontrada.
Acompanhamento da implantação	- Garantir a correta execução dos trabalhos e propor ajustamentos técnicos eventualmente necessários	- Zelo para que a solução implantada cumpra perfeitamente as funções desejadas
Monitoramento do desempenho	- Acompanhar o desempenho da solução implantada	- Selecionar os indicadores de desempenho, instalar eventual instrumentação e programar sua observação qualitativa ao longo do tempo.

## 2.2 Método de trabalho

A fundamentação metodológica desta dissertação foi baseada na etapas 1 (Circunscrição do problema) e 2 (Análise e Diagnóstico dos Fenômenos Presentes) das hipóteses progressivas de Santos, 2002 (Tabela 1). O método, especificamente adotado, parte das etapas tradicionais do mapeamento geológico-geotécnico, ou seja, revisão bibliográfica, fotointerpretação e trabalho de campo e integração das informações geológicas, geomorfológicas e pedológicas para a sua elaboração. A partir deste estágio foram plotadas as áreas de mineração e analisadas as principais alterações, definindo-se assim as unidades modificadas. A seqüência de etapas desta pesquisa é apresentada no fluxograma da Figura 2.

## **2.3 Materiais utilizados e procedimentos**

Neste item são descritos os materiais e equipamentos utilizados, assim como os procedimentos seguidos para a melhor conclusão da pesquisa.



**Figura 2:** Fluxograma da seqüência das etapas de trabalho.

### **2.3.1 Fontes bibliográficas**

Para o desenvolvimento da revisão bibliográfica, na busca de trabalhos clássicos referentes ao tema e das principais metodologias sobre mapeamento cartográfico geotécnico

no Brasil, a principal fonte de pesquisa foram as bibliotecas do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Rio Claro; do Departamento de Geotecnia da Escola de Engenharia de São Carlos/USP – EESC/USP, da Divisão de Geologia do IPT, e da Faculdade de Engenharia Ambiental “Franco Montoro” de Mogi-Guaçu (SP).

Assim, os métodos empregados nessa pesquisa foram fundamentados nas metodologias utilizadas tanto pelo EESC/USP como pelo IPT, além do Detalhamento Progressivo proposto por Cerri *et al.* (1996) e aplicado por Zaine (2000).

### **2.3.2 Material cartográfico utilizado**

Para a elaboração do mapa geológico-geotécnico, foi preciso utilização de mapas topográficos em varias escalas, além de mapas temáticos, como o geológico e o geomorfológico, tanto para atualização das estradas como para a posterior cruzamento das informações entre eles, Assim utilizou-se as seguintes folhas:

Folhas topográficas 1:50.000 IBGE (1972)

- Folha topográfica Mogi-Guaçu SF – 23 – Y – A – III – 3
- Folha topográfica Aguaí SF – 23 – Y – A – III – 1

Folhas topográficas 1:10.000 (IGC, 1979)

1. (060/101) – Rio Oriçanga SF – 23 – Y – A – III – 1 – SO – F
  2. (061/101) – Ribeirão Anhumas SF – 23 – Y – A – III – 3 – NO – B
  3. (061/100) – Estiva SF – 23 – Y – A – III – 3 – NO – A
  4. (060/100) – Bairro Itaqui SF – 23 – Y – A – III – 1 – SO – E
- Mapa Geológico do Estado de São Paulo 1:500.000 (IPT 1981)
  - Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo 1:500.000 (IPT 1981)
  - Mapa geológico Folha Campinas 1:250.000, Projeto Sapucaí (1979)

### **2.4 Etapas de trabalho**

Das etapas de trabalho seguiram um cronograma pré-definido levando em consideração a melhor maneira para se desenvolver a pesquisa.

#### **2.4.1 Revisão bibliográfica**



Esta etapa consistiu na busca de fundamentação teórica para a realização da pesquisa, a partir de consulta a vários trabalhos relacionados a mapeamento geológico-geotécnico e foi realizada uma comparação entre eles.

Foram também consultados trabalhos relacionados a meios impactados e camadas formadas por ação antrópica.

#### **2.4.2 Fotointerpretação**

Para a fotointerpretação seguiu-se a sistemática proposta por Soares & Fiori (1976). Esta etapa foi dividida em fotointerpretação preliminar e a fotointerpretação definitiva.

Na foto interpretação preliminar, as fotos foram separadas em zonas homólogas, com base para a definição na análise de relevo e drenagem, adotando-se os seguintes critérios: diferentes densidades de drenagem e relevo, formas de topo e encosta, assimetria de relevo, amplitude e tonalidade. Dessa maneira, a fotointerpretação preliminar permitiu orientar os trabalhos de campo.

Com as informações de campo foi possível realizar a fotointerpretação definitiva de onde delimitou-se as unidades de relevo com base nas rupturas de declive e controle de campo, para a elaboração do mapa geológico-geotécnico.

Nessa etapa foi utilizado um jogo de aerofotos na escala 1:25.000 (IBC-GERCA, datadas de 1972), obtidas junto à Prefeitura Municipal de Mogi-Guaçu-SP e na Divisão de Geologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT S.A. e um jogo de aerofotos coloridas, ampliadas para a escala 1:10.000 (AERO-DATABASE S/A e datadas de 2000), fornecidas pela Secretaria de Planejamento da Prefeitura Municipal de Estiva Gerbi.

#### **2.4.3 Trabalho de campo**

O trabalho de campo contou com o apoio da Prefeitura Municipal de Estiva Gerbi e foi realizado seguindo os critérios do método do detalhamento progressivo numa densidade de pontos de 1,23 pontos por km<sup>2</sup>, observando-se e anotando características relacionadas ao solo, tais como: cor, espessura, geometria, granulometria, substrato rochoso e, quando possível, as estruturas existentes, observação da existência ou não de cisternas para tomada de nível d'água, constituição do acervo fotográfico da pesquisa, tomadas dos pontos com GPS para confecção do mapa de pontos. Os pontos foram descritos em cortes de estrada, cavas abandonadas de mineração, ravinas, drenagens etc.

#### **2.4.4 Elaboração do mapa geológico-geotécnico**

Para o mapeamento geológico-geotécnico do Município de Estiva Gerbi foi definida a escala 1:25.000, com a definição da área total do Município a ser estudada. Para esta área foi realizada a caracterização do meio físico geológico, geomorfológico e pedológico. A partir desta caracterização foi realizada uma integração com os impactos ambientais registrados para um melhor entendimento da dinâmica do meio físico.

A base topográfica utilizada nessa pesquisa foi digitalizada a partir das folhas topográficas de Aguai e Mogi-Guaçu 1:50.000, ampliadas para a escala 1:25.000 e os mapas 1:10.000 reduzidos para essa mesma escala, no intuito de se obter:

- uma base na escala 1:25.000 contendo drenagens, estradas, curvas de nível e demais componentes de fundamental importância, atualizados com as aerofotos na escala 1:10.000 e confirmações de campo com o auxílio de GPS Garmin® ETREX de 12 canais.

Para a determinação das unidades geológicas que ocorrem na área, na fase de pesquisa bibliográfica utilizaram-se os mapas geológicos: 1) do Estado de São Paulo na escala 1:500.000 (IPT, 1981b); 2) CPRM (1979), complementarmente, nos trabalhos de campo, estas informações geológicas foram detalhadas.

O contexto geomorfológico foi baseado no mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, na escala 1:500.000 (IPT, 1981a), a caracterização local e detalhamento foi baseada na fotointerpretação e em observações de campo.

O perfil de solo foi todo extraído das observações de campo, na qual, foi observado: a espessura de solo, coloração, composição e possível classificação em solo residual ou coluvionar.

Outro dado utilizado na caracterização das unidades e observado em campo foi o nível d'água subterrâneo, cuja informação foi obtida com o auxílio de moradores da região, que possuem cisternas em suas propriedades.

Para o mapeamento das áreas de cava e bota-fora de mineração foi utilizada uma aerofoto ampliada para a escala 1:10.000 (AEROFOTOBASE S.A de 2000).

Na confecção do mapa geológico-geotécnico foram integradas as características geológicas, geomorfológicas e o perfil de solo. Desta forma, para a identificação e separação das unidades geológico-geotécnicas do Município de Estiva Gerbi, foram seguidos os procedimentos aplicados por Zaine (2000) em Rio Claro (SP), na sua etapa inicial, que utilizou o método do detalhamento progressivo proposto por Cerri *et al.* (1996).

Os contatos entre as unidades cartografadas foram fechados a partir da fotointerpretação detalhada da área em questão acompanhada de anotações de campo.

Após a identificação das unidades, no campo foram observados cartografados os processos geológicos instalados e eventuais problemas de natureza geológico-geotécnica, relacionados a cada unidade.

O mapeamento geológico-geotécnico realizado na escala 1:25.000 apresenta-se compatível com o material disponível, ou seja, mapas, aerofotos e controle de campo, onde foram obtidos 115 pontos (média de 1,23 ponto por km<sup>2</sup>).

#### **2.4.5 Identificação e descrição de áreas modificadas pela atividade de mineração**

As áreas modificadas foram definidas como uma unidade de análise a ser individualizada e cartografada a partir do cruzamento das unidades geológico-geotécnicas mapeadas na etapa anterior, com as áreas caracterizadas pelo registro de atividades de mineração. Estas áreas foram descritas e caracterizadas com base em dados extraídos de aerofoto na escala 1:10.000 e nos levantamentos de campo, onde foram identificadas e descritas feições como cavas, bota-foras, lagos e sua área de influência.

A partir desta identificação foi elaborada uma tabela com as principais características de cada uma das áreas mapeadas, como: localização, morfologia, profundidade do nível de água subterrâneo, quantidade de cavas e bota-fora, tamanho e representatividade, em percentuais, em relação à área total do município.

#### **2.4.6 Integração, análise e interpretação dos dados**

Com os dados obtidos foi gerado o mapa geológico-geotécnico, destaque para as áreas modificadas pela atividade de mineração. Com base nesse cartograma foi realizada a análise e interpretação da interferência e reflexos das áreas de mineração no município de Estiva Gerbi.

### **III - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A base teórica desta pesquisa se fundamentou em vários temas extraídos da literatura. São definições e métodos de mapeamento geológico-geotécnico, dando ênfase para o método do Detalhamento Progressivo, principais alterações ambientais do meio físico com ênfase aquelas relacionadas a atividades de mineração e as definições para depósitos tecnogênicos e suas classificações, tanto como tempo geológico, como camada modificada por ação antrópica. Com esses temas, pode-se ter um embasamento teórico para a definição das áreas modificadas por atividades de mineração, como uma unidade geológico-geotécnica.

#### **3.1 – Principais metodologias utilizadas na confecção de cartas e/ou mapas geotécnicos**

Neste item são abordadas algumas características relacionadas às diferentes metodologias cartográficas utilizadas no Brasil e no mundo.

##### **3.1.1 – Principais metodologias internacionais**

Muitas dissertações e teses defendidas por alunos na EESC/USP e na Unesp – Rio Claro citam autores internacionais que descreveram um grande número de metodologias de cartografia geotécnica. Nos trabalhos são relatadas publicações muito antigas relacionadas ao tema, algumas datando do início do século como a de Moldenhawer (1919 *apud* ZUQUETTE, 1993), e que são citadas de forma parcial, direcionadas a certos objetivos. Alguns trabalhos, como os de Aguiar (1997) e Guerra (1998), apresentam as principais metodologias internacionais. A tabela 2 mostra, de forma resumida, as características dos principais trabalhos de cartografia geotécnica.

**Tabela 2:** Algumas metodologias internacionais de cartografia geotécnica (ZAINE, 1997):

METODOLOGIA	HISTÓRICO	ESCALA	DOCUMENTOS GRÁFICOS	OBS
<b>IAEG</b> Assoc. Intern. de Geologia de Engenharia (ANON,1972 e 1976 apud AGUIAR,1997)	Baseada em trabalhos desenvolvidos em diferentes países, tem finalidades gerais e específicas. Aspectos de meio físicos enfocados: rocha, solo, água e relevo.	Pré-definida de acordo com a finalidade. Grande (1:10.000) Intermediária (1:10.000 a 1:100.000) Pequena (1:100.000)	Básicos Sintéticos Zoneamento (classes taxonômicas)	
<b>Francesa</b> ou <b>SANEJOUAND</b> (de avaliação o uso racional do meio físico)	Baseada em trabalhos realizados por universidades e institutos; tem finalidades gerais e específicas. Aspectos do meio físico enfocados: rochas, hidrologia, geomorfologia e matérias de cobertura	Condicionada pela finalidade. Regional (<1:100.000) Local(>1:100.000): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metrôpoles = 1:50.000 a 1:100.000;</li> <li>• Cidades = 1:25.000 a 1:50.000;</li> <li>• Áreas específicas = 1:5.000 a 1:2.000;</li> <li>• Detalhe &gt; 1:1.000.</li> </ul>	Produz documentos semelhantes aos da IAEG: <i>Carta de documentação</i> <i>Cartas de fatores</i> (substrato geológico, formações superficiais, hidrogeológica, geomorfológico) <i>Carta de aptidão</i> (fundações, materiais, zoneamento geotécnico)	
<b>PUCE</b> <b>Pattern Unit Component Evaluation</b> (Australia) (GRANT, 1975 a,b)	Estudos das relações entre aspectos geomórficos, solos, águas, rochas e vegetação. Tem finalidades gerais e específicas. Enfoca os aspectos geomórficos.		Classificação taxonômica (Província, Padrão, Unidade, Componente)	Representação das unidades por números
<b>ZERMOS</b> (zonas expostas ao movimento dos solos)	Baseada em trabalhos de mapeamento geotécnico e problemas. Finalidade – riscos. Enfoca os seguintes aspectos: litologia, estrutura, drenagem, encosta e histórico dos movimentos.	1:50.000 1:25.000 1:5.000	Zoneamento Relatórios	São realizadas 3 fases: * <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bibliogr/dados</li> <li>2. Geomorfol./fotointerpretação.</li> <li>3. Estudo e controle em cartas 1:50.000</li> </ol>
<b>MATHEWSON &amp; FONT, 1974</b> (USA) ordenação da informação geológica para uso do solo	Proposta como uma sistematização de estudo de geologia ambiental utilizado em trabalhos de planejamento; estudos e seleção de área para a definição do uso do solo. Enfoca aspectos geológicos.		1ª. Ordem: Observacionais. 2ª. Ordem: de Geologia de Engenharia 3ª. Ordem: interpretativos 4ª. Ordem: de uso do solo (recomendado pela Geologia).	Apresentam mapas onde a informação geológica é aplicada à adequabilidade de uso (limitações do meio físico)

### **3.1.2 – Principais metodologias brasileiras**

O grande desenvolvimento das metodologias de cartografia e mapeamento geotécnico no Brasil se deu a partir de 1988, porém o avanço inicial dos trabalhos de cartografia geotécnica deu-se com Haberlehner (1966).

No Brasil existem várias escolas de cartografia geotécnica, dentre as quais, as mais difundidas estão as de EESC/USP e IPT, porém há outras instituições como: Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro – IG/UFRJ, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Instituto Geológico – IG e Universidade Estadual Paulista – Unesp/ Rio Claro.

Segundo Barroso *et al.* (1986) e Barroso *et al.* (1993), os trabalhos realizados pelo IG/UFRJ são predominantemente relacionados a movimentos de massa e processos de uso urbano do solo, apresentando informações geológicas de coberturas e alteração antrópica.

Dias (1995) destaca que os trabalhos realizados pela UFRGS enfocam os tipos de solos, associando-os com o substrato geológico, correlacionados a características geotécnicas e pedológicas.

O Instituto Geológico de São Paulo também possui pesquisadores na área de cartografia geotécnica. Os estudos de Vedovello *et al.* (1995) baseiam-se no conceito de tipos de terrenos e geração de diversos produtos cartográficos, com avaliação de aquíferos, indicação para os diferentes tipos de ocupação e áreas de maior fragilidade.

