



# PRÉ-SELEÇÃO DE ÁREAS PARA INSTALAÇÃO DE NOVOS ATERROS SANITÁRIOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

Convênio IAP/MINEROPAR n° 02.04.102

#### Revisão

Eduardo Salamuni

#### Diagramação

Clarissa Nunes

#### Referências e catalogação

Marlene Mengarda Martelli

## Catalogação na fonte

Minerais do Paraná S/A

Pré-seleção de áreas para instalação de aterros sanitários na Região Metropolitana de Curitiba. Curitiba: MINEROPAR,2005. 85 p., 2 mapas.

1. Aterro sanitário – RMC. 2. Áreas selecionadas – RMC. I. Ribas, Sérgio Maurus. II. Título

CDU: 628.44 (816.21C)

## Direitos desta edição reservados à Minerais do Paraná S/A

Rua Máximo João Kopp, 274 – Bloco 3
Bairro Santa Cândida
CEP 82630-900 Curitiba-Paraná
Telefone (41) 3351-6900
<a href="http://www.pr.gov.br/mineropar">http://www.pr.gov.br/mineropar</a>
e.mail minerais@pr.gov.br





## **GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ**

Roberto Requião Governador

Secretaria de Estado da Indústria, do Comércio e Assuntos do Mercosul Luís Mussi Secretário

Minerais Do Paraná S.A.

Eduardo Salamuni Diretor Presidente

Rogério da Silva Felipe Diretor Técnico

Manoel Collares Chaves Neto Diretor Administrativo Financeiro





# Gerente do Projeto

Geólogo Sérgio Maurus Ribas

# **Equipe Técnica**

Clóvis Roberto da Fonseca Técnico de Mineração

Manoel de Cristo e Genésio Pinto Queiróz Auxiliares Técnicos

Apoio de Apoio

Geólogo **Oscar Salazar Júnior** Estagiário **Tiago de Bittencourt Rossi** 

# **APRESENTAÇÃO**

O presente trabalho foi desenvolvido pela Minerais do Paraná S/A – MINEROPAR, em parceria técnica com a Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba – COMEC, e institucional com o Instituto Ambiental do Paraná – IAP, com o objetivo de selecionar e indicar áreas potenciais para disposição de resíduos urbanos na Região Metropolitana de Curitiba, através de trabalho de análise geológica expedito de terrenos ao redor do município de Curitiba. Tais áreas se destinariam, em futuro próximo, à substituição do Aterro Sanitário da Caximba, em vias de esgotamento.

O estudo foi realizado através de metodologias para a definição de critérios específicos apropriados na instalação de aterros sanitários, priorizando a execução de estudos geológicos, geotécnicos e ambientais.

Devido à alta complexidade que representa a instalação de um aterro sanitário, além dos estudos técnicos foram também analisados alguns fatores socioeconômicos, visando compatibilizar resultados satisfatórios quando da viabilização desse empreendimento.

Saliente-se que as indicações, feitas inclusive em mapa constante deste trabalho, precisarão, vencidas as etapas fundamentais de decisões político-institucionais, passar por detalhamento de investigação geológico-geotécnica. Para este momento, a MINEROPAR estará pronta a efetivar esta tão necessária etapa de trabalho.

A MINEROPAR entende que, a princípio, o trabalho tem um caráter de distribuição limitada, posto que as áreas indicadas poderiam, de outra forma, passar por processo de especulação indevida.

Eduardo Salamuni Diretor Presidente

# SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1 DECODICÃO DO DDODI EMA	4.0
1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	10
2 MÉTODOS DE TRABALHO	11
2.1 Pré-seleção de áreas	11
2.2 VIABILIZAÇÃO DAS ÁREAS PRÉ-SELECIONADAS	
2.3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	
2.4 RESULTADOS OBTIDOS	14
3 DESCRIÇÃO DOS CRITÉRIOS GERAIS ESTABELECIDOS PARA	
PRÉ-SELEÇÃO DE ÁREAS	25
•	
3.1 Tamanho da Área	25
3.3 ZONEAMENTO AMBIENTAL	
3.4 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	
3.5 DENSIDADE POPULACIONAL DA ÁREA	
3.6 DISTÂNCIA DO NÚCLEO POPULACIONAL	
3.8 CONDIÇÕES DE ACESSO E OPERAÇÃO	
3.9 DISPONIBILIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA	29
3.10 Litologia	29
3.11 TOPOGRAFIA	
3.12 DECLIVIDADE DO TERRENO	
3.13 FORMA DA ENCOSTA	
3.14 MOVIMENTOS DE MASSA E SUBSIDÊNCIAS	
3.15 EROSÃO	
3.17 ÁREAS DE MATACÕES	
3.18 DESCONTINUIDADES	
3.19 PROFUNDIDADE ENTRE A BASE DO ATERRO E O SUBSTRATO ROCHOSO	
3.20 Perfis de alteração	
3.21 CAPACIDADE DE SUPORTE DO SOLO	33
3.22 DENSIDADE DE DRENAGEM	
3.23 DISTÂNCIA DOS CURSOS D'ÁGUA	
3.24 AQÜÍFERO LIVRE OU POÇOS DE CAPTAÇÃO	
3.25 DISTÂNCIA ENTRE AS FONTES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA OU RECURSO HÍDRICO	
3.26 Areas de recarga de aqüífero	
3.28 ZONAS ÚMIDAS	
3.29 JAZIDAS DE MATERIAL	
4 DESCRIÇÃO DE ÁREAS PRIORIZADAS	40
4.1 Sub-áreas A-135, A-072 (a), A-072 (b) – Município de Contenda	40
4.2 - Sub-áreas A-134 a, b, c, d – Município de Araucária	46
4.3 SUB-ÁREAS A-113 A, B, C – MUNICÍPIOS DE CAMPINA GRANDE DO SUL E BOCAIÚVA DO SUL	50
4.4 – Sub-área A-070 – Município de Campo Largo	57
5 – PRODUTOS GERADOS	61
6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	67
	02
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

#### LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 Áreas pré-selecionadas para instalação de Aterro Sanitário na Região Metropolitana de Curitiba
- FIGURA 2 Áreas pré-selecionadas para instalação de Aterro Sanitário ao norte da Região Metropolitana de Curitiba
- FIGURA 3 Áreas pré-selecionadas para instalação de Aterro Sanitário ao sul da Região Metropolitana de Curitiba
- FIGURA 4 Sub-áreas priorizadas para implantação de Aterro Sanitário ao norte da Região Metropolitana de Curitiba
- FIGURA 5 Sub-áreas priorizadas e alternativas locacionais para implantação de Aterro Sanitário ao sul da Região Metropolitana de Curitiba
- FIGURA 6 Localização das sub-áreas A-072 (a), A-072 (b), A-135, Município de Contenda, ao sul da Região Metropolitana de Curitiba
- FIGURA 7 Foto aérea da sub-área A-135, Município de Contenda
- FIGURA 8 Mapa geológico das sub-áreas pré-selecionadas no Município de Contenda (A-135, A-072 (a) e A-072 (b)
- FIGURA 9 Mapa de solos das sub-áreas pré-selecionadas no Município de Contenda (sub-áreas A-135, A-072 (a) e A-072 (b)
- FIGURA 10 Foto aérea da região das sub-áreas A-134 (a), (b), (c) e (d), no Município de Araucária
- FIGURA 11 Mapa topográfico das sub-áreas A-134 (a), (b), (c) e (d), no Município de Araucária, ao sul da Região Metropolitana de Curitiba
- FIGURA 12 Mapa geológico das sub-áreas priorizadas no Município de Araucária (sub-áreas A-134(a), (b), (c) e (d)
- FIGURA 13 Foto aérea das sub-áreas priorizadas ao norte da Região Metropolitana de Curitiba
- FIGURA 14 Mapa topográfico das sub-áreas A-113 (a), (b) e (c), ao norte da Região Metropolitana de Curitiba
- FIGURA 15 Mapa geológico das sub-áreas priorizadas ao norte da Região Metropolitana de Curitiba, nos municípios de Bocaiúva do Sul e Campina Grande do Sul (sub-áreas A-113 (a), (b) e (c)
- FIGURA 16 Mapa de solos das sub-áreas priorizadas ao norte da Região Metropolitana de Curitiba nos municípios de Bocaiúva do Sul e Campina Grande do Sul (sub-áreas A-113 (a), (b) e (c)

FIGURA 17 - Mapa topográfico de áreas alternativas a oeste de Curitiba, Município de Campo Largo (sub-área A-070)

FIGURA 18 - Mapa geológico de área alternativa a oeste de Curitiba, no Município de Campo Largo (sub-área A-070)

FIGURA 19 - Mapa de solos de área a oeste de Curitiba, Município de Campo Largo (sub-área A-070)

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 Áreas pré-selecionadas para instalação de Aterros Sanitários na Região Metropolitana de Curitiba
- TABELA 2 Sub-áreas priorizadas para estudos de detalhe
- TABELA 3 Pesos atribuídos para os critérios analisados e priorização das sub-áreas pré-selecionadas para instalação de Aterro Sanitário na Região Metropolitana de Curitiba
- TABELA 4 Parâmetros de cálculo da vida útil do empreendimento de novos Aterros Sanitários na Região Metropolitana de Curitiba
- TABELA 5 Definição de critérios para pré-seleção de áreas para instalação de Aterros Sanitários na Região Metropolitana de Curitiba e pesos atribuídos ("check-list" de campo)

# **INTRODUÇÃO**

A norma ABNT NBR 8419/1984 define aterro sanitário como:

(...) uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos em menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se for necessário. (ABNT, 1984).

O presente estudo visa o desenvolvimento metodológico e a definição de critérios específicos para seleção de áreas potenciais para disposição de resíduos na Região Metropolitana de Curitiba - RMC. O trabalho foi desenvolvido em parceria técnica com a Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba - COMEC, em convênio de prestação de serviços técnicos com o Instituto Ambiental do Paraná - IAP (contrato nº 02.04.102).

O projeto foi concebido inicialmente para seleção de duas áreas, uma na região norte e outra na região sul de Curitiba, dentro de um contexto de urgência visando a execução de um projeto emergencial para a instalação de aterro(s) sanitário(s). O projeto inicial previa o recebimento dos resíduos sólidos urbanos de Curitiba e das cidades da Região Metropolitana por um período de cinco anos. Desta forma, seriam criadas as condições técnicas e administrativas necessárias para se desenvolver estudos mais abrangentes, visando a escolha de outros locais com capacidade para atender a RMC por período superior a vinte anos.

Com as modificações dos objetivos no decorrer dos trabalhos, propiciadas por medidas paliativas como a de ampliação da capacidade do Aterro Sanitário da Caximba, que deverá receber o lixo de Curitiba e Região Metropolitana por mais quatro anos, os trabalhos se desenvolveram com o objetivo de pré-selecionar áreas para instalação de aterros sanitários na Região Metropolitana de Curitiba, com definição dos critérios para análise do meio físico e priorização de áreas.

# 1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

A Região Metropolitana de Curitiba inclui 26 municípios e uma superfície de 15.383 km². É imprescindível a seleção de locais para a instalação de aterros sanitários de vida útil com capacidade para receber os resíduos sólidos urbanos da RMC por período superior a 20 (vinte) anos, de acordo com critérios sócio-econômicos de viabilização para aterros.

O grande volume de lixo produzido na Região Metropolitana de Curitiba inviabiliza o uso de aterros menores e dispersos na região, porque isto aumentaria o risco de impactos ambientais de difícil controle. A escolha de locais apropriados para instalação de aterros sanitários exige a execução de estudos geológicos e geotécnicos detalhados, uma vez que é preciso preservar a qualidade dos mananciais superficiais e subterrâneos, evitar locais situados próximos a núcleos populacionais e situações em que os ventos dominantes levem a poluição atmosférica até eles, entre outros requisitos. Por outro lado, a aptidão do terreno deve ser compatibilizada com a distância econômica de transporte.

Um consórcio formado por 14 cidades (Almirante Tamandaré, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Campo Magro, Colombo, Curitiba, Fazenda Rio Grande, Pinhais, Piraquara, São José dos Pinhais, Mandirituba, Quatro Barras, Contenda e Itaperuçu) objetivou a construção de uma **Central de Tratamento de Resíduos em Mandirituba** - **CTRM** para evitar o estrangulamento do sistema de coleta de lixo, porém esbarrou em questões legais, discutidas na justiça. O mesmo acontece com o Projeto do **Aterro Norte**, previsto para instalação no município de Rio Branco do Sul, pressionado por manifestações políticas e populares contrárias.

## **2 MÉTODOS DE TRABALHO**

Existem vários métodos para indicação de locais favoráveis para a instalação de aterros sanitários que vão desde levantamentos expeditos até extensos mapeamentos e estudos analíticos. Os métodos podem ser agrupados em: intuitivo, exclusão de fatores, comparativo e de combinação de critérios.

O método intuitivo leva em conta a experiência técnica dos profissionais envolvidos e de maneira geral é utilizado em todas as fases do projeto. A exclusão de fatores é imprescindível na análise de critérios restritivos ao uso pretendido. O método de combinação de critérios usa a técnica comparativa, que é aquela que trata de ponderar a informação sobre as áreas, com atribuição de valores numéricos, para o qual se necessita ter toda a informação em uma mesma escala, de preferência em um SIG. Finalmente, seleciona-se uma combinação própria de critérios identificando as áreas que satisfaçam ou não a combinação.

Neste trabalho adotou-se os vários métodos descritos e previu-se a realização de atividades em dois níveis distintos que são: (a) pré-seleção de áreas e (b) viabilização das áreas pré-selecionadas.

