MINERAIS DO PARANÁ S.A. – MINEROPAR

PROJETO GEOTECNIA - REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

MAPEAMENTO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO NAS FOLHAS COMEC A060, A098, A099, A101, A133 e A134

CONVÊNIO 04/95 COMEC / MINEROPAR

3o TERMO DE AJUSTE

VOLUME I

TEXTOS

CURITIBA

DEZEMBRO / 1999

PARANÁ

MINEROPAR
MINERAIS DO PARANÁ SA

MINERAIS DO PARANÁ S.A. - MINEROPAR

PROJETO GEOTECNIA - REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

MAPEAMENTO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO NAS FOLHAS COMEC A060, A098, A099, A101, A133 e A134

CONVÊNIO 04/95 - COMEC/MINEROPAR
3º TERMO DE AJUSTE

VOLUME I
TEXTO

Curitiba
Dezembro/1999

Rua Constantino Marochi, 800 – CEP 80030-360 – Fone: (41) 352-3038 – C.P.15.026 – CEP 80531-970 – E-mail: minerais@pr.gov.br – Curitiba - PR

MINEROPAR. Minerais do Paraná S.A.

M 664m Mapeamento geológico - geotécnico nas Folhas

A IV Comec A060, A098, A099, A101, A133 e A134. Curitiba. 1999.

3 v.

Convênio COMEC/MINEROPAR

1. Mapeamento geológico geotécnico - Região Metropolitana de Curitiba I. Salazar Jr, Oscar *et al.*

CDU: 624.13 (816.21A)

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

Jaime Lerner
Governador

SECRETARIA DE ESTADO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO E DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - SEID

Eduardo Francisco Sciarra
Secretário de Estado

MINERAIS DO PARANÁ S.A. - MINEROPAR

Omar Akel
Diretor Presidente

Marcos Vitor Fabro Dias
Diretor Técnico

Heloisa Monte Serrat de Almeida Bindo
Diretora Administrativo Financeira

MAPEAMENTO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO NAS FOLHAS COMEC A060, A098, A099, A101, A133 e A134

Convênio 04/95 - COMEC / MINEROPAR

PROJETO GEOTECNIA - REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

Gerente de Projeto
Geólogo Oscar Salazar Júnior

Elaboração
Geólogo Oscar Salazar Júnior
Geólogo Luís Marcelo de Oliveira
Geólogo Rogério da Silva Felipe
Geóloga Kátia Norma Siedlecki

Apoio
Técnico José Eurides Langner
Técnico Antônio Perdoná Alano
Técnico Miguel Ângelo Moretti
Técnico Clóvis Roberto da Fonseca
Prospector Genésio Pinto Queiroz
Prospector Manoel de Cristo

Desenho
Roseneide Ogleari

Estagiário
Pedro Paulo Santana

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO 1
2 - JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS 1
3 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA 1
4 - EQUIPE TÉCNICA 2
5 -ATIVIDADES REALIZADAS E DADOS DE PRODUÇÃO 4
6 - ASPECTOS METODOLÓGICOS 5
6.1 - ENSAIOS GEOTÉCNICOS 6
7 – MAPAS BÁSICOS E TEMÁTICOS DA ÁREA IV 8
7.1 –DOCUMENTAÇÃO 9
7.2 –DECLIVIDADES 11
7.3 –GEOLOGIA 12
7.3.1 - Aluviões atuais 15
7.3.2 – Terraços aluvionares 15
7.3.3 – Sedimentos inconsolidados sobre unidades carbonáticas 15
7.3.4 – Formação Guabirotuba 16
7.3.5 – Intrusivas básicas 16
7.3.6 – Formação Camarinha 16
7.3.7 – Grupo Açungui - Formação Capiru 17
7.3.8 – Complexos Gnáissico-Migmatítico e Granítico-Gnáissico 18
7.4- MATERIAIS INCONSOLIDADOS 18
7.4.1 - Solos hidromórficos sobre aluviões, terraços aluvionares, Formação Guabirotuba e planícies cársticas 24
7.4.2 - Solos residuais com inclusões de solos transportados sobre a Formação Guabirotuba 24
7.4 3 - Solos transportados/colúvios sobre unidades carbonáticas 26
7.4.4 - Solos residuais sobre diabásios, com matacões, associados a franjas de colúvio 27
7.4.5 - Solos residuais e/ou transportados sobre siltitos e conglomerados da Formação Camarinha 28
7.4.6 - Solos litólicos sobre rochas quartzíticas 28
7.4.7 - Solos residuais de metapelitos com inclusões de solos transportados 29
7.4.8 - Solos residuais e/ou transportados sobre gnaisses e migmatitos 29
7.4.9 - Solos residuais e/ou transportados sobre gnaisses graníticos 31

7.5- ADEQUABILIDADE PARA LOTEAMENTOS RESIDENCIAIS 31
7.5.1 - Unidade de Terreno A 32
7.5.2 - Unidade de Terreno A' 33
7.5.3 - Unidade de Terreno T 34
7.5.4 - Unidade de Terreno GD 34
7.5.5 - Unidade de Terreno CR 36
7.5.6 - Unidade de Terreno GMA 37
7.5.7 - Unidade de Terreno DT 37
7.5.8 - Unidade de Terreno MP 39
7.5.9 - Unidade de Terreno QZ 39
7.5.10 - Unidade de Terreno DB 40
7.5.11 - Unidade de Terreno SC 41
7.5.12 - Unidade de Terreno CC 41
7.5.13 – Todas Unidades com Declividades Superiores a 30% 42
8 - RISCOS GEOLÓGICOS 42
8.1 - INUNDAÇÕES 42
8.2 - AFUNDAMENTOS CÁRSTICOS 44
8.3 - MOVIMENTOS DE MASSA 48
8.4 - EROSÃO 55
8.5 - POLUIÇÃO DAS ÁGUAS 56
9 - CONCLUSÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES 57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 60

APÊNDICE 1 – Documentação fotográfica
APÊNDICE 2 – Ensaios geotécnicos

1 - INTRODUÇÃO

O projeto de mapeamento geológico-geotécnico nas folhas Comec A060, A098, A099, A101, A133 e A134 (Área IV), foi realizado dentro do Convênio de Cooperação Técnica n° 04/95 de 31.07.95, celebrado entre a Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral - SEPL, através da Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba - Comec, e a Secretaria de Estado da Indústria, Comércio e do Desenvolvimento Econômico - SEID, através da Minerais do Paraná S.A. - Mineropar.

As atividades foram definidas no 3° Termo de Ajuste ao Convênio, assinado em 15.01.1998, com prazo estabelecido até 15.07.99. Em função de problemas de repasses de recursos o projeto foi concluído em dezembro de 1999.

2 - JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS

O mapeamento geológico-geotécnico se insere na necessidade de dados do meio físico para ordenamento da ocupação territorial, como atribuição da Comec, permitindo identificar as áreas mais favoráveis à ocupação e os riscos geológicos associados aos diferentes terrenos. Os principais objetivos do mapeamento são:

a) Obter dados da distribuição das unidades geológicas (substrato rochoso), as declividades do terreno, as características das coberturas inconsolidadas em superfície e sua variação em profundidade;

b) Gerar mapa de adequabilidade para loteamentos, indicando as áreas mais favoráveis ou restritas aos diferentes tipos de ocupação;

c) Constituir base de dados geográfica em meio magnético contendo os diferentes mapas, bancos de dados de pontos geológicos, sondagens e ensaios geotécnicos, incluindo trabalhos realizados por outras empresas e instituições.

3 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área de trabalho abrange aproximadamente 696,16 km² (figura 01) a oeste de Curitiba, incluindo parte dos municípios de Curitiba, Almirante Tamandaré, Campo Magro, Campo Largo e Araucária (figura 02). O trabalho foi realizado sobre as folhas topográficas A060, A098, A099, A101, A133 e A134 (Comec, 1976). O projeto Área IV conclui o mapeamento do entorno imediato de Curitiba, complementando os projetos sucessivos do convênio com a Comec, realizados desde 1993.

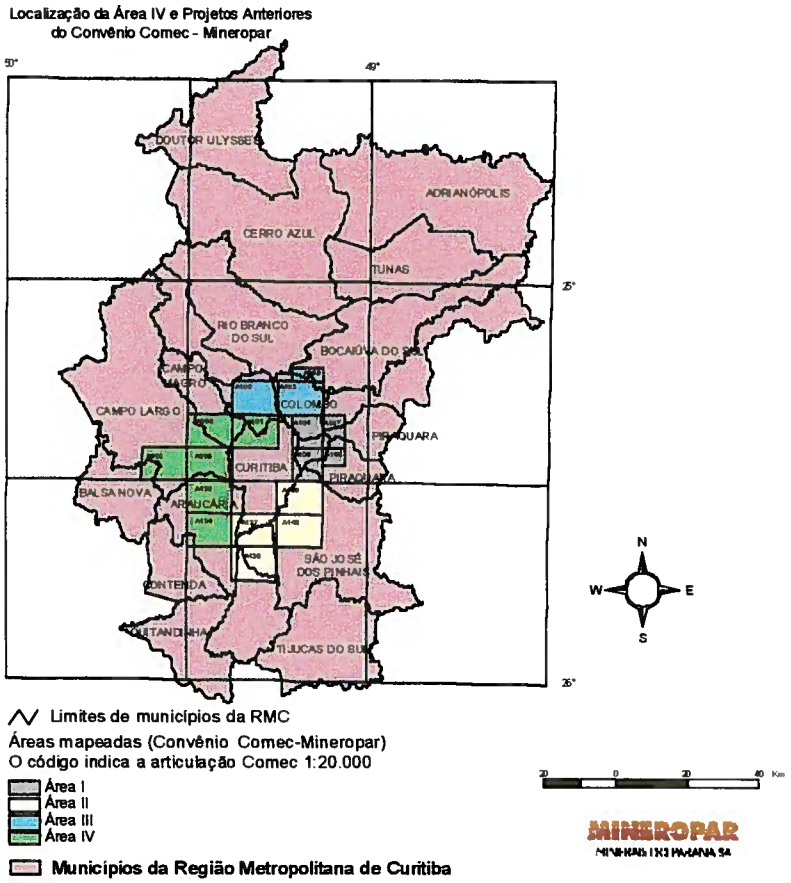


Figura 01 - Localização da Área IV - folhas A060, A098, A099, A101, A133 e A134.

4 - EQUIPE TÉCNICA

O Projeto Área IV foi executado pela Mineropar, com a participação da seguinte equipe técnica:

Geólogo Oscar Salazar Júnior
Geólogo Luís Marcelo de Oliveira
Geólogo Rogério da Silva Felipe
Geóloga Kátia Norma Siedlecki
Técnico José Eurides Langner
Técnico Miguel Ângelo Moretti
Técnico Clóvis Roberto do Fonseca
Prospector Manoel de Cristo
Prospector Genésio Pinto Queiroz
Desenhista Roseneide Ogleari
Estagiário Pedro Paulo Santana

DILAB - Divisão de Laboratório
Geóloga Kátia Norma Siedlecki
Técnico Antônio Perdoná Alano
Laboratoristas: Alceu da Rocha Oliveira
Amilton Teixeira de Lara
Antônio Mariano de Brito Neto

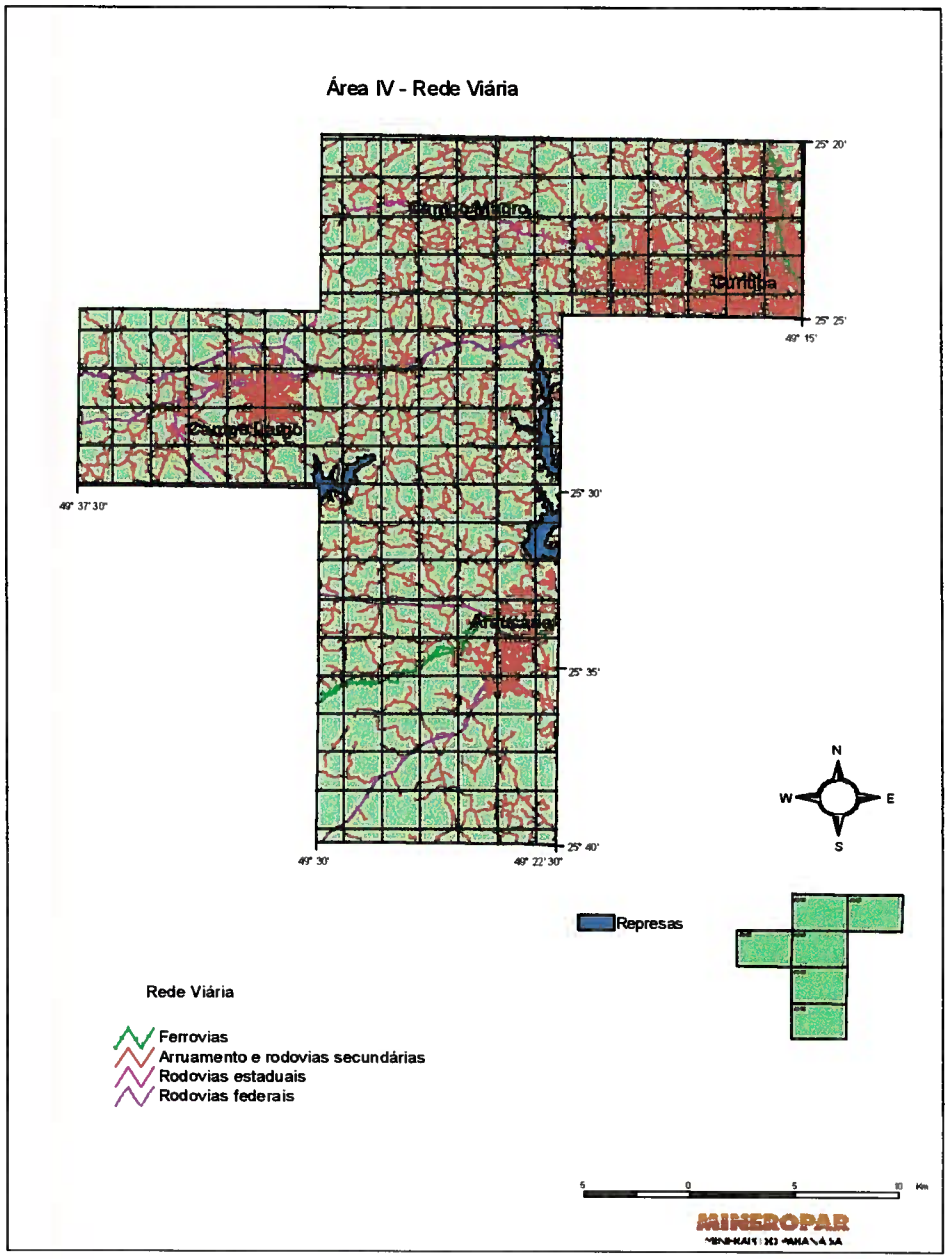


Figura 02 - Área IV – Rede viária e localização das principais sedes urbanas.

5 - ATIVIDADES REALIZADAS E DADOS DE PRODUÇÃO

No decorrer do projeto foi executada a seguinte seqüência de atividades:

a) Revisão bibliográfica;

b) Compilação de dados geológicos e geotécnicos de trabalhos executados por outras empresas ou instituições;

c) Fotointerpretação com aerofotos 1:25.000 (1980);

d) Levantamentos de campo, incluindo perfilagens geológicas, descrição de afloramentos, amostragens geotécnicas e sondagens a trado;

e) Ensaios geotécnicos de laboratório;

f) Digitalização dos mapas básicos e temáticos;

g) Processamento de dados nos sistemas de informações geográficas Arc/Info e ArcView;

h) Interpretação de dados e elaboração de mapas temáticos;

i) Relatório final.

Resumo dos dados de produção:

Em função da redução dos recursos disponíveis algumas atividades foram suspensas, como as sondagens à percussão nas diversas unidades de terreno, os levantamentos geofisicos e o cadastramento da mineração, pontos de poluição e a obtenção de dados do lençol freático. Das demais atividades foi obtida a seguinte produção, resumida por folha mapeada na tabela 01:

- Área cartografada: 696,16 km^2.
- Fotointerpretação: 60 aerofotos 1:25.000.
- Afloramentos descritos (inclui pontos de controle): 2.356.
- Ensaios geotécnicos: 665 ensaios em 120 amostras.
- Digitalização: 1.725 horas.
- Furos a trado: 31 (realizados pela Mineropar).
- Quilometragem percorrida: 16.631 km.
- Dias de campo: 104.

Folha	Pontos geológicos	Sondagens a trado	Sondagens à percussão	Sondagens rotativas	Poços tubulares	Amostras completas	Am. complementares
A060	453	9	26	1	3	10	10
A098	536	-	-		6	12	10
A099	392	14	6		2	8	10
A101	481	-	-		21	12	-
A133	259	30	3		-	10	14
A134	235	9	-		2	9	15
Total	*2.356*	*62*	*35*	*1*	*34*	*61*	*59*

Tabela 01 – resumo dos dados por folha mapeada (inclui sondagens de outras instituições). Amostra completa indica 8 ensaios geotécnicos e amostra complementar 3 ensaios.

6 - ASPECTOS METODOLÓGICOS

O mapeamento geológico-geotécnico foi realizado segundo metodologia adaptada de Zuquette (1987) e Souza (1992). Os procedimentos adotados compreendem a seleção de atributos, verificação das relações atributos *versus* tipos de ocupação e elaboração para os usuários de documentos gráficos básicos e interpretativos, de prognósticos e conclusivos.

No decorrer dos projetos realizados pela Mineropar em convênio com a Comec no Alto Iguaçu (Área I - Felipe *et al.*, 1994), sul de Curitiba (Área II - Salazar Jr. *et al.*, 1996) e norte de Curitiba (Área III, Oliveira *et al.*, 1997), foram testados os passos metodológicos, descritos na seqüência. Os tipos de ocupação considerados de maior interesse são relacionados a seguir (Zuquette, 1993):

Urbanas

Áreas residenciais; vias de acesso; barragens/aterros; parques industriais; áreas de extração de materiais de construção (areia, brita, argila); zonas de inundação; loteamentos; canalizações; resíduos sépticos e aterros sanitários; cemitérios; áreas de ocorrência de eventos perigosos.

Regionais

Rodovias e ferrovias; linhas de transmissão; barragens; aterros sanitários.

Rurais

Agroindústria; pecuária e agricultura; projetos de irrigação.

Em função dos diferentes tipos de ocupação verifica-se que o equilíbrio ambiental depende da aplicação de conhecimentos geológicos associados aos outros componentes do meio. Isto permite reduzir os custos dos processos de ocupação, evita o surgimento de custos futuros não previstos, decorrentes de limitações do meio ambiente, e propicia o aproveitamento de vantagens do meio fisico. No trabalho foram considerados os seguintes componentes e atributos (tabela 02), de acordo com Zuquette (1993).

COMPONENTE	ATRIBUTOS
Águas	- Existência de aqüíferos. - Profundidade do lençol freático.
Geomorfologia	- Declividade e sentido. - Formas de relevo.
Geologia	- Tipo rochoso ou grupo litológico. - Mineralogia. - Permeabilidade. - Grau de intemperismo. - Erosão. - Assoreamento. - Movimentos de massa. - Materiais inconsolidados (textura, origem, espessura). - Capacidade de troca catiônica. - Processos de intemperismo e pedogênese. - Variação em profundidade. - Características químicas.

Tabela 02 - Componentes e atributos considerados no mapeamento geológico-geotécnico. (Zuquette (1993).

6.1 - ENSAIOS GEOTÉCNICOS

Para permitir a caracterização das unidades geotécnicas foram utilizados ensaios de laboratório (Dilab – Mineropar) que fornecem parâmetros relativos às propriedades químicas, físicas e mineralógicas das diversas amostras. A determinação destes atributos permite a avaliação do comportamento geotécnico dos materiais analisados. A relação de resultados obtidos nos ensaios geotécnicos está apresentada no Apêndice 2 e os diagramas de classificação textural, no Anexo 1 (Volume II).

A amostragem é etapa crítica do mapeamento geotécnico, (fotografia 14) já que há limitações de custo e é preciso conseguir representatividade nas unidades mapeadas. Foram realizadas amostras completas em cada folha, assim denominadas pela realização de 8 ensaios em cada amostra, e amostras complementares, com 03 ensaios sobre cada amostra, para maior segurança na extrapolação dos valores obtidos. Os ensaios são:

Granulometria/sedimentação

Este ensaio expressa a classe textural da amostra em função da distribuição percentual das partículas presentes. O método utilizado é a desagregação mecânica da amostra, dispersão e avaliação da proporção relativa das partículas via sedimentação em meio aquoso - método do densímetro calibrado, norma técnica NBR 7181/84 (ABNT).

Índices de campo

Os índices de campo são índices fisicos do solo, expressos por parâmetros representativos do seu estado na época da amostragem. Determinam-se diretamente três índices: teor de umidade, massa específica de campo e massa específica dos sólidos. Os outros índices, relativos à porosidade, índice de vazios e grau de saturação, são calculados através de fórmulas de correlação. Para a massa específica dos sólidos adotou-se a norma técnica da ABNT - NBR 6508/84. Todas as amostras ensaiadas foram submetidas à fervura em picnômetro, para expulsar gases intersticiais, conforme

rotina desenvolvida pelo DER - PR. A massa específica seca de campo foi determinada pelo método do anel, proposto por Zuquette (1987). Com auxílio de um cilindro de PVC rígido retira-se do terreno uma amostra indeformada, de volume conhecido. O cálculo é feito após determinado o peso do solo seco.

Os parâmetros decorrentes de correlação são os seguintes:

Índice de vazios: é apresentado como um número puro e pressupõe o conhecimento do valor da massa específica dos sólidos e da massa específica de campo.

Porosidade: é apresentada em porcentagem.

Grau de saturação (em relação à água): os valores estão compreendidos no intervalo de 0 - 100%.

Proctor normal

Este ensaio consiste na compactação de solo em laboratório determinando-se a curva de variação da massa específica seca em função do teor de umidade, para uma dada energia de compactação. Além desta curva, o ensaio fornece também a variação do grau de saturação em função do teor de umidade. Como resultado final obtém-se o valor da massa específica seca máxima e o teor de umidade ótima, que têm aplicações em obras de terra compactada, indicando as condições ideais de compactação máxima. Na execução, para diferentes teores definidos de umidade, aplica-se ao corpo de prova um número especificado de golpes, seguido da pesagem do mesmo.

Limites de liquidez e plasticidade

Estes indicadores são definidos pelos teores de umidade que separam dois estados de consistência de um solo. O limite de liquidez é definido como o teor de água, expresso em porcentagem de argila seca a 110°C, acima do qual a massa flui como líquido. O limite de plasticidade é definido como o teor de água expresso em porcentagem, de argila seca a 110°C, acima do qual a massa pode ser enrolada em cilindros de 3 a 4 cm de diâmetro e 15 cm de comprimento (Souza Santos, 1989).

Capacidade de troca de cátions - CTC

Este ensaio é realizado para avaliar a capacidade de troca química, em função das características eletroquímicas dos argilo-minerais. O atributo é importante, uma vez que os cátions permutáveis influem fortemente no comportamento agronômico e geotécnico da fração fina (no tocante à disposição de rejeitos, erosão, retenção de poluentes, etc).

Para a obtenção da capacidade de troca de cátions foi adotado o método da adsorção de azul de metileno (Beaulieu, 1979, *in* Pejon, 1992), que permite adicionalmente determinar parâmetros como a superfície específica (SE) e os índices Vb e Acb, que indicam respectivamente a quantidade de azul de metileno adsorvido em 100g de solo e em 100g de argila, sendo assim caracterizada a atividade da fração argilosa e avaliado o comportamento do solo (Lautrin, 1989, *in* Pejon, 1992).

O azul de metileno ($C^{16}H^{18}N^{3}SCl\ 3H_2O$) é um corante orgânico que em solução aquosa dissocia-se em ânions cloreto e cátions azul de metileno. O cátion de azul de metileno substitui os cátions Na^{+}, K^{+}, Ca^{++}, Mg^{++}, H^{+}, adsorvidos aos argilo-minerais, ocorrendo um processo de adsorção irreversível passível de ser mensurado e indicativo da capacidade de troca de cátions. Para executar o ensaio procede-se ao gotejamento da solução do corante em suspensão aquosa de solo, retirando-se, com o auxílio de bastão de vidro, gotas que são dispostas sobre papel de filtro. Formando-se uma mancha escura

homogênea, o ensaio prossegue até o surgimento de uma auréola azul clara na borda externa da mancha, que indica a exaustão da capacidade de troca de cátions do material, obtendo-se assim os índices correspondentes.

Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH de uma argila resulta, em parte, da natureza dos cátions trocáveis presentes. A variação de cargas negativas ou mesmo positivas (em valores de pH muito baixo) pode interferir na determinação da CTC e da SE. Por esse motivo determinou-se o pH da suspensão do solo em água e em solução de KCl, conforme metodologia de Camargo & Muniz (s.d.). Quando o pH em KCl for menor que o pH em água, ocorre predomínio de cargas negativas. Caso contrário, imperam as cargas positivas na superfície dos argilo-minerais (Demattê, 1989).

Permeabilidade

A permeabilidade é expressa pelo volume de fluxo, por unidade de área de uma seção, por unidade de tempo. A determinação do coeficiente de permeabilidade é dificultada pelo processo de amostragem, já que as amostras devem ser indeformadas, sendo coletadas em cilindros de PVC rígido. Os resultados do ensaio são bastante vulneráveis a fraturas do corpo de prova, presença de raízes e eventuais vazios entre o material e as paredes do tubo. Em laboratório decidiu-se realizar dois ensaios por ponto amostrado, como medida de segurança, montando-se dois permeâmetros verticais, a cargas constantes, confeccionados em PVC rígido, munidos de filtros de areia acoplados às duas extremidades.

Erodibilidade

Nogami & Villibor (1979) propuseram um método de fácil execução para avaliação do índice de erodibilidade, que considera o efeito da secagem e permite inferir as propriedades de desagregabilidade e infiltração, baseando-se essencialmente na avaliação da absorção de água e na perda de peso por imersão.

Para o desenvolvimento do ensaio foi confeccionado um equipamento composto de um recipiente cilíndrico, com dimensões equivalentes ao cilindro de amostragem, ligado a um tubo de vidro graduado, disposto horizontalmente. O conjunto é preenchido com água e na porção superior do recipiente adapta-se uma placa porosa que se mantém saturada. Sobre a placa coloca-se a amostra indeformada, seca e pesada, iniciando-se a contagem de tempo e procedendo-se as leituras do volume de água absorvido por intervalo de tempo, até a estabilização do processo. Na etapa seguinte avalia-se o percentual de perda por imersão, colocando-se a amostra submersa em água, por 12 horas.

7 – MAPAS BÁSICOS E TEMÁTICOS DA ÁREA IV

A base planialtimétrica digital foi obtida em conjunto com a Comec, que executou a digitalização por scanerização de originais na escala 1:10.000. A Comec realizou ainda o referenciamento dos arquivos ao sistema de coordenadas utilizado (projeção UTM, datum Córrego Alegre). A Mineropar encarregou-se da edição dos arquivos, ajustes de deformação e junção das cartas 1:10.000 nas respectivas folhas 1:20.000. A base planialtimétrica inclui rodovias e ferrovias, hidrografia, altimetria, toponímia e malha de coordenadas.

Em alguns casos foram feitas adaptações dos mapas base, acrescentando-se o traçado duplicado da BR-277 (aproximado) e os lagos das barragens do Passaúna (fotografia 02) e do Rio Verde, utilizando-se as cotas fornecidas pela Sanepar e Petrobrás, respectivamente. Como elementos cartográficos anteriores às represas (rodovias, caminhos, curvas de nível e pontos cotados) ficaram dentro da área alagada, optou-se por mantê-los, utilizando-se o recurso de *traço invisível* do Maxicad para uma adequada representação cartográfica. Nos arquivos Arc/Info e ArcView estes elementos foram subtraídos do mapa final, utilizando-se o contorno do lago para corte.

Dos mapas temáticos previstos originalmente não foram obtidos os de profundidade do lençol freático, cadastramento de pontos de poluição e atividade mineral, geotécnico geral e de erodibilidade. Os demais temas, no formato das folhas 1:20.000 (A060, A098, A099, A101, A133 e A134), incluem a documentação, geologia, materiais inconsolidados, declividades e adequabilidade para loteamentos, descritos a seguir. Todos os elementos obtidos estão referenciados à base Comec (1976).

7.1 –DOCUMENTAÇÃO

O mapa de documentação (Volume III) contém o registro dos pontos geológicos descritos pela Mineropar neste projeto, amostras com ensaios geotécnicos, poços tubulares, sondagens a trado, à percussão ou rotativas, realizadas pela Mineropar ou obtidas de outras instituições (figura 03). Nas amostras completas foram obtidos dados relativos à granulometria, índices de campo, proctor normal, limites de liquidez e plasticidade, adsorção de azul de metileno, pH, permeabilidade e erodibilidade. Nas amostras chamadas complementares foram realizados apenas ensaios de granulometria, índices de campo e adsorção de azul de metileno (ver Apêndice 2, ensaios geotécnicos).

No mapa foram utilizadas as siglas OS (A098, A133), RG (A101) e LM (A060, A099, e A134) para os pontos da Mineropar. Os dados obtidos de outras instituições foram:

- Sanepar - poços tubulares para água subterrânea;
- Hidrotec e Prof. Eduardo Salamuni (UFPr) – poços tubulares na região de Curitiba;
- DER – estudos geotécnicos na PR-423 – sondagens a trado e percussão.
- DNER – estudos geotécnicos na BR-277 – sondagens a trado, percussão e rotativas.
- Chrysler – sondagens à percussão realizadas para a instalação da indústria em Campo Largo.

As sondagens referidas estão reproduzidas nos anexos 2, 3 e 4 do Volume II. Estas descrições foram colocadas num formato padrão, em alguns casos com modificações, indicando-se as empresas responsáveis pelas sondagens.

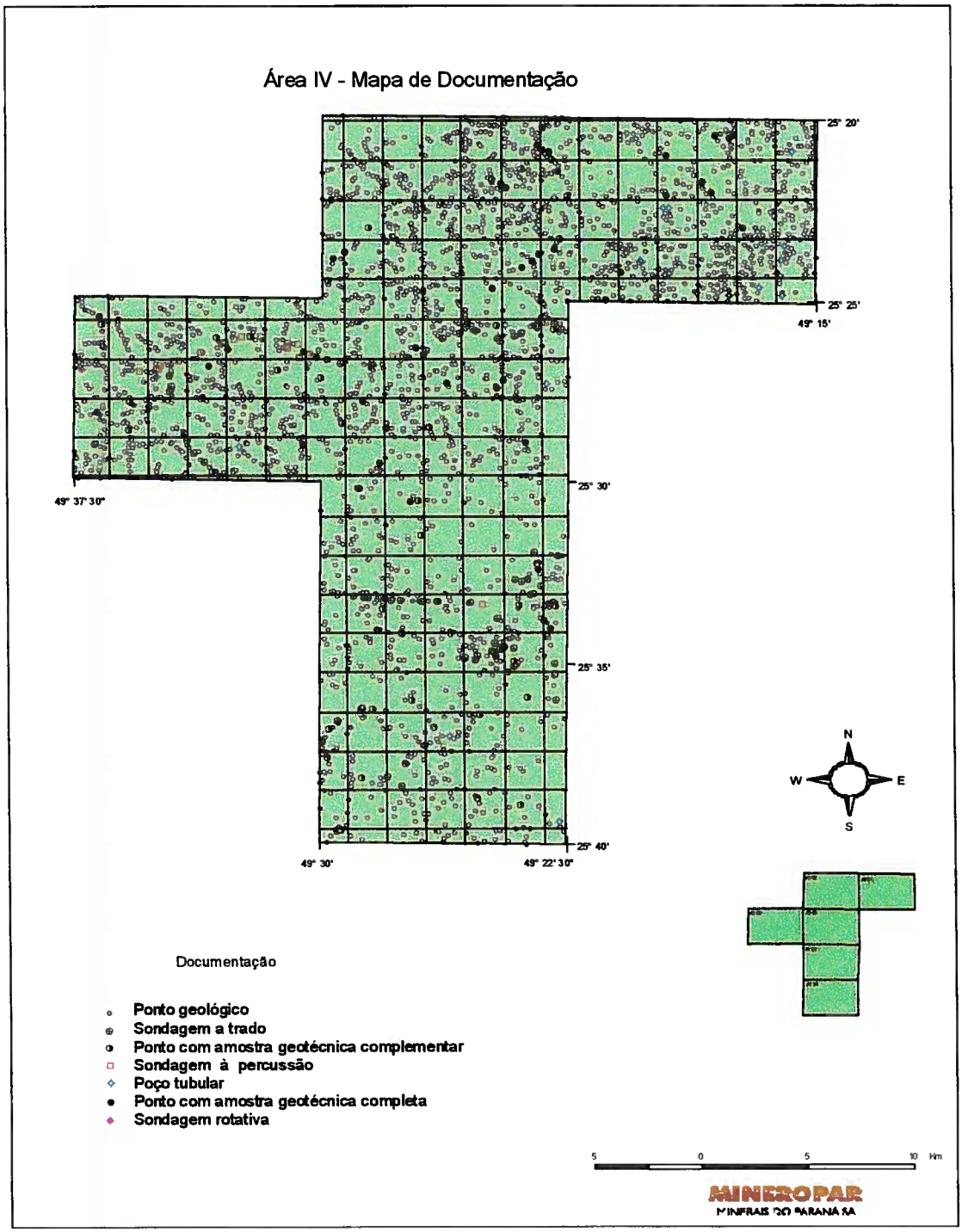


Figura 03 – Mapa de documentação da Área IV.