A metodologia utilizada pela EESC/USP, (ZUQUETTE, 1987 e 1993) é dividida em três fases, segundo Vargas (1985): **dedutiva, indutiva e experimental**. Tal proposta visa um mapeamento preventivo em regiões onde as informações básicas são escassas, com a definição e delimitação das unidades geológico-geotécnicas associando-as ao substrato rochoso, às unidades geomorfológicas, aos materiais inconsolidados e ao sistema de águas subterrâneas e superficiais, entre outras medidas, com o estabelecimento das possibilidades de uso para cada faixa de escala (ZUQUETTE & GANDOLFI, 1992).

Prandini *et al.* (1995) sintetizaram a base metodológica da cartografia geotécnica do IPT, que possui como característica fundamental, uma grande preocupação com a aplicabilidade prática dos documentos produzidos e com a natureza dos dados obtidos sobre o meio físico, buscando permitir a resolução do problema e seu gerenciamento futuro. Os objetivos dessa metodologia são: prever o desempenho da interação entre a ocupação e o meio físico, assim como, os conflitos e as diversas formas de uso e ocupação do solo e o

estabelecimento de medidas preventivas e corretivas que venham a minimizar os riscos e custos desnecessários nos empreendimentos de uso e ocupação do solo.

### **3.1.2.1 – Metodologia utilizada na Unesp – Rio Claro**

O método do detalhamento progressivo (Tabela 3), como é chamado o método utilizado na Unesp-Rio Claro, foi proposto por Cerri *et al.* (1996) e aplicado por Zaine (2000), tal método consiste em três etapas distintas, partindo-se do mais geral passando pelo semidetalhe e o detalhe, onde cada etapa determina os temas técnicos e o nível de aprofundamento das etapas subseqüentes, desenvolvendo-se um mapeamento geológico-geotécnico em fases sucessivas.

A primeira etapa ou etapa geral consiste em um mapeamento geológico-geotécnico regional, podendo ser nas escalas 1:50.000 ou 1:25.000, partindo-se da integração de dados de levantamento realizado em várias escalas, podendo ou não conter modificações.

Para a segunda etapa, também chamada de etapa intermediária, Cerri *et al* (1996) sugerem a elaboração de cartas e/ou mapas geotécnicos na escala 1:25000, quando a primeira etapa for realizada na escala 1:50.000, ou 1:10.000, quando os trabalhos correspondem a um detalhamento da caracterização do meio físico geológico realizado na primeira etapa, com a identificação dos eventuais problemas de natureza geológico-geotécnica instalados na área de estudo.

A terceira etapa, podendo também ser chamada de etapa de detalhe, sugere a execução de estudos geológico-geotécnicos temáticos específicos, levando em consideração a caracterização do meio físico geológico e identificação de eventuais problemas geológico-geotécnicos instalados. Nesta etapa são selecionados temas temáticos e definidas as correspondentes áreas físicas para os estudos de detalhe. Nesta etapa, a escala de trabalho deve ser 1:5.000 ou maior, objetivando subsidiar a elaboração de projetos de obras de engenharia, sendo também necessária a quantificação de parâmetros geológico-geotécnicos pertinentes ao estudo temático específico.

**Tabela 3:** Síntese das etapas do método do detalhamento progressivo (ZAINE, 2000):

	<b>1º ETAPA GERAL</b>	<b>2º ETAPA INTERMEDIÁRIA OU DE SEMIDETALHE</b>	<b>3º ETAPA DETALHE</b>
<b>PRODUTOS</b>	Cartas e/ou mapas geológico-geotécnicos na escala <b>1:50.000</b> ou <b>1:25.000</b>	Cartas e/ou mapas geológico-Geotécnicos na escala <b>1:25.000</b> (1ª etapa = 1:50.000) ou 1:10.000 (1ª etapa = 1:25.000) Detalhamento da caracterização do meio físico realizado na etapa anterior, com identificação dos problemas geológico-geotécnicos instalados.	Estudos geológico-geotécnicos temáticos especificados na escala <b>1:5.000</b> ou <b>maior</b> (se necessário). Com base nos resultados das etapas anteriores são selecionados os temas técnicos e áreas para estudos de detalhe.
<b>OBJETIVOS</b>	Caracterização do meio físico com as identificações de suas limitações e potencialidades ante as necessidades impostas pelo uso urbano do solo.	Fornecer subsídios para adequado planejamento e gestão do uso urbano do solo.	Subsidiar a elaboração de projetos de obras de engenharia para sanar problemas já instalados e/ou a implantação de novos empreendimentos.
<b>ÁREA DE ESTUDO</b>	Já urbanizada, com perspectiva de urbanização a médio prazo (10 a 20 anos) e áreas adjacentes (nas quais é fundamental a caracterização do meio físico). A definição da área de estudo é função: a) do porte do núcleo urbano e b) das características do meio físico.	Já urbanizada com perspectiva de urbanização a médio prazo, em áreas de adensamento e/ou expansão urbana, selecionadas a partir do mapa geológico geotécnico da 1º etapa. A definição da área é função: a) das prioridades dos estudos; b) das características do meio físico. Regiões metropolitanas e núcleos urbanos de grande porte: priorizar setores dessas áreas, mesmo que descontínuos.	Restrita (podem ser realizados vários estudos, nas respectivas áreas de interesse). Definição da área é função dos estudos temáticos.
<b>QUANTIFICAÇÃO</b>	<b>Somente quando viável</b> ante o objetivo e condições de execução do trabalho. Deve ser restrita a aspectos mais gerais, como, por exemplo, a profundidade do nível de água ou a espessura das unidades de coberturas.	<b>Desejável</b> (declividades, profundidade do N.A. espessura de unidades de cobertura, profundidade do topo rochoso etc.).	<b>Indispensável</b> , exceto nos casos em que a captação técnica acumulada (teórica e/ou empírica) seja plenamente suficiente para permitir a adequada elaboração a projetos de obras de engenharia.



### **3.1.3 – Análise comparativa entre as metodologias do IPT, EESC/USP e Unesp-Rio Claro**

Após a exposição das várias metodologias de cartografia geotécnica mais utilizados, neste item é realizada uma análise comparativa entre elas, em relação a vários aspectos, conforme apresentado por Zaine (2000). (Tabela 4).

#### **a) Escala e área total de mapeamento**

Comparando os três métodos, observa-se que as escalas de trabalho da EESC/USP são menores, se comparados com a dos IPT e da Unesp. Os trabalhos realizados pela EESC/USP possuem uma tendência à utilização de escalas menores, ou seja, 1:100.000 e 1:50.000, como por exemplo, os trabalhos realizados em Piracicaba, Amparo e Aguai, em áreas de maior dimensão. Quando são trabalhos de maior detalhe, a escala chega a 1:20.000.

A metodologia adotada pelo IPT tende a utilizar escalas maiores, 1:5.000 e 1:10.000. A adoção dessas escalas independe do tamanho da área de estudo, sendo um fator que difere tanto da metodologia da EESC/USP quanto da Unesp. Embora existam áreas em diferentes escalas, não há uma relação entre o detalhamento progressivo e a do IPT.

No detalhamento progressivo adotado pela Unesp, utiliza-se sempre três escalas diferentes, dependendo da dimensão da área de trabalho, que variam de etapa para etapa, conforme sua necessidade. Na escala mais geral utiliza-se 1:50.000 ou 1:25.000; na etapa intermediária, escalas 1:25.000 (caso na primeira etapa tenha se adotado a escala 1:50.000), ou 1:10.000 (caso a escala adotada na etapa anterior foi 1:25.000). Na etapa final, a escala vai depender do grau de detalhes que se deseja, adota-se então uma escala 1:5000 ou maior.

#### **b) Números de zonas/Unidades geotécnicas**

Comparando-se as três metodologias, observa-se que a metodologia utilizada pela EESC/USP possui um maior número de zonas e unidades geotécnicas, com destaque para o trabalho realizado em Piracicaba-SP, onde estabeleceu um total de 107 unidades.

As unidades mapeadas pelo IPT não passam de 11 zonas, enquanto no método utilizado pela Unesp esse número é ainda menor, chegando a 6 unidades, podendo ser subdivididas em subclasses conforme aumenta-se o detalhe do mapeamento, como no trabalho de mapeamento realizado em Rio Claro (ZAINÉ, 2000).

### **c) Ensaios geotécnicos**

Ensaios geotécnicos são muito utilizados pela EESC/USP. No IPT não é efetuado quantificação de parâmetros de ensaios de laboratórios e no caso da Unesp, apenas utilizam-se ensaios laboratoriais nas etapas de detalhe, eventualmente em escala de semidetalhe.

### **d) Número de documentos cartográficos**

A diferença fica bem visível na comparação das três metodologias. No IPT, em geral é apresentada uma carta geotécnica no final dos trabalhos. No método da Unesp são apresentados três cartogramas de diferentes escalas. A EESC/USP possui um maior número de mapas confeccionados em relação às outras metodologias.

### **e) Processos geológicos**

Na metodologia do IPT, os processos geológicos instalados e/ou potenciais, são sempre considerados, assim como na metodologia da Unesp. Segundo o método da EESC/USP, tais processos não são necessariamente utilizados, ficando clara a preocupação metodológica dos três centros em relação a problemas causados pela intervenção antrópica no meio físico.

### **f) Finalidade**

As cartas geotécnicas, elaboradas pelo IPT visam a aplicação mais imediata, pois levam em consideração a identificação dos problemas decorrentes da interação do meio físico geológico e a ocupação, buscando ainda a correção desses problemas.

As cartas geradas pela metodologia da Unesp visam, além da caracterização do meio físico, identificar suas limitações, indicando assim áreas mais adequadas para o planejamento urbano e subsidiar obras de engenharia.

Na metodologia da EESC/USP as cartas destinam-se ao uso e planejamento do solo.

**Tabela 4:** Comparação entre as principais metodologias utilizadas no Brasil.

<b>ASPECTOS ABORDADOS</b>	<b>EESC/USP</b>	<b>IPT</b>	<b>DETALHAMENTO PROGRESSIVO UNESP/RC</b>
<b>Escala e área total mapeada</b>	Mapas geotécnicos (ou cartas) convencionais com predomínio de escalas de 1:100.000 e 1:50.000, para áreas de maior dimensão (Piracicaba, Amparo e Aguai), com trabalho de maior detalhe realizado na escala 1:20.000 (Araraquara).	Mapas geotécnicos como de Santos, São Vicente, São Paulo e Petrópolis que, independentemente da dimensão da área de estudo adotam escalas de 1:5.000 e 1:10.000. Embora existam áreas com mapas em diferentes escalas, não há uma relação entre eles nos moldes do detalhamento progressivo.	Mapas geológico-geotécnicos para caracterização do meio físicos na escala 1:50.000 ou 1:25.000 (Rio Claro); mapas geológico-geotécnico na escala 1:25.000 ou 1:10.000 para maior detalhamento e detecção de problemas de planejamento e mapas geológico-geotécnicos na escala 1:5.000 ou maiores para possíveis projetos de planejamento e solução de problemas.
<b>Números de zonas/ unidades geotécnicas definidas</b>	Apresentam um número elevado de zonas/unidades geotécnicas, destacando-se o trabalho realizado no município de Piracicaba (SP), no qual foram estabelecidas 107 zonas.	Os mapas apresentam um número relativamente baixo de unidades geotécnicas, não superiores a 11.	Os mapas apresentam um número relativamente baixo de zonas/unidades geotécnicas em comparação às outras metodologias, chegando a um número de 6 em Rio Claro (SP).
<b>Parâmetros geotécnicos</b>	A quantificação de parâmetros geotécnicos por meio de ensaios laboratoriais é muito utilizada.	Não apresentam quantificação de parâmetros por meio de ensaios laboratoriais.	Apresentam parâmetros laboratoriais, a partir das etapas de semidetalhe e detalhe, sendo imprescindíveis na etapa de detalhe
<b>Números de documentos cartográficos</b>	Apresentam uma série de mapas/cartas geotécnicos (mapas das condições geotécnicas, mapa de zoneamento geotécnico e mapa de zoneamento geotécnico específico), podendo ser considerada uma grande quantidade.	Em geral, apenas uma carta geotécnica é apresentada ao final dos trabalhos.	São apresentados mapas/cartas geotécnicos em diferentes escalas; dependendo da finalidade do estudo, pode-se chegar a um número médio de cartogramas geotécnicos
<b>Processos geológicos</b>	Não necessariamente consideram a análise dos processos geológicos instalados e/ou potenciais para a elaboração dos cartogramas.	Na elaboração das cartas, os processos geológicos instalados e/ou potenciais, são sempre considerados desde o início dos trabalhos.	Os processos geológicos instalados são sempre considerados desde a primeira etapa, pois visam o planejamento e ocupação e uso do solo.
<b>Finalidade</b>	Destinam-se ao planejamento do uso do solo.	Apresentam cartas geotécnicas dirigidas, que visam uma aplicação mais imediata, pois parte da identificação dos problemas decorrentes da interação entre o meio físico geológico e a ocupação buscando ainda a correção desses problemas. Também se destinam ao planejamento do uso e ocupação do solo.	As cartas geotécnicas geradas visam a caracterização do meio físico levando em conta suas limitações e potencialidades, fornecendo subsídios para o adequado planejamento e uso urbano do solo e na elaboração de projetos e obras de engenharia para sanar problemas instalados e/ou novos.
<b>Método</b>	Possui como base as metodologias internacionais clássicas, como IAEG e SANEJOUAND	Dirige o trabalho de forma específica	Execução em três etapas, desenvolve-se através de fases sucessivas, onde cada etapa determina a seguinte.

### **3.2 Alterações e impactos ambientais**

Alterações ambientais são as mudanças e o dinamismo provocados ao meio ambiente, provenientes dos processos do meio físico e/ ou tecnológico. Para Fornassari Filho (1992), os processos são descritos pela análise de matéria e energia resultando em interações entre seus vários componentes.

Os componentes abióticos são maioria nas interações que resultam dos processos físicos. Segundo Bittar (1995) e Fornassari Filho (1992), em termos qualitativos e/ou quantitativos, a caracterização desses processos constitui uma base para os planos de estudos ambientais. Os processos tecnológicos estão ligados à interferência antrópica no meio ambiente, sendo acionados por atividades modificadoras do meio e representadas por ocupações urbanas, mineração, cultivo agrícola, entre outras.

As mudanças no meio ambiente decorrentes dos processos são designadas alterações ambientais; aquelas consideradas significativas são denominadas de impacto ambiental. Duinker & Beanlands (1986) incluem os seguintes aspectos na determinação da significância das alterações:

- A importância dos atributos ambientais passíveis de serem alterados;
- A distribuição das alterações no tempo e no espaço;
- Magnitude das alterações;
- O grau de confiança nas medições e previsões das alterações.

Autores como Leopold et al. (1971), Tommasi (1994) incluem na conceituação de impacto ambiental um fator de julgamento, classificando-os em impactos positivos e negativos. O impacto positivo ou benéfico resulta de uma melhoria da qualidade de uma característica ambiental, enquanto o impacto negativo, ou adverso, resulta de um dano à qualidade de uma variável ambiental.

Segundo Deliberação CECA nº 1078 de 25/junho/1987 (RJ), são várias as classificações de impactos, como mostradas na tabela 5.

