

GUILHERME BOAVENTURA OLIVEIRA

**MAPEAMENTO ÁREAS SUSCEPTÍVEIS PARA  
IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO  
MUNICÍPIO DE RIO CLARO, SP.**

*Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de  
Formatura do Curso de Graduação em Engenharia  
Ambiental do Instituto de Geociências e Ciências Exatas –  
Unesp, Campus de Rio Claro (SP), como parte das  
exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de  
Formatura no ano letivo de 2008*

Orientador: Prof. Dr. Marcus César Avezum Alves de Castro

Rio Claro (SP)  
2008

GUILHERME BOAVENTURA OLIVEIRA

**MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS PARA  
IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO  
MUNICÍPIO DE RIO CLARO, SP.**

*Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de  
Formatura do Curso de Graduação em Engenharia  
Ambiental do Instituto de Geociências e Ciências  
Exatas – Unesp, Campus de Rio Claro (SP), como  
parte das exigências para o cumprimento da disciplina  
Trabalho de Formatura no ano letivo de 2008*

Orientador: Prof. Dr. Marcus César Avezum Alves de Castro

Rio Claro (SP)  
2008

604.6 Oliveira, Guilherme Boaventura  
O48m Mapeamento de Áreas susceptíveis para implantação de  
aterro sanitário no município de Rio Claro, SP. / Guilherme  
Boaventura Oliveira. - Rio Claro: [s.n.], 2008  
51 f. : il., tabs., figs., fots.

Trabalho de conclusão (Engenharia Ambiental) –  
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e  
Ciências Exatas

Orientador: Marcus César Avezum Alves de Castro

1. Resíduos. 2. Engenharia sanitária. 3. Resíduos sólidos  
domiciliares. 4. Impactos ambientais. I. Título.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais pelo grande suporte emocional e financeiro que me deram em toda minha vida. Esses dois são responsáveis por ensinamentos fundamentais que serão lembrados por resto de minha vida e, com certeza, serão ensinados para seus netos. OBRIGADO! Silvio e Letisia por estarem sempre conosco. Aos meus irmãos Fernando, Eduardo e Flávio pela família que formamos.

Agradecer Tia Edinha por ser minha guardiã em Rio Claro. Pelo seu amor de mãe comigo. Desculpa se às vezes não fui muito presente, mas jamais esquecerei o que fizeram por mim. OBRIGADO! Tio Giovane, meus primos Priscila e Victor Hugo.

Ao professor e orientador Marcus Castro pela imensa paciência, compreensão e dedicação. E por ter passado um pouco de seu conhecimento para realização deste trabalho.

Em especial, a República CAENGA. OBRIGADO! Rolha, Puff, Calango, Pet, Cabeção, Xororo, Rodox e Cabron. Vocês não foram meus amigos de infância, mas com certeza serão meus grandes amigos de coração para o resto de minha vida. Momentos inesquecíveis que vivemos dentro desta república e fora dela. Foi um grande aprendizado morar com vocês.

Um grande abraço a Turma de 2003 do curso de Engenharia Ambiental. Que maravilhosos e engraçados 5 anos que passamos. Mas, em especial as meninas que sempre estarão comigo, Gabriela, Renata, Marissa e Carol. OBRIGADO! Por ter me ajudado em vários momentos de dificuldade e sem vocês a graduação não seria a mesma,

Ao MINERO da ecologia por ter tido a imensa paciência de ensinar os comandos do AutoCad para confecção dos mapas.

A prefeitura de Rio Claro, em especial, a Secretaria de Planejamento, Desenvolvimento e Meio Ambiente pelas as informações passadas, pois estas foram de grande importância.

## SUMÁRIO

Página

<b>1 - INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	12
2.1 Objetivo geral.....	12
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
3.1. Resíduos sólidos: Definição e classificação.....	13
3.1.1. Definição.....	13
3.1.2 Classificação .....	13
3.1.3 Gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares .....	15
3.1.4 Definição de Aterro Sanitário .....	16
3.1.5 Legislação .....	16
3.1.6 Visão geral de um aterro sanitário .....	18
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	19
4.1 Revisão Bibliográfica e Levantamento dos Critérios de Interesse para Seleção de Aterro Sanitário .....	20
4.2 Seleção e definição dos critérios e atribuições de conceitos.....	20
4.3 Utilização do software AutoCad como ferramenta.....	21
<b>5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	22
5.1. Localização .....	22
5.2. Hidrologia .....	23
5.3. Geologia Local.....	24
5.5. Aspectos Climáticos.....	27
5.6. Aspectos Geomorfológicos .....	27
5.7. Cobertura Vegetal .....	28
5.8. Características Geotécnicas.....	29
<b>6. AVALIAÇÃO DE NOVAS ÁREAS PARA LOCAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO</b> .....	31
6.1. Seleção Preliminar das Áreas Disponíveis.....	32
6.2. Critérios de seleção .....	33
6.2.1. <i>Critérios Técnicos</i> .....	33
6.2.1.1 Uso do solo.....	33
6.2.1.2 Proximidades a cursos d'água relevante.....	33
6.2.1.3 Proximidades a núcleos residenciais urbanas .....	33
6.2.1.4 Proximidade de aeroportos.....	33
6.2.1.5 Distância do lençol freático.....	33
6.2.1.6 Vida útil mínima .....	34
6.2.1.7 Permeabilidade do solo natural .....	34
6.2.1.9 Facilidade de acesso de veículos pesados .....	34
6.2.1.1' Disponibilidade de material de cobertura .....	34
6.2.2 <i>Critérios econômicos – financeiros</i> .....	34

6.2.2.1 Distância ao centro geométrico da coleta .....	34
6.2.2.2 Custo com a manutenção do sistema de drenagem.....	35
6.2.3 <i>Critérios políticos – sociais</i> .....	35
6.2.3.1 Distância de núcleos urbanos de baixa renda.....	35
6.2.3.2 Acesso à área através de vias com baixa densidade de ocupação.....	35
6.3. Levantamentos de dados gerais.....	36
6.4. Pré-seleção de Áreas .....	36
<b>7. ATERRO ATUAL DO MUNICÍPIO DE RIO CLARO</b> .....	41
<b>8. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	45
<b>9. CONCLUSÃO</b> .....	50
<b>10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	50

## LISTA DE FIGURAS

página

<b>FIGURA 1:</b> MAPA DE LOCALIZAÇÃO DE RIO CLARO .....	23
<b>FIGURA 2:</b> LOCALIZAÇÃO DA UGRHI 5 NO ESTADO DE SÃO PAULO .....	24
<b>FIGURA 3:</b> COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO PARANÁ NA REGIÃO DE RIO CLARO .....	25
<b>FIGURA 4:</b> MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS PORÇÕES GEOTÉCNICAS .....	31
<b>FIGURA 5:</b> IMAGEM DO ATUAL ATERRO DE RIO CLARO, SP .....	42
<b>FIGURA 6:</b> PERFIL ILUSTRATIVO DOS PATAMARES DO ATERRO.....	44
<b>FIGURA 7:</b> ESBOÇO DA ÁREA DO ATERRO .....	45

## LISTA DE TABELAS

página

<b>TABELA 1:</b> HISTÓRICO DOS ÍNDICES DE QUALIDADE DE ATERROS DE RESÍDUOS DO MUNICÍPIO DE RIO CLARO.....	12
<b>TABELA 2:</b> CÁLCULO DO VOLUME TOTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES GERADOS EM 15 ANOS.....	43
<b>TABELA 3:</b> CÁLCULO DO TAMANHO (M <sup>2</sup> ) E VOLUME (M <sup>3</sup> ) DOS PATAMARES.....	44
<b>TABELA 4:</b> ÁREAS SUSCEPTÍVEIS NO MUNICÍPIO DE RIO CLARO.....	47
<b>TABELA 5:</b> ÁREAS DE BAIXA APTIDÃO DO MUNICÍPIO DE RIO CLARO .....	47
<b>TABELA 6:</b> AS ÁREAS SELECIONADAS DO MUNICÍPIO DE RIO CLARO.....	49



## **LISTA DE ANEXOS**

**ANEXO 1:** CARTA DE ÁREAS SUCEPTÍVEIS PARA ALOCAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE RIO CLARO

**ANEXO 2:** MAPA GEOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE RIO CLARO

**ANEXO 3:** MAPAS DE SOLOS DO MUNICÍPIO DE RIO CLARO

## **LISTA DE ABREVIACÕES**

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

IGCE – INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

NBR – NORMA BRASILEIRA REGISTRADA

RSD – RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES

RSU – RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

SEMA – SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE

UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

CEMPRE - COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

IQR - ÍNDICES DE QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS

CNEN - COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR

ASA - ÁREA DE SEGURANÇA AEROPORTUÁRIA

## **RESUMO**

A disposição inadequada dos Resíduos Sólidos Domiciliares é um dos maiores problemas ambiental. A falta de uma política pública de longo prazo faz com que esse problema se torne um grande desafio para os administradores. A seleção de áreas para disposição final dos resíduos é uma tarefa muito difícil e este trabalho busca aprofundar nos critérios a serem analisados para que se possa escolher uma área apta para instalação de um aterro sanitário, minimizando os impactos ambientais. Nesse sentido, foram avaliadas as áreas no Município de Rio Claro que estejam de acordo com os critérios ambientais.

As áreas consideradas susceptíveis e de baixa aptidão deverão ter um estudo mais aprofundado como trabalho de campo, avaliação e ponderação dos critérios avaliados para que não haja desperdício financeiro, perda de trabalho, impacto social e ambiental na área. Essas áreas foram baseadas em dados secundários como, por exemplo, a formação geológica e pedológica e estudos primários como a constatação da realidade com a do mapa deverão ser feitos para que possa obter resultados com maior detalhamento.

**Palavras-chave:** Resíduos Sólidos Domiciliares; impactos ambientais; disposição final;

## **ABSTRACT**

The inadequate disposal of municipal waste is one of the biggest environmental problems. The lack of long public politics makes this problem a challenge to their administrators. Finding a place for the disposal of waste is an easy task and the present work looks forward to a better understanding about the concepts involved in order to choose favorable areas for the development of sanitary landfills, minimizing environmental impacts. In this line of thought several areas in Rio Claro`s region were evaluated according to the environmental terms.

The areas which were classified as good or almost good will have a more elaborated study such as field works, evaluation and understanding of the concepts analyzed so that there aren't any waste of money, work, social and environmental waste in the area. These areas were analyzed according to secondary data such as geological and pedological formation and primary studies such as the assumption of the reality as showed in the map will be made in order to acquire better results.

**Key-words:** Domestic solid waste; environmental impacts; waste disposal;

## 1 - INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por tema a questão dos Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD) gerados pelos municípios e a grande dificuldade de alocar um aterro sanitário, que a cada dia vem aumentando devido à alta taxa de consumo e de produção. Com esse aumento significativo da quantidade de resíduos as alternativas de áreas para disposição do RSD tende ficar escassa. E os mesmos quando depositados de forma incorreta proporciona uma série de problemas no meio ambiente, como a poluição do solo, água e ar.

A disposição final dos resíduos se constitui num dos problemas mais sérios da atualidade, pois está diretamente associada à qualidade ambiental e à saúde pública. Nesse contexto, países subdesenvolvidos (e em desenvolvimento) apresentam situação mais crítica, pois nestes ainda predominam formas inadequadas de disposição, como lixões e aterros controlados (LINO, 2007).

No Brasil a situação dos resíduos sólidos domiciliares é preocupante por causa do contínuo crescimento de geração, principalmente na área urbana, limitações financeiras e da descontinuidade de programas administrativos e políticos.

A maioria dos municípios brasileiros dispõe seus Resíduos Sólidos Domiciliares de forma inadequada em lixões o que é uma prática bastante prejudicial ao meio ambiente e a saúde pública por causar danos como: poluição das águas, do solo, do ar, transmissão de doenças e outros. A forma correta de dispor os resíduos sólidos urbanos é em aterros sanitários, cuja construção, operação e encerramento baseiam-se em critérios de engenharia e normas operacionais específicas (IPT / CEMPRE, 2000)

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2000), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), revela uma tendência de melhora da situação de destinação final do lixo coletado no país nos últimos anos. Em 2000, o lixo produzido diariamente no Brasil chegava aproximadamente 125.281 toneladas, sendo que 47,1% eram destinados a aterros sanitários, 22,3 % a aterros controlados e apenas 30,5 % a lixões. Todavia, em número de municípios, o resultado não é tão favorável, pois 63,6 % utilizavam lixões, 13,8 % em aterros sanitários e 18,4 % aterros controlados, sendo que 5% não informaram para onde vão seus resíduos.

A escolha de uma área adequada para a disposição RSU depende muito de políticas públicas e um envolvimento entre todos os setores da sociedade, pois essa decisão pode minimizar os impactos ambientais e o risco a saúde pública. Mas essa decisão não pode desconsiderar as condições do terreno quanto às suas fragilidades e quanto sua aptidão.

A destinação incorreta dos RSU pode comprometer a qualidade ambiental do município, e por isso, é fundamental a realização de estudos no meio físico para que possam selecionar adequadamente as áreas.

No Estado de São Paulo, a CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), define a classificação e a forma correta de disposição dos resíduos e inspeciona as formas de disposição final de resíduos domiciliares, sob responsabilidade do município.

A CETESB por meio do Inventário Estadual de Resíduos Domiciliares reflete as condições dos sistemas de disposição e tratamento de resíduos domiciliares desde 1997, após a consolidação de dados e informações coletados em cada um dos 645 municípios do Estado. Condições expressas pelos Índices de Qualidade de Aterro de Resíduos - IQR; Qualidade de Aterros em Valas - IQR Valas; e Qualidade de Usinas de Compostagem - IQC; que apresentam variação de 0 a 10 e são classificados em três faixas: inadequada, controlada e adequada.

No Município de Rio Claro, Estado de São Paulo, o aterro sanitário vem sendo operado desde 2003 e ao longo do tempo vem se adequando às normas e legislação vigentes, buscando minimizar os impactos ambientais e sociais causados pelo empreendimento. Segundo o Inventário Estadual de Resíduos Domiciliares da CETESB, o histórico do local de disposição dos RSD de Rio Claro desde 1997 segue na tabela 1. O município nos últimos 4 anos recebeu uma nota considerada adequada pela CETESB, mas em 2000, 2002 e 2003 não conseguiu se enquadrar nas normas e foi considerado controlado. Apenas, em 2001 foi inadequado.