## 2.1 Pré-seleção de áreas

Nesta fase, o conjunto de dados do meio físico, biótico e sócio-econômico é analisado em escala regional, para que sejam selecionadas várias áreas potencialmente aproveitáveis para a instalação do aterro.

Normalmente pouca atividade de campo é desenvolvida nesta etapa, limitandose a vistorias de reconhecimento, lançando-se mão, o máximo possível, de informações existentes.

# 2.2 Viabilização das áreas pré-selecionadas

Nesta fase são essenciais os trabalhos de campo com o detalhamento do levantamento de dados do meio físico, com observações de superfície e de subsuperfície. Informações dos meios biótico e sócio-econômico também deverão ser consubstanciadas. As técnicas utilizadas são:

- técnicas indiretas: interpretação de imagens de satélite e, secundariamente, fotografias aéreas; utilização de métodos geofísicos (sísmica, sondagem elétrica vertical, etc).
- técnicas diretas: execução de sondagens a trados e percussão e rotativas; ensaios in situ (ensaios de bombeamento, infiltração, etc) e de laboratório (granulometria, análises da água, limites de Atterberg, permeabilidade, compactação dos solos, etc), vistorias, perfis, contagens, etc.

#### 2.3 Atividades desenvolvidas

A metodologia adotada foi desenvolvida para aplicação na Região Metropolitana de Curitiba e teve como objetivo a localização de possíveis sítios para instalação de aterros sanitários contemplando as seguintes atividades:

- Definição do porte do empreendimento, baseado em estudos comparativos de volumes de produção de lixo e projeções para 20 anos, fornecidos pelo Aterro da Caximba, pelo projeto da Central de Tratamento de Resíduos de Mandirituba CTRM e pelos parâmetros fornecidos pela Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba COMEC para o projeto de Aterros Emergenciais (vide tabela 4);
- Definição dos critérios a serem observados na pré-seleção de áreas para aterros sanitários, com classificação em: adequada, adequada com restrições e inadequada, (vide tabela 5 capítulo 4);
- Estabelecimento de pesos, variando de 0 a 25, sendo mais adequados os valores mais elevados para o critério analisado. (vide tabela 3);
- Cartografia das áreas restritas para uso, considerando como critérios eliminatórios: as zonas urbanizadas, as áreas de preservação de mananciais, as unidades de conservação, (incluindo as de proteção integral e de uso sustentado), as áreas de influência dos mananciais do carste e as áreas de aluviões dos principais rios (vide figura 1);
- Delimitação das áreas possíveis para instalação de aterros sanitários, com aproximadamente 300 Km², obedecendo alguns critérios estabelecidos como:

distância do centro atendido (Curitiba), uso e ocupação do solo, densidade populacional da área, distância do núcleo populacional, acessos e infraestrutura;

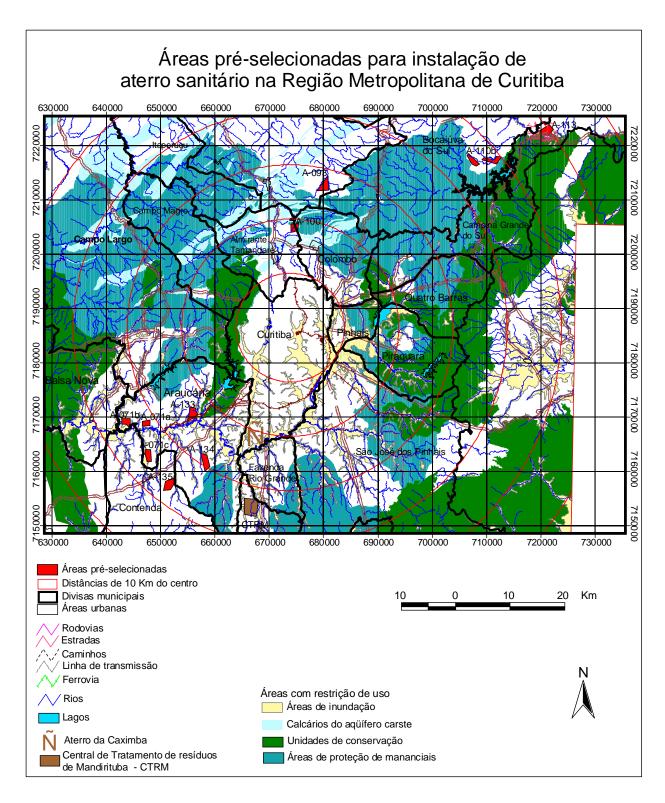
- Cruzamento com as informações de direitos minerários fornecidas pelo Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM, para verificação dos decretos de lavra existentes em cada área, buscando evitar futuras indenizações por lucro cessante na exploração mineral;
- Fotointerpretação executada em fotos nas escalas 1:25.000 (de 1980) e
   1:30.000 (de 2000), aliada a observações de campo para delimitação das áreas e aplicação dos critérios definidos com o "check list" de campo;
- Pré—seleção de onze áreas na Região Metropolitana de Curitiba, sendo cinco na região norte e seis na região sul de Curitiba, e apresentação para avaliação da COMEC, onde serão aplicados estudos de detalhe para viabilizar a instalação de aterros sanitários (figuras 2 e 3);
- Contratação de consultoria especializada para avaliação das áreas préselecionadas e concepção inicial de projetos de Aterro Sanitário, resultando na priorização de três sub-áreas a norte da RMC (municípios de Campina Grande do Sul e Bocaiúva do Sul) e cinco sub-áreas a sul (municípios de Araucária e Contenda), avalizadas pela Coordenação de Planejamento da COMEC (figuras 4 e 5);
- Programação de estudos geofísicos (imageamento elétrico em 3250 metros de perfis e cerca de 10 sondagens elétricas verticais – SEVs), realizados em quatro sub-áreas do município de Araucária, a sul da Região Metropolitana de Curitiba, em convênio técnico-científico com a FUNPAR/UFPR;
- Levantamento topográfico com implantação de picadas para locação dos serviços de Geofísica (métodos de resistividade/polarização induzida e sondagens elétricas verticais – SEVs);
- Mapeamento de campo, incluindo cadastro do nível d'água nos poços cacimba nas propriedades rurais englobadas nas áreas selecionadas;

- Pré-seleção de áreas alternativas, ampliando as opções apresentadas para instalação de Aterros Sanitários. Os trabalhos efetuados indicaram a área A-070 no município de Campo Largo e as áreas A-072 (a) e A-072 (b) no município de Contenda (figura 5);
- Tratamento dos dados, digitalização e montagem de banco de dados multivariados, emissão de pareceres e elaboração de relatório.

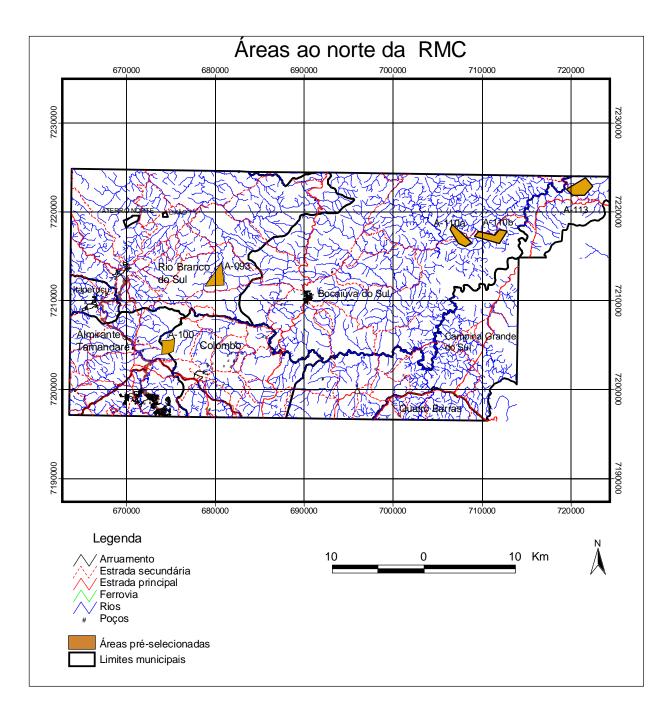
#### 2.4 Resultados obtidos

O método de trabalho proposto previu a realização de atividades em duas fases distintas que são: (a) pré-seleção de áreas e (b) viabilização das áreas pré-selecionadas. O presente relatório contempla os resultados parciais obtidos até o momento. Inicialmente foram selecionados e priorizados 11 (onze) possíveis locais nos diversos municípios da RMC, submetidos à avaliação da COMEC. Os locais pré-selecionados são listados na tabela 1 a seguir e representados na figura 1 e nos mapas anexos.

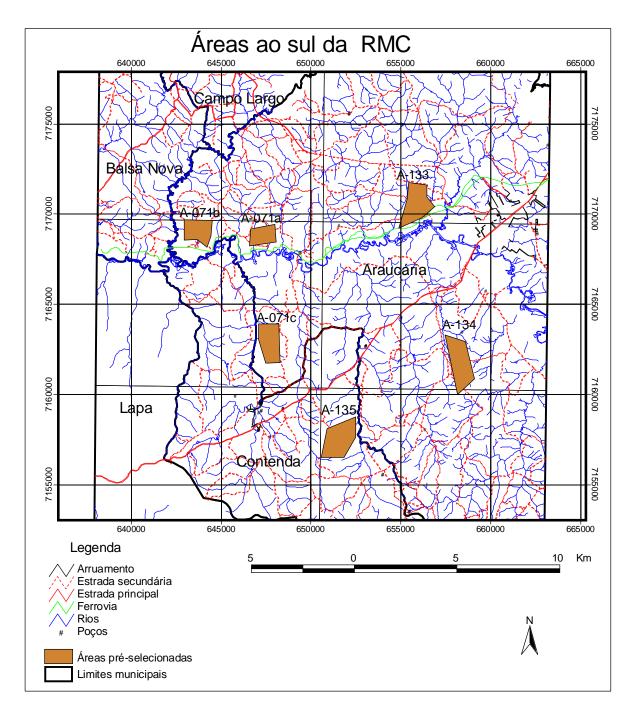
Nesta primeira fase, após a definição e análise das características e das propriedades consideradas eliminatórias ou que determinam áreas que devam ser descartadas para o uso pretendido, foram aplicados os critérios restritivos, descritos no capítulo 4 deste relatório, com atribuição de pesos que possibilitaram a hierarquização de 11 áreas apresentadas nas figuras 1, 2 e 3, e relacionadas na tabela 1.



**Figura 1** – Áreas pré-selecionadas para instalação de aterros sanitários e principais áreas com restrições de uso na Região Metropolitana de Curitiba.



**Figura 2** – Áreas pré-selecionadas para instalação de aterro sanitário ao norte da Região Metropolitana de Curitiba.



**Figura 3** –Áreas pré-selecionadas para instalação de aterro sanitário ao sul da Região Metropolitana de Curitiba.

Após a análise efetuada pelo Departamento de Planejamento da COMEC, de acordo com o **Parecer Técnico N°06/2003**, foram selecionados quatro locais aptos à instalação de Aterro Sanitário, denominados:

- área 02 correspondente à A-135, no município de Contenda;
- área 03 correspondente à A-071 (c), no município de Araucária;
- área 04 correspondente à A-134, também no município de Araucária;
- área 06 correspondente à A-113, no município de Campina Grande do Sul.

No decorrer dos trabalhos a área 03 (A-071 c) foi descartada em vistoria de campo com os Diretores da COMEC e da MINEROPAR, por englobar pequenas propriedades rurais com construções de bom padrão e muitos capões de mata nativa. Dos três locais restantes foram priorizadas: a área 04 (A-134), no município de Araucária, e a área 06 (A-113), no município de Campina Grande do Sul.

Em trabalhos de campo com o consultor Prof. Dr. Lázaro Valentim Zuquete, as áreas priorizadas foram mais bem delimitadas resultando na definição de três sub-áreas a norte da RMC (figura 4) e cinco sub-áreas a sul (figura 5), denominadas como:

- A-113 (a) e A-113 (b) município de Campina Grande do Sul;
- A-113 (c) município de Bocaiúva do Sul;
- A-134 (a), A-134 (b), A-134 (c) e A-134 (d) município de Araucária;
- A-135 município de Contenda.

As sub-áreas A-134 a, b, c, d, no município de Araucária, foram priorizadas para estudos geofísicos, tendo sido realizado imageamento elétrico em 3250 metros de perfis e cerca de 10 sondagens elétricas verticais – SEVs. O trabalho, no entanto, ensejou uma forte refutação da comunidade local, tendo em vista que a mesma apresenta o mesmo perfil sócio-econômico da área 03 (A-071 c). Assim sendo, apesar dos estudos técnicos terem avançado, decidiu-se por orientação da própria Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba – COMEC que a mesma estaria, a princípio, descartada. Em vista disso, o relatório técnico referente à mesma é apresentado em separado.

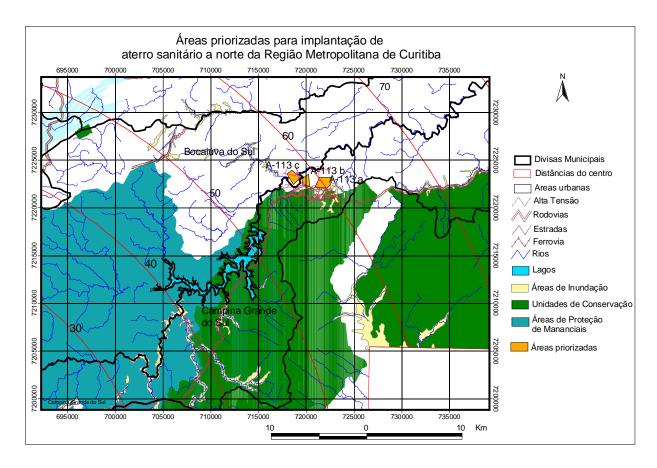
Tabela 1 - Áreas pré-selecionadas para instalação de Aterros Sanitários na Região Metropolitana de Curitiba.