7.2 –DECLIVIDADES

O mapa de declividades foi obtido por meio do software Arc/Info (7.0.3) em estação de trabalho do Cieg (Centro Integrado de Estudos em Geoprocessamento - UFPr). Foi usado o módulo Tin (triangulated irregular network) do Arc/Info, gerando-se modelo digital do terreno a partir de curvas de nível, pontos cotados e rede hidrográfica. Os dados planialtimétricos tem origem nas cartas 1:10.000 da Comec, utilizando-se intervalos de classe de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-45 e > 45%.

A utilização de meios computacionais na geração deste mapa justifica-se pela grande dificuldade de determinação das declividades por meios manuais, pelo excessivo número de polígonos e grande tempo de digitalização posterior. Além disso, depois de selecionado um determinado intervalo de classes, qualquer modificação implica em refazer o mapa, ao contrário do mapa de declividades digital.

O princípio do mapa de declividades a partir do Arc/Info Tin é a elaboração de um modelo digital do terreno que leva em conta diversas fontes de dados, como curvas de nível, pontos cotados e outras feições, com dados de elevação ou não. O modelo é feito por triangulação (triangulação de Delaunay), utilizando-se os pontos vizinhos melhor distribuídos, construindo-se assim uma rede de triângulos irregulares conectados. Os rios foram acrescentados ao modelo como linhas de quebra, embora sem os valores das altitude variáveis do leito das drenagens. Em seguida os triângulos foram classificados conforme as faixas de declividades desejadas, usando-se uma função de dissolução entre triângulos de mesma classe adjacentes para gerar os polígonos finais. Para maior simplificação foram eliminados polígonos com área menor que 500 m^2. Os intervalos de classe previamente definidos pela Comec e as respectivas inclinações do terreno estão relacionadas na tabela 03.

Intervalo %	Inclinação (graus)
0 - 5	0 - 2°51'45"
5 - 10	2°51'45" - 5°42'38"
10 - 20	5°42'38"- 11°18'36"
20 - 30	11°18'36" - 16°41'57"
30 - 45	16°41'57" - 24°13'40"
> 45	> 24°13'40 "

Tabela 03 - Intervalos de declividades e inclinação dos terrenos.

Na Área IV foram considerados cerca de 808.000 pontos com dados de elevação para elaboração do modelo digital. Os pontos provém da digitalização de curvas de nível, pontos cotados e rede hidrográfica. Os valores das cotas de curvas e pontos foram adicionados por meio do *software* ArcView. O modelo digital foi elaborado em separado para conjuntos de 02 folhas adjacentes (A098 e A101, A099 e A060, A133 e A134), sendo depois obtidos os mapas de cada folha por meio de um corte com os respectivos polígonos externos. Como eventualmente são utilizados arquivos separados, às vezes as folhas adjacentes não apresentam uma perfeita justaposição.

7.3 – GEOLOGIA

As áreas mapeadas se caracterizam pela presença de sedimentos aluvionares recentes, sedimentos terciário-quaternários da Bacia de Curitiba, sedimentos inconsolidados sobre rochas carbonáticas, diques básicos mesozóicos, rochas sedimentares da Formação Camarinha, rochas metassedimentares do Grupo Açungui (Formação Capiru) e rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico. Neste relatório os dados relativos à geologia da área serão restritos a uma breve descrição das unidades, abrangendo todas as folhas estudadas. Na tabela 05 apresenta-se a estratigrafia geral da área e os mapas geológicos encontram-se no Volume III. Os trabalhos anteriores de mapeamento geológico-geotécnico do convênio Comec – Mineropar (Áreas I, II e III) contém algumas discrepâncias em relação à tabela 04, que deverão ser resolvidas em um trabalho de síntese e padronização das quatro áreas mapeadas.

Foram usados os mapas anteriores compilados pela CPRM (1989 – escala 1:50.000) e o mapa geológico do Paraná (DNPM / Mineropar,1989, escala 1:650.000). Tendo em vista o maior detalhe do mapeamento geológico-geotécnico (escala 1:20.000), foi necessário adaptar as denominações e siglas existentes. Outra questão diz respeito às idades destas unidades, na maioria das vezes sem datações precisas. Nestes casos adotou-se a indicação de provável ou suposta (com uma interrogação para indicar esta situação). A tabela 04 resume a superfície abrangida pelas diferentes unidades geológicas e a figura 04 mostra a distribuição das unidades geológicas mapeadas na Área IV:

Sigla	Unidade	Área total km²	% na Área IV
Pcgm	Complexo Gnáissico-Migmatítico	331,74	47,65
PSacm	Metapelitos da Formação Capiru	102,13	14,67
QPg	Formação Guabirotuba	76,87	11,04
QHa	Aluviões atuais	68,28	9,81
Pcgg	Complexo Granítico-Gnáissico	64,60	9,28
PSacd	Metacalcários dolomíticos da Formação Capiru	16,08	2,31
Pcgmu	Metaultramáficas no Complexo Gnáissico-Migmatítico	10,28	1,48
JKd	Intrusivas básicas	8,50	1,22
PSCcs	Siltitos da Formação Camarinha	4,62	0,66
QHt	Terraços aluvionares	1,86	0,27
PSCccg	Conglomerados da Formação Camarinha	1,42	0,20
Pcgq	Quartzitos no Complexo Gnáissico-Migmatítico	0,22	0,03
PSacq	Quartzitos da Formação Capiru	0,11	0,02

Tabela 04 – Área abrangida pelas unidades geológicas na Área IV (a área dos lagos das represas é de cerca de 9,45 km²).

Sigla	Unidade	Idade	Descrição resumida
QHa	Aluviões atuais	Quaternário (Holoceno)	Sedimentos areno-síltico-argilosos depositados em ambiente fluvial, com camadas de areia fina a grossa e cascalhos.
QHt	Terraços aluvionares	Quaternário (Holoceno ?)	Sedimentos areno-síltico-argilosos depositados em ambiente fluvial, com camadas de areia fina a grossa e cascalhos, posicionados acima do nível atual da planície de inundação.
QPg	Formação Guabirotuba	Quaternário (Pleistoceno?)	Sedimentos da Bacia de Curitiba, incluindo argilas, arcósios, areias e cascalhos, interpretados como de deposição subaquosa em clima semi-árido. Pode ser subdividida em três subunidades: Qpga – argilas e freqüentes intercalações de arcósios; QPgb – argilas com raras lentes de arcósios, QPgc – arcósios e areias arcosianas (prováveis sedimentos continentais de leque anastomosado, na base da unidade).
JKd	Intrusivas Básicas	Jurássico – Cretáceo	Diques de diabásio e diorito pórfiros (JKdp).
PSCcs	Formação Camarinha	Cambriano/ Proterozóico	Siltitos, siltitos argilosos, argilitos e arenitos arcosianos.
PSCccg	Formação Camarinha	Cambriano/ Proterozóico	Conglomerados polimíticos, matriz arcosiana.
PSac	Grupo Açungui Formação Capiru	Proterozóico Superior (?)	Metassedimentos pelíticos, psamíticos e carbonatados.
PSacq	Formação Capiru	Proterozóico Superior (?)	Quartzitos.
PSacm	Formação Capiru	Proterozóico Superior (?)	Metapelitos, filitos, metarritmitos.
PSacd	Formação Capiru	Proterozóico Superior (?)	Metacalcários dolomíticos.
PSaccg	Formação Capiru	Proterozóico Superior (?)	Metaconglomerados.
Pcgg	Complexo Granítico-Gnáissico	Proterozóico indiviso	Gnaisses graníticos ou granodioríticos com freqüentes augen-gnaisses (Guajuvira).
Pcgm	Complexo Gnáissico-Migmatítico	Proterozóico indiviso	Migmatitos bandados (estromáticos) com paleossoma de gnaisses anfibolíticos (hornblenda gnaisses, biotita-hornblenda gnaisses), metamáficas e metaultramáficas; neossoma de composição quartzo-feldspática em bandas ou injeções pegmatóides; milonitos, blastomilonitos; rochas policíclicas, com migmatização durante os Ciclos Transamazônico e Brasiliano.
Pcgq	Complexo gnáissico-mig-matítico	Proterozóico indiviso	Quartzitos (ou zonas de silicificação com quartzo recristalizado), quartzo-xistos, em geral relacionados a lineamentos tectônicos.
Pcgmu	Complexo Gnáissico-Mig-matítico / Meta-ultramáficas	Proterozóico indiviso	Rochas metaultramáficas em camadas decimétricas a métricas, intercaladas em gnaisses/migmatitos de composição básica predominante (Pcgm). Descritos pela CPRM (1989) como serpentinitos, talco xistos, peridotitos serpentinizados e noritos. Interpretados como remanescentes deformados de um complexo intrusivo máfico-ultramáfico.

Tabela 05- Estratigrafia da área mapeada.

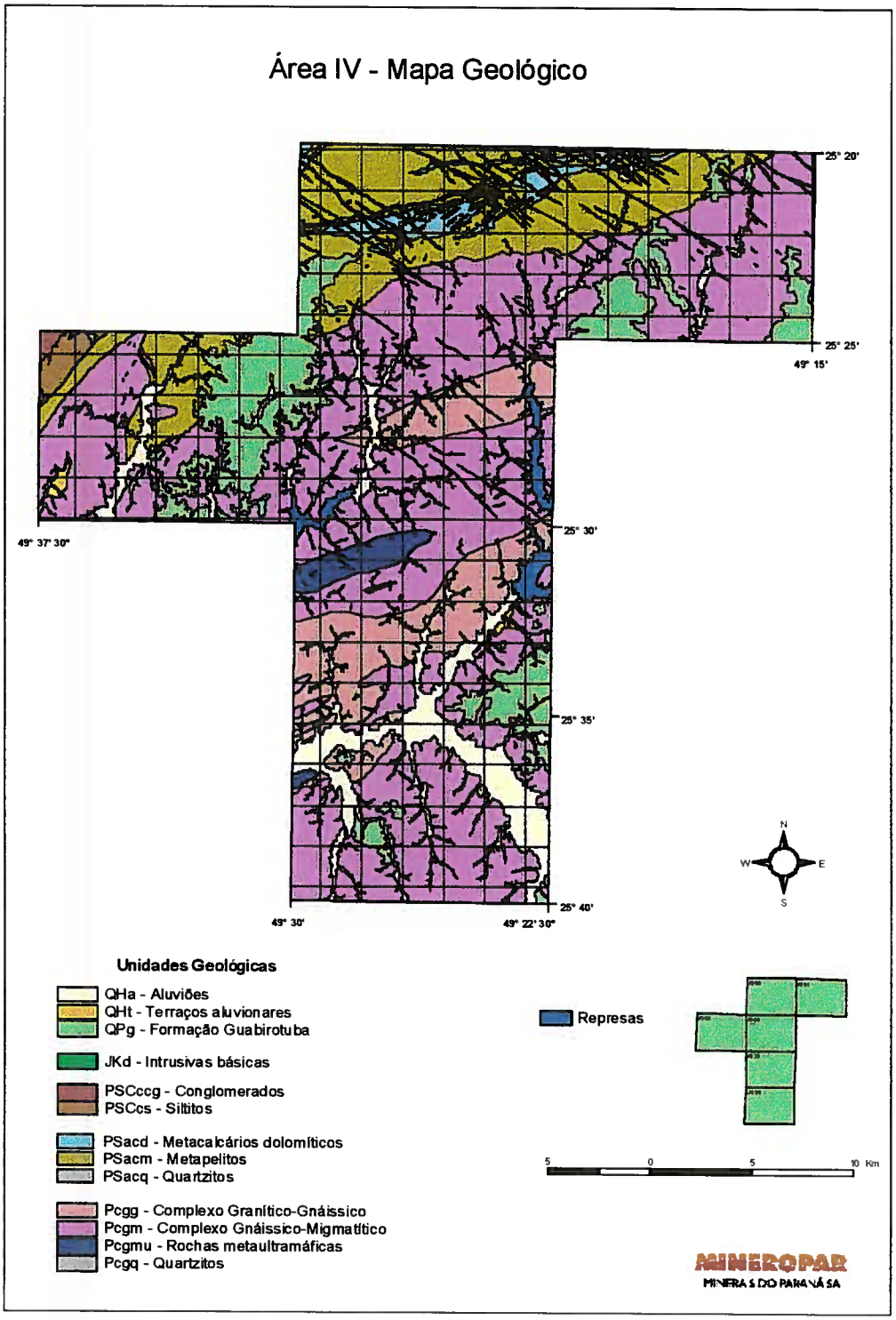


Figura 04– Mapa geológico da Área IV.

7.3.1 -Aluviões atuais

A unidade de sedimentos aluvionares recentes ocorre principalmente ao longo dos vales dos rios Iguaçu, Passaúna, Itaqui e Verde (fotografias 15, 16 e 17). Os sedimentos são areno-síltico-argilosos, com camadas de areia fina a grossa e cascalhos, com seixos subarredondados e subangulosos de quartzo, gradando para areia, areia com matriz argilosa e argila plástica cinza no topo.

Os depósitos aluvionares atingem uma espessura média de 3 a 4 m, sendo capeados por solos hidromórficos com 1 a 2 m de espessura (fotografia 16). No vale do rio Iguaçu a planície aluvionar tem cerca de 2 km de largura, com meandros abandonados e intensa exploração de areia para construção civil (fotografia 15). O curso atual do rio já difere totalmente do mapa base utilizado, em função das retificações que ocorreram nesta região.

7.3.2 – Terraços aluvionares

Englobam sedimentos similares aos aluviões atuais, sendo encontrados principalmente nas folhas A060 e A133. Nesta ocorrem preferencialmente ao longo do rio Passaúna, com extensos afloramentos de sedimentos síltico-argilosos, siltosos e arenosos em camadas centimétricas a decimétricas, alternadas (fotografia 18). Localmente mostram espessuras de até 5 metros, situados poucos metros acima do nível atual da planície de inundação. Na folha A060 foi delimitado um terraço ao longo da margem esquerda do rio Tortuoso, com abundante cascalho, com espessura total superior a 7 m, determinada por sondagem a trado, ocupando uma extensa área mais plana que os terrenos circundantes.

7.3.3 - Sedimentos inconsolidados sobre unidades carbonáticas

Esta unidade não foi ainda formalmente descrita na literatura geológica e não está discriminada na tabela 05 da estratigrafia da área. No mapa geológico a ocorrência destes sedimentos está restrita à área dos metacalcários dolomíticos da Formação Capiru, optando-se no mapa pela representação dos metacalcários, descrevendo-se os sedimentos superpostos no item relativo aos materiais inconsolidados (7.4.3).

No decorrer do mapeamento foram identificadas espessas seqüências de sedimentos inconsolidados sobre as áreas rebaixadas de metacarbonatos (fotografias 03, 33 e 34), em contexto similar aos depósitos que ocorrem na Área III. Através de poços tubulares verificam-se espessuras mais de 30 m. São sedimentos argilosos, síltico-argilosos e arenosos, com seixos e fragmentos, interpretados como depositados em prováveis condições climáticas áridas. Foram generalizados como solos transportados para efeitos de caracterização das unidades geotécnicas, indicando-se a necessidade de estudos adicionais para a definição da unidade em termos estratigráficos, o que não é objetivo deste trabalho. Estes sedimentos apresentam importância pelo fato de cobrirem as rochas calcárias na maior parte com espessuras significativas, localmente intercaladas com solos residuais de metacalcários, o que traz conseqüências ao aproveitamento hidrogeológico do aqüífero.

7.3.4 - Formação Guabirotuba

A Formação Guabirotuba preenche a Bacia de Curitiba, tendo sido formada sob condições de clima variando do semi-árido ao úmido, provavelmente durante o Pleistoceno (Bigarella & Salamuni, 1958a). É constituída por argilas, arcósios, areias e cascalhos. As argilas são os litotipos predominantes, apresentando-se intercaladas com lentes de arcósios. Localmente ocorrem concreções carbonáticas (Bigarella & Salamuni, 1958b; Bigarella *et al.*, 1961).

A Formação Guabirotuba ocorre em todas as áreas mapeadas (ver mapa na figura 04), principalmente nas folhas A101 (região de Curitiba e Santa Felicidade), A060 e A098 (região de Campo Largo) e A133 e A134 (região de Araucária), em áreas descontínuas de grandes extensões. Também são encontrados remanescentes em altos topográficos, geralmente com espessuras de alguns metros, frequentemente em contato com as rochas decompostas do embasamento gnáissico-migmatítico. A Formação Guabirotuba não se restringe aos terrenos do Complexo Gnáissico-Migmatítico, tendo sido cartografada em alguns locais sobre metassedimentos do Grupo Açungui, ao norte. Os terrenos sedimentares desta formação são relativamente planos, tendo sido selecionados naturalmente como áreas preferenciais de ocupações urbanas, juntamente com as baixadas carbonáticas (fotografias 01, 04).

Os litotipos da Formação Guabirotuba estão representadas por sedimentos inconsolidados argilosos de coloração cinza esverdeada, avermelhada nos níveis superficiais pelo intemperismo (fotografias 19, 20 e 22), com grânulos de quartzo e feldspato. Nestes sedimentos ocorrem raras intercalações e lentes centimétricas a métricas de arcósio de granulação média a grossa, bem como cascalheiras (fotografias 20, 22 e 23). Em muitos locais a base dos sedimentos mostra acúmulos de cascalheiras com até 1 m de espessura.

7.3.5 - Intrusivas básicas

Os diques básicos Juro-Cretáceos ocorrem preenchendo falhas e fraturas segundo a direção geral N50-70°W, com espessuras aproximadas entre 10 e 40 m. São diabásios, não tendo sido observados dioritos pórfiros e quartzo-dioritos na Área IV. As rochas apresentam cor cinza escura a preta, recobertos por solos argilosos característicos de coloração avermelhada. É comum a presença de blocos de rocha apresentando esfoliação esferoidal, preservados em meio ao solo. Os diques são facilmente distinguíveis em aerofotos quando cortam seqüências carbonáticas, mas nas áreas de rochas gnáissico-migmatíticas normalmente são encontrados apenas durante as perfilagens geológicas (fotografias 11 e 24).

7.3.6 – Formação Camarinha

Nesta unidade foram reconhecidos dois conjuntos de rochas, com siltitos (PSCcs) e conglomerados (PSCccg), predominantes. São rochas relacionadas a bacias tectônicas Eo-Paleozóicas. A unidade de siltitos também inclui siltitos argilosos, argilitos e arenitos arcosianos. A Formação Camarinha se restringe a pequenas áreas na porção noroeste da folha A060 (fotografias 25 e 26).

7.3.7 - Grupo Açungui – Formação Capiru

Na parte norte-noroeste da Área IV ocorre a Formação Capiru (Proterozóico Superior), pertencente ao Grupo Açungui. É constituída predominantemente por filitos, metacalcários (dolomíticos), quartzitos e secundariamente por filitos grafitosos, metassiltitos, metarritmitos e metamargas. Foram delimitados na Área IV metapelitos/filitos, metarenitos e metarritmitos (Psacm), metacalcários dolomíticos (Psacd) e quartzitos (Psacq). Deve ser ressaltado que existem muitas intercalações dos diferentes litotipos não mapeáveis na escala (1:20.000).

As rochas metacalcárias formam espessos corpos lenticulares e são geralmente maciças, às vezes silicosas e com estruturas estromatolíticas originadas por algas do gênero *Collenia* (descritas por Bigarella & Salamuni, 1958b; Fairchild, 1982). Estas rochas ocorrem na sua maioria como metadolomitos e metadolomitos calcíticos e, secundariamente, como lentes de metacalcários calcíticos e metacalcários magnesianos. Por vezes observam-se fendas de dissolução desenvolvidas ao longo de planos de fratura e de acamamento (fotografias 31, 32 e 33).

Os quartzitos ocorrem como camadas métricas com gradações para filitos e às vezes para filitos carbonosos (fotografia 27). Também formam lentes intercaladas em metacalcários dolomíticos e metapelitos. Muitas cristas alongadas são sustentadas por camadas de quartzitos (fotografia 3), sendo notáveis as ocorrências de quartzitos cinzas, com níveis microconglomeráticos na folha A098, na região de Campo Magro.

Os metapelitos distribuem-se em pacotes espessos, às vezes contendo camadas finas enriquecidas em material carbonoso. Apresentam localmente estruturas sedimentares preservadas, como estratificação cruzada, marcas onduladas e acamamento gradacional (fotografias 28). Na Formação Capiru os metapelitos apresentam um alto grau de deformação (fotografia 29), devido a superposição de três eventos tectônicos principais. O primeiro estaria relacionado a uma tectônica de cavalgamentos; o segundo a um dobramento generalizado das estruturas e o terceiro evento associado a uma tectônica transcorrente. O metamorfismo regional relacionado à tectônica de cavalgamentos é de fácies xisto verde, zona da clorita a início da zona da biotita. O tectonismo transcorrente ocorreu em condições do fácies xisto verde, zona da clorita, sendo a Falha da Lancinha a principal estrutura regional relacionada. Os conjuntos litológicos da Formação Capiru apresentam-se truncados em blocos separados por falhas de cavalgamento e expostos em sinformes e antiformes, com eixos NE-SW (Fiori, 1994).

A foliação principal, predominantemente desenvolvida nos metapelitos, apresenta-se paralelizada ou sub-paralela a níveis de diferente composição, interpretados como acamamento sedimentar. Essa foliação, relacionada à tectônica de cavalgamentos, sofreu uma deformação posterior caracterizada por dobramento heterogêneo. Como resultado deste último ocorreu a geração de uma segunda foliação (clivagem de crenulação), não observando-se na maior parte das rochas cristalização e/ou recristalização de minerais (Reis Neto & Soares, 1987).

7.3.8 - Complexos Gnáissico-Migmatítico e Granítico-Gnáissico

O Complexo Gnáissico-Migmatítico é constituído por migmatitos estromáticos, com paleossoma de biotita gnaisses, biotita-hornblenda gnaisses e hornblenda gnaisses, com intercalações subordinadas de quartzitos, metamáficas e metaultramáficas, localmente com veios de quartzo e zonas de alteração hidrotermal, muitas vezes relacionadas a faixas de deformação rúptil (fotografia 41). Em geral são rochas bandadas, de coloração amarelo-avermelhada, cinza ou rósea, com bandas de espessura centimétrica a métrica. As bandas mais claras neoformadas são de composição granodiorítica a granítica. Esta unidade (Pcgm) ocorre na maior parte das áreas mapeadas, cobrindo cerca de 47 % da superfície total. São rochas policíclicas, afetadas em provável evento de migmatização durante os Ciclos Transamazônico e Brasiliano.

Nas folhas A133, A134 e A099 foram delimitadas ocorrências de gnaisses graníticos ou granodioríticos com freqüentes augen-gnaisses (unidade Pcgg). São corpos deformados, com orientação SW-NE, caracterizados por abundantes matacões e megablocos métricos dispersos no solo, muitas vezes com cristais de K-feldspato de grandes dimensões, com 5 a 10 cm (fotografias 39 e 40). Na folha A133 este unidade corresponde ao Granitóide Guajuvira (Mineropar/DNPM, 1989).

Encaixados em gnaisses e migmatitos bandados, de composição básica predominante (Pcgm), foram observados corpos de rochas metaultramáficas, com alguns metros a dezenas de metros de espessura (fotografia 38). As maiores concentrações foram delimitadas em mapa (unidade Pcgmu), embora existam as intercalações com gnaisses e migmatitos no interior destas áreas. São rochas maciças, esverdeadas, às vezes de granulometria grossa, com cristais de piroxênio ainda preservados, localmente com textura cumulática, indicando a provável origem plutônica. Quando estão associadas a alinhamentos tectônicos estas rochas mostram-se altamente deformadas, (folha A133), em zonas de cisalhamento dúctil, com ocorrências de xistos cloritosos ou à base de serpentina. Descritos pela CPRM (1989) como serpentinitos, talco xistos, peridotitos serpentinizados e noritos, são interpretados como remanescentes deformados de um complexo intrusivo máfico-ultramáfico.

Ainda associados aos complexos do embasamento foram delimitados quartzitos (Pcgq), ou zonas de silicificação associadas a alinhamentos tectônicos. Formam cristas alongadas, em geral de direção nordeste, sendo muitas vezes aproveitadas como fontes de saibro. São rochas resistentes que apresentam concentrações de blocos em superfície.

7.4 –MATERIAIS INCONSOLIDADOS

Além dos solos no sentido pedológico, são materiais inconsolidados os sedimentos aluvionares, os sedimentos da Formação Guabirotuba, sedimentos ou solos tranportados sobre metacalcários e os saprolitos de diabásios, metapelitos e gnaisses-migmatitos ou graníticos, excluindo-se apenas as ocorrências de rocha dura. Para efeito de ocupação os materiais inconsolidados devem ser caracterizados quanto à extensão e distribuição em profundidade, o que dificulta a representação cartográfica. Para indicar estas variações no mapa de materiais inconsolidados (Volume III), a representação em cores está relacionada com o primeiro nível de cobertura inconsolidada. As variações em profundidade estão descritas para pontos selecionados de afloramentos ou sondagens, com códigos específicos indicando estas variações. Na figura 05 observa-se a distribuição dos materiais inconsolidados na Área IV.

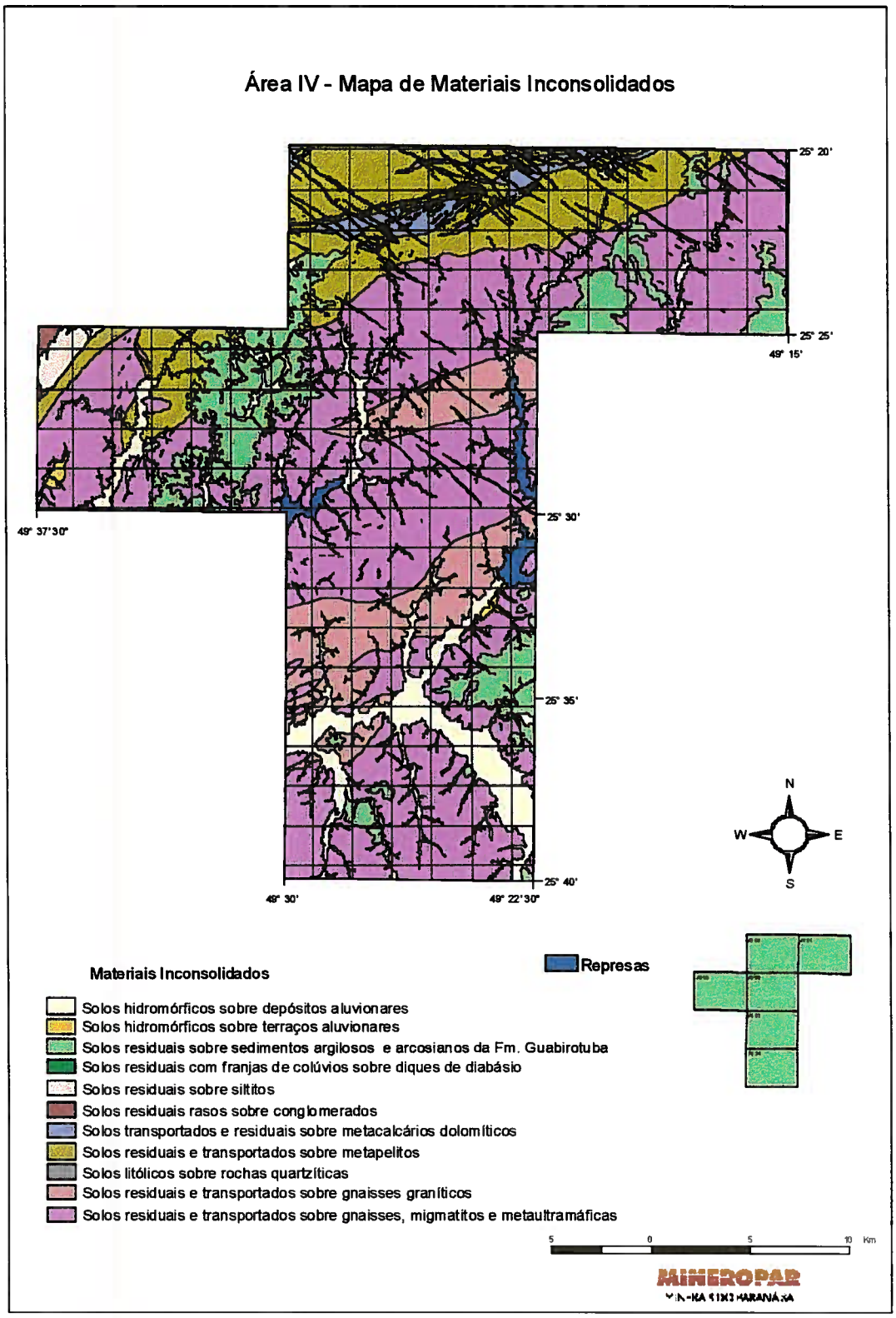


Figura 05– mapa de materiais inconsolidados da Área IV.

O mapa de materiais inconsolidados consiste na síntese das informações do processo de origem dos materiais, a rocha original, a textura, as características do material inconsolidado (cor, argilo-mineral, espessura, nível de alteração, presença de matacões) e o perfil típico de alteração para cada unidade descrita.

O mapeamento e a caracterização dos materiais inconsolidados envolveu várias fases. Os critérios utilizados para sua classificação encontram-se descritos a seguir:

1ª FASE

- Fotointerpretação na escala 1: 25.000.
- Análise de dados de sondagens à percussão e índice de resistência à penetração (SPT) de projetos do DER e DNER.

2ª FASE

- Reconhecimento de campo com descrição sistemática das unidades e dos perfis de alteração, com observações qualitativas e quantitativas.
- Revisão da fotointerpretação com base nos dados de campo.

3ª FASE

- Reconhecimento de campo para observações finais e coleta de amostras por nível de alteração em cada unidade representada.
- Realização de ensaios de laboratório.
- Elaboração do mapa de materiais inconsolidados.

Para a descrição dos materiais inconsolidados adotou-se a seguinte classificação:

- **Solo hidromórfico:** Sob esta denominação estão compreendidos solos mal drenados ou muito mal drenados, regidos pela influência da água em função do relevo e do material originário.

- **Solo transportado (colúvio):** Solo com fragmentos rochosos transportados ao longo das encostas, devido a ação combinada da gravidade e da água. Possui características diferentes das rochas ou solos subjacentes.

- **Solo residual maduro:** Solo desenvolvido no local da própria alteração da rocha (*in situ*), evoluído pedogeneticamente (horizonte B, latossolo), com laterização, concentração de sesquióxidos de ferro e alumínio, lixiviação de bases e eventualmente formação de crostas duras.

- **Solo residual jovem:** Solo desenvolvido no local da própria alteração da rocha (*in situ*), pouco evoluído, início do processo pedogenético, com estrutura incipiente da rocha original.

- **Saprolito:** Primeiro nível de alteração do solo a partir da rocha, máximo grau de alteração da rocha, heterogêneo, estrutura original da rocha preservada, podendo ou não conter blocos e matacões de rocha alterada ou sã.

Nas áreas mapeadas foram separados diversos tipos superficiais de materiais inconsolidados, resumidos a seguir:

- Solos argilosos hidromórficos ou com abundante matéria orgânica, sobre sedimentos aluvionares, terraços aluvionares, planícies kársticas ou áreas alagadiças sobre sedimentos da Formação Guabirotuba. Encontrados em todas as folhas mapeadas.