**Tabela 1:** Histórico dos Índices de Qualidade de Aterros de Resíduos do Município de Rio Claro.

ANO	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
IQR	9,6	7,9	5,4	7,7	7,7	8,6	8,2	8,1	8,3
*SITUAÇÃO	A	C	I	C	C	A	A	A	A

\* A-ADEQUADA; C-CONTROLADA; I-INADEQUADA

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

O trabalho tem como objetivo geral selecionar preliminarmente áreas suscetíveis para disposição de Resíduos Sólidos Domiciliares no município de Rio Claro com uma vida útil de 15 anos.

## 2.2 Objetivos específicos

- Identificar os aspectos ambientais (físico, biológico, antrópico) que apresentam relevância na seleção das áreas e os aspectos legais associados ao empreendimento e
- Gerar um mapa com as áreas susceptíveis para implantação do aterro sanitário.

## 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1. Resíduos sólidos: Definição e classificação

#### 3.1.1. Definição

Segundo Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT-NBR 10.004,2004):

Resíduos sólidos são resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades da comunidade, de origem: industrial, doméstica, de serviços de saúde, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Consideram-se também resíduos sólidos os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpo d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

#### 3.1.2 Classificação

- \* Urbanos: incluem o resíduo domiciliar gerado nas residências, o resíduo comercial, produzido em escritórios, lojas, hotéis, supermercados, restaurantes e em outros estabelecimentos afins, os resíduos de serviços, oriundos da limpeza pública urbana, além dos resíduos de varrição das vias públicas, limpezas de galerias, terrenos, córregos, praias, feiras, podas, capinação;
- \* Industriais: correspondem aos resíduos gerados nos diversos tipos de

indústrias de processamentos. Em função da periculosidade oferecida por alguns desses resíduos, o seguinte agrupamento é proposto pela ABNT-NBR 10.004 (2004):

- \* Resíduos de serviços de saúde: são os resíduos produzidos em hospitais, clínicas médicas e veterinárias, laboratórios de análises clínicas, farmácias, centros de saúde, consultórios odontológicos e outros estabelecimentos afins. Esses resíduos podem ser agrupados em dois níveis distintos:
- \* Resíduos de portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários: constituem resíduos sépticos, que podem conter organismos patogênicos, tais como: materiais de higiene e de asseio pessoal, restos de alimentos etc., e veiculares doenças de outras cidades, estados e países.
- \* Resíduos agrícolas: correspondem aos resíduos das atividades da agricultura e da pecuária, como embalagens de adubos, defensivos agrícolas, ração, restos de colheita, esterco animal. A maior preocupação, no momento, está voltada para as embalagens de agroquímicos, pelo alto grau de toxicidade que apresentam, sendo alvo de legislação específica.
- \* Resíduos de construção civil: constitui-se de resíduos da construção civil: demolições, restos de obras, solos de escavações etc.
- \* Resíduos Radioativos (lixo atômico): são resíduos provenientes dos combustíveis nucleares. Seu gerenciamento é de competência exclusiva da CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Os resíduos sólidos são também classificados de acordo com sua periculosidade, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT-NBR 10.004 10.005 10.006 10.007/2004):

Resíduos Classe I (perigosos): pelas suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxidade e patogenicidade, podem apresentar riscos à saúde pública,

provocando ou contribuindo para o aumento da mortalidade ou apresentarem efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada;

Resíduos Classe II-A (não inertes): incluem-se nesta classe os resíduos potencialmente biodegradáveis ou combustíveis;

Resíduos Classe II-B (inertes): São todos os resíduos que submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados, de acordo com padrões desta Norma.

### 3.1.3 Gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares

Com o processo de desenvolvimento acelerado e a crescente concentração da população nos grandes centros, aliados à absoluta falta de planejamento da expansão urbana, que acarretam séria deterioração ambiental, com implicações na qualidade de vida humana. Entre os fatores de agravamento do quadro ambiental destaca-se a grande geração de lixo e as conseqüências de sua destinação e tratamento inadequado, tanto sob o ponto de vista ambiental como econômico e social.

Devido a isto, os Resíduos Sólidos Domiciliares passou a ser uma das questões prioritárias da maioria das administrações municipais que sempre se preocuparam apenas com a sua coleta e não com a sua destinação por questões de quererem economizar recursos.

A geração de resíduos sólidos no Brasil é um dos grandes problemas enfrentados pelo poder público, principalmente no nível municipal. Conforme Soares e Grimberg (2006), da Fundação Perseu Abramo, mais de 241 mil toneladas de resíduos são produzidas diariamente no país. Apenas 63% dos domicílios contam com coleta regular de lixo. A população não atendida algumas vezes queima seu lixo ou dispõe-no junto a habitações, logradouros públicos, terrenos baldios, encostas e cursos de água, contaminando o ambiente e comprometendo a saúde humana

Com a problemática do RSD a sociedade, em geral, tem apresentado uma nova postura dentro do contexto sócio-ambiental visto as crescentes manifestações em defesa do meio ambiente, os diversos estudos e pesquisas existentes, modelos de gestão e, ainda, pelas normas e leis que disciplinam a geração, tratamento e disposição dos resíduos sólidos.

Para que sejam estabelecidos planos, projetos e ações no sentido de obter, na prática, os resultados pretendidos, são necessários que sejam tomadas algumas iniciativas indispensáveis. Há que preparar o cenário para as funções que serão desempenhadas. São importante que sejam identificados os atores sociais participantes do processo. No caso dos resíduos sólidos de um município, há que considerar o posicionamento de cada um dos envolvidos, do residente, dos



membros representantes das atividades econômicas (comércio, indústria e serviços), dos usuários típicos, das ONGs interessadas, do setor público, enfim, todos os que, de alguma forma, participarão efetivamente na apreciação, decisão e na manutenção do resíduo.

#### 3.1.4 Definição de Aterro Sanitário

A definição de Aterro Sanitário, segundo a NBR 8419 (1984), “aterro sanitário de resíduos sólidos domiciliares consiste na técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e a segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos a menor área permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou intervalos menores se necessário”.

#### 3.1.5 Legislação

➤ Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 do Código Florestal

Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será:

1 - de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

2 - de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

3 - de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

4 - de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

5 - de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;

c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;

d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;

e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;

f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

g) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação.

➤ Resolução nº 4, de 9 de outubro de 1995

Considerando a Organização Internacional da Aviação Civil - OACI recomenda que não sejam estabelecidas atividades atrativas de pássaros nas áreas de entorno dos aeroportos, resolve:

Art. 1º São consideradas "Área de Segurança Aeroportuária - ASA" as áreas abrangidas por um determinado raio a partir do "centro geométrico do aeródromo", de acordo com seu tipo de operação, divididas em 2 (duas) categorias:

I - raio de 20 km para aeroportos que operam de acordo com as regras de vôo por instrumento (IFR); e

II - raio de 13 km para os demais aeródromos.

Parágrafo único. No caso de mudança de categoria do aeródromo, o raio da ASA deverá se adequar à nova categoria.

Art. 2º Dentro da ASA não será permitida implantação de atividades de natureza perigosa, entendidas como "foco de atração de pássaros", como por exemplo, matadouros, cortumes, vazadouros de lixo, culturas agrícolas que atraem pássaros, assim como quaisquer outras atividades que possam proporcionar riscos semelhantes à navegação aérea.

➤ PORTARIA MINTER Nº 124, de 20 de agosto de 1980

Considerando ser urgente e indispensável prevenir a ocorrência de acidentes que, em várias partes do País, têm poluído rios e extinguido a vida aquática, chegando até mesmo, a paralisar o abastecimento d'água às populações de cidades inteiras, resolve baixar as seguintes normas:

I - Quaisquer indústrias potencialmente poluidoras, bem como as construções ou estruturas que armazenam substâncias capazes de causar poluição hídrica, devem ficar localizadas a uma distância mínima de 200 (duzentos) metros das coleções hídricas ou cursos d'água mais próximos.

### 3.1.6 Visão geral de um aterro sanitário

A construção de aterros sanitários envolve uma série de procedimentos que envolvem engenheiros, geólogos, biólogos, ecólogos e entre outros para sua abertura até seu fechamento.

As principais obras do empreendimento seriam:

- Impermeabilização da base: conhecida também como barreira impermeável, tem como função de proteger a base do aterro evitando contaminação do solo e água (IPT / CEMPRE, 2000). Os materiais mais utilizados para impermeabilização seriam os revestimentos minerais (argila) ou os sintéticos (geomembranas).
- Sistemas de drenagem: Com a degradação dos resíduos são gerados líquidos percolados que devem ser canalizados para fora do sistema e, posteriormente, tratados. A drenagem dos lixiviados pode ser projetada de forma a propiciar a percolação através dos resíduos. A coleta do percolado pode ser feita por colchões drenantes e por drenos implantados e projetados em forma de espinha de peixe, ou seja, drenos secundários conduzindo o líquido coletado para drenos principais (CASTILHOS JUNIOR, 2006).

- Sistema de coletores de gases: as degradações dos resíduos aterrados geram gases denominados como biogás. Estes devem ser drenados para evitar problemas de incêndios, explosões e instabilidade (LEALDINI, 2006). Segundo IBAM (2001) *apud* CASTILHOS JUNIOR (2006), sugere a instalação de coletores de gás verticais de 50 cm de diâmetro, espaçados de 50 a 60 m entre si e executados de britas ou rachão.
- Sistemas de drenagens de águas superficiais: serve, principalmente, para evitar a infiltração das águas pluviais na massa de resíduos durante e após a vida útil do aterro sanitário. Para IPT/CEMPRE (2000), o sistema tem como finalidade interceptar e desviar o escoamento superficial. É constituído por estruturas do tipo canaletas, escadas d água e tubos de concreto.
- Camadas de cobertura: dentro da rotina do aterro tem a execução de camadas intermediárias e finais. As intermediárias são aquelas realizadas diariamente ou no final da jornada de trabalho e tem como função controlar a proliferação de doenças, minimizarem a emanção de odores, combaterem a ação dos ventos, proteção contra pássaros e minimizar o afluxo de águas pluviais para o interior da massa de resíduos. Já, as finais ocorrem no final do aterramento da célula e tem com finalidade evitar a infiltração de águas pluviais, impedirem que os gases gerados escapem de forma descontrolada e favorecer a recuperação final da área (CASTILHOS JUNIOR 2006). As coberturas tem espessuras diferentes, sendo as intermediárias de 10 a 20 cm e as finais de 40 a 60 cm.
- Infra-estrutura: balança de controle de entrada de resíduos, laboratório para análise dos resíduos, escritório, portaria, vias de acesso interno, cerca envolta da área, galpão de manutenção de equipamentos, saneamento básico, banheiros.
- Monitoramento ambiental: tem como finalidade obter um conjunto de medidas para avaliar os impactos e os riscos que pode ser causado pelo empreendimento durante e após sua vida útil.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Revisão Bibliográfica e Levantamento dos Critérios de Interesse para Seleção de Aterro Sanitário

Primeiramente foi feita uma revisão bibliográfica com um conteúdo teórico, para dar suporte ao trabalho, baseada na problemática dos Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD) no país, principalmente em relação ao seu local de disposição, a dificuldade de encontrar um local para alocar um aterro sanitário e aos critérios que se utiliza para selecionar uma área susceptível.

Posteriormente, foram levantados dados junto aos órgãos públicos como: prefeitura municipal, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), entre outros. Esse levantamento foi realizado para obtenção de informações a respeito da cidade de Rio Claro/SP, como por exemplo: número de habitantes, quantidade de RSD gerado no país e na cidade, qual o tipo e local de disposição, informações sócio econômicas, condições do atual local de destinação do mesmo, mapas disponíveis, etc.

### 4.2 Seleção e definição dos critérios e atribuições de conceitos

A seleção preliminar das áreas iniciou-se com um levantamento de critérios sobre o meio físico, antrópico e biológico para que os locais que poderiam hospedar um aterro sanitário pudessem ser avaliados. Estas informações foram importantes para que pudéssemos realizar a primeira eliminação de áreas inaptas.

Foram definidos como informações primárias, além dos critérios estabelecidos, os dados de caráter geológico, pedológico, hidrológico, legislativo. Estas informações foram necessárias para que fosse definido o tipo de solo, tipo de formação geológica, os tipos de atributos e qual legislação vigente necessária para que o aterro fosse hospedado nas condições mais adequadas possíveis.

Após estas análises tornou-se possível a seleção de atributos como: tipo de solo; tipo de formação geológica e distância de áreas proteção permanente, de rodovias, centro urbano e do aeródromo. Depois de selecionados, estes atributos foram classificados como susceptíveis, de baixa aptidão e inaptos.

#### 4.3 Utilização do software AutoCAD como ferramenta

Com as ferramentas do programa estabeleceu-se um distanciamento das estradas, dos corpos d'água, das malhas urbanas e do aeródromo com uma distância de 200, 200, 2000 e 13000 metros, respectivamente.

A distância realizada no atributo estrada foi feita devida a necessidade de evitar o impacto visual causado pelo empreendimento.

As áreas de proteção permanente foram protegidas devido a Lei Federal nº 4.771, de 1965 do Código Florestal em seu artigo 2º e a portaria MINTER 124 de 20 de agosto de 1980 foi respeitada. Por ser considerado um recurso essencial, esta distância foi aumentada de 30 para 200 metros por questões de segurança e respeito à legislação vigente.

A malha urbana foi considerada inapta por questões de segurança a saúde humana e por motivos sociais. Em um raio de 2000 metros de distância dessa malha as áreas geradas foram consideradas de baixa aptidão devido à proximidade aos centros urbanos. As áreas localizadas a uma distância superior a 2000 metros são classificadas como susceptíveis.

Conforme Resolução nº 4, de 9 outubro de 1995 as áreas dentro de um raio de 13000 metros do aeródromo foram consideradas inaptas e as áreas do exterior deste raio como susceptíveis.

Com o mapa pedológico do Atlas Ambiental da Bacia Corumbataí, escala 1:50.000, elaborado por Garcia.G.J. (2005), foram selecionados os solos que poderiam ser considerados susceptíveis, de baixa aptidão e inaptos devido às características dos mesmos. O solo Podzólico Vermelho-Amarelo e o Latossolo foram considerados susceptíveis e de baixa aptidão, respectivamente, devido às características de percolação de fluidos e granulometria.

