Secretaria de Estado da
Indústria e do Comércio,
Ensino Superior,Ciência
e Tecnologia.

Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Guarapuava

Convênio
MINEROPAR - FAMEPAR-Prefeitura Mun. de Guarapuava

Geologia de Planejamento

Caracterização do Meio Físico da Área Urbana de Guarapuava

MINEROPAR
Minerais do Paraná S.A

1992

MINEROPAR
Minérais do Paraná S/A
BIBLIOTÉCA

MINERAIS DO PARANÁ S/A - MINEROPAR

PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO URBANO PARA GUARAPUAVA

CONVÊNIO MINEROPAR/FAMEPAR/PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARAPUAVA

CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

624.13
(816.26)
G48c

Curitiba
Nov/92

MINEROPAR
BIBLIOTECA

MINEROPAR
BIBLIOTECA
Reg. 4875 Data 27-07-95

GOVERNO DO ESTADO DO PARANA
Roberto Requião de Mello e Silva

SECRETARIA DE ESTADO DA INDÚSTRIA E DO COMÉRCIO, ENSINO SUPERIOR, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Adhail Sprenger Passos
Secretário

MINERAIS DO PARANÁ S/A - MINEROPAR

José Henrique Popp
Diretor Presidente

Antônio Manuel de Almeida Rebelo
Diretor Técnico

Noé Vieira dos Santos
Diretor Administrativo Financeiro

PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO URBANO PARA GUARAPUAVA

CONVENIO MINEROPAR/FAMEPAR/PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARAPUAVA

COORDENADORIA DE GEOLOGIA
- C O G E O -

Geólogo Luís Tadeu Cava
Coordenador

ELABORAÇÃO
Geólogo Luís Marcelo de Oliveira
Geólogo Rogério da Silva Felipe

APOIO
Geólogo Sérgio Maurus Ribas
Técnico em Mineração Miguel Ângelo Moretti
Geógrafo Clóvis do Espírito Santo Júnior
Estagiária em Geologia Margareth de Toledo Conte
Estagiária em Geologia Giane Geraldi

GEOPROCESSAMENTO CARTOGRÁFICO
Engenheira Cartógrafa Cyntia Mara Costa
Técnico em Processamento de Dados Eduardo Devitz

DIGITAÇÃO
Beatriz Rodacoski

DESENHO
Roseneide Ogleari Gonçalves

S U M Á R I O

1 - INTRODUÇÃO 1

2 - OBJETIVOS 3

3 - METODOLOGIA 4

4 - CARACTERISTICAS DA AREA ESTUDADA 6

4.1 - Aspectos Gerais 6

4.1.1 - Localização 6

4.1.2 - Relevo e Hidrografia 7

4.1.3 - Clima e Vegetação 8

4.2 - Aspectos Topográficos 9

4.3 - Aspectos Geológicos 12

4.3.1 - Aspectos Regionais 12

4.3.2 - Geologia Local 13

4.3.3 - Estrutura Geológica 18

4.4 - Aspectos Pedológicos 20

4.4.1 - Solos Orgânicos 20

4.4.2 - Latossolos Brunos 22

4.4.3 - Litossolos 26

5 - O MEIO FISICO E O PLANEJAMENTO 28

5.1 - A Geologia e o Planejamento 29

5.2 - Unidades Geotécnicas de Mapeamento 30

5.2.1 - Solos Orgânicos 31

5.2.2 - Latossolos Brunos 32

5.2.3 - Litossolos 34

5.3 - Processos de Riscos Geológicos e Ambientais 35

5.3.1 - Erosão..... 36
5.3.2 - Instabilidade de Encostas..... 52
5.3.3 - Enchentes e/ou Inundações..... 57
5.3.4 - Poluição de Águas..... 61
5.4 - Indicadores da Geologia para o Planejamento..... 69
6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... 71
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 76

F I G U R A S

1 - Mapa de localização

2 - Perfil geológico-geomorfológico da Região Urbana de Guarapuava

3 - Esboço geológico regional

4 - Bloco diagrama - arcabouço estrutural da Região Urbana de Guarapuava

5 - Diagrama de distribuição e freqüência de fraturas

6 - Morfologia dos depósitos de turfa da Região Urbana de Guarapuava

7 - Perfil pedológico de latossolos - Guarapuava

8 - Perfil pedológico de litossolos - Guarapuava

9 - Situações de riscos geológicos em Guarapuava

10 - Impactos ambientais e sociais causados pela mineração em áreas urbanas

11 - Situação de instabilidade de encostas em áreas com maciços rochosos aflorantes

12 - Esquema demonstrativo do nível atingido pelas inundações e enchentes

13 - Situação de risco geológico/ambiental na instalação de aterros sanitários sobre solos litólicos na região de Guarapuava

A N E X O S

1 - Mapa de documentação

2 - Mapa de declividade

3 - Mapa geológico

4 - Mapa de coberturas inconsolidadas

5 - Mapa de áreas com potencial de riscos geológicos

6 - Mapa de indicadores da geologia para o planejamento

1 - INTRODUÇÃO

O processo de ocupação do solo, nas cidades brasileiras, vem se caracterizando por não obedecer a qualquer critério de planejamento em relação aos recursos naturais existentes e do interesse maior do bem estar da coletividade.

Com a promulgação da Constituição Federal e das Constituições dos Estados, os municípios brasileiros passaram a ter maiores responsabilidades, assumindo novas atribuições quanto ao planejamento de seu espaço territorial e gerência de seu próprio desenvolvimento, ganhando assim maior autonomia administrativa, materializada na elaboração das Leis Orgânicas e nos Planos Diretores Municipais.

Neste momento, todos os municípios com mais de 20.000 habitantes encontram-se diante da tarefa de elaborar seus Planos Diretores, os quais passam a ser o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana (Art. 182, parágrafo 1º da Constituição Federal), com a finalidade de orientar tanto as atividades do executivo municipal, quanto as dos cidadãos.

O Plano Diretor Municipal procura equacionar problemas de natureza social, econômica, físico territorial, institucional e de infra-estrutura, visando a organização racional do espaço, para promoção do desenvolvimento do município e melhoria da qualidade de vida de seus habitantes.

Desse modo, considerando as potencialidades, tradições e carências territoriais, o Plano Diretor Municipal apresenta um conjunto de diretrizes que devem ser adotadas por um determinado período de tempo, orientando a distribuição das atividades sociais e econômicas.

Tal procedimento permite otimizar o uso e ocupação do solo, integrando o cidadão ao espaço físico do município, ao mesmo tempo em que coordena essa inter-relação de forma harmônica e equilibrada.

O Plano Diretor Municipal é específico para cada município e, por ser mais ou menos complexo em função das características locais, deve estar articulado às vocações regionais.

Sua elaboração envolve, inicialmente, o levantamento das informações atualizadas, multidisciplinares, geo-referenciadas ou não, que, quando analisadas setorial e integradamente, revelam os principais problemas regionais, suas causas e efeitos, tendências de crescimento, conflitos, estágios de desenvolvimento econômico, etc.

Numa segunda fase, as informações reunidas nos diagnósticos setoriais são inter-relacionadas, indicando as intervenções necessárias à minimização e ao equacionamento dos problemas detectados. Nessa fase torna-se de grande importância a

participação dos setores organizados e representativos da sociedade civil, bem como outros organismos governamentais direta ou indiretamente envolvidos.

Esses estudos e discussões compõem as bases para o estabelecimento das diretrizes do Plano Diretor, que subsidiarão as ações político-administrativas da Prefeitura Municipal.

A fim de colaborar na elaboração dos Planos Diretores Municipais, a Minerais do Paraná S/A - MINEROPAR, através de convênio firmado com a FAMEPAR, coloca à disposição dos municípios seus serviços, tanto na fase de execução ou assessoramento para levantamentos do meio físico, quanto na utilização de seu acervo de dados para subsidiar os diversos estudos correlatos.

2 - OBJETIVOS

Este documento expõe os resultados obtidos pela MINEROPAR, no processo de elaboração do Plano Diretor do Município de Guarapuava, de acordo com convênio firmado com a FAMEPAR - Fundação de Assistência aos Municípios do Estado do Paraná e a prefeitura local.

O objetivo do trabalho, conforme solicitado pela prefeitura de Guarapuava, foi a caracterização do meio físico na área do

perímetro urbano da cidade, para dar suporte ao plano de uso e ocupação deste espaço territorial.

O trabalho constou de diagnóstico das condições atuais de uso e ocupação dos solos e caracterização dos principais aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos da área.

A superposição destes elementos propiciou a definição de áreas com diferentes níveis de prioridade no processo de planejamento urbano.

3 - METODOLOGIA

Para caracterização do meio físico da região de Guarapuava foi utilizada a metodologia proposta por Cottas (1983), com adaptações implantadas em função das urgências e necessidades da prefeitura local.

O trabalho, numa fase inicial, constou de coleta e análise de informações existentes na região, com visitas a diversas empresas e órgãos públicos (UFPR, ITCF, IPARDES, EMATER, SANEPAR, COPEL, FERROESTE), além da própria prefeitura de Guarapuava. Todos os dados obtidos foram plotados em base planialtimétrica em escala 1:10.000, fornecida pela prefeitura (Anexo 1).

Com as informações em mãos, procedeu-se à fotointerpretação sobre aerofotos 1:25.000, obtidas pelo ITCF (1980). Posteriormente foram utilizadas aerofotos na escala 1:8.000, vôo 1986, cedidas pela equipe de planejamento da prefeitura. Esse material foi utilizado como referência básica no mapeamento da região urbana da cidade.

O produto gerado nesta etapa foi um mapa fotogeológico, onde foram demarcadas as principais feições geológicas e geomorfológicas do terreno, tais como contatos geológicos, formações superficiais, falhas, fraturas, tipos pedológicos, etc.

Os resultados obtidos, após levantamentos de campo, foram plotados na base planialtimétrica (1:10.000), e forneceram subsídios para elaboração de mapas básicos (geológico, pedológico e declividade), e temáticos (riscos geológicos).

A superposição destes elementos conduziu à elaboração do mapa de indicadores da geologia para o planejamento, com definição de áreas com diferentes níveis de prioridade para o uso e ocupação dos solos.

Cabe ressaltar que estudos em níveis de maior detalhe, visando o planejamento urbano, deverão ser acompanhados por inúmeros ensaios geotécnicos para a caracterização das principais propriedades físicas e mecânicas dos materiais que compõem os terrenos. Estas informações servem de base para a definição da

adequabilidade dos terrenos à implantação de áreas residenciais, industriais, fundações, disposição de rejeitos sólidos, etc.

4 - CARACTERIZAÇÃO DA AREA ESTUDADA

4.1 - Aspectos Gerais

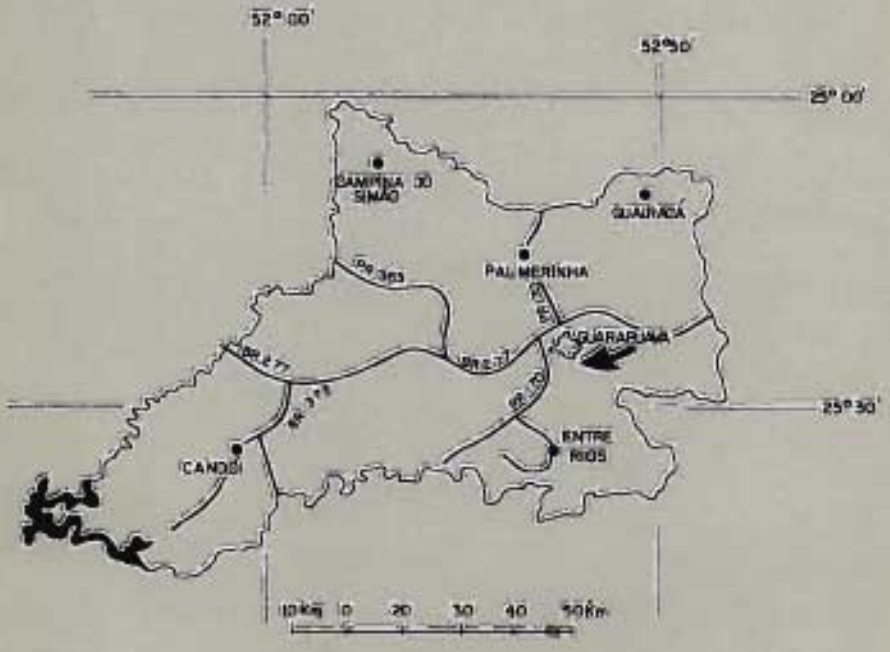
4.1.1 - Localização

O município de Guarapuava situa-se no centro-sul do estado do Paraná, delimitado pelos paralelos 25º00' e 25º30' de latitude sul e os meridianos 51º30' e 52º00' de longitude oeste de Greenwich (Figura 1).

A área objeto de estudo restringe-se ao perímetro urbano da cidade de Guarapuava, localizado na porção leste do município, perfazendo um total de 80 km2 aproximadamente.

O principal acesso rodoviário a partir de Curitiba é feito pela BR-277, que liga Paranaguá a Foz do Iguaçu.

O acesso ferroviário (RFFSA), se faz pelo entroncamento Irati-Guarapuava. O trecho que liga Guarapuava a Cascavel, encontra-se em fase de construção (FERROESTE), devendo se estender até o município de Guaíra, no oeste do estado.



MINEROPAR
Minerais do Paraná S/A.

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

FIG. 1

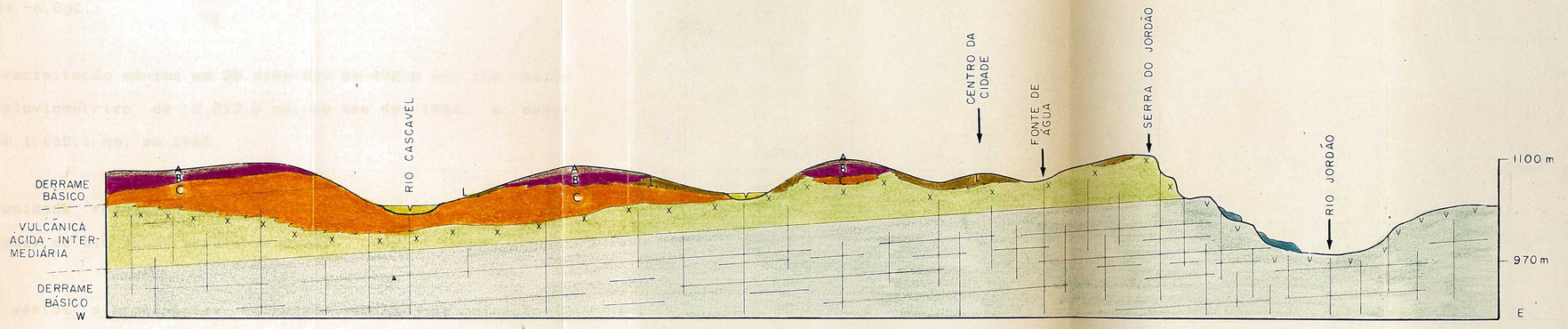
4.1.2 - Relevo e Hidrografia

O perímetro urbano de Guarapuava encontra-se em uma superfície topograficamente suave, com inclinação geral para oeste. O relevo é caracterizado por colinas baixas com grande amplitude e normalmente com topos aplainados. As vertentes em geral são convexas e terminam em planícies aluviais de fundo de vale. As altitudes variam aproximadamente de 1.010 m, junto ao nível de base do rio Cascavel, até cerca de 1.125 m, nos pontos mais elevados da Serra do Jordão (Figura 2).