**Tabela 5** - Diferentes tipos de impactos ambientais de acordo com Deliberação CECA nº 1078 de 25/junho/1987 (RJ).

<b>TIPOS DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>O QUE SÃO</b>	<b>EXEMPLOS</b>
<b>Impacto positivo ou benéfico</b>	Quando a ação resulta na melhoria de um fator ou parâmetro ambiental	Deslocamento de uma população residente em palafitas para uma nova área adequadamente localizada e urbanizada
<b>Impacto negativo ou adverso</b>	Quando a ação resulta em um dano à qualidade de um fator ou parâmetro ambiental	Lançamento de esgoto não tratado num lago
<b>Impacto direto</b>	Resultante de uma simples relação de causa/efeito	Perda de diversidade biológica pela derrubada de uma floresta
<b>Impacto indireto</b>	Resultante de uma reação secundária em relação à ação, ou quando faz parte de uma cadeia de reação	Formação de chuvas ácidas
<b>Impacto local</b>	Quando a ação afeta o próprio sítio e suas imediações	Mineração
<b>Impacto regional</b>	Quando o impacto se faz sentir além das imediações do sítio onde se dão as ações	Abertura de uma rodovia
<b>Impacto estratégico</b>	Quando o componente ambiental afetado tem relevante interesse coletivo ou nacional	Implantação de projetos de irrigação em áreas flageladas pela seca
<b>Impacto imediato</b>	Quando o efeito surge no instante em que se dá a ação	Mortandade de peixe devido ao lançamento de produtos tóxicos
<b>Impacto a médio ou longo prazo</b>	Quando o impacto se manifesta certo tempo após a ação	Bioacumulação de contaminantes na cadeia alimentar
<b>Impacto temporário</b>	Quando seus efeitos possuem duração determinada	Efeito de um derrame de petróleo sobre um costão rochoso exposto e bem batido pelas ondas
<b>Impacto permanente</b>	Quando, uma vez executada a ação, os efeitos não cessam de se manifestar num horizonte temporal conhecido	A derrubada de um manguezal
<b>Impacto cíclico</b>	Quando o efeito se manifesta em intervalos de tempo determinado	Anoxia devido à estratificação da água no verão e a reaeração devido à mistura vertical no inverno, num corpo hídrico costeiro que recebe esgotos municipais
<b>Impacto reversível</b>	Quando o fator ou parâmetro ambiental afetado, cessada a ação, retorna às suas condições originais	Poluição do ar pela queima de pneus

### **3.2.1 Impactos decorrentes de atividades do meio**

Dentre as atividades que podem provocar alterações nas paisagens, as mais importantes são aquelas provenientes da mineração, da agropecuária, da urbanização e de indústrias, estas atividades, bem como, algumas de suas principais alterações serão descritas nesse sub-item.

#### **3.2.1.1 Atividades de mineração**

As fontes de impactos em atividades minerárias conforme o tipo de lavra e o tipo de minério é classificada por Mascarenhas (1989) como:

1) Conforme o tipo de lavra:

- Céu Aberto – é o tipo de lavra que provoca o maior impacto: produz grande quantidade de estéril, além de poeira, ruído, vibrações e poluição das águas.
- Subterrânea – o impacto é menor, o estéril pode ser jogado nas próprias galerias abandonadas, os efluentes líquidos são pontuais, o mesmo ocorre com a poeira, o ruído e vibrações.
- Dragagem – é potencialmente poluidora, o revolvimento dos leitos dos rios e área vizinhas provocam turbidez e sólidos em suspensão. Havendo também poluição química devido a utilização de produtos químicos no beneficiamento, tendo como exemplo a utilização de mercúrio e cianeto na mineração de ouro.

2) Conforme o tipo de minério:

- Minérios utilizados na construção civil – são geralmente pedreiras, cavas de argilas e areias. Quanto as pedreiras, provocam problemas, principalmente na ocasião das detonações e britagem, quanto as areias e argilas o maior problema encontra-se no final das atividades, provocando mudanças no nível d'água, no solo e também deixando para trás grandes cavas, às vezes preenchidas com água, além desses problemas, por estarem próximo a centros urbanos, acarretam poluição devido ao pó, vibração e ruído.

- Metálicos – Para obtenção do concentrado, mais de 90% do *run-of mine* é liberado como rejeito, em forma de lama fina, contaminadas com reagentes químicos e orgânicos. Muitas vezes liberam também SO<sub>2</sub> atmosférico, com produção de chuvas ácidas.
- Ferrosos – geralmente libera grande quantidade de estéril, devido ao decapeamento. O minério é submetido a grande quantidade de beneficiamento gerando poluição. O rejeito é lançado na fase líquida em barragens de rejeito.
- Carvão – abrange grandes áreas, quando a céu aberto, causando poluição no ar e água e quando subterrânea, pode liberar efluentes ácidos e gerar combustão e também esta sujeito à subsidência.

IG (1993), apresenta, na tabela 6, as principais formas e tipos de ocorrentes a região de Campinas e seus impactos decorrentes

**Tabela 6:** Formas de mineração e impactos decorrentes no município de Campinas – SP (IG in Collares 2000)

BEM MINERAL	FORMA DE LAVRA	PRINCIPAIS IMPACTOS GERADOS
Argila para cerâmica	Cava seca	Retirada do solo superficial; desmatamento; processos erosivos; assoreamentos das drenagens; formação de cavas abandonadas
	Cava submersa (planícies de inundação)	Comprometimento da vegetação na planície de inundação ou mata ciliar; formação de lagoas; alteração do perfil hídrico; assoreamento
Areia para construção civil	Dragagem no leito do rio	Aumento da turbidez das águas; erosão nas margens; comprometimento da mata ciliar devido à disposição dos estoques de areia.
	Dragagem nas planícies de inundação	Comprometimento da vegetação na planície de inundação ou mata ciliar; formação de lagoas; alteração do perfil hídrico; assoreamento
	Exploração com pá em aluviões de pequenas drenagens	Referem-se a atividades procedentes (normalmente loteamentos) que ocasionam processos erosivos e assoreamento de drenagens
Brita	Desmonte em bancadas com explosivo	Alteração da paisagem devido a desfiguração topográfica e desmatamento; emissão de pó; vibrações e ruídos devidos às detonações; praças de lavras abandonadas
Pedra ornamental	Desmonte com marretas ou similares	Comprometimento do patrimônio paisagístico; desmatamento; processos erosivos; disposição irregular de rejeitos nas encostas
Água mineral	Captação superficial	Sem impactos associados
Saibro ou cascalho	Trator ou retroescavadeira em encostas ou cortes de estradas	Alteração da paisagem; desmatamento; instabilização de encostas e taludes; processos erosivos e assoreamento das drenagens no entorno; áreas de extração abandonadas

### **3.2.1.2 Atividades agropecuárias**

A agricultura está causando sérias degradações e erosão nas terras de cultivo, devido a uso de métodos insustentáveis. Para Doyle (1991), no início dos anos 80, estimou-se que 6 toneladas de solo foram perdidos para cada tonelada e grão produzido, no mundo são gastos cerca de US\$ 24 bilhões, anualmente, na tentativa de controlar a erosão nas plantações.

O uso crescente de pesticidas, fertilizantes químicos e herbicidas está poluindo os aquíferos e ameaçando pessoas e animais. Segundo Seager et. al (1992) só na Inglaterra e País de Gales, foram constatados cerca de 2.889 contaminações por pesticidas só em 1989.

Além desses, há outros efeitos secundários relacionados a atividades agro-industriais, como podem ser citados:

- A irrigação das terras de cultivos correspondem a 73% do consumo total de água em todo o mundo, segundo Corso (1993), apenas 43% é utilizado o restante são perdidos no estoque ou no transporte. Este desperdício começa a esgotar os estoques de água subterrânea e de superfície, e o uso excessivo, segundo Collares (2000), elimina os nutrientes do solo e pode fazer com que a terra fique alagada ou demasiadamente salinizada ou alcalinizada.
- Para Seager et al. (1992), o lançamento de estrume animal é o principal causador de incidentes na Inglaterra e País de Gales.
- Para Corson (1993) a abertura de clareiras, para a criação de gado e para cultivo, é uma causa importante das perdas de florestas, cerca de 16 milhões de hectares de floresta são desmatados a cada ano.

### **3.2.1.3 Urbanização**

Collares (2000) afirma que o grande êxodo rural e conseqüente crescimento desordenado e acelerado das cidades tem provocado, além de uma situação de insalubridade nas áreas marginais, tais como, falta de saneamento, água tratada, coleta de lixo, dentre outros fatores essenciais para uma vida saudável, uma alta vulnerabilidade do terreno frente a erosões, assoreamentos e acidentes naturais, como escorregamentos.



Fao (1995) discorre sobre a influência de intervenções antrópicas sobre o meio físico e suas potenciais alterações decorrentes. A tabela 7 apresenta as alterações físicas e químicas a que são submetidos os constituintes do terreno, em função das diferentes intervenções antrópicas.

**Tabela 7:** Alterações físicas e químicas decorrentes de intervenções antrópicas sobre o meio físico (FAO in COLLARES, 2000).

Atividade	Alterações físicas				Alterações químicas		
	Relevo	Cobertura vegetal	Solo	Densidade de drenagem	Ar	Solo	Água
Urbanização	X	X	X	X		X	X
Indústria	X				X	X	X
Agricultura	X	X	X	X		X	X
Manejo florestal		X				X	
Turismo	X	X	X				

O fator decisivo da origem e aceleração dos processos erosivos, conforme Salomão & Iwasa (1995), se dá com a ocupação humana iniciada pelo desmatamento, seguido pelo cultivo da terra, construção de estradas, criação e expansão das vilas e cidades, sobretudo quando efetuada de modo inadequado.

Ao estudar as erosões na bacia do médio Tietê, Kertzman *et al.* (1991) indicaram as atividades sócio-econômicas como principais potencializadoras das erosões aceleradas. Os desmatamentos exagerados e as atuações antrópicas no sentido de concentrar o fluxo de água, tais como obras de drenagem, arruamentos e construções de cercas atuam, diretamente, na proliferação de ravinas e boçorocas. Segundo Collares (2000), um dos problemas mais sérios na deflagração de processos erosivos é a expansão de loteamentos em áreas impróprias ao uso do solo.

Além das grandes perdas de terrenos, o assoreamento é uma das maiores conseqüências da erosão. O principal impacto gerado pelos assoreamentos é o desequilíbrio das condições hidráulicas, gerando: enchentes; perdas da capacidade de armazenamento d'água; incremento de poluentes; e prejuízos para o abastecimento e produção de energia.

O processo mais importante (COLLARES, 2000), associado à dinâmica superficial, é o de escorregamento, tanto pela elevadas freqüências com que ocorre, como pela grande extensão de áreas com risco potencial.

### **3.2.1.4 Disposição de resíduos urbanos**

Os ambientalistas vêm encarando com muita seriedade a questão da disposição de resíduos sólidos, justamente pelo seu alto potencial de cargas tóxicas que são lançadas no meio ambiente. Segundo dados da Organização Panamericana de Saúde (PHILIPPI JR., 1999), nos Estados Unidos estima-se que cada cidadão descarta, em média, 1,5 kg de lixo sólido por dia, e no Canadá, 1,9 kg. Na América Latina e Caribe, a quantidade de resíduos domiciliares gerados varia entre 0,3 a 0,6 kg/hab/dia, enquanto a quantidade bruta gerada é em média de 0,7 kg/hab/dia.

A destinação do lixo gerado pode ser a reciclagem, a incineração ou os depósitos de resíduos. Quando se opta pelos depósitos, a disposição deve ser feita de maneira controlada, de forma a evitar a contaminação das águas subterrâneas e de superfície. Zuquette (1991) indica os seguintes fatores como principais causas da disposição inadequada de resíduos:

- Falta de conhecimento regional das características do meio físico e do meio ambiente como um todo.
- Não caracterização e separação dos tipos de resíduos.
- Baixo índice de estudo em aterros existentes ou experimentais.
- Falta de fiscalização pelos órgãos públicos e punição aos responsáveis pela disposição inadequada dos resíduos.

Para Bisordi (1999), a disposição direta no solo é a forma de destinação final de resíduos sólidos mais difundida e utilizada em todo o mundo, em especial em países menos desenvolvidos. No Estado de São Paulo, 56,4 % dos municípios dispõem lixos inadequadamente, 25,4% o fazem de forma controlada e apenas 18,2% de forma adequada.

Tanto a aceleração de processos do meio físico quanto os problemas de contaminação podem ser gerados pela disposição inadequada de resíduos sólidos (tabela 8). Os principais fatores que conduzem a estes problemas, segundo Cunha & Consoni (1995), são os seguintes:

- Imperfeito conhecimento das características do meio físico (rocha, solo, água, etc.) e dos resíduos ali dispostos, resultando em projeto inadequado.
- Negligência no monitoramento das condições ambientais e operacionais do aterro.
- Sobrecarga da capacidade inicial do projeto, no intento de prolongar sua utilização.

**Tabela 8:** Problemas gerados devido à disposição inadequada de resíduos (CUNHA & CONSONI in COLLARES, 2000).

<b>TIPO</b>	<b>ORIGEM</b>	<b>CAUSAS</b>
<b>Contaminação das águas subterrâneas</b>	Falha na impermeabilização de base (aterro/lagoa de tratamento de chorume)	Impermeabilização (solo/manta) incompatível com os percolados. Má compactação.
	Recalques (aterro/lagoa de tratamento de chorume)	Solo natural com propriedade inadequada. Recalques devido às alterações (carga, aumento da umidade, agressão ao solo, etc.).
	Elevação do nível d'água acima da base do aterro	Dados insuficientes (nível piezométrico, pluviometria, vazões, etc.). Mau dimensionamento do sistema de drenagem.
<b>Potencialização de processos do meio físico</b>	Escorregamentos e erosão	Cortes em altos anglos nas encostas. Cortes contra a foliação ou fratura. Alterações na vegetação marginal. Deficiências de compactação dos aterros e resíduos dispostos.
	Assoreamentos	Erosão dos cortes (solo de fácil alteração/instabilização). Carreamentos devido à deficiência na drenagem superficial. Desvegetação/alterações nas áreas marginais.

Além dos problemas de localização e construtivos, os depósitos estão sempre sujeitos aos vários processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem entre os resíduos e o meio ambiente. Dentre estes, Campbell (1993) coloca os processos anaeróbicos acionados pela matéria orgânica contida nos resíduos, como um dos mais importantes. Como consequência destes processos, são produzidos percolantes ricos em amônia e com alto conteúdo orgânico e gases ricos em metano e dióxido de carbono.

Embora o risco de contaminação seja o principal problema, outras consequências podem resultar da disposição de resíduos sólidos: impacto visual e estético; danos à fauna e a flora; doenças em animais e população carente; acúmulo de produtos não biodegradável no ambiente; e mau cheiro.

### **3.2.1.5 Indústrias**

As indústrias têm a capacidade de lançar poluentes na água, que podem ser nocivos à saúde humana ou à sobrevivência de outros seres vivos. Os poluentes podem ser orgânicos, como derivados de petróleo, fenóis e detergentes, passando pelos derivados de fertilizantes e agrotóxicos, chegando até os metais pesados. Esses últimos constituem uma classe de destaque dentre os poluentes, tanto pelo grau de periculosidade de alguns elementos, como no caso do chumbo, cromo, cádmio e mercúrio, quanto pela sua mobilidade (COLLARES, 2000).

### 3.3 – Definições para depósitos tecnogênicos

A discussão sobre depósitos tecnogênicos teve origem com Ter-Stepanian (1988), que define esses depósitos como sendo marcados por uma grande variedade de feições diferenciadas, diversidade de composição e grande variação de espessura, caracterizando uma classe genética diferente ou independente, podendo ser traçado analogias com alguns depósitos naturais. Essas feições são representativas de intervenções antropogênicas, que se configuram como elemento diferencial introduzido na compreensão do tempo geológico, caracterizando, para alguns, um novo período: o Quinário, para o qual o autor propõe uma situação totalmente Quaternária pré-holocênica a uma situação totalmente pós-holocênica, ou “quinária”.

Seguindo essa idéia, Peloggia (1999) propôs uma divisão para o Quaternário (Tabela 9). Contudo vale ressaltar que existem vários fatores que podem pesar contra tal idéia, sendo o mais forte relacionado ao tempo geológico, que tudo indica ser o maior obstáculo a essa linha de pensamento.

**Tabela 9:** Divisão proposta para o Quaternário, englobando-se o tecnógeno (PELOGGIA, 1999).

Quaternário ou Antropógeno	TECNÓGENO	Época Atual
	HOLOCENO	Época de Transição
	PLEISTOCENO	Época Antiga

Segundo Peloggia, deve ficar clara a distinção entre depósitos e camadas quinárias ou tecnógenos; camadas essas formadas durante o tempo geológico proposto como Tecnógeno, e depósitos e camadas tecnogênicas, ou seja, formados direta ou indiretamente pela ação antrópica. Um exemplo, segundo Oliveira *apud* Peloggia (1998), de classificação para depósitos tecnogênicos pode ser observado na tabela 10.