Com os dois mapas geológicos elaborados por Zaine (2004) e Motta(1997), foi classificada a Formação Serra Geral como susceptível devido a presença de derrames de basalto com lentes de arenitos. Já, a Formação Corumbataí, composta de argilitos, siltitos e arenitos finos foi classificada como de baixa aptidão.

A partir da classificação e análise dos atributos realizou-se uma sobreposição de dados por meio do *software* AutoCAD, gerando uma Carta de Areas Susceptíveis para a locação de aterro sanitário do município de Rio Claro.

Posteriormente, foi realizada a estimativa do tamanho da área para alocar o aterro sanitário no município Rio Claro com uma vida útil de 15 anos e feita a eliminação das áreas pré-existentes na etapa anterior dos locais de tamanho inferior do necessário.

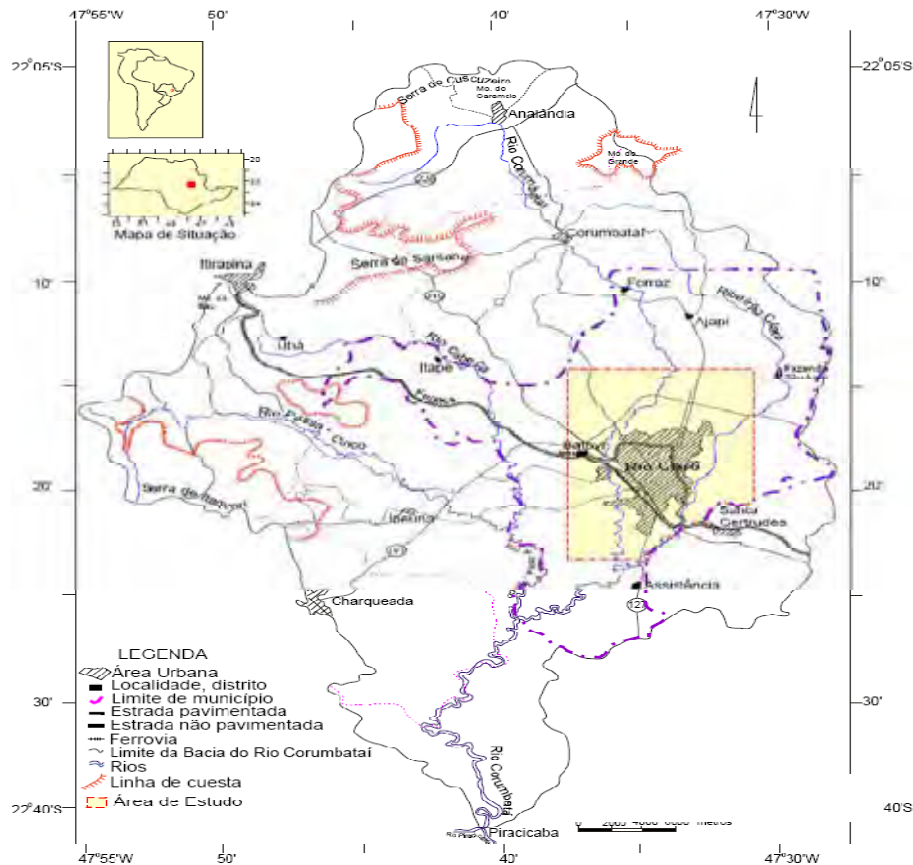
Os atributos analisados como geologia e pedologia são dados secundários e precisam ser mais bem trabalhados. As verificações desses atributos precisam ser realizadas através de sondagens e estudos geofísicos para que haja uma veracidade com os mapas estudados.

Diversos atributos precisam ser analisados de forma mais aprofundada, o que não aconteceu neste trabalho, e necessitam de mais estudos devido a sua suma importância. Estudos primários devem ocorrer para poder ter dados mais precisos, como uma verificação da profundidade do lençol freático, condutividade hidráulica dos materiais, declividade do terreno, hidrologia, compatibilidade com o solo digitalizado com o do local através de sondagens, verificação de algum aglomerado urbano que o mapa não considerou, assim como nascentes, rios ou lagoas inexistentes no mapa, mas, existentes no local.

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

### **5.1. Localização**

O município de Rio Claro está localizado na porção centro-leste do Estado de São Paulo, a 173 km a noroeste da capital e situa-se na Região Administrativa de Campinas. Num raio de 30 km de Rio Claro, encontram-se as cidades: Santa Gertrudes, Cordeirópolis, Itirapina, Corumbataí, Analândia, Ipeúna e Charqueada, Piracicaba, Limeira e Araras. A latitude de Rio Claro é 22°23'59'' S e a longitude é 47° 34' 18'' W.



**Figura 1:** Mapa de localização de Rio Claro

Fonte: ZAINE, 2000.

As principais vias de acesso do município de Rio Claro são: partindo da cidade de São Paulo utiliza-se o complexo rodoviário Anhangüera/Bandeirantes juntamente com trecho da rodovia Washington Luiz (SP-130). Algumas das principais cidades do interior paulista estão num raio de 100 km da cidade de Rio Claro, entre elas: Piracicaba (31 km), Limeira (35 km), São Carlos (55 km), Americana (60 km), Campinas (85 km) e Araraquara (100 km).

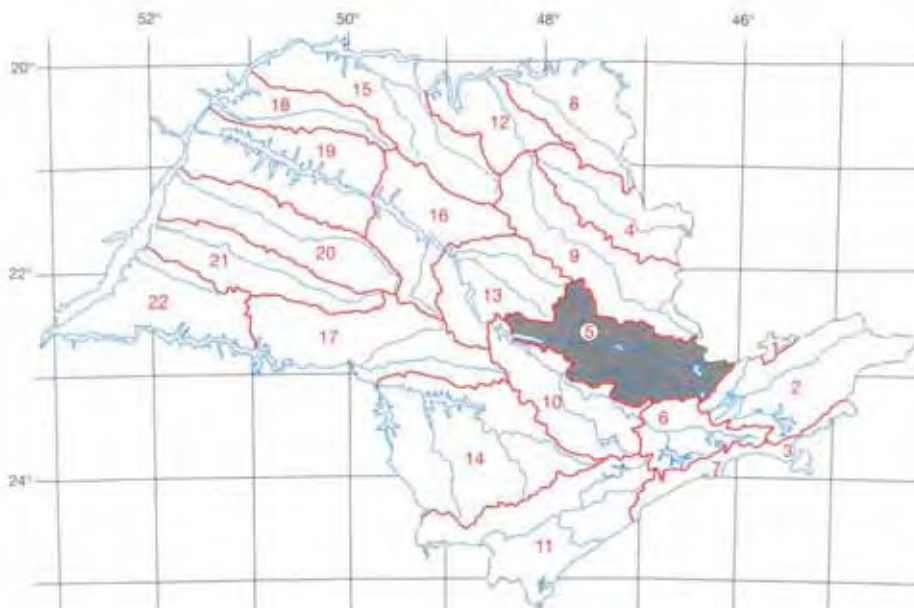
## 6.2. Aspectos Sócio-Econômicos

### 5.2. Hidrologia

O município de Rio Claro pertence a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 5, referente as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ). As decisões acerca das atividades gestoras da bacia são tomadas pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do PCJ.



A figura mostra a localização da UGRHI 5 no Estado de São Paulo:



**Figura 2:** Localização da UGRHI 5 no Estado de São Paulo

**Fonte:** Síntese do Relatório Final do Plano de Bacias Hidrográficas 2000-2003.

Esta unidade é classificada como uma região industrial. Ela abrange uma área de 15.320 km<sup>2</sup>, sendo que a Bacia do Piracicaba é responsável por 11.320 km<sup>2</sup>.

O principal sistema de drenagem da região de Rio Claro é a bacia do Corumbataí, que recebe afluente como o Ribeirão Claro, o Cabeça e Passa Cinco, que irão posteriormente alimentar o Rio Piracicaba. A Bacia do Corumbataí se localiza na porção centro-leste do Estado de São Paulo, na área da Depressão Periférica Paulista e abrange os municípios de Analândia, Charqueada, Corumbataí, Ipeúna, Itirapina, Santa Gertrudes, Rio Claro e Piracicaba. Sua altitude varia de 1058m na nascente em Analândia, na Serra do Cruzeiro, a 470m na sua foz em Piracicaba.

### 5.3. Geologia Local

COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO PARANÁ NA REGIÃO							
ERA	PERÍODOS	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA	Espes. Média (Metros)	DESCRIÇÃO SUCINTA	AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO
CENO-ZOICA	QUATERNÁRIO		RIO CLARO		30	ARENITOS POUCO CONSOLIDADOS COM LENTES DE ARGILAS E NÍVEIS CONGLOMERÁTICOS NA BASE (Arenitos = reservatório de água subterrânea em poços rasos da região de Rio Claro)	CONTINENTAL: PLANÍCIE ALUVIAL E LACUSTRES COLUVIÕES
	TERCIÁRIO		MARILIA ADAMANTINA		50	ARENITOS COM MATRIZ ARGILOSA OU CIMENTO-CALCÍFERO, SILTITOS	CONTINENTAL: PLANÍCIE ALUVIAL E LACUSTRE
MESOZOICA	CRETÁCEO	BAURU	SERRA SERRA		100	DERRAMES DE BASALTOS COM LENTES DE ARENITO NA BASE. DIQUES E SOLEIRAS DE DIABÁSIO (Basalto e diabásio = matéria-prima para brita - pavimentação e construção civil - na região de Rio Claro)	MAGMATISMO FISSURAL
		SÃO BENTO	BOTUCATU		100	ARENITOS SEM SELECIONADOS COM STRAOS SEM ARREDONDADO E SEM ESPERIOS, POUCA ARGILA	CONTINENTAL DESÉRTICO
			PIRAMBOIA		150	ARENITOS COM GRAOS ARREDONDADOS E ESPERIOS DIVERSES NÍVEIS DE LAMITOS	CONTINENTAL: FLUVIAL E DESÉRTICO
	JURÁSSICO		CORUMBATAI		100	SILTITOS CONTENDO LENTES DE ARENITOS FINOS ARGILITOS, SILTITOS, ARENITOS FINOS, NÍVEIS DE CALCÁRIOS DOLOMÍTICOS E COQUINAS (Argilitos = matéria-prima para a indústria cerâmica da região de Rio Claro)	CONTINENTAL: LACUSTRE MISTO: PLANÍCIE DE MARE
	TRIÁSSICO		IRATI		40	SILTITOS, FOLHELLOS PROLETUMINOSOS, CALCÁRIOS DOLOMÍTICOS (pedras de calcário na região de Assistência e Ipiranga)	MISTO: LAGUNA/PLATAFORMA
PALEOZOICA	PERMIANO	PASSA DOIS	PALERMO		50 (Tabal)	SILTITOS E SILTITOS ARENOSOS	MISTO: PLANÍCIE COSTEIRA/PLATAFORMA
			RIO BONITO		20 (Pal-RB)	ARENITOS E SILTITOS COM INTERCALAÇÕES DE DELGADAS CAMADAS DE CARVÃO	CONTINENTAL: FLUVIAL / COSTEIRO MISTO: DELTAICO/MARINHO RASO
		TUBARÃO	ITARARÉ		900	ARENITOS, SILTITOS, VARVITOS E DIAMICTITOS (ALGUNS VERDADEIROS TILITOS) (Arenitos = reservatórios de água subterrânea em poços profundos da região)	CONTINENTAL: GLACIAL FLUVIAL LACUSTRE  MISTO MARINHO (GLACIO-MARINHO)
		CARBONIFERO					
Pré-Cambriano						GRANITOS, MIGMATITOS, GNAISSES, XISTOS, QUARTZITOS	

Perinotto (2008), com base em Soares & Landini (1975)

**Figura 3:** Coluna Estratigráfica da Bacia do Paraná na Região de Rio Claro

**Fonte:** Perinotto (2008), não publica

A maior parte do Município de Rio Claro está sobre sedimentos da Formação Corumbataí e Formação Rio Claro, e, secundariamente, sobre rochas intrusivas básicas, como, por exemplo, na área do Horto Florestal, porém a geologia regional contempla outras unidades litoestratigráficas (ZAINÉ, 2000 p.49).

Formação Rio Claro pertencente ao período Terciário-Quaternário formada por arenitos inconsolidados finos a médios, amarelos, com níveis locais de conglomerados e argilitos, no topo existem depósitos coluvionares de cor marrom. Esta formação teve origem de depósito fluvial (ZAINÉ, 1997 p.48).

A Formação Tatuí corresponde ao pacote neopaleozóico pós-glacial, que é formado por clastos finos, principalmente siltitos e alguns arenitos, calcários e folhelhos. Uma superfície de erosão marca a discordância generalizada com o Grupo Itararé que está sob ela. O ambiente deposicional é representado pela plataforma marinha, sistema costeiro e, localmente, um sistema de leques deltáicos (PERINOTTO 1987 e outros).

A Formação Irati, unidade basal, do Grupo Dois, tem as principais exposições junto ao Distrito de Assistência, a sul de Rio Claro, e nas proximidades de Ipeúna. É constituída por uma seqüência basal de folhetos cinza-escuros e cinza-claros e siltitos de coloração cinza, denominada Membro Taqueral (ZAINE, 2000 p.49)

Formação Corumbataí localizada no período Permiano Superior encontra-se na borda da porção oeste e leste, é composta por depósitos de origem marinha eptocontinental, siltitos e arenitos muito finos em cores lilás e cinza, com níveis locais em calcário olíticos. Solo residual siltico-arenoso, com espessura máxima de 1,5 m.

A Formação Pirambóia é uma unidade de ocorrência expressiva no centro-leste do estado de São Paulo e é de suma importância, pois constitui um dos principais aquíferos que integram o Aquífero Guarani (GAS). SOARES (1975) situou a unidade como de idade Triássica Inferior a Jurássica Superior. Constitui-se principalmente de arenitos com estratificação cruzada de médio porte, ocorrendo localmente *sets* de estratificações cruzadas de grande porte. Basicamente é representada por pacotes argilosos na parte inferior e pacotes arenosos na parte superior.