COMEC (ÁREA)	MUNICÍPIO	LOCAL	TAMANHO	FAVORABILIDADE	RESTRIÇÕES	PESO	AVALIAÇÃO DA COMEC / MINEROPAR
Área 01 (A-133)	Araucária	Campina das Pedras	300 ha	Infraestrutura, topografia, geologia, solos	Distância, zoneamento ambiental, uso e ocupação, planícies de inundação, drenagens	628	Descartada pela proximidade do Perímetro Urbano de Araucária
Área 02 (A-135)	Contenda	Santo Antônio	298 ha	Infraestrutura, topografia, geologia, solos	Distância, uso e ocupação, drenagens	619	Apta com restrições impostas pelas drenagens
Área 03 (A-071 c)	Araucária	Canundá / Contenda	240 ha	Infraestrutura, topografia, geologia, solos	Distância, uso e ocupação, drenagens,	617	Descartada em vistoria de campo pelo uso e ocupação.
Área 04 (A-134)	Araucária	Campo Redondo	250 ha	Distância, acessos, infraestrutura, topografia, geologia, solos	Uso e ocupação, drenagens	611	Apta
Área 05 (A-071 a)	Araucária	Guajuvira	126 ha	Infraestrutura, geologia, solos	Distância, zoneamento ambiental, uso e ocupação, planícies de inundação, drenagens	597	Inapta pelo Parque Metropolitano do Iguaçu
Área 06 (A-113)	Campina Grande do Sul	Represa do Capivari/ Bela Vista	308 ha	Acesso (BR-116), Infraestrutura, uso e ocupação, valor da terra, geologia	Distância, topografia, solos, drenagens	583	Apta com restrições pela distância
Área 07 (A-110 b)	Bocaiúva do Sul	Patinhos/ Represa do Capivari	254 ha	Uso e ocupação, geologia, solos	Distância, zoneamento ambiental, infraestrutura, topografia, drenagens	548	Inviabilizada pelo Manancial do Rio Capivari
Área 08 (A-071 b)	Araucária	Estação Gen. Lúcio/ Guajuvira	180 ha	Infraestrutura, geologia, topografia, solos	Distância, zoneamento ambiental, uso e ocupação, planícies de inundação, matacões, drenagens, lençol freático raso	537	Inapta pelo Parque Metropolitano do Iguaçu
Área 09 (A-110 a)	Bocaiúva do Sul	Patos / Represa do Capivari	189 ha	Uso e ocupação, geologia.	Distância, zoneamento ambiental, infraestrutura, topografia, solos, drenagens	536	Inviabilizada pelo Manancial do Rio Capivari
Área 10 (A-100)	Almirante Tamandaré	Tranqueira	210 ha	Distância, infraestrutura, geologia, solos	Zoneamento ambiental, topografia, drenagens, área de recarga de aqüífero	526	Inviabilizada pelo Manancial do Carste
Área 11 (A-093)	Rio Branco do Sul	Laura	262 ha	Zoneamento ambiental, uso e ocupação do solo, geologia	Infraestrutura, Topografia, matacões, solo, drenagens	518	Inapta pelo Manancial do carste

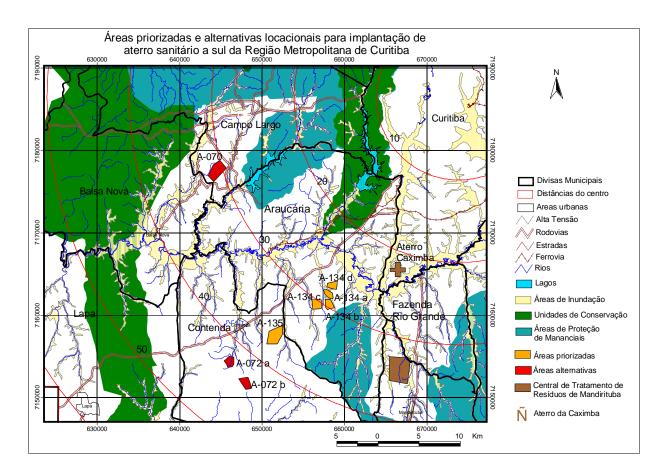
Na seqüência da avaliação, em comum acordo com a COMEC, foi constatada a necessidade de pré-seleção de outras áreas, ampliando as opções apresentadas para instalação de Aterros Sanitários. Os trabalhos efetuados indicam a área A-070 no município de Campo Largo e as áreas A-072 (a) e A-072 (b) no município de Contenda. Para efeito de comparação e identificação das restrições e potencialidades de cada sub-área, para os critérios analisados é apresentada a matriz de correlação com os pesos atribuídos na tabela 3. Nesta fase, os pesos foram recalculados para todas as sub-áreas indicadas, uma vez que são valores relativos com fator intuitivo de análise.

As sub-áreas priorizadas e as novas áreas pré-selecionadas são descritas no capítulo 5 e deverão ser apresentadas para a avaliação da COMEC, incorporando nesta fase os estudos sócio-econômicos e políticos pertinentes. É consenso a necessidade de um esforço preliminar de convencimento da população dos municípios e seus governantes, acerca dos benefícios econômicos e sociais advindos do recebimento e destinação do lixo proveniente de outros municípios no esquema de consórcio intermunicipal. Deverá resultar desta avaliação a priorização de novas sub-áreas para aplicação de estudos detalhados visando a instalação de Aterro Sanitário.

As sub-áreas priorizadas e as novas áreas pré-selecionadas são relacionadas na tabela 2 e representadas nas figuras 4 e 5.



**Figura 4** – Sub-áreas priorizadas para implantação de aterro sanitário ao norte da Região Metropolitana de Curitiba.



**Figura 5** — Sub-áreas priorizadas e alternativas locacionais para implantação de aterro sanitário ao sul da Região Metropolitana de Curitiba.

**Tabela 2 –** Sub-áreas priorizadas para estudos de detalhe.

SUB- ÁREA	MUNICÍPIO	LOCAL	TAMANHO	FAVORABILIDADE	RESTRIÇÕES	PESO**	MINEROPAR		
A-135	Contenda	Santo Antônio	298 ha	Infraestrutura, topografia, geologia, solos	Distância, uso e ocupação, drenagens	615	Apta, com alta prioridade, com restrições impostas pelas drenagens		
A-134 a	Araucária	Campo Redondo	75 ha	Distância, acessos, infraestrutura, topografia, geologia, solos	Tamanho da área, uso e ocupação, distância do núcleo populacional, valor da terra, drenagens, aquíferos Forte rejeição da população	540	Inviabilizada pela forte rejeição da população local.		
A-134 b	Araucária	Campo Redondo	94 ha	Tamanho da área, distância, acessos, infraestrutura, topografia, geologia, solos	Uso e ocupação, distância do núcleo populacional, valor da terra, drenagens, aqüíferos Forte rejeição da população	525	Inviabilizada pela forte rejeição da população local.		
A-134 c	Araucária	Campo Redondo	118 ha	Distância, acessos, infraestrutura, topografia, geologia, solos	Distância do núcleo populacional, valor da terra Forte rejeição da população	595	Inviabilizada pela forte rejeição da população local.		
A-134 d	Araucária	Campo Redondo	88 ha	Distância, acessos, infraestrutura, topografia, geologia, solos.	Tamanho da área, uso e ocupação, distância do núcleo populacional, valor da terra, drenagens, aquíferos Forte rejeição da população	560	Inviabilizada pela forte rejeição da população local.		
A-113 a	Campina Grande do Sul	Represa do Capivari/ Bela Vista	152 ha	Acesso (BR-116), uso e ocupação, Infraestrutura, valor da terra, geologia.	Distância, zoneamento ambiental, topografia, solos, drenagens	405	Apta com restrições pela distância e topografia		
A-113 b	Campina Grande do Sul	Represa do Capivari/ Bela Vista	73 ha	Acesso (BR-116), uso e ocupação, valor da terra, geologia.	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	350	Apta com restrições pela distância e topografia		
A-113 c	Bocaiúva do Sul	Represa do Capivari/ Bela Vista	104 ha		Distância, zoneamento ambiental, topografia, declividade, movimento de massas, blocos rochosos, solos, drenagens	470	Apta com restrições pela distância e topografia		
A-070	Campo Largo	Campo do Meio/ Colônia Campina	217 ha	Distância, topografia, geologia, solos	Uso e ocupação, densidade populacional, distância do núcleo populacional	615	Apta, com alta prioridade, com restrições impostas pela densidade populacional		
A-072 a	Contenda	Arroio Contenda	115 ha	Acesso, Infraestrutura, topografia, geologia, solos	Distância, uso e ocupação, drenagens	515	Apta, com restrições impostas pela distância e drenagens		
A-072 b	Contenda	Ingazeiro	141 ha	Zoneamento ambiental (antigo Lixão), uso e ocupação, valor da terra, geologia, solos	Distância, acessos, Infraestrutura, topografia	615	Apta, com alta prioridade, com restrições impostas pela distância e infrestrutura.		

<sup>\*\*</sup> Os pesos foram recalculados para as sub-áreas indicadas uma vez que são valores relativos com fator intuitivo de análise (VIDE MATRIZ DE CORRELAÇÃO NA TABELA 3)

**Tabela 3** – Pesos atribuídos para os critérios analisados e priorização das sub-áreas pré-selecionadas para instalação de Aterro Sanitário na RMC.

SUB-ÁREA / PESOS	070	072 a	072 b	134 a	134 b	134 c	134 d	135	113 a	113 b	113 с
Tamanho da área	25	20	20	10	20	20	10	25	25	10	20
Distância do centro atendido (Curitiba)	20	10	10	20	20	20	20	10	5	5	5
Zoneamento Ambiental	25	25	25	20	20	20	20	25	20	10	20
Uso e ocupação do solo	10	10	25	10	10	20	5	20	15	10	25
Densidade populacional da área	10	15	20	10	10	10	10	25	15	10	25
Distância do núcleo populacional	10	10	25	15	15	15	15	10	15	10	25
Valor da terra R\$/há	10	15	20	10	10	10	10	15	20	20	25
Acessos Rodovias Ferrovias	25 25 20	25 25 10	15 25 10	20 25 10	20 25 10	20 25 10	20 25 10	15 20 10	20 25 0	20 25 0	20 25 0
Disponibilidade de energia elétrica	20	20	15	20	20	20	20	20	10	15	5
Litologia	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Topografia	15	25	15	20	20	25	20	25	15	10	5
Declividade do terreno (%)	20	20	15	20	15	25	20	20	15	10	5
Forma da encosta	10	15	20	20	20	20	20	20	10	5	5
Movimento de massas e subsidências	20	25	15	25	25	25	25	25	10	5	5
Erosão	20	20	15	20	20	20	20	20	20	15	15
Planícies de inundação	25	10	25	15	15	20	25	25	5	15	20
Área de matacões (Blocos Rochosos)	20	25	20	20	20	25	20	20	20	5	5
Descontinuidades(falhas, fraturas,foliação tectônica)	25	25	25	25	25	25	25	25	15	15	15
Profundidade entre a base do aterro e o substrato rochoso	20	20	15	25	25	25	25	25	20	15	15
Perfis de alteração (material inconsolidado)	20	20	20	20	20	20	20	20	10	10	10
Capacidade de suporte do solo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Densidade de drenagem	25	10	20	15	15	20	20	15	5	10	15
Distância dos cursos d'água	25	10	20	10	15	20	20	15	5	5	5
Aqüífero livre ou poços de captação	25	10	25	10	5	15	10	25	10	5	15
Distância entre as fontes de abastecimento de água	10	10	25	10	5	15	10	20	10	5	20
Área de recarga de aqüífero	20	5	20	15	15	15	15	20	10	10	25
Profundidade do Lençol freático	25	10	25	20	15	10	25	20	5	10	15
Zonas úmidas	25	10	25	20	10	20	20	20	5	20	25
Jazidas de material Quantidade e Qualidade	25	20	20	20	20	20	20	20	5	5	15
TOTAL	615	515	615	540	525	595	560	615	405	350	470

OBS:- Os pesos atribuídos variam de 0 a 25, sendo mais adequados os valores mais elevados para o critério analisado.

# 3 DESCRIÇÃO DOS CRITÉRIOS GERAIS ESTABELECIDOS PARA PRÉ-SELEÇÃO DE ÁREAS

Na fase de pré-seleção de áreas para implantação de aterros sanitários é fundamental o estabelecimento de critérios restritivos com atribuição de pesos, que possibilitam a hierarquização de áreas potenciais com maior ou menor restrição ao uso pretendido. Os pesos atribuídos variam de 0 a 25, sendo mais adequados os valores mais elevados para o critério analisado. Os critérios categorizam as sub-áreas analisadas como adequadas, adequadas com restrição e inadequadas, possibilitando identificar as potencialidades e restrições de cada sub-área e priorizar ou planejar estudos de detalhe que subsidiem a definição do tipo de obra mais adequado e de levantamentos e investigações necessárias para viabilizar a implantação do aterro sanitário.