**Tabela 10:** Classificação dos depósitos segundo Oliveira *apud* Peloggia (1998).

TIPOS DE DEPÓSITOS	CARACTERIZAÇÃO
Depósitos Construídos	Representados por corpos de rejeitos de mineração, aterros etc.
Depósitos Induzidos	Sedimentos que se depositam em razão da erosão decorrente do uso do solo.
Depósitos Modificados	Depósitos naturais alterados tecnogenicamente por efluentes, adubos etc.

Outra classificação desenvolvida diz respeito à caracterização do material constituinte do depósito. Foi criada por Flanning & Flanning (1989) e abrange os materiais úrbicos, gárbicos, espólicos e dragados (Tabela 11). De acordo com esses autores (*apud* PELOGGIA, 1998), os materiais úrbicos constituem detritos urbanos, materiais terrosos que contêm artefatos manufaturados pelo homem moderno, freqüentemente em fragmentos, como tijolos, vidro, plástico, metais diversos etc.

Os materiais gárbicos abrangem todo material detrítico com lixo orgânico de origem humana e que, apesar de conter artefatos em quantidades muito menores que a dos materiais úrbicos, são suficientemente ricos em matéria orgânica para gerar metano em condições anaeróbicas.

Materiais espólicos são materiais terrosos escavados e redepositados por operações de terraplanagem, mineração e depósitos de assoreamento induzidos pela erosão acelerada. São materiais que contêm pequena quantidade de artefatos. Materiais dragados são compostos por materiais terrosos provenientes da dragagem de cursos d'água e comumente depositados em diques, em cotas topográficas superiores às da planície aluvial também gerados por mineração ou desassoreamento de córregos e valetas.

**Tabela 11:** Classificação de camadas tecnogênicas segundo Flanning & Flanning (1989 *apud* PELOGGIA, 1998).

<b>TIPO DE CAMADA</b>	<b>CARACTERÍSTICA DO DEPÓSITO</b>
<b>ÚRBICO</b>	Detritos urbanos, materiais terrosos que contêm artefatos manufaturados pelo homem moderno, freqüentemente em fragmentos, como tijolos, vidro, plástico, metais diversos etc.
<b>GÁRBICO</b>	Material detrítico com lixo orgânico de origem humana e que, apesar de conter artefatos em quantidades muito menores que a dos materiais úrbicos, são suficientemente ricos em matéria orgânica para gerar metano em condições anaeróbicas.
<b>ESPÓLICO</b>	Materiais terrosos escavados e redepositados por operações de terraplanagem, mineração e depósitos de assoreamento induzidos pela erosão acelerada. São materiais que contêm pequena quantidade de artefatos.
<b>DRAGADO</b>	São compostos por materiais terrosos provenientes da dragagem de cursos d'água e comumente depositados em diques, em cotas topográficas superiores às da planície aluvial, também gerados por mineração ou desassoreamento de córregos e valetas.

O novo conceito objetiva romper com o Quaternário clássico, no sentido de valorizar o advento da atividade humana como processo de transformação do planeta em sua totalidade (Suertegaray, 1997). Esta ruptura se faz, porque, conforme Rohde (1996), o Quaternário seria o período do aparecimento do homem e o Quinário, o homem sobrepondo-se ativamente à natureza, tendo sua origem há 10.000 anos, no início do Holoceno, e testemunhou relevantes situações indicadoras do advento da atividade técnica do homem como força relevante na intervenção, apropriação e construção da natureza: a Revolução Neolítica, a Revolução Agrícola e a Revolução Industrial. A partir de então, o homem passou a contribuir diretamente na evolução geológica do planeta. Esta sobreposição se explica pelo fato de que a atividade humana passa a ser qualitativamente diferenciada da atividade biológica na modelagem da biosfera, desencadeando processos tecnogênicos cujas intensidades superam em muito os processos naturais (OLIVEIRA, 1990).

## **IV. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A área escolhida para esta pesquisa possui 93 km<sup>2</sup>, correspondendo a toda a extensão administrativa do Município de Estiva Gerbi. Ela está inserida nas folhas topográficas na escala 1:50.000 (IBGE - Folha Mogi-Guaçu SF-23-Y-A-III-3 e Aguaí SF-23-Y-A-III-1), entre as coordenadas UTM 7.532 e 7.548 km N; 296 e 306 km E. A área está localizada na região leste do Estado de São Paulo, (Figura 3). Os municípios que fazem limite com a área de estudo são: Mogi-Guaçu, Aguaí e Espírito Santo de Pinhal, sendo Aguaí considerada de pequeno porte e Mogi-Guaçu e Espírito Santo de Pinhal de médio porte.

Estiva Gerbi possui 8.856 habitantes (IBGE, 2000) e suas principais drenagens são o Córrego dos Ypês, o Ribeirão Anhumas e o Rio Oriçanga.

### **4.1 Localização e vias de acesso**

O município de Estiva Gerbi está localizado a 69 km de Campinas. Partindo de São Paulo, o acesso se dá pela Rodovia Anhangüera até o trecho de acesso a Campinas, daí pela Rodovia D. Pedro I até o trevo da Rodovia SP-340, seguindo-se por essa rodovia até o km 178 sentido norte e então por estrada interna asfaltada por cerca de 2 km até a sede do município (Figura 3).

### **4.2 Aspectos históricos**

Em meados de 1939, o Sr.Lourenço Gerbi mudou-se para a localidade de Estiva, com intuito de montar uma olaria. Na época, Estiva pertencia ao Município de Mogi-Guaçu. A qualidade do “barro” da região atraiu a família Gerbi, que instalou uma olaria em um terreno de 42 alqueires com uma produção diária de 400 manilhas.

A família Gerbi começou a fabricar manilhas a partir da argila extraída do subsolo da região, conhecida como “taguá”, que era prensada em marombas movidas à roda d’água, pois não havia energia elétrica no local.





Com a chegada da energia elétrica em 1949, a olaria passou a produzir pisos conhecidos como “vermelinhos”, feitos a partir da argila “taguá” que só era encontrada na Estiva. A partir da fabricação dos pisos, a olaria passou a ser chamada de Cerâmica Gerbi.

A vinda da família Gerbi a Estiva determinou a atividade econômica, predominante no município nos dias atuais, que é a indústria cerâmica.

O bairro da Estiva foi elevado a distrito de Mogi-Guaçu em 1981 e sua emancipação política deu-se em 19 de maio de 1992 (JORNAL INTERATIVO, maio 2003).

### **4.3 Aspectos climáticos**

Segundo Setzer (1976), o município de Estiva Gerbi está inserido no regime climático da transição entre o muito úmido subtropical, com estações secas marcantes (Mu-Cw), com as temperaturas médias no verão girando em torno de 24°C e as temperaturas mínimas próximas de 16°C.

Nas estações e postos meteorológicos da região, os totais mensais de chuvas mostram que as máximas ocorrem nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, e as mínimas, nos meses de junho, julho e agosto (SETZER, 1976), sendo sua precipitação média anual em torno de 1300 mm/ano (Prefeitura Municipal de Estiva Gerbi).

### **4.4 Hidrografia**

O município de Estiva Gerbi está inserido na bacia hidrográfica do Baixo Pardo-Mogi, dentro da sub-bacia do rio Oriçanga, ocupando partes dos municípios de Aguai e Mogi-Guaçu, tendo sua foz no Bairro da Mombaça, em Mogi-Guaçu.

O Rio Oriçanga tem suas nascentes no município vizinho de Aguai e possui uma extensão aproximada de 75 km, desaguardo no Rio Mogi-Guaçu. Em seu curso apresenta um padrão meândrico com muitos meandros abandonados e encontra-se em vales abertos em grandes planícies aluvionares. Através de análise em fotos aéreas, é possível observar um forte controle tectônico em seu curso, aproximadamente na direção NE-SW, com a mesma orientação do relevo. Ao passar para a quadrícula de Conchal, segue direção E-W até desaguar no Rio Mogi-Guaçu. O principal afluente do Rio Oriçanga, na área de estudo, é o Córrego do Ypê, pela sua margem esquerda.

Próximo ao município de Estiva Gerbi, o Rio Oriçanga recebe uma carga de poluentes provenientes do Córrego dos Ypês que corta o município, porém esse poluente vem do vizinho Município de Mogi-Guaçu, onde este córrego atravessa grande parte da periferia da

cidade. O Córrego dos Ypês tem sua nascente no município vizinho de Mogi-Guaçu. Seu principal afluente, na área de estudo, é o Ribeirão Anhumas, pela margem direita. Tem direção S-N, cortando o município de Estiva Gerbi, próximo à Cerâmica Gerbi. Durante o trajeto percorrido, dentro do município de Mogi-Guaçu, o aporte de esgoto doméstico recebido é grande, sendo possível observar a poluição, pela quantidade de espuma gerada durante o percurso do córrego pelas partes encachoeiradas (FOTO 1), além de agrotóxicos provenientes de plantações na bacia do córrego. O Córrego dos Ypês vai desaguar no Rio Oriçanga a NW da cidade de Estiva Gerbi, próximo ao parque industrial do município.



**Foto 1:** Na foto observa a quantidade de espuma indicando a poluição do Córrego dos Ypês ao Município de Estiva Gerbi. (ponto EG 110)

O Ribeirão Anhumas também possui sua importância ao Município, (Foto 2), pois é nele que ocorre a captação de água para abastecimento, cerca de 60% da água consumida pelo município, sendo o restante captado por poços artesianos, ele corta a cidade na direção NE-SW, vindo a desaguar no Córrego dos Ypês, atrás do pátio da Prefeitura Municipal.



**Foto 2:** Ausência de vegetação arbórea na área de preservação permanente (APP) do Córrego Anhumas, e uma placa de protesto. (ponto EG 115)

#### **4.5 Aspectos geomorfológicos**

Segundo o mapa geomorfológico do IPT (1981a), a área situa-se regionalmente na transição entre dois domínios geomorfológicos: Depressão Periférica e Planalto Atlântico, sendo os limites desses terrenos coincidentes com o contato do Embasamento Cristalino e a Bacia Sedimentar do Paraná.

Segundo ALMEIDA (1964), os terrenos constituídos pelo Embasamento Cristalino possuem predominância de morros de topos arredondados, vertentes com perfis retilíneos, presença de serras restritas, com alta densidade de drenagem, enquanto os terrenos pertencentes à Depressão Periférica possuem um relevo com formas suavizadas, levemente onduladas constituídos por colinas amplas.

Localmente, a geomorfologia da área de estudo está inserida na Depressão Periférica, na zona do Mogi Guaçu, no local encontra-se relevo de degradação em planaltos dissecados, sendo relevos colinosos com predominância de baixa declividade, até 15%, segundo o IPT (1981a), pertencem a duas classes, 212 colinas amplas e 213 colinas médias.

## **4.6 Aspectos geológicos**

Geologicamente, o município de Estiva Gerbi situa-se na porção nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, próximo ao limite com as unidades metamórficas e intrusivas do Embasamento Cristalino do Estado de São Paulo.

De acordo com IPT (1981b), o município localiza-se na borda nordeste da Bacia do Paraná, com unidades estratigráficas representadas pela Formação Aquidauana, com diversos sills de diabásio correlatos à Formação Serra Geral, formando o substrato rochoso dos municípios de Estiva Gerbi, Mogi-Mirim, Mogi-Guaçu, Conchal e Cosmópolis. Também estão presentes as coberturas cenozóicas, tanto das formações correlatas à Formação Rio Claro, como depósitos aluvionares recentes e rochas granitóides e metamórficas do seu embasamento cristalino (Figura 4).

### **4.6.1 Rochas Cristalinas**

Inúmeros trabalhos foram feitos, destacando – se, na área do embasamento cristalino. Os estudos pioneiros de Ebert (1955, 1957 a, b 1963, 1971 a,b 1974) e Rosier (1957), Artur (1980) Campanha *et al* (1983 a,b), Cavalcante *et al* (1979), Zanardo *et al* (1990). Na bacia sedimentar so Paraná, citam-se os trabalhos de Almeida & Barbosa (1953), Barbosa & Almeida (1949), Cotas *et al* (1981), Guirro (1991) Soares & Landim (1973) e Zalán *et al* (1987).

Para o embasamento cristalino, Ebert (1955, 1957 a, b e 1963) e Rosier (1957), dizem existir um cinturão geossinclinal assintico, que contorna a parte sul do craton do São Francisco, apresentando uma tectônica de escamas com grande transporte de massa. Próximo a São João Del Rei este cinturão sofre uma bifurcação; o embasamento do cinturão norte seria o grupo Barbacena (EBERT, 1962) e, ao sul o grupo Amparo (EBERT, (1962, 1971 a)) os metassedimentos corresponderiam ao grupo Itapira.

A área é cortada ao norte pela falha de Jacutinga, (EBERT, 1968, 1971 a,b e RODRIGUES, 1976) e pela falha de Ouro Fino (CAVALCANTE *et alii* (1979 e CAMPANHA *et alii*, 1983 a). Essas Falhas Pertencem à Zona de transcorrença Carandaí – Mogi Guaçu, de caráter dextrogiro, possuem varias ramificações secundarias e, para leste, mudam de nomes e adquirem caráter de empurrão (CAVALCANTE *et alii* 1979).



Campanha *et al*, (1983 a) reconhecem na área uma compartimentação em blocos tectônicos, limitados por zonas milonítica. Caracterizaram quatro grandes blocos: Pinhal, Jacutinga, Itapira e Ferreiras.

#### **4.6.2 - Grupo Tubarão**

O grupo Tubarão, subdivide-se em dois ciclos, segundo os geólogos da comissão Geográfica e Geológica: o inferior glacial representado pelo grupo Itararé e o superior pós-glacial conhecido como grupo Tatuí no Estado, correspondente ao grupo Guatá nos estados sulinos.

Soares *et ali* (1977) subdividem o grupo Itararé em três unidades litológicas baseadas na porcentagem de arenitos: a unidade inferior correspondendo aproximadamente à formação Itu, a média às formações Elias Fausto, Capivari e Gramadinho e a superior à formação Tietê. Interdigitados no topo da formação Tietê na base da formação Tatuí aparecem os sedimentos avermelhados da formação Aquidauana.

A formação Tatuí equivalente das formações Palermo e Rio Bonito no Sul assentam-se em discordância erosiva sobre os sedimentos do Itararé superior.

#### **4.6.3 – Grupo Itararé**

Os sedimentos do grupo Itararé assentam-se diretamente sobre o embasamento cristalino. Estudando-se afloramentos e perfis de poços verifica-se que o grupo Itararé é constituído predominantemente de arenitos finos e grosseiros, lamitos e diamictitos de cores amarelos, vermelhos e cinza claro nas partes superior e inferior, enquanto que a parte média é representada por arenitos finos siltitos lamitos, de cores cinza escuro e amarelas.

Os arenitos freqüentemente feldspáticos ou mesmo arcozianos formam corpos psamíticos exibindo diversas estruturas sedimentares singenéticas como marcas ondulares, marca de sola, estratificação cruzada, estratificação gradacional, etc., além de estruturas devidas a deformação plástica penecontemporâneas à deposição.

Na seqüência sedimentar aparecem abaixo dos arenitos, lutitos, siltitos às vezes apontados como loessitos ou argilitos. Esses sedimentos finos podem se apresentar bem estratificados ou maciços. Na porção inferior distingui-se ritimitos do tipo varvitos exibindo alternância de lâminas cinza-escuras de argilitos e/ou siltitos com lâminas cinza-claras de siltito e/ou arenito fino, às vezes com seixos pingados. Os diamictitos ocorrem



esporadicamente, sendo os corpos de formas variadas e espessuras em torno de 5 a 10 metros contendo seixos estriados de quartzo, quartzito, metagrauvascas, metarcósios, granito, etc.