A Formação Serra Geral ocorre como manifestações vulcânicas de idade do eocretáceo, segundo NARDY *et al.* (1999) ocorridas há 132 M.a. É discordante tanto na base como no topo. Ocorre na forma de derrames basálticos, soleiras e diques de diabásio, e nas proximidades de Piracicaba, sua espessura ultrapassa 130 m (ALMEIDA & BARBOSA, 1953).

A Formação Rio Claro é caracterizada por sedimentos estratificados, fluviais e coberturas incoesas maciças. Segundo ZAINE (1994) sua idade estaria relacionada ao Mioceno.

#### 5.4. Pedologia

Segundo o “Levantamento Pedológico Semi-Detalhado do Estado de São Paulo” (Instituto Agrônomo de Campinas – 1981 – Quadrícula de São Carlos), cinco tipos principais de solos são identificados no município de Rio Claro:

Latossolo Roxo: encontra-se na parte sudeste e está presente em duas variedades – eutrófico e distrófico. Ambos são argilosos, friáveis e porosos, com horizonte B latossólico e apédico, de cor vermelho-escura e textura argilosa e muito argilosa. Apesar de apresentarem características morfológicas iguais, o latossolo roxo eutrófico é mais estável devido a sua alta saturação por bases

– o que o torna mais básico – isso faz com que ele seja um dos melhores solos para a agricultura em todo o Estado de São Paulo;

**Latossolo Vermelho-Amarelo:** cobre uma faixa que abrange o centro-norte até o sudoeste do município. Este tipo de solo é a classificação do solo sobrejacente à Formação Rio Claro, sendo o material original produto do retrabalhamento dos sedimentos arenosos desta Formação. Quimicamente, são solos muito ácidos, com baixa saturação por bases e com alumínio trocável, sendo ruins para a agricultura. São latossolos de coloração vermelho-amarelada, espessos, apédicos e de textura média;

**Solos Podzólicos Vermelho-Amarelos:** abrangem grande parte da Depressão Periférica. No município de Rio Claro, as rochas originais são principalmente os siltitos da Formação Corumbataí. Esses solos apresentam profundidade variável não muito profunda entre 1,5 e 2,5 metros, com horizonte B textural, moderadamente drenados, ácidos (baixa saturação por bases), com alumínio trocável e textura argilosa ou média/argilosa;

**Solos Litólicos:** sua principal característica é sua pequena espessura (em geral, inferior a 30 cm). Ocorrem em algumas partes do nordeste e do sul do município. Podem apresentar caráter eutrófico ou distróficos e são de textura bastante variada devido a natureza do substrato, que, ao NE, é representado pela Formação Corumbataí e, ao sul, pela Formação Irati e por intrusões de diabásios;

**Solos Hidromórficos:** estão relacionados aos sedimentos aluvionares dos vales do Rio Corumbataí e Ribeirão Claro, portanto a abrangência deste tipo de solos se restringe a alguns pontos desses dois vales. Devido à alta presença de água, estes solos apresentam acúmulo de matéria orgânica e coloração cinza (pelo processo químico de redução);

### 5.5. Aspectos Climáticos

A cidade de Rio Claro possui um clima, segundo KOEPPEN, do tipo “Cwa”, clima temperado húmido com Inverno seco e Verão quente, com temperatura média superior a 22°C. No período seco, de abril a setembro, ocorrem precipitações entre 180-200 mm e no período chuvoso, de outubro a março, a precipitação ao redor de 1200 mm.

### 5.6. Aspectos Geomorfológicos

O município de Rio Claro encontra-se, segundo Almeida (1974), na Depressão Periférica na Zona do Médio Tietê.

O sistema de relevo definido por Penteadó (1976) como composto por colinas tabuliformes de vertentes suavemente convexas e patamares de fraca inclinação dispostos entre 550 e 650 m constituem o quadro principal da área, dando ao conjunto o mesmo aspecto de monotonia de horizonte, caracterizador de toda a Depressão Periférica.

Dentro dessa suavidade de relevo, podem-se destacar alguns elementos que se definem e individualizam com relação às formas em si, ou com relação aos processos esculturadores, criando contrastes, evidentes por meio da paisagem natural e da própria ocupação humana. De maneira dominante, destacam-se os interflúvios tabuliformes capeados por sedimentos arenosos, dos rios Corumbataí - Cabeça, Cabeça - Passa Cinco, Corumbataí – Ribeirão Claro e dos pequenos afluentes desses rios.

A área em questão apresenta também baixa densidade de drenagem, sendo comum a presença de lagoas, ligadas às cabeceiras ou isoladas nos topos planos.

O mapa geomorfológico do IPT (1981) denomina de COLINAS AMPLAS, o relevo principal da área em questão, e de COLINAS MÉDIAS e MORROTOS ALONGADOS E ESPIGÕES, outras formas de relevos encontradas nessa área. Ocorrem, ainda, RELEVOS SUSTENTADOS POR MACIÇOS BÁSICOS, representados por morros testemunhos isolados, topos aplainados a arredondados, vertentes com perfis retilíneos, muitas vezes com trechos escarpados e exposições de rocha, vales fechados, e drenagem de média densidade com padrão pinulado a subparalelo.

### 5.7. Cobertura Vegetal

Levantamentos relacionados à vegetação anteriores ao desmatamento ocorrido na cidade de Rio Claro durante sua expansão são ausentes ou muito recentes o que se torna uma dificuldade aos profissionais interessados em saber qual foi a composição mais exata das florestas da cidade.

No entanto, estudos em “manchas” consideradas testemunhas apresentam a mais próxima composição da Mata Atlântica e do Cerrado da vegetação nativa rio clarense e da região.

Algumas dessas pesquisas (PAOLI, 1981 e PAGANO, 1985) foram desenvolvidas na década de 80 e trazem as espécies mais comuns, mais encontradas, seu comportamento e grau de desenvolvimento, e as que provavelmente ocupavam toda a extensão da área desmatada pelas atividades rurais e urbanas de Rio Claro. Os estudos dos autores supracitados estão localizados na biblioteca da UNESP para apreciação dos leitores interessados.

Segundo PAGANO (1985), a floresta semidecídua estudada na fazenda São José apresenta-se bastante rica com relação à diversidade biológica e a importância ecológica: 184 espécies, 126 gêneros e 51 famílias. O estudo evidenciou, também, que a amostragem constatou alto número de espécies raras.

Essa diversidade pode ser explicada pelo estabelecimento das matas em solos férteis, apesar de SILVA & LEITAO FILHO (1982) concluírem que nem sempre isso ocorre como a Floresta Amazônica. O solo provindo da Formação Rio Claro e o clima Tropical Úmido na área são contribuições expressivas na diversidade da composição dessa mata.

O fator relevante é que a mata pode se recuperar completa e perfeitamente com seus próprios recursos, é necessário apenas um acompanhamento inicial para que condições básicas sejam garantidas, como o estabelecimento de espécies primárias até certo grau de desenvolvimento obtido através de estudos que consideram indicadores de regeneração natural, banco de sementes e abertura de dossel, sugerido por MARTINS (2001), já que as condições climáticas e as fontes de nutrientes ainda são encontradas nas cidades.

Como um resquício praticamente intocado da antiga cobertura vegetal, a mata se encontra num estágio muito próximo ao de clímax, apesar de estar próxima a uma área urbana fortemente perturbada.

#### 5.8. Características Geotécnicas

Segundo a Carta Geotécnica do Estado de São Paulo (IPT), à extremo sul e à extremo leste do município de Rio Claro ocorre baixa suscetibilidade aos diversos processos do meio físico analisados. Nestas regiões, problemas decorrentes da erosão em sulcos, ravinas e boçorocas, expansão e colapsos dos solos, movimentos de massa e inundações podem eventualmente ocorrer como conseqüências de intervenções muito drásticas e sem critérios, associados à setores desfavoráveis à ocupação.

Na porção central e leste do município ocorrem manifestações de problemas de fundação e estabilidade de taludes por expansão/ contração nos materiais do subsolo. Ocorre também nesta região uma variação volumétrica; alívio de tensões e exposição de sua superfície no estado degradado; uma desagregação superficial dos taludes, com posterior escorregamento/erosão, expondo nova superfície ao intemperismo; desabamento de túneis; basculamento de estruturas em edificações leves por expansões ou retrações diferenciais. Os problemas acima ocorrem principalmente quando da exposição do substrato rochoso nas operações de terraplanagem.

Já os problemas relacionados ao uso do solo ligam-se tradicionalmente aos taludes viários. Mais recentemente também se vêm associando a outros tipos de usos, como o habitacional, em virtude das extensas terraplanagens.

Na porção central e em uma parte do norte do município ocorrem manifestações de recalques por colapso do solo. Como na fundação de edificações e outras obras civis sendo que em áreas urbanas este fenômeno pode ser agravado pela concentração de água a partir de vazamentos dos sistemas de distribuição de águas e de saneamento. No caso de vazamentos em rede de esgoto, o problema se agrava pelo seu mau dimensionamento para as vazões lançadas, e ainda, quando os efluentes lançados na rede de esgoto são corrosivos, ao material da própria tubulação e reagentes ao solo como no caso de dispersantes de argila.

Os principais tipos de uso que aceleram o desenvolvimento do processo são: rede de infraestrutura urbana, armazenamento de combustíveis químicos, lançamentos de efluentes industriais na rede de esgotamento doméstico.

À extremo nordeste e à extremo noroeste do município ocorre uma suscetibilidade à erosão muito alta por sulcos, ravinas e boçorocas. Há também assoreamento intenso nos cursos e corpos d'água, principalmente nos de menores portes gerados pelo aporte de sedimentos provocado pelas erosões.

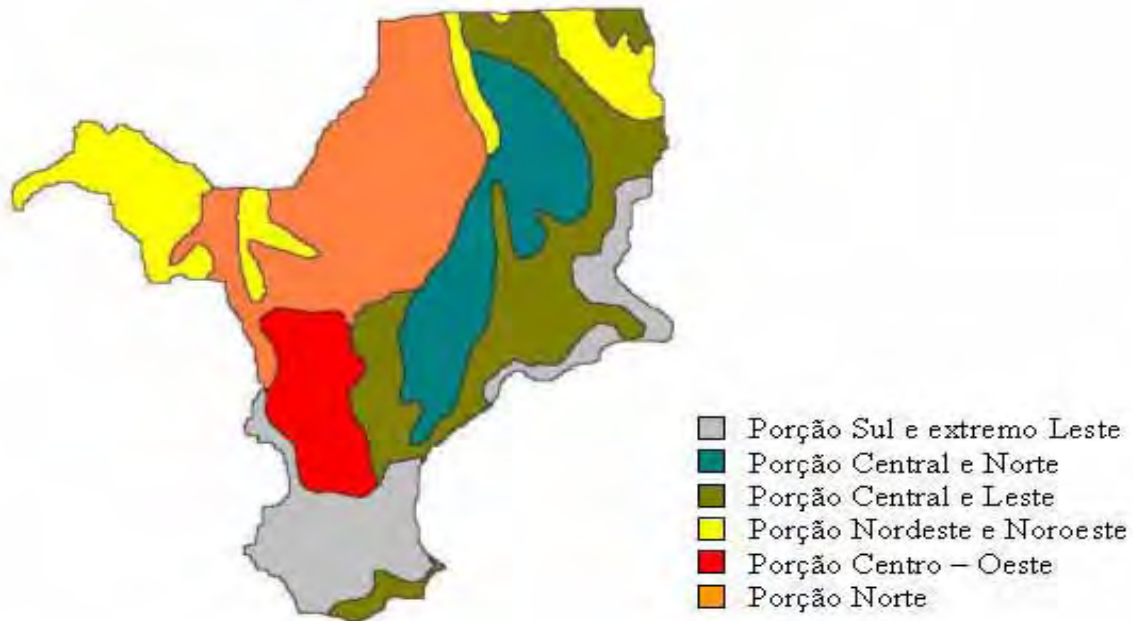
Nesta região o uso do solo em sua maior parte é de áreas de pastagens/campo antrópico vindo em segundo plano as áreas de cultivo.

Na porção centro-oeste do município ocorre como processo primário o mesmo citado acima, e, como processo secundário, manifestações de recalques por colapsos do solo. No processo secundário ocorrem recalques na fundação de edificações e outras obras civis sendo que em áreas urbanas este fenômeno pode ser agravado pela concentração de água a partir de vazamentos dos sistemas de distribuição de águas e de saneamento. No caso de vazamentos em rede de esgoto, o problema se agrava pelo seu mau dimensionamento para as vazões lançadas, e, ainda quando os efluentes lançados na rede de esgoto são corrosivos ao material da própria tubulação e reagentes ao solo como no caso de dispersantes de argila. Os principais tipos de uso que aceleram o desenvolvimento do processo são: rede de infra-estrutura urbana, armazenamento de combustíveis químicos, lançamentos de efluentes industriais na rede de esgotamento doméstico.

Na porção norte ocorre como processo primário o mesmo que nas porções centro-oeste e extremo nordeste e noroeste do município, e como processo secundário, manifestações de problemas de fundação e estabilidades de taludes por expansão/ contração nos materiais do subsolo o mesmo que na porção leste do município.

Segundo o mapa de sismicidade do Estado de São Paulo (IPT), Rio Claro apresenta raros prejuízos em construções comuns, não necessitando de verificação anti-sísmica para qualquer tipo de fundação de edificações e obras de terra de diferentes portes. O município está inserido na zona sismogênica de Pinhal, onde ocorrem sismos naturais.

O mapa seguir permite a melhor visualização das áreas acima citadas:



**Figura 4** Mapa de localização das porções Geotécnicas

**Fonte:** Instituto de Pesquisa Tecnológica

## 6. AVALIAÇÃO DE NOVAS ÁREAS PARA LOCAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO

Conforme o Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (2001, p.15) a escolha de um local para a implantação de um aterro sanitário não é tarefa simples. O alto grau de urbanização das cidades, associado a uma ocupação intensiva do solo, restringe a disponibilidade de áreas próximas aos locais de geração de lixo e com as dimensões requeridas para se implantar um aterro sanitário que atenda às necessidades dos municípios.

A importância de conhecer as características dos meios físicos, biológicos e socioeconômicos é de suma relevância, pois a escolha adequada da área significa menores riscos ao meio ambiente e a saúde pública e, sem dúvida, baixos gastos no preparo, na operação e no encerramento do aterro.



Um dos maiores desafios para os governantes é associar a escolha de uma área com a necessidade da proteção do meio ambiente, diminuição do risco a saúde pública proximidade do aterro e entre outros.