Os critérios gerais estabelecidos foram compilados da literatura referenciada no trabalho de Lucy Teixeira Guimarães e do MANUAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO (IPT,1996), adaptados às exigências do trabalho na Região Metropolitana de Curitiba. Os valores atribuídos são discutidos a seguir e sumarizados na tabela 5, utilizada nos trabalhos de reconhecimento de campo.

## 3.1 Tamanho da Área

A avaliação da vida útil da área de disposição deve ser realizada com base nos volumes futuros de lixo a serem dispostos e de acordo com um projeto geotécnico possível para utilização da área, para pelo menos 20 anos de utilização. Além da área efetiva para disposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), deve-se considerar as áreas de preservação e de ocupação (escritórios, pátio de manobras, etc), além dos locais para retirada de material de recobrimento das células de lixo.

A definição do porte do empreendimento do Aterro Sanitário para a Região Metropolitana de Curitiba baseou-se em estudos comparativos de volumes de produção de lixo e projeções para 20 anos, fornecidos pelo Aterro da Caximba, pelo projeto da Central de Tratamento de Resíduos de Mandirituba - CTRM e pelos parâmetros fornecidos pela COMEC para o projeto de Aterros Emergenciais, conforme tabela 4.

De acordo com o cálculo de parâmetros apresentados na tabela 4, a área para instalação de Aterro Sanitário deve ter aproximadamente 1.800.000 m² (180 hectares), com capacidade de estocagem de 22.812.500 toneladas de resíduos sólidos, englobando resíduos sólidos domiciliares e outros resíduos classe III, compostagem de resíduos orgânicos, seleção e valorização de recicláveis, tratamento de percolados, incluindo as áreas de entorno, de preservação e possível expansão.

**Tabela 4** - Parâmetros de cálculo da vida útil do empreendimento de novos aterros sanitários na Região Metropolitana de Curitiba

ATIVIDADE	Caximba <sup>1</sup>	CTRM (Projeto) <sup>2</sup>	Áreas Emergenciais³	Novos Aterros
Área ocupada por lixo (m²) 1ª fase	237.000	658.013	255.500	912.500
Área de expansão (m²)	173.000	145.691	244.500	228.125
Área ocupada total (m²)	410.000	1.066.733	500.000	1.140.625
Área total (incluindo áreas de entorno) (m²)	410.000	1.920.169	500.000	1.755.000
Capacidade prevista (ton)	3.239.500	20.170.390	4.562.500	18.250.000
Capacidade total (ton)	5.015.206	22.737.000		22.812.500
Vida útil (anos)	11,5	18 a > 20	> 5	> 20
Produção de lixo (Kg/hab/dia)	0,55		0,70	0,70
Produção total (ton/dia)			2.500	2.500
Percentual de Ocupação (ton/m²)	12,23	21,31	9,12	20,0
Área requerida (m²/ton)	0,08	0,05	0,11	0,05
Percentual de Ocupação da área	100 %	55 %	51 %	65%

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente - SMMA – Departamento de Limpeza Pública

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Relatório de Impacto do Meio Ambiente do Projeto da Central de Tratamento de Resíduos de Mandirituba (CTRM)

<sup>3</sup> Cálculo efetuado com parâmetros fornecidos pela Secretaria de Meio Ambiente-SEMA e Coordenadoria da Região Metropolitana de Curitiba – COMEC

#### 3.2 Distância do centro atendido

Corresponde à distância a ser percorrida entre o ponto de coleta e o aterro. Esse parâmetro também está ligado à viabilidade econômica do projeto, pois distâncias muito longas entre o aterro e os centros produtores de lixo encarecem muito o gerenciamento do resíduo pela prefeitura. No mapa do anexo 1 foram inseridos círculos concêntricos de 10 Km a partir do centro de Curitiba e os elementos cartográficos principais como as rodovias pavimentadas, consideradas como adequadas as áreas situadas dentro do perímetro de 30 Km.

#### 3.3 Zoneamento ambiental

Devem ser analisadas as disposições legais de zoneamento nos níveis estadual, federal e municipal. Atendendo a legislação vigente, a instalação do aterro deve ocorrer em áreas sem restrição ambiental, devendo ser descartadas áreas protegidas por lei como APA'S, parques, reservas, áreas tombadas, áreas de mananciais, etc.

Para representação das áreas com restrições de uso na Região Metropolitana de Curitiba, considerou-se uma abordagem em caráter regional (escala 1:250.000), baseada na utilização de informações disponíveis no Sistema de Informações Georreferenciadas - SIG da MINEROPAR, tratadas em Arcview, plotadas no mapa do anexo 1. Os critérios limitantes considerados são:

- Áreas de APA's, com as unidades de conservação fornecidas pela COMEC;
- Áreas de recarga de aquifero e proteção de mananciais;
- Zoneamento urbano e áreas urbanizadas (fonte COMEC 2000);
- Áreas de inundação representadas pelos aluviões dos principais rios;
- Áreas de rochas calcárias indiscriminadas (pertencentes às Formações Capiru, Itaiacoca e Votuverava, além de outras unidades carbonatadas dos Grupos Açungui e Setuva);

## 3.4 Uso e ocupação do solo

A área selecionada para a implantação de um aterro sanitário deve estar situada em primeiro lugar em local em que esta atividade é permitida pelo zoneamento municipal, preferencialmente em zona rural com áreas devolutas ou pouco utilizadas. Nesta fase deve-se avaliar a aceitabilidade da população e de entidades ambientais.

Para isso a prefeitura deve, através de convocações populares, discutir com líderes comunitários a melhor localização para o aterro, a fim de garantir uma boa aceitabilidade por parte da população.

#### 3.5 Densidade populacional da área

O aterro sanitário deve ser localizado fora da área urbana e distante de áreas de expansão de núcleos residenciais, sendo adequado situar-se em áreas de baixa densidade populacional por se tratar de atividade insalubre, poluidora e que causa grandes transtornos à população em geral.

## 3.6 Distância do núcleo populacional

Para preservar a população de incômodos como mau odor, vetores transmissores de doenças como ratos, baratas, moscas, etc, a localização do aterro deve situar-se a distâncias maiores que 500m dos núcleos residenciais (CUNHA e PARZANESE, 1993).

## 3.7 Valorização da terra

Áreas muito valorizadas comercialmente devem ser descartadas por óbvios fatores econômicos. Preferencialmente, deve-se considerar para a instalação do aterro áreas de pasto já degradadas e com baixo valor comercial e que sejam de propriedade da prefeitura. Gastos com desapropriações devem ser evitados na medida do possível.

# 3.8 Condições de acesso e operação

Estradas em boas condições de tráfego durante todo o ano são necessárias para garantir a eficiência da coleta e do transporte do lixo. Foram analisadas as condições das vias externas e internas das áreas quanto ao estado de conservação, sistema de circulação e tráfego local. Receberam melhor avaliação as áreas situadas próximas a rodovias federais e ferrovias, com acesso por estradas municipais bem conservadas.

#### 3.9 Disponibilidade de energia elétrica

A localização da área deve ter infra-estrutura como luz e água, tendo maior peso as áreas com linhas de alta tensão próximas.

## 3.10 Litologia

A área onde irá se localizar o aterro deve preferencialmente apresentar materiais que contenham quantidades relativamente grandes de finos (silte e argila), pois menores condutividades hidráulicas, valores mais baixos apresentam permeabilidade e elevada capacidade de sorção, dificultando, portanto, a migração dos contaminantes. As rochas que apresentam elevadas porcentagens de argilominerais do tipo 2:1 (esmectitas) possuem alta capacidade de troca catiônica (CTC), por isso são mais eficazes na remoção de alguns cátions contaminantes, mas deve ser avaliada com cuidado, pois havendo variações de temperatura pode sofrer o processo de expansão e contração, possibilitando o aparecimento de trincas que facilitam a percolação. Devem ser evitadas as rochas calcárias ou com cimento carbonático, pois como possuem um elevado potencial de dissolução, podem conter grandes espaços vazios e poros que se comunicam. Os contatos entre os diferentes tipos de rocha e os planos de acamamento também representam caminhos preferenciais de percolação de fluídos.

As rochas de granulação grossa como conglomerados e arenitos têm altas permeabilidade e porosidade. Entretanto, quando a rocha apresenta uma curva granulométrica bem graduada ela se comporta praticamente como impermeável e, nesse caso, pode ser usada, desde que o argilomineral não apresente um caráter expansivo e que os valores de CTC não sejam menores que 10 meq/100g. (LEITE e ZUQUETTE, 1996).

Na Região Metropolitana de Curitiba foram consideradas adequadas as áreas cujo substrato rochoso é formado por argilitos, filitos, granitos, gnaisses e migmatitos; adequadas com restrições as áreas com granitos, gnaisses e migmatitos fraturados e alterados; e inadequadas as áreas com quartzitos, calcários, granitos, gnaisses e migmatitos muito fraturados.

## 3.11 Topografia

A topografia do local escolhido tem sua importância relacionada à declividade, à extensão e à forma da encosta. Tais fatores influenciam muito a erosão do terreno. Dessa forma, deverão ser evitados relevos muito acidentados e escarpados, que em geral, também apresentam pouca ou nenhuma espessura de material inconsolidado.

#### 3.12 Declividade do terreno

A limitação em termos de declividade deve-se basicamente a condições legais e técnicas. Como limitação legal, a Lei nº 6.766 de 19/12/1979, 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.

Em relação aos critérios técnicos e operacionais, são considerados os seguintes argumentos: a baixa declividade (menor que 3%) favorece o acúmulo de água na superfície, permitindo maior infiltração para o interior da célula de lixo, facilitando a percolação de poluentes, além disso, há maior dificuldade na captação do chorume. Declividade maior que 20% é considerada adequada com restrições em função desses considerados terrenos. princípio. serem como mais susceptiveis desencadeamento de movimentos de massa, provocando erosões. Maiores declividades também são responsáveis por maiores dificuldades na execução das obras de engenharia. As áreas mais adequadas têm declividade entre 5% e 20% (adaptado de LEITE e ZUQUETTE, 1996).

#### 3.13 Forma da encosta

As formas das encostas indicam o estágio de evolução do relevo. Assim, as formas mais amplas e de baixa declividade são indicativas de condições mais evoluídas, portanto mais estáveis, com manto de alteração mais profundo. Áreas de relevos escarpados e de encostas íngremes são sujeitas a deslizamentos, subsidências e erosões. As áreas de planícies e terraços fluviais são desfavoráveis à

retenção de contaminantes. As encostas suaves de perfil retilíneo apresentam-se como as mais adequadas.

#### 3.14 Movimentos de massa e subsidências

Para uma área ser adequada à disposição de rejeitos é imprescindível que ela não apresente movimentos de massa (creep, cicatrizes, escorregamentos planares, escorregamentos circulares, queda de blocos, etc). As subsidências são afundamentos da superfície do terreno em relação à circunvizinhança. Tais feições são prejudiciais à estabilidade do futuro aterro sanitário, podendo implicar rompimento de infra-estruturas fundamentais da obra. Desta forma, terrenos com tais evidências ou potencial de ocorrência devem ser evitados.

#### 3.15 Erosão

As áreas foram analisadas com relação à suscetibilidade à erosão laminar e linear (sulcos, ravinas e boçorocas). As áreas adequadas devem apresentar materiais inconsolidados com baixo índice de erodibilidade, a fim de que seja garantida uma certa estabilidade da fundação do local de disposição do resíduo e não haja risco de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas.

O índice de erodibilidade é um atributo empírico que analisa exclusivamente as características intrínsecas do material inconsolidado, principalmente a textura, quanto à resistência ao cisalhamento e erosão, ou seja, a tendência de manutenção da coesão e estrutura da cobertura de solo e rocha alterada.

# 3.16 Planícies de inundação

A ocorrência de zonas inundáveis é desaconselhável à instalação do aterro sanitário pela possibilidade de contaminação dos lençóis d'água superficiais e subterrâneos. As várzeas e planícies de inundação funcionam como verdadeiras esponjas reguladoras da vazão dos rios, com ligação direta com os lençóis subterrâneos. A eliminação do armazenamento natural da água na várzea implica um aumento considerável das vazões de pico das cheias e, por conseqüência, dos níveis de inundação, com enormes prejuízos para jusante.

## 3.17 Áreas de matações

Áreas com grandes blocos de rocha ou com grandes extensões de rocha aflorante devem ser evitadas por problemas de ordem econômica na implantação do projeto de engenharia.

#### 3.18 Descontinuidades

Falhas, fraturas, foliação tectônica e descontinuidades em geral nas rochas funcionam como vias preferenciais ao transporte de poluentes em direção às águas subterrâneas. Como regra geral, quanto maior a quantidade de estruturas ou feições tectônicas nas rochas, menos indicado será o substrato para o aterro. Adotou-se o critério proposto por ZUQUETTE et alli (1995) que considera adequadas as áreas que apresentam menos de duas descontinuidades por metro e inadequadas aquelas extremamente fraturadas, com mais de vinte planos de descontinuidade a cada metro.

#### 3.19 Profundidade entre a base do aterro e o substrato rochoso

O aterro sanitário, por ser uma fonte de contaminação deve, segundo ZUQUETTE (1987 in: GUIMARÃES, 2000), situar-se em áreas que disponham de 20-25m de solo da base do aterro até o substrato rochoso. Quanto maior a profundidade do substrato rochoso, melhor para execução das escavações. Esse critério também tem a preocupação de evitar a contaminação dos lençóis subterrâneos. Profundidades acima de quinze metros são consideradas adequadas e abaixo de cinco metros são inadequadas. Valores intermediários são considerados adequados com restrições. Esses valores são preconizados por diversos autores, tais como: Souza, Zuquette e Guimarães.