- Solos argilosos residuais, com inclusões de solos transportados, sobre sedimentos da Formação Guabirotuba. Encontrados em todas as folhas mapeadas.

- Solos residuais argilosos com abundantes matacões, associados a freqüentes franjas de colúvio, formados sobre diques de diabásio. Encontrados em todas as folhas mapeadas.

- Solos rasos, litólicos, residuais, com inclusões de solos transportados, desenvolvidos sobre siltitos ou conglomerados da Formação Camarinha. Restritos à folha A060.

- Solos rasos, litólicos, com blocos e matacões e afloramentos de rochas, formados sobre quartzitos. Em todas as folhas, com exceção da folha A134.

- Solos residuais rasos, com inclusões de solos transportados, formados sobre seqüências de metapelitos, metarritmitos e filitos. Ocorrem nas folhas A060, A098 e A101.

- Solos transportados, com grandes espessuras, localmente superiores a 30 m, argilosos a argilo-siltosos, com níveis rudáceos, incluindo abundantes fragmentos de metapelitos e quartzitos. São encontrados em grande extensão sobre os baixos topográficos desenvolvidos sobre seqüências carbonatadas da Formação Capiru. Localmente se interdigitam com solos residuais de alteração de metacarbonatos. Esta unidade de materiais inconsolidados pode ser considerada como uma unidade geológica distinta, ainda não descrita, já referida na Área III (Oliveira *et al.* 1997). Provavelmente os sedimentos se acumularam em condições climáticas diversas da atual. Grande parte das áreas rebaixadas da Formação Capiru, ladeadas por encostas de altas declividades, teriam representado bacias de sedimentação recente, de idade Terciário-Quaternária. Na Área IV foram observados nas folhas A098 e A101. Na folha A098 também foram delimitados em alguns locais corpos de solos coluviais espessos, argilosos, de cor amarelo-avermelhada, plásticos, normalmente depositados próximo a aluviões, com dimensões transversais de algumas dezenas de metros.

- Solos residuais com inclusões de solos transportados, síltico-arenosos, desenvolvidos sobre saprólito de rochas gnáissico-migmatítica bandadas com intercalações de rochas metaultramáficas. Encontrados em todas as folhas mapeadas.

- Solos residuais arenosos, com inclusões de solos transportados, com freqüentes megablocos e matacões de rochas granito-gnáissica. Encontrados principalmente na folha A133, e também nas folhas A099 e A134.

Estes tipos são diferenciados através de cores no mapa de materiais inconsolidados. Visando caracterizar as variações em profundidade foram representados os sucessivos níveis de materiais inconsolidados por um código de hastes cujas linhas (horizontais) representam estes níveis. Estas linhas são divididas em quatro partes iguais, preenchidas por letras maiúsculas que representam as características geotécnicas de cada nível.

A legenda está resumida a seguir:

A	B	C	D

→ Espessura

Perfil típico de alteração ou níveis de materiais inconsolidados

A - Origem

Residual (R)
Colúvio (C)
Aluvião (A)

B - Rocha original/substrato rochoso

a - metapelitos
b - quartzitos
c - metadolomitos
d - calcoxistos
e - gnaisses-migmatitos
f - diabásios
g - argilas
h - arcósios, cascalhos
i – gnaisses-graníticos
j – metaultramáficas
k – siltitos
l – conglomerados

C - Textura

1 - solo hidromórfico
2 - solo com matacões
3 - muito argilosa
4 - argilosa
5 - siltosa
6 - média
7 - arenosa

D – Características

a - Solo coluvial (transportado) de cor variegada (avermelhado, amarelado, marrom), imaturo. Ocorrem linhas de seixos (*stone line*) de quartzo e metassedimentos. Paleocanais de pequenas dimensões preenchidos por seixos de quartzo. Argilo-minerais: caulinita (1:1), esmectita (2:1) e gibbsita.

b - Solo maduro ou jovem de cor vermelha, amarela, por vezes variegado, contendo concentrações de sílica (semelhante a um quartzito fino, sacaróide, friável), resíduos da dissolução de carbonatos (metadolomitos). Argilo-minerais: caulinita (1:1), esmectita (2:1) e gibbsita.

c - Solo maduro ou jovem de cor castanho clara a amarela, normalmente muito raso, desenvolvido sobre metapelitos, diabásios, gnaisses-migmatitos e gnaisses-graníticos. Argilo-mineral: caulinita (1:1), esmectita (2:1) e gibbsita.

d - Solo maduro ou jovem, vermelho ou amarronado, de espessuras variadas, produto da alteração de argilas da Formação Guabirotuba. Argilo-mineral: caulinita (1:1).

e – Argila cinza-esverdeada por vezes variegada, erosiva (empastilhamento). Argilo-mineral predominante: esmectita (2:1).

f – Arcósio de cor avermelhada por vezes variegada, com porcentagem de finos de 20 a 50 %. Lateralmente descontínuo e com forma irregular. Ocorrem camadas de cascalhos associados. Argilo-mineral predominante: esmectita (2:1).

g - Saprolito de diabásio de cor variegada (avermelhada-pardacenta), apresentando as formas dos minerais intemperizados. Comuns blocos arredondados com esfoliação e matacões. Argilo-minerais: caulinita (1:1) e esmectita (2:1).

h - Saprolito de metapelitos (filitos, metassiltitos, metargilitos e metarritmitos), de cor avermelhada-amarelada, normalmente foliados. Argilo-mineral: caulinita (1:1).

i - Saprolito de gnaisses-migmatitos e gnaisses graníticos, de cor rósea, vermelha, castanha e amarelada. Argilo-mineral predominante: caulinita (1:1).

j - Saprolito de quartzitos, às vezes friáveis, esbranquiçados. Concentrações de blocos e matacões resistentes ao intemperismo.

k - Solo de cor negra, por vezes marrom escura, com abundante matéria orgânica.

l – Sedimentos aluvionares (argilas – l1, areias – l2). L1 – Argila de cor marrom a cinza clara, argilo-mineral predominante: caulinita (1:1). Desenvolvida sobre depósitos aluvionares. L2 – areia de cor cinza esbranquiçada, granulometria fina a grossa, com intercalações de cascalhos.

m – Argila de cor cinza escura a negra, com abundante matéria orgânica, passando a cinza claro e amarelo variegado em profundidade, com níveis arenosos intercalados. Desenvolvido sobre depósitos de paleoteraços.

n – Solos de cor castanha, rasos, contato brusco com a rocha dura. Desenvolvidos sobre siltitos da Formação Camarinha.

o – Solos de cor castanha, rasos, em contato brusco com a rocha dura. Desenvolvidos sobre conglomerados da Formação Camarinha, apresentando blocos e matacões.

p – Saprolito de siltitos da Formação Camarinha, castanho.

q – Saprolito de pequena espessura, desenvolvidos sobre conglomerados, resistentes ao intemperismo (Formação Camarinha).

r – Saprolito de rocha metaultramáfica de cor verde, pardacenta, com blocos dispersos de rocha mais resistente, menos intemperizada, localmente com níveis foliados e talcificados.

A seguir é feita a descrição das unidades, a partir do nível superficial:

7.4.1- Solos hidromórficos sobre aluviões, terraços aluvionares, Formação Guabirotuba e planícies cársticas

Ocorrem associados às áreas de fundo de vale e terraços aluvionares. Também foram encontrados em áreas alagadiças na Formação Guabirotuba e sobre planícies cársticas, neste caso eventualmente sem os níveis arenosos e cascalhos. O lençol freático nesta unidade está a cerca de 2 m de profundidade, podendo ser aflorante nas planícies cársticas. Tem como perfil típico (ver fotografia 16):

- Solo orgânico de cor negra, por vezes turfoso, textura argilosa, poroso, baixa permeabilidade, mole a muito mole, plástico. A espessura varia de 1 a 2 m, com resistência à penetração (SPT) muito baixa.

- Argila intermediária, cinza escura, plástica, mole a muito mole, porosa, baixa permeabilidade. Espessura em torno de 1 m, com resistência à penetração baixa a muito baixa.

- Areia fina a grossa e/ou cascalhos fofos, por vezes compactos, permeabilidade média a elevada, com espessuras inferiores a 1 m. Ocorrem sotopostos e interdigitados com as argilas intermediárias. Nas áreas de planícies cársticas e sobre zonas alagadiças da Formação Guabirotuba, este nível pode estar ausente.

Nos terraços o nível superior mostra uma menor concentração de matéria orgânica que o solo aluvionar. Nos níveis intermediários foram encontradas intercalações decimétricas de argilas e areias (fotografia 18).

7.4.2- Solos residuais com inclusões de solos transportados sobre a Formação Guabirotuba

Esta unidade tem expressão maior nas folha A060, A101, e A134, embora seja encontrada em toda a Área IV. É constituída de solos residuais (maduro e jovem, horizonte B, sedimentos argilosos e arenosos), com inclusões de solos transportados, não delimitados nos mapas devido a pequena espessura e falta de continuidade lateral. Estes solos são facilmente identificados no campo pela existência de um nível de seixos de quartzo entre ambos (*stone line*). Além disso o solo transportado (colúvio), apresenta cores escuras (preto, marrom) e espessuras inferiores a 1,5 m, enquanto o solo residual (maduro ou jovem), cor predominante avermelhada e espessuras que variam de 0,5 a 3 m (fotografia 22), conforme a posição da vertente (normalmente são mais rasos na meia encosta). Os sedimentos incluem níveis lenticulares de arcósios, conglomerados e cascalhos, com espessuras de até 3 m, que sustentam a topografia local devido a sua maior resistência ao intemperismo (fotografias 19 e 22). Os dados de espessuras máximas da Formação Guabirotuba obtidos na área, indicam valores maiores que 30 m (figura 06), incluindo os níveis de solo, argilas e arcósios.

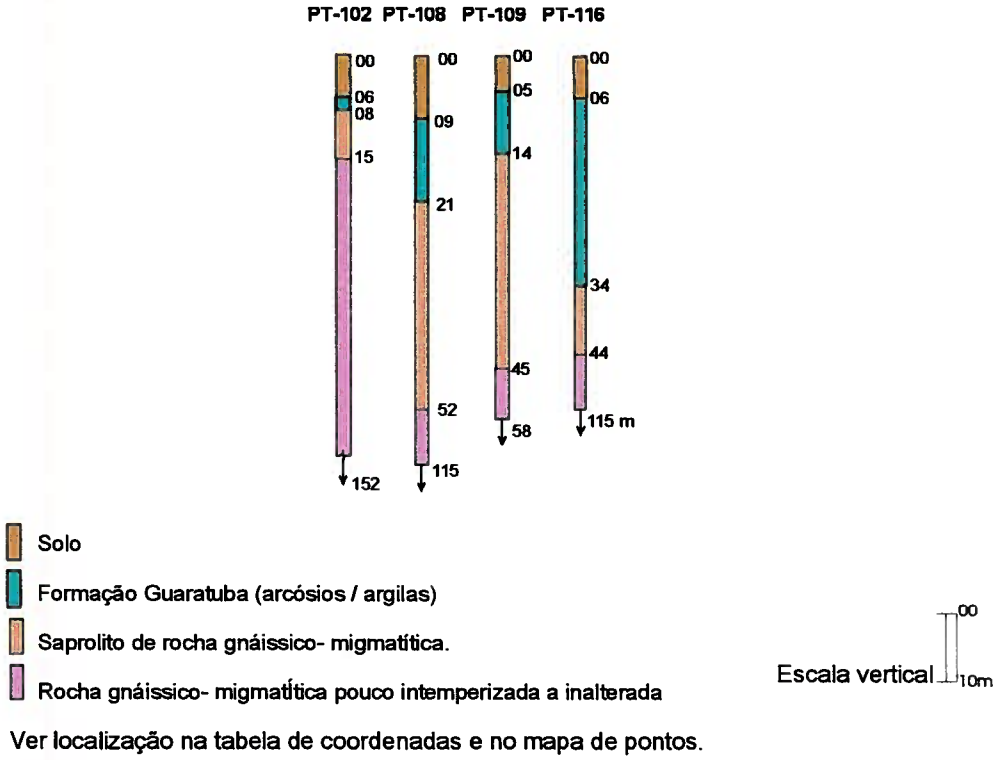


Figura 06 - Perfis esquemáticos de sondagens tubulares na Formação Guabirotuba.

O perfil típico desta unidade, compreende:

- Solo transportado (colúvio), argilo-arenoso, poroso, de cor marrom escura a negra, espessura inferior a 1,5 m, baixa resistência à penetração. A partir de uma amostra os parâmetros revelam textura argilosa, massa específica dos sólidos de cerca de 2,80 g/cm^3 e umidade ótima em torno de 29 %. Limites de consistência de 60 e 37 % (liquidez e plasticidade). Apresenta capacidade de troca de cátions menor que 10 cmol/kg para a argila e 5,5 cmol/kg para o solo, conforme ensaios de adsorção do azul de metileno, permeabilidade média a baixa (10^{-6} cm/s) e erodibilidade baixa.

- Linha de seixos de quartzo de espessuras centimétricas a decimétricas (*stone line*).

- Solo residual maduro, textura argilosa, com estrutura maciça, argilo-mineral predominante caulinita (1:1), e em menor proporção ilita e gibbsita. Comumente se observam níveis centimétricos de laterita. A espessura varia de 0,5 a 5 m. A permeabilidade é média a baixa (10^{-5} a 10^{-6} cm/s), resistência à penetração baixa a média. Apresenta capacidade de troca de cátions variando de 6 a 23 cmol/kg para a argila e 3 a 12 cmol/kg para o solo, conforme ensaios de adsorção do azul de metileno Apresenta massa específica dos sólidos de 2,70 a 2,89 g/cm^3 e umidade ótima em torno de 28 - 30 %., LL (liquidez) de 50 a 70 % e LP (plasticidade) de 32 a 46 %. A erodibilidade deste material em talude não é elevada, conforme observado no campo e por meio do teste de erodibilidade que apresenta valores maiores que 1.

- Solo inferior, residual, jovem (saprolito), não laterítico, de cor variegada, vermelha a violácea, contendo grãos de quartzo e feldspatos alterados. Mostram baixa permeabilidade, consistência baixa a média, com argila de alta atividade - esmectita (2:1), expansiva e retrativa. Os cátions trocáveis são predominantemente bivalentes Ca^{+2} e Mg^{+2} (limita expansão e força). É comum o empastilhamento e trincas de retração. A espessura é variável, de 2 a 5 m.

- Argila de cor cinza esverdeada, por vezes variegada, contendo grãos de quartzo e feldspatos alterados, textura predominantemente argilosa a muito argilosa, por vezes média a siltosa, permeabilidade média a baixa (10^{-6}cm/s). O argilo-mineral predominante é a esmectita (2:1) e em menor proporção ilita (2:1) e caulinita (1:1). As espessuras variam de 1 a mais de 10 m. São característicos desta argila o empastilhamento e trincas profundas em forma conchoidal, propiciando a instalação de processos erosivos. Os limites de liquidez variam de 56 a 86 % e os de plasticidade de 37 a 52 %. Apresenta capacidade de troca de cátions variando de 50 a 70 cmol/kg para a argila e cerca de 25 cmol/kg para o solo, conforme ensaios de adsorção do azul de metileno. A massa específica dos sólidos é de cerca de 2,75 g/cm^3, com umidade ótima em torno de 25 - 30 %. No entanto, muitas vezes as argilas têm umidade natural acima da umidade ótima de compactação. A resistência à penetração deste material é gradual, de média a alta. A erodibilidade em talude é muito elevada, conforme observado no campo e por meio de ensaios de permeabilidade que apresentam valores de **E** menores que 1.

- Arcósios de cor avermelhada ou variegada, lenticulares, textura média a grossa, com porcentagem variável de finos (esmectita, ilita 2:1) e com massa específica dos sólidos de cerca de 2,70 g/cm^3 e umidade ótima de compactação de 11 a 23 %.Os minerais da fração areia grossa a fina são constituídos de quartzo, feldspatos e feldspatos caulinizados (alteração dos feldspatos). Apresentam permeabilidade média a baixa (10^{-5} cm/s). O ensaio de adsorção do azul de metileno indica capacidade de troca de cátions de 4 a 20 cmol/kg para a fração argilosa e 2 a 7 para o solo. Os limites de liquidez variam de 51 a 62 % e de plasticidade de 35 a 40 %.A resistência à penetração é alta. A erodibilidade deste material observada em talude e por meio do teste em laboratório é baixa.

7.4.3 - Solos transportados/colúvios sobre unidades carbonáticas

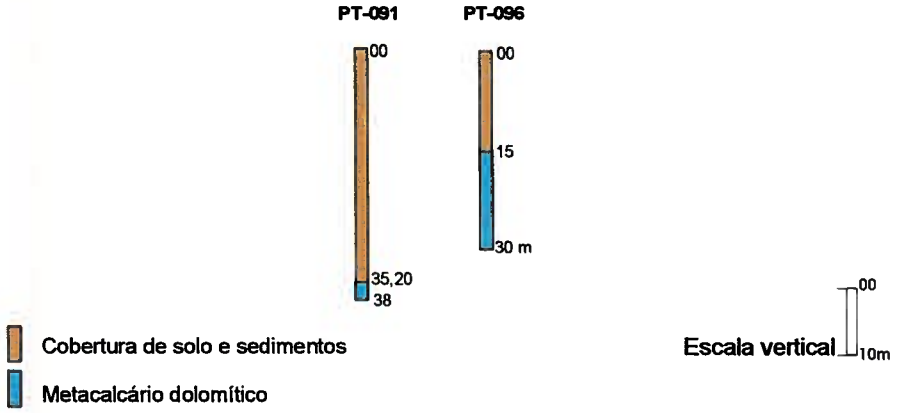
São considerados solos transportados os solos depositados fora do local de sua formação, incluindo solos coluvionares ou desenvolvidos sobre depósitos de talus ou piemonte. Aqui incluem os sedimentos inconsolidados que recobrem as unidades carbonáticas, mencionados na geologia da área (item 7.3.3), além de corpos isolados de colúvios individualizados na folha A098.

Os solos transportados mais espessos encontram-se principalmente nas baixadas carbonáticas (áreas rebaixadas associadas aos metacalcários – fotografias 3, 5, 6, 33 e 34), recobrindo metacalcários dolomíticos da Formação Capiru. Apresentam cores variegadas, com tons avermelhados, amarelos e castanhos. Localmente observam-se vários níveis de *stone line* de quartzo ou fragmentos de metapelitos, indicando episódios recorrentes de deposição. Nas baixadas carbonáticas os solos transportados apresentam

espessuras de mais de 30 metros, conforme verificado em poços tubulares executados pela Sanepar (figura 07).

Estes solos possuem textura argilosa, embora algumas variações possam ocorrer com textura siltosa e média. Mostram permeabilidade alta (10^{-3}cm/s). O argilo-mineral predominante é a caulinita (1:1). A resistência a penetração (SPT) é média a alta. Limite de liquidez e plasticidade com valores de 55 e 37 % respectivamente. Os ensaios de adsorção do azul de metileno indicam que a reatividade desta argila é média sendo menor que 13 cmol/kg para a argila e < 6 cmol/kg para o solo. A massa específica dos sólidos situa-se em torno de 2,85 g/cm^3, com umidade ótima de 30 %. O material não é erodível, com baixa perda por imersão.

UNIDADE GEOLÓGICA PSacd - Metacalcários / Formação Capiru
Sondagens - Poços Tubulares - Área IV
PERFIS ESQUEMÁTICOS



Ver localização na tabela de coordenadas e no mapa de pontos.

Figura 07 - Perfis esquemáticos de sondagens tubulares sobre solos e sedimentos superpondo-se sobre unidades carbonáticas.

7.4.4 - Solos residuais sobre diabásios, com matacões, associados a franjas de colúvio

Estes solos tem sua origem relacionada aos processos de decomposição das intrusivas básicas e transporte destes materiais. Ocorrem ao longo de cristas de topo achatado com vertentes íngremes e convexas, bem visíveis em fotografias aéreas, principalmente nas áreas rebaixadas de ocorrência de rochas carbonáticas quando ressaltam na topografia. Formam faixas de alguns quilômetros de comprimento por algumas dezenas de metros de largura. Quando associados a franjas de colúvio chegam a atingir larguras da ordem de centenas de metros. Esses materiais englobam fragmentos e blocos arredondados de rocha mostrando decomposição esferoidal.

O perfil típico destes solos compreende:

- Solo transportado de cor amarronada a castanho avermelhada, matriz argilosa envolvendo blocos e matacões de diabásio, dispostos transversalmente à crista (franjas de colúvio).

- Solo residual maduro, argiloso, de cor castanha clara a avermelhada, com espessuras inferiores a 1 m. Textura argilosa a siltosa, massa específica dos sólidos de 2,80 a 3,10 g/cm^3, porosidade alta, permeabilidade baixa (10^{-6} cm/s), argilo-mineral predominante caulinita (1:1). O ensaio de adsorção do azul de metileno indica capacidade de troca de cátions de 10 a 16 cmol/kg para a fração argilosa e 4 a 6 para o solo. Os limites de consistência são de cerca de 65 (liquidez) e 46 % (plasticidade). O material apresenta comportamento erodível, conforme ensaio.

- Saprolito de cor avermelhada pardacenta ou variegada, textura siltosa por vezes média, espessura superior a 5 m, com presença de matacões arredondados com vários diâmetros. O argilo-mineral predominante é a caulinita (1:1). A porosidade é alta e permeabilidade alta (10^{-3}cm/s). Resistência à penetração (SPT) média a alta. Os ensaios de adsorção do azul de metileno indicam um valor de 27 a 48 cmol/kg para a argila e de 3 a 4 cmol/kg para o solo. A massa específica dos sólidos varia de 2,80 a 3 g/cm^3, com umidade ótima de 32,5%. LL e LP são de 50 e 43 %, respectivamente. A erodibilidade deste material em talude é média a baixa, conforme observado no campo e no teste de erodibilidade que apresentou valor médio de **E** maior que **1**.

7.4.5 - Solos residuais e/ou transportados sobre siltitos e conglomerados da Formação Camarinha

Estes solos são rasos, residuais com inclusões de solos transportados, com abundantes blocos e matacões de siltitos e conglomerados. De forma similar aos demais tipos, ocorrem inclusões de solos transportados, de pequena espessura. Sobre os siltitos desta unidade foram obtida duas amostras, indicando textura siltosa, massa específica de sólidos de 2,84 e 2,96 g/cm^3, limites de consistência de 45 % (liquidez) e 30 % (plasticidade). A umidade ótima é de cerca de 27 %. Ensaio de capacidade de troca de cátions indicou valores de 10 e 23 cmol/kg para a argila e < 5 cmol/kg para o solo. A permeabilidade é média a baixa (10^{-5}) e o comportamento é erodível (conforme 01 ensaio).

7.4.6 - Solos litólicos sobre rochas quartzíticas

Esta unidade apresenta solos pouco desenvolvidos, predominando rocha alterada em relação ao solo propriamente dito. Sua ocorrência está restrita à área de exposição dos quartzitos, normalmente nas cristas dos morros, onde são comuns matacões de diversos tamanhos e lajes e matacões de rocha fresca Apresentam cores esbranquiçadas a amareladas, granulação fina, por vezes, friáveis. Não foram obtidos parâmetros geotécnicos dos materiais inconsolidados relacionados. Ocorrem na Formação Capiru e no Complexo Gnáissico-Migmatítico.

7.4.7 - Solos residuais de metapelitos com inclusões de solos transportados

Sob esta denominação estão incluídos os solos residuais de filitos, metargilitos, metassiltitos, metarritmitos e xistos, com inclusões de solos transportados. O perfil típico compreende:

- Solo transportado (colúvio), síltico-argiloso, poroso, de cor marrom escura, espessura inferior a 1 m (fotografia 30), baixa resistência à penetração. A partir de três amostras os parâmetros indicaram textura siltosa a argilosa, massa específica dos sólidos entre 2,69 a 2,85 g/cm^3 e umidade ótima de 28 %. Limites de consistência de 51,5 a 62 % (liquidez) e 35,2 a 37,4 % (plasticidade). Apresenta capacidade de troca de cátions de 4 a 12 cmol/kg para a argila e 2 a 5 cmol/kg para o solo, conforme ensaios de CTC, permeabilidade média a baixa (10^{-4} a 10^{-6} cm/s) e erodibilidade baixa.

- Solo residual maduro, por vezes jovem, de cor castanha clara a amarelada, espessura inferior a 1 m. Na Área IV foram obtidas duas amostras. Apresenta textura argilo-siltosa, porosidade alta, permeabilidade baixa (10^{-6} cm/s), com argilo-mineral predominante: caulinita (1:1). Umidade ótima de 28,6 % e massa específica dos sólidos variando de 2,74 a 2,97 g/cm^3, LL de 58 % e LP de 39,7 %. O ensaio de adsorção do azul de metileno indica 4,9 a 20,4 cmol/kg para a argila e 1,9 a 7,13 cmol/kg para o solo.O material tem tendência erodível. A resistência à penetração (SPT) é baixa.

- Saprolito de coloração vermelha a amarelada, apresentando forte bandamento, com inclinações na maior parte variando de 30° a 90°. A espessura é variável de 3 m a mais de 10 m. A textura é siltosa, por vezes média, com argilo-mineral caulinita (1:1). A permeabilidade é baixa (10^{-6}cm/s). Limites de liquidez entre 42 e 50 % e de plasticidade entre 36,2 e 39,4 %. Os ensaios de CTC indicam valores entre 16 e 50 cmol/kg para a argila e 0,2 a 15 cmol/kg para o solo. A massa específica dos sólidos situa-se entre de 2,81 e 2,87 g/cm^3, com umidade ótima de 25,4 a 28 %. O material tende a ser erodível, com perda média por imersão.

7.4.8 - Solos residuais e/ou transportados sobre gnaisses e migmatitos

Esta unidade é constituída predominantemente de solos residuais (maduro ou jovem e saprolito), com inclusões de solos transportados (colúvios), separados no campo pela existência de um nível de seixos de quartzo entre ambos que é a base dos solos transportados. Estes horizontes recobrem espessos saprolitos. Na figura 8 estão representados perfis esquemáticos obtidos a partir de sondagens.

O perfil típico desta unidade compreende:

- Solo transportado (colúvio) textura siltosa a média, de cor castanha clara a amarela, com espessuras inferiores a 1 m, marcados por um pavimento basal de seixos de quartzo subangulosos, (fotografias 35 e 36) com espessuras centimétricas e

resistência à penetração (SPT) baixa. A partir de três amostras verifica-se que a massa específica dos sólidos (média) é de 2,76 g/cm^3, os limites de liquidez e plasticidade são de 56 e 35,6 % (respectivamente). A permeabilidade é baixa (10^{-6}), a reatividade da argila (CTC) é de 5,71 cmol/kg e 2,65 para o solo. Um ensaio indicou comportamento não erodível.

- Solo maduro (quando homogêneo-horizonte B) ou jovem (quando ainda é possível verificar algumas características da rocha original), residual, espessura inferior a 1 m, textura siltosa a média, cor castanha clara a amarela, argilo-mineral predominante é caulinita (1:1) e gibbsita. A resistência à penetração é baixa. A partir de 6 ensaios verifica-se massa específica dos sólidos de 2,74 g/cm3, LL de 35,5 a 54,9 %, LP de 26,6 a 37,8 %. Permeabilidade média (10^{-4} a 10^{-5} cm/s). Reatividade da argila indica entre 10,5 cmol/kg e 2,5 cmol/kg para o solo. Os ensaios de erodibilidade variam, entre erodíveis e não erodíveis.

- Saprolito apresentando cores rósea, vermelha, castanha e amarelada (fotografias 36 e 37), textura siltosa a média, com estruturas da rocha original (bandamento, micas, veios de quartzo, etc). O argilo-mineral predominante é a caulinita (1:1) e em menores proporções a ilita (2:1). A espessura é variável desde alguns metros até mais de uma dezena de metros. A partir de 31 amostras, verifica-se permeabilidade média a baixa (10^{-4} a 10^{-6}cm/s), resistência à penetração baixa a média, passando a alta em profundidades médias. Os ensaios de absorção do azul de metileno indicam um valor médio de 18,23 cmol/kg para a argila e 3,3 para o solo. A umidade ótima varia de 25,2 a 46,8 %. A massa específica dos sólidos é de 2,82 g/cm^3, em média. A erodibilidade, observada no respectivo teste, apresenta em geral de **E** inferiores a 1, indicando tendência a comportamento erodível.

UNIDADE GEOLÓGICA Pcgm - Complexo Gnáissico - Migmatítico
Sondagens - Poços Tubulares - Área IV
PERFIS ESQUEMÁTICOS

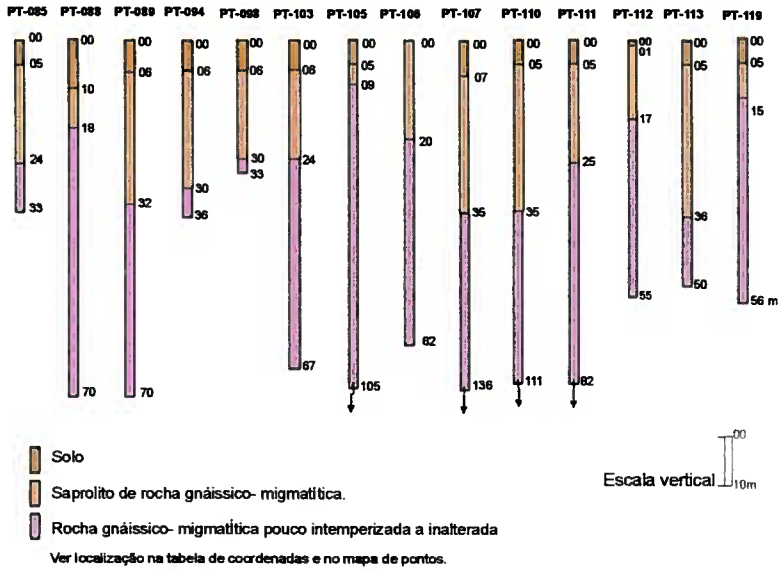


Figura 08 - Perfis esquemáticos de sondagens tubulares sobre terrenos gnáissico-migmatíticos.

7.4.9 - Solos residuais e/ou transportados sobre gnaisses graníticos

Esta unidade é constituída predominantemente de solos residuais (maduro ou jovem e saprolito), com inclusões de solos transportados (colúvios), separados no campo pela existência de um nível de seixos de quartzo entre ambos que é a base dos solos transportados.

O perfil típico desta unidade compreende:

- Solo transportado (colúvio) síltico-argiloso, de cor castanha clara a amarela, com espessuras inferiores a 1 m, marcados por um pavimento basal de seixos de quartzo subangulosos, com espessuras centimétricas e resistência à penetração (SPT) baixa. Massa específica dos sólidos de 2,82 g/cm^3, umidade ótima de 27,4 %, LL de 65,9 e LP de 47,5 %, CTC indicando 7,67 cmol/kg para a argila e 2,61 cmol/kg para o solo. Permeabilidade média (10^{-4} cm/s) e tendência erodível (média perda por imersão).

- Solo maduro (quando homogêneo-horizonte B) ou jovem (quando ainda é possível verificar algumas características da rocha original), residual, espessura inferior a 1 m, textura siltosa a média, cor castanha clara a amarela, argilo-mineral predominante é a caulinita (1:1) e gibbsita. A resistência à penetração é baixa. A massa específica dos sólidos é de 2,75 g/cm^3 em média, com umidade ótima de 22,8 % (média), os limites de liquidez situam-se entre 41,5 e 46,5 %, os de plasticidade entre 33,1 e 34,7 %. Os ensaios de troca de cátions indicam valores entre 8,7 e 12,66 cmol/kg para a argila e 1,4 a 2,8 cmol/kg para o solo. A permeabilidade é alta (10^{-2} e 10^{-3} cm/s). Os testes de erodibilidade indicam tendência não erodível para o solo residual.

- Saprolito apresentando cores rósea, vermelha, castanha e amarelada, textura siltosa a média, com estruturas da rocha original e feldspatos preservados. A espessura é variável desde alguns metros até mais de uma dezena de metros. Permeabilidade média a alta (10^{-3} a 10^{-4} cm/s), resistência à penetração baixa a média. Os ensaios de absorção do azul de metileno indicam valores de 3,17 a 26,23 cmol/kg para a argila e 0,41 a 3 para o solo. A massa específica dos sólidos é de 2,75 g/cm^3 com umidade ótima em torno de 21,9 %. Os limites de liquidez e de plasticidade são de 39,7 a 35,5 %. A erodibilidade, observada no respectivo teste, apresenta valores de **E** inferiores a 1, indicando a suscetibilidade à erosão.