Esta paisagem só é modificada a leste do perímetro urbano, na escarpa do rio Jordão, quando o relevo torna-se enérgico, apresentando uma quebra abrupta com desnível de aproximadamente 160 metros.

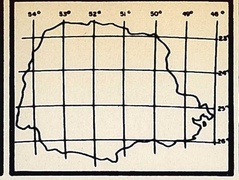
A cidade de Guarapuava é drenada pelo rio Cascavel e seus afluentes. O rio Cascavel corre no sentido sudoeste, e seus afluentes da margem esquerda (arroios do Engenho, Central, Carro Quebrado, Salgado, Barro Preto, Invernada e Charqueada), escoam perpendicularmente ao canal principal, mostrando um arranjo retangular que evidencia o padrão estrutural da seqüência litoestratigráfica aflorante.

PERÍMETRO URBANO DE GUARAPUAVA - (PR)



NORTE

SITUAÇÃO NO ESTADO



SIT. NA FOLHA

ESCALA GRÁFICA

CONVENÇÕES

LEGENDA

- SOLOS ORGÂNICOS (TURFA, ARGILA TURFOSA, ARGILA ORGÂNICA)
- SOLOS TRANSPORTADOS (DEPÓSITOS DE TÁLUS)

SOLOS RESIDUAIS

- A — SOLO SÍLTICO-ARGILOSO, TERROSO, CASTANHO-AMARRONADO (HORIZONTE A)
- B — SOLO ARGILOSO, MACIÇO, AVERMELHADO - (HORIZONTE B)
- C — ROCHA ALTAMENTE OU MUITO DECOMPOSTA (SAPROLITO) (HORIZONTE - C)
- L — SOLO POUCO ESPESSO, COM ROCHA SÃ SUBJACENTE (LITOSSOLO)

FORMAÇÃO SERRA GERAL

- X — ROCHA VULCÂNICA ÁCIDA (RIODACITO)
- V — DERRAMES BASÁLTICOS TOLEÍTICOS

FALHAS E FRATURAS

MINEROPAR
Minerais do Paraná S.A.

AUTOR	
EXECUTOR	
DATA	
ESCALA	
DESENHO	

PERFIL GEOLÓGICO - GEOMORFOLÓGICO DA REGIÃO URBANA DE GUARAPUAVA (ESQUEMÁTICO)

BASE CARTOGRÁFICA

FIG-2

4.1.3 - Clima e Vegetação

O município de Guarapuava pertence a uma região subtropical úmida com inverno bastante rigoroso, cuja temperatura atinge freqüentemente 0ºC (Maack, 1968).

Segundo registros da estação agrometeorológica local, sob responsabilidade do IAPAR, a temperatura média registrada no período de 1976 a 1985, foi de 16,8ºC com a máxima de 36ºC e mínima de -6,8ºC.

A precipitação máxima em 30 dias foi de 492,8 mm, com maior índice pluviométrico de 2.213,3 mm, no ano de 1984, e menor índice de 1.262,1 mm, em 1985.

A umidade relativa do ar registrou em média 78,4%, com nebulosidade de 5,6 (numa escala de 0-10).

Os ventos predominantes na região sopram na direção E (leste) e NE (nordeste).

Florestas em pequenas faixas acompanham os vales dos rios Jordão e Iguaçu. São ricas em madeiras de lei, com presença também de "Coco Romanzoffianum" (Jerivá) e "Euterpe edulis" (palmito).

Entremeio aos campos e vales, aparecem as manchas de mato secundário, samambaias e taquaras, circundando as araucárias.

Na área central do município, estendem-se os vastos campos de gramínea, com matas ciliares ao longo das aguadas, zonas com araucárias, epifetas e palmáceas.

No perímetro urbano restam apenas pequenas manchas dispersas de mata secundária, além de pequenas concentrações de mata ciliar ao longo dos rios Cascavel e Xarquinho.

4.2 - Aspectos Topográficos

A conformação topográfica da região urbana de Guarapuava se traduz pela carta de declividade, elaborada a partir da base planialtimétrica em escala 1:10.000.

Essa carta apresenta classes de declividade que devem condicionar o adequado uso do solo, quanto à agricultura, expansão urbana e preservação permanente, entre outros aspectos.

A declividade dos terrenos é importante para uma série de estudos posteriores da geologia de planejamento urbano. Assim controlando o escoamento e infiltração de água, a declividade controla também a erodibilidade, a estabilidade de taludes e a instalação de sistemas de saneamento (baixa declividade dificulta o escoamento). Por outro lado, controla diretamente instalações subterrâneas, tais como redes de esgoto e canalizações hidrográficas que exigem no mínimo 0,5% de declividade. O limite de 10% é o máximo para ruas e estradas. Areas com declividade

alta (acima de 20%), face aos inúmeros problemas apresentados devem ser consideradas inaptas à ocupação urbana em projetos de planejamento (Cottas, 1983).

A metodologia para elaboração da carta de declividade consiste em determinar no mapa topográfico, áreas de um mesmo intervalo de inclinação dos terrenos. Para isso os limites dos intervalos são previamente escolhidos e transformados em distâncias entre curvas de nivel. Assim as áreas de diferentes inclinações ficam limitadas por curva de nivel, e por segmentos transversais a elas de compartimentos proporcionais aos limites de declividade previamente relacionados.

Em função da variação da inclinação dos terrenos e da finalidade deste estudo, foram selecionados para a região urbana de Guarapuava, os seguintes intervalos de declividade: 0 a 2,5%, 2,5% a 5%, 5% a 10%, 10% a 20% e maior que 30%.

O mapa de declividade (Anexo 2), mostra que intervalos compreendidos entre 0 e 10% são os que ocupam as maiores áreas do perímetro urbano de Guarapuava. Intervalos maiores que 20% são menos freqüentes e representam as porções de relevo mais acentuado, geralmente junto aos taludes das encostas e regiões da Serra do Jordão, no limite SE da área. Com exceção desta última, o restante da área apresenta largas vertentes de declives suaves e gradacionais com relativa equidistância entre os intervalos de declividade ao longo do perfil topográfico.

Essa situação indica, de modo geral, boas condições para o uso e ocupação urbana do solo, restringindo-se as áreas sujeitas à inundações, erosão acelerada e outras que serão abordadas no transcorrer do trabalho.

O quadro a seguir, que legenda o mapa de declividades, relaciona as classes de declividade com indicações genéricas de adequabilidade e restrições para o planejamento:

INTERVALOS	INCLINAÇÕES	INDICAÇÕES PARA O PLANEJAMENTO
0 a 2,5%	(0 a 1º26')	- Áreas com muito baixa declividade. Restrições à ocupação por dificuldade no escoamento de águas superficiais e subterrâneas
2,5 a 5,0%	(1º26'a 2º51')	- Áreas com baixa declividade. Dificuldade na instalação de infra-estrutura subterrânea tais como redes de esgoto e canalizações pluviais
5,0 a 10%	(2º51' a 5º42')	- Áreas com média declividade. Aptas à ocupação considerando-se as demais restrições como espessura dos solos, profundidade do lençol freático, etc.
10 a 20%	(5º42' a 11º18')	- Áreas com média a alta declividade. Ocupação com critérios técnicos adequados considerando-se as demais restrições
20 a 30%	(11º18' a 18º26')	- Áreas com alta declividade. Restrições a ocupação sem critérios técnicos para arruamentos e implantação de loteamentos
Acima 30%	(acima de 18º26')	- Áreas com muito alta declividade. Inaptas a ocupação face aos inúmeros problemas apresentados

Fonte: Ribas, S. M. (1992) - MINEROPAR: Inédito.

4.3 - Aspectos Geológicos

4.3.1 - Aspectos Regionais

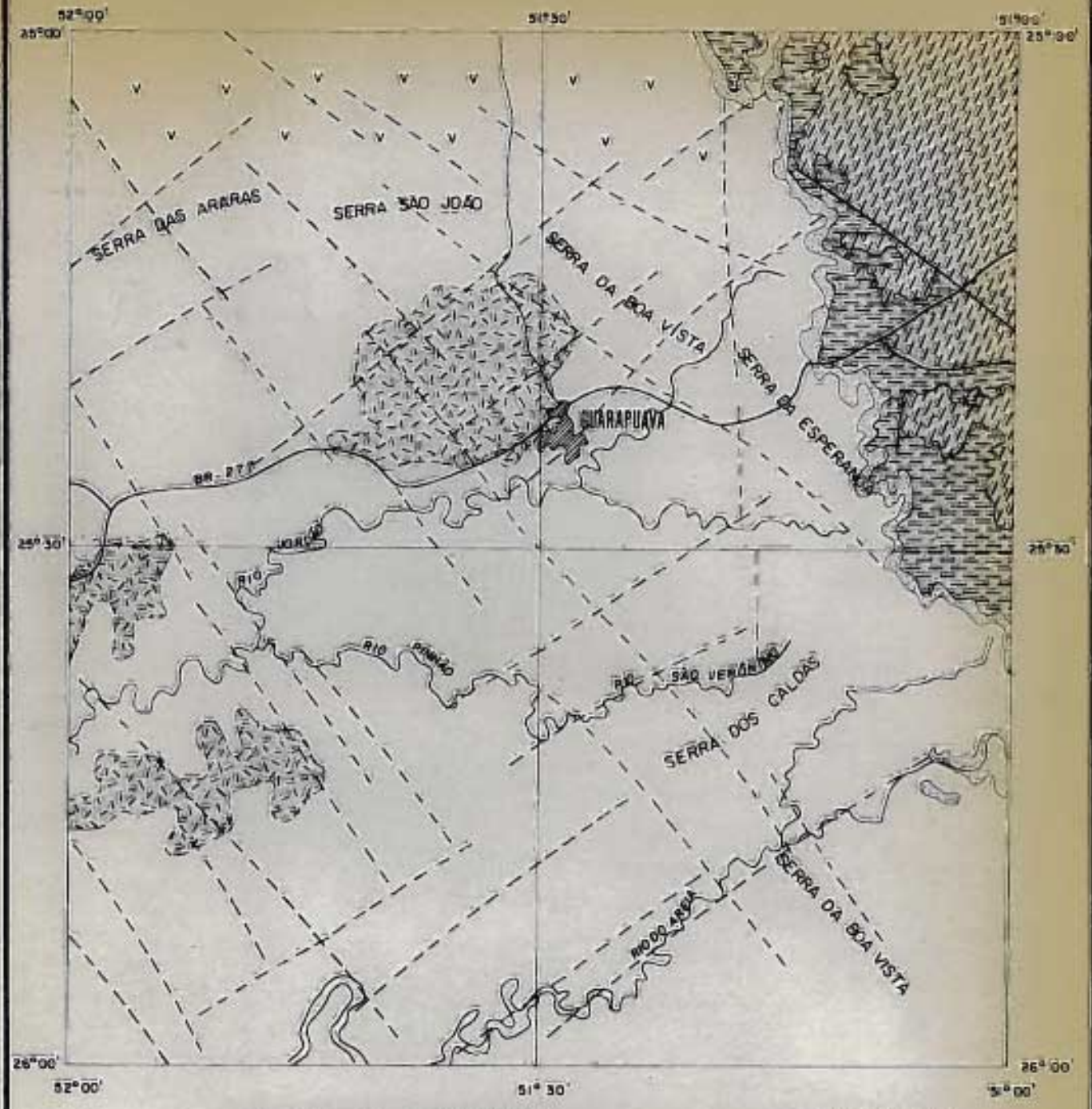
A região de Guarapuava está inserida nos domínios do Terceiro Planalto Paranaense ou planalto de Guarapuava, limitado a leste pela Serra da Esperança (Figura 3).

Representa a região dos grandes derrames de lavas básicas do vulcanismo mesozóico (230 a 140 milhões de anos), referidos à Formação Serra Geral. A seqüência de derrames mostra espessuras de 50 a 200 metros na Serra da Esperança, atingindo até 1.750 metros mais para o interior do planalto (Maack, 1968).

A Formação Serra Geral compreende uma série de derrames de lavas basálticas, toleíticas, de textura geral afanítica (fina), cinza escuras a negras amigdaloidais no topo dos derrames, com desenvolvimento de juntas horizontais e verticais. Na parte basal da formação são comuns intercalações de camadas arenosas relacionadas à Formação Botucatu.

Além das lavas basálticas e intercalações de arenitos, ocorrem também rochas porfiríticas, castanho claras, de aspecto bandado e de composição intermediária a ácida, referidas ao Membro Nova Prata.

A principal fase do vulcanismo basáltico da Formação Serra Geral ocorreu no Cretáceo, 120 a 130 milhões de anos. Derrames



UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

ESCALA - 1:650.000

GRUPO SÃO BENTO	FM. SERRA GERAL	MEMBRO NOVA PRATA: basaltos pórfiros, dacitos, riodacitos e riolitos
		EFUSIVAS BÁSICAS TOLEÍTICAS: basaltos
	FM. BOTUCATU	ARENITOS FINOS, BANCOS DE SILTITOS AVERMELHADOS E CONGLOMERADOS SUBORDINADOS
GRUPO PASSA DOIS	FM. RIO DO RASTRO	SILTITOS E ARGILITOS AVERMELHADOS COM ARENITOS FINOS INTERCALADOS
	FM. TERESINA	SILTITOS ACINZENTADOS COM INTERCALAÇÕES DE CALCÁRIOS

MINEROPAR
Minerais do Paraná S/A

ESBOÇO GEOLÓGICO REGIONAL

FIG. 3

precursores teriam ocorrido já no Jurássico Superior, 140 milhões de anos.

4.3.2 - Geologia Local

Na área do perímetro urbano de Guarapuava e arredores, afloram rochas pertencentes à Formação Serra Geral, além de sedimentos aluvionares associados às planícies de inundação dos principais cursos d'água da região. Essas unidades acham-se cartografadas no mapa geológico, anexo 3.

Formação Serra Geral: Compreende uma seqüência de derrames tabulares formados por basaltos e riodacitos pórfiros.

Os **basaltos** ocorrem margeando o perímetro urbano na parte sul e sudeste da cidade. Na porção leste ocorrem numa estreita faixa ao longo da margem direita do rio Cascavel. A sudeste, os basaltos afloram em dois derrames com espessuras médias de 30 metros, formando a base da serra do Jordão.

São representados por rochas de cor cinza escura a negra, de composição básica a intermediária com tendência alcalina. Possuem granulação média, sendo compostas por plagioclásios, augita, minerais opacos, pigeonita, filossilicatos finos, quartzo, apatita, piroxênio alcalino e carbonatos.