# 3.20 Perfis de alteração

Esse critério está relacionado ao material inconsolidado proveniente da alteração das rochas. Se há formação de um perfil homogêneo não ocorrem descontinuidades que geram caminhos preferenciais de percolação. Perfis heterogêneos ou com várias intercalações apresentam condutividades hidráulicas anisotrópicas e caminhos preferenciais de percolação, sendo considerados adequados com restrições ou inadequados à construção do aterro.

#### 3.21 Capacidade de suporte do solo

Critério que engloba os conceitos de compacidade, resistência ao cisalhamento, compactação, compressibilidade e colapsividade. Segundo Zuquette & Gandolfi, 1991 (apud GUIMARÃES, 2000), com relação à 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.

A resistência ao cisalhamento é um atributo que está relacionado com a capacidade que o solo possui de suportar cargas e conservar sua estabilidade física. Em áreas onde será construído o aterro sanitário, o terreno deve apresentar estabilidade. Normalmente, a resistência ao cisalhamento de um solo é determinada em laboratório por ensaios como cisalhamento direto, compressão triaxial e compressão simples.

A compactação é a análise do solo quanto à sua condição de compactação mecânica, visando a redução do seu volume de vazios. Esse processo visa aumentar a resistência do solo pelo aumento da densidade, tornando-o mais estável e, também, reduzindo sua condutividade hidráulica. Deste modo, o que se busca são solos com boas condições de compactação (necessitando menor energia de compactação) e que apresentem condições de baixa permeabilidade. Para que se atinja uma densidade máxima com conseqüente resistência máxima, existe uma umidade ótima para cada energia de compactação. Os ensaios de compactação Proctor e Mini-MCV devem ser executados em toda a área do estudo.

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, pois 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 (Leite & Zuquette, 1996; apud GUIMARÃES, 2000). Essa propriedade pode ser estimada através de correlações entre as características do material e o índice de compressão (Cc) obtido através de ensaios de adensamento em laboratórios.

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 infraestrutura, 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 colapsiblidade pode ser feita segundo os critérios de identificação de materiais inconsolidados colapsíveis (Leite & Zuquette, 1996; apud GUIMARÃES, 2000).

Na etapa de pré-seleção de áreas para aterros sanitários esse critério foi aplicado intuitivamente, baseado na observação da textura dos solos e materiais inconsolidados. A textura do solo define a menor ou maior capacidade do substrato de percolação de efluentes. Também tem influência sobre a capacidade de carga do substrato. A textura argilo-arenosa apresenta boa capacidade de depuração por parte da argila e boa capacidade de carga por parte da areia, apresentando, ainda, baixa permeabilidade. Por outro lado, textura muito arenosa resulta numa boa capacidade de carga, mas a alta permeabilidade resulta na rápida passagem dos fluídos contaminantes. Em relação às características granulométricas, são mais favoráveis os materiais com diâmetro médio de grãos predominantemente entre 0,002 e 0,001 mm (10<sup>-8</sup> cm/s < k < 10<sup>-6</sup> cm/s).

# 3.22 Densidade de drenagem

A densidade de drenagem é definida como comprimento total de canais por área. Assim, um valor alto de densidade de drenagem indica uma região ou 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.

## 3.23 Distância dos cursos d'água

A norma NBR-13896/97 da ABNT (Aterros de Resíduos Não Perigosos – Critérios para Projeto, Implantação e Operação), determina uma distância mínima de 200m do aterro a qualquer tipo de curso d'água ou coleção hídrica. O posicionamento do aterro deverá ser próximo ou em divisores d'água, em locais distantes de nascentes ou cursos d'água. As cabeceiras de drenagem também são pontos alimentadores de bacias e sub-bacias. Dessa forma, deve-se impedir que haja contaminação nessas áreas que são fontes de abastecimento hidrológico.

#### 3.24 Aquífero livre ou poços de captação

Aqüífero livre é aquele situado onde não existem camadas confinantes entre a zona de saturação e a superfície, também chamado de lençol freático. Apresentam alta vulnerabilidade à poluição, com tempo de permanência bastante elevado, podendo contaminar os lençóis d'água subterrâneos. Com relação aos poços de captação de água subterrânea e mananciais de abastecimento, foram considerados os dados de localização em mapas fornecidos pela SUDERHSA e SANEPAR, juntamente com informações obtidas nos locais visitados. São consideradas adequadas, com maiores pesos, as áreas onde não ocorrem poços de captação de água subterrânea e mananciais de abastecimento das comunidades.

# 3.25 Distância entre as fontes de abastecimento de água ou recurso hídrico

No caso de existirem fontes de abastecimento de água ou recurso hídrico próximo ao local do aterro sanitário, a única garantia de não contaminação é função da impermeabilização do aterro. Deve-se também considerar o tempo de trânsito, considerando o fluxo natural entre o aterro sanitário e a fonte de abastecimento, de forma a garantir a qualidade da água em caso de um eventual vazamento.

Na etapa de viabilização das áreas pré-selecionadas, devem ser avaliados atributos como: condutividade hidráulica, coeficiente de permeabilidade de solos e rochas, velocidade de escoamento das águas subterrâneas, direção e sentido de fluxo. Estes atributos são muito propriamente discutidos por vários autores citados no trabalho de Guimarães (2000).

A condutividade hidráulica é um atributo associado ao processo de advecção e tem sua importância devido à maior ou menor facilidade de deixar passar a água, determinando, na maior parte dos casos, a principal componente da propagação dos contaminantes. Quanto menor a condutividade hidráulica, menor a velocidade de migração do contaminante. Isso significará menor volume contaminado e mais tempo para a degradação biológica e para as intervenções necessárias à recuperação. Normalmente, é quantificada pelo coeficiente de permeabilidade (k), que representa a velocidade com que os fluidos circulam no material.

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 varia, de acordo com sua granulometria, entre 0,86 e 86,40 m/dia; as areias finas apresentam um coeficiente oscilante entre 8,64 x 10-5 e 0,86 m/dia; enquanto que as argilas apresentam coeficientes da ordem de 8,64 x 10-7 e 8,64 x 10-5 m/dia. (YASSUDA et al., 1965 *apud* BRANCO e ROCHA, 1977, *apud* GUIMARÃES, 2000). Analisando esses valores, concluímos que a infiltração do material contaminante em um terreno arenoso se faz com velocidades um milhão de vezes superiores às que ocorrem nas argilas, por isso a permeabilidade é um atributo limitante na escolha do local para a instalação do aterro sanitário. Para as rochas pode-se considerar que, com raras exceções, são quase impermeáveis, entretanto o fraturamento, as falhas e as descontinuidades são fatores importantes para a percolação de águas.

Devido às areias e arenitos serem grandes transportadores de água, a velocidade de escoamento da água subterrânea chega a ser da ordem de 1 a 10 m por dia, enquanto que, no interior de camadas argilosas, ela é praticamente nula (LEINZ et al., 1966, *apud* BRANCO e ROCHA, 1977, *apud* GUIMARÃES, 2000). A concentração dos poluentes provenientes de compostos orgânicos decresce com a distância percorrida. Emrich e Landon (1969) (*apud* BRANCO & ROCHA, 1977 *apud* GUIMARÃES, 2000), demonstraram que uma distância percorrida de 3,7 m de solo reduz a DBO em 95%. Esse parâmetro deverá ser avaliado no local por ocasião da implantação do projeto do aterro sanitário.

A direção e sentido de fluxo da água subterrânea indicam a direção e o sentido em que se deslocará uma pluma de contaminante, contribuindo assim, para a prevenção e redução do impacto de eventual contaminação. Devem ser evitadas zonas

dispersoras ou com fluxos radiais, bem como zonas que apresentam comunicação hidráulica com estratos mais profundos (fluxos verticais).

## 3.26 Areas de recarga de aqüífero

As áreas de recarga de aqüíferos subterrâneos e o lençol freático são os mais suscetíveis à contaminação. Geralmente o aqüífero se encontra exposto, ou coberto por material muito permeável, sendo desaconselhável o assentamento de um sítio de disposição de resíduo nesses locais.

### 3.27 Profundidade do lençol freático

Na pré-seleção de áreas para aterro, a profundidade do lençol freático torna-se um fator limitante devido à 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. A norma NBR-13896/97 da ABNT fixa a distância mínima do lençol freático de 3,0 metros da superfície inferior do aterro, sendo que a espessura mínima do solo insaturado deverá ser de 1,5 metro. Deve-se atentar que esses valores não consideram o uso de bases protetoras (*liners*). Quando o aqüífero 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.

### 3.28 Zonas úmidas

As zonas úmidas expressam condições em que o lençol está raso ou subaflorante. Deve-se atentar para que não haja locais de interceptação do nível freático com a topografia (nascentes). É desfavorável para a instalação do aterro sanitário nestes locais por problemas econômicos, devido à necessidade de complexas operações de drenagem e maior risco de contaminação.

## 3.29 Jazidas de material

Esse critério deve ser avaliado em relação à qualidade e quantidade disponível de material de cobertura. Segundo a CETESB, é necessário cerca de 1m³ de material para cada 5 toneladas de lixo. Esse dado é muito importante na avaliação econômica do projeto de aterro, pois se houver necessidade de se buscar o material de cobertura em local distante, o projeto pode se tornar inviável economicamente.

**Tabela 5** – Definição de critérios para pré-seleção de áreas para instalação de aterros sanitários na Região Metropolitana de Curitiba e pesos atribuídos. ("check-list" de campo)

Critérios	Adequada	Adequada com restrições	Inadequada
Tamanho da área	180 ha	90 - 50 ha	< 50 ha
Distância do centro atendido (Curitiba)	(25-20) 10 – 30 Km (25-20)	(20-5) 30 - 40 – 50 Km (20-10-5)	(0) > 50 Km (0)
Zoneamento	Áreas sem restrições (25)	Áreas de preservação (a critér (mananciais) (20-5)	io do órgão ambiental)
ambiental Uso e ocupação do solo	(pasto, campo) (25-20)	(áreas industriais) (20-5)	(APAs, parques) (0) (áreas urbanas) (5-0)
Densidade populacional da área	Baixa (25-20)	Média (20-5)	Alta <b>(5-0)</b>
Distância do núcleo populacional	> 500 m		
Valor da terra R\$/ha	Baixo	Médio	Alto
Acessos Rodovias Ferrovias	25-20 25-20 25-20	(20-5) (20-5) (20-5)	(5-0) (5-0) (5-0)
Disponibilidade de energia elétrica	Alta Voltagem / na área (25-20)	Longe (20-5)	Não <b>(5-0)</b>
Litologia	Argilitos e filitos granitos, gnaisses e migmatitos (25-20)	Granitos, gnaisses e migmatitos com fraturas alterados e folhelhos (20-5)	quartzitos e calcários Granitos, gnaisses e migmatitos fraturados e quartzitos (5-0)
Topografia	Platô e encosta suave (25-20)		Relevo escarpado, cristas e interflúvios (5-0)
Declividade do terreno (%)	5 – 15% ( <b>25-20</b> ) 15 – 20% ( <b>25-20</b> )	3 – 5 % <b>(20-5)</b> 10 – 30 % <b>(20-5)</b>	> 30 % ( <b>0</b> ) < 3 % ( <b>0</b> )
Forma da encosta	Retilínea (25-20)	Combinada (20-5)	Convexa ou plana (5-0)
Movimento	Não	Sim	
de massas e subsidências Erosão	( <b>25-20</b> ) Não	(20-5) Sim	
Planícies de inundação	<b>(25-20)</b> Não	(20-5) Sim	
Área de matacões	(25-20) Poucos e pequenos	(20-5) Muitos e pequenos	Muitos e grandes
(Blocos Rochosos)	(25-20)	(20-5)	(5-0)
Descontinuidades	< 2/m	Muito fraturada	Extremamente fraturada
(falhas,fraturas,	(25-20)	11 - 20/m	> 20/m
foliação tectônica)  Profundidade entre a base do aterro e	> 15 m	(20-5) 5 - 10 m	<b>(5-0)</b>
o substrato rochoso	(25-20)	(20-5)	(5-0)
Perfis de alteração	Homogêneo	Heterogêneo	várias intercalações
(material inconsolidado)	(25-20)	(20-5)	(5-0)
Capacidade de suporte do solo	Adequada (25-20)		Inadequada (5-0)
Densidade de drenagem	Baixa (25-20)		Alta <b>(5-0)</b>
Distância dos	Maior que 200 m	Menor que 200 m, com aprovação do	
cursos d'água  Agüífero livre ou poços de captação	(25-20) Inexistente	órgão ambiental responsável (	Existente
	(25-20)		(5-0)
Distância entre as fontes de abastecimento de água ou recurso hídrico	, ,		< 300 m (5-0)
Área de recarga de aquífero	Não (25-20)	se houver proteção (20-5)	Sim <b>(5-0)</b>
Profundidade do	> 3 m	(200)	< 3 m
Lençol freático	(25-20)		(5-0)
Zonas úmidas (regiões onde o lençol	Não		Ocorre
é raso ou subaflorante)	(25-20)		(5-0)
Jazidas de material Quantidade Qualidade	1 m <sup>3</sup> terra/5t de lixo (25-20) (25-20)	Insuficiente (fica a critério da F (5-0) (5-0)	reteitura)