7.5 –ADEQUABILIDADE PARA LOTEAMENTOS RESIDENCIAIS

O mapa de adequabilidade para loteamentos residenciais, apresentado no Volume III, foi obtido por meio do cruzamento de informações de geologia, dos materiais inconsolidados, com base nos parâmetros obtidos em ensaios geotécnicos e nas classes de declividades. Tem como objetivo facilitar e sintetizar as informações para o planejador urbano, uma vez que os documentos gerados exigem uma avaliação técnica mais específica.

Para este fim foram caracterizadas treze unidades de terreno (U.T.), com características bastante uniformes em termos de litologia e material inconsolidado (gênese, textura, espessura, argilo-minerais, resistência à penetração - SPT, escavabilidade), subdivididas em faixas de declividades. As unidades de terreno foram avaliadas quanto à adequabilidade para:

- loteamentos residenciais
- construção de estradas
- disposição de resíduos
- obras enterradas

Quanto aos problemas de riscos geológicos, geotécnicos e ambientais, quanto à suscetibilidade de:

- erosão
- enchentes e inundações
- movimentos de massa
- afundamentos de terreno (colapsos de solo e subsidências)
- poluição de aqüíferos
- fundações

Quanto à potencialidade de recursos naturais, consideraram-se:

- recursos hídricos superficiais e subterrâneos
- recursos minerais relativos a materiais de construção (argilas para cerâmica vermelha e metacalcários para diversos usos)

Convém salientar que o objetivo deste estudo é prevenir, orientar e recomendar, considerando a escala utilizada (1:20.000). Portanto, qualquer projeto de ocupação local na área em questão deverá necessariamente buscar informações mais específicas, em trabalho de detalhamento para complementação dos dados aqui apresentados. A seguir, a avaliação das unidades de terreno:

7.5.1 - Unidade de Terreno A

Classificação

Sedimentos aluvionares de fundo de vale, com camada superficial orgânica, hidromórfica, plástica, mole a muito mole, baixa permeabilidade, com espessuras de 1 a 2 m. Nível freático médio em torno de 2,5 m. Abaixo desta camada, tem-se argila intermediária mole a muito mole, plástica, baixa permeabilidade, com espessuras em torno de 1 m. Na base, pavimento de areia fina a grossa e/ou cascalhos fofos, por vezes compactos, porosos, permeabilidade média a elevada e espessuras inferiores a 1 m. Ocorre em todas as folhas da Área IV.

A resistência à penetração (SPT), ao longo de todo o intervalo é baixa.

Problemas esperados

- Nível freático raso ou aflorante
- Áreas suscetíveis a enchentes e inundações

- Áreas relacionadas a mananciais superficiais e subterrâneos, vulneráveis à poluição de rios e de aquíferos

Avaliação

Terrenos com declividade de 0 a 5 % (inclui a quase totalidade da unidade)

- Áreas de equilíbrio hidrológico
- Áreas de preservação permanente e proteção de mananciais superficiais e subterrâneos, adequadas à construção de tanques
- Áreas de alto potencial hidrogeológico
- Áreas com potencial para a extração de argilas para cerâmica vermelha
- Áreas não recomendadas para loteamentos residenciais (exigem construções em aterros elevados e drenagem eficiente nas fundações; implantação de sistemas de escoamento de águas pluviais e servidas)
- Inadequadas para implantação de infra-estrutura enterrada
- Inadequadas à disposição de resíduos

7.5.2 - Unidade de Terreno A'

Classificação

Sedimentos aluvionares e solos hidromórficos similareas à Unidade A, mas posicionados sobre planícies cársticas. Camada superficial orgânica, hidromórfica, plástica, mole a muito mole, baixa permeabilidade, espessuras de 1 a 2 m. Argila intermediária, cinza escura, mole a muito mole, plástica, baixa permeabilidade, espessuras em torno de 1 m. Na base, eventualmente são encontradas areias e cascalhos fofos, por vezes compactos, permeabilidade média a elevada, com espessuras inferiores a 1 m. Nível freático médio em torno de 2,5 metros. Ocorre na Área IV nas folhas A098 e A101.

Resistência à penetração (SPT) é baixa.

Problemas esperados

- Nível freático raso ou aflorante
- Áreas suscetíveis a enchentes, inundações e assoreamentos
- Áreas de preservação permanente e proteção de mananciais superficiais e subterrâneos
- Áreas potencialmente suscetíveis a afundamentos do terreno (colapsos de solo e subsidências), naturais ou induzidos pela ação antrópica (extração de água subterrânea, atividades de mineração, ocupação urbana desordenada)
- Problemas de recalques em fundações

Avaliação

Terrenos com declividades de 0 a 5 % (inclui a quase totalidade da unidade)

- Áreas de equilíbrio hidrológico
- Áreas de preservação permanente e proteção de aquíferos superficiais e subterrâneos, adequadas para a construção de tanques

- Inadequadas para a implantação de loteamentos residenciais, instalações industriais ou aterros sanitários.
- Inadequadas para a disposição de resíduos
- Zonas susceptíveis a afundamentos de terreno, na forma de colapsos de solo e subsidências, naturais ou induzidos pela ação antrópica
- Áreas com potencial hidrogeológico (fonte de recursos hídricos)
- Adequadas para ocupação rural com controle e monitoramento do nível de agrotóxicos utilizados em áreas de plantio e lavouras adjacentes

7.5.3 - Unidade de Terreno T

Classificação

Sedimentos aluvionares em terraços, com camada superficial orgânica, plástica, mole a muito mole, baixa permeabilidade, com espessuras de 0,5 a 2 m. Nível freático de cerca de 2 m. Abaixo desta camada, tem-se argila caulinítica mole a muito mole, plástica, intercalada com níveis arenosos. Na base, eventuais níveis de cascalhos. Ocorre nas folhas A060 e A133. Espessura total entre 5 e 7 m.

A resistência à penetração (SPT) ao longo de todo o intervalo é baixa.

Problemas esperados

- Nível freático sub-aflorante
- Suscetibilidade média a alta a enchentes
- Baixa capacidade de suporte de carga com possibilidades de recalques em fundações
- Solos plásticos colapsíveis

Avaliação

Terrenos com declividade de 0 a 5 % (inclui a quase totalidade da unidade)

- Não recomendado para loteamentos residenciais
- Adequados para construção de tanques
- Necessidade de sistema de drenagem adequado nas fundações

7.5.4 - Unidade de Terreno GD

Classificação

Materiais inconsolidados da Formação Guabirotuba (solos residuais, transportados, argilas e arcósios), com espessuras variáveis desde métricas até mais de 30 metros, em geral depositados sobre uma superfície irregular de rochas alteradas (saprolitos) de gnaisses-migmatitos. Relevo de colinas suaves com topos aplainados e vertentes íngremes.

Solo residual, maduro, argiloso (horizonte B), cor vermelha, permeabilidade baixa, argila de baixa atividade catiônica, comportamento isotrópico de expansão, consistência baixa, espessura de 0,5 a 3 m. Argilo-mineral predominante: caulinita. Contém inclusões de solos transportados. Possui comportamento distinto dos horizontes

de arcósios, solos residuais jovens ou saprolíticos e das argilas características desta formação.

Solo inferior, residual, jovem (saprolítico), com 2 a 5 m de espessura, de cor variegada, vermelho a violáceo, contendo grãos de quartzo e feldspato alterados. Baixa permeabilidade, consistência baixa a média, argila de alta atividade: esmectita (2:1), expansiva e retrativa. Os cátions trocáveis são predominantemente bivalentes Ca^{+2} e Mg^{+2} (limita expansão e força). É comum o empastilhamento e trincas de retração.

Na base, argila de cor cinza-esverdeada, com grãos de feldspatos alterados, de alta atividade - esmectita (2:1), expansiva e retrativa. Os cátions trocáveis são predominantemente bivalentes Ca^{+2} e Mg^{+2} (limita expansão e força). É comum o empastilhamento e trincas de retração. Todo o perfil apresenta consistência média a alta e permeabilidade baixa. A escavabilidade é de primeira categoria e resistência à penetração (SPT) é crescente com a profundidade. Erodibilidade alta.

Intercalações de arcósios e cascalhos em camadas descontínuas e lenticulares (quartzo + feldpsato + caulim, proveniente da alteração de feldspatos), compacidade média a alta, com matriz argilosa, argilo-mineral: esmectita (2:1).

Ocorrem inclusões de solos transportados (< 1,5 m). O nível freático médio encontra-se aproximadamente a 3,8 m de profundidade (dados da área II – Salazar Jr *et al., 1996*).

Problemas esperados

- Suscetível à erosão por ravinamento com a retirada da camada superficial de solo, em áreas sem proteção vegetal
- Potencialmente instáveis a escorregamentos em declividades superiores a 20%

Avaliação

Terrenos com declividade de 0 a 20%

- Adequados com restrições para a implantação de loteamentos residenciais e vias de circulação principais e secundárias.
- Adequados com restrições para implantação de infra-estrutura enterrada
- Suscetibilidade crescente à erosão com o aumento da declividade
- Baixos a moderados volumes a serem trabalhados em terraplenagem
- Necessidade de proteção vegetal nos cortes e aterros e necessidade de obras para estabilização de taludes
- Inadequadas para disposição de resíduos
- Ruim para material de empréstimo

Terrenos com declividades de 20 a 30 %

- SEVERAS RESTRIÇÕES na implantação de loteamentos e vias de circulação principais e secundárias
- Ruim para a implantação de infra-estrutura enterrada
- Inadequadas à disposição de resíduos
- Terraplenagem com grandes volumes a serem trabalhados
- Necessidade de projetos de contenção e estabilização de cortes e aterros

- Ruim para material de empréstimo
- Suscetibilidade alta à erosão, sendo necessárias obras de proteção de cortes Devem ser evitados os decapeamentos extensivos (retirada do solo superficial e exposição das argilas)

7.5.5 - Unidade de Terreno CR

Classificação

Solos residuais e/ou transportados sobre gnaisses e migmatitos. Relevo na forma de mar de morros com colinas arredondadas e vertentes convexas. Esta unidade exibe um perfil completo de intemperismo e formação de solos, desde a rocha sã (gnaisses-migmatitos), passando pela rocha alterada (saprolito), podendo ou não conter matacões, com espessura variável de 4 a mais de 30 m. A textura é média a siltosa, com argilo-mineral predominante caulinita (1:1). Os solos são residuais (jovem ou maduro), mostram textura argilosa, lateríticos, porosos, permeabilidade média, com argilo-mineral predominante caulinita (1:1). Ocorrem em todas as folhas da Área IV.

Em geral ocorrem coberturas de solos transportados, com espessuras de cerca de 1 m. A resistência à penetração dos solos transportados e residuais gradua de baixa a média com a profundidade, podendo atingir o impenetrável a poucos metros.

O nível freático médio é de cerca de 5,2 m, sendo mais profundo nas partes altas do terreno.

Problemas esperados

- Suscetibilidade à erosão e potencialmente instáveis a escorregamentos e rastejos de solos em declividades superiores a 20 %
- Movimentos de massa e escorregamentos localizados

Avaliação

Terrenos com declividades de 0 a 20 %

- Adequados para loteamentos residenciais com facilidades na implantação de infra-estrutura enterrada e vias de circulação principais e secundárias
- Baixa a média necessidade de terraplenagem, com compensação entre aterros e cortes
- Suscetibilidade baixa a erosão, havendo necessidade de proteção vegetal nos cortes e aterros

Terrenos com declividades de 20 a 30 %

- Adequados com restrições para loteamentos residenciais e implantação de vias de circulação, evitando cortes transversais à encosta
- Ruim para implantação de infra-estrutura enterrada
- Terraplenagem com grandes volumes a serem trabalhados
- Inadequados para a disposição de rejeitos
- Necessidade de projetos de contenção e estabilidade de cortes e aterros
- Suscetibilidade à erosão, com necessidade de proteção vegetal nos cortes

7.5.6 - Unidade de Terreno GMA

Classificação

Solos residuais com textura siltosa a argilosa com inclusões de solos transportados sobre gnaisses graníticos ou augen-gnaisses. Correspondem aos terrenos do Granitóide Guajuvira (folhas A133 e A134) e incluem também os termos predominantemente ácidos intercalados nos terrenos gnáissico-migmatíticos, cujas concentrações maiores foram individualizadas na folha A099, em faixa de direção aproximada N70E, na região de Ferraria. Relevo ondulado, vertentes retilíneas, inclinadas. Esta unidade exibe um perfil de intemperismo e formação de solos, desde a rocha sã (gnaisses-graníticos), passando pela rocha alterada (saprolito), geralmente contendo matacões, às vezes com grandes concentrações de megablocos (dimensões métricas), especialmente nas folhas A133 e A134.

Estes solos são recobertos por solos transportados (coluviais), sílticos e síltico-arenosos, com espessuras inferiores a 1 m. A resistência à penetração dos solos transportados, residuais e saprolito gradua de baixa a média com a profundidade, podendo atingir o impenetrável a poucos metros. O saprolito é siltoso a arenoso.

Não foram obtidos dados relativos à profundidade do freático.

Problemas esperados

- Suscetibilidade à erosão e sujeito a escorregamentos, queda de blocos e rastejos de solos em declividades elevadas
- Problemas nas fundações e terraplenagem em função dos blocos

Avaliação

Terrenos com declividades de 0 a 20 %

- Adequados com restrições para loteamentos residenciais
- Ruim para implantação de infra-estrutura enterrada e vias de circulação principais e secundárias

Terrenos com declividades de 20 a 30 %

- Inadequados para a maior parte das ocupações
- Potencial para a exploração de saibro e rocha (pedreira)
- Suscetibilidade à erosão, com necessidade de proteção vegetal nos cortes

7.5.7 - Unidade de Terreno DT

Classificação

Solos transportados sobre rochas carbonáticas, em baixadas carbonáticas de relevo suave. Embora esteja sendo usado o termo solo transportado, estes espessos depósitos podem ser classificados como sedimentos recentes, devido à sua grande espessura e generalizada ocorrência, conforme foi discutido no item relativo à geologia

da área. A unidade compreende solos de coloração variegada (avermelhada, amarelada e amarronada), imaturos, de textura predominantemente argilosa, lateríticos, porosidade elevada e baixa permeabilidade. Espessuras de 1 a mais de 30 m, dispondo-se diretamente sobre as rochas carbonatadas. Escavabilidade de primeira categoria e resistência à penetração (SPT) baixa a média, homogênea ao longo do perfil, sendo crescente com a profundidade, atingindo o impenetrável no contato com a rocha fresca. Argilo-minerais: caulinita (1:1) e secundariamente gibbsita e ilita (2:1). Mostram interdigitação com solos residuais, em algumas áreas da folha A098, não delimitadas no mapa. Estes solos são argilosos a siltosos, avermelhados, às vezes com concentrações silicosas de alteração de metacalcários. Ocorrem nas folhas A098 e A101.

São comuns linhas de seixos (*stone line*) de quartzo e metassedimentos, e paleocanais de pequenas dimensões preenchidos por seixos de quartzo. O nível freático médio é 5,7m.

Problemas esperados

- Possibilidade de colapsos de solo e subsidências de terreno pela existência de rochas carbonáticas subjacentes
- Recalques em fundações
- Migração de solo em profundidade
- Áreas de carste coberto, com possibilidade de contaminação do lençol freático e do aquífero cárstico

Avaliação

Terrenos com declividade de 0 a 30%

- SEVERAS RESTRIÇÕES para a implantação de loteamentos residenciais. Necessários critérios técnicos adequados e em consonância com planos de mineração e aproveitamento de recursos hídricos do carste (superficiais e subterrâneos)
- Necessidade de estudos do subsolo até uma profundidade de cerca de 60 m (sondagens, geofísica, etc), para implantação de obras ou loteamento
- Necessidade de obras especiais de fundações (ancoragem, estaqueamentos e outros) e obturações, injeções de caldas e argamassas em cavidades e vazios subterrâneos
- Necessidade de adequação do tamanho mínimo de lote e estudo detalhado para seleção de áreas de descarga de efluentes e resíduos em geral
- Inadequadas para a disposição de resíduos ou instalação de indústrias poluidoras
- Áreas com alto potencial hidrogeológico
- Áreas suscetíveis a afundamentos cársticos (colapso de solo e subsidências), naturais ou induzidos pela ação antrópica (extração de água subterrânea, atividades de mineração, ocupação desordenada, etc.)
- Possibilidade de rupturas e avarias nas redes coletoras e de distribuição (água, esgoto)
- Áreas de carste coberto, vulneráveis à poluição de aquíferos, com presença de dolinas, fontes e sumidouros, favorecendo a infiltração das águas no subsolo
- Adequadas para ocupação rural com uso de técnicas de manejo do solo e monitoramento dos níveis de agrotóxicos utilizados nos plantios e lavouras

7.5.8 - Unidade de Terreno MP

Classificação

Solos residuais e saprolitos de metapelitos (filitos, metassiltitos, metargilitos e metarritmitos), localmente com solos transportados com *stone line* de seixos e fragmentos de quartzo. Relevo forte de cristas alongadas, descontínuas ou não, ressaltadas na topografia. Encostas abruptas, retilíneas e convexas. Ocorrem nas folhas A060, A098, A099 e A101.

Compreende solos residuais (maduros ou jovens), de cor castanho clara a amarelada, , siltosos, alta porosidade, permeabilidade baixa, argila com alta capacidade de troca catiônica. Consistência baixa e espessuras inferiores a 1 m. Argilo-mineral predominante: caulinita (1:1).

Os solos residuais gradam a saprolitos de cor amarelada a avermelhada, lateríticos, textura siltosa, baixa permeabilidade e alta porosidade. Espessuras superiores a 10 m. Argilo-mineral predominante: caulinita (1:1). Apresentam pronunciada foliação/acamamento, com inclinações entre 30° e 90°. Resistência à penetração (SPT), crescente com a profundidade. Escavabilidade de primeira categoria. Tendem a ser erodíveis.

Problemas esperados

- Possibilidade de escorregamentos ou movimentos de massa em cortes e vertentes, que interceptem no mesmo sentido os planos de foliação/acamamento.

Avaliação

Terrenos com declividade de 0 a 30 %

- Adequadas com restrições para a implantação de loteamentos e vias de circulação
- Adequação de cortes e taludes com altura limite de 3 m, principalmente no sentido do mergulho das camadas
- Necessidade de projetos de contenção e estabilização de cortes e aterros e proteção vegetal
- Projetos de loteamentos e vias de circulação em conformidade com a topografia
- Baixa suscetibilidade à erosão
- Adequadas para disposição de resíduos sólidos, cemitérios e outros, desde que obedecidos critérios técnicos e as características locais do terreno (declividade, espessura e tipo de cobertura, nível freático e outros)

7.5.9 - Unidade de Terreno QZ

Classificação

Rochas quartzíticas aflorantes na forma de lajes e blocos de dimensões métricas, por vezes formando campos de matacões. Relevo de cristas alongadas com vertentes íngremes (altos topográficos). Ocorrem em todas as folhas, com exceção da folha A134,

associados a corpos quartzíticos do Complexo Gnáissico-Migmatítico ou do Grupo Açungui (Formação Capiru).

A unidade é constituída por quartzitos esbranquiçados a amarelados, de granulação fina a média, localmente friáveis, porosos, muitas vezes recristalizados, com baixa porosidade.

Problemas esperados

- Queda de blocos

Avaliação

Terrenos com declividades de 0 a 30 %

- Inadequadas para a ocupação urbana e outras, principalmente em função da situação topográfica e altas declividades
- Dificuldades na implantação de infra-estrutura enterrada (rocha aflorante)
- Escavabilidade ruim (uso de explosivo)
- Suscetibilidade à queda de blocos

7.5.10 - Unidade de terreno DB

Classificação

Solos residuais e transportados sobre diabásios, em cristas alongadas com morros de topo aplainado e vertentes convexas e íngremes. A unidade exibe perfil completo de alteração desde a rocha sã (diabásio), passando para rocha alterada (saprolito) e solo residual maduro. Ocorrem em todas as folhas mapeadas, com predomínio nas folhas A098 e A101.

Os solos residuais, lateríticos, mostram coloração avermelhada, por vezes parda, textura argilosa, baixa permeabilidade, porosidade média e espessuras inferiores a 1 m. Argilo-minerais: caulinita (1:1) e esmectita (2:1).

Os saprolitos apresentam textura siltosa a média, cor avermelhada a pardacenta, lateríticos, medianamente porosos e baixa permeabilidade, espessuras superiores a 5 m, com matacões arredondados apresentando decomposição esferoidal. Estes materiais podem estar recobertos por solos transportados, de cor amarronada a castanho-avermelhada, matriz argilosa, envolvendo blocos e matacões. Distribuem-se transversalmente aos diques de diabásio, formando franjas de colúvio com extensão lateral de até 250 m. A resistência à penetração (SPT) é crescente com a profundidade, com passagem brusca ao impenetrável no contato com a rocha fresca.

Problemas esperados

- Escorregamentos naturais ou induzidos em encostas
- Instabilidade de cortes e taludes
- Apoio de fundações sobre blocos isolados nas áreas de colúvio, provocando recalques

Avaliação

Terrenos com declividades de 0 a 30 %

- Ocupação urbana com restrições
- Possibilidade de implantação de sistemas lineares de loteamentos, com adequação do tamanho mínimo do lote ao longo da crista de topo aplainado
- Dificuldades na implantação de infra-estrutura enterrada e abastecimento de água
- Inadequadas à disposição de resíduos sólidos
- Adequadas à ocupação rural com técnicas de manejo do solo em áreas de alta declividade

7.5.11 - Unidade de Terreno SC

Classificação

Solos residuais, siltosos, com inclusões de solos transportados. Na base saprolito de siltitos da Formação Camarinha. Relevo suave, mar de morros, com cristas mais elevadas intercaladas na paisagem. Não foram obtidos dados relativos à profundidade do lençol freático. Restringe-se à zona noroeste da folha A060, em faixa de direção nordeste, sobre siltitos da Formação Camarinha.

Problemas esperados

- Suscetibilidade à erosão, indicada por um ensaio geotécnico (necessidade de mais dados para determinação da característica de erodibilidade)

Avaliação

Terrenos com declividade de 0 a 30 %

- Adequadas com restrições para a implantação de loteamentos e vias de circulação
- Necessidade de sistema adequado de drenagem para o escoamento das águas pluviais

7.5.12 - Unidade de Terreno CC

Classificação

Solos residuais rasos litólicos, espessura inferior a 0,5 m, textura siltosa, com abundantes seixos, blocos e lajes de rocha. Relevo acidentado, ondulado, com cristas alongadas. Abundantes blocos e matacões de conglomerados, mostrando grande resistência ao intemperismo. Restringe-se à zona noroeste da folha A060, em faixa de direção nordeste.

Problemas esperados

- Possibilidade de queda de blocos

Avaliação

Terrenos com declividade de 0 a 30 %

- Inadequados para loteamentos em áreas de mais altas declividades, presença de blocos, escavabilidade ruim
- Ruim para implantação de infraestrutura enterrada e vias de circulação

7.5.13 – Todas Unidades com Declividades Superiores a 30 %

Avaliação

- Inadequadas à ocupação urbana e implantação de vias de circulação devido aos inúmeros problemas geotécnicos associados e dificuldades na implantação de infra-estrutura enterrada
- Áreas impróprias à ocupação urbana, conforme a legislação vigente
- Áreas para preservação permanente

8 - RISCOS GEOLÓGICOS

No relatório da Área III (Oliveira *et al.* 1997) foi apresentada uma discussão relativa aos riscos geológicos, para informação dos planejadores. Estas informações, compiladas e resumidas pelo geólogo Luis Marcelo de Oliveira, com algumas modificações, são reproduzidas a seguir. A noção de risco geológico aqui empregada diz respeito a todo processo de alteração no meio físico (natural ou induzido), que pode gerar danos econômicos ou sociais para alguma comunidade e cuja previsão, prevenção e correção utiliza critérios geológicos. Neste sentido, foram caracterizados nos limites das áreas mapeads na Área IV (A060, A098, A099, A101, A133 e A134), os seguintes processos causadores de riscos geológicos:

- Inundações
- Afundamentos cársticos
- Movimentos de massa
- Erosão
- Poluição de aqüíferos

8.1 - INUNDAÇÕES

As inundações são fenômenos que fazem parte da dinâmica fluvial, atingindo periodicamente as várzeas, também chamadas planícies de inundação. Este processo constitui problema quando afeta os terrenos ocupados junto às drenagens. A urbanização avança com freqüência sobre as áreas inundáveis sem adoção de medidas para o controle das cheias e sem a previsão adequada das alterações nos parâmetros que as condicionam.

A ocupação pode levar ao incremento das áreas inundáveis, que passam a abranger espaço mais amplo do que o tomado originalmente pelas várzeas, quando esta ocupação resulta no entulhamento das planícies de inundação ou na redução da calha de

drenagem, por assoreamento ou por implantação de obras civis. O assoreamento pode ser causado pelo aporte de sedimentos gerados a partir da erosão por ravinas, boçorocas e de erosão urbana. Em termos de problemas relacionados à riscos geológicos, são as inundações que oferecem as maiores dificuldades no seu controle e prevenção. Os problemas decorrentes das cheias são variados, e via de regra derivados da utilização inadequada das áreas suscetíveis à inundações, em especial pela população de mais baixa renda.

A ocupação desordenada dos baixios, além de causar o desequilíbrio ambiental de uma região, traz consigo sérios problemas de natureza sócio-econômica, principalmente no setor de saúde pública e infra-estrutura. As obras necessárias para promover a proteção das comunidades assentadas em aluviões são muito onerosas se comparadas aos baixos custos de ações para viabilizar o uso e ocupação destes solos. As áreas de baixios são suscetíveis à enchentes e inundações (figura 09), onde distingue-se:

Inundação: nível que as águas atingem quando ultrapassam o canal normal do rio alcançando os limites da planície de inundação (várzea ou aluvião). Esta, por sua vez, funciona como um regulador do equilíbrio hidrológico, absorvendo o excesso de água nas situações de cheias.

Enchentes: nível que as águas atingem quando correm fora do canal normal do rio, além dos limites da planície de inundação, sendo causadas por fenômenos sazonais de alta pluviosidade ou pela interferência do homem no meio físico (construção de aterros, diques, loteamentos, e outros).

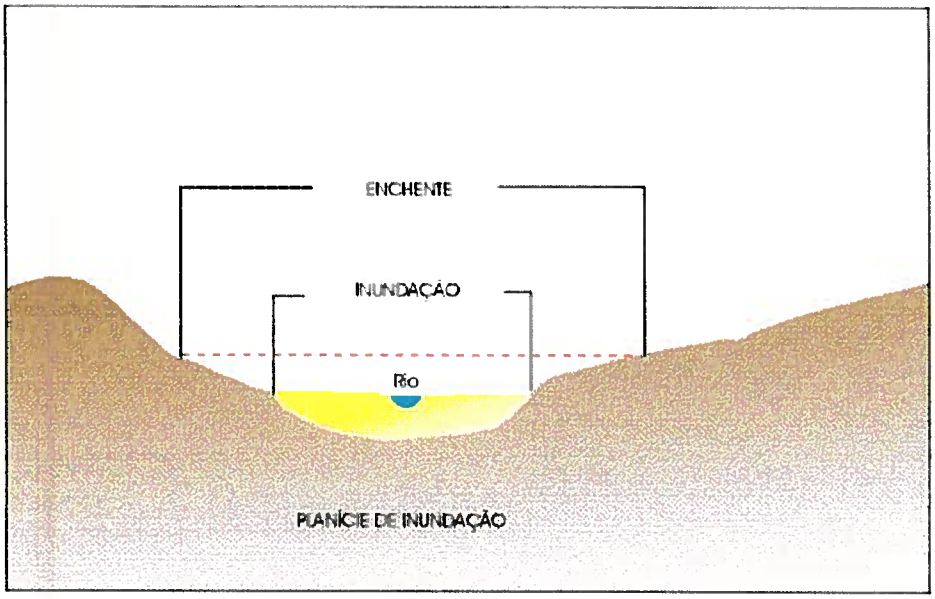


Figura 09- Perfil esquemático com representação do nível atingido pelas inundações e enchentes.

Na Área IV, as áreas aluvionares são sujeitas a enchentes e inundações, enquanto as áreas de terraços apresentam suscetibilidade a inundações. Como estas ocorrências estão intimamente relacionada às áreas aluvionares (fotografia 15), a forma mais racional de encaminhar soluções no processo de planejamento urbano ou uso e ocupação do solo é restringir e/ou evitar loteamentos e construções nestes locais,

optando-se por usos voltados à preservação, como construções de tanques ou parques. Se for inevitável a ocupação, a solução mais segura, até pelas reduzidas espessuras, é a remoção dos materiais e sua substituição por material mais adequado, utilização do substrato rochoso para fundações, implantando-se eficiente sistema de drenagem.

8.2 - AFUNDAMENTOS CÁRSTICOS

São os afundamentos de terreno que têm como condicionante principal a presença de substrato rochoso constituído de rochas carbonáticas, submetidas a dissolução por circulação de águas agressivas, pelos ácidos nelas contidos (ácido carbônico, ácidos húmicos, fúlvicos e tânicos). A dissolução destas rochas, a partir de planos de acamamento e fraturas, resulta na formação de cavidades subterrâneas, condição fundamental para desencadear afundamentos na superfície do terreno.

A presença de cobertura de materiais inconsolidados (aluviões, colúvios e solos de alteração) sobre rochas carbonáticas em dissolução tende a aumentar o significado geotécnico deste processo, quer pela ampliação física da área em afundamento, quer pelo próprio mascaramento de corpos carbonáticos, produzindo até mesmo terrenos de topografia mais suave em relação ao entorno, que podem atrair usos mais intensos.

Os afundamentos se manifestam na forma de colapsos de solo e subsidências de terreno e podem se desenvolver de maneira natural ou ser acelerados ou deflagrados por ações próprias do uso do solo, principalmente aquelas que resultam em alterações na dinâmica e nas características de circulação da água subterrânea (figura 10).

Os colapsos de solo se caracterizam por desabamentos bruscos, circulares, em forma de crateras, com seção lateral de tronco invertido. Podem ocorrer sem sinais prévios e são apontados como as principais causas de acidentes graves em áreas de carste.

As subsidências de terreno se caracterizam por processos de adensamento e/ou rebaixamento do solo, consistindo de movimentos mais lentos em relação aos colapsos, e que podem provocar recalques nas fundações, sendo responsáveis pela ruína total ou parcial de edificações (trincas, rachaduras e desabamentos).

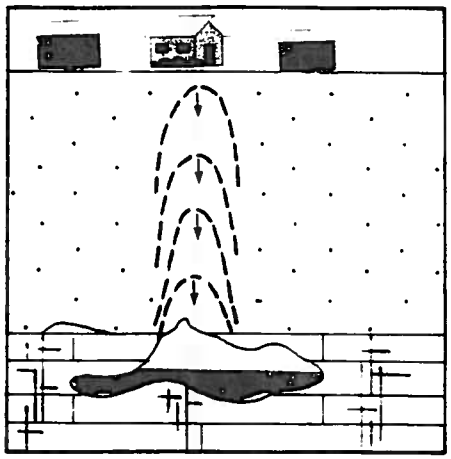
Segundo Prandini *et al.* (1987), nos países onde são observados fenômenos de colapsos e subsidências há muito tempo, considera-se extremamente difícil estabelecer previamente o local, as dimensões e o momento da ocorrência desses fenômenos.

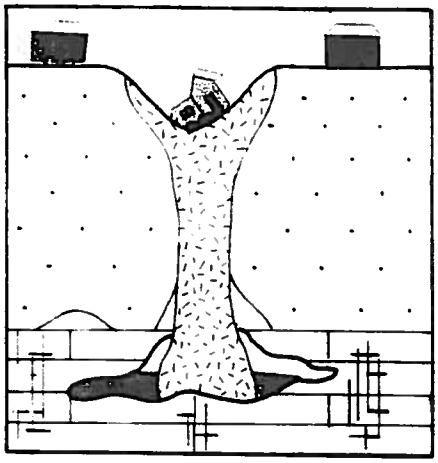
Nas áreas cársticas cobertas por materiais inconsolidados observa-se uma tendência natural dos materiais de recobrimento preencherem as cavidades do substrato rochoso. Este preenchimento, segundo Nakazawa *et al.* (1987), faz-se tanto pela migração dos materiais para o interior das cavidades (figura 11), como pelo desabamento de teto de cavernas. Os efeitos em superfície desses mecanismos, que são desenvolvidos em subsuperfície, podem ser detectados através de afundamentos do terreno, agravados pela sobrecarga causada por estruturas urbanas.