Os **riodacitos pórfiros**, que ocupam cerca de 90% da área mapeada, compõem o derrame de rochas ácidas, sobreposto aos basaltos acima mencionados. Suas espessuras atingem até 100 metros, com variações locais devido a movimentos verticais de blocos.

Em escala de afloramento, possuem coloração cinza clara, textura porfirítica, com cristais pórfiros idiomórficos e xenomórficos com até 1 centímetro de aresta, imersos na matriz afanítica (fina). Esses cristais mostram coloração esbranquiçada e ressaltam na matriz quando a rocha apresenta-se intemperizada (Foto 1).

Foto 1 - Aspecto da textura porfirítica das rochas vulcânicas ácidas de Guarapuava (riodacitos pórfiros).

Localmente ocorrem níveis enriquecidos em vesículas revestidas por películas de cor esverdeada, que podem representar o topo de derrames.

Digno de nota é o fraturamento horizontal, paralelo à provável estrutura de fluxo, que confere a rocha um aspecto bandado ou de sucessivos derrames com espessuras centimétricas a métricas (Foto 2). A interseção dessas estruturas com fraturas verticais, provoca a desagregação da rocha em blocos regulares.

Foto 2 - Provável estrutura de fluxo em riodacitos pórfiros, conferindo um aspecto bandado à rocha.

São comuns também blocos arredondados provenientes da decomposição esferoidal da rocha vulcânica, originados a partir da infiltração d'água em fraturas e alteração meteórica ("pedra ferro", "pedra bola" ou "pedra capote").

Em lâmina delgada, a rocha mostra textura porfirítica com fenocristais euhédricos a anédricos formados por andesina, opacos e clinopiroxênios, envoltos em matriz fina composta por feldspatos, quartzo, minerais opacos, filossilicatos, clinopiroxênios, apatita e carbonatos.

O contato entre as rochas basálticas e riodacitos pórfiros pode ser normal, horizontalizado (escarpa do rio Jordão), ou irregular com reentrâncias na rocha basáltica (corte da Ferroeste), Fotos 3 e 4.

Foto 3 - Aspecto geral da zona de contato entre derrames ácidos (riodacíticos), sobrepostos à vulcânicas básicas (basaltos), em corte da Ferroeste.

Foto 4 - Detalhe do contato irregular entre riodacitos e basaltos. Notar a grande quantidade de vesículas e amigdalas, típicos de fácies de topo de derrames basálticos.

Sedimentos Aluvionares: Ocorrem associados às planícies de inundação ou fundos de vale das drenagens que formam a bacia do rio Cascavel.

Em Guarapuava, são predominantemente compostos por turfas e sedimentos enriquecidos em grande quantidade de matéria orgânica (solos orgânicos). Possuem coloração negra e espessuras de até 3,00 metros, conforme verificado junto ao rio Cascavel.

Sua ocorrência é restrita às áreas de inundação, em depósitos assentados diretamente sobre o substrato rochoso (Foto 5).

Foto 5 - Exposição de camada turfosa assentada diretamente sobre substrato rochoso (corte da Ferroeste).

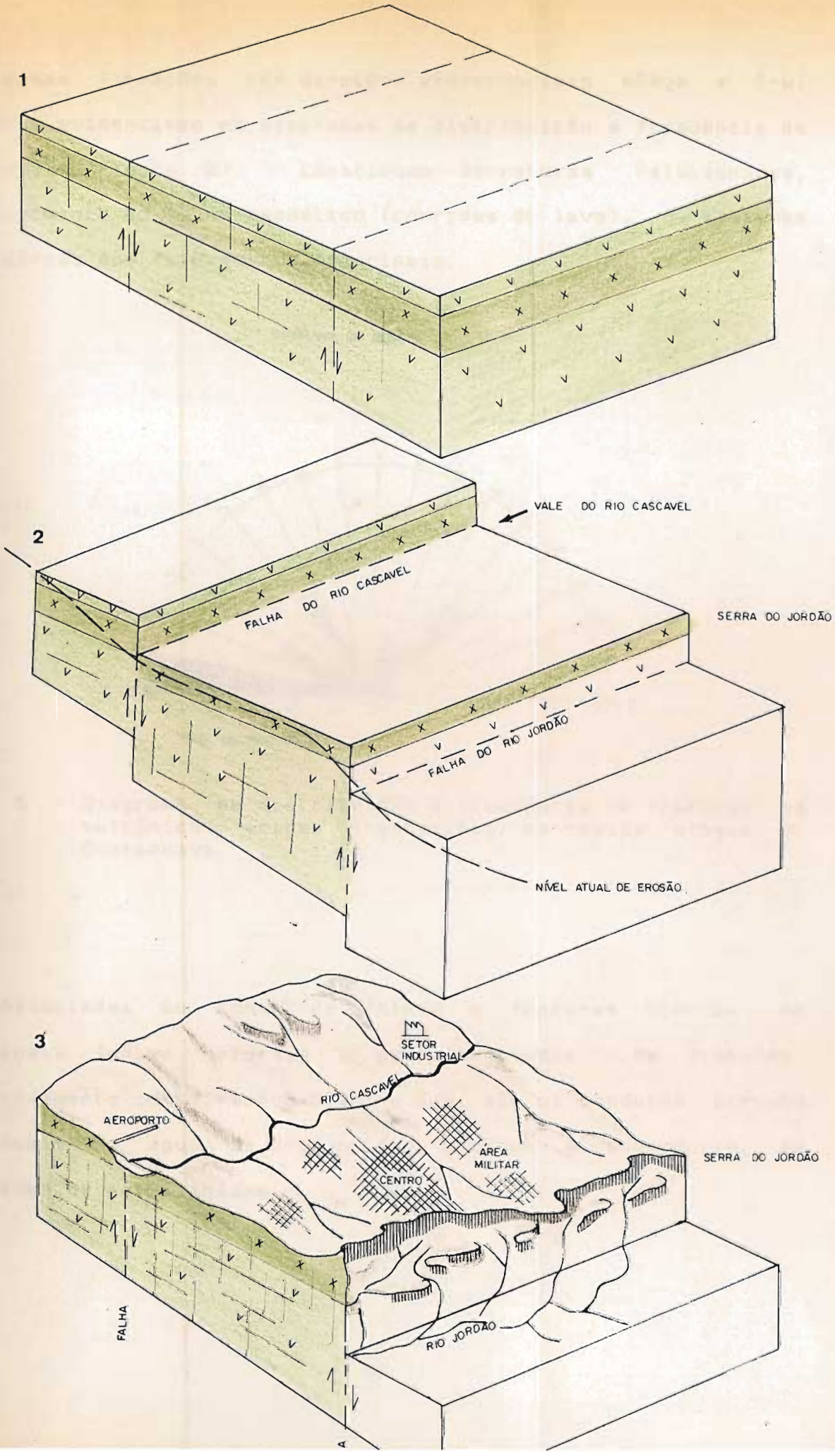
4.3.3 - Estrutura Geológica

A área abrangida pelo perímetro urbano de Guarapuava apresenta uma estruturação geológica baseada fundamentalmente na sucessão de derrames tabulares, seccionados por falhamentos regionais com evidências de movimentos verticais de blocos.

Dentre as principais estruturas tectônicas destacam-se a Falha do rio Jordão e a Falha do rio Cascavel, conforme esboçado na figura 4. São falhas paralelizadas entre si, com direção geral N25ºE, provocando alinhamentos de drenagens e morros ao longo da estrutura.

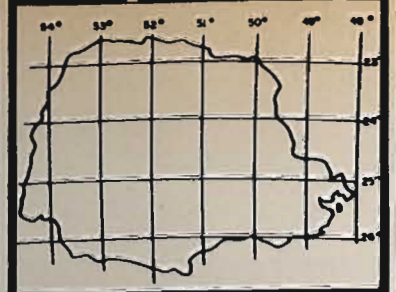
A Falha do rio Jordão, situada a leste do perímetro urbano, é responsável pela formação da serra do Jordão, cuja escarpa mostra desníveis de até 160 metros. A Falha do rio Cascavel apresenta rejeitos menores, na ordem de 30 metros aproximadamente. Isso pode ser verificado em corte da estrada de ferro em construção (Ferroeste), através da repetição de "camadas" (derrames ácidos e básicos) em ambos os lados da falha, o que propicia a estimativa do movimento e rejeitos da falha.

Além das estruturas regionais, são comuns também outras lineações estruturais, visualizadas em fotoaéreas convencionais (1:25.000), representadas por fraturamentos verticais e horizontais que afetam toda a área das rochas vulcânicas.

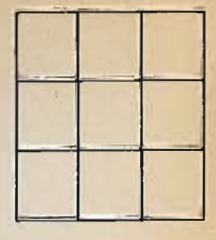


NORTE

SITUAÇÃO NO ESTADO



SIT. NA FOLHA



ESCALA GRÁFICA

CONVENÇÕES

1- SEQÜÊNCIA DE DERRAMES ÁCIDOS E BÁSICOS (RIODACITOS E BASALTOS)

2- FALHAMENTOS COM MOVIMENTAÇÃO DE BLOCOS E EROSÃO

3- PROVÁVEL ORIGEM DA ESCARPA DO RIO JORDÃO (ESCARPA DE FALHA), E ORIGEM/EVOLUÇÃO DO VALE DO RIO CASCAVEL

FM. SERRA GERAL

(x) VULCÂNICA ÁCIDA (RIODACITO)

(v) BASALTOS TOLEÍTICOS

DRENAGEM

FALHA

MOVIMENTO RELATIVO DE BLOCOS

MINEROPAR
Minerais do Paraná S.A.

AUTOR		BASE CARTOGRÁFICA
EXECUTOR		
DATA		Fig.4
ESCALA	BLOCO DIAGRAMA/ ARCABOUÇO ESTRUTURAL	

Essas lineações têm direções preferenciais N80ºW e E-W, conforme evidenciado em diagramas de distribuição e freqüência de fraturas (Figura 5). Constituem estruturas relacionadas, provavelmente ao fluxo magmático (corridas de lava), ou sistemas secundários dos falhamentos principais.

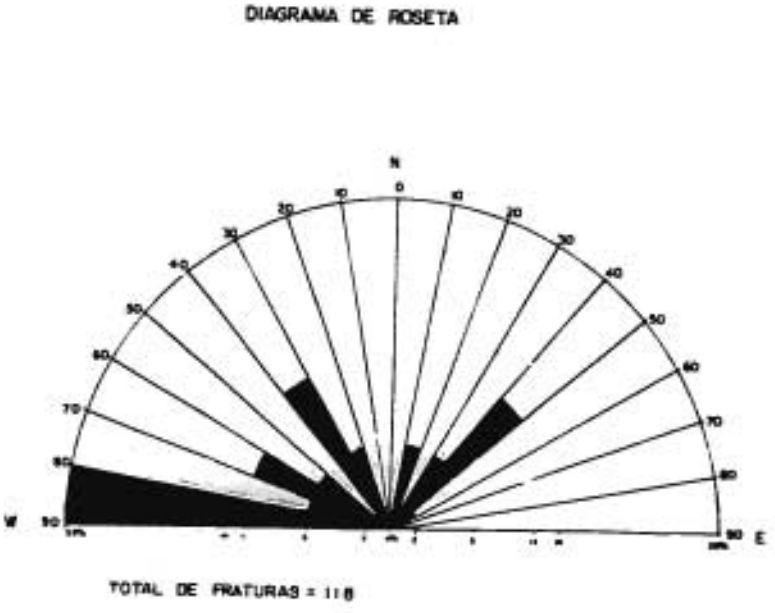


Fig. 5 - Diagrama de distribuição e freqüência de fraturas em vulcânicas ácidas (riodacitos) da região urbana de Guarapuava.

Associadas às zonas de falhas e fraturas ocorrem as principais fontes naturais de água da cidade. As fraturas, principalmente com direções N80ºE e E-W, são os condutos através dos quais as águas de profundidade atingem a superfície, em condições de artesianismo.

4.4 - Aspectos Pedológicos

Os solos que ocorrem nos limites do perímetro urbano de Guarapuava podem ser divididos em três classes: solos orgânicos, latossolos e litossolos.

Sua distribuição e áreas de ocorrência acham-se cartografadas no mapa de coberturas inconsolidadas (Anexo 4).

4.4.1 - Solos Orgânicos

Sob esta denominação estão compreendidos os solos hidromórficos, essencialmente orgânicos, pouco evoluídos, provenientes da deposição de restos vegetais em grau variável de decomposição, acumulados em ambiente aquoso, caracterizando-se por sua cor escura, cheiro peculiar e alta plasticidade.

Em Guarapuava os solos orgânicos ocupam as posições de cotas mais baixas, em áreas sujeitas à inundações que constituem os baixios próximo aos cursos d'água (aluviões).

O material de origem é composto por acumulações orgânicas residuais recentes, referidas ao Holoceno, cuja constituição depende do tipo de formação vegetal da qual deriva e das ações biológicas que nela se processam, podendo haver adição de sedimentos finos, em proporções variadas.

MINEROPAR
Minerais do Paraná S/A
BIBLIOTECA

Esses solos são conhecidos como turfas, com as variações para turfas argilosas, argilas turfosas e argilas orgânicas.

Como principais características deve-se registrar a reação fortemente ácida, a baixa saturação de bases, a alta saturação com alumínio trocável (caráter álico), a alta capacidade de troca de cátions, além de uma série de propriedades, todas elas relacionadas com a má drenagem, uma vez que são solos desenvolvidos sob condições de permanente encharcamento, com lençol freático próximo ou à superfície durante grande parte do ano.

A vegetação bastante característica é representada pelos campos de várzea, com predomínio das gramíneas e ciperáceas (Foto 6) e, em alguns locais, arbustos de pequeno porte.

Foto 6 - Área de turfeira na planície de inundação do rio Cascavel, recoberta por vegetação formada por gramíneas e ciperáceas.

Em Guarapuava os solos orgânicos, predominantemente turfosos, assentam-se diretamente sobre o substrato rochoso pouco decomposto e mostram espessuras na ordem de 0,5 m a 3,00 metros, conforme esboço a seguir:

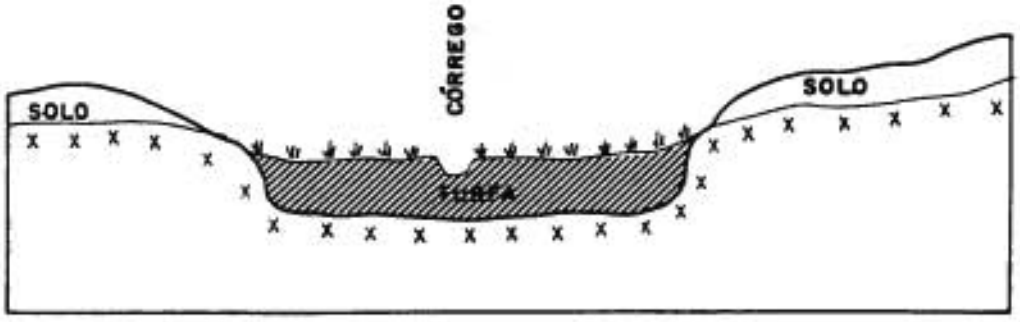


FIG. 06 – Morfologia dos depósitos de turfa da região urbana de Guarapuava

As maiores espessuras foram registradas ao longo da planície de inundação do rio Cascavel, na porção SW da área.