A instalação de unidades de disposição de resíduos sólidos urbanos domiciliares, por ser caracterizada como uma atividade poluidora requer um licenciamento prévio no âmbito da Secretaria do Estado do Meio Ambiente - SMA, e tem como objetivo principal a verificação da viabilidade ambiental de implantação e operação de empreendimentos dessa natureza. Esse licenciamento pressupõe uma série de informações técnicas, podendo-se citar, a justificativa locacional, a concepção do projeto do aterro, os levantamentos relativos ao meio físico, antrópico e biótico, bem como uma avaliação sucinta dos impactos ambientais a serem gerados pelo empreendimento e a proposição de medidas mitigadoras.

Para que isso ocorra são necessárias às realizações, segundo o Manual de Gerenciamento de Resíduos Sólidos elaborada pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM), da seleção preliminar das áreas disponíveis no Município, do estabelecimento do conjunto de critérios de seleção, definição de prioridades para o atendimento aos critérios estabelecidos, análise crítica de cada uma das áreas levantadas frente aos critérios estabelecidos e priorizados, selecionando-se aquela que atenda à maior parte das restrições através de seus atributos naturais.

### 6.1. Seleção Preliminar das Áreas Disponíveis

A seleção preliminar das áreas disponíveis no Município deve seguir algumas etapas essenciais como:

- estimativa preliminar da área total do aterro;
- delimitação dos perímetros das regiões rurais e industriais e das unidades de conservação existentes no Município;
- levantamento dos proprietários das áreas levantadas;
- levantamentos da documentação das áreas levantadas, com exclusão daquelas que se encontra com documentação irregular.

## 6.2. Critérios de seleção

Os critérios utilizados serão divididos em três grandes grupos: técnicos, econômico-financeiros e político-sociais.

A seleção de uma área para servir de aterro sanitário à disposição final de resíduos sólidos domiciliares deve atender, no mínimo, aos critérios técnicos impostos pelas normas da ABNT (NBR 10.157) e pela legislação federal, estadual e municipal.

### *6.2.1. Critérios Técnicos*

#### 6.2.1.1 Uso do solo

As áreas têm que se localizar numa região onde o uso do solo seja rural (agrícola) ou industrial e fora de qualquer Unidade de Conservação Ambiental.

#### 6.2.1.2 Proximidades a cursos d'água relevante

As áreas não podem se situar a menos de 200 metros de corpos d'água relevantes, tais como, rios, lagos, lagoas e oceano. Também não poderão estar a menos de 50 metros de qualquer corpo d'água, inclusive valas de drenagem que pertençam ao sistema de drenagem municipal ou estadual.

#### 6.2.1.3 Proximidades a núcleos residenciais urbanas

As áreas não devem se situar a menos de mil metros de núcleos residenciais urbanos que abriguem 200 ou mais habitantes.

#### 6.2.1.4 Proximidade de aeroportos

As áreas não podem se situar próximas a aeroportos ou aeródromos e devem respeitar a legislação em vigor.

#### 6.2.1.5 Distancia do lençol freático

As distâncias mínimas recomendadas pelas normas federais e estaduais são as seguintes:

- Para aterros com impermeabilização inferior através de manta plástica sintética, a distância do lençol freático à manta não poderá ser inferior a 1,5 metros.

- Para aterros com impermeabilização inferior através de camada de argila, a distância do lençol freático à camada impermeabilizante não poderá ser inferior a 2,5 metros e a camada impermeabilizante deverá ter um coeficiente de permeabilidade menor que  $10^{-6}$  cm/s.

#### 6.2.1.6 Vida útil mínima

O local selecionado para a instalação do aterro deverá ser suficiente para utilização por um período de tempo que justifique os investimentos, sendo usual admitir-se um mínimo de cinco anos.

#### 6.2.1.7 Permeabilidade do solo natural

É desejável que o solo do terreno selecionado tenha uma impermeabilidade natural, com vistas a reduzir as possibilidades de poluição do aquífero. As áreas selecionadas devem ter características argilosas e jamais deverão ser arenosas.

#### 6.2.1.8 Extensão da bacia de drenagem

A bacia de drenagem das águas pluviais deve ser pequena, de modo a evitar o ingresso de grandes volumes de água de chuva na área do aterro.

#### 6.2.1.9 Facilidade de acesso de veículos pesados

O acesso ao terreno deve ter pavimentação de boa qualidade, sem rampas íngremes e sem curvas acentuadas, de forma a minimizar o desgaste dos veículos coletores e permitir seu livre acesso ao local de vazamento mesmo na época de chuvas muito intensas.

#### 6.2.1.1' Disponibilidade de material de cobertura

Preferencialmente, o terreno deve possuir ou se situar próximo a jazidas de material de cobertura, de modo a assegurar a permanente cobertura do lixo a baixo custo.

### 6.2.2 Critérios econômicos – financeiros

#### 6.2.2.1 Distância ao centro geométrico da coleta

É desejável que o percurso de ida (ou de volta) que os veículos de coleta fazem até o aterro, através das ruas e estradas existentes, seja o menor possível, com vistas a reduzir o seu desgaste e o custo de transporte do lixo.

#### 6.2.2.2 Custo com a manutenção do sistema de drenagem

A área escolhida deve ter um relevo suave, de modo a minimizar a erosão do solo e reduzir os gastos com a limpeza e manutenção dos componentes do sistema de drenagem.

### 6.2.3 Critérios políticos – sociais

#### 6.2.3.1 Distância de núcleos urbanos de baixa renda

Aterros são locais que atraem pessoas desempregadas, de baixa renda ou sem outra qualificação profissional, que buscam a catação do lixo como forma de sobrevivência e que passam a viver desse tipo de trabalho em condições insalubres, gerando, para a prefeitura, uma série de responsabilidades sociais e políticas. Por isso, caso a nova área se localize próxima a núcleos urbanos de baixa renda, deverão ser criados mecanismos alternativos de geração de emprego e/ou renda que minimizem as pressões sobre a administração do aterro em busca da oportunidade de catação. Entre tais mecanismos poderão estar iniciativas de incentivo à formação de cooperativas de catadores, que podem trabalhar em instalações de reciclagem dentro do próprio aterro ou mesmo nas ruas da cidade, de forma organizada, fiscalizada e incentivada pela prefeitura.

#### 6.2.3.2 Acesso à área através de vias com baixa densidade de ocupação

O tráfego de veículos transportando lixo é um transtorno para os moradores das ruas por onde estes veículos passam, sendo desejável que o acesso à área do aterro passe por locais de baixa densidade demográfica.

Após analisada os critérios citados acima, a área selecionada para um futuro aterro sanitário deve possuir o maior número de critérios possíveis. A escolha é feita com uma análise individual de cada área pré-selecionada com os diversos critérios, principalmente os que possuem maior relevância, fornecendo justificativas plausíveis.

Outra fonte importante é o Manual de Gerenciamento Integrado, realizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), que basicamente, orienta ou prioriza três atividades fundamentais:

levantamento de dados gerais, pré-seleção (escala regional) e estudos para a viabilização de áreas pré-selecionadas (escala local).

### 6.3. Levantamentos de dados gerais

São informações existentes na prefeitura e em órgãos públicos como os números de habitantes atuais e projetados, conhecimento das características do lixo e sua fonte de produção, sistema atual de coleta e transporte do lixo, eficiência dos equipamentos, abrangência da coleta no município, tipo de disposição e informações sócio econômicas.

### 6.4. Pré-seleção de Áreas

Na fase de pré-seleção, uma gama de dados sobre o meio físico, biótico e socioeconômico deve ser estudada para a escolha de algumas áreas que tenha um potencial de hospedar um aterro sanitário.

Esses dados são informações geológicas, geotécnicas, pedológicas, geomorfológicas, hidrogeologia, climatológicos, legislação, socioeconômicos e apresentação e análise dos atributos contidos nas referidas área de conhecimento.

Nas informações geológicas, geotécnicos, pedológicas e geomorfológicos serão descritos as características e ocorrência de materiais que compõem o substrato dos terrenos. Que serão executadas para definir o tipo de solo, determinar o nível do lençol freático, declividade do terreno, movimento de massa, erodibilidade, compactação, textura, formas de revelo, tipo de rocha, mineralogia, e a capacidade de suporte das áreas. As análises dos atributos dessas caracterizações são dentre outros:

**Condutividade hidráulica** - principal componente da propagação dos contaminantes devido à maior ou menor facilidade de deixar passar a água, Quanto menor a condutividade hidráulica menor a velocidade de migração dos contaminantes. Isso significará menor volume contaminado e mais tempo para a degradação biológica e para as intervenções necessárias à remediação.

ZUQUETTE, 1987; *apud* GUIMARÃES, 2000 adotam para o mapeamento geotécnico a classificação da permeabilidade como:

ALTA - Materiais permeáveis  $k > 10^{-3}$  cm/s

RAZOÁVEL - Materiais semi-permeáveis  $10^{-3} > k > 10^{-5}$  cm/s

BAIXA - Materiais impermeáveis  $k < 10^{-5}$  cm/s

**Coefficiente de permeabilidade** - a permeabilidade do terreno é o fator determinante para a infiltração da água contendo substâncias contaminantes. O coeficiente de permeabilidade de areias grossas e cascalhos variam, de acordo com sua granulometria, entre 0,86 e 86,40 m/dia; as areias finas apresentam um coeficiente oscilante entre  $8,64 \times 10^{-5}$  e 0,86 m/dia; enquanto que as argilas apresentam coeficientes da ordem de  $8,64 \times 10^{-7}$  e  $8,64 \times 10^{-5}$  m/dia. (YASSUDA *et al.*, 1965; BRANCO e ROCHA, 1977; *apud* GUIMARÃES, 2000).

**Capacidade de troca catiônica (CTC)** – esse parâmetro constitui-se em fator bastante importante na retenção dos poluentes orgânicos e outros íons menos móveis, indicando a capacidade de retenção de poluentes pelo material inconsolidado. A CTC é a maior ou menor capacidade que a argila possui em trocar cátions para neutralizar as cargas negativas, sendo função da textura, mineralogia e pH do solo (GUIMARÃES, 2000).

Materiais com alta CTC apresentam-se mais favoráveis à retenção de poluentes, contrariamente àqueles com baixos valores de CTC (menor que 2 meq/100 g solo).

Alguns autores classificam como CTC baixa aquelas menores que 5 meq/100g e alta aquelas maiores de 15 meq/100g.

**Compacidade do terreno natural** - a área adequada para disposição de rejeitos é aquela que apresenta um índice de penetração (SPT) maior ou igual a 20. Áreas com SPT menor do que 15 são consideradas inadequadas por estes autores (ZUQUETTE & GANDOLFI, 1991; *apud* GUIMARÃES, 2000)

**Movimentos de massa** – numa área de disposição de resíduos domiciliares sólidos, é imprescindível que ela não apresente quaisquer movimentos de massa e não tenha alta suscetibilidade à erosão laminar e linear. A presença de quaisquer desses processos em áreas de disposição de resíduos, acarreta risco de contaminação do solo e das águas superficiais (GUIMARÃES, 2000).

**Resistência ao cisalhamento** - esse atributo está relacionado com a capacidade que o solo possui em suportar cargas e conservar sua estabilidade física. A resistência ao cisalhamento é a

capacidade do terreno resistir ao esforço de cisalhamento. Em terreno onde se vai alocar um aterro a estabilidade é necessária (GUIMARÃES, 2000).

**Condições de compactação** - esse atributo analisa o solo quanto à sua condição de compactação mecânica visando a redução do seu volume de vazios, de sorte a aumentar sua resistência pelo aumento da densidade, tornando-o mais estável e, também, reduzindo sua condutividade hidráulica.

**Compressibilidade** - esse atributo analisa o solo quanto à ocorrência de recalques, ou seja, diminuição dos vazios com conseqüente diminuição de volume em resposta à aplicação de cargas (no caso devido à formação do aterro sanitário). Solos compressíveis não são indicados à construção civil, a presença de estratos compressíveis no solo, dependendo da espessura, encarece muito a obra, por ser necessária a sua remoção ou o tratamento prévio. Nos materiais inconsolidados grossos, a sua compressibilidade é menor do que nos mais finos. Estes, por causa da sua estrutura granular ampla e complexa, com grãos alongados ou escamosos, pode sofrer deformações por dobramento ou flexão. (LEITE e ZUQUETTE, 1996)

**Colapsividade** - esse atributo analisa o solo quanto à alteração indesejável na estrutura ante o aumento da umidade. Materiais colapsíveis podem levar a uma eventual instabilidade da obra durante a sua existência, sofrendo danos na sua infra-estrutura, o que ocasionaria a percolação de efluentes. Como forma de prevenção o material onde se assentará um sítio de disposição de resíduo não pode ser colapsível. Para um estudo preliminar, a análise da colapsibilidade pode ser feita segundo os critérios de identificação de materiais inconsolidados colapsíveis. (LEITE e ZUQUETTE, 1996).

**Declividade** - sua limitação deve-se basicamente a condições legais e técnicas. Como limitação legal, podemos citar a Lei nº 6.766 de 19/12/1979, que em seu artigo 3º, disciplinou o parcelamento do solo urbano, explicitando, entre outras coisas:

*Parágrafo único. Não será permitido o parcelamento do solo:*

*III - em terrenos com declividade igual ou superior a 30 % (trinta por cento) salvo se atendidas as exigências específicas das autoridades competentes;*

*IV - em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação*

Já em relação aos critérios técnicos e operacionais, são levados em consideração os seguintes argumentos:

- declividade menor que 2% - não é aconselhável utilizar esses terrenos, pois a baixa declividade favorece o acúmulo de água precipitada sobre a sua superfície, permitindo com maior facilidade a infiltração de água para o interior da massa de resíduos e a percolação de poluentes; além disso há maior dificuldade na captação do chorume.
- entre 2% e 10% - terrenos mais indicados.
- maior que 20% - considerada também inadequada em função desses terrenos, a princípio, serem considerados como mais susceptíveis ao desencadeamento de movimentos de massa provocando erosões, bem como, à maior possibilidade de escoamento de líquidos percolados. A produção de percolados também causa a instabilidade do material inconsolidado; maiores declividades também são responsáveis por maiores dificuldades na execução das obras de engenharia. (LEITE e ZUQUETTE, 1996)

**Profundidade do Nível de Água** - é a distância máxima que o contaminante terá de percorrer até atingir a zona saturada.