Os agentes de deflagração e evolução dos mecanismos acima citados estão relacionados às oscilações ou mudanças bruscas do nível hidrostático. Assim, relacionam-se às variações de pressão, direção e velocidade do fluxo da água no interior do substrato carbonático e às forças resultantes da ação da gravidade. Essas oscilações do nível hidrostático podem ser provocadas por variações sazonais, ou pelas operações de bombeamento em poços tubulares, que produzem oscilações rápidas e cíclicas (Prandini *et al.*, 1987).

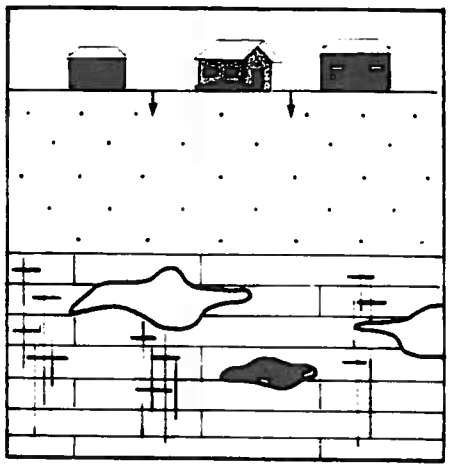
AFUNDAMENTOS CÁRSTICOS

1 . COLAPSO DE SOLO : MOVIMENTOS BRUSCOS, ESTRUTURA DE TRONCO INVERTIDO, FEIÇÕES CIRCULARES, DESABAMENTOS/ALTO RISCO





2 . SUBSIDÊNCIAS : MOVIMENTOS LENTOS, ADENSAMENTO DE SOLO, RECALQUES EM FUNDAÇÕES, TRINCAS, RACHADURAS.



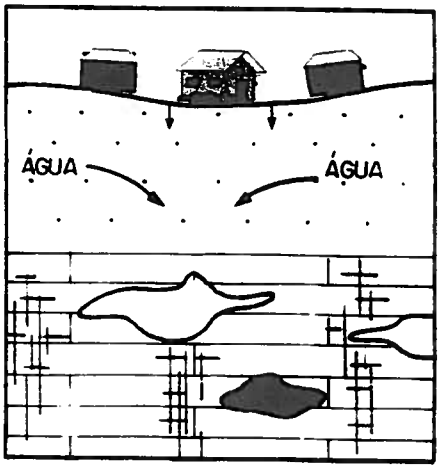


Figura 10 - Afundamentos cársticos (Oliveira, 1997).

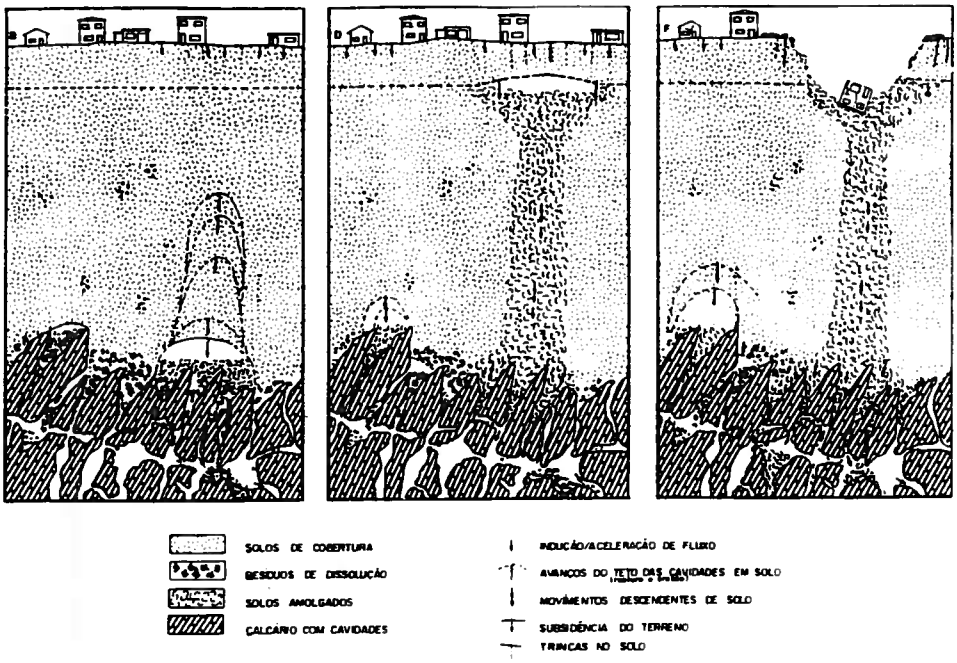


Figura 11 - Representação esquemática da migração do material de cobertura para o interior de cavidades no substrato carbonático. Adaptado de Nakazawa *et al.* (1987).

As vibrações induzidas por explosões em pedreiras também podem contribuir para a desestruturação dos materiais de cobertura, favorecendo a sua migração para o interior das cavidades ou provocando o desabamento das porções superiores destas cavidades (figura 12).

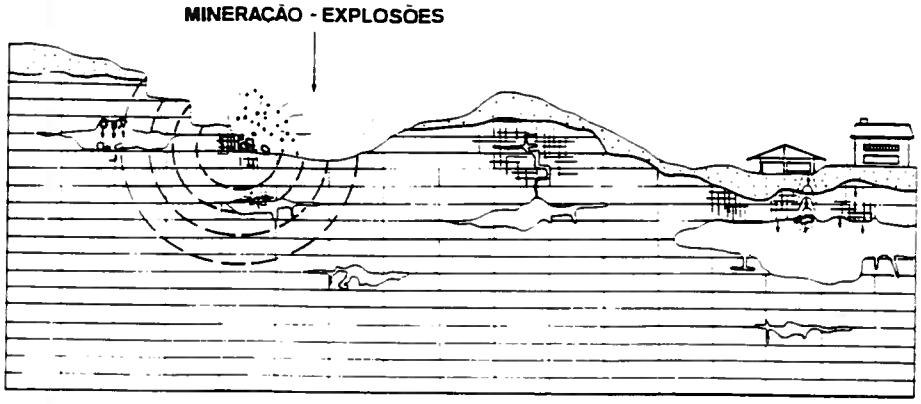


Fig. 12 - Afundamentos associados a vibrações causadas pelo uso de explosivos em pedreiras (Oliveira, 1997).

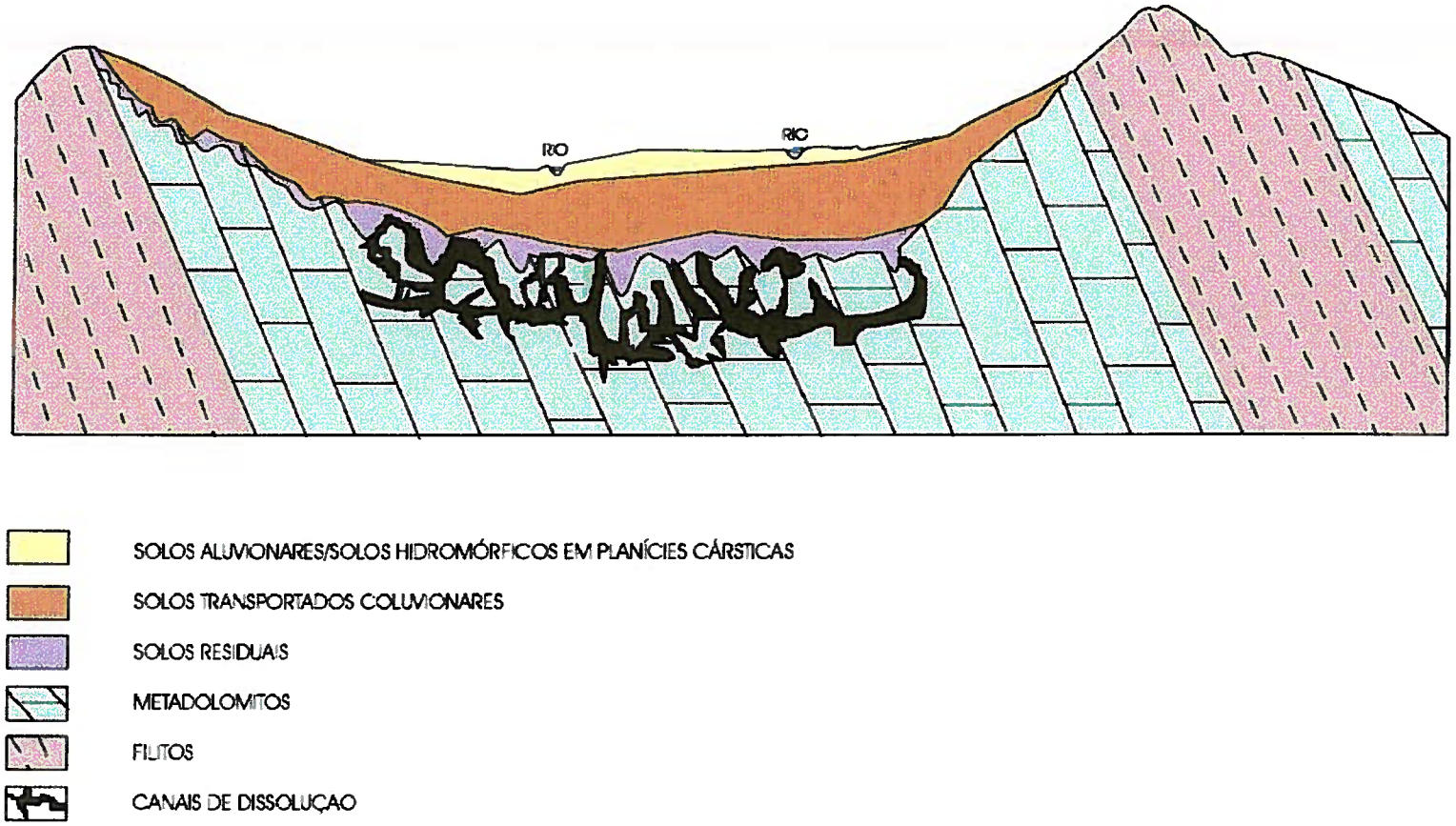


Figura 13 – Perfil esquemático de áreas carbonáticas recobertas por solos transportados ou sedimentos (Bonacim, 1996).

As condições geológicas existentes nas faixas carbonáticas das folhas estudadas, principalmente aquelas recobertas por solos transportados, com espessuras que chegam a mais de 30 m (figura 13), mostram grande potencialidade para o desenvolvimento de afundamentos do terreno, com casos já relatados de colapsos e subsidências em Colombo, Fervida, Tranqueira e Almirante Tamandaré. Na Área IV as áreas mais suscetíveis estão situadas nas folhas A098 e A101, principalmente na região de Campo Magro.

Estes fenômenos podem se desenvolver de maneira natural ou ser deflagrados ou acelerados por ações diversas de uso do solo, caso não observados critérios técnicos adequados para a ocupação urbana e aproveitamento dos recursos naturais do carste (água subterrânea, mineração, patrimônio espeleológico).

Para isso é necessária a implantação de um programa integrado para o desenvolvimento de áreas cársticas, conforme modelo proposto a seguir (figura 14).

Considera-se que o planejamento integrado é o instrumento de gestão mais adequado e racional para viabilizar a ocupação urbana e a exploração dos recursos naturais do carste, sem oferecer riscos à economia e as comunidades locais.

O ambiente cárstico deve ter tratamento especial e diferenciado em qualquer programa de desenvolvimento territorial e urbano.

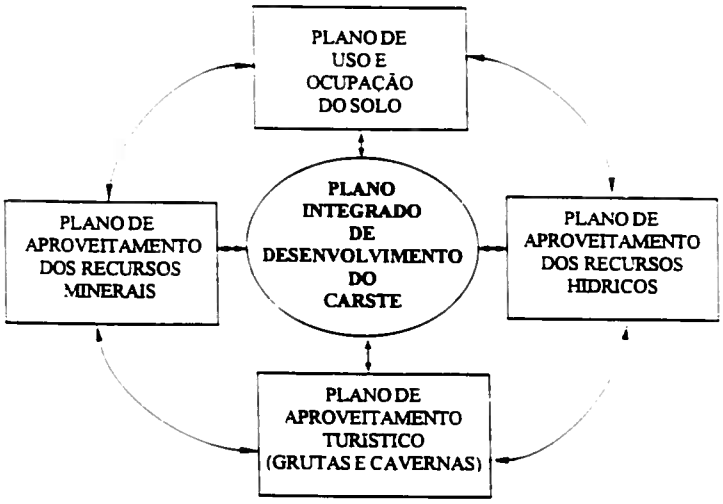


Figura 14 - Modelo proposto para gestão de áreas cársticas (Oliveira, 1997).

8.3 - MOVIMENTOS DE MASSA

Compreendem todos os movimentos gravitacionais que promovem a movimentação de partículas ou parte do regolito pela encosta abaixo. Entre os fatores predisponentes para o processo, destacam-se: os tipos de complexos geológico-geomorfológicos e climáticos-hidrológicos, o calor solar, tipo de vegetação e, obviamente, a ação da gravidade.

Nos limites das folhas em estudo podem ocorrer através dos seguintes processos:

- rastejos;
- escorregamentos;
- quedas de bloco.

Rastejos

Correspondem aos deslocamentos das partículas, promovendo movimentação lenta e imperceptível dos vários horizontes do solo (poucos centímetros por ano). Esses movimentos podem ser contínuos ou ocorrer em pulsos, associados a alterações climáticas sazonais (umedecimento e secagem).

Podem ser evidenciados, de acordo com Christofoletti (1974), pelos seguintes indícios (figura 15):

(A) deslocamento de blocos;
(B) presença de árvores com troncos recurvados;
(C) acamação para jusante de blocos intemperizados e fraturados;
(D) deslocamento de postes, cercas e marcos;
(E) deslocamento ou rupturas de muros e muretas de proteção;
(F) existência de rodovias ou ferrovias fora do alinhamento;
(G) presença de matacões rolados;
(H) ocorrência de cascalheiras ou linhas de fragmentos de rocha (*stone line*), na base do regolito.

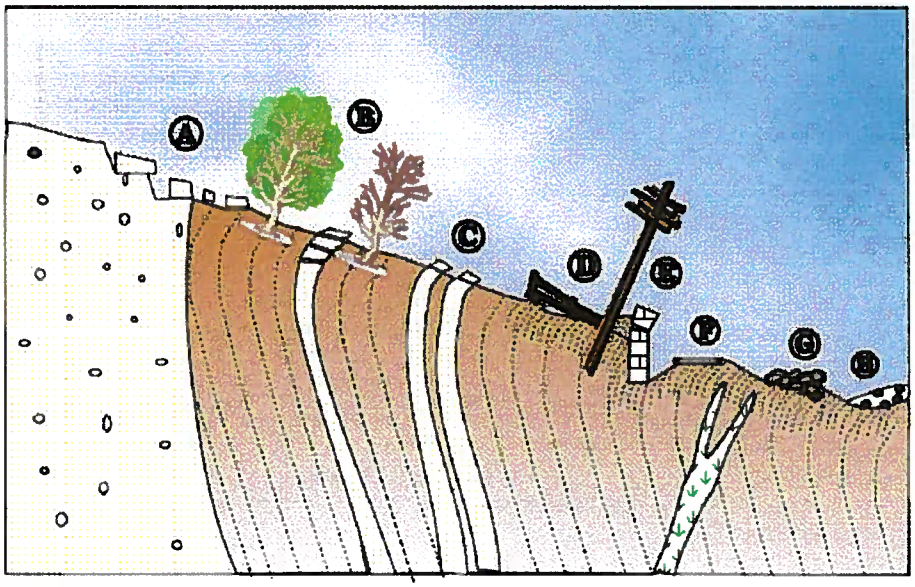


Figura 15 - Perfil esquemático de encosta submetida a processo de rastejo e os indícios do fenômeno. Modificado de Christofoletti (1974).

O rastejo afeta grandes áreas do terreno e atua, tanto nos horizontes superficiais das encostas (solo superficial), quanto nos estratos mais profundos, deslocando e abrindo fendas no solo residual e na rocha.

As regiões suscetíveis ao processo de rastejo e que podem oferecer riscos à ocupação urbana, nos limites da Área IV, correspondem àquelas de solos residuais e/ou transportados sobre a Formação Guabirotuba (Unidade GD), gnaisses-migmatitos (Unidades CR e GMA), quartzitos (QZ), metapelitos (MP), diabásios (DB) e unidades com declividades superiores a 30 %.

Escorregamentos

Os escorregamentos se constituem de movimentos rápidos, bruscos, com limites laterais e profundidades bem definidas. Podem envolver solo, solo e rocha ou apenas rocha. Sua geometria pode ser circular, planar ou em cunha (figura 16), em função da existência ou não de estruturas ou planos de fraqueza nos materiais movimentados, que condicionam a formação das superfícies de ruptura.

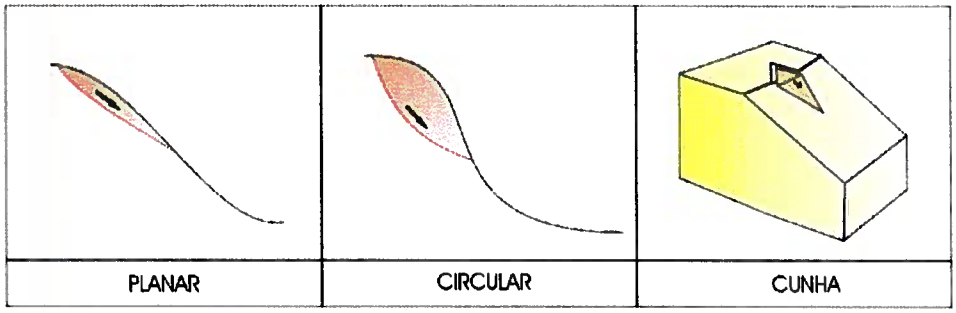


Figura 16 - Geometria dos movimentos de massa associados a escorregamentos.

O principal agente deflagrador deste processo é a água das chuvas, muitas vezes associado a desmatamentos em encostas, erosão, variações de temperatura, oscilações do nível freático e de fontes. Nestas condições, a infiltração das águas da chuva se dá ao longo de planos preferenciais, que geram superfícies de ruptura. O escorregamento acontece quando o limite de saturação admitido pelo material envolvido é atingido (solo/solo+rocha), conforme ilustra a figura 17.

Os escorregamentos podem também ser induzidos, ou seja, ter sua deflagração potencializada pela ação antrópica, que muitas vezes mobiliza materiais produzidos pela própria ocupação (aterros, entulhos, lixos - figura 18).

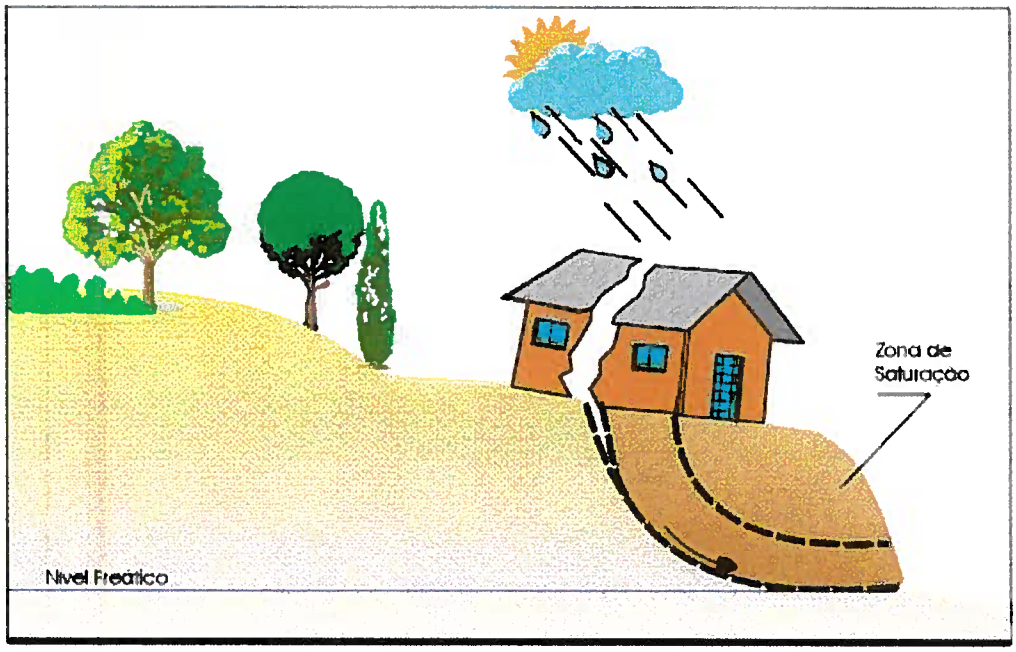


Figura 17- Perfil esquemático da situação de risco de escorregamentos em encostas desmatadas com alta declividade.

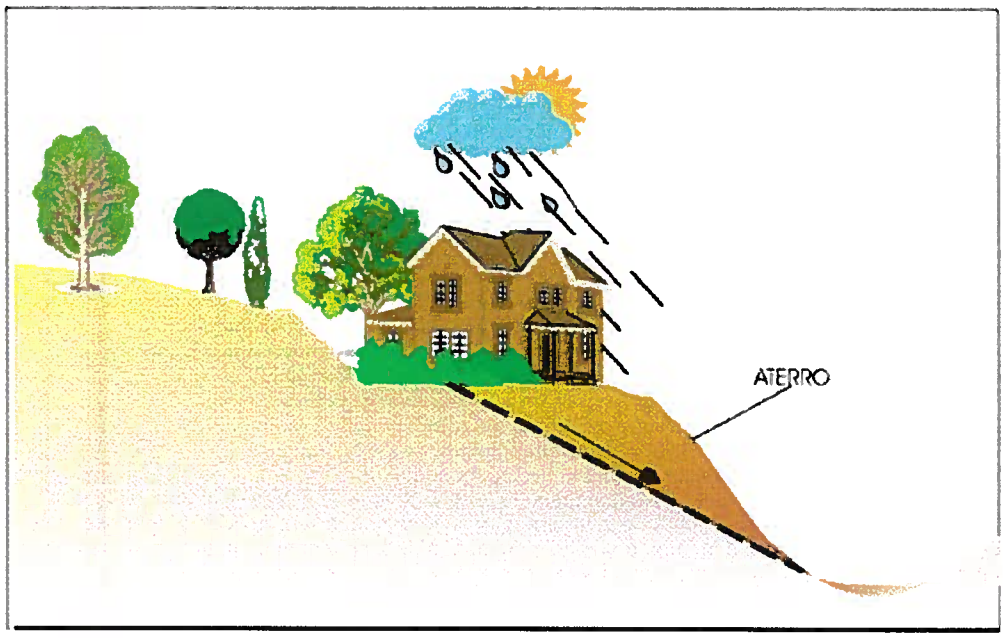


Figura 18 - Situação de risco de escorregamentos em superfície de ruptura originada na interfácie solo x aterro.

As situações de riscos de escorregamentos, nos limites da Área IV, estão associadas a zonas com declividades maiores, nas Unidades de Terreno GD, CR, MP, QZ, DB, GMA e CC. Entre os terrenos com maior suscetibilidade são mencionados:

- Áreas de ocorrências de depósitos de tálus e rampas de colúvio, localizadas no pé de encostas íngremes (relevo de serras e montanhas). São terrenos de estabilidade precária, nos quais os movimentos de massa fazem parte da dinâmica natural da evolução do terreno. Estão associadas a sedimentos da Formação Guabirotuba, conglomerados, metapelitos, quartzitos, diabásios (fotografia 11) e gnaisses-migmatitos, via de regra, em declividades superiores a 30 % (figura 19).

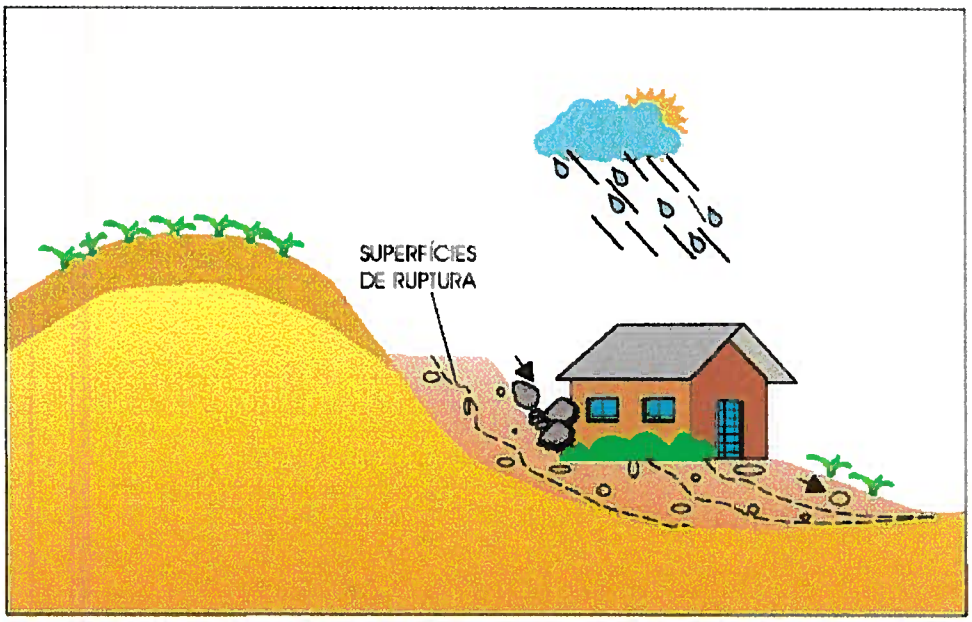


Figura 19 - Ocupação urbana em áreas de rampas de colúvio, constituídas por material instável e incoerente, com suscetibilidade à escorregamento.

- Áreas de ocorrência de metapelitos com cortes e taludes efetuados no sentido do mergulho da camada. Esta situação passa a oferecer risco de escorregamentos em cortes com altura superior à 3,0 metros, sendo a cobertura de solo muito rasa (figura 20). Uma região onde este risco é bastante elevado é o loteamento Jardim Pioneiro (Campo Magro), na folha A098, situado nas proximidades da divisa de Campo Magro com Curitiba. Nesta área predominam altas declividades, e o loteamento mostra graves exemplos de edificações em risco iminente, conforme está representado nas fotografias 07, 08 e 09.

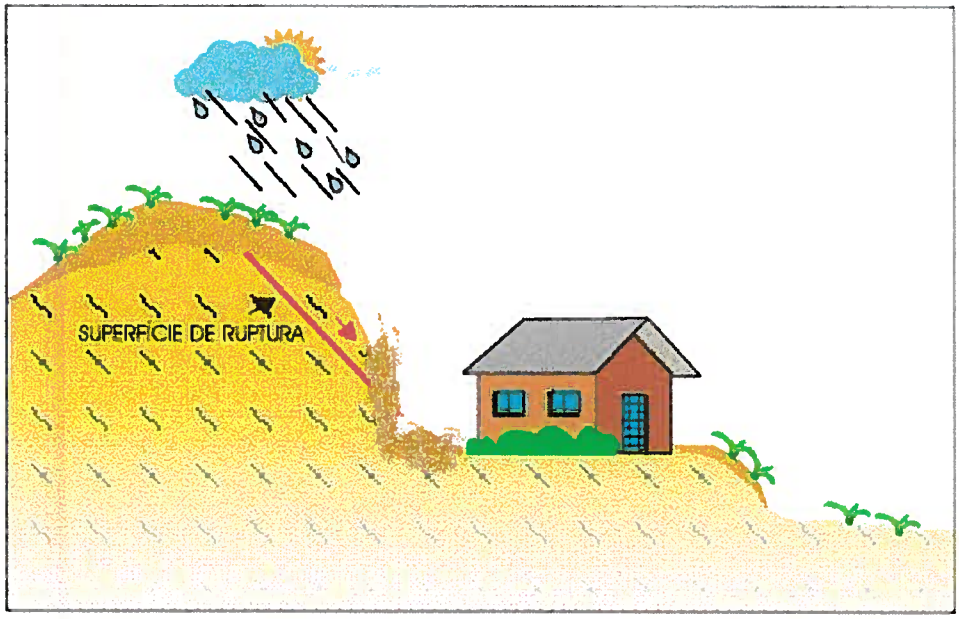


Figura 20 - Situação de risco de escorregamentos em cortes efetuados no sentido do mergulho da camada em metapelitos.

- Áreas de ocorrência de sedimentos argilosos da Formação Guabirotuba. As situações de riscos de escorregamentos são oferecidas pelas alterações introduzidas pelo próprio uso do solo, em função de problemas ligados a variações volumétricas dos sedimentos pela presença de argilo-minerais expansivos. Estas alterações resultam da exposição dos sedimentos argilosos a ciclos de umedecimento e ressecamento, em taludes, cortes e mesmo terraplenagens, gerando fenômenos de empastilhamento. A existência de fraturamento conchoidal favorece a formação de superfícies de ruptura, potencializando a movimentação de fatias do terreno (figura 21). As áreas que oferecem maior risco são aquelas com declividades superiores a 20%, desprovidas do solo de cobertura e vegetação.

Queda de Blocos

São movimentos rápidos e envolvem blocos ou lascas de rocha em movimentos de queda livre. A ocorrência destes processos está condicionada à presença de afloramentos rochosos em encostas íngremes, sendo potencializada pelas variações térmicas (dilatação e contração de rocha), por descontinuidades (planos de fraqueza, como planos de acamamento e de fratura), erosão ou ação das águas das chuvas que escavam as camadas superficiais do solo e liberam blocos e matacões encosta abaixo (figura 22). As áreas de maior suscetibilidade estão relacionadas a terrenos com cristas de quartzitos, rochas conglomeráticas, diabásios e rochas granito-gnáissicas (Guajuvira). que afloram nos altos topográficos na forma de blocos e matacões instáveis.

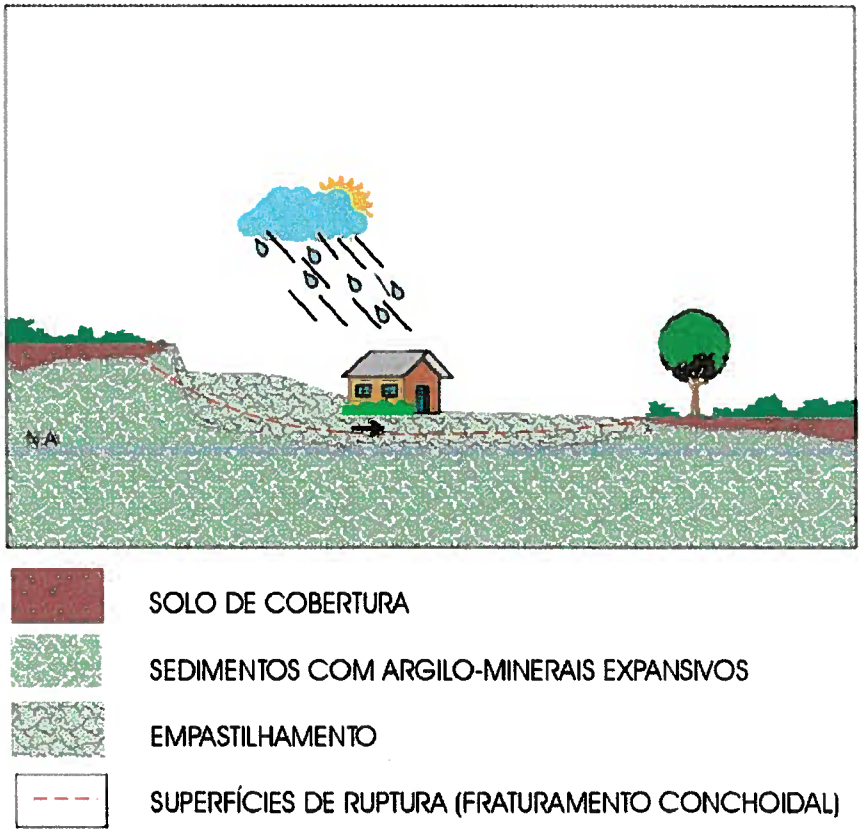


Figura 21 - Risco de escorregamentos em sedimentos da Formação Guabirotuba, desprovidos de solo e cobertura vegetal.