4.4.2 - Latossolos Brunos

São os solos residuais desenvolvidos a partir dos produtos da meteorização das rochas vulcânicas ácidas de Guarapuava, e que recobrem uma área equivalente a 55% do perímetro urbano (Fotos 7 e 8).

Ocupam preferencialmente as partes mais planas dos divisores d'água, em relevo suave e ondulado de vertentes longas com centenas de metros de comprimento. São encontrados normalmente entre 800 e 1.200 metros de altitude.

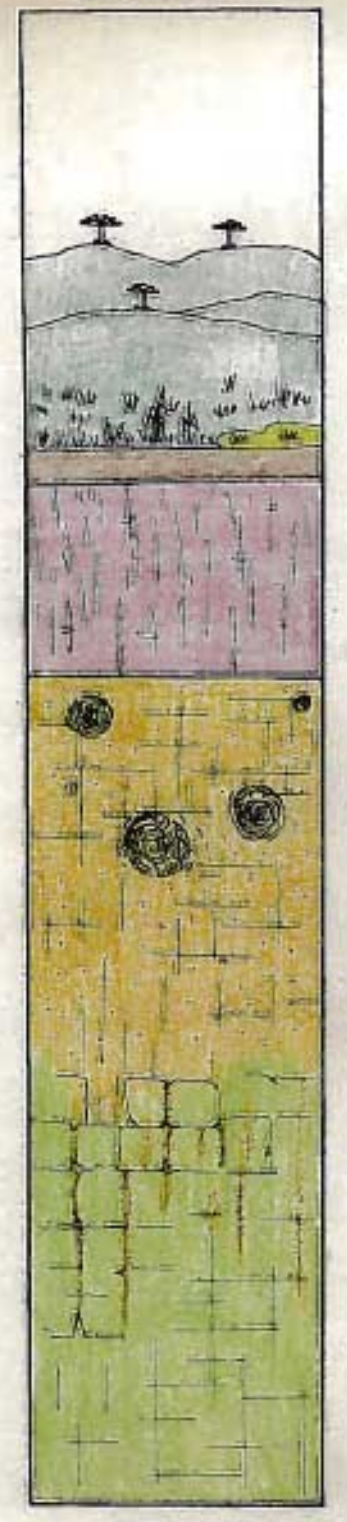
São solos minerais, não hidromórficos, com argila de baixa capacidade de troca de cátions (predominantemente gibbsíticos e cauliníticos), com horizonte A proeminente e horizonte B latossólico. Possuem coloração avermelhada, castanho-avermelhada ou vermelho-escura, sendo ainda muito argilosos, profundos, porosos, de boa permeabilidade, acentuadamente drenados, de alta saturação com alumínio trocável e, por conseguinte, ácidos. São laterizados, com elevados teores de sesquióxidos de Fe e Al e óxidos de titânio.

No que se refere ao grau de consistência são macios quando secos, friáveis e firmes quando úmidos e plásticos e pegajosos quando molhados.

Possuem seqüências de horizontes A, B e C, sendo que as transições entre A e B são normalmente graduais (Figura 7).

O horizonte A superficial, geralmente pouco desenvolvido, revela coloração castanho-amarronada, com espessuras na ordem de 0,20 m a 1,00 metro. Possui aspecto terroso, textura granular, elevada porosidade e permeabilidade, com grânulos e fragmentos de rocha na matriz siltico-argilosa. Representa a zona de lixiviação e eluviação, em que predominam fenômenos de dissolução

LATOSSOLO



LEGENDA

SOLO ORGÂNICO

HORIZONTE A : ZONA DE LIXIVIAÇÃO.
ASPECTO TERROSO, POROSO E PERMEÁVEL, DE COR CASTANHO-AMARRONADA.
ESPESSURA : 0,20m - 1,00m

HORIZONTE B : ZONA DE PRECIPITAÇÃO.
SOLO ARGILOSO, LATERIZADO, DE COR AVERMELHADA.
ESPESSURA : 1,00m - 6,00m

HORIZONTE C : ROCHA MUITO DECOMPOSTA. (SAPRÓLITO)

ROCHA SÃ

FRATURAS

BLOCOS DE ROCHA ("PEDRA CAPOTE", PEDRA BOLA").

MINEROPAR
Minerais do Paraná S.A.

PERFIL PEDOLÓGICO DE LATOSSOLOS
GUARAPUAVA

FIG. 7

e remoção mecânica de material, podendo apresentar ou não uma camada superior rica em matéria orgânica (Ao).

O horizonte B é composto por solo residual avermelhado de matriz argilosa, com comportamento plástico e compressível. Mostra-se altamente laterizado, com concreções e intercalações de finas camadas de aspecto escoriáceo e vacuolar, originados pela precipitação de óxidos de ferro e alumínio.

Representa a zona de precipitação e eluviação onde se acumula parte do material retirado do horizonte A.

Suas espessuras são variadas, havendo um espessamento do solo no sentido E-W do perímetro urbano. Próximo à linha de crista da serra do Jordão, nas cotas mais altas da cidade, foram verificadas espessuras na ordem de 1,00 metro, enquanto que em direção ao vale do rio Cascavel as espessuras atingem até 6,00 metros.

O horizonte B se apóia sobre o horizonte C que representa níveis de rocha altamente ou muito decomposta, referido aos solos saprolíticos ou saprólitos. Suas características são bastante heterogêneas, já que formam uma série completa de intemperismo entre rocha dura, moderadamente intemperizada e completamente intemperizada.

Neste horizonte estão preservados parte da estrutura da rocha matriz e seus minerais constituintes, porém com um estado de dureza ou resistência inferior ao da rocha original.

Foto 7 - Vista geral de área de latossolos brunos, em relevo suave de colinas com grande amplitude.

Foto 8 - Exposição de seqüência de horizontes A, B e C, em área de latossolos brunos. Observar o solapamento (deslizamento) de material ao longo do talude, provocado por cortes inadequados no terreno.

4.4.3 - Litossolos

Compreendem os solos minerais, pouco desenvolvidos, que a partir de uma profundidade de 0,20 m a 1,00 metro, apresentam rocha consolidada, pouco ou nada meteorizada.

São solos que possuem pouca evidência de desenvolvimento pedogenético, podendo apresentar delgado nivel de horizonte A, sobreposto.

Na cidade de Guarapuava os litossolos, ou solos litólicos, ocupam preferencialmente as porções mais ingremes do terreno, em declives superiores a 20%, mas podem também ocupar superfícies mais aplainadas do relevo (Fotos 9, 10 e 11).

Foto 9 - Area de afloramento de riodacitos pórfiros (pedreira abandonada), recoberta por solos litólicos, no centro da cidade.

Foto 10 - Detalhe de solos litólicos sobrepostos ao substrato rochoso (centro da cidade).

Foto 11 - Área de solos litólicos em terrenos com declividade acentuada. A pequena espessura desses solos expõe com facilidade o nível rochoso.

As características morfológicas desses solos restringem-se praticamente às do horizonte A, o qual varia de 0,20 m a 0,40 metro, com coloração castanho-amarronada. Abaixo deste horizonte ocorrem níveis inconsolidados com elevada porcentagem de minerais

LITOSSOLO

LEGENDA

- HORIZONTE A: ZONA DE LIXIVIAÇÃO, ASPECTO TERROSO, POROSO E PERMEÁVEL DE COR CASTANHO-AMARRONADO
  ESPESSURA 0,20m - 0,40m
- LITOSSOLO : POUCO ESPESSO, PEDREGOSO, POROSO E PERMEÁVEL, DE COLORAÇÃO CASTANHO-AMARELADA
  ESPESSURA 0,20m - 1,00m
- HORIZONTE C: ROCHA DECOMPOSTA (SAPRÓLITO)
- ROCHA SÃ
- FRATURAS
- BLOCOS DE ROCHA ("PEDRA CAPOPÉ", "PEDRA BOLA")

MINEROPAR
Minerais do Paraná S/A

PERFIL PEDOLÓGICO DE LITOSSOLOS GUARAPUAVA

FIG 8

primários pouco resistentes, "calhaus" e fragmentos e blocos de rocha, em mistura com o horizonte A (Figura 8).

Mostram-se extremamente porosos e permeáveis, de fácil desagregação, o que facilita a instalação de processos erosivos.

São solos de difícil mecanização, devido principalmente ao relevo acidentado, à sua pequena espessura e a presença de fragmentos, blocos e matacões na superfície.

Esta unidade de solo recobre cerca de 30% da área do perímetro urbano de Guarapuava.

5 - O MEIO FISICO E O PLANEJAMENTO

E de grande importância a compreensão da relação existente entre o planejamento do uso do solo e a geologia como instrumento para caracterização do meio físico. O entendimento da dinâmica dos processos geológicos e as alterações ambientais causadas pela interferência do homem, trazem à tona a necessidade da interação homem x natureza como fator fundamental para garantir a estabilidade do meio ambiente e condições adequadas de vida.

5.1 - A Geologia e o Planejamento

A informação geológica é fundamental para o planejamento urbano e territorial. Ela fornece as indicações necessárias para se racionalizar o crescimento das áreas urbanas e otimizar a ocupação dos espaços, minimizando os custos e riscos da degradação ambiental causados pela ação do homem sobre o meio físico. Ademais, ela orienta a ação corretiva da administração municipal e regional sobre os problemas já instalados, em sua grande parte pela falta de planejamento prévio adequado (Arioli, 1992).

Assim, a "Geologia de Planejamento" surgiu da necessidade de se apresentar soluções aos problemas de ocupação do meio físico, devido à interação do sistema Sociedade Industrial x Terra.

Não se trata de um novo campo da Geologia, mas sim da aplicação de todas as disciplinas geológicas, principalmente a Geologia de Engenharia e Geologia Econômica, associadas a uma nova técnica de coordenação, correlação, sistematização e apresentação de informações geológicas dirigidas à administradores e planejadores do uso do solo.

O planejamento do uso do solo necessita de informações políticas, econômicas, sociais e ambientais, envolvendo portanto especialistas de várias áreas do conhecimento humano, numa atividade integrada e inter-disciplinar.

Cabe à geologia de planejamento:

a) Definir as limitações do meio físico.

b) Planejar tecnicamente a utilização mais racional, segura e econômica do meio físico.

c) Participar do acompanhamento da implantação do Planejamento do uso do solo, da elaboração de normas e da fiscalização do uso.

d) Participar da concepção de métodos de recuperação e controle de processos de degradação ambiental já em desenvolvimento.

5.2 - Unidades Geotécnicas de Mapeamento

Para a caracterização do meio físico, visando o planejamento urbano, torna-se importante a caracterização das propriedades físicas e mecânicas dos terrenos. A maior parte das investigações deste gênero está relacionada com os materiais inconsolidados de cobertura, que pela representatividade e abrangência são os grandes responsáveis pelo zoneamento geotécnico para o planejamento.

De modo geral, são expostas a seguir, algumas características geotécnicas dos solos de Guarapuava, que constituem as grandes unidades geotécnicas de mapeamento.

5.2.1 - Solos Orgânicos

Os solos orgânicos constituem tipos particulares de solos, formados por uma fração mineral argilosa adicionada de uma proporção variada de matéria orgânica, predominantemente vegetal.

Dado o seu péssimo comportamento mecânico, são considerados solos problemáticos para a engenharia e merecem, por essa razão, especial atenção no processo de planejamento urbano.

São solos extremamente compressíveis e colapsíveis (moles), com baixos valores de coesão e baixa capacidade de suporte de carga, o que inviabiliza tecnicamente a execução de qualquer obra de engenharia sobre os mesmos (fundações, construções, aterros, obras enterradas ou escavadas, etc).

São solos saturados, com nível freático raso ou aflorante, sujeitos a inundações e, quando drenados, sofrem alteração do seu volume original por retração, greteamento ou pastilhamento, que favorece também recalques em fundações.

Quando submetidos à secagem perdem a capacidade de reabsorção d'água, formando torrões, pequenos blocos irregulares e porosos, endurecidos de baixa resistência.

Como sua ocorrência está intimamente relacionada às áreas de inundações (aluviões), a forma mais racional de encaminhar as

soluções no processo de planejamento urbano é restringir e/ou evitar as construcões nestes locais.

Entretanto, quando inevitável, a solução mais segura, até porque suas espessuras são relativamente pequenas, é a remoção pura e simples e sua substituição por material mais adequado, dentro de padrões técnicos específicos, a exemplo dos aterros construídos pela Ferroeste, dentro de áreas aluvionares do perímetro urbano de Guarapuava.

4.2.2 - Latossolos Brunos

O perfil geotécnico típico dos latossolos de Guarapuava, apresenta um horizonte A, superficial delgado, muitas vezes, desprezível, sobrejacente a um horizonte B, espesso, constituído por solo residual vermelho, produto final do intemperismo das rochas vulcânicas ácidas (riodacitos). Este último horizonte se apóia sobre um horizonte C, representado por rochas alteradas, seguindo-se finalmente o substrato rochoso.

São solos laterizados, ou seja, sofreram o fenômeno da laterização com enriquecimento de óxidos de ferro e alumínio na fração argilosa. Merecem destaque por apresentarem comportamento geotécnico característico. São colapsíveis sob condições de saturação, propriedade esta que pode ser observada em ensaios de adensamento com inundação do corpo de prova (Cottas, 1983).

Os solos colapsíveis geralmente são porosos, onde os altos teores de óxidos e Fe e Al são responsáveis pela estrutura instável do material, derivada de uma cimentação precária interparticulas. Desta maneira tais solos quando submetidos a uma determinada solicitação de carga, sob condições de saturação elevada (infiltração d'água de chuva, rompimento de condutores d'água ou esgotos), podem apresentar uma repentina variação de volume, conseqüente da expulsão de água e redução no índice de vazios.

Por esta razão, fundações diretas construídas sobre os mesmos, podem dar recalques consideráveis, nestas condições.

A fração fina destes solos é constituída por argilas, mas com considerável proporção de óxidos e hidróxidos de Fe, o que os torna, freqüentemente, menos plásticos que outros solos com igual proporção de finos.

Seus constituintes formam aglomerados estáveis, tornando permeáveis até mesmo camadas superficiais argilosas e contribuindo para que tenham relativa resistência à erosão.

Devido a este comportamento peculiar, os solos lateríticos apresentam propriedades melhores que as dos solos de alteração de que derivam, apresentando desempenhos em geral melhores do que os previstos teoricamente, sendo adequados para a construção de capeamento de aterros e de acostamentos de estradas. São de

fácil escavabilidade.

Cabe aqui ressaltar a importância da determinação do nível hidrostático da área, no processo de planejamento urbano. Suas aplicações em hidrogeologia devem ser somadas a uma significativa parcela de contribuição a problemas ligados à geotecnia. Além das diferenças de comportamento geotécnico entre a zona saturada e a subsaturada, deve-se ressaltar também os inúmeros inconvenientes causados pela presença de água em obras civis subterrâneas.