Na seleção de áreas para aterro, a profundidade do lençol freático torna-se um fator limitante devido a possibilidade de contaminação pelo chorume gerado na decomposição do lixo, que varia inversamente com a distância entre o lençol e a fonte contaminante. Quanto maior a camada de aeração, maior será o processo de depuração dos contaminantes, que através de interações com o solo sofrem retenção física, química ou biológica.

O valor mínimo considerado como adequado é de 2 metros de acordo com SOUZA e ZUQUETTE (1993) e CETESB (1979).

Quando o aquífero se encontra confinado por uma rocha espessa, de muito baixa permeabilidade ou praticamente impermeável, ou ainda de elevada capacidade de retenção catiônica, não são feitas restrições quanto à profundidade do nível d'água.

**Velocidade da água subterrânea** - quando se trata de contaminação de águas subterrâneas, como a sua velocidade é baixa, pode estar ocorrendo uma poluição causada por fontes que existiram em época anterior, por isso, os dados pré-existentes são interessantes mesmo que não esteja



havendo uma fonte poluidora no presente, assim estudos geofísicos que determinam a relação espacial entre o contaminante, as unidades geológicas e a água subterrânea são fundamentais.

**Direção e sentido de fluxo da água subterrânea** - o conhecimento desse parâmetro interfere diretamente na propagação de contaminante, indicando qual a direção e o sentido em que se deslocará uma pluma de contaminante, contribuindo assim, para a prevenção da contaminação através da execução das medidas necessárias à redução do impacto da contaminação, tal como a aplicação de barreiras protetoras.

**Pluviosidade** - áreas com alto índice de pluviosidade são desaconselháveis para instalação do aterro sanitário, pois a água ao percolar pelos resíduos lixivia os seus componentes tóxicos e mesmo com toda a impermeabilização recomendada, inevitavelmente sempre penetrará alguma chuva no aterro sanitário. Também aumenta muito o volume do chorume produzido que para ser tratado necessitará de áreas maiores.

**Direção dos ventos** - os locais a montante de concentrações urbanas devem ser evitados, porque em época de inverno, em que as condições de inversão térmica se instalam, os ventos passam a conduzir os efluentes gasosos provenientes do aterro em direção à área urbana. Nesse caso é indicado que seja guardada certa distância a partir da qual o efeito se dissipa (cerca de 10 km, dependentemente do porte da obra).

**Clima** - todos os agentes erosivos estão intimamente ligados com o clima, e em regiões de clima úmido com alta pluviosidade, e dependendo da topografia e do tipo de solo, o lençol freático encontra-se em menores profundidades do que em regiões de clima seco. Regiões que apresentam variações bruscas de temperatura também estão sujeitas a fenômenos que auxiliam a ação erosiva.

Essas áreas devem ser evitadas, pois há facilitação da contaminação do lençol.

**Densidade de drenagem** - é definida como comprimento total de canais por área; assim um valor alto de densidade de drenagem indica uma região (sub-bacia) com muitos canais, não sendo recomendável para a instalação do aterro sanitário. De acordo com ZUQUETTE & GANDOLFI (1991) *apud* GUIMARÃES (2000) a densidade de drenagem não deve ser superior a 1. Informações como a distância e posicionamento dos recursos hídricos em relação à fonte contaminante, assim como a localização das áreas mais baixas que se constituem em zonas alagadiças ou inundáveis

também são importantes. Os rios meandrantos, pelo seu caráter migratório, são potencialmente agentes de transporte e diluição de soluções.

**Áreas de recarga** - as áreas de recarga de aquíferos confinados (e os aquíferos freáticos) são as mais suscetíveis à contaminação a partir de locais de disposição de resíduos, pois estão desprovidas do isolamento por camadas de menor condutividade hidráulica. Geralmente aí se encontra o aquífero exposto, ou coberto por material muito permeável, por isso nestas áreas é completamente desaconselhável o assentamento de um sítio de disposição de resíduo.

## **7. ATERRO ATUAL DO MUNICÍPIO DE RIO CLARO**

O aterro sanitário do município de Rio Claro situa-se na Rodovia Fausto Santomauro, SP-127, que liga Rio Claro a Piracicaba no Km 3. Área pertence à Prefeitura Municipal e recebe aproximadamente 3100 toneladas de resíduos sólidos domiciliares por mês.

O aterro está em operação desde 2001 e está previsto para término do funcionamento até 2016.

O aterro sanitário está assentado em uma área de características de solo sobrejacente à Formação Rio Claro, sendo o material original produto do retrabalhamento dos sedimentos arenosos desta Formação.

A área atual está próxima do aeródromo, aproximadamente 3 km, o que torna o local impróprio para este tipo de empreendimento, segundo a legislação vigente.

A figura 5 (*Imagem Digital Globe, Google Earth 2008*), mostra a localização do local em relação à Rodovia Fausto Santomauro (SP-127).



**Figura 5:** Imagem do atual aterro de Rio Claro, SP

## 8. CÁLCULO DA ÁREA DO EMPREENDIMENTO

**População Urbana:** 185.421 habitantes (IBGE, 2007), sendo em 2022 terão uma população segundo a formula de taxa crescimento constante de:

$N = N_0 (1 + Tx/100)^t$  onde **N** é a população, **N<sub>0</sub>** é a população inicial, **Tx** é a porcentagem de crescimento anual e **t** é o tempo em anos.

**Taxa de crescimento anual (IPEADATA):** 1,97

**Período Administrativo:** 15 anos.

**Taxa Kg/habitante/dia (CETESB):** 0,6

**Peso Específico do Lixo:**  $0,5t/m^3$

**Tabela 2:** Cálculo do volume total de resíduos sólidos domiciliares gerados em 15 anos

POPULAÇÃO	Cálculo População $N = N_0 (1 + Tx/100)^t$	Quantidade RSD Gerado em tonelada (anualmente) = População x 0,6	Volume de RSD Gerado= Quantidade x 1/0.5
2007	185.421	40607,2	81214,4
2008	189.074	41407,21	82814,41
2009	192.799	42222,98	84445,96
2010	196.597	43054,74	86109,49
2011	200.470	43902,93	87805,86
2012	204.419	44767,76	89535,52
2013	208.446	45649,67	91299,35
2014	212.552	46548,89	93097,78
2015	216.740	47466,06	94932,12
2016	221.009	48400,97	96801,94
2017	225.363	49354,5	98708,99
2018	229.803	50326,86	100653,7
2019	234.330	51318,27	102636,5
2020	238.946	52329,17	104658,3
2021	243.654	53360,23	106720,5
2022	248.454	54411,43	108822,9
<b>TOTAL</b>		<b>755.128,9</b>	<b>1.510.258 (m<sup>3</sup>)</b>

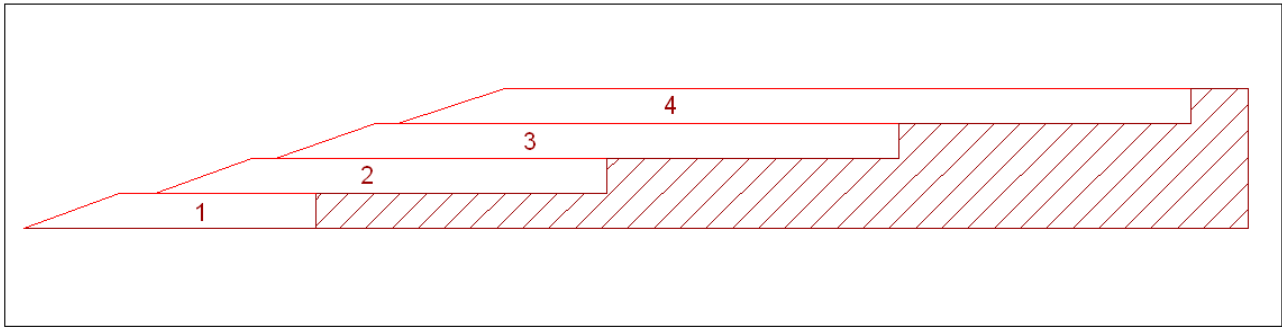
**Volume de Lixo Gerado:** 1.510.258 m<sup>3</sup>.

**Volume de material de cobertura** = 20% do volume de Lixo Gerado, portanto, 302.051,5 t/m<sup>3</sup>.

**Volume total** = volume do lixo gerado + volume de material de cobertura = 1.812.309 m<sup>3</sup>.

Então, o volume total em 15 anos de vida útil do aterro seria de 1.812.309 m<sup>3</sup>.

Considerando, na figura 06 abaixo, o aterro ficaria com 4 áreas (4 patamares e 4 corte), o que ocuparia uma área de tamanho de 200.000 m<sup>2</sup> (400m x 500m). Esta área teria capacidade de disposição aproximadamente 2.553.975 m<sup>3</sup>. Este volume equivale uma disposição superior de 15 anos. A tabela 03 demonstra o cálculo do volume total.



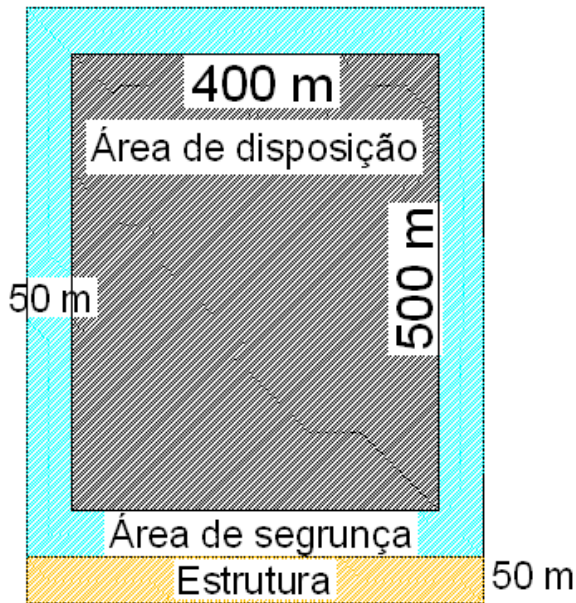
**Figura 6:** Perfil ilustrativo dos patamares do aterro

ÁREAS	TAMANHO (m <sup>2</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> )*
<b>1</b>	546,49	273245
<b>2</b>	1027,50	513750
<b>3</b>	1520,48	760240
<b>4</b>	2013,48	1006740
<b>TOTAL</b>	<b>5107,95</b>	<b>2.553.975</b>

**Tabela 3:** Cálculo do tamanho (m<sup>2</sup>) e volume (m<sup>3</sup>) dos patamares

\*Volume (m<sup>3</sup>) = Tamanho (m<sup>2</sup>) x 500 m (extensão)

Assim, conclui que área total do aterro seria a área de disposição calculada acima mais as áreas de estrutura, segurança, cinturão verde, tratamento do chorume etc. O esboço abaixo traz uma idéia da área total do empreendimento.



**Figura 7:** Esboço da área do aterro sanitário

Então, a área total do aterro sanitário seria, aproximadamente, a soma da área de disposição, área das estruturas, área de segurança. Totalizando uma área 325.000 m<sup>2</sup> ou 32,5 hectares.

## 9. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Carta de Seleção de Áreas foi confeccionada por meio de análises de alguns atributos e sobreposição de mapas. A carta foi dividida em três classes como susceptíveis, baixa aptidão e inapto.

- Susceptíveis: são as áreas que, segundo os atributos analisados, terão condições de alocar um aterro sanitário com nenhuma ou quase nenhuma restrição;
- Baixa aptidão: são as áreas que, segundo os atributos analisados, terão de possuir algum tipo de obra para suprir os atributos desfavoráveis;

- Inapto: são as áreas que, segundo os atributos analisados, não terá condições nenhuma de alocar um aterro sanitário devido aos inúmeros atributos desfavoráveis.

Os atributos analisados para a sobreposição dos mapas foram os seguintes:

➤ Distância de qualquer corpo d'água superficial

Inapto: < 200 metros

Susceptível: > 200 metros

➤ Distância do centro urbano

Inapto: centro urbano

Baixa aptidão: até 2000 metros

Susceptível: > 2000 metros

➤ Distância da pista de pouso

Inapto: < 13000 metros

Susceptível: > 13000 metros

➤ Unidades litoestratigráficas

Inapto: Depósitos aluvionares, formação Rio Claro, Itaqueri, Botucatu, Pirambóia, Iratí, Tatuí e Itararé.

Baixa aptidão: Formação Corumbataí

Susceptível: Formação Serra Geral

➤ Tipo de solos

Inapto: Latossolo Vermelho-Amarelo, Litólicos, Hidromórficos.

Baixa aptidão: Latossolo Roxo

Susceptível: Podzólicos Vermelho-Amarelos

É necessário deixar claro que as áreas consideradas susceptíveis e de baixa aptidão foram assim classificadas segundo aqueles critérios analisados e que estudos devem ser feitos com maior detalhe para poder refinar os resultados e tirar conclusões mais aprofundadas. Pois, alguns critérios

de suma importância deixaram de ser analisada como profundidade do lençol freático, declividade do terreno, uso e ocupação do solo, condições de acesso, hidrologia, sondagens *in situ*, verificação de existência de ocupação urbana e de drenagens nos locais, etc. E que os dados obtidos para realização deste trabalho foram secundários e que dados primários devem ser compilados para obter uma maior precisão.

A tabela 4 indica a numeração no mapa gerado e o tamanho em hectares das áreas consideradas susceptíveis de acordo com os critérios utilizados e totalizando 133,29 hectares de área distribuída pelo município. Já a tabela 5, mostra áreas consideradas de baixa aptidão.