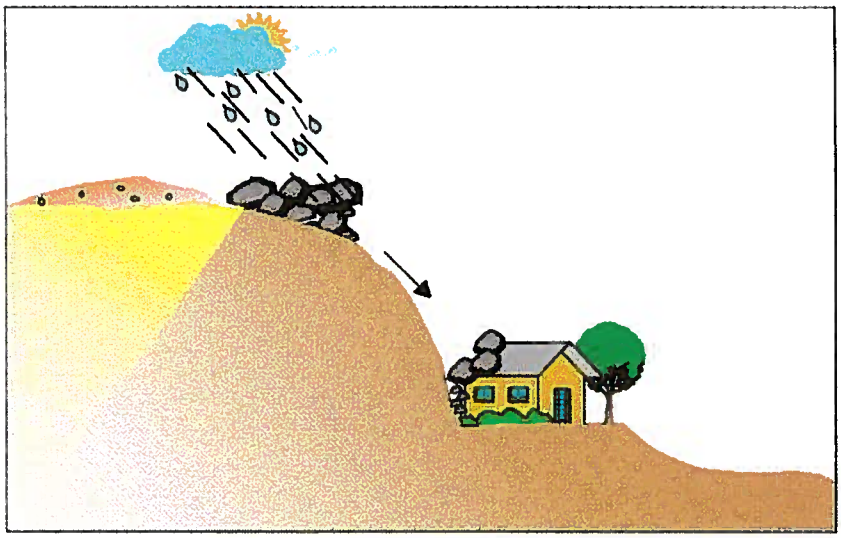


Figura 22 - Ocupação urbana em áreas sujeitas à queda de blocos.

8.4 - EROSÃO

O fenômeno da erosão consiste na ação combinada de um conjunto de fatores que provoca o destacamento e o transporte de materiais sobre a superfície terrestre. Os principais agentes são a água da chuva, rios, geleiras, mares e ventos. Dentre estes, as águas pluviais têm grande importância, por propiciarem o escoamento superficial e o transporte do material inconsolidado. Pode-se classificar a erosão causada pelo escoamento superficial das águas da chuva em natural e antrópica de acordo com Oliveira *et al.* (1987) e Dage (1990) *in* Pejon (1992).

A erosão é classificada como natural quando a atuação dos processos erosivos se faz em um ambiente controlado pelos fatores naturais. Esta erosão pode sofrer modificações devido a mudanças climáticas ou geológicas, alterando a velocidade e a intensidade do processo. A remoção do material inconsolidado pode tornar-se mais rápida do que sua geração a partir dos processos de intemperismo das rochas, o que caracteriza o fenômeno como de erosão acelerada. Outro tipo de erosão está relacionado à ação do homem, que provoca desequilíbrios pela interferência no ambiente natural, recebendo o nome de erosão antrópica e caracterizando-se por uma aceleração dos fenômenos erosivos, num processo mais rápido do que a erosão acelerada natural, podendo evoluir em poucos anos e atingir áreas extensas.

Tanto a erosão normal quanto a acelerada podem ocorrer de duas maneiras principais: como erosão laminar ou por escoamento concentrado. A erosão laminar afeta a superfície do solo como um todo, quando o escoamento da água de chuva ocorre sem concentrar-se em canais definidos. Quando ocorre a formação de filetes ou canais de água arrastando material tem-se a erosão concentrada.

Os fenômenos de erosão concentrada podem apresentar proporções diferentes, desde pequenos sulcos ou ravinas que apresentam dimensões relativamente pequenas, até processos que atingem grandes áreas, com o aprofundamento dos canais até dezenas de metros, interceptando muitas vezes o nível d'água. Estas erosões totalmente descontroladas denominadas boçorocas causam grandes danos, em áreas rurais e urbanas (figura 23).

Os ravinamentos observados na área de trabalho localizam-se sobre os sedimentos da Formação Guabirotuba, cuja área de ocorrência é mais significativa nos limites das folhas A101, A060, A133 e A134 (fotografias 19 e 20). Estes sedimentos incluem argilas expansivas, com argilo-mineral esmectita (2:1). Apresentam retração e expansão muito grande, pela perda e absorção de água (argila higroscópica). Este fato aliado ao fenômeno do empastilhamento, faz com que estas argilas sejam facilmente transportadas pelas águas superficiais.

Este processo é agravado pela ação antrópica (fotografia 21) com a retirada da camada de solo residual ou transportado (colúvio) para construção de estradas, implantação de loteamentos, retirada de material de empréstimo e outros, deixando os sedimentos argilosos expostos. Estas argilas perdem a umidade natural e se retraem, se rehidratam e se expandem com as águas das chuvas, formando uma lama facilmente transportada mesmo em pequenos gradientes em que a água se concentre em filetes e canais. Desta maneira inicia-se o processo de ravinamento que pode alcançar grandes dimensões se não forem tomadas medidas mitigadoras, cuja evolução causa danos tanto em áreas rurais como urbanas.

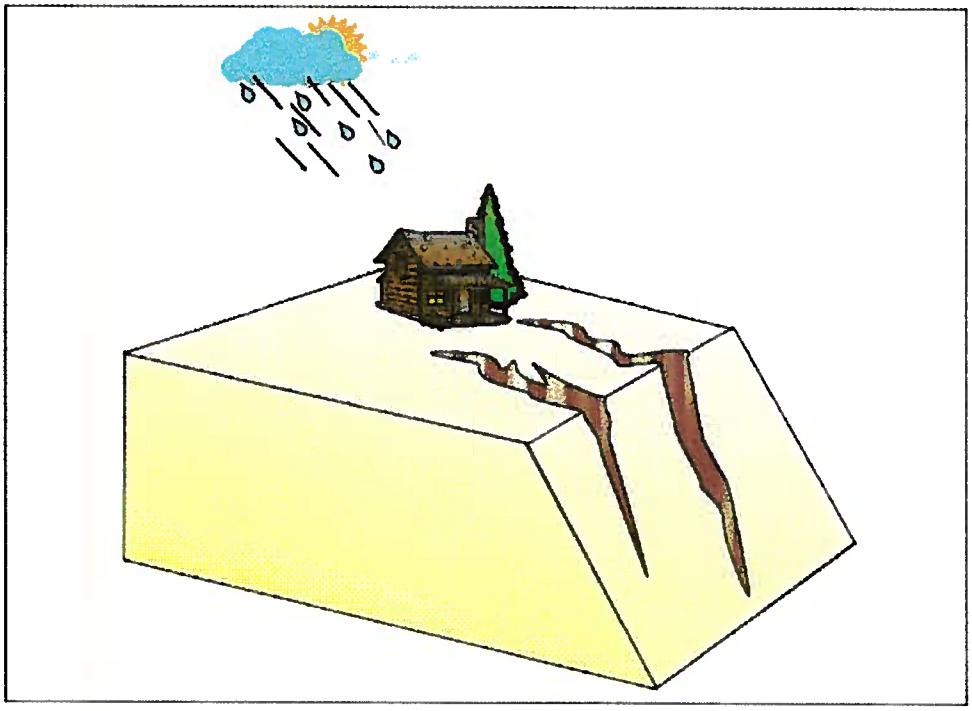


Figura 23 - Ravinas e sulcos causados por fenômenos de erosão, constituindo riscos para a ocupação urbana que pode potencializar o processo.

As regiões que mostram maior potencial para desencadear fenômenos de erosão são as que apresentam declividades maiores que 20%, nos sedimentos da Formação Guabirotuba, e nas áreas de ocorrência de gnaisses-migmatitos bandados (Unidade CR) e gnaisses graníticos (Unidade GMA – fotografia 42). Também há necessidade de atenção aos saprolitos derivados de metassedimentos (Unidade MP) e siltitos da Formação Camarinha (SC).

8.5 - POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

Com o aumento da população nos centros urbanos, a poluição das águas tende a aumentar nas mesmas proporções. Isto porque as atividades antrópicas são as principais responsáveis pelos processos de degradação das condições ambientais. Quando o homem contamina diretamente a água, usando-a e devolvendo-a à natureza com suas características totalmente alteradas, é o responsável pela produção de substâncias nocivas, que os fenômenos naturais cuidam de incorporar aos cursos dos rios e aos mananciais subterrâneos.

O conhecimento dos diferentes agentes que podem ocasionar a poluição dos recursos hídricos tem destacada importância no processo de planejamento urbano. Esses agentes precisam ser detectados para que suas atuações possam ser controladas.

A grande diversidade de fontes poluidoras de águas torna bastante difícil uma síntese da mesma. A classificação que segue, procura mostrar as principais origens da poluição de águas superficiais e subterrâneas, a saber:

- **Esgotos domésticos:** provocam a contaminação tanto bacteriológica, por meio de dejetos humanos, como química, pela presença de produtos químicos de uso doméstico, entre eles os detergentes.

- **Esgotos industriais:** estão aqui incluídos todos os tipos de águas residuais de indústrias em geral, inclusive as de atividades mineradoras e de usinas nucleares. São poluentes essencialmente químicos.

- **Percolação em depósitos de resíduos sólidos:** compreende as águas que antes de chegarem aos rios ou áreas de recarga de aqüíferos, percolam depósitos de resíduos sólidos domésticos ou industriais, como é o caso dos aterros sanitários. Enquanto nos resíduos domésticos predominam os poluentes bacteriológicos, nos resíduos industriais são mais comuns os químicos.

- **Produtos químicos agrícolas:** são os adubos, corretivos de solo, inseticidas e herbicidas, freqüentemente usados na lavoura e que as águas de escoamento podem carrear para o leito dos rios e aqüíferos, provocando a contaminação química dos mesmos.

- **Produtos de atividades pecuárias e granjeiras:** este é um tipo de poluição essencialmente orgânico e biológico. Os poluentes, muito semelhantes aos das atividades domésticas são levados pelas águas superficiais aos rios. As purinas das criações de porcos constituem os contaminantes mais expressivos, enquanto os produtos de granjas avícolas, de um modo geral são menos poluentes.

As principais fontes de poluição, existentes na Área IV não foram cadastradas, encontrando-se depósitos clandestinos de lixo industrial e doméstico, ao longo de vias de circulação, drenagens (fotografia 13) e pedreiras abandonadas. Devem ser mencionados ainda os postos de combustíveis, garagens, oficinas, ferro-velhos, cemitérios, depósitos de plástico e papel e os agrotóxicos utilizados nas lavouras que constituem importante atividade da região. As áreas de maior suscetibilidade à contaminação são as Unidades A, A', T e DT, respectivamente ocupadas por aluviões, aluviões sobre áreas cársticas, terraços aluvionares e sedimentos sobre rochas carbonáticas (carste coberto).

9 - CONCLUSÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Os mapeamentos geológico-geotécnicos buscam suprir a carência de dados do meio físico, para subsidiar a Comec no planejamento e ordenamento territorial, principalmente nas áreas de expansão urbana acelerada. Os trabalhos demonstram, que o entorno de Curitiba apresenta fortes limitações no meio físico que precisam ser consideradas no processo de planejamento regional.

Áreas aluvionares ou de planícies cársticas são indicadas à preservação permanente. Além dos problemas de enchentes e de saneamento básico relacionados com estes terrenos, os aluviões também representam uma fonte de água para consumo.

No restante das regiões com rochas carbonáticas no subsolo devem ser considerados os riscos geológicos associados à ocupação destes terrenos. Onde já existirem ocupações urbanas, como na região de Campo Magro, a municipalidade deve avaliar com cuidado o processo de expansão urbana e tomar conhecimento dos riscos envolvidos na área já edificada. Recomendam-se precauções especiais no tocante à retirada de água do subsolo e nas fundações das edificações. As áreas de expansão tem severas restrições de ocupação, que só poderá ser feita após investigações detalhadas do subsolo, incluindo métodos geofísicos e/ou sondagens. Também é preciso compatibilizar a ocupação com o uso agropecuário e mineração, a preservação do patrimônio espeleológico e a exploração de água subterrânea.

As unidades de argilas da Formação Guabirotuba apresentam riscos de erosão pelas características de seus componentes mineralógicos, principalmente dos níveis argilosos subjacentes, devendo ser evitadas as extensivas remoções dos solos residuais que as capeiam, como material de empréstimo ou nas diferentes obras de engenharia. Na implantação de loteamentos também são necessários projetos adequados de drenagem para escoamento das águas pluviais.

Sobre as rochas gnáissico-migmatíticas devem ser verificadas as condições de declividade e de remoção dos solos residuais, além das áreas com matacões aflorantes, principalmente sobre as unidades de gnaisses graníticos, antes de serem iniciados os processos de ocupação.

As áreas de declividades superiores a 30% sobre todas as unidades não devem ser ocupadas, sendo indicadas para preservação permanente, conforme a legislação.

Os riscos geológicos na Área IV referem-se a possibilidade de enchentes/inundações nas áreas de fundos de vale (aluviões, terraços e planícies cársticas), afundamentos cársticos (colapsos de solo e subsidências - folhas A098 e A101) em áreas de domínios de rochas carbonáticas, movimentos de massa nas áreas de maior declividade (rastejos, escorregamentos e quedas de blocos) e erosão (principalmente na Formação Guabirotuba, e rochas gnáissico-migmatíticas ou gnáissico-graníticas). O loteamento Jardim Pioneiro apresenta graves riscos de escorregamentos pelas altas declividades, necessitando de ação imediata de regularização.

Em adição aos dados obtidos nos trabalhos anteriores, o conjunto de informações gerado no mapeamento geológico-geotécnico da Área IV indica a necessidade de atuação do poder público, para compatibilizar a demanda ocupacional com a fragilidade do meio físico. Este processo implica em ação coordenada a nível estadual e municipal, restringindo-se a ocupação das unidades de terreno consideradas inadequadas e exigindo-se estudos adicionais de caracterização das áreas passíveis de ocupação.

A ação do Estado deve pautar-se pela orientação e cooperação com o poder municipal, complementando com a fiscalização e aplicação dos dispositivos legais pertinentes. É necessário, também, levar a informação geológica à população, para que se disseminem as formas mais adequadas de intervenção no meio físico.

Para atender diretamente ao planejador, contornando-se a dificuldade de acesso ao grande conjunto de informações gerado no mapeamento, foi elaborado mapa de adequabilidade para loteamentos residenciais, buscando sintetizar e condensar as características das unidades de terreno e seus aspectos favoráveis e desfavoráveis ao processo de ocupação. Além disso, o conjunto de dados está disponível em meio digital, em formato compatível com o software de SIG ArcView.

Cabe ressaltar que o presente trabalho não contempla estudos ou informações específicas da dinâmica das águas subterrâneas, em especial do sistema cárstico, cuja complexidade hidrogeológica é merecedora de estudos especializados (áreas de recarga, condutividade, escoamento, fluxo, vazão, armazenamento e outros), próprios do campo da hidrogeologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 BIGARELLA, João José; SALAMUNI, Riad. Considerações sobre o paleoclima da bacia de Curitiba. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, n. 3, p. 33-39, abr., 1958a.

2 BIGARELLA, João José; SALAMUNI, Riad. Contribuição à geologia da região sul da Série Açungui (Paraná). **Boletim Paulista de Geografia,** São Paulo, n. 29, p.3-19, 1958b.

3 _____. *et al.* Origem e ambiente de deposição da Bacia de Curitiba. **Boletim Paranaense de_Geografia,** Curitiba, n. 415, p. 71-81, 1961.

4 BONACIM, E. A. **Dinâmica do sistema hidrogeológico cárstico na área de Tranqueira - Região Metropolitana de Curitiba.** Curitiba, 1996, 162 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Departamento de Geologia da UFPr.

5 CAMARGO, O. A. de; MUNIZ, A. C. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos.** Campinas : Instituto Agronômico de Campinas, s.d. (Boletim Técnico, n. 106).

6 CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo : Edgard Blücher Ltda : Ed. da USP, 1974.

7 COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM) Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil. **Carta geológica compilada Curitiba**. São Paulo : DNPM, 1988. 1 mapa polyester; 77 x 102 cm. Escala 1:50.000.

8 DEMATTÉ, J.L.I. **Curso de gênese e classificação dos solos**. Piracicaba : Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1989. 210 p.

9 FAIRCHILD, T. New stromatolites from the Upper Pre-Cambriam Açungui Group, eastern Paraná, Brazil and their potencial stratigraphic use. **Boletim IG/USP**, São Paulo, n. 13, p. 43-50, 1982.

10 FELIPE, Rogério da Silva *et al.* **Mapeamento Geológico-Geotécnico na Região do Alto Iguaçu.** Curitiba : MINEROPAR, 1994, 2v. Convênio COMEC/ MINEROPAR.

11 FIORI, A. P. Evolução Geológica da Bacia Açungui. **Boletim Paranaense de Geociências,** Curitiba, n. 42, p. 7 - 27, 1994.

12 MINEROPAR. Minerais do Paraná S.A. **Mapa Geológico do Estado do Paraná.** Curitiba : MINEROPAR/DNPM, 1989. 1 mapa : color.; 97 x 109 cm. Escala 1:650.000.

13 NAKAZAWA, V. A.; PRANDINI, F. A.; ÁVILA, I. G. DE. *et al.* Cajamar - carst e urbanização: Investigação e Monitoramento. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, (5. : 1987 : São Paulo). **Anais**... São Paulo : ABGE, 1987. v. 2, p. 443-460.

14 NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. **Uma nova classificação de solos para finalidades rodoviárias.** São Paulo : DER, 1979. "Não paginado".

15 OLIVEIRA, Luís Marcelo de. **A Gestão de Riscos Geológicos Urbanos em Áreas de Carste**. Curitiba : GTU : PUC : UTC, 1997. Especialização (Gestão Técnica do Meio Urbano).

16 OLIVEIRA, Luís Marcelo de. **Mapeamento Geológico-Geotécnico nas Folhas Comec A100, A103 e A093 (parcial)**. Curitiba : MINEROPAR, 1997, 3v. Convênio COMEC/MINEROPAR.

17 PEJON, Osni José. **Mapeamento geotécnico regional da folha de Piracicaba - SP (escala 1:100.000) estudo de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação de atributos.** São Carlos, 1992. 2v. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Setor de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos.

18 PRANDINI, F. L.; PONÇANO, W. L.; SANTAS, A. M. *et al.* Cajamar - carst e urbanização: a experiência internacional (Síntese bibliográfica). In : CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA (5. : 1987 : São Paulo). **Anais**... São Paulo : ABGE, 1987. v. 2, p. 431-441.

19 REIS NETO, J. M.; SOARES, P. C. Um estudo de caracterização termo-dinâmica de micro-estruturas dos grupos Açungui e Setuva (PR). In : SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA (3. : 1987 : Curitiba). **Atas**... Curitiba : SBG, 1987. v. 1, p. 147-165. 1987.

20 SALAZAR Jr. Oscar *et al.* **Mapeamento Geológico-Geotécnico nas folhas COMEC A137, A138, A139 e A140**. Curitiba : MINEROPAR, 1996, 3v. Convênio COMEC/MINEROPAR.

21 SANTOS, Pérsio de Souza. **Ciência e tecnologia de argilas**. 2. Ed. São Paulo : Edgard Blücher Ltda, 1992. v. 1.

22 SOUZA, Noris Costa Diniz Coelho de. **Mapeamento Geotécnico Regional da Folha de Aguaí com base na compartimentação por formas de relevo e perfis típicos de alteração**. São Carlos, 1992. 2v. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Setor de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos.

23 ZUQUETTE, Lázaro Valentin. **Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras.** São Carlos, 1987. 3v. Tese (Doutoramento em Engenharia Civil – Geotécnica) – Setor de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos.

24 ZUQUETTE, Lázaro Valentin. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração**. São Carlos, 1993. 2v. Tese (Livre Docência) – Setor de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos.

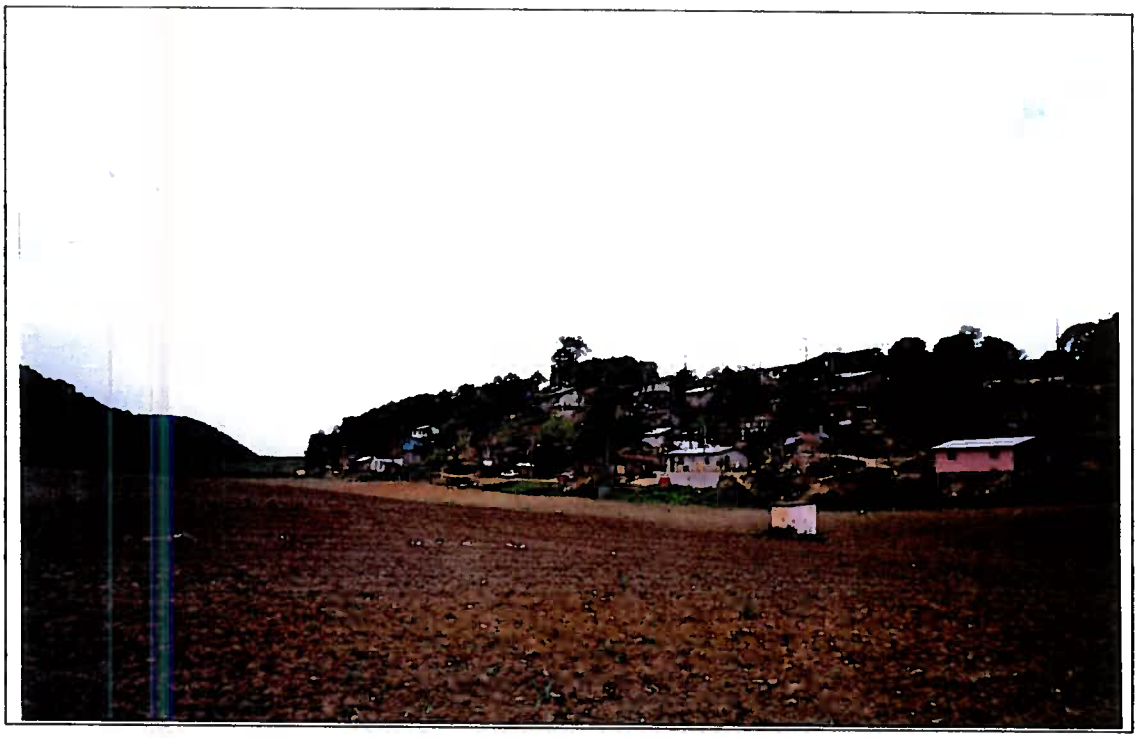
APÊNDICE 1 – Documentação Fotográfica

Fotografia 01 – (OS-1818 – A098) – Aspecto do relevo plano sobre sedimentos da Formação Guabirotuba, região oeste da Folha A098, estrada Campo Largo – Bateias.

Fotografia 02 – (LM-9128 – A099) – Lago da Represa do Passaúna, na região leste da folha A099, estrada de Ferraria.

Fotografia 03 – (OS-1538 – A098) – Vista da região de Campo Magro. Na região rebaixada ocorrem rochas carbonáticas (Formação Capiru), recobertas por sedimentos recentes e solos espessos. Em primeiro plano e no horizonte observam-se espessas camadas de quartzitos e metapelitos (Formação Capiru), mais resistentes ao intemperismo.

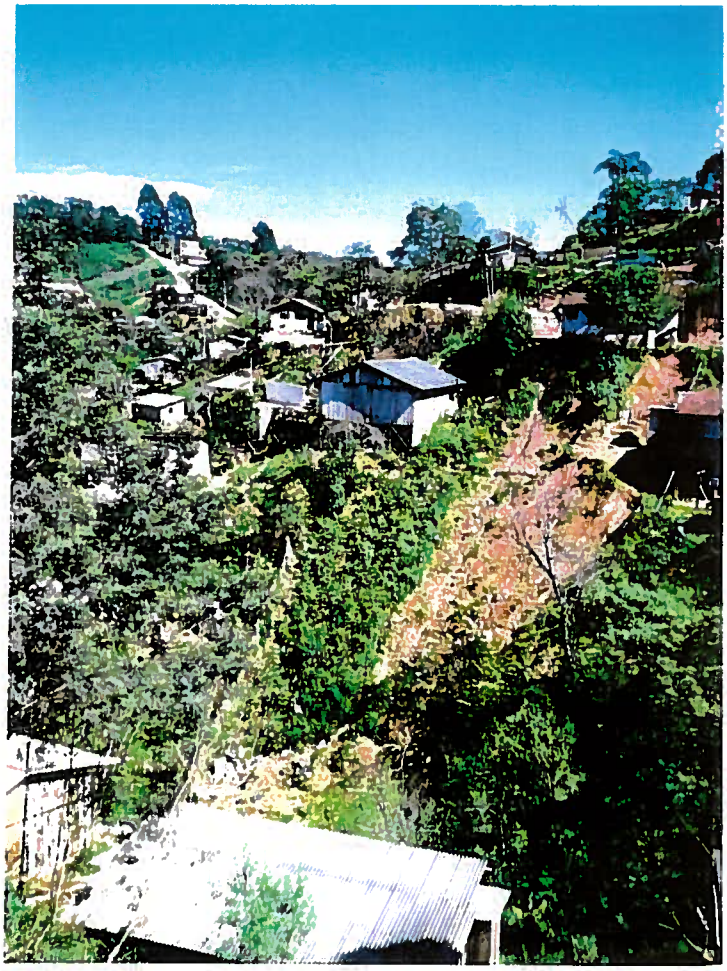
Fotografia 04 – (OS-1852 – A098) – Aspecto do relevo ondulado sobre sedimentos da Formação Guabirotuba, com predomínio de sedimentos rudáceos.



Fotografia 05 – (OS-1943 – A098) – Região de Campo Magro. Zonas rebaixadas sobre rochas carbonáticas, com relevo plano, ladeadas por camadas de metassedimentos (área loteada).

Fotografia 06 – (OS-1919 – A098) – Aspecto do relevo similar à fotografia 05, mostrando a alternância de camadas de metassedimentos (cristas mais elevadas, com vegetação) e rochas carbonáticas, relevo plano, com plantação.

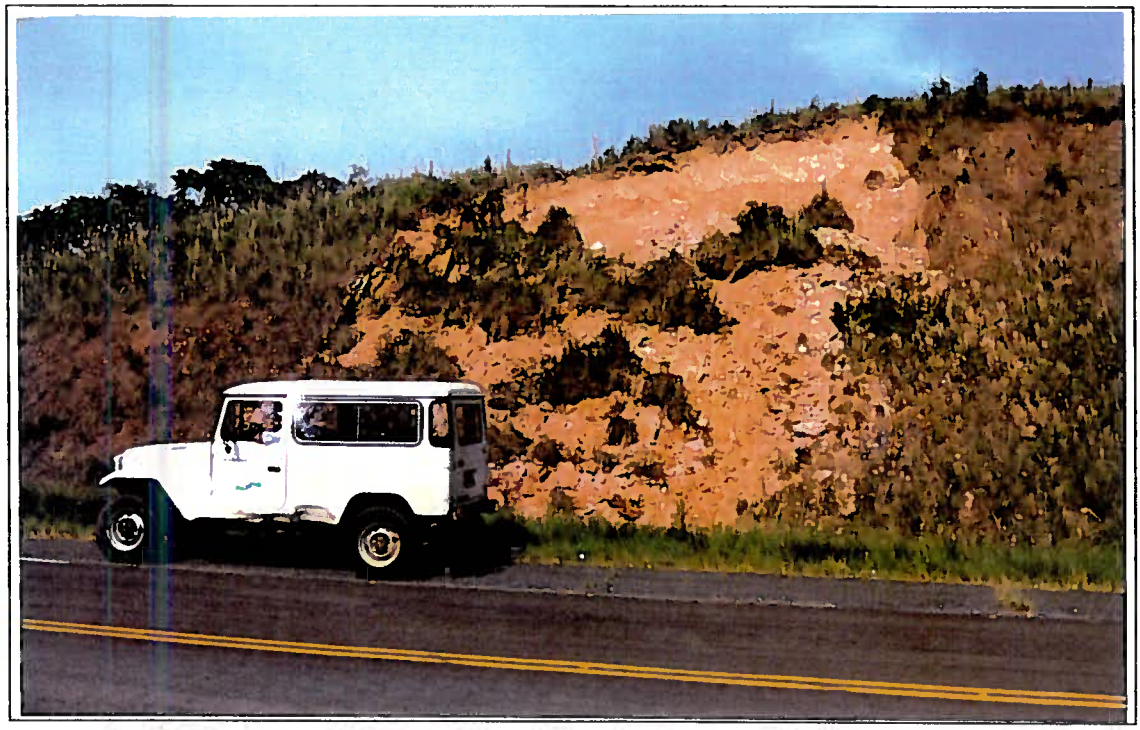
Fotografias 07 e 08 – (OS-1620 e OS-1619– A098) – Loteamento Jardim Pioneiro (Campo Magro). Área inadequada para ocupação, com edificações irregulares ocupando encostas de metapelitos com altas declividades. Áreas de riscos de escorregamentos.



Fotografia 09 – (LM-9463 – A060) –Ocupação inadequada em encostas de altas declividades, sobre metapelitos (Vila Missionária, Campo Largo).

Fotografia 10 – (LM-9475 – A060) –Manejo inadequado, com realização de aterro sobre cabeceira de drenagem, sobre sedimentos da Formação Guabirotuba.

Fotografia 11 – (OS-1878 – A098) – Proximidades de Campo Magro, Estrada do Cerne. Escorregamento de solo relacionado a uma crista alongada formada sobre dique de diabásio, proeminente sobre o relevo carbonático adjacente.



Fotografia 12 – (LM-9431 – A060) – Escorregamento relacionado a corte de rodovia, desenvolvido no sentido da foliação da rocha (metassedimentos foliados, Formação Capiru). Região de Campo Largo, rodovia de ligação entre as pistas da BR-277.

Fotografia 13 – (OS-1575 – A098) – Despejo inadequado de lixo diretamente na drenagem, incluindo recipientes de defensivos agrícolas. Região do Tigre, a norte de Campo Magro.

Fotografia 14 – (A098) – Aspecto da coleta de amostra geotécnica com cilindro de pve (amostra indeformada).

Fotografia 15 – (LM-8919 – A134) – Cavas de areia para construção civil na planície aluvionar do Rio Iguaçu.

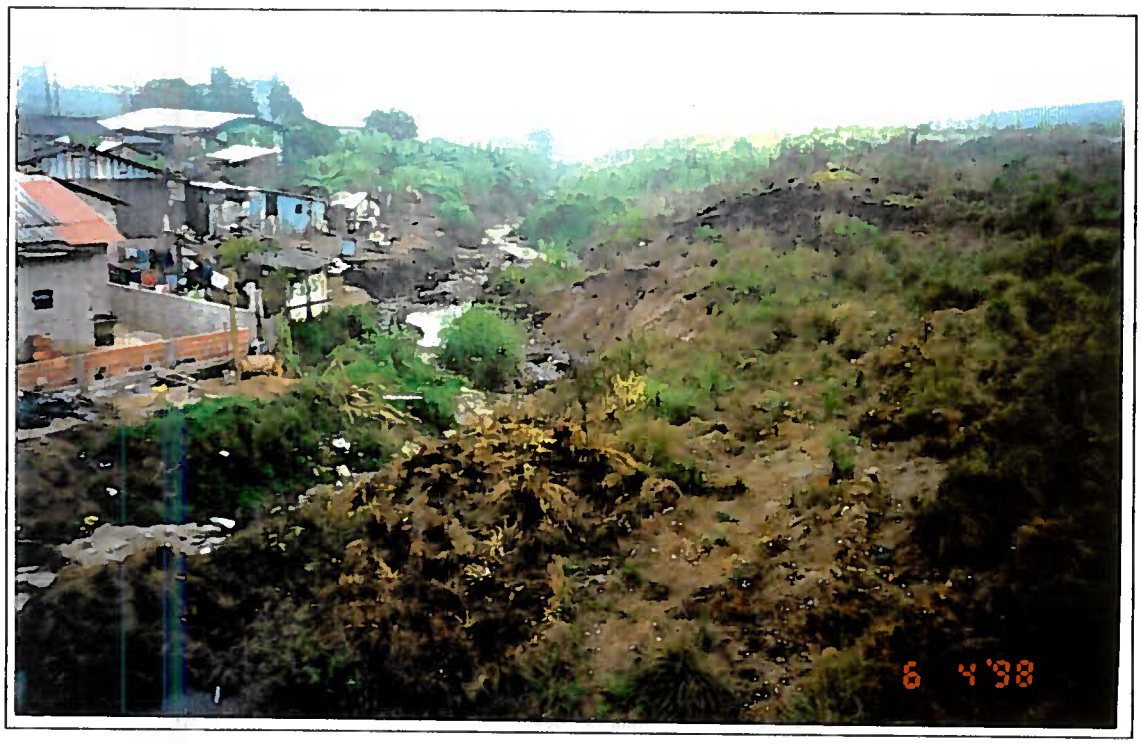
Fotografia 16 – (LM-8927 – A134) –Cava de areia para construção civil na planície aluvionar do Rio Iguaçu. O perfil apresenta cobertura de solo hidromórfico argiloso, negro, sobre argila esbranquiçada, plástica, passando a areia e cascalho em profundidade.