Em função da maior frequência de corpos arenosos na metade inferior e nos últimos 100-200 metros, Soares *et ali* (1977) apresentam, em caráter preliminar uma subdivisão do grupo Itararé em três pacotes citados anteriormente por Andrade & Soares (1970) e Soares & Landim (1973). Estas unidades litológicas foram divididas por Barbosa e Almeida (1949) e verificadas nos poços da Petrobrás (Assistência e Fazenda Pitanga) em formação que podem ser assim descritas sumariamente:

**Itararé inferior:** formação Itu constituída de arenitos grosseiros a finos, conglomeráticos, varvitos, folhelhos e siltitos, diamictitos próximos à base:

**Itararé médio:** Formação Elias Fausto, com tilitos, arenitos. Formação Capivari com arenitos e siltitos, intercalações de folhelhos, conglomerados locais e seixos pingados, formação Gramadinho representada por dois conjuntos de tilitos separados por arenitos, folhelhos e varvitos com seixos pingados.

**Itararé superior:** formação Tietê com arenitos grosseiros a finos, siltitos e folhelhos, localmente conglomerados, lentes de calcário e camada de carvão e diamictito próximo ao topo.

Nos poços da Petrobrás foi verificada uma espessura total de 1.100 a 1300 metros sendo em média 650 metros para o Itararé inferior, 400 metros para o Itararé médio e 180 metros para o Itararé superior.

Do ponto de vista litológico, com base nas secções estratigráficas e nos perfis dos poços, verificou-se no Itararé, às vezes, repetições das litologias as quais são interpretadas como ciclos. Ocorrem também evidências de erosão penecontemporânea e retrabalhamento, que impedem o livre desenvolvimento do ciclo. Outro aspecto anotado neste grupo é a rápida mudança de fácies lateralmente.

Regionalmente, como no médio Tietê o grupo Itararé é representado por:

**Unidade inferior**, composta por arenitos grosseiros e estratificados mal selecionados, conglomeráticos, lenticulares, associados a ritimitos cinza claro e escuro, siltitos e lamitos perfazendo uma espessura de 200 metros e depositados num ambiente flúvio-glacial e lacustre, às vezes marinho:

**Unidade média**, onde predominam arenitos com estratificação horizontal, lamitos avermelhados e diamictitos cinza esverdeados, às vezes folhelhos intercalados depositados em ambiente marinho, numa espessura de 250 a 500 metros:

**Unidade superior**, representada por arenitos grosseiros, conglomerados, diamictitos, argilitos e siltitos marrom-avermelhado em estratificação plano-paralela depositados numa espessura de 200 metros.

Na bacia do rio Pardo distinguem-se:

**Unidade média** representada principalmente por lamintos conglomeráticos e arenosa, e arenitos muito finos a médio com laminação plano-paralela depositados num ambiente marinho de águas rasas do tipo praia, planície de maré e plataforma;

**Unidade superior** composta por uma grande variedade de arenitos finos a muito finos e lamitos conglomeráticos amarelos ou marrom claro, depositados num ambiente flúvio-lacustre em planície glacial continental. A espessura desta unidade bastante variável é ainda desconhecida, todavia, atinge pelo menos uns 120 metros. Quando ao contado entre a unidade superior e média, existe um interdigitamento das camadas, bem como em relação à formação Aquidauana que aflora somente na parte nordeste da região.

O grupo Itararé com uma largura máxima de afloramento de 35 quilômetros, estreitando-se para o norte, desenvolve-se em direção norte-sul, sofrendo pequenas interrupções por coberturas quartenárias dos rios Mogi-Guaçu e Pardo. A oeste de São José do Rio Pardo, o conjunto sofre um estreitamento reduzindo a faixa de afloramento para 10 quilômetros.

Exposições representativas ocorrem próximas às cidades de Araras, Piracicaba e Campinas, recobrimdo uma área de aproximadamente 3.300 Km<sup>2</sup>.

#### **4.6.4 – Formação Aquidauana**

A denominação desta unidade deve-se a Lisboa (1909), sendo que Almeida (1948) reescreveu a Formação Aquidauana, quando realizou estudos nas cercanias da cidade homônima no Estado do Mato Grosso do Sul.

A Formação Aquidauana pertence ao Grupo Tubarão (Permo-carbonífero), da Bacia do Paraná.

A unidade aflora na região desde Araras, em pequenas manchas até a parte setentrional da região, tornando-se a litologia sedimentar dominante nas proximidades da região de Aguai.

Schobbenhaus Filho *et al.* (1975) não conseguiram dividir a Formação Aquidauana em unidades litológicas, devido à grande variação faciológica encontrada, tanto na vertical como na horizontal, apesar das grandes espessuras de sedimentos, entre 799 e 1.165 metros, encontradas em perfurações nas cidades de Alto Garças (MT) e Jataí (GO), respectivamente.



Do ponto de vista litológico, a Formação Aquidauana é constituída por arenitos muito finos a grosseiros, lamitos arenosos vermelhos com estratificação plano-paralela. Nota-se, também, dentro dos arenitos, a presença de seixos que variam em tamanho, desde milimétricos até 10 a 15 centímetros.

Os sedimentos da Formação Aquidauana apresentam-se, em geral, interdigitados com os do grupo Itararé, enquanto na parte norte da área, assentam-se, diretamente, sobre a Formação Tatuí. A espessura atinge cerca de 70 metros na parte norte da bacia do rio Pardo, diminuindo gradativamente para o sul, na região de Limeira e Americana.

Daemon & Quadros (1970) estabeleceram o intervalo Estefaniano-Sakmariano (Período Permiano) para a Formação Aquidauana, com base nos microfósseis encontrados por Schobbenhaus Filho *et al.* (1975) e Campos & Campos (1975).

As litologias da Formação Aquidauana permitem considerá-la como tendo sido depositada no Permo-Carbonífero, em lago peri-glacial. Schobbenhaus Filho *et al.* (1975)

#### **4.6.5 - Formação Tatuí**

Barbosa & Almeida (1949), Almeida & Barbosa (1953) e Barbosa & Gomes (1958) propuseram o nome de Formação Itapetininga para um pacote de rochas descrito por Washburne (1939), dividindo-a em dois membros: Tupi e Tatuí. Petri (1964) propôs o agrupamento do complexo glacial no subgrupo Itararé, conservando o nome de Formação Tatuí para essas rochas.

As rochas da Formação Tatuí marcam o início do ciclo pós-glacial e está representado no membro inferior por siltitos e arenitos muito finos de cor marrom-avermelhado e no membro superior por siltitos de cores claras amareladas e esverdeadas intercalando corpos acanalados de arenitos (SOARES, 1973).

No membro inferior ocorrem lamitos com finas lentes de calcários, enquanto na parte superior as camadas de calcários ocorrem mais raramente nos arenitos de granulação média.

A formação Tatuí representa o fenômeno de transgressão em toda a bacia do Paraná. Dentro da formação não são conhecidos fósseis tipicamente marinhos salvos alguns espículos de esponjas encontradas em Iracemápolis por Barbosa e Almeida (1949). Em modelo ambiental, o membro inferior corresponde á sedimentação acima do nível das águas, marcando, marcando a evolução de condições continentais, que caracteriza a discordância pré-Tatuí para supramaré, enquanto que o membro superior mostra sucessões freqüentes de recobrimento e exposição pelas águas num regime de intramaré.

Na região a formação Tatuí está representada em sua grande parte pelo membro inferior e aflora desde Mombuca até Araras e em menores proporções ao norte de Mococa. O

membro superior foi identificado somente na região de Araras. A formação possui uma espessura bastante variada que pode ser aproximadamente de 40 metros na região de Mococa, 25 metros em Limeira e de 60 a 70 metros perto do rio Tietê.

#### **4.6.7 - Sedimentos Cenozóicos**

Matoso & Robertson (1959) diz que estas rochas poderão abranger indistintamente as rochas de idades Terciárias e Quaternárias. Estes sedimentos são representados em geral por dois estágios, um inferior aluvial, arenoso, com conglomerado tipo brecha na base e espessura de 20 a 40 metros apresentando estratificação paralela, cruzada, estrutura de corte e preenchimento, e lentes de argilas, e o superior coluvial menos espesso e sem estrutura.

Na região centro-leste do estado esses sedimentos se distribuem em três níveis: o mais alto de 900 a 1000 metros correspondendo ao elevado de São Carlos até Descalvado, ligeiramente a oeste da área estudada; o intermediário entre 800 a 900 metros sobre o qual desenvolve-se o serrado de Itirapina; e o inferior com cota de 600 metros onde se instalou a rede de drenagem principal (SOARES e LANDIM, 1976).

Na região, os depósitos Cenozóicos podem ser classificados em três tipos, em função da sua origem e da sua posição espacial. Neste caso, os depósitos da região de Itaqueri-São Pedro remanescentes da ampla superfície de aplainamento Sul-americana são atribuídos ao primeiro tipo e representados por uma litologia constituídas de arenitos grosseiros a finos, camadas de argilas recobertas de conglomerados polimíticos.

O segundo tipo correspondendo à superfície dos médios inter-flúvios desenvolveu-se na Depressão Periférica junto às escarpas basálticas nos vales dos rios Mogi-Guaçu e Pardo sob a forma de taludes de baixo declive e amplas planícies aluviais ao longo dos principais vales conseqüentes. Estes depósitos aluviais ocorrem atualmente sob forma de terraços de 80 a 120 metros acima do nível dos principais rios, ou entre 590 e 700 metros de altitude na Depressão Periférica. Assim, os depósitos próximos a Campinas e Casa Branca situam-se aproximadamente a 700 metros de altitude sendo correlatos aos de Limeira, Pirassununga e Rio-Claro. Tais depósitos são representados litologicamente por material componente de rochas vizinhas, conglomerados quartzosos, brechas, seixos, arenitos fino e grosseiros com intercalação de camada delgada de argilitos.

O terceiro grupo de ocorrência restrita forma os baixos terraços distribuindo-se juntos aos principais rios em bacias morfológicas menores, sendo que as maiores encontram-se perto de Pirassununga, nos vales dos rios Mogi-Guaçu, Capivari e Corumbataí. Esses depósitos situados entre 40 e 60 metros acima do nível atual do rio são caracterizados por

conglomerados formados por seixos grandes de quartzitos e quartzo, meta-arcósios e cascalheiras de 3 a 5 metros de espessura.

#### **4.6.6 – Rochas Intrusivas**

Na região ocorrem numerosos corpos de rochas intrusivas, sob forma de diques e sills de diabásio, principalmente na bacia hidrográfica do rio Pardo. O sill de maior extensão desenvolve-se de forma contínua a baixo da formação Corumbataí desde Araras até Tambaú. Perto de Iracemápolis e Cordeirópolis, existe um sill entre a Formação Irati e Corumbataí, às vezes intrusivo dentro do próprio Irati. Outros numerosos corpos afloram próximo a Aguai, Santa Bárbara D'Oeste, Americana e Campinas.

Estes sills estão intercalados dentro do Grupo Itararé ou diretamente em contato com o embasamento cristalino. Nos Poços de prospecção de petróleo de Assistência, Fazenda Pitanga e Charqueada, com mais de 1000 metros de profundidade até o embasamento, anotou-se a presença de 3 a 4 sills dentro do Grupo Tubarão, com espessura variando de alguns metros até 225 metros.

#### **4.7 - Geologia Local**

O Município de Estiva Gerbi encontra-se sobre rochas Paleozóicas da Formação Aquidauana (Grupo Tubarão), depósitos Cenozóicos de coberturas correlatos à Formação Rio Claro e por sedimentos aluvionares ao longo das principais drenagens.

As rochas mais antigas (Permo-carboníferas) pertencem à Formação Aquidauana e estão representados por interdigitações de arenitos e argilitos.

Os argilitos são avermelhados a róseos, com alternância de lâminas de coloração branca e laranja, apresentando atitude sub-horizontal. Seus principais afloramentos encontram-se em cortes de estradas e em cavas de mineração abandonadas.

Os arenitos encontrados na região de estudo possuem coloração vermelho-rosado com intercalações milimétricas de siltito branco, aflorando, principalmente, em cortes de estrada ao longo de quase a totalidade da área, gera uma camada de solo espessa argilo-arenoso e também são pertencentes à Formação Aquidauana segundo o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981a).

Coberturas Cenozóicas ocorrem nos topos das colinas amplas e médias, sendo representados por sedimentos correlatos à Formação Rio Claro. São constituídas por materiais argilo-arenosos, de coloração vermelho-alaranjada, com solos residuais e coluvionares. Os

solos coluvionares possuem linhas de seixos na base, compostos por quartzitos e lateritas. Os principais afloramentos desta unidade se encontram na rodovia SP-340.

Os depósitos aluvionares são bastante expressivos na área, associados às planícies fluviais do rio Oriçanga e seus principais afluentes. São constituídos por areias e argilas inconsolidadas.

## **V – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Neste capítulo são apresentados os principais resultados da pesquisa. Para a separação das unidades, foram adotados os critérios da primeira etapa do método do detalhamento progressivo, com destaque para os procedimentos utilizados nesta etapa, ou seja, na fase de definição, caracterização e mapeamento das unidades geológico-geotécnicas na escala 1:25.000. Para esta compartimentação foram cruzados os aspectos geológicos, geomorfológicos e as características de solo, obtidas no campo. Com a integração dessas informações foi gerado o mapa geológico-geotécnico na escala 1:25.000.

### **5.1 Mapa geológico-geotécnico**

O mapa geológico-geotécnico produzido nesta dissertação integra numa base topográfica, as informações geológicas, geomorfológicas e pedológicas levantadas.

Geologicamente, a unidade de maior ocorrência na área de estudo é a Formação Aquidauana, com destaque para a presença de lamitos, que afloram praticamente em toda a área. Secundariamente, ocorrem arenitos interdigitados com os argilitos, restritos à porção leste da área urbana.

Outra unidade geológica, as coberturas cenozóicas, ocorrem discordantemente sobre a Formação Aquidauana. Nos fundos de vales existem depósitos aluvionares, com argilas e areias inconsolidadas de várias colorações. Esses aluviões merecem destaque, pois são ocupados por parte da área urbana de Estiva Gerbi.

Geomorfologicamente, ocorrem relevos de degradação em planaltos dissecados, são pertencentes a duas classes (IPT 1981a):

- Colinas amplas, classe 212, com interflúvios superiores a 4 km<sup>2</sup>, topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos, drenagem de baixa densidade, padrão sub-dentrítico, vales abertos, planícies aluvionares interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes

- Colinas médias, classe 213, topos aplainados com áreas de 1 a 4 km<sup>2</sup>, vertentes com perfis convexos e retilíneos drenagem de baixa a média densidade, padrão sub-retangular, vales abertos e fechados, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.

As características dos perfis de solo descritos, juntamente com o substrato geológico e a situação geomorfológica, compuseram o agrupamento necessário para o estabelecimento de diferentes unidades geológico-geotécnicas. Como Estiva Gerbi se desenvolveu principalmente pela atividade mineraria, os reflexos deixados pelas empresas de mineração mostram uma mudança significativa na paisagem, na forma de cavas e pilhas de bota-fora, definidas neste trabalho como uma unidade com características particulares.

Desta forma, a área de estudo foi dividida em 6 unidades geológico-geotécnicas:

- **Unidade I:** Solo areno-argiloso e arenitos da Formação Aquidauana, em relevo de média vertente;
- **Unidade II:** Solo argiloso e argilitos da Formação Aquidauana, em situação de média e baixa vertente;
- **Unidade III:** Solo Coluvionar e cobertura Cenozóica Indiferenciada, em situação de meia encosta;
- **Unidade IV:** Solo residual e cobertura Cenozóica Indiferenciada de topo de colinas amplas;
- **Unidade V:** Solo aluvionar de planície de inundação;
- **Unidade VI:** Áreas modificadas pela atividade de mineração.

#### **5.1.1 – Unidade I – Solo areno-argiloso e arenitos da Formação Aquidauana, em relevo de média vertente**

Corresponde às áreas de ocorrência de arenitos da Formação Aquidauana. Possuem coloração vermelho-rosado com intercalações de lamina de silte branco e algumas camadas, às vezes centimétricas, de sílex (foto 4). Seus afloramentos foram descritos, principalmente, nos cortes da ferrovia (foto 3), a oeste da sede do município (Apêndice 2).