4.2.3 - Litossolos

Os litossolos, quando desprotegidos devido à remoção da cobertura vegetal, escavações ou abertura de cortes e taludes, tendem a desagregar em fragmentos poliédricos de núcleos resistentes, favorecendo a evolução de processos erosivos por desagregação mecânica. Por outro lado, constituem-se em excelente material para revestimento primário de estradas rurais.

Esses solos como fundações, praticamente não merecem considerações especiais pois sua pequena espessura induz à sua remoção para permitir assentamento direto sobre o substrato rochoso pouco ou nada meteorizado. Já o substrato rochoso, próximo à superfície, mostra-se adequado como maciço de fundação, por apresentar características de resistência que o reportam como de desempenho indiscutivelmente bom.

Cabe ressaltar que determinadas características da rocha,

tais como o alto grau de fraturamento, podem conferir ao substrato rochoso propriedades indesejáveis, exigindo estudos geotécnicos locais e específicos.

5.3 - Processos de Riscos Geológicos e Ambientais

A noção de risco geológico aqui considerada está associada às situações oriundas de alterações nos processos do meio físico, nas quais se verifica a possibilidade ou probabilidade de ocorrência de perdas ou danos a vidas humanas e/ou prejuízos materiais.

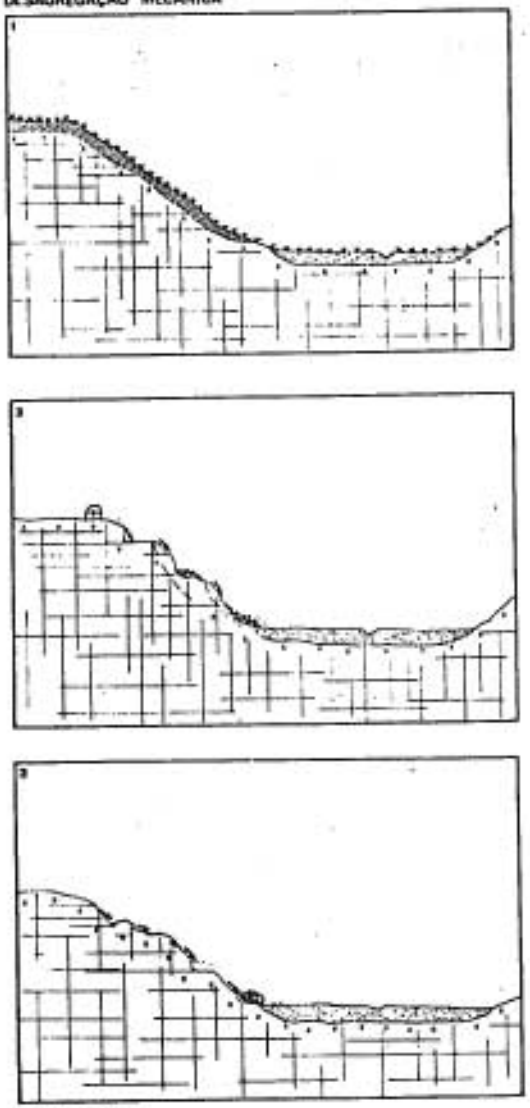
Neste sentido, os principais processos geológicos que podem causar riscos para população que ocupa a área urbana de Guarapuava, são: a erosão, a movimentação de materiais em encostas e os fenômenos de enchentes e/ou inundações, representados esquematicamente na figura 9.

Tais situações de risco são devidas, principalmente, à ocupação desordenada do solo, sem respeitar as características do meio físico, ou seja, provocadas ou potencializadas pela ação antrópica.

Além dos problemas acima referidos, serão abordadas também questões referentes à poluição de águas superficiais e subterrâneas, que promovem a degradação ambiental trazendo riscos ao bem estar da população.

FIG. 9 - SITUAÇÕES DE RISCOS GEOLÓGICOS EM QUARAPUAVA

DESAGREGAÇÃO MECÂNICA

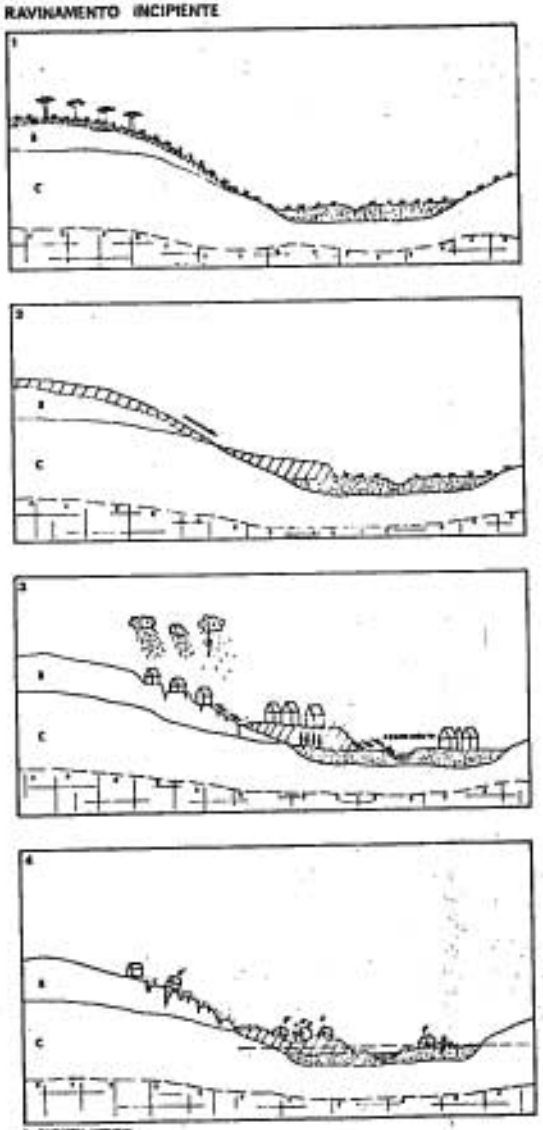


1- PAISAGEM NATURAL

2- TERRAPLANAGEM, CORTES, DESMATAMENTOS

3- IMPACTOS E CONSEQUÊNCIAS:
- EROSÃO (DESAGREGAÇÃO MECÂNICA E DESMORONAMENTO)
- INSTABILIDADE DE FUNDAÇÕES
- ASSOREAMENTO DE FUNDO DE VALE

RAVINAMENTO INCIPIENTE



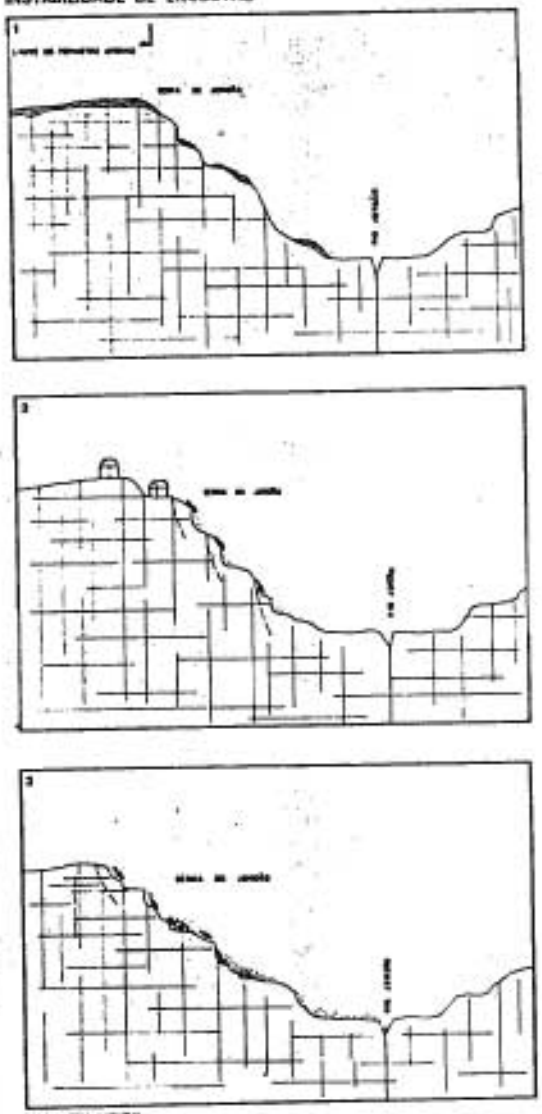
1- PAISAGEM NATURAL

2- DESMATAMENTO, TERRAPLANAGEM E ATERRO SOBRE SOLOS COLAPSÍVEIS

3- ENCAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUAS DE CHUVA, COM INÍCIO DE PROCESSO EROSIVO (RAVINAMENTO INCIPIENTE) E RECALQUE EM ÁREAS TURFOSAS.

4- IMPACTOS E CONSEQUÊNCIAS:
- INSTALAÇÃO DE RAVINAMENTO / RECALQUE
- ASSOREAMENTO DE FUNDO DE VALE
- COLAPSIVIDADE DE SOLOS
- ELEVAÇÃO DO NÍVEL FREÁTICO
- ENCHENTES

INSTABILIDADE DE ENCOSTAS



1- PAISAGEM NATURAL

2- OCUPAÇÃO DE ENCOSTAS (ÁREAS INSTÁVEIS)

3- IMPACTOS E CONSEQUÊNCIAS:
- DESMORONAMENTOS E MOVIMENTOS DE MASSA
- ASSOREAMENTO DE FUNDO DE VALE

LEGENDA

- ATERRO
- ALUVIÃO (TURFA)
- SOLO GRANULAR (HORIZONTE A)
- SOLO ARGILOSO (HORIZONTE B)
- ROCHA ALTERADA (HORIZONTE C)
- SOLO LITÓLICO
- ROCHA SÃ
- FRATURAMENTO

5.3.1 - Erosão

A erosão se constitui em um dos principais fenômenos de riscos geológicos causadores de impactos ambientais e sociais em áreas urbanas. Configura-se, tipicamente, como um risco relacionado a fenômenos naturais induzidos pela ocupação em áreas potencialmente problemáticas.

De modo geral, pode-se afirmar que a constituição geológica, a declividade dos terrenos, as formas e extensões das vertentes, e a cobertura vegetal são os principais fatores que condicionam a origem e a evolução dos processos erosivos.

Nos limites do perímetro urbano de Guarapuava foram caracterizados dois tipos distintos de processos erosivos, genericamente denominados de "ravinamento incipiente" e "desagregação mecânica", descritos a seguir:

a) Ravinamento Incipiente

A erosão por ravinamento incipiente, ou erosão em sulco, se manifesta na forma de canais pouco profundos que surgem na superfície do terreno, preferencialmente sobre as coberturas inconsolidadas. Resulta da atuação do escoamento superficial concentrado em áreas onde a vegetação foi destruída. Forma-se mais facilmente a partir de qualquer tipo de incisão ou corte no terreno, tal como estradas, taludes, poços, trilhas e outros, podendo passar para estágios mais avançados de erosão acelerada,

que inicia quando o nível freático é atingido.

A principal evidência deste tipo de erosão é a formação de pequenos sulcos paralelos, segundo a maior declividade da encosta, que correspondem à instalação do processo no local. A coloração alaranjada/avermelhada (barrenta) das águas de enxurrada e o assoreamento de leitos de córregos também são evidências de que está havendo erosão na encosta.

O impacto da chuva no solo constitui-se na etapa inicial da erosão, seguido pelo escoamento d'água do terreno quando, então, ocorre o processo de erosão propriamento dito. Desta forma, quando se remove a vegetação (qualquer que seja ela), expõe-se à superfície do terreno natural diretamente à ação da chuva, gerando, conseqüentemente, a erosão. Tal situação agrava-se, ainda mais, quando se remove a parte superficial do terreno, geralmente composto por solo argiloso, que funciona como uma segunda capa protetora natural contra a erosão.

Em Guarapuava, a erosão por ravinamento incipiente ocorre diretamente associada às áreas recobertas por latossolos brunos. Em estado natural, os latossolos possuem boa capacidade de infiltração e percolação d'água, mostrando boa resistência à erosão. Após uso continuado e manejo indevido, podem tornar-se muito susceptíveis ao fenômeno, em razão da formação do "pé de grade" que diminui consideravelmente o volume de infiltração de água no solo, favorecendo, por conseguinte, o escorrimento superficial da mesma. Esta situação se manifesta em áreas

agricultáveis englobadas nos limites do perímetro urbano da cidade, a exemplo daquela localizada no extremo norte da área (próximo ao Arroio da Invernada).

A deflagração do processo também se dá em situações de implantação de loteamentos, que conduzem a uma impermeabilização local do terreno, que impede a infiltração natural de águas pluviais, forçando seu escoamento para determinados locais que constituem, quando não protegidos, em embriões para a geração de processos erosivos. Estes, podem tornar-se incontroláveis, muitas vezes exigindo grandes somas de recursos na execução de obras de contenção, para corrigir os distúrbios nos locais onde houve mau planejamento.

Além da constituição geológica do terreno e cobertura vegetal, a declividade é o fator topográfico mais relevante no condicionamento da gênese e evolução do ravinamento incipiente.

De maneira geral, quanto maior a inclinação da encosta mais acentuado e volumoso será o escoamento superficial, acelerando o processo erosivo. Isso pode ser facilmente verificado na cidade de Guarapuava, principalmente em áreas onde o fenômeno já atinge significativas proporções. Casos notáveis são aqueles dos bairros Jardim das Américas (Fotos 12, 13 e 14) e Industrial (Foto 15), onde os sulcos provocados pelo ravinamento incipiente, em latossolos, atingem dimensões métricas, junto a loteamentos localizados em terrenos com declividades acentuadas (Foto 14).

O processo erosivo parece tornar-se efetivo a partir de declividades superiores a 10% (5g42'), onde a velocidade de fluxo da água superficial passa a promover o desgaste e carreamento das partículas do solo. A nítida relação entre erosão, tipo de solo e a declividade, permitiu a delimitação de áreas com diferentes potencialidades ou susceptibilidades ao fenômeno, o que possibilitou a elaboração do "mapa de áreas com potencial de riscos geológicos", apresentado no Anexo 5.

No caso dos latossolos, essas áreas foram definidas segundo níveis de prioridades, conforme o grau de susceptibilidade à erosão, a saber:

Prioridade 1: Declividade >10%. Áreas com o processo erosivo atuante. Exigem medidas corretivas urgentes, para recuperação de distúrbios do meio físico.

Prioridade 2: Declividade >10%. Areas com potencialidade para desenvolver o processo erosivo. Embora ainda ausente, o processo poderá ser desencadeado pelo uso inadequado do solo. Exigem medidas de monitoramento para prevenção e/ou correção de distúrbios do meio físico.

Prioridade 3: Declividade <10%. Áreas com baixa

potencialidade para atuação de processos erosivos. Exigem medidas de caráter preventivo para conservação das caracteristicas do meio fisico.