Fotografia 17 – (LM-9497 – A060) – Depósito aluvionar com espessa camada de cascalho na base, assentado sobre rochas gnáissico-migmatíticas (sul – sudoeste de Campo Largo).

Fotografia 18 – (OS-1471 – A133) – Região próxima do Rio Passaúna, a noroeste de Araucária. Nesta região são encontrados terraços aluvionares expressivos. No centro da foto o corte apresenta cunha de sedimentos argilosos e arenosos intercalados, incluindo horizonte de paleossolo. No primeiro plano encontram-se rochas gnáissico-migmatíticas, com o vale atual ao fundo.

Fotografia 19 – (OS-1468 – A133) – Sedimentos argilosos da Formação Guabirotuba, com intercalação de arcósios e cascalhos arcosianos. Evidência de processos erosivos típicos a partir da exposição dos sedimentos argilosos.

Fotografia 20 – (LM-8695 – A134) – Detalhe das argilas esmectíticas da Formação Guabirotuba. O empastilhamento é resultante dos processos de contração e expansão destas argilas. As fraturas resultantes estão preenchidas. No topo, lente de arcósio mais resistente ao intemperismo.



Fotografia 21 – (OS-1505 – A133) – Região oeste de Araucária. Parte de loteamento ocupando a área aluvionar, com esgotos lançados na drenagem. Na área direita da foto observam-se escorregamentos afetando sedimentos argilosos e cascalhos arcosianos (Formação Guabirotuba).

Fotografia 22 – (LM-9445 – A060) – Solo residual vermelho, argiloso, da Formação Guabirotuba, com nível intermediário de arcósio.

Fotografia 23 – (LM-9600 – A060) – Camada de cascalho polimítico, com matriz arcosiana, com seixos e blocos de quartzo e gnaisse (Formação Guabirotuba).

Fotografia 24 – (LM-9124 – A099) – Afloramento de dique de diabásio, com solo residual argiloso, blocos e matacões, com esfoliação esferoidal.

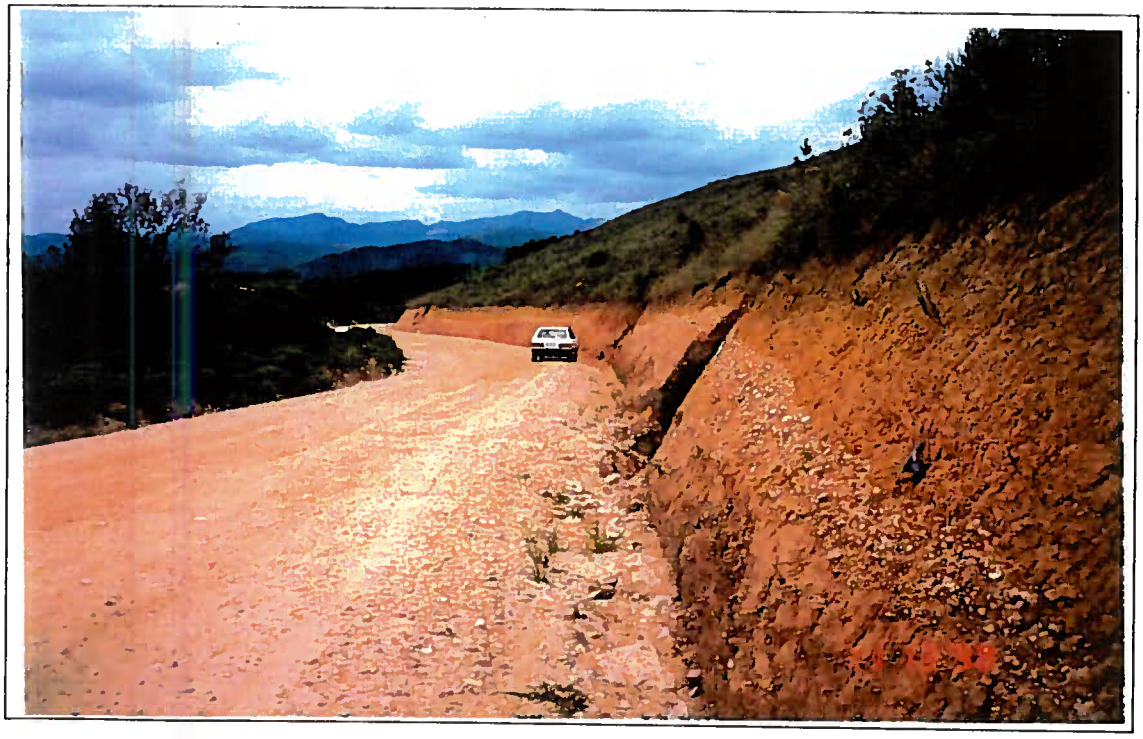
Fotografia 25 – (A060) – Afloramento de conglomerados da Formação Camarinha, com megablocos resistentes ao intemperismo, na região noroeste da Folha A060.

Fotografia 26 – (LM-9124 – A099) – Conglomerados polimíticos da Formação Camarinha, com matriz quartzo-feldspática.

Fotografia 27 – (OS-1582 – A098) – Saibreira abandonada em espessas camadas de quartzitos, com níveis microconglomeráticos, localmente friáveis. Formação Capiru.

Fotografia 28 – (OS-1948 – A098) – Detalhe da alternância milimétrica a centimétrica de níveis de metapelitos e metarenitos, com cores diferenciadas, foliação parelala ao acamamento (Formação Capiru).

Fotografia 29 – (OS-1547 – A098) – Seqüência de metapelitos intemperizados da Formação Capiru, de cor marrom avermelhada. As zonas de alta deformação mostram foliação anastomosada e abundantes veios de quartzo boudinados.



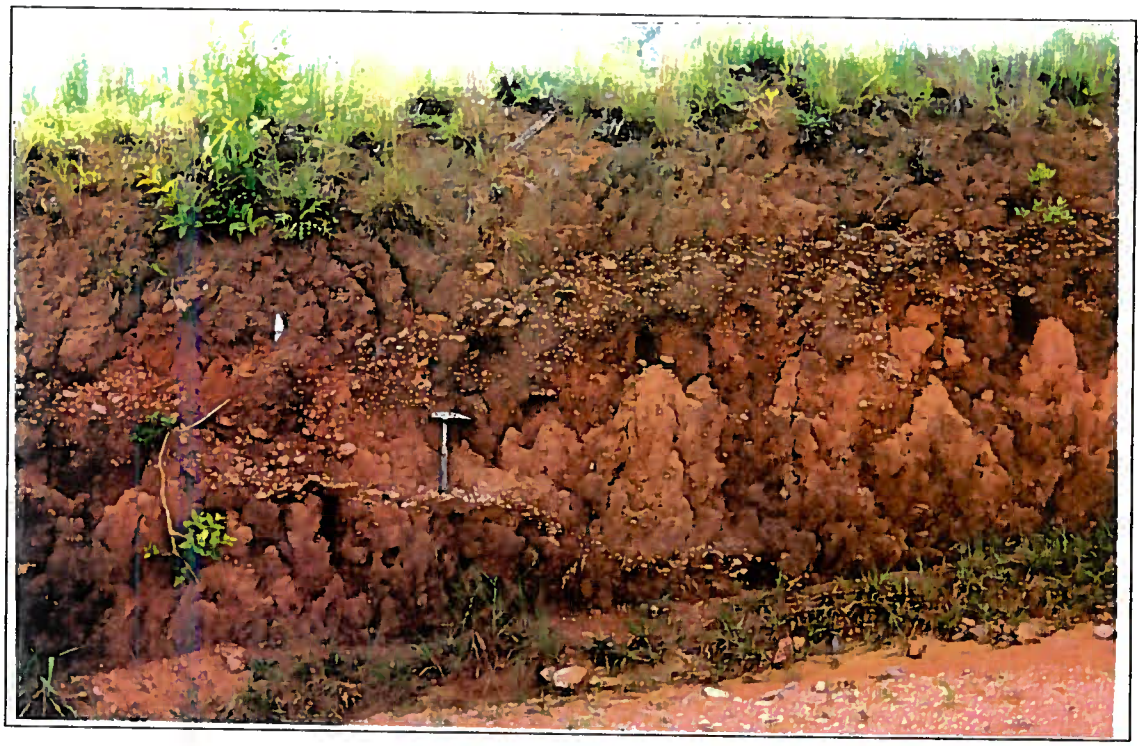
Fotografia 30 – (OS-1906 – A098) – Solo transportado sobre unidade de metapelitos da Formação Capiru, com espesso *stone line* de seixos e fragmentos de quartzo na base.

Fotografia 31 – (OS-1978 – A098) – Lavra em atividade em rochas calcárias (metacalcário dolomítico da Formação Capiru), usado para revestimento. Observados dobramentos apertados e intercalações de metapelitos.

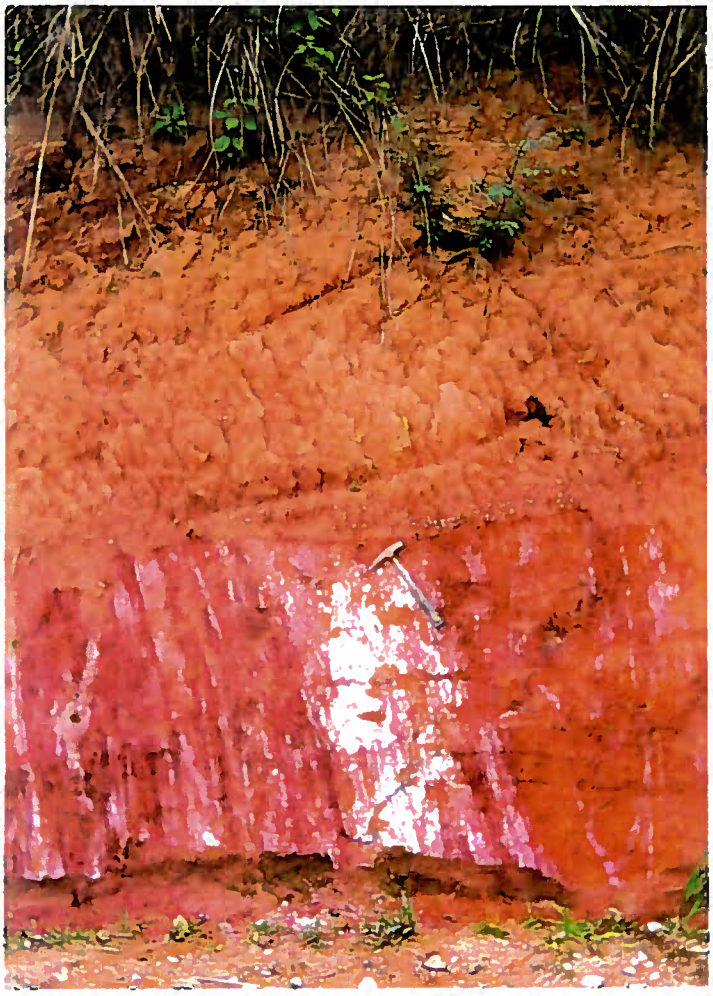
Fotografia 32 – (OS-1864 – A098) – Aspecto de afloramento de metacalcário dolomítico, situado na região de Lagoa da Pedra, Campo Magro.

Fotografia 33 – (OS-1874 – A098) –Afloramento de metacalcário dolomítico (blocos), na rodovia do Cerne. No corte são encontrados espessos sedimentos argilosos, com fragmentos e seixos de quartzo e metapelitos. Exemplo das coberturas de sedimentos formadas sobre as baixadas carbonáticas.

Fotografia 34 – (OS-1602 – A098) – Aspecto de depósito de sedimentos argilo-arenosos com abundantes seixos, fragmentos e blocos de metapelitos e quartzitos, depositados a partir de crista elevada sobre baixada carbonática. Região de Campo Magro.



Fotografia 35 – (LM-9004 – A099) – Solos transportado sobre saprolito de rocha gnáissico-migmatítica bandada, de composição básica predominante. Observam-se duas linhas de seixos de quartzo (*stone lines)* indicando processos sucessivos de transporte de solo.



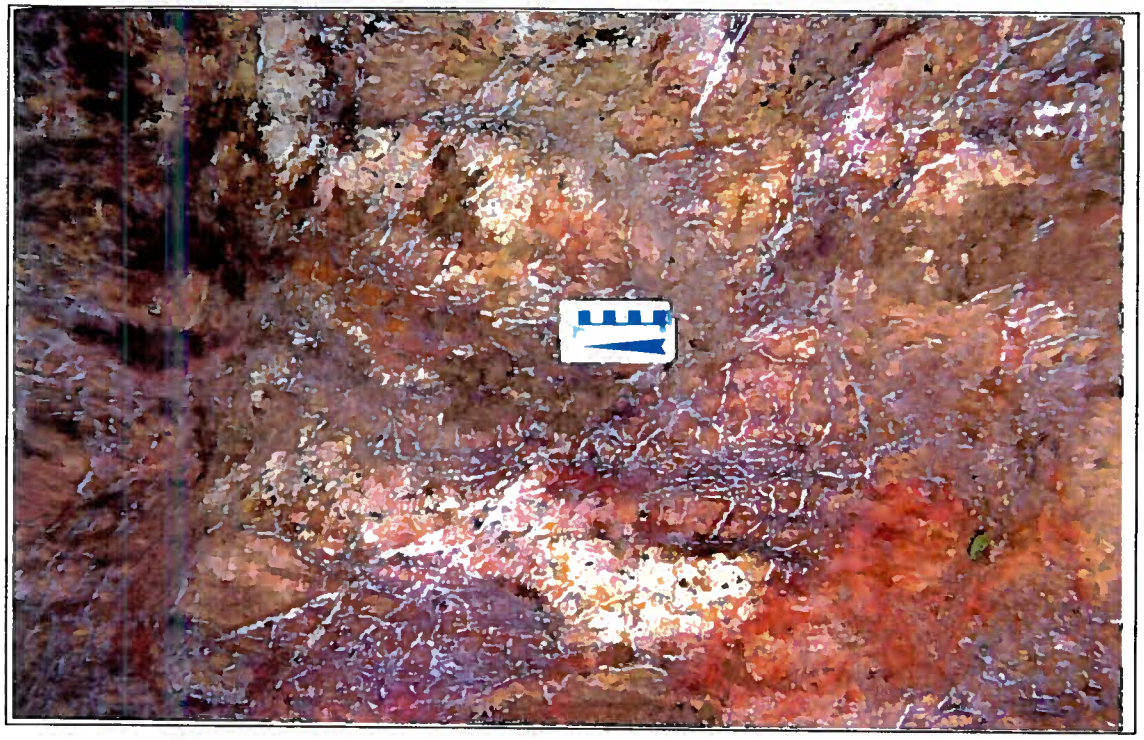
Fotografia 36 – (LM-9183 – A099) – Solo transportado sobre saprólito de rocha gnáissico-migmatítica bandada, composição básica predominante, com intercalações quartzo-feldspáticas esbranquiçadas. *Stone line* fino na base do solo.

Fotografia 37 – (LM-8738 – A134) – Saprólito de rocha gnáissico-migmatítica bandada, composição básica predominante, com níveis quartzo-feldspático subordinados.

Fotografia 38 – (OS-1768 – A133) – Saprólito de rocha metaultramáfica talcificada, resistente ao intemperismo, intercalada em gnaisses-migmatitos, com extensão aflorante de cerca de 30 m.

Fotografia 39 – (OS-1452 – A133) – Detalhe de bloco de augen-gnaisse, evidenciando os megacristais de K-feldspato. Unidade de gnaisses graníticos (Granitóide Guajuvira), região oeste de Araucária.

Fotografia 40 – (OS-1458 – A133) – Vista geral do relevo típico na região de domínio de rochas granito-gnáissicas, a oeste de Araucária. Afloram freqüentes acúmulos isolados de blocos de dimensões métricas, como pode ser visto na parte direita da fotografia.



Fotografia 41 – (LM-9310 – A099) – Detalhe de gnaisse-migmatito (saprólito) com intenso fraturamento tectônico, com as fraturas preenchidas por argilo-minerais.

Fotografia 42 – (LM-9192 – A099) – Processo erosivo intenso relacionado a rochas granito-gnáissicas (composição ácida predominante), afetando as vias de circulação de loteamento situado a oeste da represa do Passaúna.

APÊNDICE 2 – Ensaios Geotécnicos

TÁBUA DE IDENTIFICAÇÃO DE ABREVIAÇÕES E RESPECTIVAS UNIDADES

Ag	Argila (partículas <0,002 mm)
Si	Silte (0,002 a 0,02 mm)
Ar	Areia (0,02 a 2,0 mm)
ρs	Massa específica dos sólidos - g/cm^3
ρdc	Massa específica seca de campo - g/cm^3
eo	Índice de vazios natural
η	porosidade - %
Sr	Grau de saturação - %
ρdmx	Massa específica seca máxima - g/cm^3
wot	Teor de umidade ótima do solo - %
S	Índice de absorção de água
P	Perda de peso por imersão - %
E	Índice de erodibilidade
LL	Limite de liquidez
LP	Limite de plasticidade
CTC	Capacidade de troca de cátions - meq/100 g
SE	Superfície específica - m^2/g
Vb	Valor de adsorção de azul de metileno do solo - g/100 g
Acb	Valor de adsorção de azul de metileno na fração argila - g/100 g
Ph	Potencial hidrogeniônico

ENSAIOS GEOTÉCNICOS – FOLHA A060

MINEROPAR
MINERAIS DO PARANÁ SA

SELAB - Serviço de Laboratório

Projeto: Geotecnia R.M.C.

QUADRO RESUMO DOS ENSAIOS GEOTÉCNICOS

Área: Folha A-060

Número da Amostra / Número Laboratório	Sedimento			Classe Textural *	Índices de campo					Proctor Normal		LL	LP	Adsorção de Azul de Metileno						pH do solo			Permea-bilidade	Erodibilidade			Material Inconsolidado
														CTC cmol/kg		SE m^2/g		Vb	Acb	em	em	Δ	cm/s	S	P	E	
	Ag %	Si %	Ar %		δs g/cm3	δdc g/cm3	eo	n %	Sr %	δdmx g/cm3	wot %			solo	argila	solo	argila	g / 100 g	g / 100 g	água	KCl	pH	K		%		
LM 9537 ZAB 145	19	55	26	Siltosa	2,90	1,12	1,6	61,4	52,0	1,4	29,8	48,9	42,0	5,83	30,69	45,6	240,2	1,87	9,82	5,2	3,8	-1,4	1×10^{-4}	0,4	5,5	3,0	Saprolito de gnaisse-migmatito bandado básico
LM 9586 ZAB 146	13	21	66	Média	2,74	1,61	0,7	41,2	43,6	1,9	11,6	33,0	21,1	0,84	6,47	6,6	50,6	0,27	2,07	5,6	4,1	-1,5	6×10^{-4}	0,6	54,4	0,4	Arcósio Fm. Guabirotuba
LM 9586 - A ZAB 147	70	13	17	Muito Argilosa	2,83	1,28	1,2	54,5	72,1	1,4	28,6	58,5	36,5	5,09	7,27	39,9	56,9	1,63	2,33	4,5	3,8	-0,7	3×10^{-6}	0,4	16,3	0,9	Solo residual maduro Fm. Guabirotuba
LM 9587 ZAB 148	58	36	6	Argilosa	2,81	1,29	1,2	54,2	80,1	1,4	28,5	72,3	52,2	34,40	59,31	269,2	464,2	11,00	18,97	5,4	3,4	-2,0	9×10^{-5}	0,2	55,0	0,1	Argila cinza-esverdeada Fm. Guabirotuba
LM 9587 - A ZAB 149	62	12	26	Muito Argilosa	2,82	1,27	1,2	55,2	66,9	1,4	29,3	60,6	37,0	5,42	8,74	42,4	68,4	1,73	2,79	5,3	4,2	-1,1	3×10^{-6}	0,5	0,4	44,7	Solo transportado sobre a Fm. Guabirotuba
LM 9613 ZAB 150	21	68	11	Siltosa	2,96	1,35	1,2	54,3	68,6	1,5	27,3	44,7	30,6	4,86	23,16	38,1	181,3	1,56	7,41	4,8	4,0	-0,8	9×10^{-5}	0,2	24,8	0,3	Saprolito do argilito Formação Camarinha
LM 9360 ZAB 151	16	75	9	Siltosa	2,81	1,03	1,7	62,9	52,0	1,3	30,4	47,1	41,5	2,02	12,63	15,8	98,9	0,65	4,04	4,9	4,1	-0,8	9×10^{-6}	0,4	0,1	168,9	Saprolito de gnaisse-migmatito bandado básico
LM 9360 - A ZAB 152	15	57	28	Siltosa	2,67	1,11	1,4	58,3	74,7	1,3	34,7	53,0	49,9	1,63	10,87	12,8	85,0	0,52	3,48	5,4	4,0	-1,4	9×10^{-7}	0,4	42,5	0,4	Saprolito de gnaisse-migmatito bandado básico
LM 9718 ZAB 153	25	49	26	Siltosa	2,81	1,33	1,1	52,3	42,9	1,4	27,4	42,0	36,2	4,04	16,16	31,6	126,5	1,29	5,17	4,4	3,8	-0,6	9×10^{-5}	0,1	15,2	0,4	Saprolito de metassedimento rítmico-metapelito/F. Capiru
LM 9759 ZAB 154	41	52	7	Argilosa	2,83	1,47	0,9	47,3	75,7	1,4	28,0	50,0	36,3	7,22	17,60	56,5	137,8	2,31	5,63	4,5	3,9	-0,6	9×10^{-10}	0,2	0,3	26,2	Saprolito de metassedimento rítmico-metapelito/F. Capiru

* - Triângulo empregado para determinação das classes texturais simplificadas: USDA

** - Argilo mineral determinado via análise térmico-diferencial -ATD

*** - Manual comparativo de cores: MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Responsável:

SELAB

MINEROPAR
MINERAIS DO PARANÁ SA
SELAB - Serviço de Laboratório

Projeto: Geotecnia R.M.C.

QUADRO RESUMO DOS ENSAIOS GEOTÉCNICOS

Área: Folha A - 060

Número da Amostra / Número Laboratório	Sedimento			Classe Textural *	Índices de campo					Proctor Normal		LL	LP	Adsorção de Azul de Metileno						pH do solo			Permea-bilidade	Erodibilidade			Material
														CTC cmol/kg		SE m^2/g		Vb	Acb	em água	em KCl	Δ pH		S	P %	E	Inconsolidado
	Ag %	Si %	Ar %		δs g/cm3	δdc g/cm3	eo	n %	Sr %	δdmx g/cm3	wot %			solo	argila	solo	argila	g / 100 g	g / 100 g				K				
LM 9396 ZAB 155	12	53	35	Siltosa	2,83	1,33	1,1	53,0	58,3	–	–	–	–	1,44	12,00	11,3	93,9	0,46	3,84	–	–	–	–	–	–	–	Saprolito de Gnaisse-migmatito bandado básico
LM 9456 ZAB 156	51	32	17	Argilosa	2,84	1,39	1,1	51,3	83,2	–	–	–	–	12,05	23,63	94,3	184,9	3,86	7,56	–	–	–	–	–	–	–	Solo residual maduro Fm. Guabirotuba
LM 9460 ZAB 157	4	86	10	Siltosa	2,87	1,55	0,9	46,0	65,1	–	–	–	–	0,92	22,95	7,2	179,6	0,29	7,34	–	–	–	–	–	–	–	Saprolito de metassedim. rítmico-metapelito/F. Capiru
LM 9583 ZAB 158	53	19	28	Argilosa	2,94	1,25	1,4	57,5	68,2	–	–	–	–	0,57	12,39	51,4	97,0	2,10	3,96	–	–	–	–	–	–	–	Solo residual maduro Fm. Guabirotuba
LM 9612 ZAB 159	29	46	25	Siltosa	2,84	1,68	0,7	40,8	62,9	–	–	–	–	3,10	10,69	24,3	83,7	0,99	3,42	–	–	–	–	–	–	–	Argilito - Formação Camarinha
LM 9682 ZAB 160	19	51	30	Siltosa	2,72	1,30	1,1	52,0	65,0	–	–	–	–	3,42	17,98	26,7	140,7	1,09	5,75	–	–	–	–	–	–	–	Saprolito de gnaisse-migmatito bandado básico
LM 9752 ZAB 161	20	71	9	Siltosa	2,84	1,56	0,8	45,2	80,1	–	–	–	–	7,16	35,79	56,0	280,2	2,29	11,45	–	–	–	–	–	–	–	Saprolito de metassedim. rítmico-metapelito/F. Capiru
LM 9784 ZAB 162	49	37	14	Argilosa	2,72	1,41	0,9	48,3	66,4	–	–	–	–	13,31	27,17	104,2	212,7	4,26	8,69	–	–	–	–	–	–	–	Argila cinza esverdeada Fm. Guabirotuba
LM 9784 - A ZAB 163	29	25	46	Média	2,85	1,55	0,8	45,4	51,3	–	–	–	–	5,79	19,98	45,3	156,4	1,85	6,39	–	–	–	–	–	–	–	Arcósio Fm. Guabirotuba
LM 9784- B ZAB 164	30	61	9	Siltosa	2,86	1,31	1,2	54,3	63,8	–	–	–	–	14,88	49,59	116,4	388,1	4,76	15,86	–	–	–	–	–	–	–	Saprolito de metassedim. rítmico-metapelito/F. Capiru

* - Triângulo empregado para determinação das classes texturais simplificadas: USDA

** - Argilo mineral determinado via análise térmico-diferencial -ATD

*** - Manual comparativo de cores: MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Responsável:

SELAB

ENSAIOS GEOTÉCNICOS – FOLHA A098

MINEROPAR
MINERAIS DO PARANÁ SA

Projeto: GEOTECNIA R.M.C.

SELAB - Serviço de Laboratório

QUADRO RESUMO DOS ENSAIOS GEOTÉCNICOS

Área: FOLHA A - 098

Número da Amostra / Número Laboratório	Sedimento			Classe Textural *	Índices de campo					Proctor Normal		LL	LP	Adsorção de Azul de Metileno						pH do solo			Permea-bilidade	Erodibilidade			Material Inconsolidado
														CTC cmol/kg		SE m^2/g		Vb	Acb	em água	em KCl	Δ pH	cm/s K	S	P %	E	
	Ag %	Si %	Ar %		δs g/cm3	δdc g/cm3	eo	n %	Sr %	δdmx g/cm3	wot %			solo	argila	solo	argila	g / 100 g	g / 100 g								
OS 1554 ZAB 123	77	14	9	Muito Argilosa	2,81	1,03	1,7	63,3	51,1	1,3	36,6	65,0	42,6	4,81	6,24	37,6	48,9	1,54	2,00	5,1	4,1	-1,0	2×10^{-5}	0,8	1,7	19,4	Solo residual de metacalcário dolom.
OS 1556 ZAB 124	31	37	32	Siltosa	2,78	1,38	1,0	50,4	51,6	1,5	25,4	40,3	25,6	1,77	5,72	13,9	44,7	0,57	1,83	5,3	3,9	-1,4	1×10^{-3}	0,8	8,5	3,8	Argila de terraço aluvionar
OS 1600 ZAB 125	57	24	19	Argilosa	2,85	1,30	1,2	54,3	73,0	1,4	28,9	62,5	37,4	2,37	4,17	18,6	32,6	0,76	1,33	5,1	3,9	-1,2	5×10^{-4}	0,4	0,4	45,0	Solo transportado (se-dim.) sobre calcários
OS 1640 ZAB 126	65	24	11	Muito Argilosa	2,84	1,23	1,3	56,7	77,6	1,3	33,2	54,3	37,0	3,45	5,31	27,0	41,6	1,10	1,70	5,1	3,7	-1,4	1×10^{-5}	0,4	0,7	22,9	Solo transportado (se-dim.) sobre calcários
OS 1681 ZAB 127	12	50	38	Siltosa	2,86	1,32	1,2	53,9	53,0	1,5	25,2	47,0	40,3	1,94	16,19	15,2	126,7	0,62	5,18	5,4	4,1	-1,3	5×10^{-4}	0,5	23,3	0,9	Saprolito de gnaisse-migmatito básico
OS 1691 ZAB 128	30	37	33	Siltosa	2,86	1,38	1,1	51,7	73,0	1,4	27,4	53,5	38,7	3,03	10,10	23,7	79,0	0,97	3,23	5,8	4,1	-1,7	1×10^{-3}	0,5	1,4	15,8	Argila de terraço aluvionar
OS 1752 ZAB 129	40	40	20	Argilosa	2,90	1,16	1,5	60,1	51,7	1,5	26,5	50,3	37,8	2,34	5,86	18,3	45,9	0,75	1,87	4,8	3,9	-0,9	7×10^{-4}	0,5	6,9	3,0	Solo residual de gnaisse-migmatito bás.
OS 1820 ZAB 130	51	24	25	Argilosa	2,85	1,24	1,3	56,4	70,8	1,3	31,5	66,0	37,2	4,41	8,65	34,5	67,7	1,41	2,77	4,7	3,8	-0,9	6×10^{-4}	0,5	3,1	6,2	Solo residual Fm. Guabirotuba
OS 1848 ZAB 131	52	20	28	Argilosa	2,70	1,20	1,3	55,7	50,6	1,4	28,6	48,5	32,3	3,71	7,13	29,0	55,8	1,19	2,28	5,0	3,9	-1,1	4×10^{-4}	1,2	0,3	171,4	Solo residual Fm. Guabirotuba
OS 1874 ZAB 132	45	23	32	Argilosa	2,93	1,39	1,1	52,4	64,2	1,4	27,8	57,0	37,9	6,16	13,69	48,2	107,2	1,97	4,38	5,3	3,9	-1,4	1×10^{-4}	0,6	10,4	2,4	Solo transportado (se-dim.) sobre calcários
OS 1996 ZAB 133	25	34	41	Média	2,83	1,31	1,2	53,5	37,8	1,6	22,4	46,0	34,0	3,58	14,30	28,0	111,9	1,14	4,58	5,1	4,0	-1,1	1×10^{-4}	0,8	1,8	17,4	Solo residual de gnais-se-migmatito ácido
OS 1997 ZAB 134	46	24	30	Argilosa	2,85	1,22	1,3	57,1	54,0	1,4	28,3	54,2	36,9	3,22	7,00	25,2	54,8	1,03	2,24	5,2	4,1	-1,1	5×10^{-5}	0,5	0,4	51,7	Coluvio sobre Gnaisse-Migmatito

* - Triângulo empregado para determinação das classes texturais simplificadas: USDA

** - Argilo mineral determinado via análise térmico-diferencial -ATD

*** - Manual comparativo de cores: MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Responsável:

SELAB

MINEROPAR
MINERAIS DO PARANÁ SA
SELAB - Serviço de Laboratório

Projeto: GEOTECNIA R.M.C.