Geomorfologicamente, ocorre em situação de média vertente, com vales abertos com média declividade e baixa densidade de drenagem.

Os solos desta unidade apresentam espessuras inferiores a 5 metros, formando um composto areno-argiloso de coloração vermelho-rosado. O nível d'água subterrâneo observado em poços ou cisternas, tem uma grande variação, podendo estar entre 5 e 25 metros.

Os principais problemas, de natureza geológico-geotécnica, encontrados nessa unidade dizem respeito aos processos erosivos instalados junto às estradas vicinais, não pavimentadas, e também na ferrovia e são provocados, principalmente, pela concentração de águas pluviais nas canaletas laterais, não cimentadas. Outro problema refere-se à escavabilidade das rochas, quando ocorrem as camadas centimétricas de sílex, dificultando a escavação manual.





**Foto 3:** Afloramento com o perfil característico unidade I, rocha (arenito) e solo avermelhado espesso. (ponto EG 30)



**Foto 4:** Detalhe do arenito da Formação Aquidauana com intercalações de com silte branco. (ponto EG 30).

### **5.1.2 Unidade II – Solo argiloso e argilitos da Formação Aquidauana, em situação de média e baixa vertente**

É a unidade de maior ocorrência na área de estudo, localizada em quase toda a região central, norte e leste da área. Seus afloramentos estão mais bem expostos em cortes da rodovia SP 340 (Apêndice 2).

Geomorfologicamente, ocorre em situação entre a média e baixa vertente, podendo conter feições de relevo como anfiteatros de cabeceira, bastante característicos nesta unidade. Apresenta densidade de drenagem média e declividades de 5 a 15%. O nível d'água subterrâneo varia entre 5 e 8 metros, dados estes verificados em poços e cisternas. Solos são pouco espessos, não superiores a 1 metro, geralmente coluvionares, de constituição argilosa.

O substrato geológico está representado por argilitos da Formação Aquidauana. São rochas estratificadas com camadas e lamina variando de centimétricas a milimétricas, cores vermelho, branco, amarelo e cinza (Foto 5). São camadas sub-horizontais e bastante fraturadas. No limite noroeste da área observa-se o contato entre as unidade II e III . (Apêndice 2, Foto 6).



**Foto 5:** Perfil característico da unidade II, com pequena espessura de solo sobre lamitos arroxeados da Formação Aquidauana. Ponto EG 1, rodovia SP-340.





**Foto 6:** Contato geológico entre os Argilitos da unidade II e as coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, aflorantes na rodovia SP 340, possuindo cor amarela com laminações siltosas brancas. (Ponto EG 107)

Na unidade foram observados processos erosivos instalados nas situações de meia encosta, que podem ser atribuídos a desmatamentos associados à concentração de fluxo de água pluvial.

### **5.1.3 Unidade III – Solo Coluvionar e cobertura Cenozóica Indiferenciada, em situação de meia encosta**

Esta unidade foi definida com base na ocorrência de solo coluvionar arenoso, proveniente de cobertura Cenozóica indiferenciada, correlata à Formação Rio Claro, em situação de meia encosta e com espessura inferior a 5 metros (Apêndice 2, foto 7)

A unidade está caracterizada, geomorfologicamente, como vertente de média encosta, estando limitada em sua zona superior por uma quebra positiva de relevo, bem delineada em aerofotos. Apresenta média declividade e baixa densidade de drenagem. Seu limite inferior é marcado pelo contraste com o substrato impermeável da Unidade II (foto 7 e 8).

Na base desta unidade ocorre linha de seixos centimétricos, de quartzitos, quartzitos laterizados e lateritas (foto 10). O nível d'água, observado em algumas cisternas, estava entre 4 e 15 metros, ultrapassando a unidade de origem atingindo o nível inferior.



**Foto 7:** Nesta foto é possível observar a espessura de material inconsolidado pertencente a unidade III. (ponto EG 108).



**Foto 8:** Afloramento com perfil característico da Unidade III, com a distinção entre o solo e o substrato arenoso. Processos erosivos instalados. (ponto EG 4).





**Foto 9:** Detalhe a interface entre o material inconsolidado e o substrato.(ponto EG 4)



**Foto 10:** Linha de seixos e lateritas encontrada em perfil característico da unidade III. Ponto EG 4.

Nesta unidade o principal processo geológico instalado em decorrência a ocupação antrópica, e bem observado em campo, refere-se a processos erosivos em bordas de pontes e em taludes da ferrovia (foto 11).



**Foto 11:** Processos erosivos instalados em beira de ponte sobre a linha férrea. (ponto EG 108).

#### **5.1.4 Unidade IV – Solo residual e cobertura Cenozóica Indiferenciada de topo de colinas amplas.**

Está unidade tem ocorrência restrita à região sudoeste da área de estudo, logo na entrada do município e em alguns pontos da rodovia SP-340 (Apêndice 2).

Corresponde a uma faixa de afloramentos de solo residual arenoso de cobertura Cenozóica indiferenciada, caracteriza-se por possuir uma camada de solo inferiores a 5 metros



de espessura de composição argilo-arenoso, e seu substrato representado por arenitos de coloração avermelhada.

Geomorfologicamente corresponde ao relevo de colinas amplas e suaves (foto 12), com baixa densidade de drenagem, indicando uma alta permeabilidade.



**Foto 12:** Relevo de colinas amplas, característico da unidade IV.

A unidade IV apresenta baixa declividade, pode ocorrer, em locais restritos, o nível d'água encontra-se profundo entre 10 e 15 metros, tendo uma característica interessante, a formação de lagoas, bem observadas em fotos aéreas, também observadas no município vizinho de Mogi-Guaçu.

Os principais problemas encontrados nessa unidade refletem a ocupação antrópica desordenada e sem planejamento. Com o crescimento urbano, a construção de novas casas e asfaltamento das ruas, concentrou o fluxo de água pluvial, provocando um aumento no escoamento superficial e, conseqüentemente, uma aceleração dos processos erosivos (foto 13).

#### **5.1.5 Unidade V – Solo aluvionar de planície de inundação**

Tem ocorrência bastante expressiva nas planícies de inundação das principais drenagens do município: Rio Oriçanga, Ribeirão Anhumas e Córrego dos Ypês (Apêndice 2, foto 14).

Corresponde ao domínio de cobertura Cenozóica de fundo de vale (aluviões), representados por areias de granulometria média a grossa, encontrados nas planícies aluvionares do Rio Oriçanga, e argilas cinzas pouco arenosas de baixa plasticidade. Essa região é caracterizada por planícies aluvionares bem desenvolvidas em áreas planas e vales abertos.

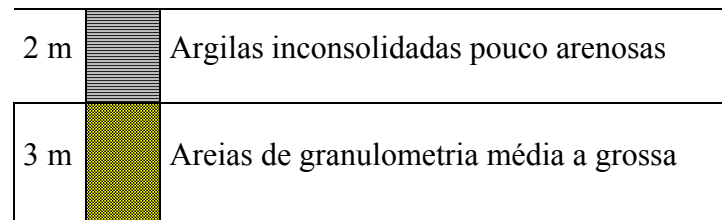


**Foto 13:** Processo erosivo instalado na unidade IV, com acúmulo de lixo. (ponto EG 109).



**Foto 14:** Vista da planície do Rio Oriçanga unidade V. (ponto EG 110).

O solo aluvionar da planície aluvionar do rio Oriçanga foi investigado com trado manual pela empresa de Mineração Chiarelli Ltda. O perfil característico destes locais investigados tem um capeamento de argilas de 2 metros de espessura média, sobre uma camada de 3 metros de areias inconsolidadas, com isso pode-se gerar uma coluna estratigráfica representativa para essa unidade, onde é mostrado a média das espessuras dos materiais encontrados. (figura 5).



**Figura 5:** coluna estratigráfica representativa da unidade V (ponto EG 57).

Nesta unidade, relacionados aos processos da dinâmica fluvial, potencializados e acelerados pela ação antrópica, foram registrados problemas ambientais ocasionados pela erosão, sedimentação e enchentes.

A ocupação indevida (por residências) das várzeas na área urbana é afetada por enchentes sazonais do Córrego dos Ypês. Nas edificações desta unidade foram observadas trincas nas paredes, as quais podem ser atribuídas à baixa capacidade de suporte dos solos aluvionares argilosos (Foto 15).

Depósitos de assoreamento (Foto 16) podem ser observados na planície do Rio Oriçanga e do Córrego dos Ypês, junto à área urbana, causados pelo grande aporte de sedimentos provenientes de áreas com solo exposto e vias não pavimentadas. Outro problema observado é a poluição do Córrego dos Ypês, proveniente do esgoto doméstico de Mogi Guaçu (SP).





**Foto 15:** Trincas nas paredes de casas e muros são comuns nesta unidade (ponto EG 111).



**16:** Na foto é possível observar a acumulação de sedimentos nas margens da represa, em afluente do Rio Oriçanga (ponto EG 110).



### **5.1.6 Unidade VI – Áreas modificadas pela atividade de mineração**

Estiva Gerbi se desenvolveu, principalmente, por suas cerâmicas e olarias. Essa atividade pela exploração mineral deixou para o município um passivo ambiental, ou seja, áreas degradadas, expressivas, compostas por cavas e pilhas de bota-fora. As áreas foram delimitadas e definidas como uma unidade geológico-geotécnica e estão concentradas na região central do município.

Esta unidade, denominada “Unidade VI – Áreas modificadas pela atividade de mineração” (Apêndices 2 e 3), encontra-se inserida, principalmente, dentro das unidades II e V, cujos materiais, argilas e argilitos, são as fontes da matéria prima para a indústria cerâmica. Desta forma estas áreas foram identificadas e cartografadas como unidade VI (unidades II e V modificadas).(tabela 12)

Assim, esta unidade ainda pode ser dividida em sub-unidade VI-a, correspondente à unidade II modificada, em que foram mapeadas 6 áreas: VI.3, VI.4, VI.7, VI.9, VI.10 e VI.11, estas referentes à lavras abandonadas e em atividade de argilitos da Formação Aquidauana, e em sub-unidade VI-b, definida pela unidade V modificada, onde formam mapeadas 5 subáreas: VI.1, VI.2, VI.5, VI.6 e VI.8, referentes à antigas áreas de exploração de argila aluvionar (“barro de aluvião”) e areia para construção civil.

A sub-unidade Via corresponde as áreas de exploração de argilito na unidade II modificada, estas áreas representam a maioria das cavas encontradas, caracterizam-se por apresentarem formas indefinidas com suas cavas completamente tomadas por água. Com a falta de recuperação dos taludes das cavas e a retirada da cobertura vegetal, contribuíram para o aparecimento de processos erosivos. As pilhas de bota-fora são expressivas nesta região, provocando a mudança na topografia e apresentando declividades que podem chegar a 80%.

Na sub unidade VIb, correspondente a unidade V modificada, representa as minerações encontradas em aluviões, principalmente pela bacia de inundação do Rio Oriçanga, neste local as cavas possuem formas irregulares, apresentando mudanças no perfil hídrico da região, surgimento de processos erosivos seguido de assoreamento, mudança na topografia e enchentes.

A grande quantidade de cavas abandonadas nas proximidades da sede do município representa um problema para a expansão urbana, como pode ser observado na Foto 17.

As cavas de extração de argila e as pilhas de bota-fora, de um modo geral, apresentam formas irregulares, podendo apresentar-se parcialmente submersas ou secas, com taludes sub-

verticais a pouco inclinados, de até 4 a 5 metros de altura. As pilhas ou camadas de bota-fora são dipostas de forma alongada, com até 400 metros de extensão e declividade de até 80%.



**Foto 17: Cavas abandonadas nas proximidades da área urbana – Foto aérea de 2000 com um panorama das cavas abandonadas (Áreas VI.3 e VI.6).**

Na classificação dessas áreas foram verificados os critérios definidos pelo Instituto Geológico (COLLARES, 2000), para relacionar as principais mudanças no meio físico observadas (Tabela 6), ou seja: formação de cavas abandonadas (submersa ou seca); com retirada do solo superficial; com desmatamento; presença de processos erosivos; assoreamentos das drenagens; comprometimento da vegetação na planície de inundação ou mata ciliar e alteração do perfil hídrico.

Levando em consideração as alterações decorrentes da atividade de mineração, esta unidade foi separada e classificada, como uma unidade geológico-geotécnica, de acordo com os seguintes aspectos:

- Mudanças no perfil de solo;
- Mudanças no nível d'água;
- Mudanças na topografia;
- Compactação do solo, com diminuição da permeabilidade;
- Instalação de processos erosivos nas encostas dos taludes.

Dessa forma, foram separadas e catalogadas 11 áreas de ocorrência da Unidade VI (Apêndices 2 e 3), conforme classificadas e descritas na Tabela 12.

O perfil de solo encontrado nessa área apresenta significativa mudança em relação a sua unidade de origem. Devido a abertura das cavas, esses solos são condicionados a dinâmica atuante no local, ou seja, o solo é exposto a novos condicionantes que influenciam diretamente no local gerando erosão. (Foto 18).

Associado às cavas, foram mapeadas as pilhas de bota-fora (Apêndice 3). Segundo as classificações de Oliveira apud Perloggia (1998) e Flaming & Flaming (1989) as pilhas de bota-fora desta unidade podem ser classificadas como depósitos tecnogênicos construídos, do tipo espólico e do tipo gárbico.

Depósitos construídos do tipo espólico, que são representados por materiais terrosos escavados e redepositados, que incluem o material na forma de bota-fora de mineração (Fotos 19 e 20), e os depósitos construídos do tipo gárbico, que abrangem todo material detrítico com lixo orgânico de origem humana e que, apesar de conter artefatos em quantidades muito menores que a dos materiais úrbicos, são suficientemente ricos em matéria orgânica para gerar metano em condições anaeróbicas, na área são representados por uma cava preenchida por lixo (aterro controlado do município, Apêndice 3), conforme ilustrado na Foto 21.