Foto 12 - Aspectos da erosão em sulcos (ravinamento incipiente), em loteamentos implantados nos terrenos de alta declividade (bairro Jardim das Américas).

Foto 13 - Detalhe do processo de ravinamento desenvolvido nos latossolos de Guarapuava (bairro Jardim das Américas)

Foto 14 - Estágio avançado de erosão em sulcos, sobre latossolos da região urbana de Guarapuava (bairro Jardim das Américas).

Foto 15 - Aspecto geral da área de loteamento sobre latossolos em terrenos de alta declividade. Notar que a implantação inadequada de arruamento e taludes, favorece o início do processo erosivo (bairro Industrial).

A erosão em áreas urbanas, como processo de desequilíbrio do meio físico, traz consigo efeitos negativos causadores de diversos impactos ambientais, agrupados genericamente no quadro a seguir:

O FATO	INTERVENÇÃO NO MEIO FISICO	IMPACTOS DIRETOS	CONSEQUÊNCIAS CORRELATAS
Loteamento	.Remoção da camada vegetal .Terraplanagem .Cortes e aterros	.Erosão	.Assoreamento .Ausência de drenagem, rede de esgoto .Formação de lixões
Agricultura	.Desmatamentos .Técnicas inadequadas	.Erosão .Perda de camada fértil do solo	.Desertificação .Poluição de mananciais .Custos maiores com fertilizantes

Como solução alternativa para contenção do processo erosivo, recomenda-se a recomposição da vegetação através de gramíneas e implantação de sistema superficial de drenagem.

Cabe salientar que áreas com declividades superiores a 30%, são consideradas inaptas à ocupação.

b) Desagregação

A desagregação mecânica constitui um tipo particular de processo erosivo, diretamente relacionado às áreas portadoras dos solos litólicos de Guarapuava.

Pelas suas características mecânicas os litossolos, quando desprotegidos da cobertura vegetal, desagregam mecanicamente em fragmentos irregulares, até atingir o substrato rochoso subjacente. Este por sua vez, dado o elevado grau de fraturamento vertical e horizontal, que facilita a infiltração de água, propicia da mesma forma o desenvolvimento do processo.

O resultado é o desmonte ou "desmanche" da superfície afetada, novamente potencializado pelo uso inadequado do terreno, onde a declividade assume também importante papel no condicionamento e evolução do processo.

A situação mais crítica de riscos geológicos relacionados a este tipo de erosão, verifica-se no bairro Batel, junto ao lago da represa do Parque das Nações (Fotos 16 e 17). No local, o projeto de arruamento, possibilitou a abertura de ruas perpendiculares às curvas de nível em terrenos com declividades superiores a 20% (Foto 18). Com a retirada da cobertura vegetal e horizonte A, sobreposto ao litossolo, somado à falta de pavimentação e obras de contenção e drenagem, o processo instalou-se com extrema rapidez, favorecendo o imediato desmonte e/ou desagregação do leito natural da rua, conforme observado nas fotos 19, 20 e 21.

A dificuldade na instalação de obras enterradas para atender as necessidades locais, levou à implantação de manilhamentos, em precárias condições, conforme observado na foto 22. Assim, o

escoamento de detritos e dejetos domésticos é feito diretamente nas águas do lago, o que compromete e traz significativos prejuízos à população. A correção desta situação, visando inclusive à segurança de moradias e residências locais, deverá dispender significativas somas, geralmente não previstas nos orçamentos.

Foto 16 - Vista geral de área com declividade >30% , recoberta por solos litólicos, susceptíveis a processos erosivos de desagregação mecânica (Parque das Nações).

Foto 17 - Idem (Parque das Nações).

Foto 18 - Detalhe do arruamento implantado perpendicularmente às curvas de nível, favorecendo o processo de erosão por desagregação mecânica.

Foto 19 - Processo de desagregação mecânica em terrenos de litossolos (Parque das Nações)

Foto 20 - Aspecto do desmonte do leito natural da rua, promovido pela ocupação inadequada de áreas com alta declividade (Parque das Nações).

Foto 21 - Aspecto da desagregação em blocos irregulares, originado pelo alto grau de fraturamento da rocha vulcânica exposta.

Foto 22 - Detalhe do manilhamento exposto, devido a dificuldade para implantação de obras enterradas em áreas de litossolos.

O mapa de áreas com potencialidade de riscos geológicos, apresentado no anexo 5, prioriza as áreas de solos litólicos conforme o grau de susceptibilidade à instalação do processo erosivo.

Cabe ressaltar que, segundo observações preliminares, caracterizou-se o intervalo de declividade >10%, como sendo o limite para desencadear o fenômeno, embora seu ápice ocorra em intervalos superiores a 20%.

Assim sendo, são as seguintes as classes de declividade e prioridades no tratamento de áreas sujeitas à erosão por desagregação mecânica:

Prioridade 1: Declividade)10%. Áreas com o processo erosivo atuante. Exigem medidas corretivas urgentes para recuperação dos distúrbios do meio físico.

Prioridade 2: Declividade)10%. Áreas com potencialidade para desenvolver o processo erosivo. Embora ainda ausente, o processo poderá ser desencadeado pelo uso inadequado do solo. Exigem medidas de monitoramento para prevenção e/ou correção de distúrbios do meio físico.

Prioridade 3: Declividade (10%. Áreas com baixa potencialidade para atuação do processo erosivo. Exigem medidas de caráter preventivo para conservação das características do meio físico.

As áreas portadoras de solos litólicos, pouco espessos, são verdadeiros focos para a atividade de mineração, geralmente desenvolvida a níveis artesanais e predatórios. Isso deve-se principalmente à facilidade de remoção da cobertura inconsolidada, atingindo o substrato rochoso quase aflorante.

Nos limites do perímetro urbano de Guarapuava existem pelo menos 13 frentes de lavra (pedreiras), de tamanhos e proporções variadas. As maiores, atualmente abandonadas (Fotos 23 e 24), foram racionalmente exploradas pela Prefeitura que já estuda a

possibilidade de recuperação das áreas mineradas (bairro Bom Sucesso).

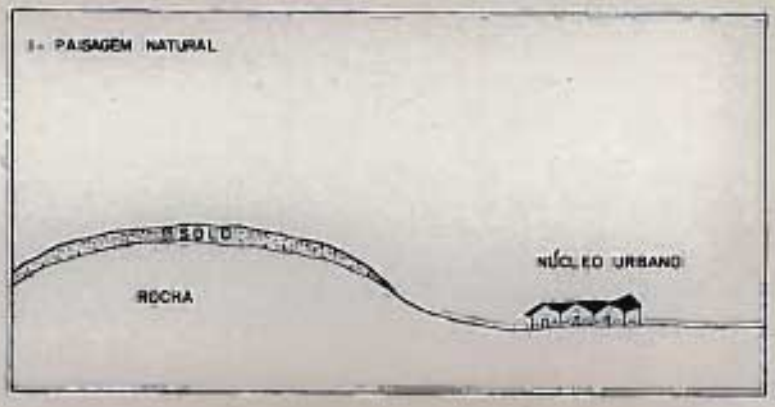
As demais distribuem-se irregularmente pela cidade e, pelo típico processo de extração clandestina e predatória, causam impactos ambientais significativos. Além dos impactos visuais, são verdadeiros focos para a deflagração de processos erosivos que trazem consigo todas as conseqüências já mencionadas (Figura 10).

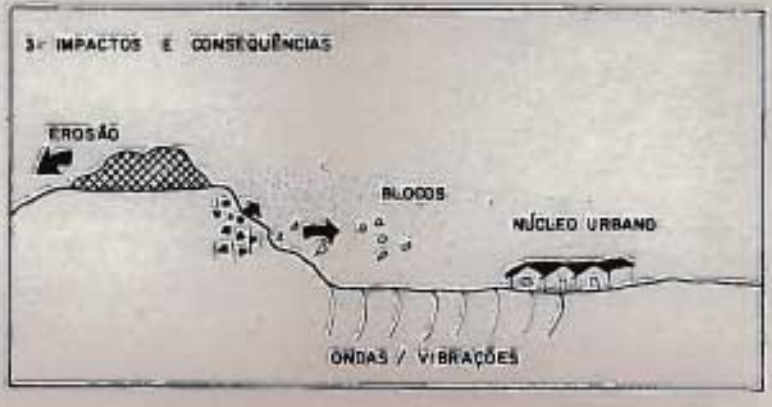
Alguns casos podem ser constatados na região do Parque das Nações (Foto 25) e Jardim Gaspar (Foto 26).

Os principais impactos ambientais causados por atividades de mineração em centros urbanos, são agrupados genericamente no quadro a seguir:

O FATO	INTERVENÇÃO NO MEIO FÍSICO	IMPACTOS DIRETOS	CONSEQUÊNCIAS CORRELATAS
Mineração	.Desmatamentos .Escavações instáveis .Desmontes de rocha	.Erosão .Escorregamentos .Deslizamentos .Explosões/ruídos .Despósitos de dejetos	.Assoreamento .Ameaça às construções e vidas humanas .Poluição visual, do ar, solo e água

Atualmente o material retirado nas frentes de lavra é utilizado como pedra para calçamento (blocos e paralelepípedos), e construção de muros para residências.





MINEROPAR
Minerais do Paraná S/A

IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS CAUSADOS PELA MINERAÇÃO EM ÁREAS URBANAS

FIG 10

Foto 23 - Pedreira abandonada na cidade de Guarapuava. A recuperação destas áreas deve ser feita segundo critérios técnicos adequados (conformação do terreno, retirada de blocos e lascas instáveis, instalação de tirantes, etc).

Foto 24 - Aspecto geral de pedreira abandonada, localizada na área do perímetro urbano de Guarapuava (bairro Bonsucesso).

Foto 25 - Frente de lavra predatoria, em área recoberta por solos litólicos. A pequena espessura desses solos facilita sua remoção e exposição do substrato rochoso (Parque das Nações).

Foto 26 - Pedreira abandonada na cidade de Guarapuava, constituindo área precursora para instalação de processos erosivos, causadores de impactos ambientais.

5.3.2 - Instabilidade de Encostas

Os movimentos de massa ou movimentos envolvendo corpos de solo ou rocha que se processam para baixo e para fora de um talude ou encosta, ao longo de uma ou mais superfícies de ruptura, são denominados "escorregamentos". A extraordinária variedade de fatores e processos que podem ocasionar os fenômenos de escorregamento normalmente dificultam uma síntese geral o que tornam muito trabalhosos os estudos de estabilidade de encostas para projetos de planejamento.

Entre os fatores predisponentes para o fenômeno de movimentos de massa destacam-se os tipos de complexos geológicos-morfológicos e climáticos-hidrogeológicos, o calor solar, tipo de vegetação e, obviamente, a ação da gravidade.

O processo pode ser deflagrado pela pluviosidade, erosão pela água, variações de temperatura, a ação de fontes ou mananciais, oscilações do nível freático e a ação antrópica (desmatamentos, mutilações, etc).

Os estudos de movimentos de massas, de uma maneira geral podem ser realizados com dois objetivos principais: o corretivo e o preventivo. No corretivo, as investigações devem apresentar soluções para eliminar ou minimizar os efeitos de um processo de instabilidade em andamento ou já ocorrido. Por outro lado, o caráter preventivo está relacionado com os casos de instabilidade

potencial, ou seja, aqueles revelados antes que um fator qualquer inicie o fenômeno de instabilização. Sendo assim, é fácil notar que as medidas preventivas dos estudos de estabilidade de taludes são próprias dos projetos que visam o planejamento urbano.

Quando a área planejada apresentar terrenos com instabilidade potencial, os estudos geológicos devem ser orientados para duas finalidades principais. A primeira é mostrar onde e como a ação antrópica pode desencadear o processo de instabilização e o que deve ser feito para que tal não ocorra. A segunda finalidade é verificar quais fenômenos naturais, e de que maneira os mesmos agem para provocar a instabilização, a fim de que sejam determinadas as medidas de contenção dos escorregamentos.

Nos casos em que o processo de instabilização for de difícil controle, as áreas a serem atingidas pelo fenômeno devem ser delimitadas e sua ocupação urbana proibida.

Pois bem, parte da região urbana de Guarapuava é limitada pela serra do rio Jordão, limite este que localmente avança escarpa abaixo, como é o caso de áreas dos loteamentos Califórnia, Vila David e Jardim Social (bairro Santana), Vila João (bairro Boqueirão), e outros (Fotos 27 e 28).

Em alguns destes locais já é possível observar fenômenos de erosão por desagregação mecânica, desenvolvidos sobre solos litólicos. Este fenômeno já promove a desagregação total do

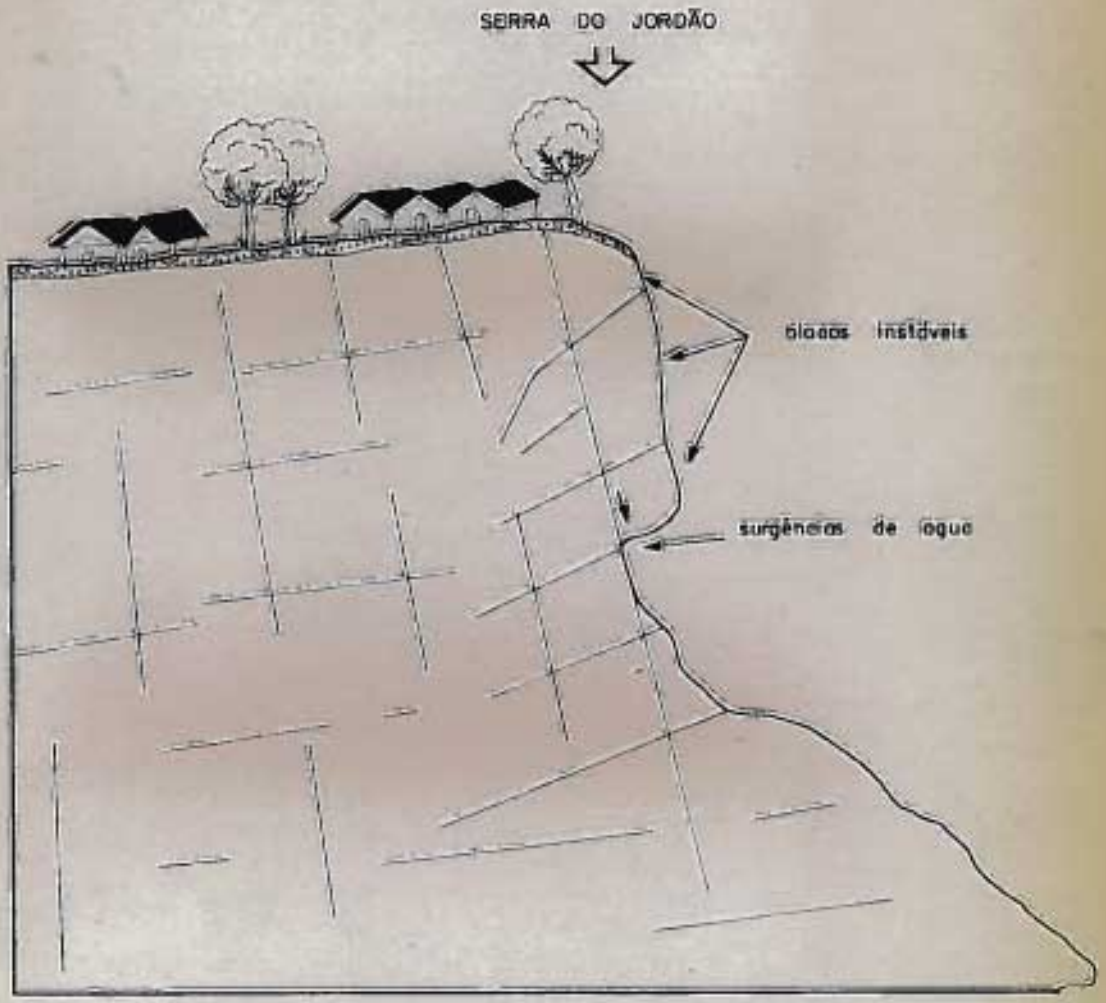
leito natural das ruas, ladeadas por residências e moradias. Nestes taludes fortes a cobertura alterada é geralmente pequena, sendo comuns os afloramentos de rocha. Deve-se ressaltar que as rochas aflorantes nestas porções da serra, são as vulcânicas ácidas riodacíticas, caracterizadas pelo alto grau de fraturamento, o que facilita a infiltração e percolação das águas pluviais.