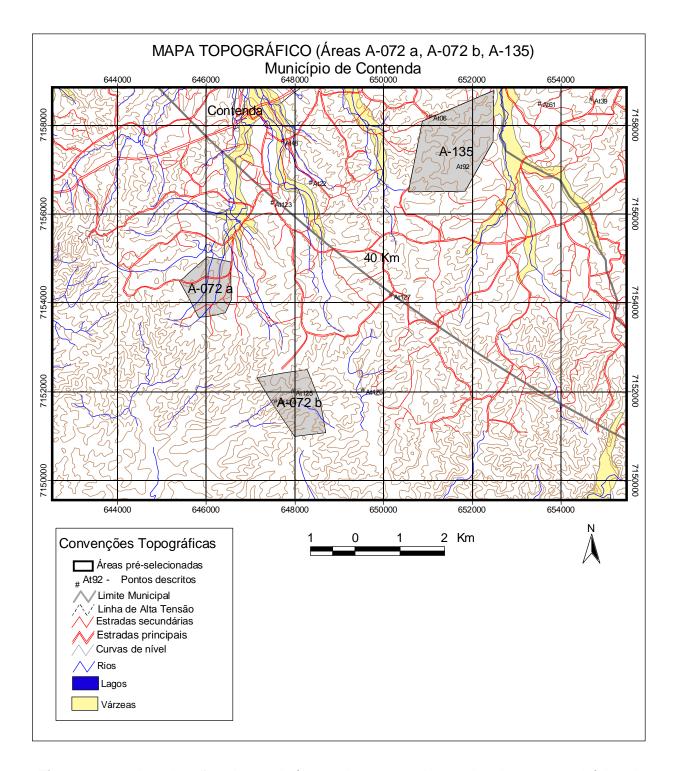
OBS:- Os pesos atribuídos variam de 0 a 25, sendo mais adequados os valores mais elevados para o critério analisado

# 4 DESCRIÇÃO DE ÁREAS PRIORIZADAS

## 4.1 Sub-áreas A-135, A-072 (a), A-072 (b) – Município de Contenda

Estas sub-áreas estão situadas ao sul da Região Metropolitana de Curitiba, no município de Contenda, próximas às localidades de Santo Antônio (A-135) e Colônia São Pedro (A-072 "a", A-072 "b"), distando cerca de 45 Km de Curitiba. O acesso se faz por meio da Rodovia BR-476, trecho entre as cidades de Araucária e Contenda, entrando à esquerda na PR-511, em rodovia municipal que liga a Catanduvas do Sul e Quitandinha, não pavimentada, mas com boas condições de tráfego. No interior das sub-áreas o deslocamento é feito por estradas vicinais não pavimentadas (Figura 6).

A sub-área pré-selecionada A-135 possui cerca de 298 hectares, com baixa densidade populacional, porém englobando algumas casas de bom padrão e áreas cultivadas. O valor da terra pesquisado na região situa-se entre R\$ 15 mil e R\$ 30 mil o alqueire. Os limites definidos em fotografia aérea englobam drenagens da bacia do rio das Onças, afluente do rio Iguaçu, consideradas como restrições ao uso pretendido. As sub-áreas A-072 (a) e A-072 (b) foram incluídas posteriormente no presente estudo como alternativas a serem consideradas.

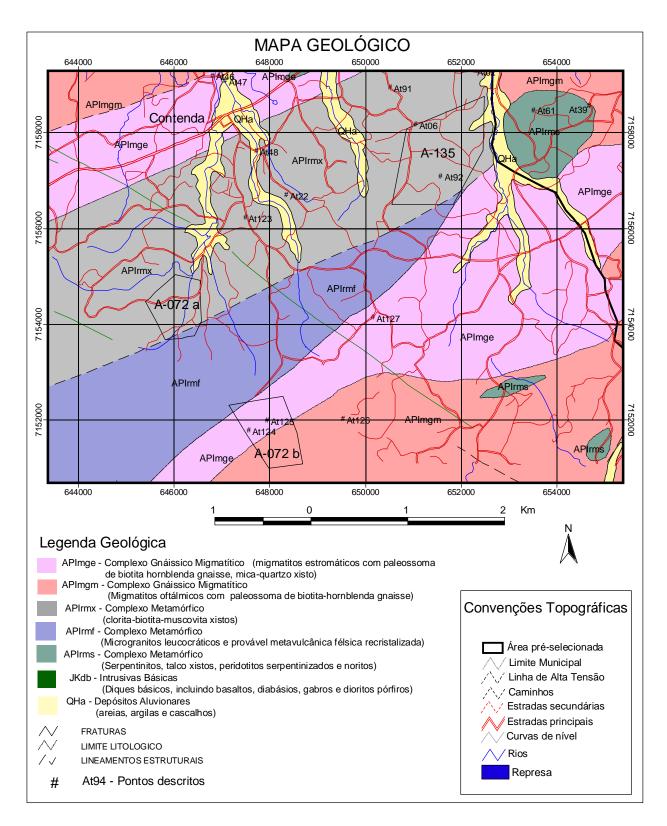


**Figura 6** – Localização das sub-áreas A-072 a, A-072 b, A-135, município de Contenda, ao sul da Região Metropolitana de Curitiba.



Figura 7 – Foto aérea da sub-área A-135, município de Contenda.

O substrato na região é formado por rochas do Complexo Metamórfico Arqueano/Proterozóico Inferior, representado por biotita-muscovita-xistos e clorita-biotita-muscovita-xistos, com ocorrências locais de quartzo-xistos e quartzitos (APIrmx); serpentinitos-talco-xistos, peridotitos serpentinizados e noritos (APIrms); e microgranitos leucocráticos com provável metavulcânica félsica recristalizada (APIrmf). Na sub-área A-072 (b), especificamente, ocorrem ainda migmatitos estromáticos com paleossoma de biotita-hornblenda gnaisse, mica-quartzo xisto, ultrabasito, metabasito e anfibolito (APImge) e migmatitos oftálmicos com paleossoma de biotita-hornblenda gnaisse, localmente com quartzitos (APImgm). Depósitos aluvionares de areias, argilas e cascalhos (Qha) estão presentes nas várzeas do rio das Onças e no Arroio Contenda, não configurando, no entanto, restrição ao uso pretendido (Figura 8).

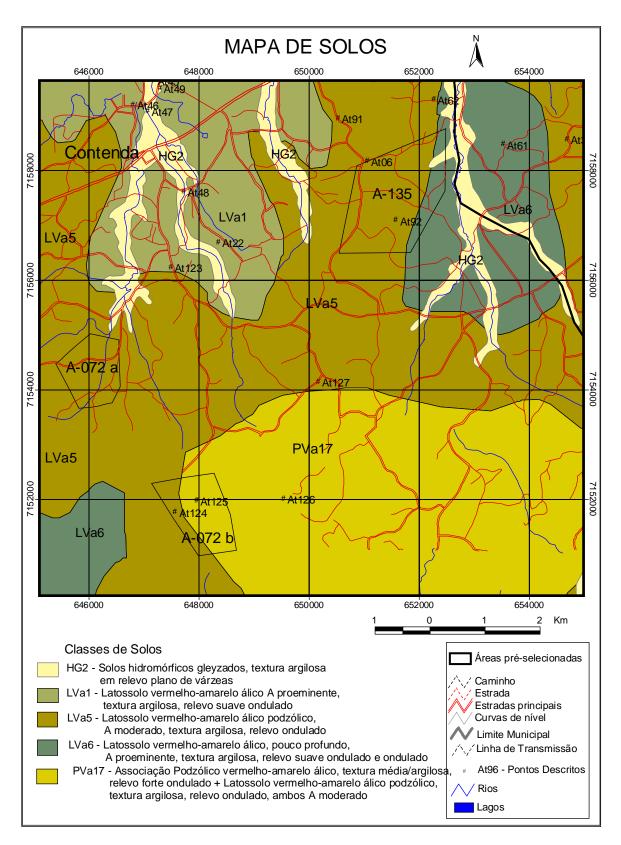


**Figura 8** - Mapa geológico das sub-áreas pré-selecionadas no município de Contenda (áreas A-135, A-072 a e A-072 b).

Os solos são predominantemente residuais (maduro ou jovem e saprólito), com porções de solos transportados (colúvios), reconhecidos por apresentarem um nível de seixos de quartzo na base. São solos que em geral são bastante profundos na região, recobrindo espessos saprólitos, que juntamente com a rocha alterada apresentam normalmente profundidades superiores a 10 metros, necessitando de investigações de detalhe para comprovação. A rocha alterada ou saprólito apresenta erosão por ravinamento quando retirada a vegetação e a camada superficial do solo de recobrimento, processo de fácil controle com adequada proteção.

São reconhecidos na região solos classificados como: latossolos vermelhoamarelo álicos, podzólicos, de textura média a argilosa, e solos hidromórficos gleyzados, textura argilosa em relevo plano de várzeas. (Figura 9).

Na sub-área A-072 (b) está em operação uma grande saibreira (vide fotos anexas) com exploração diária de cerca de 700 a 1000 toneladas/dia de saibro. Logo acima da saibreira localiza-se o antigo "lixão" de Contenda, onde permanece o lixo sem qualquer tratamento, contaminando as cabeceiras de drenagens. Esta é uma situação que necessita de medidas corretivas urgentes, que poderiam ser consorciadas com a implantação de Aterro Sanitário no local.



**Figura 9** – Mapa de solos das sub-áreas pré-selecionadas no município de Contenda (sub-áreas A-135, A-072 a e A-072 b).

## 4.2 - Sub-áreas A-134 a, b, c, d - Município de Araucária

As sub-áreas priorizadas distam cerca de 35 Km em linha reta do centro de Curitiba e localizam-se nas bacias hidrográficas dos rios Campo Redondo e Guajuvira, afluentes da margem esquerda do rio Iguaçu, próximas a BR-476 (Curitiba-Lapa), com distâncias de até 4 Km, servidas por estradas de terra em boas condições de tráfego, não necessitando de investimentos neste aspecto. A área pré-selecionada foi subdividida em quatro sub-áreas com os seguintes tamanhos:

- A-134 a 0,75 Km<sup>2</sup> 30,0 alq
- A-134 b 0,94 Km² 37,8 alq
- A-134 c 1,19 Km² 47,5 alq
- A-134 d 0,88 Km<sup>2</sup> 35,3 alq



**Figura 10** – Foto aérea da região das sub-áreas A-134 (a), (b), (c) e (d), no município de Araucária.

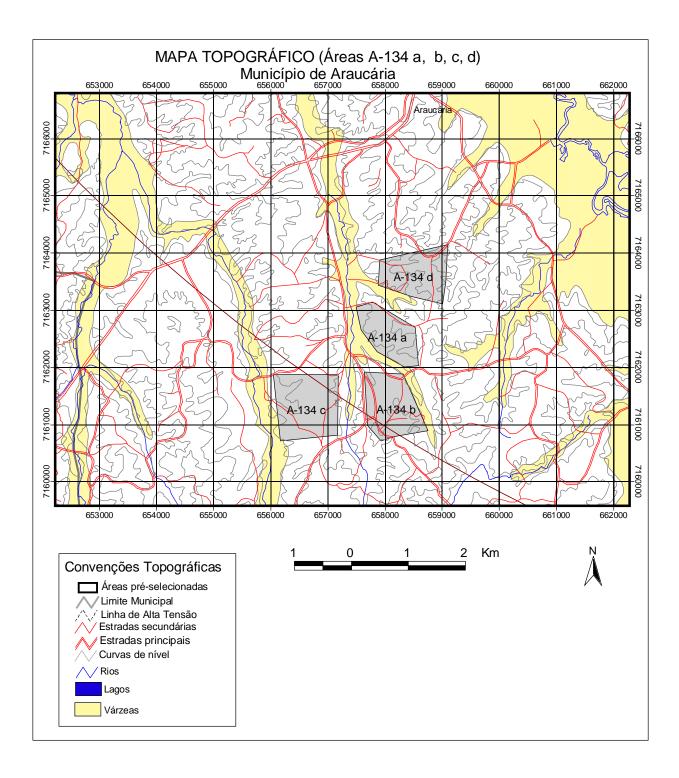


Figura 11 – Mapa topográfico das sub-áreas A-134 (a), (b), (c,) e (d), município de Araucária, ao sul da Região Metropolitana de Curitiba.

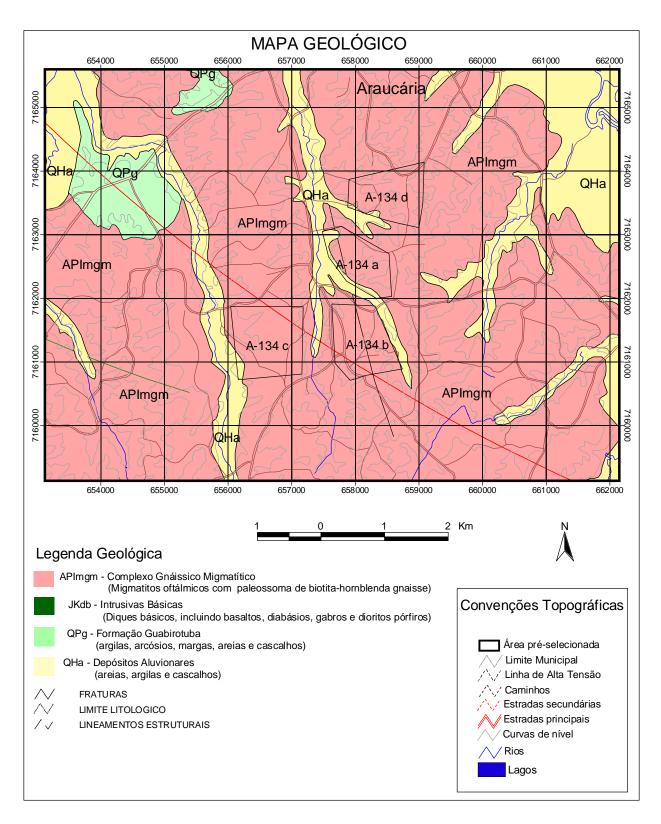
A localidade de Campo Redondo, no meio das sub-áreas, apresenta casas de médio a alto padrão, escola especial, sistema de água da SANEPAR, comércio incipiente e barracões de estocagem de produtos da lavoura.