UNIDADE	SUB-UNIDADE	LOCAL	CARACTERISTICAS	PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA	PROCESSOS INSTALADOS E PROBLEMAS ASSOCIADOS
Unidade VI – Áreas modificadas pela atividade de mineração	VIa - Unidade V modificada (aluviões)	<b>VIa.3A</b> A norte da sede do município de Estiva-Gerbi próximo ao novo bairro até a estrada de terra no lixão.	Possui forma irregular e compreende uma grande área de atividade minerária encontra-se inserida dentro da unidade V modificada, composta por 3 áreas de bota-foras, 1 grande cava seca e 2 submersas, e uma áreas de transição de caminhos, as leiras e as cavas possuem considerável expressão, ocupam aproximadamente 60% da área. Os solos encontram-se, nos bota foras, nesta região uma das cavas (apêndice 3) está sendo usada como aterro controlado.	O nível d'água encontra-se a 7 metros de profundidade	Processos erosivos
		<b>VIa.3B</b> 400 metros da sede do município seguindo pela antiga estrada de ferro sentido Aguai	Possui forma irregular é composto por uma grande cava parcialmente submersa em forma irregular e um grande bota-fora com forma de feto, esse bota fora possui uma altura média de 6 a 8 metros de altura, composto por vários materiais, desde solo a restos de minério, parte deste bota-fora está reflorestado, enquanto a outra metade encontra-se construções de moradia.	O nível d'água está aflorante no interior da cava	Processos erosivos nas encostas dos taludes, mudança na topografia.
		<b>VIa.3C</b> aproximadamente 500 metros da cidade de Estiva-Gerbi na antiga estrada de ferro sentido ao município de Aguai.	Apresenta forma do mapa do brasil e está inserida na unidade II modificada, apresenta um conjunto de cavas submersas e elevações de bota-foras, as cavas possuem forma de elipses com e os bota-foras formam grandes cones de variada tonalidade com aproximadamente 10 metros altura.	O nível d'água é aflorante nas cavas submersas.	Processos erosivos instalados, taludes instáveis e mudança na topografia
		<b>VI.4</b> região NE da sede do município, passando pelo bairro novo	Caracteriza-se por apresenta forma irregular e está inserida na unidade II modificada, apresenta uma grande cava seca em forma de elipse, com 3 grandes conjuntos de bota-foras, O primeiro apresenta reflorestamento com pequena mudança de topografia enquanto os outros dois apresentam forma parecida de um quadrado, com significante mudança na topografia da região, apresenta estratificação de solo porém pouco espesso variando nas cores vermelho, marrom e amarelo	O nível d'água está presente a aproximadamente 8 metros	Processos erosivos, mudança na topografia
		<b>VI.7</b> Na plantação de laranja da fazenda Cercado Grande, situado NE da sede do município.	Caracteriza-se por apresentar uma cava submersa, em forma de um quadrado, possui uma pequena área de transição em torno da cava	O nível d'água encontra-se aflorante.	processos erosivos e taludes instáveis
		<b>VIa.9</b> Fazenda do Sr. Benedito Cortez	Representada por duas cavas abandonadas a mais de 20 anos, possui forma irregular composta por duas cavas secas com forma irregular e uma grande área de compactação do solo, inserida nas unidades II modificada e V modificada.	o nível d'água a 10 metros de profundidade	Processos erosivo, taludes instáveis
		<b>VIa.10</b> na região N do município próximo a divisa	Área de antiga cava, material extraído por desmonte mecânico produzindo grande talude, possui forma arredondada com região de transição de caminho	O nível d'água encontra-se a 8 metros de profundidade aproximadamente	Processos erosivos instalados, Talude instável, solo compactado
		<b>VIa.11</b> Olaria dos Correias.	Pequena faixa onde se encontra o estoque de argila com forma cônica inserida na unidade V modificada.	Não verificado	Processos erosivos e mudanças na topografia
	VIb - Unidade II modificada (solos/argilitos da Formação Aquidauana)	<b>VIb.1</b> Próximo ao distrito industrial de Estiva Gerbi,	cava associada a unidade V modificada, encontra-se na planície de inundação do Rio Oriçanga e Ribeirão Anhumas, antiga cava de extração de argila e areia pertencente a Cerâmica Gerbi, apresenta- forma irregular representadas por 5 cavas submersas e parcialmente recuperadas	A cava apresenta uma profundidade aproximada de entre 5 e 10 metros	Assoreamento e enchentes
		<b>VIb.2</b> Região central da área de estudo, próximo a linha Férrea a aproximadamente 1.000 metros da sede do município.	Possui forma irregular, encontra-se com uma cava na região central da unidade, no mapa encontra-se 1 bota-fora e uma antiga leira de secagem na parte mais a sul na forma de tubo alongado com, mineração pertencente a Chiarelli Mineração, ocorre a formação de taludes de notável altitude, instáveis próximo a linha férrea.	O nível d'água encontra-se entre 1 e 4 metros de profundidade	Processos erosivos nas encostas do taludes,, compactação do solo devido a movimentação de veículos
		<b>VIb.5</b> Na região NW da sede do município de Estiva Gerbi, acerca de 1200 m de distância.	caracteriza-se por apresentar forma irregular com um conjunto de 5 cavas submersas, muito antigas praticamente estáveis,. Inserida na unidade V modificada.	O nível d'água encontra-se aflorante na região das cavas.	Processos erosivos.
		<b>VIb.6</b> Sítio do Sr Márcio Quintiliano, logo a frente da cava da Chiarelli.	Caracteriza-se por apresentar forma de uma bota e está inserida na unidade V modificada, possui um conjunto de 4 cavas submersas de forma arredondada e de vários tamanhos, possui também um conjunto de 3 leiras para secagem na forma de tubos alongados possui solo aluvionar típico da unidade em que está inserida	O nível d'água apresenta-se a 1 metros de profundidade nos locais mais elevados,	Processos erosivos, mudança na topografia e assoreamento
		<b>VIb.8</b> Faz da Lanzi, na estrada interna que liga Estiva Gerbi a Espírito Santo do Pinhal	Possui forma irregular e está inserida na unidade II modificada, apresenta um conjunto de 2 cava, sendo uma submersa e outra seca e dois bota-foras, grande área de preservação permanente. As cavas possuem forma irregular com grandes taludes, seu solo é pouco espesso de coloração vermelho claro, bastante compactado no local de circulação de caminho. Os Bota Fora foram reflorestados e pouco compactado	O nível d'água encontra-se aflorante na cava submersa e a 5 metros de profundidade na cava seca.	Processos erosivos, instabilidade de Talude, mudança na topografia e assoreamento.

Tabela 12 – Descrição das áreas de mineração de acordo com o apêndice 3.





**Foto 18: Perfil de solo da Unidade VI** – O perfil de solo em cava abandonada na região central do município, exposto à dinâmica superficial (ponto EG 3).



**Foto 19: Pilha de bota-fora** classificada como camada construída do tipo espólio. Notar casa instalada no alto do bota-fora. (Ponto EG 114)



**Foto 20:** Pequenas pilhas de Bota-fora com detritos urbanos caracterizando um depósito construído do tipo espólico. (ponto EG 114)

Estas cavas, via de regra, estão abandonadas. As localizadas nas proximidades da cidade são utilizadas de formas variadas, uma como pesqueiro (ponto 114), outra como aterro controlado dos resíduos urbanos, neste caso, configura-se um sério problema ambiental para o município, agravado pela proximidade com a cidade e pela presença de catadores e de urubus (ponto EG 3, Foto 21).



**Foto 21:** Como se pode observar na foto, o lixo é jogado e depois enterrado, passando antes pelos catadores, urubus no canto esquerdo da foto (ponto EG 3).

## **VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES**

A etapa geral, ou primeira etapa, do método do detalhamento progressivo mostrou-se uma ferramenta eficaz aplicada ao mapeamento do Município de Estiva Gerbi, tendo como produto um mapa geológico-geotécnico na escala 1:25.000.

Para a definição e classificação das unidades, foram correlacionados dados de geologia, geomorfologia e perfil de solo, obtidos através de pesquisa bibliográfica, fotointerpretação e trabalhos de campo. Com o cruzamento destes dados informações a área de estudo foi dividida em 6 unidades geológico-geotécnicas, com características particulares:

- **Unidade I:** Solo areno-argiloso e arenitos da Formação Aquidauana, em relevo de média vertente;
- **Unidade II:** Solo argiloso e argilitos da Formação Aquidauana, em situação de média e baixa vertente;
- **Unidade III:** Solo Coluvionar e cobertura Cenozóica Indiferenciada, em situação de meia encosta;
- **Unidade IV:** Solo residual e cobertura Cenozóica Indiferenciada de topo de colinas amplas;
- **Unidade V:** Solo aluvionar de planície de inundação;
- **Unidade VI:** Áreas modificadas pela atividade de mineração.

Desta forma, o mapa geológico-geotécnico integra, numa base topográfica 1:25.000, as informações geológicas, geomorfológicas e pedológicas levantadas.

A unidade geológica com maior área de ocorrência é a Formação Aquidauana, com destaque para a presença de lamitos, que afloram praticamente em toda a área. Subordinados e interdigitados ocorrem arenitos. As coberturas cenozóicas ocorrem, discordantemente, sobre a Formação Aquidauana. Nos fundos de vales existem depósitos aluvionares, com argilas e areias.

Geomorfologicamente, ocorrem relevos de degradação em planaltos dissecados, são pertencentes a duas classes: de colinas amplas, classe 212 e colinas médias, classe 213.

Como Estiva Gerbi se desenvolveu principalmente pela atividade mineraria, os passivos ambientais, deixados pelas empresas de mineração, mostram uma mudança



significativa na paisagem, caracterizada pela presença de cavas e pilhas de bota-fora. Estas áreas foram definidas como uma unidade denominada de “Unidade VI - Áreas modificadas pela atividade de mineração.

A Unidade VI foi identificada e mapeada em onze áreas distintas, conforme a distribuição das antigas lavras. Esta unidade possui uma área total de 3,5 km<sup>2</sup>, correspondendo a 3,6 % da área total do município, mostrando, com isso, a importância de sua individualização, mapeamento e caracterização preliminar.

Como cerca de 80% das áreas da Unidade VI encontra-se na área peri-urbana do Município de Estiva Gerbi, fica clara a importância da caracterização detalhada dessas áreas. Alguns usos e destinações verificados, como pesqueiro e depósito de lixo, demonstram problemas já existentes.

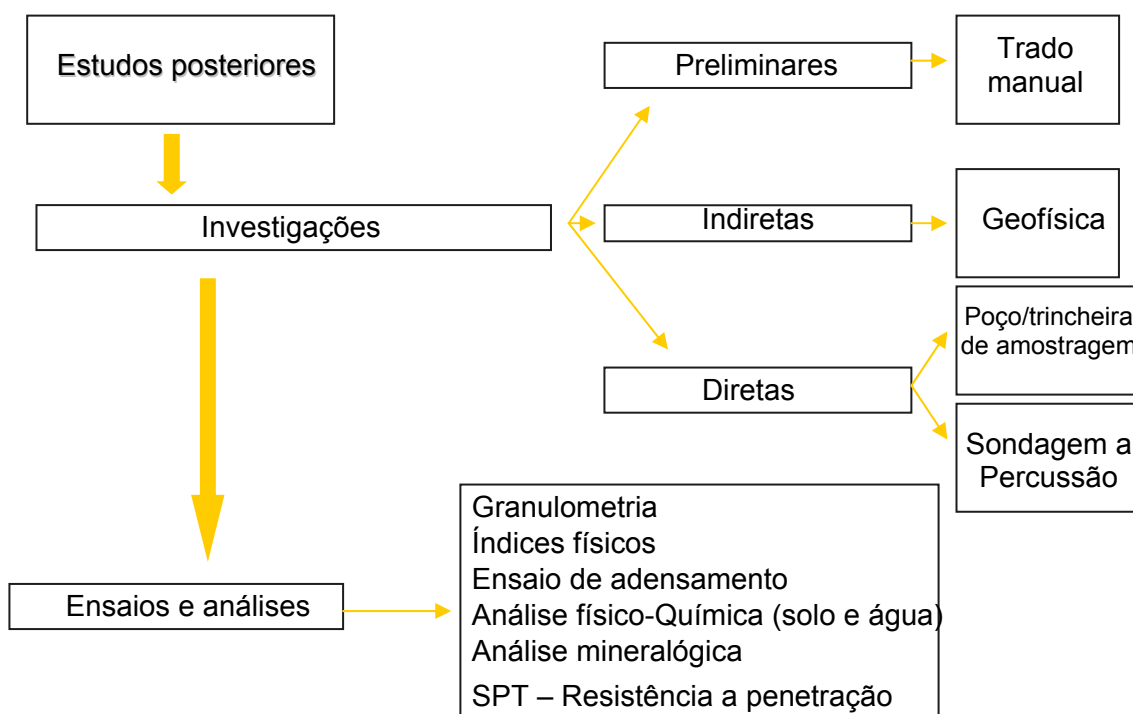
Segundo classificação existente na literatura, as pilhas de bota-fora foram classificadas como depósitos tecnogênicos construídos do tipo espólio.

O mapeamento geológico-geotécnico do Município de Estiva Gerbi destacou a presença das cavas e bota-fora como uma unidade cartografada na escala 1:25.000..

Desta forma, esta etapa geral selecionou dentro da área total do Município de Estiva Gerbi (96 km<sup>2</sup>) e indica para estudos mais detalhados e específicos uma área de 3,5 km<sup>2</sup>. Essas áreas são indicadas para estudos caracterização geotécnica de semi-detalle e detalle (Método do Detalhamento Progressivo, Zaine, 2000), voltada para a recuperação das áreas degradadas pela atividade de mineração e orientar novas formas de reutilização ou destinação

Para os estudos de semidetalle, é indicado o mapeamento, na escala 1:10.000 ou 1:5.000, com medidas e quantificação de alguns atributos, com objetivo da avaliação da suscetibilidade aos processos geológicos (erosão, assoreamento, inundações, colapso do solo) e avaliação de adequabilidade à possíveis intervenções (escavações, retaludamentos, fundações, obras de recuperação ambiental, disposição de resíduos). Os produtos cartográficos desta etapa são: mapas de declividade, profundidade do nível d'água subterrâneo e coberturas superficiais.

A partir desta etapa de semi-detalle, para a possível utilização de cada uma destas áreas modificadas pela extração de argila, deverão ser previstas investigações detalhadas e uma série de ensaios de laboratório com a quantificação de atributos específicos (Resistência à penetração, análises mineralógicas, granulométricas e físico-químicas de solos e água).



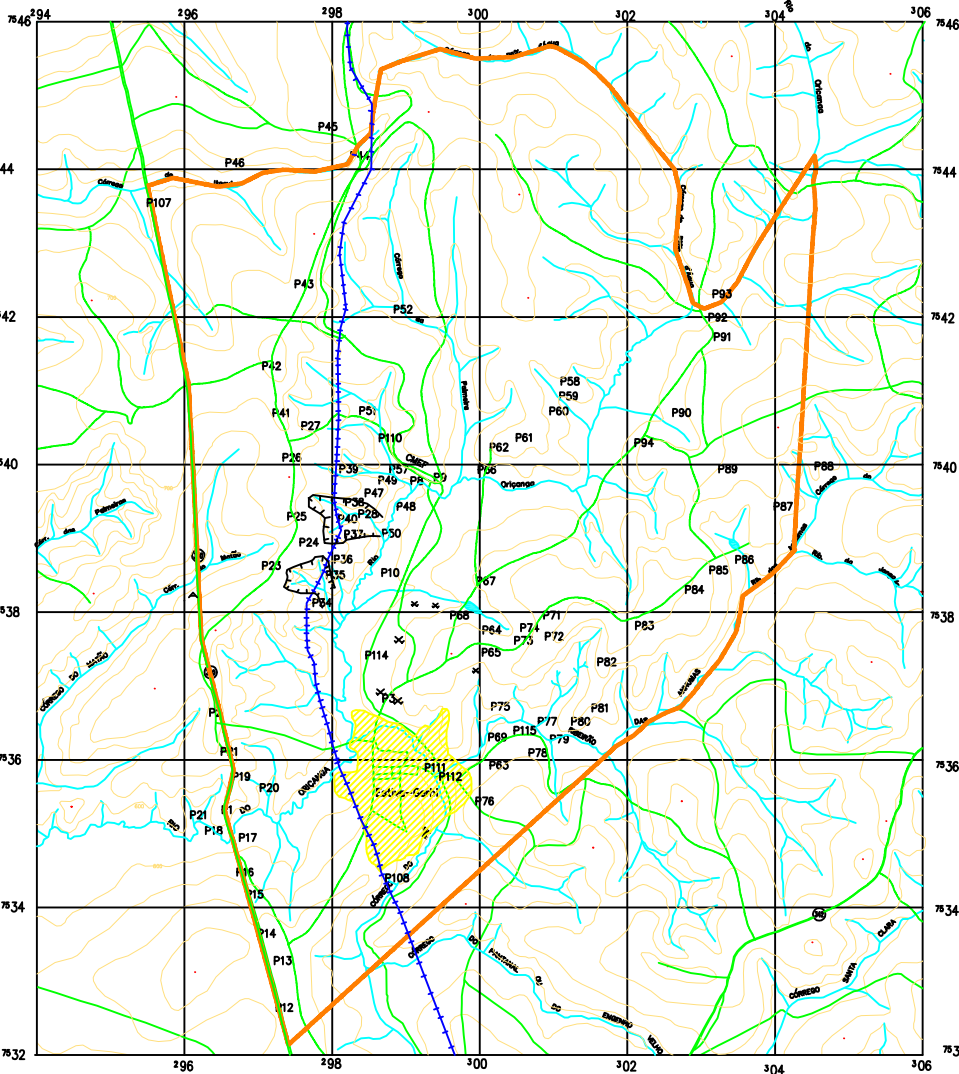
**Figura 6:** Esquema de estudos posteriores para caracterização da área em escala de semidetalhe e detalhe.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, R.L. Zoneamento geotécnico geral do Distrito Federal: procedimentos metodológicos e sua inserção na gestão ambiental. São Carlos, SP. 2v. (Tese de Doutorado - Escola de Engenharia de São Carlos – USP). 1997.
- ALMEIDA, F.F.M. de. Fundamentos geológicos do relevo paulista. *Boletim Instituto Geográfico e Geológico*, **41**: 169-263. 1964.
- ALMEIDA, F.F.M. de. Contribuição à geologia dos Estados de Goiás e Mato Grosso. Notas preliminares e estudos. *Divisão de Geologia e Mineralogia*, Rio de Janeiro, vol. 46, p. 15. 1948
- ANDREW, C.O. & HILDEBRAND, P.E. Planning and Conducting applied agricultural Research. Westview: Boulder, 94p. 1982.
- BARROSO, J.A. *et al.* Geological geotechnical mapping of Rio de Janeiro metropolitan region. 5<sup>th</sup> INTERNATIONAL IAEG CONGRESS, **6**, 1986, V.6, P. 1715-1724. Buenos Aires. 1986
- BARROSO, J.A.; CABRAL, S.; MALTA, C.S. Subsídios geológicos-geotécnicos como apoio ao Plano Diretor do município do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, **7.**, Poços de Caldas, 1993. *Anais ...* São Paulo, p. 167-176.
- BISORDI, M. S. Encerramento e projetos de recuperação ambiental de aterros sanitários. In: SEMINÁRIO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS, RESID'99, São Paulo 1999, Anais. São Paulo, ABGE, 1999, P.69-82.
- BITAR, O.Y. (Coord.). – Curso de geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1995. Capítulo 2 "Geologia de Engenharia e Meio Ambiente", p 5-15. 1995
- CAVALCANTE J. C. *et. al.* Projeto sapucaí: Relatório final de geologia, Brasília, DNPM.1979.
- CAMPBELL, D. J. V. Environmental management of landfill sites. *Journal of the institutional of walter and environmneal management*, v 7, 1993 p.170-174.
- CERRI, L.E.S.; AKIOSSI, A.; AUGUSTO FILHO, O. & ZAINE, J.E. Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração com o emprego do método de detalhamento progressivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, **8.**, Rio de Janeiro, 1996. *Anais...* Rio de Janeiro, ABGE, v2, p. 537-548.
- COLLARES, E. G. Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental dew bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do Rio Capivari - SP. São Carlos, SP. 2v. (Tese de Doutorado – Escola de Empenharia de São Paulo/USP). 2000.
- CORSON, W.H., Manual global de ecologia: o que você precisa saber a respeito da crise do meio ambiente. Trad. de A. G. Camaru, São Paulo, Augustus, 1993 413p.
- COTTAS, L.R. Levantamento geológico-geotécnico para subsidiar o desenvolvimento urbano das cidades de Mogi-Guaçu, Itapira e Mogi-Mirim. Rio Claro-SP. (trabalho de formatura Unesp-Rio Claro). 118 p. 1998.