Foto 27 - Vista geral da serra do Jordão, sofrendo o processo de ocupação desordenada. As áreas de alta declividade (encostas), são extremamente susceptíveis a fenômenos de escorregamento.

Foto 28 - Detalhe da ocupação da serra do Jordão. As áreas de encosta devem sofrer restrições na ocupação urbana e contínuo monitoramento preventivo para evitar a ocorrência dos acidentes naturais.

A instabilização da encosta "pode" se manifestar pela queda de blocos ou lascas, caracterizado por movimentos rápidos, predominantemente em queda livre, mobilizando um volume de rocha relativamente pequeno, e estando associado a encostas rochosas abruptas ou taludes de escavação (cortes, frentes de pedreiras, etc), Figura 11.

As causas básicas deste processo são as descontinuidades do maciço rochoso, que propiciam o isolamento de blocos unitários de rocha, subpressão através do acúmulo de água, descontinuidades ou penetração e crescimento de raízes.



MINEROPAR
Minerais do Paraná S/A

SITUAÇÃO DE INSTABILIDADE DE ENCOSTAS EM ÁREAS COM MACIÇOS ROCHOSOS AFLORANTES

FIG. 11

Também frentes rochosas de pedreiras abandonadas podem resultar em áreas de instabilidade decorrentes da presença de blocos instáveis remanescentes do processo de exploração.

Outro processo de instabilidade de encostas pode se dar por "escorregamentos", igualmente caracterizados por movimentos rápidos com limites laterais e profundidades bem definidas (superfície de ruptura).

Os escorregamentos podem movimentar solo, solo e rocha ou apenas rocha. A geometria destes movimentos pode ser circular, planar ou em cunha, em função da existência ou não de estruturas ou planos de fraqueza nos materiais movimentados, que condicionem a formação das superfícies de ruptura.

Um tipo de escorregamento comum em encostas ocupadas é o escorregamento induzido, ou seja, aquele cuja deflagração e potencializada pela ação antrópica e que, muitas vezes, mobiliza materiais produzidos pela própria ocupação (aterro, entulho, lixo, etc). A evidência de que o processo será inevitável é a presença de trincas no solo e nas paredes das casas.

Por ora, dada a escassez de informações e estudos direcionados, não é possivel avaliar a situação global do problema de ocupação nas encostas da serra do Jordão, em Guarapuava.

Todavia, cabe alertar as equipes locais de planejamento e as autoridades da existência e os riscos que estas áreas oferecem, merecendo estudos preventivos geológico-geotécnicos mais detalhados.

Essas áreas passíveis de sofrer os processos de instabilidade de encostas, via de regra, mostram declividades superiores a 30%, sendo demarcadas no mapa de indicadores da geologia para o planejamento, como inaptas à ocupação (Anexo 5).

5.3.3 - Enchentes e/ou Inundações

Constituem os fenômenos de risco geológico relacionados às áreas alagadiças que em Guarapuava margeiam os principais rios e córregos da cidade.

Dos três tipos de processos já citados, são os que oferecem as maiores dificuldades no seu controle e prevenção.

Os problemas decorrentes das cheias são variados, via de regra, derivados da utilização inadequada das áreas susceptíveis à inundações, em especial pela população de mais baixa renda (Fotos 29 e 30).

A ocupação desordenada dos baixios, além de causar o desequilíbrio ambiental da região, traz consigo sérios problemas de natureza sócio-econômico, principalmente no setor de saúde

pública e infra-estrutura. As obras necessárias para promover a "proteção" das comunidades assentadas em aluviões, são muito mais onerosas se comparadas aos baixos custos para viabilizar ações de controle na ocupação desses solos.

Para efeito de discussão e compreensão do problema, deve-se distingüir o significado dos termos "enchente" e "inundações", a saber:

Inundação: estágio que as águas atingem quando correm fora do canal normal, porém limitadas à planície de inundação do rio (várzea, aluvião). A planície de inundação funciona como um regulador do equilíbrio hidrológico, nas situações de elevação do nível do rio pela ação das chuvas.

Foto 29 - Ocupação desordenada em terrenos alagadiços, sujeitos à inundação. A construção de aterros, loteamentos, ruas, etc, pode potencializar o fenômeno das enchentes.

Foto 30 - A ocupação dos baixios promove o desequilíbrio hidrológico da região, favorece as enchentes e a poluição das águas e constitui foco de doenças e epidemias.

Enchentes: estágio que as águas atingem quando correm fora do canal normal, além da planície de inundação, geralmente causado por fenômenos sazonais de alta pluviosidade, ou pela intervenção no meio físico (aterros, diques, loteamentos, etc).

FIG.12- Esquema demonstrativo do nível atingido pelas inundações e enchentes.

Em Guarapuava, as áreas susceptíveis aos fenômenos de inundação representam cerca de 15% do perímetro urbano, correspondendo às áreas recobertas por solos orgânicos. Neste contexto merece destaque a planície de inundação do rio Cascavel, principal captador de águas da região, com características de rio meandrante, de estágio senil, marcado por episódios freqüentes de inundações.

A bacia do rio Cascavel drena uma região extensa da cidade e tem sua área de inundação ocupada por obras públicas, praças, loteamentos e favelas, além de obras de circulação (estradas), sustentadas por diques e aterros artificiais. Isso "pode" favorecer o processo de inundação, evoluindo para situações de enchentes, quando os índices pluviométricos atingem proporções acima da média anual (enchentes sazonais).

Deve-se ressaltar os efeitos somatórios causados pelos fenômenos de erosão (ravinamento/desagregação), os quais propiciam o aumento da carga dos sólidos (sedimentos) que alcançam as calhas dos rios, promovendo o assoreamento do fundo dos vales, ,que associado a queda na infiltração, comprometem o regime hidrológico da bacia, favorecendo as inundações.

Os casos de enchentes em bacias hidrográficas de pequeno porte, muitas vezes são resolvidos com sistemas especiais de canalização. Se por outro lado, a área urbana situa-se próxima às margens de cursos d'água maiores com histórias de inundações, a ocupação urbana deve ser desaconselhada.

No início deste ano, Guarapuava foi palco do fenômeno de enchente que atingiu boa parte da planície do rio Cascavel. A equipe da prefeitura local, demarcou o nível atingido pelas águas, cujos limites nitidamente extrapolam aqueles da planície de inundação (Anexo 6). Aparentemente o fenômeno teve origem relacionada aos altos índices pluviométricos regionais (sazonais), mas provavelmente com alguma interferência atribuída à ação antrópica (aterros, estradas, loteamentos, falta de vazão em bueiros, etc). A definição das causas da enchente e os fatores intervenientes, devem ser rigorosamente caracterizados com trabalhos dirigidos e específicos, e são da maior importância visando os estudos de caráter "preventivo" contra os fenômenos de enchente, próprios do processo de planejamento.

As áreas sujeitas a inundações, contidas nos limites do perímetro urbano de Guarapuava, acham-se demarcadas no mapa de áreas com potencial de riscos geológicos, no Anexo 4.

5.3.4 - 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 lençóis subterrâneos.

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

E importante lembrar que o levantamento de possíveis fontes de poluição das águas não se restringe à área planejada. No caso de águas superficiais, os estudos devem se estender até os limites à montante das bacias hidrográficas envolvidas. Em se tratando de águas subterrâneas, as áreas investigadas são as zonas de recarga próximas.

A grande diversidade de fontes poluidoras de águas tornam bastante difícil uma síntese das mesmas. A classificação que segue, procura mostrar as principais origens da poluição de águas superficiais e subterrâneas, tentando associar a situações de "possível" risco verificadas na cidade de Guarapuava:

- **esgotos domésticos**: provocam contaminação tanto bacteriológica, por meio de dejetos humanos, como química, pela presença de produtos químicos de uso doméstico, entre eles os detergentes. A componente bacteriológica deste agente, que é a mais atuante, pode ser sanada com a instalação de lagoas de

estabilização. Esta situação se faz presente em Guarapuava, principalmente nas áreas de baixios ocupadas pela população de mais baixa renda. A instalação de fossas nos terrenos de solos orgânicos, permeáveis, favorecem a rápida contaminação das águas superficiais. Essa situação é ainda agravada pelas periódicas inundações e enchentes, tornando essas comunidades verdadeiros focos de epidemias, comprometendo o bem estar da população.

- **esgotos industriais**: estão aqui incluídos todos os tipos de águas residuais de indústrias em geral, inclusive as das atividades mineiras e de usinas nucleares. São poluentes essencialmente químicos. Pelas características do setor industrial de Guarapuava, com grande atividade de madeireiras, os problemas desta natureza praticamente inexistem, merecendo sim um contínuo controle preventivo das atividades do setor.

- **percolação em depósitos de resíduos sólidos**: compreende as águas que antes de chegarem aos rios 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.

O atual aterro sanitário, instalado fora dos limites do perímetro urbano de Guarapuava, encontra-se em situação deplorável, instalado de maneira inadequada próximo à área de mananciais, sem qualquer tipo de tratamento ou diferenciação do

lixo, constituindo-se num agente potencial para degradação ambiental e de risco à saúde das comunidades locais (Fotos 31 e 32).

Neste sentido revela-se a importância da adequada seleção do local para instalação do aterro sanitário de uma cidade. Esta escolha deve levar em conta uma série de fatores sócio-econômicos, embasados nas características do meio físico.

De modo geral, os critérios adotados para definição dos terrenos mais adequados para disposição dos rejeitos sólidos, devem levar em conta:

- **Tipo de solo**: solos residuais pouco espessos são considerados inaptos; solos permeáveis, com espessuras superiores a 3 metros facilitam a depuração de bactérias (chorúme, etc).

- **Nível freático**: superior a 5 metros, evitando contaminação direta com as águas de subsuperfície.

- **Declividade**: áreas com baixa declividade para minimizar os escoamentos para a área do aterro. Em caso contrário deve ser implantado um sistema de drenagem para desvio das águas superficiais.

- Distâncias superiores a 200 metros das cabeceiras de drenagem para evitar contaminação dos cursos d'água.

- Proximidade de solos de fácil escavabilidade e com boas características de material de aterro, para cobertura das células de lixo.

Na cidade de Guarapuava e arredores, as áreas de solos litólicos são consideradas inaptas para a instalação de aterros sanitários. Devido às suas pequenas espessuras e presença de rocha sã subjacente, com alto grau de fraturamento, a percolação e infiltração das águas contaminadas (chorúme, etc), se faz de maneira rápida e intensa, promovendo a poluição direta das águas superficiais e subterrâneas (Figura 13 e Foto 33).

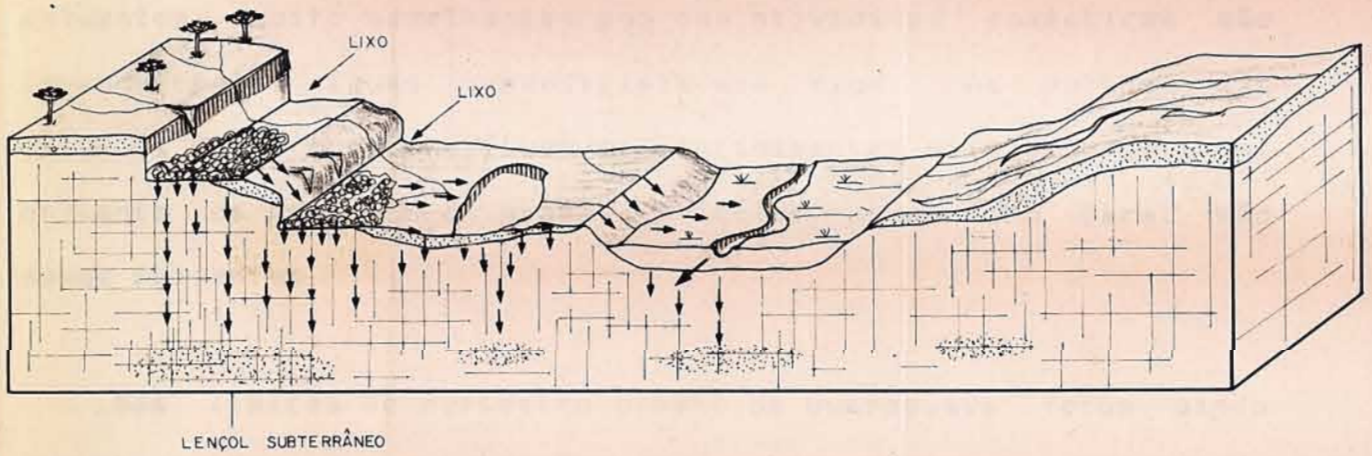
As áreas de latossolos, selecionadas dentro dos critérios antes mencionados, mostram características mais adequadas à disposição dos rejeitos sólidos, desde que submetidas a tratamento apropriado (espalhamento, aterro, compactação).

As áreas de solos orgânicos, por se apresentarem junto às drenagens e com lençol freático sempre próximo à superfície, também são consideradas inadequadas para os fins em discussão.

Foto 31 - Vista geral da área de disposição de rejeitos sólidos de Guarapuava (lixão), instalado em terrenos com alta declividade próximo a mananciais, sem tratamento adequado.

Foto 32 - Detalhe do aterro sanitário da cidade, contrastando com a beleza natural da paisagem.
Observar a proximidade de cabeceira de drenagem

- **produtos químicos agrícolas**: são os adubos, corretivos de solos, inseticidas e herbicidas, freqüentemente usados na lavoura



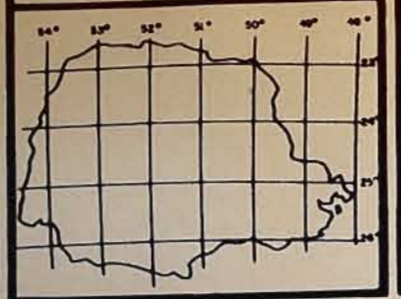
FLUXO DE CHORÚME E SUBSTÂNCIAS TÓXICAS PRODUZIDAS PELO LIXO (Pb, As, Se, cianetos, etc.)