A lavoura na região é dominada pelo plantio de soja e trigo, por parte dos maiores agricultores, em terras planas que permitem mecanização, seguida do milho, batata e em menor escala o feijão. Os agricultores de menor porte cultivam hortaliças (beterraba, repolho, alface, pimentão, batata doce) e frutas (pêssego, nectarina, ameixa).

O relevo é suave ondulado a ondulado, com vertentes amplas de perfil convexo, terminando em vales abertos, normalmente preenchidos por sedimentos e com zonas de hidromorfismo. A erosão que ocorre é a laminar em solos sem a proteção da vegetação, evidenciada pela carga de sedimentos nas drenagens em épocas chuvosas. Não foram observados ravinamentos e solapamentos de solo. As planícies de inundação com depósitos aluvionares ocorrem somente ao longo dos rios Campo Redondo e Guajuvira, nos limites das sub-áreas.

O substrato rochoso é composto por gnaisses graníticos e migmatitos anfibolíticos e quartzo-feldspáticos, intemperizados que originam latossolos espessos (> 10 m), arenosos a pouco argilosos, escarificáveis e com boa capacidade de suporte de carga. São comuns pequenos afloramentos de rochas quartzosas, mais duras, no topo das colinas, que podem gerar problemas de escavabilidade (Figura 12).

Segundo relato de Eduardo Salamuni "Ao que pesem as condições físicas do terreno apropriadas para recebimento de resíduos sólidos, a forte oposição dos moradores, na prática, inviabiliza o empreendimento no local. Tal oposição pode ser ilustrada com a reunião pública no local, onde a direção da MINEROPAR esteve presente como convidada, assim como a direção da COMEC, ficando patente que a resistência dos moradores locais inviabilizaria, através dos mecanismos existentes na legislação, a implantação de aterro sanitário na localidade de Campo Redondo".

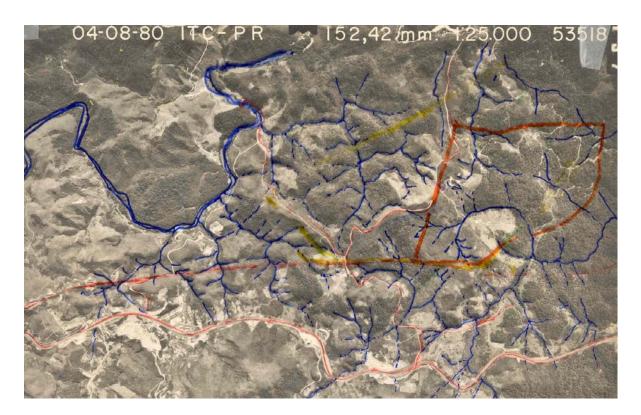


**Figura 12** – Mapa geológico das sub-áreas priorizadas no município de Araucária (sub-áreas A-134 a, b, c, d).

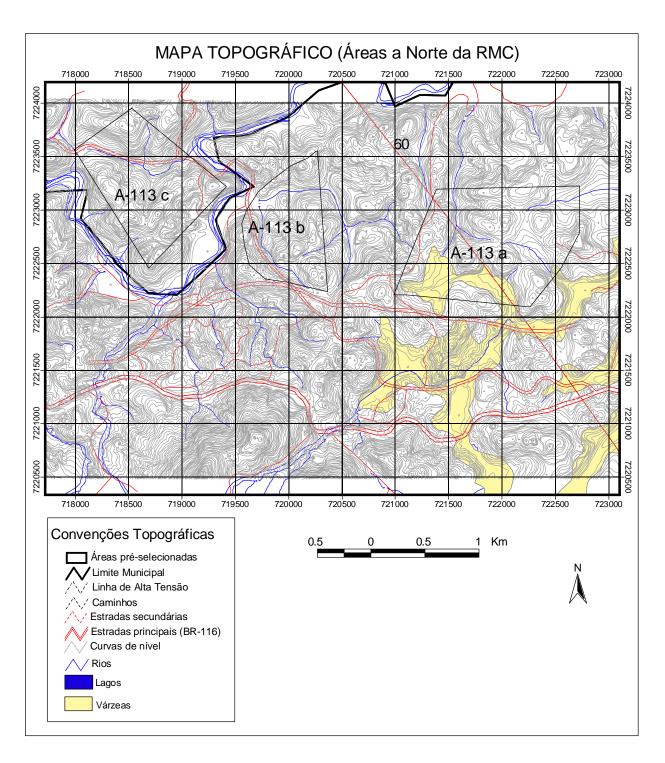
# 4.3 Sub-áreas A-113 a, b, c – Municípios de Campina Grande do Sul e Bocaiúva do Sul

As sub-áreas A-113 (a), (b) e (c) estão localizadas ao norte da Região Metropolitana de Curitiba, às margens do rio Capivari, à jusante da represa do Capivari, na localidade de Bela Vista. Situam-se nos municípios de Campina Grande do Sul (sub-áreas A-113 (a) e A-113 (b)) e Bocaiúva do Sul (A-113 (c)), respectivamente. (Figura 14). Distam cerca de 70 quilômetros do centro de Curitiba, com acesso facilitado pela BR-116 (Curitiba-São Paulo), em pista dupla, atendendo as cidades de Pinhais, Piraquara, Quatro Barras e Campina Grande do Sul. O acesso a partir de Bocaiúva do Sul é feito por estrada não asfaltada, em condições precárias de conservação, num percurso de cerca de 40 quilômetros, com muitas curvas e rampas.

As sub-áreas são ocupadas por pequenas propriedades rurais e apresentam uso agrícola pouco intensivo, predominando reflorestamentos com pinnus, pequenas áreas de pastagem e capões de mata nativa ao longo das drenagens. A ocupação tem baixa densidade populacional, com maior concentração na Vila da Figueira, situada às margens do rio Capivari.

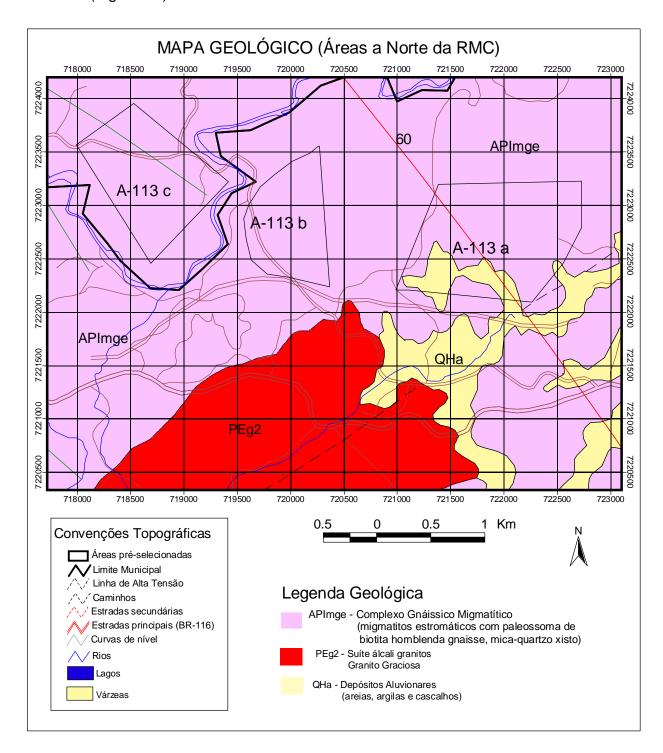


**Figura 13** – Foto aérea das sub-áreas priorizadas ao norte da Região Metropolitana de Curitiba.



**Figura 14** – Mapa topográfico sub-áreas A-113 (a), (b) e (c) ao norte da Região Metropolitana de Curitiba.

O substrato geológico da região é composto de migmatitos estromáticos com paleossoma de biotita-hornblenda gnaisse, mica-quartzo xisto, ultrabasito, metabasito e anfibolito. (Figura 15).



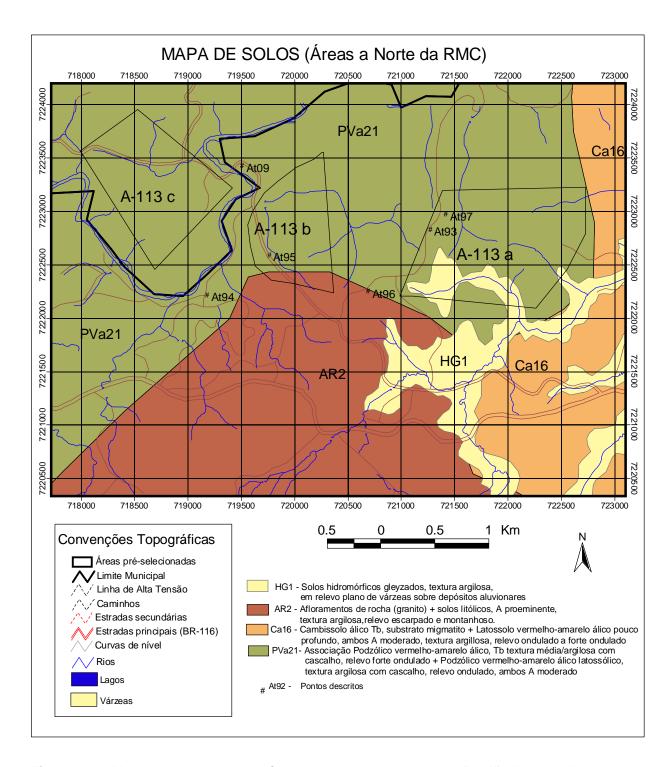
**Figura 15** – Mapa geológico das sub-áreas priorizadas ao norte da Região Metropolitana de Curitiba nos municípios de Bocaiúva do Sul e Campina Grande do Sul (sub-áreas A-113 a, b, c).

Os solos são tipicamente saprólitos que cobrem rocha alterada e ocorrem colúvios recobrindo o perfil residual com diferentes espessuras, gerando solos bastante profundos. Texturalmente os solos nas sub-áreas são classificados como arenosos e siltosos e constituem perfis de materiais inconsolidados com sete estratos diferentes, a saber:

- 1. material coluvionar;
- 2. topo solo residual com espessura variável;
- 3. saprólito mais maduro;
- 4. saprólito jovem;
- 5. rocha alterada com características próximas ao saprólito jovem;
- 6. rocha alterada intermediária:
- 7. rocha alterada com estrutura e textura com pequenas modificações, e minerais pouco alterados;
- 8. rocha sã migmatito.

As classes de solo mapeadas estão representadas na Figura 16 e constituem as seguintes associações:

- Associação afloramentos de rocha + solos litólicos, A proeminente, textura argilosa,
   que ocorre em relevo escarpado a montanhoso (AR2);
- Associação cambissolo álico Tb + latossolo vermelho-amarelo álico pouco profundo, ambos A moderado, textura argilosa, relevo ondulado a forte ondulado (Ca16);
- Associação podzólico vermelho-amarelo álico tb e latossólico, textura média/argilosa a argilosa, com cascalho, relevo forte ondulado (PVa21);
- Solos hidromórficos gleyzados, textura argilosa, sobre depósitos de aluvião.



**Figura 16** – Mapa de solos das sub-áreas priorizadas ao norte da Região Metropolitana de Curitiba nos municípios de Bocaiúva do Sul e Campina Grande do Sul (sub-áreas A-113 a, b, c).

A **sub-área A-113** (a) situa-se entre cabeceiras de canais de drenagem, bordejada por planícies aluvionares com depósitos de areia e argila. A hidrogeologia local demonstra que, devido ao grande número de fontes mapeadas, a zona saturada está situada a pequena profundidade (inferior a 5 metros). Em termos geomorfológicos a sub-área A-113 (a) encontra-se em morros alongados com encostas curtas, variando entre retilíneas e convexas. As dimensões são consideradas pequenas, principalmente em termos de largura. As restrições identificadas na sub-área A-113 (a) são:

- Os canais de drenagens não permitem grande continuidade em termos de extensão, limitando a sub-área, sendo necessária a execução de aterros das cabeceiras.
- Necessidade de desmatamento de partes com vegetação preservada.
- Devido à proximidade da zona saturada, há possibilidade de contaminação do lençol freático.
- Os saprólitos são materiais inconsolidados que apresentam alta erodibilidade.
- A declividade de parte da sub-área é superior a 10%, o que demanda correções com equilíbrio de termos.

A sub-área A-113 (b) situada no vale da Vila da Figueira é contígua a sub-área A-113 (a) e difere desta por apresentar encostas mais longas, interligadas por topo mais amplo. Apresenta potencial mais favorável em termos de espaço que a sub-área A-113 (a), mas tem maior densidade de ocupação. Outra séria limitação ambiental refere-se ao fato que os canais de drenagem são afluentes diretos e a pequena distância do rio Capivari. Outro problema aventado, que demanda investigação mais especifica, refere-se à possibilidade de ocorrerem movimentos de massa e rolamento de blocos em virtude das altas declividades e constituição dos solos.