**Tabela 4:** Áreas susceptíveis no Município de Rio Claro

<b>Áreas Susceptíveis do Município de Rio Claro</b>		
<b>NÚMERO</b>	<b>ÁREA (Ha)</b>	<b>CLASSE</b>
1	16,98	SUSCEPTÍVEL
2	40,43	SUSCEPTÍVEL
3	19,28	SUSCEPTÍVEL
4	44,28	SUSCEPTÍVEL
5	12,32	SUSCEPTÍVEL
<b>TOTAL</b>	<b>133,29</b>	

**Tabela 5:** Áreas de baixa aptidão do Município de Rio Claro

<b>Áreas de baixa aptidão do Município de Rio Claro</b>		
<b>NÚMERO</b>	<b>ÁREA (Ha)</b>	<b>CLASSE</b>
6	4,81	BAIXA APTAO
7	12,08	BAIXA APTAO
8	120,97	BAIXA APTAO
9	85,62	BAIXA APTAO
10	24,68	BAIXA APTAO
11	27,52	BAIXA APTAO
12	12,94	BAIXA APTAO
13	131,62	BAIXA APTAO
14	136,93	BAIXA APTAO
15	248,33	BAIXA APTAO
16	67,78	BAIXA APTAO
17	49,61	BAIXA APTAO
18	123,88	BAIXA APTAO
19	1,56	BAIXA APTAO
20	16,25	BAIXA APTAO
21	69,31	BAIXA APTAO
22	6,76	BAIXA APTAO



<b>23</b>	<b>12,37</b>	<b>BAIXA APTAO</b>
<b>24</b>	<b>18,93</b>	<b>BAIXA APTAO</b>
<b>25</b>	<b>27,76</b>	<b>BAIXA APTAO</b>
<b>26</b>	<b>233,7</b>	<b>BAIXA APTAO</b>
<b>27</b>	<b>241,7</b>	<b>BAIXA APTAO</b>
<b>28</b>	<b>89,46</b>	<b>BAIXA APTAO</b>
<b>29</b>	<b>9,32</b>	<b>BAIXA APTAO</b>
<b>30</b>	<b>31,51</b>	<b>BAIXA APTAO</b>
<b>31</b>	<b>12,68</b>	<b>BAIXA APTAO</b>
<b>32</b>	<b>3,42</b>	<b>BAIXA APTAO</b>
<b>33</b>	<b>14,22</b>	<b>BAIXA APTAO</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1835,72</b>	

As áreas que obteve solos considerados aptos e baixa aptidão deverão ser analisadas para que possa confirmar suas devidas características físicas e biológicas para que possa realizar uma alocação devidamente correta em relação a este atributo, pois ele é considerado a camada impermeabilizante natural caso algum problemas de vazamento de contaminantes.

As áreas encontradas próximo ao centro urbano devem tomar alguns cuidados, pois podem apresentar grande risco à saúde humana e problemas sociais, como a atrair população de baixa renda e desempregada a procura de lixo como fonte de renda e problemas com a resistência da população entorno do aterro. Este caso ocorre na área número 15 do mapa.

A área número 2, considerada susceptível poderia formar uma única área com a 31 e 32, ambas consideradas baixas aptidão. Com essa junção, obteria uma área maior para que a vida útil do aterro aumentasse aproveitando os espaços de baixa aptidão com obras que não tenha um potencial poluidor como a portaria, recepção, lugar de pesagem etc.

Com a Resolução nº 4, de 9 de outubro de 1995 , muitas áreas susceptíveis e baixa aptidão foram eliminadas e com o novo mapa gerado sem essa restrição o leque de áreas aumenta e as possibilidades também. Esta Resolução restringiu um grande espaço na cidade, ela também faz com que alguns critérios sejam discutidos como os critérios econômicos, pois é desejável que a trajetória dos veículos de coleta seja o menor possível com vista a reduzir gastos e desgaste dos mesmos. Então, esta distância tem que ser discutida junto com o órgão responsável para que não fique inviável a concretização do projeto.

Seguindo as tabelas 4 e 5, conseguimos visualizar o tamanho em hectares de cada área com seu respectivo número na Carta de Áreas Susceptíveis para Alocação de Aterro Sanitário no Município de Rio Claro. Com o tamanho da área calculada para disposição de RSD em 15 anos de

vida útil eliminamos algumas áreas consideradas susceptíveis e baixas aptidões devido o tamanho ser inferior ao tamanho de que necessitamos.

A tabela 6 mostra as áreas que realmente serão consideradas para um levantamento futuro.

**Tabela 6:** As áreas selecionadas do Município de Rio Claro

<b>Áreas Selecionadas do Município de Rio Claro</b>		
<b>NÚMERO</b>	<b>ÁREA (Ha)</b>	<b>CLASSE</b>
2	40,43	SUSCEPTÍVEL
4	44,28	SUSCEPTÍVEL
8	120,97	BAIXA APTAO
9	85,62	BAIXA APTAO
13	131,62	BAIXA APTAO
14	136,93	BAIXA APTAO
15	248,33	BAIXA APTAO
16	67,78	BAIXA APTAO
17	49,61	BAIXA APTAO
18	123,88	BAIXA APTAO
21	69,31	BAIXA APTAO
26	233,7	BAIXA APTAO
27	241,7	BAIXA APTAO
28	89,46	BAIXA APTAO

Em função das várias restrições que impedem a ocupação de áreas no entorno de malhas urbanas, aeroporto, vias de acesso e principalmente, a necessidade de um solo de baixa impermeabilidade tem contribuído para escassez de áreas para empreendimento desta natureza.

Neste sentido, observa que estudo de caso de Rio Claro, as áreas susceptíveis estão a uma distância de aproximadamente, 16 km. O que pode inviabilizar economicamente a utilização das áreas susceptíveis. Assim, devem-se utilizar áreas consideradas de baixa aptidão como alternativa economicamente para implantação do empreendimento.

## 10. CONCLUSÃO

A seleção de áreas para implantação de um aterro sanitário envolve um conjunto de critérios do meio físico, político e econômico, interligados entre si, impossibilitando assim, uma análise isolada de cada critério considerado. Portanto, a seleção de áreas para empreendimentos dessa natureza devem utilizar metodologias que possibilita a integração destes critérios.

As áreas, apontadas neste trabalho, como susceptíveis ou de baixa aptidão deverão passar por um estudo detalhado, para que a precisão seja maior e para que possa atender a maioria dos critérios de avaliação. Este trabalho baseou-se, na sua maioria, em dados secundários, estudos primários e aprofundados são importantes para a confiabilidade dos resultados. Estudos como: a constatação da existência e estado de conservação das vias de acesso, o uso e ocupação do local e do seu entorno, a existência de núcleo populacional, drenagens, nascentes e vegetação não mapeadas, realização de sondagens para constatação de materiais não consolidados, averiguação do nível do lençol subterrâneo e, finalmente, deve-se verificar a distribuição latifundiária.

O trabalho demonstrou um número reduzido de áreas susceptíveis o que comprova a dificuldade de encontrar locais com condições adequadas para localizar um aterro sanitário.

As áreas selecionadas se encontram em sua maioria no Norte e Nordeste do município e que áreas com baixa aptidão apresentam em maior número.

Apenas, as áreas 2 e 4 na Carta de Seleção se apresentam susceptíveis nos atributos realizados e tamanho de área necessário para obter uma vida útil de 15 anos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M. & BARBOSA, O. Geologia das quadrículas de piracicaba e rio claro. Rio de Janeiro: departamento nacional de produção mineral, divisão de geologia e mineralogia, boletim, n. 143, 1953. 96 p.

ALMEIDA, F.F.M. de. Fundamentos geológicos do relevo paulista. Boleim Instituto Geográfico e Geológico. São Paulo, 1974.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.004 - Resíduos Sólidos - Classificação. São Paulo. 63p.

BROLLO, M. J.,. Metodologia Automatizada para Seleção de Áreas para Disposição de Resíduos Sólidos. Aplicação na Região Metropolitana de Campinas (SP). 2001. Tese de doutorado, Faculdade de Saúde Pública (FSP), 2001.

CASTILHOS JUNIOR, A. B. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d água. Rio de Janeiro, RJ. 2006. 494 p.

CASTRO, M.C.A.A. Caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares do município de São Paulo. Consultoria técnica prestada à empresa Engecorp's. Prefeitura Municipal de São Paulo. Out. 1997.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DA BAHIA – CONDER.

Manual de Operação de Aterros Sanitários. Disponível em:

<[http://www.conder.ba.gov.br/manual\\_aterro.pdf](http://www.conder.ba.gov.br/manual_aterro.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2008.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares\_2005. Disponível em: < [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br)>. Acesso em: 25 jun. 2008.

COTTAS, L.R. Estudos Geológicos – Geotécnicos aplicados ao planejamento urbano de Rio Claro-SP. 1983. Tese de Doutorado– Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1983.

ELIS, V.R. Avaliação da aplicabilidade de métodos elétricos de prospecção geofísica no estudo de áreas utilizadas para disposição de resíduos. 1998. 273 p. Tese de Doutorado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1998.

FRÉSCA, F.R.C. Estudo da Geração de Resíduos Sólidos Domiciliares no Município de São Carlos, SP: A partir da Caracterização Física. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos.

GUIMARÃES, L.T. Utilização Do Sistema De Informação Geográfica (Sig) Para Identificação De Áreas Potenciais Para Disposição De Resíduos Na Bacia Do Paquequer, Município De Teresópolis – RJ

INSTITUTO Agrônômico (SP): Levantamento pedológico semi-detalhado do estado de São Paulo: Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1981.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 13 ago. 2008.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA. Disponível em: < [www.ipeadata.gov.br](http://www.ipeadata.gov.br) >. Acesso em: 2 out. 2008.

LEALDINI, M.L.C.; Diretrizes para o gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos em Estiva Gerbi, SP. 2006. 147p. Tese de Doutorado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

LEITE, K.S., 2005. Emprego da eletrorrestividade na caracterização geométrica de solos irrigados com efluentes de esgoto residencial, na ETE – Sabesp do município de Lins, SP.

MATOS, T.F.L. Diagnóstico dos Resíduos Poliméricos Presentes nos Resíduos Sólidos Domiciliares Gerados em São Carlos, SP.

MONTEIRO, J. H.P. Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. Disponível em: <<http://www.ibam.org.br/publico/media/manualRS.pdf>>. Acesso em 10 fev. 2008.

MOURA, H.P.; MALAGUTTI, W. Métodos de Eletrorresistividade e de Polarização Induzida Aplicados na Área de Disposição de Resíduos Urbanos: Aterro Controlado de Rio Claro, SP. 2002. Tese de Doutorado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

MURO, M.D. Carta de zoneamento para seleção de áreas frente a instalação de aterros sanitários no município de São Carlos.2000. Escola de Engenharia de São Carlos. 2000.

OLIVEIRA, A.S.D. Método para Viabilização da Implantação de Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: O Caso do Município de Rio Grande – RS. 2002.

SARDINHA, D.S. Utilização da técnica de Sondagem Elétrica Vertical para o estudo de uma área de disposição de resíduos sólidos urbanos no município de Leme. Tese de Mestrado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

SCHALCH, V.; LEITE, W.C.A.; FERNANDES JÚNIOR, J.L.; CASTRO, M.C.A.A. - Gerenciamento de Resíduos Sólidos. São Carlos, 1997. 227 p.

SÍNTESE do Relatório Final do Plano de Bacias Hidrográficas 2000-2003. Disponível em: <<http://www.comitepcj.sp.gov.br>>. Acesso em: 12 Abr.2007

SOARES, A. P. M. e GRIMBERG, E. Coleta seletiva e o princípio dos 3Rs\*. <Disponível: <http://www2.fpa.org.br/portal/modules/news/article.php?storyid=2553>>. Acesso em: 26 jun. 2008.

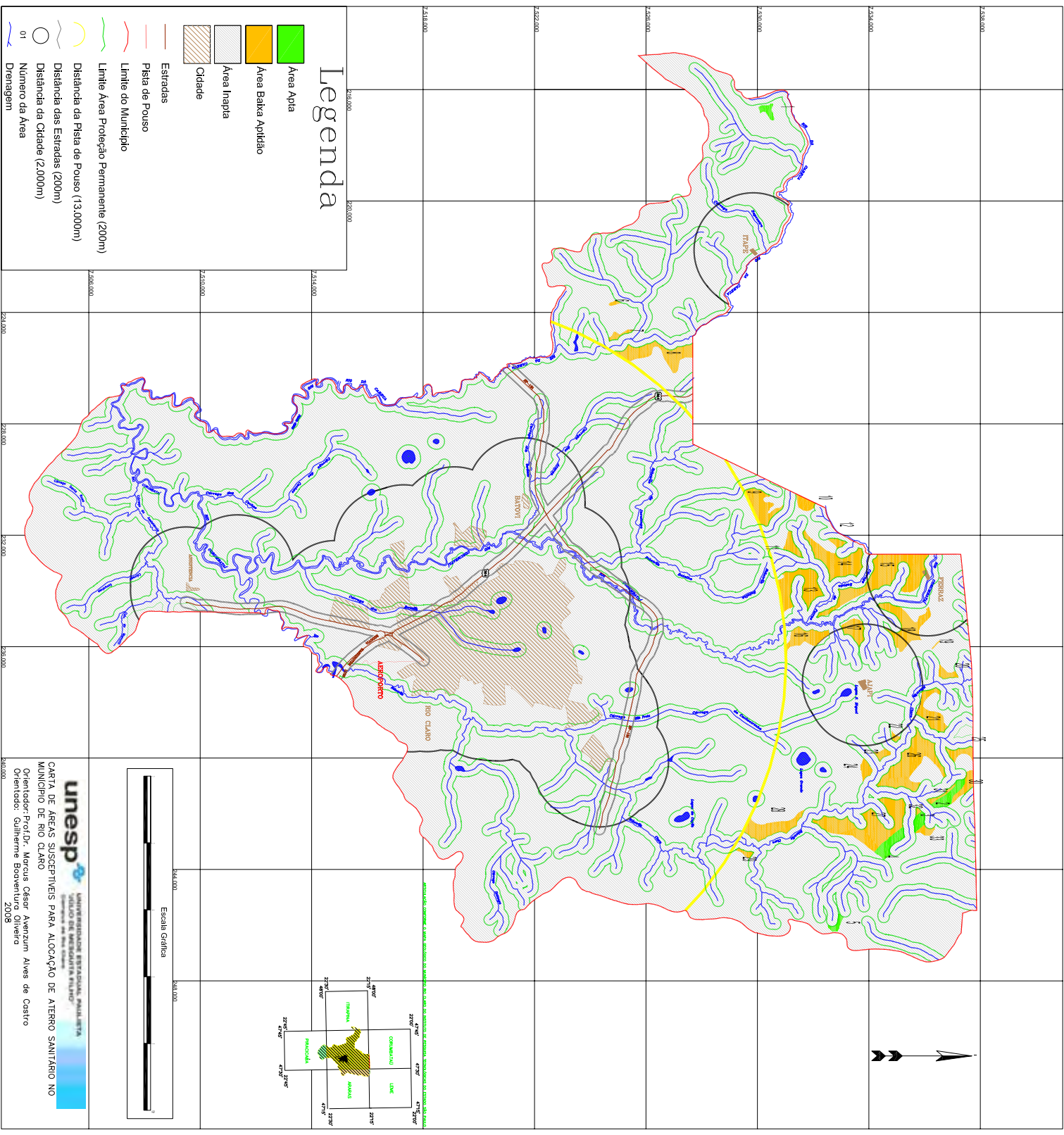
ZAINE, J. E. Geologia da formação rio claro na folhade rio claro (sp). 1994.90 f. Dissertação (mestrado em geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1994