SITUAÇÕES DESFAVORÁVEIS - Solos litólicos, pouco espessos, porosos e permeáveis.

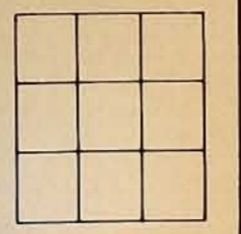
- Rocha sã, muito fraturada, subjacente.
- Proximidade de mananciais.
- Nível freático próximo à superfície.
- Falta de tratamento do lixo.

NORTE

SITUAÇÃO NO ESTADO



SIT. NA FOLHA



ESCALA GRÁFICA

CONVENÇÕES

LEGENDA

- PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO (SOLOS ORGÂNICOS)
- SOLOS LITÓLICOS
- RIODACITOS
- LIXO
- RIO
- LAGO
- FRATURA
- ZONA DE AQUÍFEROS SUBTERRÂNEOS

MINEROPAR

Minerais do Paraná S.A.

AUTOR		BASE CARTOGRÁFICA
EXECUTOR /	SITUAÇÃO DE RISCO GEOLÓGICO-AMBIENTAL NA INSTALAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS SOBRE SOLOS LITÓLICOS NA REGIÃO DE GUARAPUAVA.	FIG. 13
DATA		
ESCALA		
DESENHO		

MAPOTECA

e que as águas de escoamento podem carrear para os leitos dos rios, provocando a poluição química dos mesmos.

A atividade de agricultura é desenvolvida no setor extremo-norte da cidade de Guarapuava, havendo a necessidade de avaliar a situação do uso de substâncias tóxicas na região.

- **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.

Nos limites do perímetro urbano de Guarapuava foram ainda caracterizadas duas situações que podem oferecer riscos de contaminação às águas que drenam a cidade: a primeira diz respeito à existência de ferro velho junto à cabeceira de drenagens que escoam para o rio Cascavel (Foto 34). Esses depósitos são geradores de substâncias químicas tóxicas, originadas a partir de tintas, plásticos, baterias, ferrugens, etc); a segunda se relaciona com a presença de "matadouros" junto à drenagem, com geração de material putrefato contaminando diretamente as águas superficiais. Ambos os casos acham-se demarcados no mapa de áreas com potencial de riscos geológicos (Anexo 5).

O levantamento das fontes poluidoras de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, no planejamento urbano, deve fornecer orientações para que as soluções alternativas possam ser escolhidas entre a conteção das fontes poluidoras e a localização estratégica de estações de captação de água, mananciais, etc.

Foto 33 - Aspecto do alto grau de fraturamento dos riodacitos, em área recoberta por solos litólicos. Essas áreas se mostram inadequadas para instalação de aterros sanitários, principalmente pela facilidade de infiltração de chorúme, contaminando as águas subterrâneas.

Foto 34 - Instalação inadequada de "ferro velho", próximo à cabeceira de drenagens. Notar também a construção de aterros sobre solos orgânicos (colapsíveis).

5.4 - Indicações da Geologia para o Planejamento

O mapa de indicações da geologia para o planejamento, apresentado no anexo 6, é uma síntese dos estudos desenvolvidos em Guarapuava. Procura orientar, de modo geral, a ocupação urbana da cidade com base nas características do meio físico, levando em conta os aspectos geológico-pedológicos, geomorfológicos e geotécnicos da região. Procura também demonstrar as atuais condições ambientais e de uso e ocupação das áreas contidas no perímetro urbano.

Ao nível em que é apresentado, restringe-se a indicar as principais características das unidades geotécnicas de mapeamento (solos), suas restrições no uso e ocupação e indicações para o planejamento.

Por tratar-se de documento de integração e síntese, tem por objetivo expor as informações numa linguagem simplificada e acessível a técnicos de outras áreas e, principalmente, planejadores.

Para a elaboração do mapa síntese foram utilizadas, de maneira integrada, as informações referentes aos seguintes itens:

a) Aspectos geológicos e geomorfológicos.

b) Unidades geotécnicas de mapeamento (solos orgânicos, latossolos e litossolos).

c) Declividades.

d) Propriedades físicas dos solos.

e) Processos de riscos geológicos e ambientais.

O quadro a seguir, que legenda o mapa síntese, traz as principais indicações da geologia para o planejamento:

UNIDADE	DECLIVIDADE	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	INDICAÇÕES P/O PLANEJAMENTO
Solos Orgânicos	0-2,5%	Turfosos, saturados, colapsíveis e compressíveis (altamente plásticos),com baixa capacidade de suporte de carga. Espessuras entre 0,5 m e 3,00 m. Áreas planas com nível freático raso ou aflorante, sujeitas à inundações	-Inadequados à ocupação urbana. -Inadequados à fundações e a terro direto. -Inviáveis à implantação de obras escavadas ou enterradas. -Áreas de proteção contra cheias. -Recuperação de áreas já ocupadas.
Litossolos	0-20%	Solos pouco desenvolvidos, pedregosos, com espessuras entre 0,20 e 1,00 m, com rocha sã subjacente. Porosos e permeáveis, facilitando a rápida infiltração de águas superficiais, com risco de contaminação de aqüíferos subterrâneos, por agentes poluidores. Áreas com alta resistência à escavação, sujeitas à processos erosivos por desagregação mecânica.	-Ocupação urbana monitorada. -Dificuldade na instalação de infra-estrutura subterrânea (redes de esgoto, galerias e canais pluviais). -Áreas com restrições à implantação de obras e serviços geradores de resíduos líquidos poluentes (aterros sanitários, postos de gasolina, garagens, cemitérios, lagoas de decantação, etc). -Adequabilidade à fundações e obras viárias dentro de especificações técnicas.
	120%	Altamente susceptíveis à erosão	Inaptos à ocupação
Latossolos	0-30%	Solos desenvolvidos, com espessuras de 1,00 a 6,00 metros, laterizados (ricos em óxidos e hidróxidos de Fe e Al), relativamente porosos e permeáveis, colapsíveis em condições de saturação. Susceptíveis à erosão laminar desde que removida a cobertura vegetal.	-Boas condições para ocupação urbana, com facilidade para implantação de obras de infra-estrutura. -Restrições em locais com nível freático raso. -Monitoramento em áreas com declive 10-20%.
	130%	Altamente susceptíveis à erosão.	Inaptos à ocupação

Quadro. Indicações da Geologia para o Planejamento

6 - CONCLUSOES E RECOMENDAÇOES

1 - A cidade de Guarapuava, nos limites do perímetro urbano, já sofre sérios distúrbios ambientais causados principalmente pela ocupação desordenada de seu espaço territorial. A maior parte dos problemas advindos do uso inadequado do solo, pode ser creditada à própria ação antrópica, desconsiderando as características do meio físico.

2 - O sítio urbano de Guarapuava assenta-se sobre substrato rochoso constituído principalmente por rochas vulcânicas ácidas (riodacitos), estruturadas em sucessivos derrames sub-horizontalizados, com alto grau de fraturamento. Este substrato é recoberto por solos litólicos e latossolos, além dos solos orgânicos que ocupam as áreas de fundo de vales ou baixios, junto aos principais cursos d'água.

3 - Os processos de riscos geológicos atuantes na região urbana de Guarapuava, deflagrados como respostas da natureza às agressões oriundas do uso inadequado do solo, dizem respeito a fenômenos de erosão, enchentes, inundações e instabilidade de encostas, além da poluição das águas superficiais e subterrâneas.

4 - Os principais fenômenos erosivos se referem ao ravinamento incipiente em áreas de latossolos e erosão por desagregação mecânica sobre litossolos. Fenômenos de instabilidade de encostas (escorregamentos e deslizamentos),

mostram potencialidade para se desenvolver nas áreas próximas à encosta da serra do rio Jordão, à leste do perímetro urbano.

5 - A ocupação indevida das áreas de fundo de vales (aluviões), pode provocar e/ou potencializar o fenômeno das enchentes e inundações, ocasionando inúmeros distúrbios no meio físico, dentre eles: a poluição de aqüíferos, assoreamentos e outros. As características dos solos associados a estas áreas (turfas), inviabilizam a implantação de infraestrutura básica para atender as necessidades das comunidades ali instaladas, via de regra, de mais baixa renda.

6 - As áreas de solos litólicos, devido às suas características de pequena espessura, alta porosidade e permeabilidade, e proximidade do substrato rochoso, devem sofrer restrições à implantação de instalações, obras e serviços geradores de resíduos líquidos ou sólidos poluentes: aterros sanitários, ferro-velhos, cemitérios, garagens e postos de gasolina, etc. Se inevitável, deve-se proceder o controle e monitoramento dos níveis de poluição.

7 - O atual aterro sanitário de Guarapuava encontra-se em situação deplorável, instalado de maneira inadequada, próximo à área de mananciais, sem qualquer tipo de diferenciação ou tratamento do lixo, constituindo-se num agente potencial para degradação ambiental e de risco para a saúde e bem estar da

população. Recomenda-se a seleção de área apropriada para comportar tal tipo de instalação, segundo critérios técnicos específicos.

8 - As áreas de pedreiras abandonadas são precursoras para a instalação de fenômenos erosivos. Além disso oferecem riscos diretos de desabamentos de blocos e lascas de rocha na antiga área de lavra. Recomenda-se a execução de estudos e projetos de recuperação destas áreas degradadas, segundo critérios técnicos adequados (conformação do terreno, retirada de blocos instáveis, instalação de tirantes, etc).

9 - Com respeito a propostas de encaminhamento de soluções visando a elaboração do Plano Diretor da cidade de Guarapuava, recomenda-se:

a) Adotar medidas de prevenção à degradação ambiental, fundamentadas nos principais problemas geológico-geotécnicos detectados no trabalho.

b) Adotar medidas de correção de distúrbios ambientais constatados na região (erosão, poluição de aqüíferos, etc).

c) Adotar medidas restritivas à ocupação das áreas de fundo de vale, terrenos de alta declividade, susceptíveis a fenômenos erosivos, tanto em solos litólicos como latossolos, e áreas de encosta da serra do Jordão.

d) Adotar medidas de conscientização da população em relação ao conhecimento dos processos de degradação ambiental e suas conseqüências, através da implantação de projetos ambientais abrangendo o setor de educação e treinamento em escolas, associações, etc.

10 - Os estudos realizados culminaram no estabelecimento de algumas indicações e prioridades para a ocupação do espaço físico disponível na região urbana de Guarapuava. Os resultados obtidos foram sintetizados no mapa de indicadores da geologia para o planejamento (Anexo 6), com legenda auto-explicativa. Visam orientar as decisões para a ocupação da área urbana de Guarapuava, não eximindo projetistas e engenheiros dos ensaios de caracterização local para implantação de qualquer obra civil.

11 - Considera-se que foram atingidos os objetivos propostos pelo presente trabalho, com o diagnóstico das condições atuais de uso e ocupação dos solos e caracterização do meio físico da região urbana de Guarapuava.

12 - Recomenda-se que futuros estudos sejam acompanhados de ensaios geotécnicos para a caracterização das propriedades dos materiais de superfície (solo e rocha), visando a exata definição da adequabilidade dos terrenos à implantação de zonas residenciais, comerciais, industriais, etc.

13 - Recomenda-se também que futuros estudos visando planejamento urbano e uso e ocupação dos solos, tenham uma maior abrangência de área, englobando pelo menos quatro vezes a área do atual perímetro urbano.

Geólogo Luís Marcelo de Oliveira
CREA 9433-D-PR

Geólogo Rogério da Silva Felipe
CREA 6386-D-PR

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARIOLI, Edir Edemir. Proposta de metodologia para o Plano Diretor de Mineração da Região Metropolitana de Curitiba. Relatório interno. MINEROPAR. Curitiba, 1992.

2. CHIOSSI, Nivaldo José. Impactos ambientais e sociais no uso e ocupação do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 4, 1984, Belo Horizonte. **Anais**... Belo Horizonte : ABGE, 1984. v. 2, p. 253-266.

3. COTTAS, Luiz Roberto. **Estudos geológico-geotécnicos aplicados ao planejamento urbano de Rio Claro - SP**. São Paulo: USP, 1983. 171 p. Tese (Doutoramento em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1983.

4. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento e reconhecimento dos solos do estado do Paraná**. Curitiba: EMBRAPA, 1984. 2 t., 1 mapa. Convênio SUDESUL/EMBRAPA/IAPAR.

5. FERRANTE, José Ernesto Tellez, GANDOLFI, Nilson. Metodologia fotointerpretativa de estudos básicos para um planejamento integrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 4, 1984. Belo Horizonte. **Anais**... Belo Horizonte: ABGE, 1984. v. 2, p. 227-239.

6. INFANTE JR., Nelson. Geologia de planejamento: escopo e metodologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1, 1976, Rio de Janeiro. **Anais**... Rio de Janeiro: ABGE, 1976. v. 3, p. 273-382.

7. MACIEL Filho, C.L. Mapeamento geotécnico e planejamento da ocupação urbana de Santa Maria, R.S. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 2, 1978, São Paulo. **Anais**... São Paulo: ABGE, 1978. v. 1, p. 257-265.

8. MARQUES, J.S. Previsão de riscos ambientais. In: Boletim de Geociências. Universidade Estadual Paulista/UNESP, São Paulo, 1988, v. 7, p. 250-254.

9. MORAES, M.C. Contribuição ao estudo do vulcanismo intermediário a ácido da Formação Serra Geral: As ocorrências do Alto Jacuí (RS) e da Serra do Cadeado (PR). In: Anais do XXXII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Salvador, BA, 1982.

10. PELLENZ, Élbio. Mapeamento geotécnico de Medianeira. Relatório MINEROPAR, 1992. Convênio MINEROPAR/FAMEPAR/PREFEITURA MUNICIPAL DE MEDIANEIRA.

11. PRANDINI, F.L. Condicionantes geológicos e geotécnicos da degradação ambiental. Alguns casos brasileiros. Boletim da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, São Paulo, 1974, n. 1, p. 1-12.

12. RIBAS, Sérgio Maurus. Geologia de Planejamento: Caracterização do meio físico da área urbana de Guaíra (PR). Relatório MINEROPAR, 1992. Convênio MINEROPAR/FAMEPAR/PREFEITURA MUNICIPAL DE GUAIRA.

13. SEIGNEMARTIN, C.L., et al. Mapeamento geológico-geotécnico preliminar do município de Americana, SP. In: Atas do 2º Simpósio Regional de Geologia, Rio Claro, 1979, 2: p. 321-329.

14. ZUQUETE, L.V., GANDOLFI, N. Contribuição à cartografia geotécnica da grande Cuiabá, MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 4, Belo Horizonte, 1984. **Anais**... Belo Horizonte: ABGE, 1984. v. 2, p.109-118.