QUADRO RESUMO DOS ENSAIOS GEOTÉCNICOS

Área: FOLHA A - 098

Número da Amostra / Número Laboratório	Sedimento			Classe Textural *	Índices de campo					Proctor Normal		LL	LP	Adsorção de Azul de Metileno						pH do solo			Permeabilidade	Erodibilidade			Material Inconsolidado
														CTC cmol/kg		SE m^2/g		Vb	Acb	em água	em KCl	Δ pH	cm/s K	S	P %	E	
	Ag %	Si %	Ar %		δs g/cm3	δdc g/cm3	eo	n %	Sr %	δdmx g/cm3	wot %			solo	argila	solo	argila	g / 100 g	g / 100 g								
OS 1545 ZAB 135	30	54	16	Siltosa	2,84	1,12	1,5	60,6	49,4	–	–	–	–	3,47	11,55	27,1	90,4	1,11	3,70	–	–	–	–	–	–	–	Solo transportado sobre metapelitos
OS 1555 ZAB 136	12	63	25	Siltosa	2,91	1,33	1,2	54,2	45,0	–	–	–	–	1,37	11,41	10,7	89,3	0,44	3,65	–	–	–	–	–	–	–	Solo residual de metacalcário dolom.
OS 1558 ZAB 137	26	53	21	Siltosa	2,88	1,46	1,0	49,2	83,1	–	–	–	–	4,07	15,65	31,8	122,5	1,30	5,01	–	–	–	–	–	–	–	coluvio argiloso
OS 1634 ZAB 138	39	42	19	Argilosa	3,10	1,27	1,4	59,1	65,0	–	–	–	–	3,90	10,00	30,5	78,3	1,25	3,20	–	–	–	–	–	–	–	Solo residual de diabásio
OS 1648 ZAB 139	6	37	57	Média	2,77	1,14	1,4	58,8	20,7	–	–	–	–	0,85	14,19	6,7	111,1	0,27	4,54	–	–	–	–	–	–	–	Saprolito de gnaisse-migmatito comp. ácida
OS 1812 ZAB 140	81	10	9	Muito Argilosa	2,71	1,15	1,4	57,5	52,5	–	–	–	–	4,93	6,08	38,6	47,6	1,58	1,95	–	–	–	–	–	–	–	Solo residual maduro Fm. Guabirotuba
OS 1845 ZAB 141	59	20	21	Argilosa	2,78	1,25	1,2	55,1	59,4	–	–	–	–	4,31	7,31	33,8	57,2	1,38	2,34	–	–	–	–	–	–	–	Solo residual maduro Fm. Guabirotuba
OS 1993 ZAB 142	39	58	3	Argilosa	2,74	1,26	1,2	54,0	60,0	–	–	–	–	1,92	4,91	15,0	38,5	0,61	1,57	–	–	–	–	–	–	–	Solo residual de metapelitos
OS 1994 ZAB 143	14	42	44	Média	3,10	1,00	2,1	68,2	46,6	–	–	–	–	4,02	28,73	31,5	224,9	1,29	9,19	–	–	–	–	–	–	–	Saprolito de diabásio
OS 1995 ZAB 144	63	22	15	Muito Argilosa	2,84	1,36	1,1	52,3	75,1	–	–	–	–	3,88	6,15	30,3	48,2	1,24	1,97	–	–	–	–	–	–	–	Solo transportado (se-dim.) sobre calcários

* - Triângulo empregado para determinação das classes texturais simplificadas: USDA

** - Argilo mineral determinado via análise térmico-diferencial -ATD

*** - Manual comparativo de cores: MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Responsável:

SELAB

ENSAIOS GEOTÉCNICOS – FOLHA A099

MINEROPAR
MINERAIS DO PARANÁ SA

Projeto: GEOTECNIA R.M.C

SELAB - Serviço de Laboratório

QUADRO RESUMO DOS ENSAIOS GEOTÉCNICOS

Área: FOLHA A-099

Número da Amostra / Número Laboratório	Sedimento			Classe Textural *	Índices de campo					Proctor Normal		LL	LP	Adsorção de Azul de Metileno						pH do solo			Permea-bilidade cm/s K	Erodibilidade			Material Inconsolidado
														CTC cmol/kg		SE m^2/g		Vb	Acb	em	em	Δ		S	P	E	
	Ag %	Si %	Ar %		δs g/cm3	δdc g/cm3	eo	n %	Sr %	δdmx g/cm3	wot %			solo	argila	solo	argila	g / 100 g	g / 100 g	água	KCl	pH			%		
LM 8935 ZAB102	28	52	20	Siltosa	3,00	1,07	1,8	64,3	78,6	1,4	31,6	56,0	43,3	14,83	52,97	116,1	414,6	4,74	16,95	5,1	3,5	-1,61	1×10^{-4}	0,1	1,8	3,7	Saprolito de gnaisse-migmatito básico
LM9004 ZAB 103	10	38	52	Média	2,87	1,44	1,0	50,0	75,8	1,5	25,5	40,1	35,8	0,92	9,19	7,2	72,0	0,29	2,94	5,2	4,0	-1,20	1×10^{-4}	0,3	1,7	10,7	Saprolito de gnaisse-migmatito básico
LM 9096 ZAB 104	14	78	8	Siltosa	3,01	1,33	1,3	56,0	78,2	1,4	27,7	50,0	40,8	1,55	11,05	12,1	86,5	0,49	3,53	4,6	3,7	-0,83	1×10^{-4}	0,2	40,8	0,3	Saprolito de gnaisse-migmatito básico/ultramáfica
LM9146 ZAB 105	9	54	37	Siltosa	2,86	1,32	1,2	53,8	68,0	1,5	21,6	47,5	39,8	2,36	26,23	18,5	205,3	0,76	8,39	4,9	3,9	-0,99	1×10^{-4}	0,3	23,5	0,7	Saprolito de gnaisse-migmatito qtzo-feldspat.
LM9179 ZAB 106	5	38	57	Média	2,78	1,41	1,0	49,3	59,7	1,6	19,3	36,9	34,2	0,90	17,98	7,0	140,7	0,29	5,75	4,8	3,8	-0,98	1×10^{-4}	0,5	57,0	0,5	Saprolito de gnaisse-migmatito qtzo-feldspat.
LM 9181 ZAB 107	34	38	28	Siltosa a Argilosa	2,82	1,25	1,3	55,7	77,5	1,5	27,4	65,9	47,5	2,61	7,67	20,4	60,0	0,83	2,45	5,0	4,0	-1,00	1×10^{-4}	0,2	10,5	0,8	Solo transportado sobre gnaisse-migmatito ácido
LM 9254 ZAB 108	40	56	4	Argilosa	2,90	0,96	2,0	67,0	69,0	1,2	41,6	75,0	50,4	7,36	18,41	57,6	144,1	2,36	5,89	4,7	3,7	-0,99	1×10^{-4}	0,2	15,8	0,5	Saprolito de gnaisse-migmatito básico
LM 9290 ZAB 109	28	63	9	Siltosa	3,00	0,94	2,2	68,5	60,6	1,3	36,2	59,0	46,1	3,21	11,47	25,1	89,8	1,03	3,67	5,5	4,2	-1,30	8×10^{-4}	0,5	12,5	1,5	Saprolito de gnaisse-migmatito básico

* - Triângulo empregado para determinação das classes texturais simplificadas: USDA

** - Argilo Mineral determinado via análise térmico-diferencial -ATD

*** - Manual comparativo de cores: MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Responsável:

SELAB

MINEROPAR

MINERAIS DO PARANÁ SA

SELAB - Serviço de Laboratório

Projeto: GEOTECNIA R.M.C

QUADRO RESUMO DOS ENSAIOS GEOTÉCNICOS

Área: FOLHA A-099

Número da Amostra / Número Laboratório	Sedimento			Classe Textural *	Índices de campo					Proctor Normal		LL	LP	Adsorção de Azul de Metileno						pH do solo			Permea-bilidade cm/s K	Erodibilidade			Material Inconsolidado
														CTC cmol/kg		SE m^2/g		Vb	Acb	em água	em KCl	Δ pH		S	P %	E	
	Ag %	Si %	Ar %		δs g/cm3	δdc g/cm3	eo	n %	Sr %	δdmx g/cm3	wot %			solo	argila	solo	argila	g / 100 g	g / 100 g								
LM 8942 ZAB110	16	58	26	Siltosa	2,82	1,12	1,5	60,2	66,2	–	–	–	–	3,00	18,72	23,4	146,5	0,96	5,99	–	–	–	–	–	–	–	Saprolito de gnaisse-migmatito básico
LM8961 ZAB 111	9	15	76	Média	2,74	1,51	0,8	44,9	40,9	–	–	–	–	1,68	18,69	13,2	146,3	0,54	5,98	–	–	–	–	–	–	–	Arcósio Fm. Guabirotuba
LM8994 ZAB 112	17	47	36	Siltosa	3,04	1,01	2,0	66,8	81,4	–	–	–	–	5,71	33,61	44,7	263,1	1,83	10,75	–	–	–	–	–	–	–	Saprólito de meta--ultramáfica
LM 9049 ZAB 113	18	37	45	Média	2,77	1,23	1,3	55,6	52,9	–	–	–	–	1,80	10,00	14,1	78,3	0,58	3,20	–	–	–	–	–	–	–	Saprolito de gnaisse-migmatito básico
LM 9134 ZAB 114	18	37	45	Média	2,83	1,28	1,2	54,9	70,4	–	–	–	–	1,96	10,86	15,3	85,0	0,63	3,48	–	–	–	–	–	–	–	Saprolito de gnaisse-migmatito básico
LM9225 ZAB 115	15	50	35	Média	2,89	1,16	1,5	59,8	55,2	–	–	–	–	1,41	9,43	11,1	73,8	0,43	3,02	–	–	–	–	–	–	–	Saprolito de gnaisse-migmatito básico
LM9236 ZAB 116	13	16	71	Média	2,72	1,48	0,8	45,5	32,8	–	–	–	–	0,41	3,17	3,2	24,8	0,13	1,02	–	–	–	–	–	–	–	Saprolito de gnaisse-migmatito ácido
LM 9244 ZAB 117	20	61	19	Siltosa	2,86	0,95	2,0	66,9	49,6	–	–	–	–	4,63	23,13	36,2	181,0	1,48	7,40	–	–	–	–	–	–	–	Saprolito de Gnaisse-Migmatito básico
LM 9310 LM 118	11	36	53	Média	2,76	1,35	1,0	51,1	67,0	–	–	–	–	3,31	30,08	25,9	235,5	1,06	9,62	–	–	–	–	–	–	–	Saprolito de gnaisse-migmatito básico
LM 9339 LM 119	52	29	19	Argilosa	2,80	1,12	1,4	57,8	69,4	–	–	–	–	8,41	16,17	65,8	126,6	2,69	5,17	–	–	–	–	–	–	–	Solo residual maduro Fm. Guabirotuba

* - Triângulo empregado para determinação das classes texturais simplificadas: USDA

** - Argilo Mineral determinado via análise térmico-diferencial -ATD

*** - Manual comparativo de cores: MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Responsável:

SELAB

ENSAIOS GEOTÉCNICOS – FOLHA A101

MINEROPAR
MINERAIS DO PARANÁ SA

SELAB - Serviço de Laboratório

Projeto: GEOTECNIA R.M.C.

QUADRO RESUMO DOS ENSAIOS GEOTÉCNICOS

Área: FOLHA A - 101

Número da Amostra / Número Laboratório	Sedimento			Classe Textural *	Índices de campo					Proctor Normal		LL	LP	Adsorção de Azul de Metileno						pH do solo			Permea-bilidade	Erodibilidade			Material Inconsolidado
														CTC cmol/kg		SE m^2/g		Vb	Acb	em água	em KCl	Δ pH	cm/s K	S	P %	E	
	Ag %	Si %	Ar %		δs g/cm3	δdc g/cm3	eo	n %	Sr %	δdmx g/cm3	wot %			solo	argila	solo	argila	g / 100 g	g / 100 g								
RG 5451-A ZAB 181	41	40	19	Argilosa	2,69	1,07	1,3	60,2	60,7	1,4	27,3	51,5	35,2	4,99	12,18	39,1	95,3	1,60	3,90	5,1	3,9	-1,2	9×10^{-6}	0,3	0,5	20,0	Solo tranportado sobre metapelitos
RG 5451-B ZAB 182	6	86	8	Siltosa	2,81	1,45	0,9	48,2	62,7	1,4	26,7	44,5	36,7	1,69	28,15	13,2	220,3	0,54	0,54	5,1	3,5	-1,6	4×10^{-6}	0,1	14,7	0,3	Saprolito de metapelito
RG 5459 ZAB 183	10	83	7	Siltosa	2,85	1,42	1,0	50,3	79,4	1,4	25,4	47,9	39,4	2,45	24,46	19,1	191,4	0,76	0,78	4,9	3,3	-1,6	1×10^{-6}	0,2	31,1	0,2	Saprolito de metapelito
RG 5460 ZAB 184	18	48	34	Siltosa	2,79	1,00	1,8	64,2	62,5	1,4	32,5	50,8	43,3	8,69	48,29	68,0	377,9	1,10	2,78	5,7	3,8	-1,9	1×10^{-5}	0,4	56,4	0,3	Saprolito de diabásio
RG 5477 ZAB 185	35	45	20	Argilosa Siltosa	2,97	1,12	1,6	62,2	66,1	1,5	28,6	58,0	39,7	7,13	20,36	55,8	159,3	0,62	2,28	5,1	3,6	-1,5	2×10^{-6}	0,1	12,7	0,5	Solo residual de metapelito
RG 5482 ZAB 186	46	38	16	Argilosa	2,90	1,09	1,7	62,4	59,5	1,3	36,0	65,1	46,3	4,72	10,27	37,0	80,4	0,97	1,51	5,2	4,2	-1,0	5×10^{-6}	0,5	0,4	40,8	Solo residual de diabásio
RG 5538 ZAB 187	67	28	5	Muito Argilosa	2,84	1,37	1,1	51,9	80,2	1,3	33,1	86,2	38,2	39,29	58,64	307,5	458,9	0,75	12,57	5,8	4,0	-1,8	1×10^{-8}	0,5	32,9	0,6	Argila variegada Fm. Guabirotuba
RG 5588-A ZAB 188	56	15	29	Argilosa	2,91	1,12	1,6	61,7	55,7	1,5	26,0	56,0	35,6	2,56	4,56	20,0	35,7	1,41	0,82	5,7	4,3	-1,4	4×10^{-6}	0,5	8,9	2,4	Coluvio sobre gnaisse-migmatito
RG 5588-B ZAB 189	13	47	40	Média Siltosa	2,86	1,10	1,6	61,4	45,5	1,5	22,4	40,0	37,9	1,38	10,61	10,8	83,0	1,19	0,44	5,6	4,1	-1,5	1×10^{-6}	0,6	46,1	0,5	Saprolito de gnaisse-migmatito básico
RG 5629 ZAB 190	67	14	19	Muito Argilosa	2,80	1,20	1,3	57,2	67,5	1,4	29,6	56,6	36,6	6,24	9,32	48,9	72,9	1,97	2,00	5,0	3,5	-1,5	1×10^{-8}	0,5	11,7	1,8	Argila variegada Fm. Guabirotuba
RG 5646 ZAB 191	58	17	25	Argilosa	2,84	1,13	1,5	60,3	55,6	1,3	32,3	57,5	39,4	3,48	5,99	27,2	46,9	1,14	1,11	4,5	4,0	-0,5	2×10^{-5}	0,4	0,1	45,0	Solo residual maduro Fm. Guabirotuba
RG 5717 ZAB 192	49	33	18	Argilosa	2,91	1,16	1,5	60,2	73,5	1,3	35,6	64,9	42,8	3,63	7,40	28,4	58,0	1,03	1,16	5,2	4,1	-1,1	5×10^{-6}	0,3	0,9	11,8	Solo residual maduro de gnaisse-migmatito ácido

* - Triângulo empregado para determinação das classes texturais simplificadas: USDA

** - Argilo mineral determinado via análise térmodiferencial -ATD

*** - Manual comparativo de cores: MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Responsável:

SELAB

ENSAIOS GEOTÉCNICOS – FOLHA A133

MINEROPAR
MINERAIS DO PARANÁ SA

Projeto: GEOTECNIA R.M.C.

SELAB - Serviço de Laboratório

QUADRO RESUMO DOS ENSAIOS GEOTÉCNICOS

Área: Folha A -133

Número da Amostra / Número Laboratório	Sedimento			Classe Textural *	Índice de campo					Proctor Normal		LL	LP	Adsorção de Azul de Metileno						pH do solo			Permea-bilidade	Erodibilidade			Material Inconsolidado
														CTC meq / 100g		SE m^2/g		Vb	Acb	em água	em KCL	A pH		S	P %	E	
	Ag %	Si %	Ar %		δs g/cm3	δdc g/cm3	eo	n %	Sr %	δdmx g/cm3	wot %			solo	argila	solo	argila	g / 100 g	g / 100 g				cm/s K				
OS 1281 ZAB 056	13	35	52	Média	2,86	1,13	1,5	60,4	82,5	1,4	24,2	48,7	41,0	13,00	100,0	101,9	783,8	4,17	41,65	6,0	3,0	-3,0	3×10^{-5}	0,19	0,50	8,73	Saprolito de rocha metaultramáfica
OS 1319 - A ZAB 057	13	41	46	Média	2,76	1,53	0,8	44,6	55,7	1,5	23,4	35,5	26,6	0,9	6,9	6,9	52,9	0,28	2,16	5,5	4,3	-1,2	1×10^{-4}	0,15	7,25	0,82	Solo residual de gnaisse migmatito bandado básico
OS 1377 - A ZAB 058	29	20	51	Média	2,73	1,58	0,7	41,9	64,2	1,8	15,4	40,0	24,2	3,60	12,41	28,2	97,1	1,15	3,97	4,6	3,8	-0,8	1×10^{-3}	0,13	2,36	2,20	Arcósio Fm. Guabirotuba
OS 13 77 -B ZAB 059	35	20	45	Média Argilosa	2,79	1,59	0,8	42,9	83,9	1,5	25,3	41,0	19,5	19,00	54,28	148,7	424,9	6,08	17,37	4,5	3,5	-1,0	_	0,14	11,61	0,48	Argila da Fm. Guabirotuba
OS 1397 ZAB 060	4	23	73	Média	2,72	1,26	1,2	53,8	46,8	1,5	22,5	36,0	31,9	0,90	22,50	6,8	170,9	0,28	6,99	5,1	4,1	-1,0	1×10^{-3}	0,43	6,41	2,68	Saprolito de gnaisse-granítico Guajuvira
OS 1471 - A ZAB 061	26	25	49	Média	2,72	1,33	1,0	51,0	67,2	1,4	25,1	42,3	33,7	2,40	9,23	19,1	73,3	0,78	3,00	5,3	4,2	-1,1	1×10^{-4}	0,24	3,63	2,64	Argila de terraço aluvionar
OS 1471 - B ZAB 062	20	32	48	Média	2,77	1,48	0,9	46,6	84,9	1,5	23,5	60,5	45,8	1,90	9,50	15,0	75,2	0,61	3,07	5,8	4,3	-1,5	1×10^{-4}	0,32	13,34	0,95	Argila de terraço aluvionar
OS 1472 ZAB 053	23	47	30	Siltosa	2,99	1,10	2,1	68,1	81,3	1,1	46,8	75,7	64,3	4,20	18,26	33,0	143,3	1,35	5,86	5,4	4,2	-1,2	6×10^{-5}	0,25	18,32	0,54	Saprolito de gnaisse-migmatito bandado básico
OS 1480 ZAB 064	72	21	7	Muito Argilosa	2,86	1,15	1,5	59,7	75,0	1,4	34,4	77,1	37,8	4,70	6,52	36,7	50,9	1,50	2,08	5,7	4,1	-1,6	_	0,75	3,51	8,54	Solo residual maduro Fm. Guabirotuba
OS 1529 ZAB 065	24	42	34	Siltosa	2,75	1,24	1,2	54,9	56,5	1,5	23,7	46,5	34,7	2,80	12,66	21,8	90,8	0,89	3,71	4,9	4,1	-0,8	2×10^{-2}	0,21	3,98	2,16	Solo residual de gnaisse-granítico Guajuvira

* - Triângulo empregado para determinação das classes texturais simplificadas: USDA

** - Argilo Mineral determinado via análise térmico-diferencial -ATD

*** - Manual comparativo de cores: MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Responsável:

SELAB

MINEROPAR

MINERAIS DO PARANÁ SA

SELAB - Serviço de Laboratório

Projeto: GEOTECNIA R.M.C.

QUADRO RESUMO DOS ENSAIOS GEOTÉCNICOS

Área: Folha A -133

Número da Amostra / Número Laboratório	Sedimento			Classe Textural *	Índice de campo					Proctor Normal		LL	LP	Adsorção de Azul de Metileno						pH do solo			Permea-bilidade	Erodibilidade			Material Inconsolidado
														CTC meq / 100g		SE m^2/g		Vb	Acb	em água	em KCL	A pH		S	P %	E	
	Ag %	Si %	Ar %		δs g/cm3	δdc g/cm3	eo	n %	Sr %	δdmx g/cm3	wot %			solo	argila	solo	argila	g / 100 g	g / 100 g				cm/s K				
OS 1280 ZAB 066	10	45	45	Média	2,88	1,38	1,1	52,2	82,7	–	–	–	–	3,00	30,0	23,9	239,1	0,98	9,77	–	–	–	—	–	–	–	Saprolito de gnaisse-migmatito bandado básico
OS 1284 ZAB 0 67	11	64	25	Siltosa	3,19	1,02	2,3	69,9	69	–	–	–	–	2,8	25,45	22,4	203,8	0,92	8,33	–	–	–	—	–	–	–	Saprolito de rocha metaultramáfica
OS 1319 - B ZAB 068	9	62	29	Siltosa	2,92	1,24	1,3	57,4	61,4	–	–	–	–	1,00	11,11	7,7	85,8	0,32	3,51	–	–	–	—	–	–	–	Saprolito de gnaisse-migmatito bandado básico
OS 13 60 ZAB 069	22	49	29	Siltosa	2,79	1,35	1,1	51,7	64,6	–	–	–	–	1,80	8,18	14,6	66,3	0,60	2,71	–	–	–	—	–	–	–	Solo residual de gnaisse-granítico Guajuvira
OS 1384 ZAB 070	49	36	15	Argilosa	2,86	1,16	1,5	59,4	78,7	–	–	–	–	8,90	18,16	69,4	141,7	2,84	5,79	–	–	–	—	–	–	–	Solo residual maduro Fm. Guabirotuba
OS 1405 - A ZAB 071	29	29	42	Média	2,72	1,41	0,9	48,1	73,7	–	–	–	–	1,90	6,55	15,4	53,2	0,63	2,17	–	–	–	—	–	–	–	Solo residual de gnaisse migmatito bandado básico
OS 1405 - B ZAB 072	32	32	36	Siltosa	2,71	1,22	1,2	55,2	64,3	–	–	–	–	2,40	7,50	18,6	58,3	0,76	2,38	–	–	–	—	–	–	–	Solo coluvionar sobre gnaisse-migmatito band.
OS 1411 ZAB 073	20	47	33	Siltosa	2,77	1,04	1,7	62,3	48,4	–	–	–	–	3,00	15,00	23,5	117,4	0,96	4,80	–	–	–	—	–	–	–	Saprolito de gnaisse-granítico Guajuvira
OS 1468 - A ZAB 074	30	17	53	Média	2,75	1,40	1,0	49,0	74,2	–	–	–	–	13,20	43,90	103,3	344,2	4,22	14,07	–	–	–	—	–	–	–	Arcósio Fm. Guabirotuba
OS 1468 - B ZAB 075	51	31	18	Argilosa	2,82	1,15	1,4	59,1	78,5	–	–	–	–	14,80	29,00	115,8	227,1	4,73	9,28	–	–	–	—	–	–	–	Argila Fm. Guabirotuba
OS 15 10 ZAB 076	48	44	8	Argilosa	2,73	1,05	1,6	61,4	89,5	–	–	–	–	36,20	75,40	283,3	590,1	11,58	24,12	–	–	–	—	–	–	–	Argila Fm. Guabirotuba
OS 15 11 - A ZAB 077	15	23	62	Média	2,69	1,46	0,8	45,8	60,0	–	–	–	–	1,30	8,66	10,6	70,4	0,43	2,88	–	–	–	—	–	–	–	Arcósio Fm. Guabirotuba
OS 15 11 - B ZAB 078	51	19	30	Argilosa	2,68	1,03	1,6	61,4	59,3	–	–	–	–	3,10	6,07	24,0	47,1	0,98	1,92	–	–	–	—	–	–	–	Solo residual maduro Fm. Guabirotuba
OS 1530 ZAB 079	59	15	26	Argilosa	2,68	1,02	1,6	62,1	55,7	–	–	–	–	3,00	5,08	23,6	40,0	0,96	1,64	–	–	–	—	–	–	–	Solo coluvionar sobre Gnaisse-Migmatito band.

* - Triângulo empregado para determinação das classes texturais simplificadas: USDA

** - Argilo Mineral determinado via análise térmico-diferencial -ATD

*** - Manual comparativo de cores: MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Responsável:

SELAB

ENSAIOS GEOTÉCNICOS – FOLHA A134

MINEROPAR
MINERAIS DO PARANÁ SA

SELAB - Serviço de Laboratório

Projeto: Geotecnia R.M.C

QUADRO RESUMO DOS ENSAIOS GEOTÉCNICOS

Área: Folha A - 134

Número da Amostra / Número Laboratório	Sedimento			Classe Textural *	Índice de campo					Proctor Normal		LL	LP	Adsorção de Azul de Metileno						pH do solo			Permea-bilidade cm/s k	Erodibilidade			Material Inconsolidado
														CTC MEQ / 100g		SE m^2/g		Vb	Acb	em água	em KCL	A pH		S	P %	E	
	Ag %	Si %	Ar %		δs g/cm3	δdc g/cm3	eo	n %	Sr %	&dmx g/cm3	wot %			solo	argila	solo	argila										
LM8679 - A ZAB 027	28	50	22	Siltosa	2,69	1,07	1,5	60,2	57,2	1,4	27,3	54,9	37,6	2,3	8,1	17,7	63,3	0,72	2,59	5,3	3,8	-1,5	1×10^{-4}	0,2	2,6	3,6	Solo residual vermelho gnaisse - migmatito básico
LM8679 - B ZAB 028	8	68	24	Siltosa	2,74	0,95	1,9	65,3	58,6	1,3	32,5	47,0	41,5	2,0	25,1	15,7	196,6	0,64	8,03	5,3	3,9	-1,4	1×10^{-3}	0,4	26,8	0,6	Saprolito de gnaisse-migmatito básico
LM8694 - A ZAB 029	18	56	26	Siltosa	2,74	1,11	1,5	59,4	63,8	1,4	30,1	45,3	37,8	1,8	10,0	14,2	78,7	0,58	3,21	5,6	3,8	-1,8	1×10^{-5}	0,2	28,1	0,3	Solo residual gnaisse - migmatito básico
LM 8694 - B ZAB 030	8	50	42	Média	2,72	1,02	1,7	62,6	46,6	1,3	28,6	41,0	38,2	0,9	11,5	7,2	90,2	0,29	3,69	5,6	4,0	-1,6	1×10^{-4}	0,6	48,6	0,5	Saprolito de gnaisse-migmatito básico
LM8695 - A ZAB 031	57	20	23	Argilosa	2,79	1,09	1,6	61,0	84,8	1,4	30,4	70,7	45,3	16,2	28,4	126,7	222,4	5,18	9,04	4,5	3,6	-0,9	1×10^{-5}	0,5	0,8	25,8	Solo residual maduro Fm. Guabirotuba
LM 8695 - B ZAB 032	53	39	8	Argilosa	2,79	1,04	1,7	62,8	80,6	1,4	29,2	86,0	52,6	27,9	52,6	218,3	411,9	8,92	16,84	4,9	3,5	-1,4	1×10^{-5}	0,1	6,1	0,3	Argila cinza-esverdeada Fm. Guabirotuba
LM 8695 - C ZAB 033	4	15	81	Média	2,77	1,18	1,3	57,4	66,5	1,5	23,0	52,6	43,8	10,2	—	79,9	1997,6	3,27	81,65	4,4	3,4	-1,0	1×10^{-4}	0,4	5,0	3,5	Arcósio Fm. Guabirotuba
LM8866 - A ZAB 034	16	38	46	Média	2,70	1,17	1,3	56,7	46,3	1,5	21,9	41,5	33,1	1,4	8,7	10,9	68,1	0,45	2,78	4,9	3,8	-1,1	1×10^{-5}	0,5	4,0	4,7	Solo residual amarelo gnaisse - migmatito ácido
LM 8866 - B ZAM 035	8	36	56	Média	2,67	1,21	1,2	54,6	50,7	1,5	24,2	38,5	36,4	1,4	17,3	10,8	135,3	0,44	5,53	5,1	3,9	-1,2	1×10^{-4}	0,5	57,6	0,4	Saprolito de gnaisse-migmatito ácido

* - Triângulo empregado para determinação das classes texturais simplificadas: USDA

*** - Manual comparativo de cores: MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Responsável:

SELAB

MINEROPAR

MINERAIS DO PARANÁ SA

SELAB - Serviço de Laboratório

Projeto: Geotecnia R.M.C

QUADRO RESUMO DOS ENSAIOS GEOTÉCNICOS

Área: Folha A - 134

Número da Amostra / Número Laboratório	Sedimento			Classe Textural *	Índice de campo					Proctor Normal		LL	LP	Adsorção de Azul de Metileno						pH do solo			Permea-bilidade	Erodibilidade			
														CTC MEQ / 100g		SE m^2/g		Vb	Acb	em água	em KCL	A pH	cm/s k	S	P %	E	
	Ag %	Si %	Ar %		&s g/cm3	&dc g/cm3	eo	n %	Sr %	&dmx g/cm3	wot %			solo	argila	solo	argila										
LM8689 ZAB 036	12	56	32	Siltosa	2,73	1,12	1,4	59,1	55,6	—	—	—	—	1,9	15,9	15,0	124,7	0,61	5,10	—	—	—	—	—	—	—	Saprolito de gnaisse-migmatito bandado básico
LM8697 ZAB 037	13	62	25	Siltosa	2,76	1,23	1,2	55,4	78,7	—	—	—	—	2,5	19,3	19,6	150,9	0,80	6,17	—	—	—	—	—	—	—	Saprolito de gnaisse-migmatito bandado básico
LM8709 ZAB 038	32	26	42	Média	2,93	1,13	1,6	61,3	65,8	—	—	—	—	3,0	9,3	23,4	73,1	0,96	2,99	—	—	—	—	—	—	—	Saprolito de gnaisse-migmatito bandado básico
LM8718 -A ZAB 039	23	36	41	Média	2,68	1,19	1,2	55,5	76,6	—	—	—	—	5,9	25,6	46,1	200,4	1,88	8,19	—	—	—	—	—	—	—	Solo residual de gnaisse - migmatito bandado básico
LM8718 - B ZAB 040	16	29	55	Média	2,84	1,09	1,6	61,6	63,9	—	—	—	—	4,7	29,2	36,5	228,2	1,49	9,33	—	—	—	—	—	—	—	Saprolito de gnaisse-migmatito bandado básico
LM8833 ZAB 041	18	45	37	Siltosa	2,78	1,13	1,5	59,4	74,1	—	—	—	—	4,0	22,1	31,1	172,9	1,27	7,07	—	—	—	—	—	—	—	Saprolito de gnaisse-migmatito bandado básico
LM8738 ZAB 042	16	57	27	Siltosa	2,70	1,28	1,1	52,6	87,3	—	—	—	—	2,6	16,1	20,1	125,9	0,82	5,15	—	—	—	—	—	—	—	Saprolito de gnaisse-migmatito bandado básico
LM8744 - A ZAB 043	72	22	6	Muito Argilosa	2,87	0,86	2,4	70,2	82,2	—	—	—	—	38,6	53,6	301,8	419,2	12,34	17,13	—	—	—	—	—	—	—	Argila cinza-esverdeada Fm. Guabirotuba
LM8744 - B ZAB 044	19	28	53	Média	3,10	1,23	1,5	60,2	77,2	—	—	—	—	10,3	54,3	80,8	425,2	3,30	17,38	—	—	—	—	—	—	—	Arcósio Fm. Guabirotuba
LM8847 ZAB 045	9	27	64	Média	2,55	1,24	1,1	51,5	65,6	—	—	—	—	9,9	—	77,7	863,1	3,17	35,27	—	—	—	—	—	—	—	Saprolito de gnaisse-migmatito
LM8862 ZAB 046	33	37	30	Argilosa	2,98	0,80	2,7	73,1	63,9	—	—	—	—	4,6	13,8	35,8	108,4	1,46	4,43	—	—	—	—	—	—	—	Saprolito de metaultramáfica
LM8868 - A ZAB 047	38	50	12	Argilosa	2,99	1,13	1,6	62,1	80,2	—	—	—	—	6,2	16,4	48,8	128,3	1,99	5,25	—	—	—	—	—	—	—	Solo residual de diabásio
LM 8868 - B ZAB 048	12	62	26	Siltosa	2,83	0,92	2,1	67,6	71,4	—	—	—	—	3,3	27,6	26,0	216,3	1,06	8,84	—	—	—	—	—	—	—	Saprolito de diabásio
LM8872 ZAB 049	4	26	70	Média	2,72	1,24	1,2	54,2	60,7	—	—	—	—	0,9	22,8	7,1	178,7	0,29	7,30	—	—	—	—	—	—	—	Saprolito de Gnaisse-Migmatito básico
LM8875 ZAB 050	15	30	55	Média	2,79	1,30	1,1	53,2	71,0	—	—	—	—	13,0	—	101,9	679,5	4,17	27,77	—	—	—	—	—	—	—	Arcósio Fm. Guabirotuba

* - Triângulo empregado para determinação das classes texturais simplificadas: USDA

*** - Manual comparativo de cores: MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Responsável:

SELAB