ZAINE, J.E. – Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método de detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP). 2000. 149 f. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000

ZANTA *et al.* Resíduos Sólidos, Saúde e Meio Ambiente: Impactos Associados aos Lixiviados de Aterro Sanitário. In: CASTILHOS JÚNIOR, A., B. de. (Coord) Resíduos Sólidos: Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos com Ênfase na Proteção de Corpos D'Água: Prevenção, Geração e Tratamento de Lixiviados de Aterro Sanitário. Rio de Janeiro

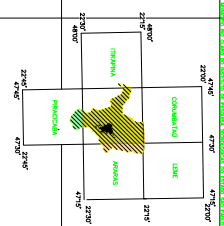
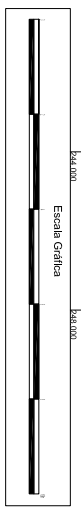
# **ANEXO 1**

**CARTA DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS  
PARA ALOCAÇÃO DE ATERRO  
SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE RIO  
CLARO, SP.**



# Legenda

- Área Aptá
- Área Baixa Aptidão
- Área Inapta
- Cidade
- Estradas
- Pista de Pouso
- Limite do Município
- Limite Área Proteção Permanente (200m)
- Distância da Pista de Pouso (13.000m)
- Distância das Estradas (200m)
- Distância da Cidade (2.000m)
- Número da Área
- Drenagem



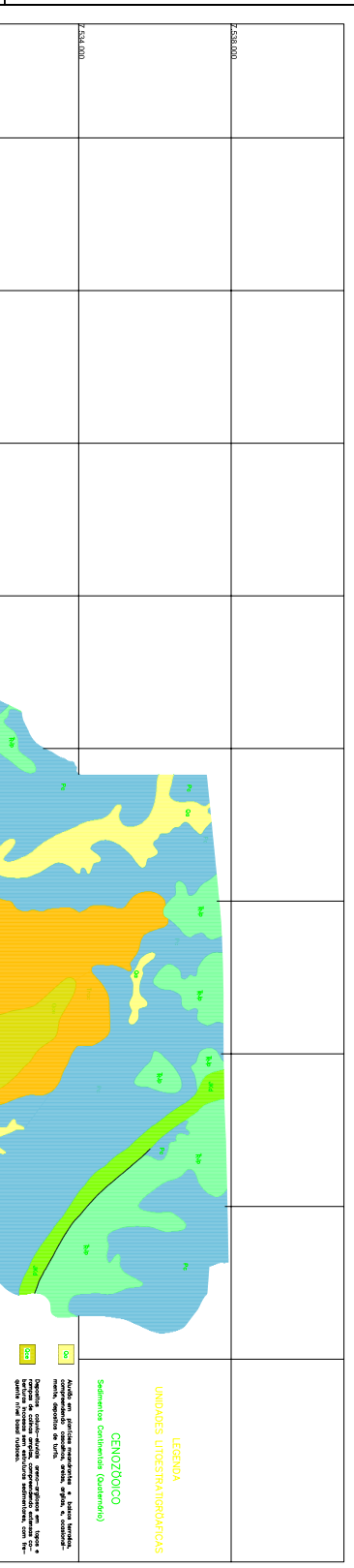
**unesp** UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
 "JOSÉ DE MESSEIAS FILHO"  
 CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
 MAPAS E CARTOGRAFIA

CARTA DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS PARA ALOCAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO  
 MUNICÍPIO DE RIO CLARO  
 Orientador: Prof. Dr. Marcus César Avezum Alves de Castro  
 Orientador: Guilherme Boaventura Oliveira  
 2009



# **ANEXO 2**

**MAPA GEOLÓGICO DO MUNICÍPIO  
DE RIO CLARO, SP.**



**LEGENDA**  
**UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS**  
**CENOZOICO**  
 Sedimentos Cuaternarios (Cuaternario)

05 Areolas que guardan características de un tipo de litología, materia, estructura de litología, estructura de litología, etc. (Forma, litología, estructura de litología, etc.)

06 Delineación cartográfica que representa un tipo de litología, estructura de litología, etc. (Forma, litología, estructura de litología, etc.)

07 Formación no clara (Fuebles)

08 Representación de unidades y series asociadas a una formación (Forma, litología, estructura de litología, etc.)

09 Representación de grupos de unidades de unidad de litología (Forma, litología, estructura de litología, etc.)

10 Delineación delimitada de Formación no clara, formada por series asociadas, series y series.

**MESOZOICO**

11 Grupo São Bento

12 Formación Serra Verde

13 Formación Itaipava (Itaipava/Itaipava)

14 Formación Itaipava (Itaipava/Itaipava)

**PALEOZOICO**

15 Grupo Falsa Dita

16 Formación Corumbal (Formosa)

17 Formación Corumbal (Formosa)

18 Formación São (Formosa)

19 (Características, unidades, características y series)

20 Grupo Ilha do

21 Formación Itaipava (Itaipava/Itaipava)

22 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

23 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

24 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

25 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

26 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

27 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

28 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

29 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

30 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

31 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

32 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

33 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

34 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

35 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

36 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

37 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

38 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

39 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

40 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

41 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

42 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

43 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

44 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

45 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

46 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

47 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

48 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

49 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

50 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

51 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

52 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

53 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

54 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

55 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

56 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

57 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

58 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

59 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

60 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

61 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

62 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

63 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

64 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

65 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

66 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

67 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

68 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

69 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

70 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

71 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

72 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

73 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

74 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

75 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

76 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

77 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

78 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

79 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

80 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

81 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

82 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

83 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

84 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

85 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

86 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

87 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

88 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

89 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

90 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

91 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

92 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

93 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

94 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

95 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

96 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

97 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

98 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

99 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

100 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

101 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

102 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

103 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

104 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

105 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

106 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

107 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

108 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

109 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

110 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

111 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

112 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

113 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

114 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

115 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

116 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

117 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

118 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

119 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

120 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

121 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

122 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

123 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

124 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

125 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

126 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

127 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

128 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

129 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

130 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

131 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

132 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

133 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

134 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

135 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

136 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

137 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

138 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

139 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

140 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

141 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

142 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

143 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

144 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

145 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

146 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

147 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

148 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

149 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

150 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

151 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

152 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

153 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

154 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

155 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

156 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

157 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

158 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

159 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

160 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

161 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

162 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

163 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

164 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

165 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

166 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

167 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

168 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

169 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

170 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

171 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

172 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

173 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

174 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

175 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

176 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

177 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

178 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

179 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

180 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

181 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

182 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

183 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

184 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

185 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

186 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

187 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

188 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

189 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

190 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

191 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

192 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

193 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

194 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

195 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

196 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

197 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

198 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

199 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

200 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

201 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

202 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

203 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

204 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

205 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

206 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

207 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

208 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

209 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

210 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

211 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

212 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

213 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

214 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

215 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

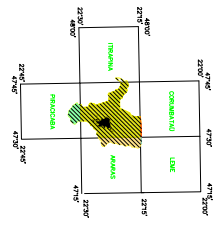
216 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

217 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

218 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

219 (Formosa, Itaipava, Itaipava)

220 (Formosa, Itaipava, Itaipava)



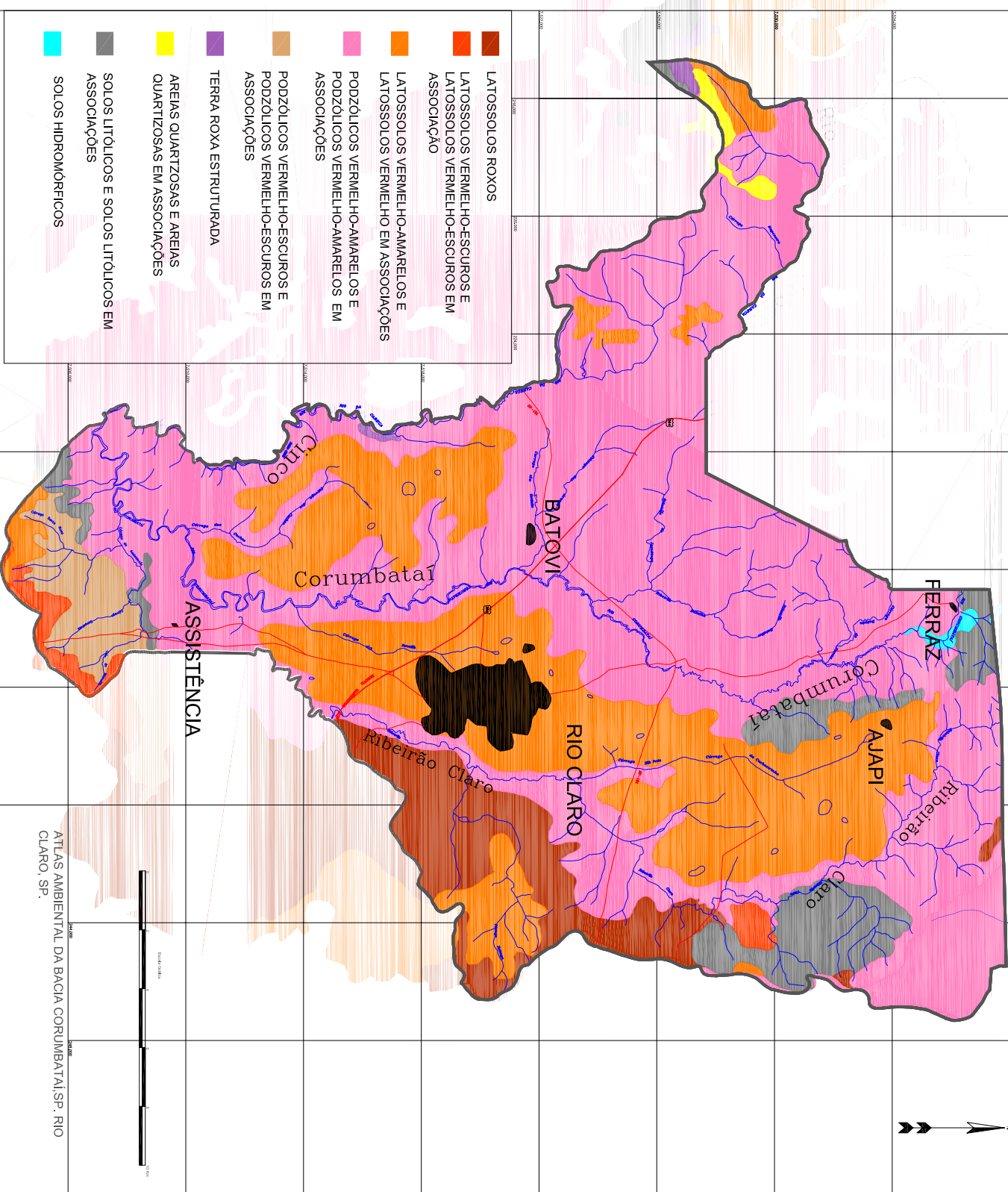
- DOCUMENTAÇÃO BÁSICA CONSULTADA E/OU UTILIZADA
- 01 Mapa (1968) - 1:50000
  - 02 Mapa (1968) - 1:50000
  - 03 Mapa (1968) - 1:50000
  - 04 Mapa (1968) - 1:50000
  - 05 Mapa (1968) - 1:50000
  - 06 Mapa (1968) - 1:50000
  - 07 Mapa (1968) - 1:50000
  - 08 Mapa (1968) - 1:50000
  - 09 Mapa (1968) - 1:50000
  - 10 Mapa (1968) - 1:50000

Mapa Geológico Completo  
 Escala: 1:50.000  
 Autor: [Información no legible]  
 Organismo: [Información no legible]

**P A T E M**  
 Mapa Geológico do Município de Rio Claro  
 INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT - C. E. P. T.  
 Rua: [Información no legible] - R. 35.434  
 Caixa Postal: [Información no legible]

# **ANEXO 3**

**ATLAS AMBIENTAL DA BACIA  
CORUMBATAÍ, SP. MAPA DE SOLOS  
DO MUNICÍPIO DE RIO CLARO, SP.**



LATOSSOLOS ROXOS

LATOSSOLOS VERMELHO-ESCUROS E LATOSSOLOS VERMELHO-ESCUROS EM ASSOCIAÇÃO

LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS E LATOSSOLOS VERMELHO EM ASSOCIAÇÕES

PODZÓLICOS VERMELHO-AMARELOS E PODZÓLICOS VERMELHO-AMARELOS EM ASSOCIAÇÕES

PODZÓLICOS VERMELHO-ESCUROS E PODZÓLICOS VERMELHO-ESCUROS EM ASSOCIAÇÕES

TERRA ROXA ESTRUTURADA

AREIAS QUARTZOSAS E AREIAS QUARTZOSAS EM ASSOCIAÇÕES

SOLOS LITÓLICOS E SOLOS LITÓLICOS EM ASSOCIAÇÕES

SOLOS LITÓLICOS E SOLOS LITÓLICOS EM ASSOCIAÇÕES

SOLOS LITÓLICOS E SOLOS LITÓLICOS EM ASSOCIAÇÕES

SOLOS LITÓLICOS E SOLOS LITÓLICOS EM ASSOCIAÇÕES

SOLOS LITÓLICOS E SOLOS LITÓLICOS EM ASSOCIAÇÕES

SOLOS LITÓLICOS E SOLOS LITÓLICOS EM ASSOCIAÇÕES

SOLOS LITÓLICOS E SOLOS LITÓLICOS EM ASSOCIAÇÕES

SOLOS LITÓLICOS E SOLOS LITÓLICOS EM ASSOCIAÇÕES



ATLAS AMBIENTAL DA BACIA CORUMBATAÍ, SP. RIO CLARO, SP.