A sub-área A-113 (c), situada do lado direito do rio Capivari, no município de Bocaiúva do Sul, é semelhante às duas sub-áreas anteriores em termos de características geológicas e ambientais gerais, porém apresenta extensão e declividades mais favoráveis, além de estar ocupada por reflorestamento. Existem algumas cabeceiras de drenagem secas, com alto potencial para disposição de resíduos sólidos, em sistema de barragem e preenchimento de vales sem percolação de água, em direção "morro acima" aproveitando a alta declividade local.

Conforme apontado por Zuquette, em consultoria específica para este fim, a implantação de aterro sanitário nas sub-áreas A-113 (a), (b) e (c), nos municípios de Campina Grande do Sul e Bocaiúva do Sul, deve levar em consideração as seguintes observações:

- Nas três sub-áreas, é praticamente impossível implantar aterro sanitário de grande porte sem que sejam afetados um conjunto de cabeceiras de drenagem e respectivas fontes. Isto demanda obras de drenagens significativas.
- No sentido de proteger as águas sub-superficiais, o aterro sanitário deve ter projeto com *liners*.
- Não há materiais inconsolidados (solos) com características favoráveis para serem utilizados como cobertura de células.
- ➤ Em pequena profundidade (2 m) as condições de fundações são muito adequadas, devendo ser apoiadas em saprólito ou rocha alterada.
- Haverá demanda de obras auxiliares, como muros, drenagem superficial, etc.
- ➤ O projeto do aterro sanitário deverá obrigatoriamente considerar uma combinação de formas, tais como: cavas, bermas, pirâmides, anfiteatros, etc.
- As sub-áreas seriam mais favoráveis à instalação de pequenos aterros sanitários para atender as demandas de municípios pequenos.

## 4.4 – Sub-área A-070 – Município de Campo Largo

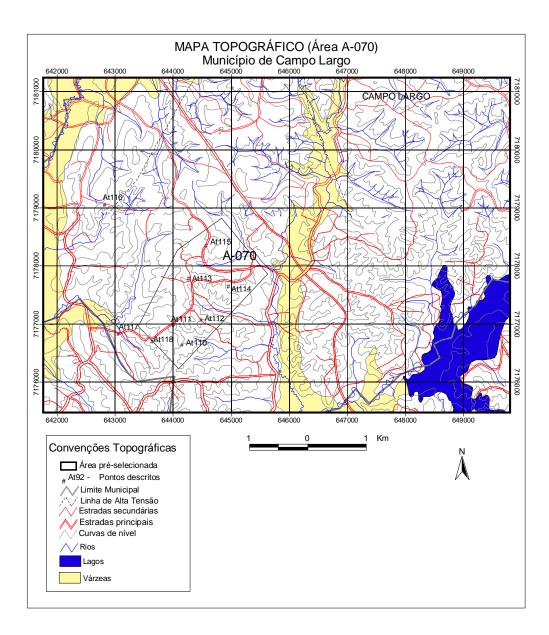
A **sub-área A-070** foi pré-selecionada após a constatação da necessidade de buscar áreas alternativas devido a forte oposição pública à instalação do Aterro Sanitário nos municípios de Araucária e Mandirituba. Está situada na região do Campo do Meio, a norte da Colônia Campina, entre os rios Castelhano e Itaqui, afluentes do rio Verde e rio Iguaçu. Os acessos são pela BR-277, em pista dupla, e pelas PR-423 (Campo Largo-Araucária) e PR-510 (Itaqui-Balsa Nova) asfaltadas. (Figura 17).

Em termos de infra-estrutura, é uma área privilegiada pelo desenvolvimento local, tendo como benefícios a proximidade com linhas de alta tensão (6 Km) e fábrica de cimento que no futuro poderia vir a beneficiar-se do gás gerado no aterro. Contudo, há o inconveniente da maior densidade de ocupação ao longo das rodovias e proximidade do núcleo populacional da Colônia Campina.

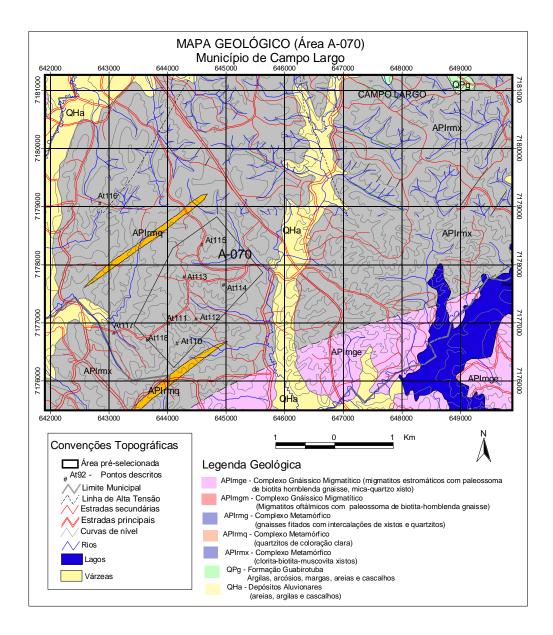
A geologia local é formada por biotita-muscovita xistos e clorita-biotita-muscovita xistos, com ocorrências locais de quartzo xistos e quartzitos, o que caracteriza um substrato formado por rochas de granulação muito fina, micáceas e foliadas, bastante impermeáveis, como desejável em projetos para aterro sanitário. (figura 18).

O solo na área é podzólico vermelho-amarelo álico, textura média argilosa com cascalho, de coloração vermelha que, juntamente com regolito e a rocha alterada, formam uma cobertura bastante profunda (acima de 5 m). Solos hidromórficos gleyzados indiscriminados, textura argilosa e solos orgânicos álicos ocorrem sobre depósitos aluvionares nas várzeas dos rios Castalhano e Itaqui. (Figura 19).

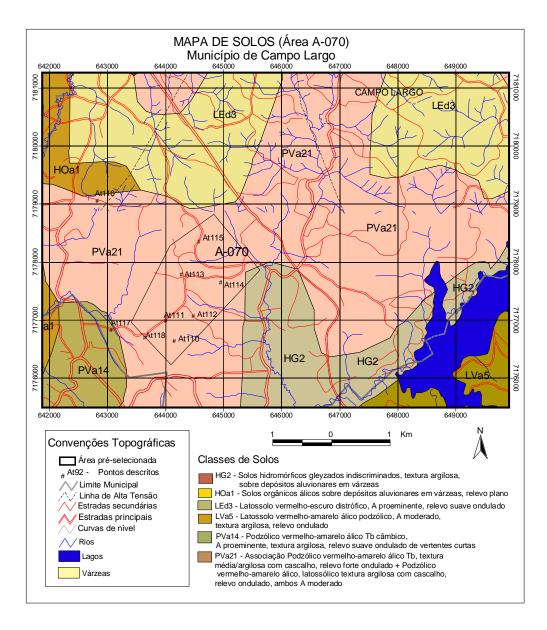
O relevo na região é suave ondulado a ondulado, bastante elevado (960 m de altitude), com morros de topos aplainados e vertentes curtas, de perfil convexo, terminando em vales planos, normalmente preenchidos por sedimentos. As lavouras ocupam os topos dos morros e são preservados muitos capões de mata secundária, com alguns pinheiros, principalmente no entorno das drenagens.



**Figura 17** – Mapa topográfico de área alternativa a oeste de Curitiba, município de Campo Largo (área A-070).



**Figura 18** – Mapa geológico de área alternativa a oeste de Curitiba, município de Campo Largo (área A-070).



**Figura 19** – Mapa de solos de área alternativa a oeste de Curitiba, município de Campo Largo (área A-070).

#### **5 – PRODUTOS GERADOS**

A utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG) em "Arc view" permite a geração de mapas básicos temáticos e cartas interpretativas com integração das informações nas áreas trabalhadas.

### a) Mapas Básicos

- mapas topográficos, digitalizados em escala 1:20.000, com localização das áreas selecionadas e trabalhos executados;
- mapa geológico (substrato geológico rochoso);
- mapa hidrológico (drenagens, lagos, bacias, poços de captação d'água) representados no mapa topográfico;
- mapa pedológico (solos);
- mapas e perfis geofísicos;
- modelo digital do terreno e geomorfologia;
- mapa de ocupação atual ou prevista e de cobertura vegetal (uso do solo);
- mapa de mineração e direitos minerários.

### b) Mapas Auxiliares

- mapas de documentação ou de dados;
- fotos aéreas e imagens de satélite.

De posse dessas informações, em consonância com o Projeto Construtivo do Aterro Sanitário, são estabelecidas as áreas possíveis para instalação do empreendimento na Região Metropolitana de Curitiba.

# 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O município de Contenda possui muitas áreas favoráveis para instalação de Aterros Sanitários, como por exemplo a área A-072 (b), indicada como alternativa, com antigo lixão existente no local que poderia ser corrigido com a implantação do Aterro Sanitário, necessitando de estudos de viabilidade política e econômica.

São consideradas prioritárias para estudos de detalhe as área A-070 em Campo Largo, e as áreas A-072 (b) e A-135 em Contenda.

As sub-áreas A-134 (a), (b), (c) e (d) em Araucária, apesar de consideradas aptas com relação ao meio físico para instalação de Aterro Sanitário, estão inviabilizadas pela forte rejeição da população local.

É consenso a necessidade de um esforço preliminar de convencimento da população dos municípios e seus governantes, acerca dos benefícios econômicos e sociais advindos do recebimento e destinação do lixo proveniente de outros municípios no esquema de consórcio intermunicipal.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 8419**. Apresentação de projetos de aterros de resíduos sanitários sólidos urbanos – Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR **10.004**. Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 1987.

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. Rio de Janeiro, 2000 xiii, 172 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Lixo Municipal**: Manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo : IPT/CEMPRE, 1996. 370p. (Publicação IPT, 2163).

MELO, A. L. O. et al. Principais metodologias para avaliação e seleção de áreas para aterros sanitários. **Geotecnia**, n. 96, p. 49-62, nov. 2002.

RIBAS, S.M. Definição de critérios para seleção de áreas para instalação de aterros sanitários na região metropolitana de Curitiba. Curitiba: MINEROPAR, 2003. Relatório Interno.

\_\_\_\_. Pré-seleção de áreas para instalação de aterros sanitários na região metropolitana de Curitiba: Relatório de Etapa. Curitiba: MINEROPAR, 2003. Relatório Interno.

RODHE, G. M. - **Método de seleção de áreas para aterros sanitários** - Porto Alegre: CIENTEC, 1989. (Boletim Técnico, 13).

SOUZA, N. C. D. C. – Mapeamento geotécnico regional da folha de Aguaí: com base na compartimentação por formas de relevo e perfis típicos de alteração. 1992. São Carlos, 1992. 2v. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade de São Carlos.

SOUZA, N. C. D. C.; ZUQUETTE, L. V. Critérios de avaliação geotécnica de unidades de terreno no planejamento urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 7., 1993, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas : ABGE, 1993. v. 2, p. 101-108.

- STEVANATO, R.; FERREIRA, F. J. F. E.; WOSNIAK, R. Ensaios geofísicos a sul da região metropolitana de Curitiba RMC: Caminhamento Elétrico e Sondagem Elétrica Vertical. Curitiba: UFPR, 2004.
- WEBER, E.; HASENACK, H. Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário através de análises em SIG com classificação contínua dos dados. Produção técnica e científica de usuários Idrisi e CartaLinx. Banco de dados. Disponível em: http://delmonio.ecologia.ufrgs.br/idrisi/artigos.
- ZUQUETTE, L. V. Análise e proposta metodológica sobre cartografia geotécnica para condições brasileiras, São Carlos, 1987. 3 v. Tese (Doutorado em Geotecnia) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos.
- ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. Mapeamento geotécnico da região de Campinas (SP, Brasil) e sua importância para o planejamento regional, **Geociências**, São Paulo, v.11, n.2, p.191-206, 1992.



**Foto 01** – Vista geral da área A-135 (ponto At-62), Município de Contenda, préselecionada para estudos de detalhe visando a implantação de Aterro Sanitário.



**Foto 02** - Área A-135, Município de Contenda, vista para sul do ponto At-91, préselecionada para estudos visando a instalação de Aterro Sanitário.



**Foto 03** - Área A-070, Município de Campo Largo, vista para norte do ponto At-111, área alternativa pré-selecionada para estudos visando a instalação de Aterro Sanitário.



Foto 04 - Área A-070, Município de Campo Largo, vista do ponto At-113.



**Foto 05** - Área A-070, Município de Campo Largo, vista do ponto At-114, limite leste da área pré-selecionada.



**Foto 06** - Área A-072(b), Município de Contenda, com grande saibreira em atividade, vista para norte. No topo ao fundo existe antigo lixão em cabeceiras de drenagem.



Foto 07 - Área A-072b, Município de Contenda, vista do pátio da saibreira.



**Foto 08** - Área A-072b, Município de Contenda, antigo lixão depositado em cabeceira de drenagem no limite norte da área da saibreira.



**Foto 09** - Área A-072b, Município de Contenda, aspecto do antigo lixão que continua poluindo as cabeceiras de drenagem, necessitando medidas corretivas.



**Foto 10** - Área A-072b, Município de Contenda, vista para norte da área ao lado do antigo lixão, priorizada para estudos de detalhe visando a instalação de Aterro Sanitário.



Foto 11 - Área A-072b, Município de Contenda, vista para sul da área ao lado do antigo lixão, priorizada para instalação de Aterro Sanitário.