- CUNHA M. A. & CONSONI A. J. Os estudos no meio físico na disposição de resíduos. In: BITTAR O. Y., coord. Curso de geologia aplicada ao meio ambiente, São Paulo, ABGE/IPT 1995 p.217-227.
- DIAS, R.D. Proposta de metodologia de definição de carta geotécnica básica em regiões tropicais e subtropicais. *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, volume especial, 1995 p.51-55.
- DOYLE, D. Sustainable development: growth without lousing ground. *Journal of soil and water consevation*, v 46, n 1, 1991 p.8-12.
- DUINKER, B. N. & BEANLANDS, G. E. The significance of environmental impacts: an exploration of the concept. *Environmental Management*, New York v10, n 2 1986 p.166-170.
- FAO. Land and water integration and river basin mamagement. Rome. FAO land and water bulletin, n 1, 1995. 81p.
- FORNASSARI FILHO, N. coord. Alterações no meio físico decorrentes de obra de engenharia, São Paulo, IPT (Boletim 61), 1992. 165p.
- GUERRA, S.M.S. – Cartografia geológico-geotécnica de áreas costeiras: o exemplo de Suape – PE. Rio Claro, SP, 2v. (Tese de Doutorado – Instituto de Ciências Exatas/UNESP). 1998
- HABERLEHNER, H. Princípios de mapeamento geotécnico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 20., 1966, Rio de Janeiro. *Anais ...* Rio de Janeiro: SBG, np.37-39.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE. Folha topográfica Aguai SF – 23 – Y – A – III – 1. escala 1:50.000. 1972
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE. Folha topográfica Mogi-Guaçu SF – 23 – Y – A – III – 3. escala 1:50.000. 1972
- INSTITUDO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT . Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo – escala 1:1.000.000. São Paulo. 2v. (IPT. Séries monográficas). 1981.
- INSTITUDO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT . Mapa Geológico do Estado de São Paulo – escala 1:500.000. São Paulo. 2v. (IPT. Séries monográficas). 1981.
- IG – Instituto Geológico. Subsídios do meiofísico geológico ao planejamento do municipio de Campinas - SP. Programa Cartas Geológicas e Geotécnicas para planejamento ambiental na região entre Sorocaba e Campinas. secretaria do Meio ambiente do Estado de São Paulo. (CINP) (Relatório Técnico). 2v 1993. p187-202.]
- KERTZMAN, F. F., GOUVEIA, M. I. F., MANO, V.G.T. Orientações para o combate da erosão no Estado de São Paulo. IPT/DAEE, V1. São Paulo. IPT.1991. 102p.
- LEOPOLD, L. V., CLARKE, F. S., HANSHAL, B. B., BASLEY, J. R. A procedure for evaluating environmental impact. United State of Geological Survey. Circ 645, Washington, DC. 1971. 13p.
- MASCARENHAS, G. R. Aspectos ambientais na elaboração do plano de aproveitamento econômico (PAE), In: SIMPÓSIO EPUSP SOBRE SOBRE CONTROLE AMBIENTAL E SEGURANÇA EM MINERAÇÃO, São Paulo, 1989. p177-187.
- OLIVEIRA, A. M. S. Depósitos Tecnogênicos associados à erosão atual. In: *Atas do Congresso Brasileiro de Engenharia*. Salvador: ABGE, 1990, v. 1, p. 411-415.

- PELOGGIA, A. *O Homem e o Ambiente Geológico*. São Paulo: Xamã, 1998. 271 p.
- PHILIPPI Jr, A. Agenda 21 e resíduos sólidos. In: SEMINÁRIO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS, RESID'99, São Paulo 1999, Anais. São Paulo, ABGE, 1999, p. 15-26.
- PRANDINI, F.L.; NAKAZAWA, V.A.; FREITAS, G.C.L. de & DINIZ, N.C. Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais. In: BITTAR, O.Y. (coord). 1995. *Curso De Geologia Aplicada Ao Meio Ambiente*. ABGE/IPT-DIGEO. São Paulo. Série Meio Ambiente. P. 187-202.
- SETZER, J. Atlas Climático do Estado de São Paulo. Secretaria da Agricultura, São Paulo. 1976.
- ROHDE, G. M. *Epistemologia Ambiental: uma abordagem filosófico-científica sobre a efetuação humana alopoiética*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1996. 234 p.
- SALOMÃO, F. X. T., IWASA, O. Y. Erosão e ocupação rural e urbana. In: BITAR, O. Y., coord. curso de geologia aplicada ao meio ambiente, São Paulo, ABGE/IPT, 1995, p. 31-57.
- SEAGER, J., JONES, F., RUTH, G. Assessment and control of farm pollution. *Journal of institutional of water and environmental management*, v. 6, 1992, p. 48-54.
- SUERTEGARAY, D. M. A. Geomorfologia: novos conceitos e abordagens. In: *Anais do VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Fórum Americano de Geografia Física Aplicada*. Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná, 1997, p. 24-29.
- TER-STEPANIAN, G. Beginning of The Technogene. In: *Bulletin of The International Association of Engineering Geology*. Nº 38. France: IAEG, 1988, p. 133-142.
- TOMMAZI, L.R. Estudo de impacto ambiental. CETESB, São Paulo, 355p. 1994.
- WERNICK, H. & PENALVA, F. As relações entre os grupos Amparo e Itapira, São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, Aracaju, 1973. *Res. Comunicações...* Aracaju. SBG, p. 116-117(bol. 1)
- VARGAS, M. Origem e Desenvolvimento da Geotecnologia no Brasil. Quipo, São Paulo, 1985. v.2, n.2, p. 263-279.
- ZAINE, J.E. Cartografia geotécnica por meio da sistemática do detalhamento progressivo. Rio Claro, SP. (Exame de Qualificação para doutorado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP). 1997.
- ZAINE, J.E. Mapeamento Geológico-Geotécnico por Meio do Método do Detalhamento Progressivo: Ensaio de Aplicação na Área Urbana do Município de Rio Claro (SP). Rio Claro, SP. 1v. (Tese de Doutorado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP). 2000.
- ZUQUETTE, L.V. Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras. São Carlos, SP. (Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos – USP). 1987.
- ZUQUETTE, L.V. Importância dos estudos geológico-geotécnicos para a disposição de rejeitos urbanos. In: SIMPÓSIO SOBRE BARRAGENS DE REJEITO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS, 2, Rio de Janeiro 1991, anais Rio de Janeiro - RJ. v. 1, 1991, p. 367-377.
- ZUQUETTE, L.V. Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração. São Carlos, SP. 2v. (Tese de Livre Docência – Escola de Engenharia de São Carlos – USP). 1993.
- ZUQUETTE, L.V. & GANDOLFI, N. Mapeamento geotécnico da região de Campinas (SP, Brasil) e sua importância par ao planejamento territorial. *Geociências*, São Paulo, 1992. 11(2); p. 191-206.

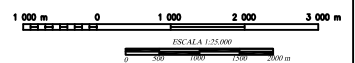


LEGENDA

CONVENÇÕES TOPOGRÁFICAS

- |  |                                |  |                               |
|--|--------------------------------|--|-------------------------------|
|  | Área urbana de Estiva Gerbi    |  | Curvas de nível               |
|  | Drenagem                       |  | Estados de ferro              |
|  | Rodovias estaduais             |  | Pontos de controle realizados |
|  | Fronteira municipal e de terra |  | Lagoas                        |
|  | Limite de município            |  |                               |

ESCALA 1:50 000



DECLINAÇÃO MAGNÉTICA 1972  
E CORREÇÃO SEMANA  
DO CENTRO DA FOLHA

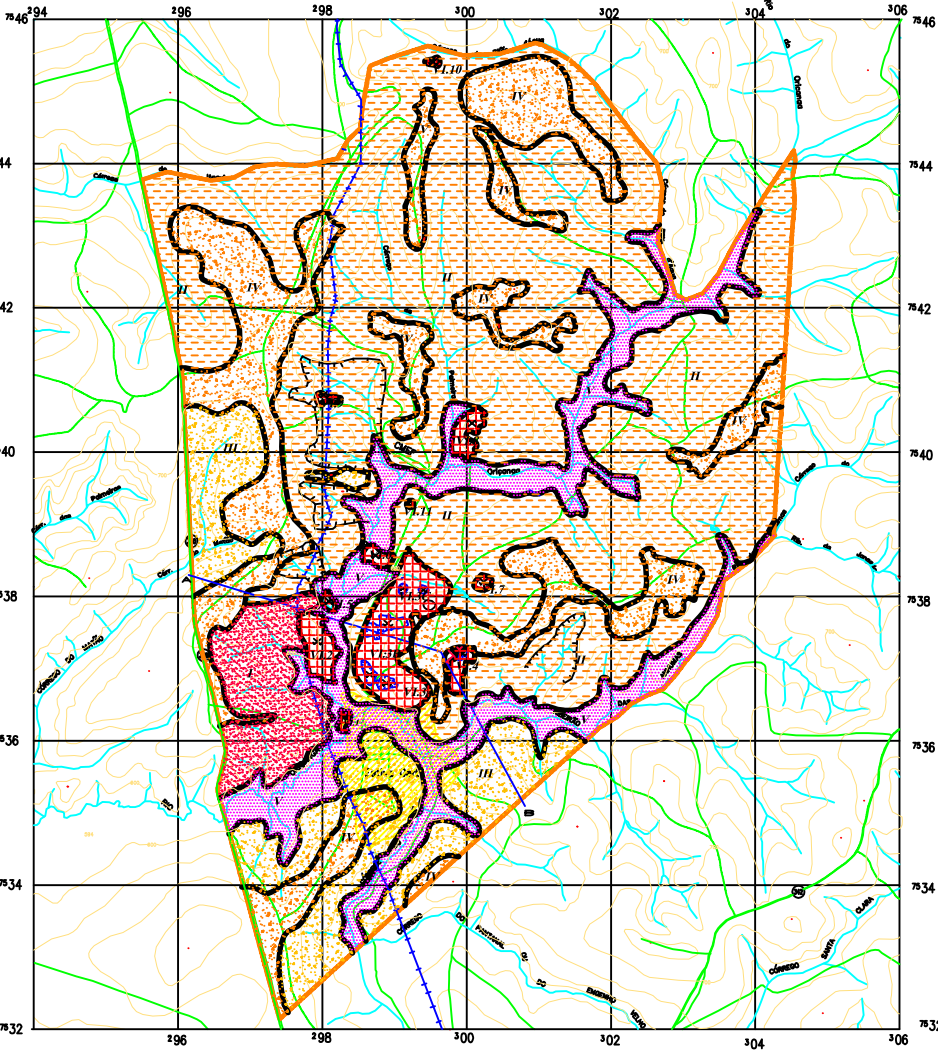


APÊNDICE I  
MAPA DE PONTOS

Dissertação de Mestrado  
IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DE CAVAS E  
PILHAS DE BOTA-FORA DE MINERAÇÃO COMO  
UNIDADE GEOLOGICO-GEOTÉCNICA NO  
MUNICÍPIO DE ESTIVA-GERBI (SP)

Mestrando: Luciano Willen Cândido  
Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine





LEGENDA

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Contatos Geológicos
- Abandonadas de caverna
- Cavaras de mineração
- Mina abandonada
- Mina ativa

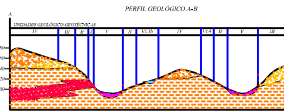
CONVENÇÕES TOPOGRÁFICAS

- Área urbana de Estiva-Gerbi
- Rodovias existentes
- Estradas municipais e de terra
- Limite de município
- Curvas de nível
- Estradas de ferro
- Lagos
- Drenagens

UNIDADES GEOLOGICAS/CONTATOS	CONVENÇÕES TOPOGRÁFICAS	GEOLÓGICAS	TOPOGRÁFICAS	LEGENDA	DESCRIÇÃO
					Área urbana de Estiva-Gerbi
					Rodovias existentes
					Estradas municipais e de terra
					Limite de município
					Curvas de nível
					Estradas de ferro
					Lagos
					Drenagens

LEGENDA

- Calha do rio
- Cava abandonada
- Contatos geológicos
- Aluvião
- Terciário-Quaternário
- Fm Aquidauana



E. V. - 1:1.000  
E. H. - 1:25.000

ESCALA 1:25.000



REGULAMENTO NORMATIVO 1979  
E CONDIÇÕES NORMATIVAS  
DO CENTRO DA FILMIA



APÊNDICE 2

MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO






Dissertação de Mestrado

IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DE CAVAS E  
PILHAS DE BOTA-FORA DE MINERAÇÃO COMO  
UNIDADE GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA NO  
MUNICÍPIO DE ESTIVA-GERBI (SP)

Mestrando: Luciano Willen Cândido  
Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine



LEGENDA

-  Limite da áreas modificadas pela atividade de mineração (unidade VI)
-  Áreas modificadas
-  pilhas de bota-fora
-  Cava submersa
-  Cava seca



APÊNDICE 3

DETALHE DAS ÁREAS MODIFICADAS POR ATIVIDADE DE MINERAÇÃO (UNIDADE VI)

Dissertação de Mestrado

IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DE CAVAS E PILHAS DE BOTA-FORA DE MINERAÇÃO COMO UNIDADE GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA NO MUNICÍPIO DE ESTIVA-GERBI (SP)

Mestrando: Luciano Willem Cândido  
Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine