UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CONTRIBUIÇÃO A GEOLOGIA AMBIENTAL NO MUNICÍPIO
DE CURITIBA - Pr.

Donizeti Antonio Giusti

Orientador: Prof. Dr. Nelson Ellert

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Área de Concentração: Recursos Minerais e Hidrogeologia

São Paulo
1989

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC

30900004995

CONTRIBUIÇÃO A GEOLOGIA AMBIENTAL NO MUNICÍPIO
DE CURITIBA - Pr.

Donizeti Antonio Giusti

Orientador: Prof. Dr. Nelson Ellert

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO EXAMINADORA

	nome
Presidente:	Dr. N.Ellert
Examinadores:	Dr. A.R.L.Gonçalves
	Dr. A.Pacheco

ass.

Nelson Ellert
Adalberto Pacheco
Donizeti Antonio Giusti

São Paulo
1989

À minha esposa,
Cecília Schlichta Giusti

ERRATA

01. Página 33 final do 1º parágrafo, onde se lê:
"aguifero da" leia-se "aquífero".
02. Página 52, 53 e 54 - VAZÃO ESPECÍFICA, onde se lê:
" m^3/h " leia-se " $m^3/h/m$ ".
03. Página 88 (Fig. 15) poço nº 90, onde se lê:
"* 273" leia-se "* 0,273".
04. Página 60 (Tabela 3), onde se lê:
"alcalinida total" leia-se "alcalinidade"
05. Página 83 (Fig. 28) - onde se lê:
"que quando abandonada pode se constituir" leia-se
"que quando abandonadas podem se constituir".
06. Página 105, 3ª linha - onde se lê
"progressão aritmética" leia-se "progressão geométrica".

AGRADECIMENTOS

Ao Prof.Dr. Nelson Ellert pela orientação e dedicação

Ao Prof.Dr. Uriel Duarte pelas discussões e sugestões

Ao Prof.Dr. André V.L.Bittencourt pela colaboração e revisão

À Sra.Dulcinéia Gomes Delatre Levis pela orientação bibliográfica

Ao Sr. Oto Laurentino Rosa pelos gráficos e desenhos

Ao Sr. Romario Cardoso de Araujo pela datilografia.

Í N D I C E

	ABSTRACT.....	v
	RESUMO.....	vi
1.	INTRODUÇÃO.....	01
2.	LOCALIZAÇÃO.....	04
3.	METODOLOGIA.....	06
4.	GEOLOGIA DO MUNICÍPIO E ARREDORES.....	09
4.1	Sequências pré-cambrianas.....	09
4.1.1	Complexo gnaissico-migmatítico.....	09
4.1.2	Grupo Açungui.....	12
4.1.2.1	Formação Capiçu.....	14
4.1.2.2	Formação Votuverava.....	15
4.1.2.3	Formação Água Clara.....	16
4.1.3	Intrusões graníticas.....	17
4.2	Intrusões básicas.....	20
4.3	Formação Guabirotuba.....	21
4.4	Formação Tingui.....	25
4.5	Depósitos sedimentares recentes.....	26
5.	GEOLOGIA ESTRUTURAL E TECTÔNICA.....	30
5.1	Mapeamento e fotogeologia.....	30
5.2	Gravimetria.....	32
5.3	Poços profundos.....	33
6.	ASPECTOS GEOGRÁFICOS	37
6.1	Fisiografia.....	37
6.2	Drenagem, pluviometria e clima.....	38
6.3	Geomorfologia.....	41

7.	HIDROGEOLOGIA.....	43
8.	CONSIDERAÇÕES SOBRE A EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA E INDUSTRIAL.....	62
8.1	Evolução.....	62
8.2	Mapeamento sobre o uso do solo.....	65
8.2.1	Ocupação atual.....	65
8.2.1.1	Pedreiras abandonadas.....	74
8.2.1.2	Instalações de cemitérios.....	74
8.2.1.3	Hospitais.....	75
8.2.1.4	Postos de gasolina.....	77
8.2.1.5	Garagem de ônibus, empresa de transportes e usinas de asfalto.....	77
8.2.1.6	Depósitos de ferro velho, plásticos, papelão, vidros etc.....	78
8.2.1.7	Indústrias.....	80
8.2.1.8	Cavas de exploração de argila e areia.....	80
8.2.1.9	Favelas.....	85
9.	SITUAÇÃO ATUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS, ABASTECIMENTO DE ÁGUA E RESÍDUOS SÓLIDOS.....	91
9.1	Recursos hídricos.....	91
9.2	Abastecimento de água.....	91
9.3	Esgoto sanitário.....	93
9.4	Depósitos de resíduos sólidos.....	94
10.	RECOMENDAÇÕES.....	101
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109

ABSTRACT

Geological studies were made to contribute to planing the future urban and industrial occupation of Curitiba area-PR. Geophysical and hydrogeological studies showed: - the structural geology and geological contacts, - the watertable and groundwater flow directions; - topographical configuration of the underlaying crystalline basement.

The listing of different land occupations and its locations represents a subside to the diagnosys, forecast and prevention processes of environmental degradation.

By means of the superposition of land use and territory occupation maps and geological and hydrogeological maps, recomendations are made to altere the present urban and industrial occupations forms.

This research represents a tentative contribution of environmental geology to the urban development and planning of Curitiba Area.

RESUMO

O presente estudo consistiu no mapeamento geológico de modo a contribuir com o planejamento da ocupação urbana e industrial do município de Curitiba. Para tanto foram feitos estudos geofísicos e hidrogeológicos e perfis de poços tubulares profundos que evidenciaram dados quanto às estruturas e contatos geológicos, configuração topográfica do embasamento cristalino, lençol freático e direções de fluxo da água subterrânea.

O cadastramento das atividades existentes e suas localizações forneceram subsídios para o diagnóstico, interpretações e prevenção de processos de degradação ambiental.

Através da sobreposição de cartas de usos e ocupação do solo em relação à geologia e hidrogeologia e contando com o conhecimento das litologias, são feitas recomendações sobre a ocupação urbana e industrial. Em certos casos são propostos remanejamentos de ocupações existentes e em alguns casos, reflorestamentos.

Desse modo, esta proposta se consubstancia como uma contribuição para os planos de desenvolvimento urbano do município de Curitiba.

1. INTRODUÇÃO

A relação população / território dá-se de forma sumamente complexa e conflitiva, sendo, na maioria dos casos, degradante do meio ambiente. Os exemplos são muitos: poluição da atmosfera e dos rios, erosão, esgotamento dos recursos naturais não renováveis, etc. Esta degradação, por mecanismos de retroalimentação influi negativamente no bem-estar e desenvolvimento de população, bem como se transforma num entrave ao desenvolvimento econômico.

No entanto, em muitos países a população continua a crescer, como também o fluxo migratório rural-urbano. Neste contexto surge e continuam crescendo as grandes metrópoles. Nelas, essa conflitiva relação população / território, adquire características específicas, notadamente graves ao meio ambiente.

A Região Metropolitana de Curitiba, se inclui na problemática do crescimento explosivo das populações urbanas, apresentando taxa bastante acima da média estimada pela ONU para regiões menos desenvolvidas (da ordem de 4 % ao ano).

Conforme IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - (censo demográfico), o crescimento anual da população urbana do Paraná, no período de 1970/80, foi de 5,97% ; enquanto que para Curitiba foi de 7,28%. No período de 1980/84, o crescimento anual da população urbana foi de 4,40% para o estado e 6,00% para a capital.

Assim, em 8 de setembro de 1973, foi instituída a lei Complementar nº 14 que criava a Região Metropolitana de : Belém, Belo Horizonte, Curitiba, Fortaleza, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador e São Paulo, tendo dois objetivos básicos :

- Elaboração de um Plano de Desenvolvimento Integrado para cada região;
- Coordenação de execução de projetos e programas de uso intermunicipal e unificação de serviços comuns.

Nessa lei, são aspectos de especial interesse:

- a) O planejamento integrado do desenvolvimento econômico e social;
- b) o uso do solo metropolitano;
- c) o saneamento básico;
- d) o aproveitamento dos recursos hídricos e controle da degradação ambiental.

Com esse trabalho pretende-se contribuir com o planejamento urbano do Município de Curitiba, com ênfase à geologia de planejamento, referindo-se especificamente às condições de ocupação, suas restrições do ponto de vista de declividade, a possibilidade de preservação de áreas, tidas, localmente como área de recarga de aquífero; análise da rede de água e esgotos urbanos; a obtenção de dados diagnósticos da evolução urbana.

Os levantamentos geológicos, são importantíssimos quando se observa variações nos aspectos ambientais, uma vez que as variações litológicas, e estruturas geológicas são condicionantes fundamentais para infiltração, transmissibilidade de água, deslizamento de taludes e erosão ou assoreamento, influenciando

diretamente sobre as condições de localização de indústrias, cemitérios, aterros sanitários e de resíduos etc.

Em Curitiba, em função da não observação das condições geológicas, vários problemas podem ser levantados. Entre outros, o aterro ("depósito de lixo") controlado; a maioria dos rios e córregos que atravessam a cidade tem características de esgoto a céu aberto; a ocupação do solo urbano através de loteamentos em áreas de várzeas sujeitas às inundações e áreas de risco de quedas de talude.

Cabe ao geólogo, em conjunto com uma equipe interdisciplinar, auxiliar no planejamento urbano, fornecendo dados quanto às estruturas geológicas, superfícies piezométricas, e características litológicas.

2. LOCALIZAÇÃO

O Município de Curitiba, tem uma área de 432,418 km² e está localizado na porção centro-sul do primeiro planalto paranaense, compreendida pelo meridiano 49° 16' 25" de longitude oeste e pelo paralelo 25° 25' 48" de latitude sul, medindo na extensão Norte-Sul, 35 km e na extensão Leste-Oeste, 20 km.

Curitiba limita-se com os municípios de Almirante Tamandaré, Colombo, Piraquara, São José dos Pinhais, Mandirituba, Araucária e Campo Largo que, com Rio Branco do Sul, Bocaiuva do Sul, Campina Grande do Sul, Quatro Barras, Contenda e Balsa Nova, constituem os 14 municípios da Região Metropolitana de Curitiba. (Figura 1).

FIGURA 01 - Localização da área de estudo

3. METODOLOGIA

Para realização do presente trabalho foram estudadas áreas além do município de Curitiba, para que se tivesse dados de continuidade de estruturas, formações, características piezométricas, relevo, etc.

Assim, a metodologia empregada compreendeu várias etapas, seja em gabinete, no laboratório ou campo. Com referência aos aspectos geológicos, efetuou-se inicialmente a pesquisa bibliográfica a respeito dos conhecimentos relacionados com o Embasamento Cristalino, Grupo Açungui, as Formações Cenozóicas; e suas características geomorfológicas. Esta análise forneceu uma visão de conjunto servindo de base às tentativas de correlação entre a geologia e geomorfologia regionais.

Os mapeamentos geológicos existentes, foram analisados em gabinete, com auxílio de fotografias aéreas e revisadas no campo.

A cartografia disponível, consultada e utilizada no presente trabalho, é constituída dos seguintes mapas:

- a) folha topográfica em escala 1:50.000 levantada pelo Serviço Geográfico do Exército, onde foram preparados dois mapas-base na mesma escala; um deles (Região de Curitiba) foi preparado no Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas e o outro (Região de Rio Branco do Sul) foi organizado no antigo Instituto de Geologia da Universidade Federal do Paraná. Ambos foram elaborados por Saul Pulowski, empregando-se o método de triangulação radial em fotografias

aéreas de escala aproximada 1:25.000 do arquivo do antigo Departamento de Geografia, Terras e Colonização do Estado do Paraná (BIGARELLA et alii 1975; BIGARELLA & SALAMUNI, 1959);

- b) mapas topográficos do Serviço Geográfico do Exército, em escala 1:50.000 (Folhas de Curitiba, Piraquara, São José dos Pinhais e Araucária, publicado respectivamente em: 1958, 1960, 1959 e 1961. A pesquisa destes mapas mais antigos serviu para evidenciar a evolução dos sítios urbanos da região e mesmo a alteração no uso do solo;
- c) nos trabalhos de campo foram utilizados as folhas topográficas nº 388, 390, 392, 394, 396, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 530, 532, 534, 536, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559 e 560 em escala 1/10.000 do arquivo da Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba - (COMEC);
- d) mapas geológicos em escala 1:50.000 e 1:75.000 levantados pela Comissão da Carta Geológica do Paraná - (FUCK, et alii 1967);
- e) mapas geológicos em escala 1:100.000 compilados e levantados pela CPRM em 1976.

As pesquisas geológicas basearam-se em fotointerpretação (escala 1:25.000 levantados pela Cruzeiro do Sul S/A) seguida de controle de campo.

Além dos levantamentos anteriores, utilizou-se ainda a

Metodologia Geofísica como: levantamento gravimétrico do Município de Curitiba (GEMAEL & DOUBEK, 1975), levantamentos sísmicos para viabilização da construção de anel viário e vias rápidas, na região de Curitiba, trabalhos inéditos executados pelo autor em 1980. A interpretação caracterizou a configuração topográfica do embasamento cristalino, espessuras de camadas e nível do lençol freático.

Dentro ainda dos levantamentos geofísicos, os dados de Eletrorresistividade (ELLERT, et alii, no prelo), auxiliaram no estudo de migração de "chorume" e detecção de anomalias geofísicas, produzidas por aterros sanitários.

Seguiu-se com o cadastramento de poços rasos e profundos, coletando informações sobre geologia, nível d'água, etc.; indústrias; hospitais; cavas de exploração de areia e argila; pedreiras; postos de gasolina; depósitos de ferro velho, papel, plásticos, vidro; cemitérios; garagem de empresas de onibus e transportes.

A ocupação urbana, por favelas, residências ou indústrias foram monitoradas nas cartas 1:10.000 da COMEC, que permitiram também a análise das declividades e nas relações com inundações, erosão, e deslizamento.

A partir do conjunto de informações anteriores procedeu-se: a integralização dos dados em mapas base na escala 1:75.000 adaptado do PDM* do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC); a interpretação dos resultados e a conclusão e sugestões do presente trabalho.

(*) PDM Plano de Desenvolvimento do Município, 1985

4. GEOLOGIA DO MUNICÍPIO E ARREDORES

A geologia do município de Curitiba compreende duas partes fundamentais. A primeira é representada pelos terrenos pré-cambrianos formados respectivamente pelas rochas do Complexo Cristalino e do Grupo Açungui; a segunda é constituída pelas formações cenozóicas (Formação Guabirotuba e seqüências mais recentes). A figura 2 refere-se o mapa geológico.

4.1 Seqüências pré-cambrianas

4.1.1 Complexo gnáissico-migmatítico

A porção oeste e sudoeste de Curitiba é constituída por rochas migmatíticas (anteriormente conhecidas pela designação geral de gnaisses do Complexo Cristalino Brasileiro), bem como por rochas magmáticas, além de xistos magnesianos, anfibolitos, quartzitos e outros metassedimentos pertencentes a uma seqüência litológica mais antiga do Complexo Cristalino. (Figs. 3 e 4).

Para essas seqüências, Algarte et alii (1974) propuseram o nome do Complexo Gnáissico-Migmatítico, nele incluindo os embrechitos e epibolitos ou embrechitos e embrechitos epibolíticos (LOPES, 1966; FUCK, inédito; MURATORI, inédito), bem como os anatexitos e nebulitos, gnaisses e leptinitos.

A área em questão apresenta alta complexidade, quer do ponto de vista litológico como estrutural. Nela ocorrem numerosas falhas e fraturas dispostas segundo um padrão grosseiramente trapezoidal.

Os migmatitos apresentam elevado grau de metamorfismo de

FIGURA 02 - MAPA GEOLÓGICO

	Falhas ou diáclases.		Aluvião		Gr. Apungui		Embasamento Cristalino
	Falhas ou diáclases encobertas.		Fm. Guebiratuba		Intrusivos Básicos		Filito Xisto Gnaiss Quartzito
	Contato geológico.		Turfa Argila Siltite Arenita Cascalho		Diabásio Diorito Gabro		Gnaiss Migmatito Pegmatito Granito
	Altitude de xistossidade		Argilito Siltite Arenita arcossiano Conglomerado				
	Paços profundos.						
	Curva de nível.						
	Perfis geológicos. (Figura 14)						

envolvido em diversos ciclos orogênicos. Eles são considerados como as rochas mais antigas da área (BATOLLA JR. et alii, 1977). No terreno, o intenso intemperismo nem sempre permite definir o tipo migmatítico, impedindo mesmo a observação das facies transicionais. A fim de evitar deduções errôneas, torna-se necessária a observação de afloramentos maiores para verificar as variações que ocorrem nos migmatitos. Em afloramentos isolados foram encontradas rochas que apresentavam estrutura típicas dos embrechitos, porém em exposições mais extensas mostravam aspectos característicos dos epibolitos. Em consequência disso foram denominadas de embrechitos epibolíticos (LOPES, 1966; MURATORI, 1966; MARINI, 1967; TREIN, 1967).

Os contatos dos migmatitos com as formações adjacentes ainda não estão bem estabelecidos. Com base em estudos até agora realizados supõe-se que os migmatitos sejam rochas mais antigas do que aquelas do Grupo Açungui. FUCK et alii (1967) referem que o contato entre os ectinitos e os migmatitos é brusco, causado pelo desenvolvimento de grandes falhas, possivelmente inversas e de pequeno ângulo (falha de cavalgamento ou empurrão), colocando lado a lado rochas com graus diferentes de metamorfismo. O contato com a Formação Guabirota, que lhe é sobreposta, apresenta um contato em discordância angular.

De acordo com FUCK, TREIN & MARINI (1967), dois tipos de migmatitos são encontrados: os homogêneos e os heterogêneos. Segundo JUNG & ROQUES (1952), nos migmatitos heterogêneos o constituinte félsico é distinguível, enquanto que nos homogêneos a mistura de paleossoma e neossoma é por demais intrincada e íntima para ser identificada ou separada na amostra megascópica

ou no afloramento. Os migmatitos homogêneos compreendem embrechitos e anatexitos, enquanto que os heterogêneos são classificados em epibolitos e agmatitos.

Os migmatitos homogêneos (embrechitos) ocorrem no primeiro planalto do Paraná, numa área de afloramento praticamente contínua, desde o contacto com o Paleozóico até os grandes corpos graníticos da Serra do Mar (FUCK, TREIN & MARINI, 1967). O limite oeste dos migmatitos homogêneos encontra-se no sopé da escarpa do Arenito Furnas (Serra de São Luiz do Purunã a oeste de Campo Largo), bem como junto aos arenitos da base do Subgrupo Itararé na região de Mariental a leste da cidade da Lapa.

Migmatitos heterogêneos foram localizados na região de Bairro Alto, Atuba, Campina Grande do Sul e na região de Piraquara (Fig. 4).

4.1.2 Grupo Açungui

As seqüências litológicas incluídas na antiga "Série Açungui" foram subdivididas por BIGARELLA & SALAMUNI (1956) em três formações: Setuva, Capiçu e Votuverava. Novos estudos realizados pelos geólogos da Comissão da Carta Geológica do Paraná elevaram a Formação Setuva a categoria de grupo, o qual dessa forma separou-se do Grupo Açungui.

No conceito atual o Grupo Açungui inclui as formações

FIGURA 3 - Sistema de diaclasses e xistosidade característicos dos migmatitos que afloram a NNW da área. Bairro Santa Felicidade.

FIGURA 4 - Migmatito alterado evidenciando constituições bastante heterogenea, que favorece a permeabilidade e porosidade. Bairro São Braz.

Capiru, Votuverava e Água Clara, esta última desmembrada da sequência Votuverava.

4.1.2.1 Formação Capiru

Esta formação foi proposta por BIGARELLA & SALAMUNI (1956), sendo constituída por filitos e quartzitos, além de apresentar excepcional riqueza em dolomitos. Na área tipo, jaz em discordância angular sobre o Grupo Setuva.

A Formação Capiru localiza-se na porção SE do Grupo Açungui, estendendo-se por uma área de cerca de 600 km², abrangendo parte dos municípios de Rio Branco do Sul, Curitiba, Campo Largo e Bocaiuva do Sul (MARINI, TREIN & FUCK, 1967).

ALMEIDA (1956) encontrou na região de Itaiacoca, Município de Ponta Grossa, uma sequência metassedimentar semelhante à da Formação Capiru e a qual denominou Formação Itaiacoca. Ambas as formações apresentam como características o estromatólito "*Collenia itapevensis*", podendo-se assim, estabelecer a priori uma correlação estratigráfica entre elas.

Outra feição característica da Formação Capiru é a presença freqüente de grutas e dolinas originadas pela ação dissolvente das águas percolantes e circulantes através das rochas calcárias (Fig. 5).

A área ocupada pelos dolomitos corresponde a 40% da distribuição da Formação Capiru, enquanto que, os quartzitos e filitos abragem cerca de 30% cada um. A espessura calculada é superior a 2.000 metros.

POPP, ANGULO & BIGARELLA (1979), analisando fotografias aéreas da Folha de Ouro Fino, distinguiram dois compartimentos morfológicos constituídos por seqüências litológicas diferentes.

Um dos compartimentos abrange a parte central e nordeste da folha, constituído principalmente por filitos e dolomitos. Subordinadamente ocorrem quartzitos, metaconglomerados, metassiltitos, metarritmitos e sericita-xistos. O relevo é ondulado com cristas arredondadas, constituídas por diques de diabásio de idade jurássica (POPP, ANGULO & BIGARELLA, 1979).

O outro compartimento ocupa o setor sul da Folha de Ouro Fino e é composto, principalmente, por filitos e subordinadamente por quartzitos, sericita-xistos, metassiltitos e metarritmitos. Distingue-se do compartimento anterior pela ausência de rochas carbonáticas. O relevo apresenta-se mais acidentado com cristas agudas. Aqui os diques de diabásio apresentam sempre um relevo negativo (vales) em virtude de sua menor resistência a erosão quando comparados com as rochas encaixantes (POPP, ANGULO & BIGARELLA, 1979).

4.1.2.2 Formação Votuverava

Esta formação foi proposta por BIGARELLA & SALAMUNI (1956, 1958). Ela jaz sobre a Formação Capiuru, aparentemente sem discordância. Nos locais onde esta última foi removida previamente, a Formação Votuverava jaz sobre o Grupo Setuva em franca discordância.

BIGARELLA & SALAMUNI (1958) constataram na Formação Votuverava a presença de calcários, filitos rítmicos, quartzitos e anfibolitos. Os teores de MgO nos calcários desta formação são

mais baixos, não tendo sido observadas estruturas organógenas fósseis. Os mesmos autores verificaram que os filitos constituem a principal litologia da Formação Votuverava, apresentando freqüentemente horizontes rítmicos, com características semelhantes àquelas constatadas em determinadas camadas filíticas da Formação Capiçu. (Fig. 6).

4.2.3 Formação Água Clara

A Formação Água Clara foi proposta por MARINI (inédito) para designar os calcários, calco-xistos, filitos e quartzitos que aparentemente repousam em discordância sobre a Formação Votuverava.

A área de distribuição da Formação Água Clara é de cerca de 180 km² ocupando grandes partes das porções mais inacessíveis dos vales dos rios Açungui, Ribeirinha e Ribeira, nas partes meridional da Folha de Cerro Azul, setentrional da Folha de Cerro Azul, setentrional da Folha de Rio Branco do Sul e nordeste da Folha de Três Córregos (MARINI, TREIN & FUCH, 1967).

Devido a sua posição estratigráfica a Formação Água Clara representa a unidade litoestratigráfica mais jovem do Grupo

Açungui. Sua espessura é provavelmente inferior a 2.000 metros .

As feições morfológicas que a distinguem das outras formações do Grupo Açungui compreendem:

- a) interflúvios arredondados, orientados na direção NW - SE;
- b) relevo cárstico localizado e;
- c) a quase ausência de cristas quartzíticas.

Intercalados nos calco-xistos e nos metassedimentos síltico-argilosos ocorrem filitos, epicalcários calcíticos e dolomíticos, metamargas e quartzitos (BATOLLA JR. et alii, 1977).

Os calco-xistos são rochas de cor cinza-claro e cinza - escuro, de granulação fina, bem acamadas e apresentando xistossidade. Os filitos possuem cor cinza quando frescos, lustrosos devido à sericita, podendo gradar para os calco-xistos devido à presença crescente de carbonatos. Os metassedimentos síltico - argilosos e os quartzitos podem também conter carbonatos e tornar-se calcíferos. Em alguns pontos podem aparecer rochas do tipo metamargas. Os epicalcários puros propriamente ditos são raros e afloram descontinuamente, com granulação desde muito fina a grosseira e cores cinza-claro, cinza-escuro, esbranquiçada e creme (BATOLLA JR. et alii, 1977). Segundo MARINI (1970), a associação mineralógica apresentada pelas rochas desta seqüência enquadra-as na facies xistos-verdes de TURNER & VERHOOGEN (1963) e sub-fácies quartzo-albita-epidoto-biotita de WINKLER (1967).

4.1.3 Intrusões graníticas

a) Generalidades

As intrusões graníticas ocorrem em diversas e extensas

FIGURA 5 - Variação na espessura do colúvio e sistemas de fraturas em dolomitos, demonstrando, facilidade de percolação e infiltração da água. Município de Almirante Tamandaré.

FIGURA 6 - Estratificação e sistema de fratura intenso, dos filitos. Bairro Lamenha Pequena.

áreas do Primeiro Planalto Paranaense e na região da Serra do Mar. São, via de regra, discordantes das estruturas das rochas encaixantes. As vezes os contatos são parcialmente concordantes. Possuem dimensões variadas. A extensão de seus afloramentos abrange desde alguns quilômetros quadrados até mais de 1.000 km^2 . As intrusões menores do que 100 km^2 são referidas como *stocks* graníticos e as maiores constituem os batólitos. É provável que alguns desses *stocks* representam a porção aflorante de corpos maiores encaixados a maior profundidade ou então sejam simples prolongamentos de batólitos presentes nas proximidades.

Os granitos intrusivos cortam os metassedimentos dos grupos Setuva e Açungui, bem como o Complexo Gnáissico-Migmatítico. Entre as intrusões destacam-se:

- a) o Complexo Granítico Três Córregos;
- b) os *stocks* do Cerne, Piedade, Rio Abaixo e Barra do Bromado;
- c) o maciço granítico Anhangava (BATOLLA JR. et alii, 1977).

Através dos estudos geocronológicos efetuados por CORDANI & BITTENCOURT (1967) e CORDANI & KAWASHITA (1971), os granitos sintectônicos possuem idades situadas entre 600 e 650 m.a.; os tardietectônicos em torno de 610 ± 50 m.a. e os pós-tectônicos em torno de 540 ± 10 m.a.

Os fenocristais prismáticos de microclínio encontram-se englobados numa massa fundamental de granulação grosseira a média formada de quartzo, feldspato potássico, oligoclásio, biotita e hornblenda. Entre os acessórios encontram-se zircão, apatita, ilmenita, titanita, alanita, pistacita, turmalina e opacos. Como

produtos de alteração ocorrem clorita, epidoto e sericita (FUCK, MARINI & TREIN, 1967).

Petrograficamente os granitos apresentam rochas entre grnito e quartzo-monzonito, mais raramente granodiorito, sendo que para MORGENTHAU et alii, (1975), são mais freqüentes os termos intermediários. Suas bordas são discordantes em relação às rochas hospedeiras. Segundo o conceito de RAGUIN (1965) seria classificado como maciço "circunscrito discordante" (MARINI, 1970). Entretanto, esta característica parece ser local, pois para FUCK (1967) as bordas da intrusão, em geral são predominantemente concordantes, nítidas e precisas. O contato da intrusão com as encaixantes apresenta, por efeitos metassomáticos e térmicos, uma auréola de metamorfismo cuja largura variável pode chegar até 100 metros e suas rochas são típicas.

4.2 Intrusões básicas

Rochas intrusivas em forma de diques, de composição basáltica, recortam as rochas do embasamento cristalino e do Grupo Açungui. A idade é tida como jurássica-cretácea (LOPES, 1966).

A ocorrência destes diques é predominante nas zonas norte do município, compreendendo os bairros do Pilarzinho, Taboão e Lamenha Pequena. (Fig. 7).

Macroscopicamente a rocha é cinza escura, com granulações fina a média, constituída de feldspatos e piroxenio /anfíbólio como essenciais e magnetita e pirita como acessórios.

A direção predominante dos diques é N40°W a N60°W, com pequenas variações. Representa uma direção tectônica, mais jovem

que a NE, provavelmente reativada durante o juro-cretáceo .

Tanto as espessuras como suas extensões são variáveis, sendo que os diques mais espessos atingem 50 metros.

As rochas que formam os diques básicos são classificadas como: diabásio (60%), diorito e diorito-porfiro (25%) e gabro (15%).

4.3 Formação Guabirotuba

Os depósitos da Formação Guabirotuba atingem espessuras máximas da ordem de cerca de 60 a 80 m na porção central da bacia curitibana. Esses depósitos compreendem seqüências litológicas nas quais predominam os argilitos e areia arcossianas. De expressão reduzida são os sedimentos rudáceos. Em muitos afloramentos encontram-se impregnações de carbonato de cálcio (caliche) anteriormente referidas como margas (BIGARELLA & SALAMUNI, 1959). Essas formações carbonáticas contêm minerais do grupo das terras raras. COUTINHO (1955) referiu a presença de lantanita. Além de lantânio, R. Spitzner (citado por SUGUIO & BIGARELLA, 1979) constatou a ocorrência de neodímio, praseodímio, gadolínio, samário e európio.

Parte dos depósitos da Formação Guabirotuba foram sedimentados em leques aluvionâres coalescentes, bem como num sistema de drenagem anastomosado ao lado de extensas *playas*. A concentração de terras raras encontradas nos depósitos de caliche faz-se ao longo do sistema de drenagem pretérito caracterizado por depósitos de areia arcossianas contendo estratos cruzados. A mineralização de caráter epigenético afetou principalmente, os sedimentos mais permeáveis encontrados nos canais do sistema de

drenagem.

As soluções contendo terras raras procederam das áreas de intemperização das rochas graníticas situadas a leste e nordeste da Bacia de Curitiba (SUGUIO & BIGARELLA, 1979).

Os sedimentos arcossianos apresentam uma estratificação incipiente, às vezes entrecruzada. Os afloramentos examinados indicam uma tendência de o transporte ter-se efetuado para o sul ou para sudoeste, porém acredita-se na hipótese do transporte ter-se desenvolvido ou modificado durante a evolução da bacia. A configuração topográfica do embasamento cristalino mostra uma tendência para sudoeste e oeste a partir do centro.

Algumas informações a propósito da direção de transporte da Formação Guabirotuba, estão dentro de uma faixa de 92° , isto é, dentro do quadrante voltado para SE. Embora os fatores de consistência sejam relativamente baixos, a resultante parece indicar um transporte de WNW para ESE ($S67^{\circ}E$) em direção à parte central do eixo da Bacia de Curitiba.

As camadas arcossianas apresentam-se em formas tabulares e muitas vezes lenticulares. Via de regra, elas, alternam-se com as camadas de argilito. As areias arcossianas possuem de 20 a 40% de feldspatos.

Os depósitos rudáceos, às vezes, encontram-se na base das secções estratigráficas e rarissimamente no meio do pacote sedimentar. Eles parecem ocorrer mais freqüentemente na periferia da bacia e estão nas porções centrais da mesma, nas proximidades das linhas de falhas. Os argilitos por sua vez são mais importantes nas áreas centrais e menos proeminente nas áreas periféricas da bacia.

Nas imediações do km 2 da BR-277 (rodovia Curitiba-Paranaguá) afloravam os depósitos da parte superior da Formação Guabirotuba, com estruturas sedimentares características representando alternâncias de camadas arcossianas e argilitos. Neles as areias arcossianas apresentavam estruturas entrecruzadas e tabulares, enquanto que os argilitos ocorriam em lentes ou ostentavam interdigitações com as areias arcossianas (Fig. 8).

TABELA 1 - Resultados das medições da atitude dos estratos na Formação Guabirotuba efetuados por BECKER (1982).

LOCALIDADE	NÚMERO DE MEDIDAS	DIREÇÃO DA INCLINAÇÃO	FATOR DE CONSISTENCIA	INCLINAÇÃO MÁXIMA	INCLINAÇÃO MÉDIA
A	1	S68°E	0,37	29°	12,3°
	2	N85°E	0,44	26°	14,03°
	3	S03°E	0,21	29°	17,2°
GERAL	105	S67°E	0,29	29°	14,3°
B	4	S64°E	0,28	31°	11,8°
	5	N69°E	0,17	32°	13,4°
GERAL	53	S79°E	0,23	32°	12,5°
A + B	158	S71°E	0,27	32°	13,6°

A - Imediações do cruzamento entre a BR-116 e a av. Salgado Filho nas colinas do bairro Guabirotuba, Curitiba.

B - Imediações do km 2 a 3 da BR-277 (rodovia Curitiba-Paranaguá).

FIGURA 7 - Características do intemperismo atuante sobre os diabásios, originando colúvio argilo-arenoso. Bairro Pilarzinho.

FIGURA 8 - Sedimentos argilosos intercalados com areias arcossianas, da Formação Guabirotuba. Bairro Guabirotuba.

4.4. Formação Tingüis

Subdividido e redefinido da Formação Guabirotuba por BECKER (1982).

Os trabalhos efetuados no último lustro pela equipe de pesquisadores de recursos naturais, sob os auspícios da Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba e pela Associação de Defesa e Educação Ambiental (ADEA), demonstraram a possibilidade de subdivisão da Formação Guabirotuba em duas unidades distintas separadas por discordância erosiva. A unidade superior, anteriormente considerada como produto do intemperismo da Formação Guabirotuba, constitui na realidade uma seqüência sedimentar depositada durante épocas de semi-aridez. Esta seqüência, formada de sedimentos arenosos, arcossianos e siltico-argilosos, pode ser correlacionada com a Formação Riacho Morno do Grupo Barreiras e com a Formação Pariguera Açu do Vale do Ribeira. Para esta subunidade estratigráfica BECKER (1982) propôs a designação de Formação Tingüis. Essa designação procede do local onde foi constatada pela primeira vez a discordância erosiva, isto é, da rua Tingüis (agora rua Des. Isaías Bevilacqua) no bairro das Mercês, em Curitiba. O afloramento em questão situava-se no cruzamento da rua acima mencionada com a alameda Presidente Tanay.

A unidade inferior subjacente à Formação Tingüis corresponde à Formação Guabirotuba descrita por BIGARELLA & SALAMUNI (1962). Trata-se principalmente das seqüências de areias arcossianas e argilitos cinza-esverdeado, que ocorrem na secção tipo do corte da BR-116 no bairro do Guabirotuba. No novo conceito, nela não estão mais incluídas as camadas avermelhadas, ora en-

globadas na Formação Tingüis (unidade superior).

Segundo BECKER, (1982) a Formação Guabirotuba é separada da Formação Tingüis por uma superfície de erosão irregular. Via de regra, o contato entre ambas as formações é abrupto. A coloração cinza-esverdeado caracteriza a unidade inferior e a avermelhada é típica da unidade superior.

Na localidade tipo da Formação Tingüis, encontra-se sobre os sedimentos da Formação Guabirotuba uma sequência de sedimentos arenosos incipientemente estratificados, de coloração rosada com seixos esparsos de natureza litológica heterogênea (principalmente quartzo, migmatitos e feldspatos). Esses sedimentos são recobertos por uma sequência de sedimentos arenosos de coloração esbranquiçada a castanha, contendo seixos esparsos de quartzo (Fig. 9). As areias são predominantemente quartzosas e em parte feldspáticas. O conjunto é recoberto por colúvios avermelhados. A Formação Guabirotuba é separada da Formação Tingüis por uma inconformidade erosiva, embora neste estudo não foi possível correlacionar esta discordância por toda a área. Assim para o mapeamento geológico desta pesquisa, incluiu-se apenas a Formação Guabirotuba englobando todos os sedimentos areno-argilosos e argilosos do quaternário.

4.5 Depósitos sedimentares recentes

Esta unidade compreende os depósitos fluviais. As vezes, dada a escala dos levantamentos dos mapas geológicos, pode-se diferenciar destes, os depósitos coluvionares associados. Neste estudo, quando possível incluiu-se como sedimentos recentes, os

FIGURA 9 - Sedimentos arenosos, com seixos esparsos,
recobrando argilitos da Formação Tingüis.
Bairro Atuba.

aluvionares e coluvionares, porém restringiu-se preferencialmente para os depósitos das planícies aluviais.

Esta unidade está bem representada na zona sul do município, correspondente à bacia do Rio Iguaçu. Encontra-se ao longo do rio homônimo e de todos os seus principais afluentes, sendo mais importantes os aluviões do Rio Atuba, Bacacheri, Belém, Barigui e Passauna e Ribeirão dos Padilhas, alcançando em alguns lugares vários quilômetros de largura e espessuras de até 20 metros.

Na zona norte, correspondente às bacias dos afluentes do Rio Iguaçu citados anteriormente, ocorrem depósitos de pequena extensão distribuídas alternativamente.

A distribuição destes depósitos correspondem as mais baixas declividades dos rios da bacia do Rio Iguaçu. Em alguns locais ocorrem vales estreitos e encaixados que quando associados à presença de camadas de rochas mais resistentes (por exemplo, diques de diabásio) ou estruturas geológicas, originam barragens naturais nos rios, permitindo assim a deposição de parte de sua carga, constituindo as denominadas "planícies de soleira".

A constituição litológica desta unidade é muito variável, onde é possível encontrar depósitos de argilas orgânicas, argilas clásticas, areias e conglomerados. Todos estes materiais apresentam pouca ou nenhuma cimentação, além de pobremente selecionados e grande variação litológica lateral e em profundidade. Estes sedimentos jazem discordantemente sobre migmatitos.

Para BIGARELLA & SALAMUNI (1962), estes sedimentos foram considerados holocênicos. As amostras analisadas procederam dos areiais Henrique Mehl, João Busato e Irmãos Guibur.

O relevo geralmente é plano, correspondente ao intervalo de 0 a 10% de declividade de modo que o sistema de meandros e paleocanais abandonados é freqüente.

Como já se demonstrou, esta unidade está geneticamente relacionada com a dinâmica dos rios, sendo os depósitos aluvionares e as inundações dois aspectos da dinâmica fluvial. Por isso, a mesma é uma das que integram o estudo o que ora é proposto pois nela se dá o processo de inundação que é um fator importante de restrição à ocupação do solo urbano.

Cabe esclarecer que dentro do complexo de formas que integram esta unidade, é importante a delimitação das formas funcionais que compõem a planície de inundação. Estas são retrabalhadas pelas inundações normais ou excepcionais, em relação às formas antigas, podendo alterar os aspectos de estabilização de camadas.

Assim, um estudo mais detalhado permitirá conhecer a distribuição dos sedimentos e solos associados bem como compreender a dinâmica fluvial particular dos rios; para poder determinar os parâmetros físicos destas áreas, principalmente, no que se refere a sua restrição por inundações periódicas e também separar aqueles setores isentos delas, o que não foi possível neste trabalho dado o seu nível e escala.

Devido a grande ocorrência de argilas e areiais, abrangendo quase todas as planícies do Rio Iguaçu e seus afluentes é freqüente a existência de lavras clandestinas ou não, destas substâncias. Algumas áreas foram abandonadas e ocupadas ou loteadas em função do avanço da urbanização.

5. GEOLOGIA ESTRUTURAL E TECTÔNICA

5.1 Mapeamento e fotogeologia

A geologia anteriormente apresentada, demonstra para a área estudada dois conjuntos geológicos distintos: o embasamento cristalino pré-cambriano e a cobertura sedimentar de plataforma, representada por uma série dobrada com período do pré-cambriano final até o eo-paleozóico; e as séries não dobradas do quaternário.

O embasamento cristalino no Município de Curitiba e arredores pode ser dividido em duas porções: um conjunto de gnaisses e migmatitos e os metassedimentos do Grupo Açungui. Os primeiros foram classificados como arqueano e os últimos de algonquianos (OLIVEIRA, 1925; OLIVEIRA & LEONARDOS, 1943; MAACK, 1947, 1953, 1961). O que determinou a atribuição de diferentes idades foi a disparidade de grau metamórfico que caracteriza ambos os conjuntos, quando comparados entre si. Assim sendo, pode-se caracterizar duas fases tecto-orogênicas distintas, defasadas no tempo, entretanto é marcante o paralelismo do bandejamento e xistosidade dos migmatitos e gnaisses em relação aos metassedimentos.

O Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo, indicou idades de 500 a 600 m.a. tanto para os metassedimentos quanto para os migmatitos (CORDANI & KAWASHITA, 1971), o que mostra pertencerem ao mesmo ciclo tectônico-orogênético (EBERT, 1971). Não fica excluída, a possibilidade de serem encontrados núcleos remanescentes de rochas que constituíam o embasamento do geossinclineo (CORDANI & KAWASHITA, 1971).

As direções estruturais no embasamento cristalino são

dominadamente NE-SW. Nos afloramentos ao sul do município de Curitiba e nas proximidades da divisa municipal com Araucária, bandejamentos tem direções que variam de $N70^{\circ}E$ até E-W, passando gradualmente para $N40^{\circ}E$ e até N-S nas zonas norte, nordeste e leste do município, também evidenciadas por gravimetria. (Fig. 10).

Nas rochas do Grupo Açungui as direções estruturais são preferencialmente $N40^{\circ}-50^{\circ}E$. Tanto em análises de afloramento, quanto em interpretação gravimétrica, pode-se notar distribuições de xistosidade e acamamento em leques a partir do município de Campo Largo, a oeste de Curitiba.

Sistemas de falhas e fraturas, inclusive produzindo o "graben" de Curitiba, possivelmente são contemporâneos aos esforços orogenéticos. Falhas de empurrão e direcionais são interpretadas na configuração topográfica do embasamento cristalino, sob os sedimentos quaternários. Sistemas de cavalgamento foram interpretados por geofísica e confirmados por perfurações e serviços de fundações. (Fig. 11).

Após um grande período de instabilidade e acomodações a região experimentou uma longa fase erosiva e de denudação; quando durante os períodos Jurássico e Cretáceo, o movimento epirogenético positivo atingiu o máximo, de modo que dobramentos crustais acabaram por provocar a formação de um amplo e suave arqueamento regional. Com o arqueamento surgiu o sistema de fraturamento, com fendas de tração orientadas no rumo predominante $N50^{\circ}W$ e que foram aproveitadas para a intrusão de material basáltico, originando os inúmeros diques de diabásio e diorito.

Nos períodos subsequentes a tectônica rígida continuou desempenhando papel fundamental na retomada de direções de falhas

antigas que foram reativadas, ao lado do desenvolvimento de novos sistemas de fraturas. Seus efeitos produziram numerosos patamares e afundamentos no embasamento terminando por truncar e brechar os diques de diabásio condicionando o estabelecimento da sedimentação da Bacia de Curitiba, cujos sedimentos mostram em alguns afloramentos, na região de Piraquara, falhamentos de gravidade.

Todas estas estruturas, bem como as discordâncias entre as litologias são chaves importantíssimas para as condições hidrogeológicas e ambientais.

5.2 Gravimetria

Especificamente para o município de Curitiba além da interpretação de campo, acompanhado de fotointerpretação; utilizou-se a análise geofísica através de gravimetria e correlação com poços profundos, fornecendo as seguintes características.

- A densidade média dos sedimentos é de $2,5\text{g/cm}^3$ e para as rochas do embasamento é de $2,8\text{g/cm}^3$; que possibilita o aparecimento de anomalias Bouguer interessantes, como por exemplo, uma estrutura sinclinal cujo eixo tem direção aproximada de NNE. Há uma característica marcante que, evidencia uma espessura maior da cobertura sedimentar, zonas NE e Centro. Na zona SW, as rochas do embasamento cristalino estão muito próximas a superfície.

- Nota-se que os sedimentos da Formação Guabirotuba mergulham levemente para ESE. As anomalias negativas A_{11} , A_9 , A_8 , A_6 , A_{12} e A_3 , evidenciam sistemas de falhas ou diaclases; e A_2 , A_4 , A_5 , A_7 , A_{10} , A_{13} , A_{14} , A_{15} , A_{16} e A_{17} evidenciam pouca cober

tura sedimentar, onde quase afloram rochas metamórficas do embasamento. Pelo menos dois sistemas de diaclases subhorizontais podem ser estimados ao se derivar a anomalia A_{12} (Fig. 10).

- Sistemas de falhas escalonadas, parecem evidenciar um patamar de forma deltaica no embasamento, observado na área SW que vai do baixo Passauna à Fazendinha e baixo Barigui, e que de certa forma condicionam um leve mergulho na sedimentação com direção W. Possivelmente, este degrau estrutural seja um fator importante, no represamento do aquífero basal da Formação Guabirotuba.

5.3 Poços profundos

As interpretações das anomalias gravimétricas, parece coincidir com os dados obtidos na maioria dos poços profundos. Estes indicam maiores espessuras de sedimentos na região NE e centro do município. Também os sistemas de fraturas ou falhas estão em concordância, inclusive com a predominância de um sistema subhorizontal dos migmatitos, que são observados em poços com profundidades maiores, predominando uma entre 130 a 160 e outra entre 200 a 240 metros.

A figura 10.b, tenta correlacionar as interpretações gravimétricas com os dados de alguns poços. Do ponto de vista hidrogeológico, deve-se considerar as espessuras de migmatito alterado e zonas de fratura quando rochas são. Em determinados poços o controle de espessuras de aluvião e lentes arcossianas da Formação Guabirotuba, cuja predominância é de argilas, pode ser fundamental à captação de água subterrânea.

FIGURA 10a. - Mapa Gravimétrico (BOUGUER)
 Município de Curitiba.

FIGURA 10.b - Correlação poços/anomalias gravimétricas

FIGURA 11 - Perfis Geológicos

- Sistemas de falhas ou fraturas.
- Sedimentos aluvionares (Holoceno).
- ▨ Formação Guabirubá.
- Diques de diábasio.
- ▧ Grupo Apungui
- ▣ Embasamento cristalino.
- ↓ Recomendação para implantação de esgoto sanitário.

6. ASPECTOS GEOGRÁFICOS

6.1 Fisiografia

O município possui altitudes de 850 a 970 m. Algumas áreas são restos de planalto, que mostram espigões orientados preferencialmente de N-S. A porção noroeste onde é formada predominantemente por rochas epimetamórficas e gnaissicas encontra-se profundamente entalhada pelos afluentes do rio Passauna e suas nascentes e transformada numa região montanhosa rebaixada do nível geral do primeiro planalto paranaense. Nesta porção do município o relevo é mais enérgico, com espigões alongados, vertentes íngremes e vales em V. As rochas quartzíticas, em virtude de sua maior resistência à erosão originam linhas de cristas orientadas segundo a direção das camadas que são observadas imediatamente aos limites de municípios Curitiba/Almirante Tamandaré. As intrusões de diabásio formam vales e pequenas depressões secundárias orientadas predominantemente na direção NW-SE. Ocasionalmente, quando os diabásios cortam rochas muito homogêneas, neles são entalhados os vales.

Na porção centro-sul o relevo é mais suave, quando, ocorrem rochas do embasamento e as planícies aluviais são extremamente amplas e desenvolvidas ao longo do rio Iguaçu e de seus afluentes, Belém, Atuba, Barigui, etc. Estas áreas passam a planícies de soleira em algumas áreas.

Nas regiões recobertas pelos sedimentos cenozóicos da Baía de Curitiba a topografia é pouco acidentada, modelada em elevações de baixa altura e encostas muito suaves com vales muito

aberto e de fundo chato. (Fig. 11).

6.2 Drenagem, pluviometria e clima

O município de Curitiba é atravessado pelos divisores de águas das bacias do Passauna, Barigui, Belém e Atuba, que integram a bacia do Iguaçu.

O padrão de drenagem apresenta um aspecto dendrítico na trama mais fina, podendo às vezes ser subparalelo (LOPES, 1966). A drenagem média, de acordo com o autor citado é nitidamente adaptada às linhas tectônicas. Na área de distribuição da Formação Guabirotuba, o padrão de drenagem é subdendrítico, às vezes grosseiramente adaptado a linhas tectônicas de subsuperfície (LOPES - 1966). Rios como o Passauna, Barigui, Belém e Bacacheri são condicionados por estruturas geológicas. A tendência de fluxo principal é de N para S.

O regime de um rio decorre da interação de vários elementos da paisagem, sendo os mais importantes o clima a natureza do solo e do subsolo, cobertura vegetal e uso do solo. A irregularidade das vazões tem como causas principais a inconstância das chuvas, o baixo coeficiente de armazenamento de água do subsolo e a evapotranspiração.

As épocas de cheias verificam-se no verão e na primavera. O máximo hidrológico é atingido no mês de fevereiro; um segundo máximo ocorre nos meses de setembro-outubro. As maiores vazantes têm lugar com mais frequência nos meses de abril e junho (outono e inverno). A vazante secundária registra-se em novembro.

As cheias de fim e início de ano correspondem as chuvas

de verão. Nesta ocasião, embora o coeficiente de evaporação seja alto, a abundância de chuva e a saturação do solo permitem elevações das descargas fluviais.

O máximo pluviométrico de setembro-outubro relaciona-se às chuvas frontais cujo mecanismo decorre das incursões da Massa Polar no domínio da Massa Tropical Atlântica (MAACK, 1968).

No outono-inverno, embora predomine uma fase de águas baixas, há pequenas elevações do nível fluvial relacionadas às precipitações deste período e à diminuição da evaporação.

Curitiba apresenta durante o ano pelo menos um período de estiagem, que reflete diminuição da vazão dos recursos superficiais, porém é possível épocas secas ou semi-umidas em dois períodos, março/abril/maio e julho/agosto/setembro (MAACK, 1968).

As estações pluviométricas indicam que há uma frequência maior de precipitação nas regiões norte e nordeste do município, sendo que as menores precipitações são na porção sul, junto a planície aluvial Barigui-Iguaçu. Os valores médios mensais para os últimos 10 anos são:

- a) Região Norte: Município de Colombo - máximo 349,6mm (Janeiro)
- mínima 79,5mm (abril)
- b) Região Sul: Município de Araucária - máximo 202,1mm (janeiro)
- mínima 54,0mm (abril).

A resposta imediata dos rios às oscilações pluviométricas e a relativa constância do regime, permite-se inferir a capacidade de armazenamento do subsolo, a qual é relativamente boa, o que não ocorre, contudo, com o solo.

Na região compreendida pelo presente estudo existem tres estações meteorológicas (Centro Politécnico-UFPR, Aeroporto de Bacacheri e Afonso Pena).

O clima local depende da dinâmica regional da circulação atmosférica. A área em questão encontra-se , principalmente, sob a ação do anticiclone do Atlântico Sul que dá origem à Massa Tropical Atlântica, e do anticiclone migratório Polar que dá origem às correntes perturbadas do sul, isto é, à Massa Polar Atlântica e à respectiva Frente Polar. Com menor freqüência, outros centros podem atuar na área, como é o caso do centro de Baixa Pressão do Chaco.

O anticiclone do Atlântico Sul atua o ano todo dando origem aos sistemas de ventos de SE e Ne. A Massa Tropical Atlântica geralmente é dotada de temperaturas elevadas e forte grau de umidade específica. A sua umidade tende a conservar-se nas camadas inferiores, em função da inversão térmica proporcionada pelo ar subsidente de sua estrutura. As condições estruturais desta massa de ar são perturbadas quando ela adentra o continente e encontra a barreira orográfica da Serra do Mar, originando então as "chuvas de relevo".

A Massa Polar Atlântica atua sobre a região com maior freqüência nos meses de inverno, causando o rebaixamento das temperaturas. A depressão térmica do Chaco é responsável pela advecção de ondas de calor de NW. Sua maior atuação dá-se nos anos de verões pouco chuvosos.

A amplitude topográfica e o direcionamento das linhas de relevo são fatores importantes no condicionamento dos microclimas.

6.3 Geomorfologia

Quanto aos aspectos da geomorfologia da área estudada é possível reconhecer muitas estruturas geológicas que influenciaram as formas topográficas. Os entalhamentos dos rios seguem preferencialmente as áreas mais fraturadas ou aquelas de rochas menos resistentes. (Figs. 2 e 11).

A região estudada abrange três setores bem individualizados do ponto de vista geomorfológico. O primeiro refere-se a nascentes dos tributários dos Rios Passauna e Barigui. O segundo deles delimitam-se pelos divisores de águas do Passauna, Barigui e Bacacheri. O terceiro setor compreende os fundos de vales do rio Iguaçu e seus tributários maiores.

As áreas ao norte são abrangidas pelas nascentes dos formadores dos rios Passauna e Barigui. Este setor é constituído por rochas metamórficas pré-cambrianas cortadas por intrusões de rochas ígneas ácidas e básicas, representadas principalmente por diabásios. O relevo, geralmente, é bastante acidentado ao norte, com vales profundos e espigões alongados, dando o aspecto de um relevo do tipo Apalachiano. Nas áreas onde ocorre rochas do Grupo Açungui imediatamente a NW os quartzitos via de regra, formam os principais divisores de uma drenagem controlada pelas estruturas.

Apesar da aparente complexidade morfológica, este setor mantém certa homogeneidade marcada pela sucessão de longas cristas quartzíticas, separadas por profundos vales. Perpendicular ou obliquamente, as cristas e vales são atravessados por outras direções do relevo, relacionadas a diques de diabásio ou andesitos. Na paisagem, dependendo da rocha encaixante, o dique pode

apresentar-se como linhas de crista ou de vales. As rochas calcárias originam uma topografia "Karstica" com dolinas e grutas .

A drenagem é retangular em muitos setores, obedecendo a um condicionamento tectônico, por direções de camadas, falhas, diques e diáclases. Os rios têm caráter subsequente ou direcional e secundariamente consequente. São frequentes os rios superimpostos cujos vestígios são encontrados nos boqueirões secos ou não. As planícies aluviais são pouco comuns.

Nos setores meridionais da região, além das rochas epimórficas do Grupo Açungui ocorrem os migmatitos do embasamento. Os interflúvios são mais amplos e o relevo menos acidentado. Muitos dos interflúvios acham-se capeados por sedimentos da Formação Guabirotuba. Os sistemas de fraturas e falhas condicionam o fluxo das principais drenagens com direção para o sul (Fig.11).

Nas áreas ao sul os interflúvios são amplos e os fundos planos dos vales são relativamente extensos. Além dos migmatitos e diques de diabásio ocorrem depósitos das formações Guabirotuba e Bouqueirão (BECKER, 1982). É freqüente a ocorrência de meandros e canais abandonados nas grandes varzeas desta zona.

7. HIDROGEOLOGIA

Com o aumento da utilização de água subterrânea na região de Curitiba, é indispensável o equacionamento das condições hidrogeológicas, de modo que se tenha um aproveitamento com racionalidade do potencial hídrico subterrâneo. (Fig. 16).

Neste projeto desenvolveu-se a primeira carta piezométrica de Curitiba que, apesar de uma escala ampla já permite notar algumas áreas dentro do município, onde a superexploração vem se agravando. (Fig. 14)

Os sintomas da superexploração, se processando de forma bastante irregular, porém sempre sem se levar em conta as condições geológicas. Contribuem para isso: a qualidade considerável de obras civis, a maioria delas necessitando de rebaixamento do nível d'água, localizadas principalmente no centro da cidade e eixos de urbanização por edifícios; aumento da densidade populacional com o aparecimento de condomínios, tanto em edifícios como conjuntos de casas e sobrados; concentração de indústrias; hospitais e postos de gasolina, que por diversas razões optaram pela utilização de aquíferos subterrâneos para o abastecimento; outra característica é a própria evolução urbana de Curitiba, cujos loteamentos não foram acompanhados de execução de redes de abastecimento de água, o que propiciou uma concentração de poços rasos (Fig. 12).

Além dos referenciais anteriores, Curitiba experimenta todo ano um ou dois períodos de estiagem (Fig. 13) que leva a uma exploração intensa da água subterrânea.

SALAMUNI (1980) subdividiu a região metropolitana em

FIGURA 12 - Mapa de ocorrências de poços rasos

FIGURA 13 - Precipitação pluviométrica mensal para Curitiba. (Modificado de MAACK, 1968).

zonas, correspondentes às várias faixas de vazões médias com condicionamento geológico definido. De acordo com esses critérios os metassedimentos do Grupo Açungui se caracterizam como os melhores aquíferos da região com vazões nas faixas de: 6 a 10 m³/h e 10 a 15 m³/h na porção nordeste e oeste e superiores a 20m³/h a norte já nos municípios vizinhos. Os migmatitos e gnaisses do embasamento cristalino apresentam vazões que dependem de suas características estruturais e constituições; sendo os migmatitos pegmatíticos melhores que os migmatitos aplíticos inclusive apresentam do grande quantidade de poços nulos. As vazões variam nas seguintes faixas: 5 a 10 m³/h e 10 a 20 m³/h.

A zona caracterizada pelos depósitos cenozóicos, mostra os menores valores de vazões variando de 2 a 8 m³/h.

Os depósitos holocênicos apresentam vazões que podem alcançar até 6 m³/h, são pouco considerados para efeito de exploração como poços profundos, devido as suas pequenas espessuras, muito embora sejam seguramente os mais importantes no abastecimento de populações de baixa renda. Desta maneira salienta-se na exploração de aquíferos profundos as lentes irregulares de areias arcossianas da Formação Guabirotuba, que são tipicamente aquíferos confinados. Esta formação por ser constituída predominantemente por argilas, apresentam a maior incidência de poços com vazões nulas.

Baseado em 300 poços tubulares profundos da área metropolitana de Curitiba SALAMUNI (1980) obteve uma produção total de 2.150.000 l/h (2.150 m³/h), ou 51.600.000 l/dia (51.600 m³/d). Ainda para estes poços, o mesmo autor concluiu que para profundidades máximas de 335 metros, tem-se vazões máximas de 95,5 m³/h e para profundidades mínimas de 40 metros, tem-se vazões mínimas de 0,2 m³/h. A média de profundidade é de 138,50 metros e a vazão

média é de $6,1 \text{ m}^3/\text{h}$.

Durante o projeto ora apresentado, elaborou-se no perímetro urbano de Curitiba, um cadastramento de 100 poços profundos, onde a produção total é de aproximadamente 589.000 l/h ($589 \text{ m}^3/\text{h}$) ou $14.136.000 \text{ l/dia}$ ($14.136 \text{ m}^3/\text{d}$), porém embora alguns poços sejam exigidos praticamente 24 horas, admite-se como viável, a média diária de bombeamento em torno de 14 horas, de modo que a produção diária para o município de Curitiba é de $8.246.000$ litros por dia ($8.246 \text{ m}^3/\text{dia}$).

As profundidades dos poços tubulares, mostram-se bastante heterogeneas, o que depende dos seguintes fatores: limitações econômicas do contratante da obra, maior ou menor necessidade de água, paralização da execução quando obtida a vazão necessária e características litológicas e tectônicas. (Fig. 15 e Tab. 2).

Desses poços cadastrados 14% apresentam vazões menores que $1 \text{ m}^3/\text{h}$, inclusive com poços com vazões nulas; e 15% apresentam vazões superiores a $10 \text{ m}^3/\text{h}$.

Entre os poços tubulares cadastrados, a maior profundidade alcançada é de $321,00$ metros (Estancia João XXIII - Pinheirinho) e a menor profundidade é de $47,00$ metros (COHAB - Jardim Paranaense).

Através dos levantamentos efetuados estima-se a ocorrência de sistemas de fraturas em zonas mais profundas, de maneira que, se as profundidades das sondagens forem aumentadas possivelmente as vazões serão melhoradas. (Fig. 15).

Em função das dificuldades de se obter relatórios e dados técnicos de todas as empresas de perfuração de poços e órgãos de fiscalização pouco se sabe sobre a qualidade das águas.

Como uma grande parte da população curitibana, se utiliza das águas de poços rasos, desenvolveu-se um cadastramento domiciliar dessas captações, evidenciando a concentração por quilômetro quadrado. Tal pesquisa forneceu dados de nível do lençol freático, litologia e informações verbais sobre a qualidade da água, de tal forma que culminaram na apresentação do mapa piezométrico (Fig.14) e mapa de exploração do aquífero su perficial (Fig. 12).

A análise destes dois mapas, demonstra que a água subterrânea é bastante utilizada, sendo que na área central; alguns condomínios residenciais e CIC (Cidade Industrial de Curitiba) predominam a exploração de poços tubulares profundos. Nas demais áreas e principalmente onde as condições de infraestrutura básica são ineficientes a exploração dá-se por poços rasos, cacimbas e fontes d'água.

O mapa piezométrico evidencia no centro da cidade a alteração do fluxo de água em função da superexploração, e vazões específicas baixas; além de que o embasamento cristalino encontra-se próximo a superfície, com cobertura sedimentar pouco espessa ($\pm$ 5 metros).

Na área Rio Barigui / Av. Manoel Ribas a mudança de fluxo se deve principalmente às condições de rebaixamento de nível em função das explorações de pedreiras, concentração de poços profundos e na estrutura geológica, que alteram as condições de vazão específica local.

No eixo rodoviário Contorno Sul de Curitiba com o Rio Barigui, nota-se também a alteração nas condições do fluxo e profundidade do lençol freático, que se deve a concentração de poços tubulares profundos para atender as indústrias (CIC). Convém lembrar que os poços profundos de interesse para indústrias exploram todas as entradas de água, e o primeiro filtro localiza-se a profundidades variando entre 5 a 10 metros.

Embora a tendência normal de fluxo de água subterrânea, seja com sentido preferencial de Norte para Sul, alterações localizadas como os citados anteriormente modificam esse sentido (Fig. 14) e também algumas estruturas geológicas como "hosten-graben"

sistemas de diaclases; escalonamento de falhas e as vezes elevação do nível do embasamento cristalino, caracterizando pequenos "stocks". Analisando-se o mapa piezométrico pode-se perceber que a geologia é uma condicionante do direcionamento do fluxo. As zonas norte e noroeste são superfícies de alimentação do aquífero de maior importância, pois as rochas do embasamento cristalino, estão aflorando, além de ser os dois pontos de maiores índices pluviométricos, com valores de 349,60 mm (máximo) e 79,50 mm (mínimo) em 1976; conforme Boletim Pluviométrico da SUREHMA de 1977. O mesmo levantamento mostra os menores valores de pluviosidade na porção sul do município, confluência do Rio Iguaçu com Barigui; com máximo de 202,10 mm e mínimo de 54,00mm .

Observando-se os dados de vazão específica dos poços profundos (Fig. 15) e suas localizações no mapa geológico (Fig 2) fica caracterizado que as melhores produções estão nos poços explorados em sistemas de cruzamento e concentração de diaclases ou falhas. Também por essa característica é fundamental que a ocupação urbana do solo e as explorações de poços tubulares profundos sejam muito bem planejados.

Apesar já, da grande busca na utilização de água subterrânea, os dados existentes da sua qualidade são muito escassos. A não ser algumas consultas de solicitação de proprietários, à SUREHMA para que se realize as análises, pouco se sabe do restante dos poços sejam rasos ou profundos. A tabela 3 apresenta os resultados das análises existentes e fornecidas pelo órgão que é responsável pela fiscalização das obras de captação de águas.

Entretanto, através do estudo geológico, piezométrico e observações in loco; aliado as condições operacionais de poços e

TABELA 2 - Poços Tubulares Profundos

nº	Localização	Propriedade	Vazão (m ³ /h)	Vazão Específica (m ³ /h)
01	Av. Marginal (CIC)	A mobilia	13	1,083
02	R.Voluntários da Pátria, 91	Alberto Paula	5	0,217
03	BR-116 (Capão Raso)	Posto Videira	8	0,285
04	Prado Velho	Cia Anaconda	3,6	0,057
05	Av.João Gualberto,1496	Antonio Camargo	3	0,107
06	R. T ^{te} . Francisco Souza,1750	Antonio Tomasi	4	-
07	R. General Carneiro, 1438	Arte Plastic	7,2	0,180
08	R. dos Funcionários	Cafê Paraná	6,5	0,928
09	Av. Iguaçu	Hospital Peq.Princ.	9,23	0,180
10	Av. Hugo Simas	Auto Viação Marechal	4,4	-
11	R. Pedro Gusso	Bernecic Madeiras	0,3	0,007
12	R. Cruz Machado, 282	Bom Pastor Hotéis	5	0,083
13	R. Estevão Baião, 99	-	9	1,125
14	R Eduardo Sprada	Casa S.Francisco	1	0,041
15	BR-116 (Tarumã)	Churrasc.Pinheirão	4,8	0,096
16	Centro	Circulo Militar	18	2,571
17	Av. Getúlio Vargas	Clube Curitibano	3,2	0,045
18	Bom Retiro	Clube Golfinho	12	0,324
19	R. Capitão Souza Franco	COHAB	5	0,083
20	Jardim Paranaense	COHAPAR	6,76	0,307
21	BR-116 (Guabirotuba)	Col.N.S.Medianeira	3,42	0,048
22	R.Bispo Dom José, 2674	Col. Paranaense	12	0,750
23	Portão (Via rápida)	Colorama	4	0,142
24	R.General Potiguar	Cibrazem	0,6	0,014
25	R. Mateus Leme	Cia Estearina	12,6	0,165
26	Prado Velho	Cia Providência	32	1,185
27	BR-277	Mapin	6,4	0,104
28	Av. João Gualberto	Construtora Alcantara	9,3	0,310
29	R. Dez.Vieira Cavalcanti,1211	Construtora Hemag	0,6	-
30	Av.Marechal Floriano	Constr.J.B.Barros	9,3	0,216
31	R.General Potiguar 1013	Diamantino Fossanese	2,2	0,055
32	Praça Santos Andrade	Hotel Mabu	1,2	-
33	BR - 277	Emp.Onibus S.Americana	6,9	0,176
34	R. Padua Fleury	Engemix	7,2	0,180

Nº	Localidade	Propriedade	Vazão (m ³ /h)	Vazão Específica (m ³ /h)
35	Av. Kennedy	E.C.Pinheiros	20,3	0,431
36	Av.Anita Garibaldi (Barreirinha)	Estância Dona Ruth	2	-
37	R. Nicola Pelanda	Estância João XXVIII	2,7	-
38	R.Ildefonso S.de França	Frigorífico	3,2	0,046
39	Barigui	Geraldo Trombini	6,5	0,120
40	Av. Munhoz da Rocha	Clube Graciosa	6	0,500
41	Av. Marginal (CIC)	Hexagono Concreto	3,2	-
42	Av. Manoel Ribas	Hosp.Sta.Felicidade	1,8	-
43	V. Hauer	Hosp. Pinel	6,6	0,227
44	Av.Comend.Franco (Centro)	Hotel Colonial	2,2	-
45	V.Camargo	Motel Floresta	5,5	0,157
46	R.Ermelino Leão	Hotéis Paraná	2,7	0,019
47	R.Candido Lopes	Hotel Iguaçu	12	0,461
48	BR-116 (Capão Raso)	Impressora Paranaense	6	0,461
49	São Braz	Ind.Manilhas/Concreto	7,2	1,200
50	R.Pedro Gusso	Móveis Guelmann	2,3	0,050
51	R.Marechal Floriano	Retipar	4	0,066
52	R.Vitório Viezzer	Móveis Schmidlin	8,8	0,676
53	BR-116 (Parolin)	Ibicui Ind.Papel	10	-
54	R.Inácio Lustoza	Ind.Malharia Curitib.	14	-
55	BR-116 (Pinheirinho)	Ind.Todeschini	2	0,024
56	BR-116 (Capão Raso)	Ind. Trevo	8	0,615
57	Eng.Rebouças	Ind. Campos Hidalgo	3	0,032
58	Av.Marginal (CIC)	Implast	2,25	0,040
59	Vila Hauer	Inst. Dehonista	3,2	-
60	R. Mateus Leme	Inst. São José	3	0,061
61	R. Des.Westephalen	Irmuad	0,2	0,003
62	R. Paulo Gorski, 19	Jaime Guelmann	3	0,180
63	BR-277 (Km 0)	Jeronimo Perussolo	8,8	0,440
64	BR-116 (Tarumã)	Jockey Club	6	0,750
65	R.Francisco Virmond	J.A.Gomes	0,3	-
66	R.Candido Xavier	Lav.Roupa Branca	0,1	0,003
67	R.Pedro Gusso	A.V.B.	3,2	0,069
68	R.João Bettega, 4800	Varaschin Madeiras	9	0,187
69	R.João Negrão	Matel Ind.Horteleira	4,8	-
70	R.Mateus Leme, 2600	Medelin	4	0,081

Cont. Tabela 2.

Nº	Localidade	Propriedade	Vazão (m ³ /h)	Vazão Específica (m ³ /h)
71	R.Constantino Falcão	Mirtilio Trombini	7,5	0,108
72	R.Itajubá	Mitsui	0,8	0,017
73	R. 24 de Maio 1478	.M.M. Cardoso	0,6	0,071
74	R. Marechal Deodoro	Org. Cornelsen	0,6	-
75	Jardim Verginia	Osvaldir Benato	7,76	0,155
76	Alto da XV	Pavema	nula	-
77	Orleans (CIC)	Plastipar	24,8	1,907
78	R.Dom Bosco, 28	Pan Serras	1,5	-
79	Mossunguê	Pequeno Cotelengo	12	0,363
80	Centro Cívico	Prefeitura Municipal	3,5	0,07
81	Av.Marechal Floriano	Quartel P.M.	9,6	0,342
82	Schaffer	TV Iguaçu	8	0,123
83	Jardim Paranaense	R.F.F.S.A.	3,6	0,094
84	Guabirota	Refripar	9,9	0,202
85	Barigui	Pinheirão	2	0,062
86	Av. Manoel Ribas	Restaurante Madalosso	3	0,088
87	R.Cons.Carrão	Revepar	4	-
88	Boa Vista	Rodotaxi	3,2	-
89	BR-116 (Xaxim)	Randon	5	-
90	BR-116 (Pinheirinho)	Madeiras Selecta	14,5	0,273
91	Av.Marginal (CIC)	Siderugica Guaira	0,62	0,149
92	BR-116 (Tarumã)	Siemens	0,2	0,011
93	R.Fernando de Noronha	Club Rio Branco	2	0,038
94	R.Vitório Viezzer, 566	Sociedade S.Francisco	6,6	0,183
95	Al.Julia da Costa	Hospital Evangélico	10	0,151
96	Orleans	Clube D. Pedro I	12	0,400
97	Prado Velho	PUC	1,3	-
98	Av. Manoel Ribas	Telepar	5	0,098
99	BR-277	Tubonave	0,4	0,005
100	Centro Politécnico	UFPr	0,1	0,002

FIGURA 15 - Poços profundos (perfis geológicos e vazões).

(Continuação Fig. 15)

(Continuação Fig. 15).

(Continuação Fig. 15).

(Continuação Fig. 15).

Tabela 3 - Análise de água de poços tubulares profundos (mg/l).

POÇOS	58	91	16	88	40	64	24	68	32
Sólidos totais	219	45	175	86	157	133	99	92	189
CO ₂	2,56	0,00	111,0	13,95	38,76	1,61	3,60	1,22	1,43
Nitrogenio	0,02	0,17	0,01	0,42	0,02	0,03	0,01	0,01	0,04
Nitrito	0,002	ND	ND	0,002	0,003	ND	ND	ND	0,05
Nitratos	0,16	0,16	2,30	0,10	0,02	0,11	0,04	ND	0,23
Amonia	0,01	0,02	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Oxigenio consumido meio ácido	1,00	1,60	0,80	1,30	0,80	1,30	1,70	1,90	1,0
Fluoretos	ND	ND	ND	ND	0,90	ND	ND	ND	0,80
Sódio	36,35	3,30	10,00	3,56	16,00	9,30	7,76	6,41	28,00
Magnésio	1,75	1,85	9,36	5,25	5,50	3,47	4,37	3,62	1,19
SiO ₂	24,00	7,00	23,00	17,00	23,00	23,00	22,00	22,00	17,00
Sulfatos	11,00	12,00	ND	1,00	3,00	1,00	ND	ND	11,00
Cloro	1,00	5,00	4,00	1,00	1,00	ND	1,00	1,00	18,00
Potassio	2,35	2,26	1,55	1,28	1,50	1,07	2,00	1,74	1,40
Cálcio	25,90	12,29	23,90	7,28	18,81	13,41	9,00	14,21	15,37
Fe Total	0,26	0,13	ND	ND	0,05	0,40	ND	0,20	0,05
pH	8,00	9,2	7,8	6,8	7,7	7,9	7,5	8,0	8,0
Dureza	71,00	38,00	97,00	40,00	70,00	48,00	40,00	50,00	43,00
Alcalinidade total	135,00	33,00	111,00	45,00	102,00	67,00	58,00	64,00	75,00

Fonte: SUREHMA

informações verbais dos proprietários e ocupação urbana, notou-se um quadro bastante crítico sobre a qualidade da água subterrânea de Curitiba. Incluem-se aí:

- localização do depósito de lixo em zonas de fratura e recarga de aquífero;
- superexploração em áreas onde a vazão específica é pequena comparada com a produção;
- em função da superexploração os poços tubulares profundos, utilizam a primeira entrada d'água, que normalmente já capta do lençol freático contaminado;
- exploração de poços rasos em linhas de fluxo de lençol freático proveniente de cemitérios, indústrias, garagens de onibus;
- não obediência de uma distância razoável entre a captação de cacimbas e fossas sépticas, e
- algumas áreas onde pelo menos uma vez ao ano, devido a elevação do nível os canais, esgotos e rios influenciam o lençol freático (Fig. 19).

Com este estudo, acredita-se que pelo menos 15% da água subterrânea de Curitiba, já apresenta sintomas de contaminação.

8. CONSIDERAÇÕES SOBRE A EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA E INDUSTRIAL

8.1 Evolução

A exemplo da maioria das cidades brasileiras, Curitiba também não teve um planejamento para sua evolução urbana-industrial. Os problemas econômicos, a variação das lideranças políticas, causaram o sistema de planejamento fragmentado, onde a maioria das obras foram desenvolvidas para atender apenas a um cronograma equivalente a um mandato de governo. Além da falta de seqüência lógica e a transição de interesses políticos são extremamente importantes: a constante migração interna e o exodo rural que causam o crescimento desordenado da cidade de Curitiba (Fig. 17)

Assim sucessivos instrumentos de planejamento urbano, elaborado em épocas distintas, tentaram ordenar o desenvolvimento urbano e industrial, os quais previam o disciplinamento da evolução física da cidade, nunca obedecendo aos aspectos geológicos, geomorfológicos, para atender as necessidades básicas e a melhoria da qualidade de vida da população, haja visto; o desenvolvimento da urbanização na varzeas de inundações dos rios Belém, Atuba, Barigui e Iguaçu; as várias épocas de deposição de lixo em áreas de risco; localização de indústrias e cemitérios, etc (Figs. 17 e 18).

Conforme informações do IPPUC e SMMA (Secretaria Municipal de Meio Ambiente), pode-se resumir a evolução da ocupação urbana do município como se segue:

FIGURA 16 - Execução de poço tubular profundo
Bairro Uberaba.

FIGURA 17 - Vista parcial de Curitiba, evidenciando a evolução urbana. Vertical (fundos) e horizontal (primeiro plano), contribuindo para aumento da exploração dos recursos hídricos subterrâneos.

a) 1943 - Plano Diretor de Urbanização de Curitiba
(Plano AGACHE).

Estabelecia as primeiras normas fundamentais para ordenar o crescimento físico, urbano e espacial da cidade. Para tanto, pretendia, através de um conjunto de normas técnicas, disciplinar o tráfego, organizar as funções urbanas, coordenar as atividades sócio-econômicas, zonear e codificar as edificações, estimular e orientar seu desenvolvimento. O "Plano Diretor" engloba, desta forma, o Plano das Avenidas, os centros funcionais ou especializados, o código de obras e zoneamento, os espaços livres e sua distribuição, sem nenhuma preocupação com o suporte natural e conservação dos recursos naturais, controle ambiental, e com a implantação da infraestrutura básica necessária.

b) 1965 - Plano Preliminar de Urbanismo de Curitiba.

Procurava estabelecer e debater as premissas sócio-econômicas e urbanísticas que possibilitassem o posterior desenvolvimento da cidade. Tinha como objetivos: o crescimento linear a partir de um centro servido por vias tangenciais de circulação rápida; hierarquização de vias de tráfego; desenvolvimento preferencial da cidade no eixo nordeste-sudoeste; o policentrismo; a extensão; a adequação das áreas verdes, mais como aspecto estético e paisagístico. Pela primeira vez, mesmo que de maneira incipiente, preocupou-se com o controle da degradação ambiental, com a tentativa de proteção dos mananciais de abastecimento.

c) 1972 - Decretada na Câmara a "Lei de Zoneamento de nº 4199".

Esta lei tentava disciplinar os diferentes usos em zonas

de "desenvolvimento harmônico" da cidade e o "bem estar" social de seus habitantes, visando mais o trafego, a malha viária, o ramo e porte da atividade nele inserido, do que o potencial de degradação ambiental possivelmente gerado por ela ao suporte natural da cidade, do qual depende a sobrevivencia e o desenvolvimento da população.

d) 1975 - Modificada a Lei de Zoneamento e uso do solo de 1972.

Subdividindo o município em zonas de distintos usos visando ordenar o crescimento da cidade. Neste zoneamento surge a CIC (Cidade Industrial de Curitiba), locada em função da possibilidade de poluição atmosférica. Apesar do planejamento principalmente quanto à direção predominante do vento, ignorou-se o potencial polutivo dos usos o suporte natural do município e sua capacidade de regeneração, recuperação e purificação.

8.2 Mapeamento sobre o uso do solo

8.2.1 Ocupação atual

A legislação de uso do solo vigente em Curitiba acima está baseada na Lei nº 5234 de 1975, que dispõe sobre o zoneamento da cidade e estabelece coeficientes e usos para cada zona. A ocupação real destas áreas, no entanto, nem sempre processou-se como previsto, pois não houve o esperado "adensamento das zonas equipadas" devido a especulação imobiliária. Portanto torna

FIGURA 18 - Mapa de evolução da ocupação urbana

ram-se inacessíveis ao enorme incremento da população urbana que ocorreu nos anos 70, a qual demandava moradia, ocorrendo então um descontrolado processo de periferização da ocupação do solo . Surgiram assim, loteamentos para população de baixa renda e sem planejamento ou infraestrutura básica; conjuntos habitacionais sobre antigas áreas de mineração (lavra de argila e areia); fave_las e zonas inadequadas a ocupação como encostas de pedreiras abandonadas (Fig. 20).

Esta forma de ocupação ultrapassou os limites do municí_lpio de Curitiba avançando para outros municípios evidenciando a complexa conurbação da Região Metropolitana de Curitiba.

Como o Plano Diretor de Curitiba, desconsiderou completamente o suporte geológico, criou-se um desequilíbrio sensível nos processos ecológicos e nos sistemas vitais essenciais do município, principalmente quanto à proteção do solo e preservação dos mananciais e zonas de alimentação dos aquíferos. Surgiram desta forma zonas com excessiva impermeabilização devido às edifi_lcações, prejudiciais em sua aeração, insolação, e infiltração da água no subsolo. As instalações de equipamentos sem nenhuma infraestrutura para o tratamento adequado dos objetos e resíduos das atividades nelas desenvolvidas (Fig. 21).

A partir de 1983, embora a administração municipal venha renovando e atualizando os instrumentos de planejamento do desenvolvimento urbano, não existe qualquer medida ou proposta de proteção, exploração e vulnerabilidade a poluição dos recursos hídricos subterrâneos.

Merecem destaque no planejamento da ocupação do solo

FIGURA 19 - Inundações das varzeas do Rio Iguaçu, onde as águas pluviais depositam seus detritos e soluções sobre os sedimentos aluvionares. Bairro Uberaba.

FIGURA 20 - Pedreira de migmatito, abandonada onde estão sendo depositados lixos e detritos. Bairro Vista Alegre - Mercês.

de Curitiba; a implantação da CIC, que em relação a sua localização não causa fumaça no setor urbanizado e tampouco oferece prejuízo às nascentes das drenagens que alimentam os reservatórios de água que abastecem a cidade. Também é louvável o desenvolvimento das vias estruturais procurando descentralizar os edifícios, e tentando dispersar os setores comerciais e de serviços para os bairros; e a implantação de parques e bosques favorecendo a recarga de água subterrânea.

Os maiores agravantes a ocupação do solo no município de Curitiba são na maioria dos casos irreversíveis. Predominam neste aspecto, os terrenos médios e altos, da região central do município que a partir do terraço fluvial do rio Belém foram sucessivamente ocupados, onde estabeleceu-se o primeiro núcleo urbano. A ocupação destas várzeas causou a impermeabilização do terreno favorecendo as inundações.

Este rio necessitou de canalização e suas margens drenadas posteriormente descaracterizaram totalmente a forma natural, agravando-se os problemas de cheias em todo o trajeto até o Rio Iguaçu. O mesmo acontece com os rios Atuba, Bacacheri, Barigui e Padilhas.

Já a partir de 1970, com a intensificação do processo migratório das áreas rurais para os centros urbanos, e devido ao planejamento urbano que incentivara a especulação imobiliária, grandes áreas foram incorporadas à malha urbana. A maioria delas não eram propícias ao assentamento urbano ou industrial do ponto de vista de implantação de sistemas de drenagem e manutenção do equilíbrio ambiental. Assim, primeiro, as porções de declividade suave foram rapidamente ocupadas, numa taxa de adensamento baixa,

por serem áreas mais nobres e inacessíveis à maioria da população iniciando-se, então, um avanço descontrolado sobre as várzeas e planícies de inundação da porção sul da cidade. Neste período iniciou-se o comprometimento mais sério do equilíbrio entre a drenagem superficial e os processos erosivos e de sedimentação, ocasionando, as freqüentes enchentes.

A expansão de loteamentos, se projetou, então para as zonas de declividades acima de 35%, principalmente nos bairros de Santa Felicidade, Pilarzinho, Abranches, Schaffer e Barreirinha. Surgiu assim, um agravante peso a favor dos processos erosivos: implantação de edificações e redes viárias, procedendo de grande movimentação de colúvio e talude, que expuseram amplas superfícies de solos desprotegidos e a longos períodos, a ação das intempéries, das águas pluviais, provocando as vossorocas nas encostas e consequentemente assoreamento dos cursos d'água, galerias, e canalização. Em alguns locais destes bairros já pode-se prevenir sobre riscos de deslizamento nos próximos anos devido a não obediência às condições geológicas/geomorfológicas (Figs. 22 e 23).

Além das inundações, assoreamento, erosão e riscos de escorregamento; a não observação das condições geológicas e especificamente sobre as características hidrogeológicas, revelaram problemas certamente mais graves. É importante o estudo de infiltração e permeabilização das águas nas diversas litologias, e quais as relações com as prováveis fontes de contaminação (Tabela 4).

FIGURA 21 - Mapa de sistema de esgotos.

- Área com coleta sem tratamento.
- Área com coleta e tratamento.
- Locais de lançamento do esgoto.
- Cursos d'água.
- Estação de tratamento de esgoto do Rio Belém.
- Estações de tratamento de esgoto.

FIGURA 22 - Erosão caracterizada em loteamento em áreas de ocorrências de migmatitos alterado, e de clividade elevada. Bairro do Pilarzinho.

FIGURA 23 - Assentamento de moradias, em cima de declividade elevada, e solo favorável ao deslizamento. Bairro Barreirinha.

Tabela 4 - Permeabilidade das principais litologias mapeadas.

Sedimentos Recentes	Turfas Argilo-arenosos 10^{-5} cm/s
	Grosseiros $5 \cdot 10^{-4}$ cm/s
Formação Guabirota	Argilitos e Siltitos 10^{-6} cm/s
	Arenitos 10^{-4} cm/s
Embasamento Cristalino	Alterados 10^{-4} a 10^{-5} cm/s
	Fraturados 10^{-5} a 10^{-3} cm/s

8.2.1.1 Pedreiras abandonadas

Nestas áreas são colocados lixos domésticos e as vezes industriais. Tratam-se de zonas de alimentação do mais importante aquífero da região de Curitiba, constituída de migmatitos e gnaisses. As pedreiras abandonadas estão localizadas na zona norte e noroeste do município (Fig. 20) e além de receberem a maior taxa de pluviosidade da região, possuem as estruturas e atitudes de xistosidade que favorecem diretamente a recarga dos recursos hídricos subterrâneos.

8.2.1.2 Instalações de cemitérios

O licenciamento para implantação de novos cemitérios em Curitiba, já tem apresentado problemas de contaminação de aquíferos. Os mais antigos, como: Abranches e Santa Candida, na parte norte estão situados em zonas de declividade de 25% e sobre rochas fraturadas do embasamento cristalino, o que favorece a infiltração rápida das águas pluviais. Os cemitérios centrais, também antigos (Municipal e da Glória) estão localizados em áreas de superexploração de água subterrânea. Os cemitérios de Santa Felicidade e Orleans na zona oeste e Agua Verde nas proximidades do centro, estão bem localizados sob o ponto de vista geológico, estando ambos assentados sobre argilito e arenitos finos da Formação Guabirotuba, o que impermeabiliza a passagem das águas pluviais, porém alimentam importantes redes de drenagem. O cemitério do Boqueirão na parte sul é o mais bem instalado, pois obedece a seqüência litológica ideal (argilitos da Formação Guabirotuba),

declividade menor que 10%, não alimentam redes de drenagem e estão localizados em uma área de densidade populacional baixa. No extremo sul do município está o cemitério de Umbarã que, apesar de localizado em uma área rural, também está instalado em áreas de nascentes d'água e sobre rochas migmatíticas.

Os mais novos cemitérios de Curitiba são extremamente problemáticos e fontes de contaminação. Dois deles, o da Cachoeira (zona norte) e Parque Iguaçu (zona noroeste) estão localizados sobre migmatitos e gnaisses fortemente estruturados e que condicionam as redes de drenagem e recarga de aquíferos. O outro cemitério na zona sudoeste, é o da Saudade (Av. João Bettega), localizado em área de planície de inundação, sendo a constituição litológica de turfas, areias argilosas e areias grossas, rochas com permeabilidade elevada. Além disso a área do cemitério Jardim da Saudade possui grande concentração de captação de águas quer sejam aquíferos rasos, quer sejam aquíferos profundos. (Fig. 24).

8.2.1.3 Hospitais

Os hospitais não apresentariam problemas de contaminação da água subterrânea, desde que os lixos hospitalares fossem transferidos para locais apropriados, entretanto, os levantamentos efetuados mostraram que a maioria destes, são coletados pela limpeza pública e transportados para o depósito da Lamenha Pequena. Alguma parte deste lixo permanece no local em tambores metálicos compostos a base de laminas de ferro com facilidade para oxidação e rompimento. Muito embora sejam posteriormente incinerados a

FIGURA 24 - Cemitério assentado em áreas de densidade de exploração de poços rasos elevada. Abranches

FIGURA 25 - Depósito de lixo e incineração do Hospital E.GAERTNER. Bairro Jardim das Américas.

permanência durante uma noite nos galões, é suficiente para ocorrer percolação devido a umidade relativa média ao ano ser elevada para Curitiba. (Fig. 25)

8.2.1.4 Postos de gasolina

Apesar de que os postos de gasolina constituem importantes fontes para contaminação de recursos hídricos, os seus aspectos devem ser analisados localmente. Em função da grande quantidade de ocorrências destes é praticamente impossível nesse trabalho traçar-se um diagnóstico do problema, pois estes localizam-se em todas as áreas de contexto geológico/geomorfológico diferentes, isto é, zonas aluvionares, sobre migmatitos, áreas de declividade elevada ou baixa, estruturas e litologias que favorecem a transmissividade de gasolina para as águas subterrâneas. De qualquer forma, trata-se de uma fonte poluidora importante e que pode trazer sérias conseqüências para a exploração das águas subterrâneas.

8.2.1.5 Garagens de onibus, empresas de transportes e usinas de asfalto

Observou-se nesses estudos, que todas essas empresas apresentam como normal a queima dos detritos e restos de óleo, graxas, etc. quando da manutenção dos veículos. No entanto os resíduos mais finos são estocados em latões e caixas ridiculamente construídos no nível do solo, para reutilização em lavagem de peças, etc. Estas caixas de alvenaria, que normalmente não apre

sentam nem contra-piso, podem-se comparar como pequenos tanques de armazenagem de produtos derivados de petróleo transferindo parte destes para os recursos hídricos ou por infiltração ou escoamento. São fontes poluidoras gravíssimas para as águas subterrâneas e ocorrem com freqüência no perímetro urbano do município (Fig. 26).

8.2.1.6 Depósitos de ferro velho, plásticos, papelão, vidros etc.

A exemplo das garagens de onibus e empresas de transportes, este item refere-se a uma importante fonte poluidora, devido ao material que manipulam. O cadastramento ora elaborado revelou serem comuns nestes depósitos as seguintes substâncias e ou instrumentos:

- fotográficos e radiográficos
- baterias
- vidros e plásticos de soro, sangue, etc.
- vidros, plasticos, latas e papelões de produtos químicos
- produtos de zincagem e cromagem
- bujões de gas
- alguns recipientes de produtos químicos como:
Aldrin, Azodrin, Doloxene, etc. a base de organo-clorados.

Estes depósitos, indicam a possibilidade de origem de "chorume", bastante enriquecido em metais pesados, ácidos e elementos de elevada mobilidade (Tabela 5). Todos com sérios ris-

Tabela 5 - Substâncias e elementos que podem ser concentrados em depósitos de ferro velho, plástico, etc.

SUBSTÂNCIAS TÓXICAS	TEOR ADMISSÍVEL
Chumbo (Pb)	0,05 mg/l
Bário (Ba)	0,03 mg/l
Selenio (Se)	0,01 mg/l
Arsenio (As)	0,01 mg/l
Cromo Cr ⁺⁶	0,01 mg/l
Cianetos (CN)	0,01 mg/l
Cadmio (Cd)	0,01 mg/l
SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS	
Fluor (F)	tóxicos a partir de 1-1,5 mg/l devem ser inferiores a 45 mg/l de NO ₃ .
Nitratos (NO ₃)	
SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS QUE PODEM INFLUENCIAR A POTABILIDADE	TEOR ADMISSÍVEL
Materiais sólidos totais (TDS)	500,0 mg/l
Ferro (Fe)	0,3 mg/l
Manganês (Mn)	0,1 mg/l
Cobre (Cu)	1,0 mg/l
Zinco (Zn)	5,0 mg/l
Cálcio (Ca)	75,0 mg/l
Magnésio (Mg)	60,0 mg/l
Sulfatos (SO ₄)	200,0 mg/l
Cloretos (Cl)	200,0 mg/l
pH	7,0 - 8,5
Fenol	0,001mg/l
Alkyl-Benzeno	
Sulfonaços (ABS)	0,5 mg/l

Fonte: SUREHMA

cos de contaminação dos aquíferos. Como acontece com os postos de gasolina e oficinas de manutenção de veículos; tais depósitos tem características localizadas e variadas, do ponto de vista hidrogeológico.

8.2.1.7 Indústrias

Para Curitiba, a preocupação maior deve-se com o tratamento e a destinação dos resíduos industriais, uma vez que a Cidade Industrial de Curitiba foi planejada e instalada em áreas próprias. Somente as indústrias mais antigas, anteriores a 1972 é que estão localizadas em áreas tipicamente urbanas é que oferecem riscos de poluição. As indústrias da CIC não estão localizadas em zonas de alimentação dos aquíferos profundos, porém armazenar os resíduos em seus pátios pode ser perigoso, quanto à alimentação da água do lençol freático, já que a maioria deles no momento localizam-se na bacia do Rio Barigui.

Para se avaliar os riscos de contaminação das indústrias deve-se analisar individualmente cada caso, sendo importante os dados litológicos, profundidade do lençol freático e direção de fluxo.

8.2.1.8 Cavas de exploração de argila e areia

Além de fazerem parte de um contexto geológico importante na exploração de água subterrânea, as suas ocorrências são muitas e suas lavras predatórias e sem qualquer planejamento. Quan

FIGURA 26 - Mancha provocada por infiltração de óleos e graxas, proveniente de garagem de onibus. Bairro Boa Vista.

FIGURA 27 - Vista parcial do aterro sanitário da Lamenha Pequena. O vale nos fundos corresponde ao Rio Passauna.

do abandonadas são consequentes depósitos de lixo de toda espécie e por estarem em zonas de inundação recebem pelo menos uma vez ao ano os excessos de poluentes transportados pelos rios. (Fig. 28)

Apesar de serem fontes potenciais para a poluição da água subterrânea, principalmente do aquífero superficial, estas lavras se constituem num problema não levantado até então, quando se trata de estudos de impactos do meio ambiente. O problema é sobre o risco de explosões gasosas. (Tabela 10).

Em função da especulação imobiliária da região metropolitana as zonas de antigas minerações de areia e argila, é que receberam volumes consideráveis de lixo, foram, ou são, agora aterradas, para finalmente serem loteadas ou implantadas conjuntos habitacionais, como os da COHAB, COHAPAR, etc. Exemplificando-se entre esses o Conjunto Fazendinha, em antiga área de cavas da planície do Rio Barigui; o Conjunto Parigot de Souza, antigas áreas de exploração de argila do Rib. dos Padilhas; Conjunto Capão da Imbuia, antigas lavras da várzea do Rio Atuba; e Moradias Belém nas planícies do Rio Belém com o Rio Iguaçu. (Figs. 28, 29, 30 e 31).

Estas áreas, hoje já urbanizadas e ocupadas pelos conjuntos habitacionais, poderão sofrer dentro de 10 a 15 anos, aproximadamente infiltração e odor de gases, acomodações de camadas e rachaduras nas edificações devido ao recalque (Fig. 29).

Para LUZ (1986) é o tempo necessário para que o lixo depositado nestas cavas e aterrado, se transforme em gas funcionando como um biodigestor.

Um exemplo típico da utilização de cavas para depósitos de lixo é o que ocorre com o município vizinho de São José dos Pinhais, junto a planície do Rio Iguaçu. Neste local, da mesma

FIGURA 28 - Lavras de exploração de areia que quando abandonada, pode se constituir num depósito de lixo e detritos. Várzea do Rio Iguaçu.

FIGURA 29 - Deformação nas paredes de casas, devido ao recalque, em áreas de sedimentos argilosos aluvionares. Antiga lavra de argila.

FIGURA 30 - Conjunto habitacional construído sobre antigas cavas de exploração de argila. Bairro Uberaba.

FIGURA 31 - Área de antiga exploração de argila sendo aterrada para fim de se instalar um conjunto habitacional. Bairro Uberaba.

maneira com que ocorre em muitos municípios que incluem a bacia do Rio Iguaçu, o lixo urbano da cidade é depositado em antigas cavas de exploração de argila e areia. (Figs. 30 e 31).

8.2.1.9 Favelas

Um problema comum das grandes cidades, que em Curitiba tem sérias conseqüências é a ocupação de áreas sem qualquer infraestrutura. Normalmente a população de baixa renda se assenta sobre terrenos permeáveis dos sedimentos holocênicos e desenvolvem captação do tipo cisterna ou cacimba. A falta de conhecimento em sanitarismo, mostra que nessas favelas, as fossas sépticas também são desenvolvidas em grande proporção e muito próximas às cacimbas. (Fig. 32).

Revelou-se também que todas as favelas sem exceção, possuem pequenos depósitos de papel, ferro velho ou vidro, o que pode originar "chorume", e atingir o aquífero superficial (Tabela 5).

Agrava-se ainda a contaminação dessas captações as enchentes comuns à maioria das concentrações de favelas de Curitiba. (Figs. 19 e 32).

Em termos de saúde da população, acredita-se que as ocupações por favelas, são as que apresentam até então as maiores conseqüências. Pois enquanto indústrias, postos, etc. atingem características de contaminação localizadas, as favelas, contribuem para contaminações rápidas e zonais, atingindo rapidamente uma população razoável.

Outros problemas detectados, referem-se a especulação imobiliária, que está causando um incremento na ocupação de áreas sedimentares recentes, como os aluviões do município de Curitiba. Estes loteamentos e conjuntos estão se desenvolvendo em litologias do tipo: turfa, areia-s argilosas e argilas de elevada plasticidade; que quando recebem densidade elevada de vias pavimentadas, edificações, indústrias, etc, semelhante ao que ocorre, atualmente com os bairros centrais de Curitiba, certamente modificarão o comportamento geotécnico, originando dúvida quanto ao recalque (Fig. 29).

Os problemas destas áreas além de vulnerabilidade à poluição dos recursos hídricos e da alteração geotécnica, são também econômicas.

Num primeiro cadastramento verificou-se que a área média dos lotes do município são de $360,00 \text{ m}^2$, medindo $12,00 \times 30,00$ cada. Em regiões de ocorrência de aluviões, para se executar uma edificação são necessários a implantação de aterros e rebaixamento do nível do lençol freático, que levam a dois problemas:

- a) o sistema de aterramento para estes lotes, deve ser feito adicionando-se em média 1000 m^3 (100 caminhões médios) de migmatitos alterados ou sedimentos argilo-arenosos da Formação Guabirotuba. Os materiais provenientes da alteração de rochas do embasamento cristalino, são evidentemente os mais indicados para os aterros nos aluviões de Curitiba. Como consequência para se aterrar as áreas de várzeas que ainda não estão ocupadas, aproximadamente 55 km^2 , serão necessários $1.527.777 \text{ m}^3$ de material. Isto evidencia a necessidade da movimentação de grandes quantidades de mig-

matito alterado e argilitos arenosos da Formação Guabirutuba, que na maioria dos casos serão favoráveis a processos erosivos e de assoreamento, alterando completamente o equilíbrio ambiental das áreas fontes;

- b) o processo de compactação e rebaixamento do nível de águas dos terrenos, certamente levarão, a uma alteração na direção do fluxo da água subterrânea. Este rebaixamento já foi detectado na área central de Curitiba, causando modificações de dezenas de metros no nível do lençol freático (Fig.14). Nas condições normais a água escoava em direção ao Rio Belém e daí para o Rio Iguaçu (Norte - Sul), em épocas de chuvas intensas, ocorre inversão no sentido de fluxo natural, ou seja, se anteriormente a água subterrânea era drenada para os rios, atualmente há indícios de poluição devido os escoamentos das águas dos rios para o aquífero.

Deve-se salientar ainda que a existência de elevada concentração de fossas sépticas e esgotos a céu aberto (Fig.32), favorecem a poluição uma vez que os sedimentos holocênicos são frequentemente constituídos de argilas, que apresentam excelentes capacidade de adsorção e concentração de poluentes. Como consequência , além da contaminação dos aquíferos, que poderão ser captados por poços rasos ou profundos, e apesar das poucas informações disponíveis (Tabela 5), cabe informar sobre os problemas relativos ao ataque químico, corrosivo ou incrustante, das águas subterrâneas.

Conforme dados da SUREHMA, sobre análises de águas de alguns rios pode-se prever, que as águas subterrâneas, principalmente quando alimentadas pelos rios deverão possuir teores elevados

FIGURA 32 - Proliferação de favelas nas margens dos rios desenvolvendo fossas negras, influenciando ainda mais a poluição das águas.

FIGURA 33 - Depósito de lixo da Cidade Industrial de Curitiba, assentado sobre sedimentos inconsolidados da planície aluvial do Rio Barigui.

das seguintes substâncias e elementos:

- Fe e Mn;
- Gas carbônico;
- Gas sulfídrico;
- Nitrato e nitritos;
- Fluoretos;

além da elevada concentração bacteriológica e baixo pH. Evidentemte são situações perigosas, para as edificações destas áreas.

Tabela 6 - Qualidade de água de rios

Rios	Atuba	Iguaçu	Barigui
pH	7,85	7,90	7,15
Sólidos Totais	348	336	97
Óleos e Graxas	-	-	-
Coliformes Totais	7.500	1.600.000	1.700
O. D.	0,0	3,56	6,54
D.Q.O.	-	47	20
Fosfatos	0,39	0,33	0,06
Nitratos	0,12	0,12	0,15
Cianetos	-	-	-
Fluoretos	-	-	-
Fenol	188	-	-
Arsenio	-	-	-
Bário	0,07	-	-
Cobre	-	-	-
Cromo	0,02	-	-
Zinco	0,06		

FONTE: SUREHMA

9. SITUAÇÃO ATUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS, ABASTECIMENTO DE ÁGUA E RESÍDUOS SÓLIDOS.

9.1 Recursos hídricos

Quanto aos usos da água das bacias hidrográficas, a tabela* abaixo sintetiza as condições para uso e os usos atuais dos recursos hídricos existentes no município.

TABELA 7 - Condições de uso dos recursos hídricos superficiais

RIO	ÁREA DRENAGEM (km ²)	CARGAS REAIS - kg DBO/DIA			CARGA ADMISSÍVEIS kg DBO/dia
		DOMÉSTICA	INDUSTRIAL	TOTAL	
ATUBA	122,4	12815	655	13470	314
BELEM	93,7	8374	5	8379	-
IGUAÇU (I)	914,0	24400	2185	26685	118
PADILHA	49,7	4157	-	4157	64
BARIGUI	291,2	15423	7852	23275	746
PASSAUNA	179,7	1706	131	1839	226

(*) Fonte: SUREHMA

9.2 Abastecimento de água

O Sistema de Abastecimento de Água de Curitiba abrange o abastecimento das zonas urbanas de Curitiba e municípios vizinhos da Região Metropolitana, (São José dos Pinhais, Colombo, Piraqua

ra (Distrito de Pinhais), Araucária e Almirante Tamandaré).

Os mananciais utilizados para abastecimento são os seguintes:

- Rio Iraí-Iguaçu - completado pela construção do reservatório Piraquara (barramento do rio Caiguava) em períodos de estiagem.
- Rio Passaúna

O manancial Iraí-Iguaçu é explorado através de dois sistemas:

- Subsistema Iguaçu - Captação rio Iguaçu e ETH Iguaçu
- Subsistema Iraí - Captação rio Iraí e ETA Tarumã - captação - 3.800 l/s.

O manancial Passaúna é explorado através do subsistema Passaúna compreendendo a captação no Rio Passaúna e a ETA Passaúna, com capacidade de 500 l/s.

Em análise a demanda necessária, e a capacidade de produção, verifica-se que o atual sistema de abastecimento de água de Curitiba, encontra-se deficitário, principalmente nos períodos de estiagem, sendo urgente o planejamento da exploração hidrogeológica.

Tabela 8 - Rios capacidade e abastecimento

CAPACIDADE DE PRODUÇÃO (l/s)			
SUBSISTEMA	ATUAL	UTILIZADA	ATUAL/UTILIZADA (%)
IRAÍ	800	800	100
IGUAÇU	2800	2800	100
PASSAÚNA	500	140	28
TOTAL	4100	3740	91

(*) Fonte: SUREHMA

A demanda atual por dia de maior consumo é de 4.500 l/s , sendo a demanda média correspondente à 3.893 l/s.

Quanto ao tratamento, o sistema possui 3 estações de tratamento de água convencional, composta de floculadores, decantadores, filtros, desinfecção por cloro gasoso (pré-cloração e pós cloração) e fluoretação a saber:

- Estação de Tratamento Tarumã
capacidade - 800 l/s.
- Estação de Tratamento Iguaçu
capacidade - 3.000 l/s.
- Estação de Tratamento Passaúna
capacidade - 500 l/s.

Conforme dados da SANEPAR, a população de Curitiba que se abastece de água da rede é de 1.183.592, sendo que a população de Curitiba é de aproximadamente 1.500.000 habitantes.

9.3 Esgoto Sanitário

Dentre os municípios que compõe a Região Metropolitana de Curitiba, apenas São José dos Pinhais possui rede coletadora sem tratamento e despejando os efluentes em córregos.

Somente o município de Curitiba é que dispõe de sistemas completos, isto é, coleta, afastamento, tratamento, e destino final.

Da população total de Curitiba, apenas 46% possui o benefício do sistema de redes coletora (Fig. 21) da mesma forma que

do total aproximadamente um quarto (23%) tem o privilégio de usufruir do sistema completo (rede, interceptadores, emissários e tratamento).

Dos efluentes tratados a grande maioria é processado na Estação de Tratamento de Esgoto - Belém, que utiliza como processo de tratamento a curação prolongada em fluxo orbital ("Carrousel"). A capacidade atualmente tratada é de 14 ton. DBO/dia, com uma vazão média de 650 l/s o que conduz a uma produção média de lado de 10 ton. ss/dia, e a uma eficiência média de 98%. Há também 18 pequenos sistemas, que beneficiam conjuntos habitacionais cuja faixa populacional situa-se de 200 a 7.000 habitantes e cujos efluentes são tratados através de biodigestores, mais conhecidos como RALF (reator anaeróbio de lado fluidizado).

9.4 Depósitos de resíduos sólidos

A limpeza pública no Município de Curitiba é estruturada para executar os serviços de coleta de lixo domiciliar, varrição manual de ruas, varrição mecânica de ruas e a destinação final através de espalhamento, compactação, e cobertura de lixo no depósito de Lamenha Pequena. (Fig. 27).

Atualmente a responsabilidade sobre os serviços (adjudicados por licitação em 1984, por cinco anos, para a LIPATER e CAVO para área norte e sul da cidade, respectivamente) e assumida em 1987 pela LIPATER - Limpeza, Pavimentação e Terraplenagem Ltda., nas duas áreas, opera a coleta e o transporte dos resíduos domésticos.

A Prefeitura Municipal, através da Secretaria Municipal do Meio Ambiente (Departamento de Limpeza Pública) realiza a coleta do lixo numa área de aproximadamente 5.800,00 ha, situada no sul de centro da cidade, abrangendo os bairros do Pinheirinho, Ganchinho, Sítio Cercado, Tatuquara e Umbará.

O centro da cidade e os bairros centrais do município, tem atendimento diário de coleta no período noturno, significando 3,6% da área total do Município com uma densidade populacional média de 94,965 hab./ha.

Os bairros mais afastados do centro que constituem a grande maioria, tem coleta em dias alternados (2^{as}, 4^{as}, 6^{as} feiras e 3^{as}, 5^{as} e sábados) tanto no período diurno como no - turno. As coletas alternadas abrangem 97% da área total de coleta do Município.

Na região das favelas e conjuntos populares, a coleta é deficiente tanto por problemas de equipamentos e vias de acesso, como por planos de coleta desatualizados em relação a expansão e instalação das referidas áreas. Estima-se que apenas 70% dos resíduos sólidos produzidos sejam coletados, sendo que os 30% restantes não são coletados, devido a problemas operacionais já mencionados e depositados em locais impróprios, como: terrenos baldios, cursos d'água, fundos de vale, etc.

Quanto os resíduos especiais, industriais e de demolição, são coletados por empresas particulares, que atualmente encontram-se descontroladas face a inexistência de normas, principalmente quanto a disposição final. Quanto aos resíduos hospitalares, não existe em Curitiba, a coleta hospitalar diferenciada, sendo coletado conjuntamente com os resíduos domésticos pela

LIPATER, ou igualmente aos resíduos especiais coletados por empresas particulares.

A coleta de todos os resíduos sólidos urbanos realizada pelas empresas contratadas e PMC/SMMA, durante o ano de 1986 compreende em média 472,22 toneladas/dia, que refere-se a aproximadamente 70% dos resíduos totais gerados pelo Município, configurados da seguinte maneira:

- Resíduos domésticos : 394,04 ton./dia
- Produtos da varrição: 19,14 ton./dia
- Resíduos especiais : 59,04 ton./dia

Atualmente, estima-se um incremento de 30% na produção dos resíduos coletados, configurando o seguinte quadro:

- Resíduos domésticos : 519,00 ton./dia
 - Resíduos coletados PMC: 46,00 ton./dia
 - Resíduos coletados
particulares : 37,00 ton./dia
-
- 602,00 ton./dia

A destinação final dos resíduos sólidos urbanos no Município de Curitiba, sempre foi inadequada, com a formação de lixões a céu aberto, gerando seríssimos problemas de ordem ambiental e de saúde pública.

O primeiro depósito de lixo definido pelo governo municipal foi o da Lamenha Pequena, que passou a receber todos os resíduos domiciliares, comerciais e alguns de origem hospitalar de toda a cidade, a partir de década de 60. O não emprego de metodologia adequadas no aterramento de resíduos, acarretou a perda de controle sobre o referido depósito, e o que começara com 2.000 m²

de área, hoje abrange 5.000 m^2 . Entretanto, através de estudo, quer seja por cadastramento, mapeamento ou levantamentos geofísicos determinou-se outros "lixões", que podem ter sido utilizados em outras épocas, ou tenham sido usados como depósitos clandestinos. O Mapa de Ocupação Urbana, mostra essas ocorrências (Fig. 34).

Alguns destes estão hoje aterrados e transformados em loteamentos e até mesmo já recebendo edificações. O caso depósito bacia do Rio Passaúna nas proximidades da BR-277, que também está aterrado, e ocupa uma antiga cava de exploração de argila, deverá ficar submerso, quando do represamento final do reservatório do Rio Passaúna.

O depósito da Lamenha Pequena situa-se na bacia do rio Passauna, bacia esta integrante do Plano Diretor de Abastecimento de Água e do Controle de Poluição da área metropolitana elaborado em 1975/76, prevista para o abastecimento público de água de porção oeste de Curitiba e cidade de Araucária, à partir de 1987.

Sobrepondo-se o Mapa de Ocupação Urbana, com o Mapa Geológico, nota-se que os aterros ou depósitos de lixo, não só influenciam na qualidade da água dos rios Passaúna e Barigui como comprometem seriamente os sistemas de aquíferos. Estudos geofísicos efetuados por ELLERT et alii (no prelo) mostram que o "chorume" produzido pelo depósito da Lamenha Pequena flui através de um sistema de fraturas para o subsolo alimentando, via subterrânea, o Rio Passaúna (Fig. 35).

Este depósito está localizado sobre rochas migmatíticas de elevado grau metamórfico e fortemente estruturado ou por fraturas, ou por xistosidade, de modo a concluir-se que: além das

FIGURA 34 - Mapa de ocupação do solo

- Áreas com declividade $>35^\circ$ e riscos de deslizamentos.
- Áreas onde pelo menos uma vez ao ano a água fluvial influencia a recarga.
- Cemitérios.
- Depósitos de ferro velho, plástico, papel, etc...
- Depósitos de lixo.
- Favelas.

- Garagens de ônibus.
- Hospitais.
- Indústrias.
- Pedreiras.
- Postos de gasolina.
- Usinas de asfalto.

RECOMENDAÇÕES DE OCUPAÇÃO:

- Aterros sanitários e Depósitos de resíduos sólidos.
- Cemitérios.
- Conjuntos habitacionais populares.

FIGURA 35 - Levantamentos geofísicos, demonstrando fluxo de "chorume" através de sistema de fraturas.

FONTE: ELLERT et alii (no prelo).

estruturas favorecerem a transmissão do "chorume" para o Rio Passaúna, também a fazem para os aquíferos profundos que estão sendo amplamente explorados atualmente. Os dados de permeabilidade e transmissividade e geração de chorume permitem acrescentar que a contaminação dos recursos hídricos através deste depósito, deverá ser produzida ainda por algum tempo.

O segundo depósito criado em Curitiba, operou durante 02 anos (1984-1986), recebendo em média 200 ton./dia de resíduos. Este depósito localizado na Cidade Industrial de Curitiba, também gerou os mesmos problemas que o depósito de lixo da Lamenha Pequena, através do não emprego de metodologias adequadas para o aterramento de resíduos, abrange uma área de 2.000 m² (Fonte: - SMMA - Prefeitura Municipal de Curitiba).

Este depósito é uma importante fonte de contaminação para os aquíferos rasos ou superficiais já que localiza-se sobre os sedimentos aluvionares predominando rochas argilo-arenosas. A elevada permeabilidade dessas rochas favorece a rápida infiltração contaminando assim o lençol freático. Convém lembrar que nessa região a captação de água subterrânea por cacimbas é elevada. (Fig. 33).

10. RECOMENDAÇÕES

Curitiba, é evidentemente uma cidade que possui algum planejamento, porém, com prioridade, para o desenvolvimento de setores industriais, comerciais, transporte e corredores de urbanização.

Deve-se louvar essa iniciativa, que consegue colocar Curitiba como uma metrópole exemplo para o Brasil. No entanto, o planejamento quanto a processos de degradação ambiental só é tocado, quando refere-se a poluição sonora e aérea. Quanto aos problemas relacionados aos condicionamentos geológicos, esta cidade está longe de ser se quer mencionada como modelo; haja visto que não existe um plano de utilização de água subterrânea, ou estudo de viabilidade geotécnica, nem mesmo os resíduos sólidos tem uma definição se quer para uma deposição. As ocupações de áreas tanto de elevada ou baixa declividade são exemplarmente favoráveis modificações das condições geológicas locais. (Fig. 19).

Uma vez que o Departamento de Parques e Praças de Curitiba, é um órgão eficaz, competente, tendo contribuído para minimizar o impacto ambiental e melhorar o padrão de vida da população; seria conveniente, que este e os demais órgãos de planejamento utilizassem a geologia como suporte à expansão da urbanização.

Assim sugere-se naturalmente dentro do âmbito do conhecimento geológico, os seguintes vetores de planejamento:

a) Proteção de mananciais: os levantamentos geológicos executados demonstram que as regiões norte e noroeste são as principais fontes de alimentação de aquíferos profundos e os

mais explorados em poços tubulares. Acredita-se que a utilização de água subterrânea terá importância fundamental para o abastecimento de Curitiba nos próximos anos.

É necessário então que as áreas de ocorrência das rochas do embasamento cristalino e caracterizadas como recarga da água subterrânea sejam protegidas. Deve-se desenvolver um controle quanto à instalação de sistemas urbanos e industriais. Seria ideal que a zona norte e noroeste, não fosse habitada e sim reflorestada. Como já existe uma grande aglomeração urbana o importante é não permitir a abertura de novos loteamentos, edificações, industrializações, etc.; assim todas as áreas livres deverão ser reflorestadas.

Afora ser uma zona de mananciais de água, estas regiões ainda desenvolvem elevada declividades, e vulnerabilidade aos processos erosivos, o que justifica ainda mais os reflorestamentos.

Salvo, melhores estudos por agrônomos, engenheiros florestais, fica a sugestão para o reflorestamento de bracatinga (*Mimosa scrabella*) que é facilmente comercializada e ostenta crescimento rápido para seu desenvolvimento e produção.

Na verdade, para que se permita a utilização dessas áreas só para reflorestamento, seus proprietários terão que receber benefícios e incentivos quanto aos impostos e colocação da madeira no mercado.

b) Fontes localizadas

Quanto às outras fontes poluidoras (postos de gasolina, depósitos de ferro velho, indústrias etc.), e que do ponto de vista geológico podem apresentar impactos ambientais localizados, recomenda-se um monitoramento com poços definindo um padrão para cada caso utilizando-se dados piezométricos, onde deve-se constatar periodicamente análises químicas e bacteriológicas da água, variação do nível do lençol freático, análise de pH, condutividade elétrica, e temperatura. Desta forma é possível obter-se um bom controle sobre a vulnerabilidade de poluição dos aquíferos.

Outra sugestão é que, as áreas circunvizinhas a cemitérios sejam protegidos por bosques ou ajardinamentos, com um espaço de no mínimo 100 metros de largura. Deve-se conscientizar a população que se abastece de água subterrânea nas proximidades sobre os riscos de contaminação.

As favelas, devem ser urgentemente urbanizadas proibindo-se o desenvolvimento de fossas sépticas e esgotos a céu aberto, ou que estes sejam devidamente tratados. Igualmente ao caso anterior seria interessante que a água de cacimbas e fontes não fossem utilizadas para abastecimento. Correto mesmo, seria a remoção desta população para outros locais, desenvolvendo conjuntos de habitações populares.

Para estas novas moradias sugere-se uma faixa de ocupação ao longo dos contornos rodoviários Oeste que liga a BR-116 a BR-277. Esta área possui condições ideais de sistema de transportes, acessos rápidos, estão relativamente próximos a núcleos operacionais com excelente oferta de empregos. Além disso são áreas de ocorrências de argilitos da Formação Guabirotuba que

oferece a impermeabilidade ideal para instalações de equipamentos sanitários. (Fig. 34).

As áreas de favelas desativadas deverão ser ocupadas com parques, ajardinamentos ou reflorestadas.

A abertura de novos cemitérios também deve estar condicionada a geologia. Assim é necessário que o subsolo permita uma certa aeração, sem no entanto ter permeabilidade ou transmissividade elevada. Nestes termos algumas áreas do Bairro de Umbará são constituídos de arenitos finos e siltes da Formação Guabirotuba, se enquadrando para estas locações.

Recomenda-se a urbanização de áreas de várzeas já ocupadas, com sistemas de tratamento de esgoto, além do desenvolvimento de estudos geotécnicos, evitando no futuro problemas de acomodação de camadas geológicas. A população deve ser esclarecida sobre os fenômenos geológicos e hidrogeológicos. Naquelas áreas ainda não ocupadas, o correto seria não permitir loteamentos, mas sim desenvolver áreas de lazer e reflorestamentos. Para esse caso também é necessário uma política honesta, onde se questione o direito de posse e uso, para que se compense a limitação de exploração e especulação imobiliária, e haja vantagens em termos de impostos subsidiados.

Exclarecidos que os depósitos de lixo do município estão locados em áreas impróprias, mesmo que estes sejam desativados, o "chorume" produzido percolará o solo e subsolo, por muito tempo. Para estes uma solução viável é monitorizar periodicamente nos eixos de direção do fluxo, através de coleta de água e líquidos percolantes e proceder a análise química, pH e condutividade e de

temperatura. Os poços de captação ou locais de coleta de amostras devem situar-se em várias posições com distanciamento em progressão aritmética em relação a fonte poluidora. Certamente o monitoramento proposto é o mais viável para a situação atual.

Através de informações verbais, soube-se que a Prefeitura Municipal de Curitiba deverá concentrar a deposição dos resíduos sólidos em uma outra área do município e que não está urbanizada no momento. É justamente para localidades como esta, cujos órgãos municipais estão pretendendo, que a técnica geofísico/geológica é imprescindível. Os levantamentos geofísicos auxiliarão nos estudos sobre a hidrogeologia e contatos geológicos que associados a um mapeamento geológico detalhado e sondagens diretas fornecerão dados de:

- espessura de camadas;
- constituição litológica;
- transmissividade;
- estruturas geológicas e zonas de permeabilidade;
- sistemas de aquíferos;
- profundidade do lençol freático; e
- direções de fluxo da água.

Para tanto efetuou-se mapeamento geológico detalhado, levantamento gravimétrico e de refração sísmica (Tabela 9) que em caráter preliminar já é possível sugerir uma zona favorável a implantação dos aterros sanitários e depósitos de resíduos sólidos de Curitiba.

Este local, foi determinado visando-se os seguintes parâmetros:

- área não urbanizada;

Tabela 9 - Resultados predominantes de refração sísmica (veloc. km/s).

I		II		III	
Solo	0,4-0,6	Solo	0,8-1,0	Solo	1,0-1,2
Sedimentos Formação Guabirotuba	1,6-0,6	Sedimentos inconsolidados	1,0-1,2		
Migmatito alterado	2,5	Migmatito alterado	2,5-3,0	Migmatito alterado	2,2-3,0
Migmatito	4,5-6,0	Migmatito	4,5-6,0	Migmatito	4,3-6,0

I - Áreas de ocorrência da Formação Guabirotuba

II - Áreas de ocorrência de aluviões

III - Áreas de ocorrência de migmatitos.

Tabela 10 - Acidentes ambientais*

DATA	LOCAL	FONTE	PRODUTO	QUANTIDADE	CAUSA
07-05-84	São Paulo	Posto gasolina	gasolina	não estimada	corrosão em tanque de armazenamento
07-09-84	Cubatão	Duto	gasolina	não estimada	corrosão na linha
15-12-84	São Paulo	n.identificada	organoclorados	não estimada	lançamento de tambores em terrenos baldios
25-01-85	Cubatão	Duto	amonia	15 m ³	rompimento de linha devido movimentação do solo
28-07-85	São Paulo	Indústria	iodo	5 m ³	corrosão em tambores de armazenamento
01-08-85	São Paulo	n.identificada	prod.quím.div.	não estimada	lançamento de resíduos em terrenos baldios
15-10-85	Cajamar	n.identificada	prod.quím.div.	não estimada	lançamento clandestino de tambores
15-01-86	Barueri	Indústria	ácido clorídrico	9 m ³	rompimento de tanque de armazenamento
18-02-86	São Paulo	n.identificada	n.identificado	não estimada	presença de gases na rede de esgoto de residências
12-05-86	S. André	Posto gasolina	gasolina	não estimada	transbordamento de tanque de armazenamento
03-07-86	São Paulo	n.identificada	prod.quím.div.	9 m ³	lançamento clandestino de tambores
04-08-86	C. Jordão	Indústria	asfalto	não estimada	não apurada
25-08-86	São Paulo	n.identificada	gasolina	não estimada	infiltração de produtos em galeria da TELES
26-12-86	Lavrinhas	Fenomeno nat.	-	-	deslizamento de encosta de serra
25-02-87	Osasco	n.identificada	n.identificado	não estimada	presença de odor de gás em residências
29-05-87	São Paulo	n.identificada	n.identificado	não estimada	presença de gases em residências de Itaquer
25-06-87	Osasco	n.identificada	gasolina	não estimada	infiltração de gasolina em poço de residência
16-07-87	Caragatat.	n.identificada	agrotóxicos	200 kg	lançamento clandestino em rodovia
03-08-87	São Paulo	n.identificada	n.identificado	não estimada	presença de gases em poço de terreno em construção
19-08-87	São Paulo	n.identificada	n.identificado	não estimada	presença de odor de gases em residências
31-08-87	São Paulo	n.identificada	n.identificado	não estimada	presença de residuo oleoso em poço de sondagem
11-12-87	São Paulo	n.identificada	n.identificado	não estimada	formação de gases em residências
29-04-87	São Paulo	outras	metano	não estimada	infiltração de gas do Aterro Jacui em residências
02-05-88	S. Sebastião	Duto	petróleo	1000 m ³	movimentação do solo gerando rompimento de linha
02-05-88	São Paulo	outras	metano	não estimada	explosão em residências devido infiltração de gas (aterro)
14-05-88	São Paulo	outras	metano	não estimada	explosão em residências devido infiltração de gas (aterro)
26-07-88	São Paulo	Posto gasolina	gasolina	não estimada	odor de gasolina em galeria de águas pluviais
09-08-88	São Paulo	n.identificada	n.identificado	não estimada	odor de gas em residências (esgoto).

(*) Fonte: CETESB - GOE/DAEM (agosto de 1988).

- área sem cobertura vegetal de grande porte;
- espessura de formação rochosa impermeável superior a 10 metros;
- horizontalidade do terreno;
- aquíferos situados a profundidades superiores a 15 metros;
- impossibilidade de alimentação de aquíferos e rios por estruturas geológicas.

Conclui-se assim que a região ideal para implantação é a do Bairro de Tatuquara. Ali o embasamento cristalino encontra-se a uma profundidade superior a 15 metros; chegando a 23 metros em alguns pontos. Há, portanto uma espessa camada de sedimentos argilosos da Formação Guabirotuba, impermeabilizando os recursos hídricos subterrâneos. Outro fato considerado é o da horizontalidade do terreno. Outras áreas promovem boas espessuras de rochas impermeáveis porém a declividade é maior do que no Bairro Tatuquara, o que poderia em alguns casos, originar erosões, deslizamentos, etc. colocando em risco a estabilidade dos aterros sanitários. Favorece ainda esta recomendação por ser uma área encravada na CIC de modo que sua poluição atmosférica não seria anômala em relação a já existente na região, devido as indústrias como: PETROBRÁS, ULTRAFÉRTIL, etc. (Figs. 11 e 34).

Os propósitos desta pesquisa ^é recomendar e sugerir a utilização do solo para o município de Curitiba; entretanto, a configuração geológica de sua área não tem como limites as demarcações de propriedades privadas, bairros ou municípios; de modo a alertar-se aos diversos órgãos e governantes que os problemas transcendem as divisas perimetrais ou municipais, sendo necessário um plano geológico / hidrogeológico global, caracterizando a Região Metropolitana de Curitiba.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABGE. 1980. Aspectos geológicos e geotécnicos da bacia sedimentar de São Paulo. São Paulo. 190p.
- AB'SABER, A.N. 1960. Notas a respeito do sítio urbano de Curitiba. Geomorfologia, São Paulo (3): 1-7.
- ALGARTE, J.P. et alii. 1974. Projeto Sudeste do Estado de São Paulo. São Paulo, DNPM/CPRM. 205p. Relatório geológico integrado. (inédito).
- ALMEIDA, F.F.M. 1956. Novas ocorrências de fósseis no Pré-Cambriano brasileiro. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 28 (4):44-5.
- ASMUS, H.E. & FERRARI, A.L. 1978. Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na região sudeste do Brasil. Projeto Remac. Rio de Janeiro, 4:75-88.
- BATOLLA, JR. et alii. 1977. Geologia da folha de Curitiba. (Inédito).
- BECKERT, R.D. 1982. Distribuição dos sedimentos cenozóicos na Região Metropolitana de Curitiba. Porto Alegre, 237p. Tese de doutoramento, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BIGARELLA, J.J. 1947. Estudos preliminares na Série Açungui, I. Brecha calcária de Toquinhas. Arquivos de Biologia e Tecnologia. Curitiba, 2:41-61.
- _____. 1948. Estudos preliminares na Série Açungui. II. Rochas calcáreas. Arquivos de Biologia e Tecnologia. Curitiba, 3: 201-354.
- _____. & SALAMUNI, R. 1956. Estudos preliminares na Série Açungui. VII. Algumas estruturas singenéticas nos dolomitos da Formação Capiçu. Arquivos de Biologia e Tecnologia. Curitiba, 11:197 - 205.
- _____. & _____. 1958. Estudos preliminares na Série Açungui. VIII. A Formação Votuverava. Boletim do Instituto de História Natural. Curitiba, 2:1-6.
- _____. & _____. 1959. Contribuição à geologia da região sul da Série Açungui (Estado do Paraná). Anais da Associação dos Geógrafos Brasileiros. São Paulo, 11(1):63-80.
- _____. & _____. 1959. Notas complementares à planta geológica da cidade de Curitiba e arredores. Boletim do Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas, Curitiba 40:1-14.
- _____. 1959. Planta geológica provisória de partes dos municípios de Rio Branco do Sul, Bocaiuva do Sul, Almirante Tamandare e Colombo. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, Instituto de Geologia.

- BIGARELLA, J.J. & SALAMUNI, R. 1962. Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba. Boletim da Universidade Federal do Paraná. Geologia. Curitiba, (7):1-164.
- _____. & AB'SABER, A.N. 1964. Palaeogeographische und palaeoklimatische aspekte des kaenozikums in Suedbrasilien. Zeitschrift fuer Geomorphologie, Berlin, 8(3):286-312.
- _____. & ANDRADE, G.O. 1964. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). Arquivos do Instituto de Ciências da Terra. Recife. 2:2-14.
- _____.; MOUSINHO, M.R.; SILVA, J.X. 1965. Pediplanos sedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. Boletim Paranaense de Geografia. Curitiba, (16/17): 117-151.
- _____.; _____.; _____. 1965. Processes and environments of the Brazilian Quaternary. Curitiba, Universidade do Paraná. 71p.
- _____.; ANDRADE-LIMA, D. RIEHS, P.J. 1975. Considerações a respeito das mudanças paleoambientais na distribuição de algumas espécies vegetais e animais no Brasil. Anais da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, 47 (Suplemento): 411-64.
- _____. 1978. A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná. Um problema de segurança ambiental e nacional; contribuição à geografia, geologia e ecologia regional. Curitiba, Secretaria do Planejamento do Estado do Paraná; Associação de Defesa e Educação Ambiental. 249p.
- BROWN. JR., R.D. & KOCKELMAN, W.J. 1986. Geologic for a prudent land use: a decisionmaker's responsibility. Envir Geol. Water Sci. 8(4):173-4.
- CETESB / CADAC. 1988. Banco de dados de acidentes ambientais. São Paulo, n.p.
- CIC, 1988. Condomínio Industrial da CIC. Curitiba, n.p.
- CLEARY, R.W. 1981. Groundwater pollution analysis: principles and practica. São Paulo. Instituto de Geociências; USP, n.p.
- CLÓVIS, J.; GONÇALVES, A.R.L.; MENDES, J.M.B. & GIUSTI, D.A. 1982. A tentative method, of correlation between electrical resistivity of sediments and pollution levels. International Symposium on Applied Geophysical in Tropical Regions, Belém, n.p.
- COLE, J.A. 1974. Groundwater pollution in Europe. Port Washington Water Information Center, New York, 248p.
- COMEC / DEE, 1985. Dados básicos da Região Metropolitana de Curitiba. Curitiba, 274p.

- CORDANI, U.G. & BITTENCOURT, I. 1967. Determinações de idade de potássio-argônio em rochas do Grupo Açungui. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 21. Curitiba, 1967. Anais. São Paulo, SBG. p. 218-33.
- _____. & KAWASHITA, K. 1971. Estudo geocronológico, pelo método Rb-Sr, de rochas graníticas intrusivas no Grupo Açungui. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo, 1971. Anais. São Paulo, SBG, v.1, p.105-10.
- COUTINHO, J.M.V. 1955. Lantanita de Curitiba, Paraná. Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo. Mineralogia. São Paulo, 13:119-26.
- CURITIBA. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. 1988. Aspectos ambientais de Curitiba. 67p.
- CURITIBA. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. 1988. Legislação municipal básica. Curitiba, n.p.
- DEUTSCH, N. 1963. Groundwater contamination and legal controls in Michigan. U.S.G.S. Water Supply Paper (1691):1-79.
- DUARTE, U. 1980. Geologia ambiental da área de São Pedro, SP. Vetor águas subterrâneas. Tese de doutoramento apresentado ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.
- ELLERT, N. 1973. Aplicação de eletrorresistividade em sedimentos paleozóicos e mesozóicos do Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Geociências, 3:35-46.
- _____. & SANCHES, W. 1982. Detecção de zonas de fuga d'água em reservatórios, utilizando técnicas geofísicas (Potencial Espontâneo). Boletim do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 13:115-124.
- _____. et alii (no prelo). Levantamento geofísico em áreas utilizadas para depósitos de lixo, localizadas na bacia hidrográfica do Passaúna, Curitiba.
- EMBRICH, H.H. & MERRITT, G.L. 1969. Effects of mine drainage on groundwater. Groundwater, 7(3):27-33.
- FUCK, R.A.; MARINI, O.J.; TREIN, E. 1967. Contribuição ao estudo das rochas graníticas do Estado do Paraná. In: BIGARELLA, J.J. et alii. Geologia do Pré-devoniano e intrusivas subsequentes da porção oriental do Estado do Paraná. Boletim Paranaense de Geociências, Curitiba (23/25): 183-219.
- _____. TREIN, E.; MARINI, O.J. 1967. Geologia e petrografia dos migmatitos do Paraná. In: BIGARELLA, J.J. et alii. Geologia do Pré-devoniano e intrusivas subsequentes da porção oriental do Estado do Paraná. Boletim Paranaense de Geociências, Curitiba (23/25): 5-41.

- FUCK, R.A.; et alii. 1971. Geologia do leste paranaense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA 25. São Paulo, 1971. Boletim especial. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia. p. 191.
- FYFE, W.S. & TURNER, F.J. 1966. Reappraisal of the metamorphic facies; concept. Contributions to mineralogy and Petrology, Berlin, 12:354-64.
- GEMAEL, C. & DOUBEK, A. 1975. Levantamento gravimétrico do município de Curitiba. Boletim da Universidade Federal do Paraná. Geodésia (17): 11-12.
- GERAGHTY, J.J. 1980. Methods of contaminated groundwater. Annapolis. Geraghty & Miller, Maryland.
- GIUSTI, D.A.; ELLERT, N.; PENTEADO, R.A. 1983. Prospeção geofísica para água subterrânea, no município de Itaquí (RS). III. Encontro Nacional das Perfuradoras de Poços. Curitiba. p.37-40.
- GRIFFITHS, D.H. & KING, R.F. 1972. Geofísica aplicada para ingenieros y geólogos Madrid, Ed. Paraninfo. 213 p.
- GRUBB, H.P. 1962. Acid pollution of a pleistocene outwash aquifer. Groundwater, 8(5).
- HARR, N.R. 1962. Groundwater and seepage. New York. McGraw-Hill.
- HASUI, Y.; GIMENEZ, A.F.; MELO, M.S. de. 1978. Sobre as bacias tafrogenicas do sudeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife. Anais. São Paulo, SBG.
- INGLIS, J.; MATISOFF, G.; KELLY, W. 1986. Pollution transport in a shallow unconfined aquifer in Perry, Ohio. Environ. Geol. Sci., 8(4):237-45.
- IPPUC, 1984/85. Plano Municipal de Desenvolvimento Urbano. Curitiba. 150p.
- JUNG, J. & ROQUES, M. 1952. Introduction à l'étude zonéographique des formations cristallophylliennes. Bulletin du Service de la Carte Géologique de France. Paris, 50:1-62.
- KELLER, G.V. & FRISCHKNECHT, F.C. 1966. Electrical methods in geophysical prospecting. London, Pergamon.
- KIMMEL, G.E. & BRAIDS, O.C. 1974. Leachate plumes in a highly permeable aquifer. Groundwater.
- LAUDERBAUGH, A.B. 1950. Fundamentals of galvanic corrosion. New York. American Gas Association, 13p.

- LEINZ, V. 1955. Água subterrânea na bacia de São Paulo. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia. São Paulo, 4(2):5-22, 11.
- LOPES, J.A.U. 1966. Nota explicativa da folha geológica de Curitiba. Boletim da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, (20): 1-20.
- LUZ, F.X.R. 1986. Limpeza Pública: acondicionamento, transporte e destinação final de resíduos sólidos urbanos. In: SIMPÓSIO ESTADUAL LIXO URBANO, 1, Curitiba. Anais, SUREHMA. p.71-90.
- MAACK, R. 1947. Breves notícias sobre a geologia dos estados do Paraná e Santa Catarina. Arquivos de Biologia e Tecnologia, Curitiba, 2:99-200.
- _____. 1961. Sobre a ocorrência de granitos alcalinos no Estado do Paraná. Boletim da Universidade Federal do Paraná. Geologia, Curitiba (4):1-52.
- _____. 1968. Geografia física do Estado do Paraná. Curitiba, BADEP/UFPr./IBPT, 329p.
- MARINI, O.J. 1970. Geologia da folha de Rio Branco do Sul (PR). Rio Claro, 1970. 190p. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro.
- _____. et alii. 1967. O Grupo Açungui no Estado do Paraná. In: BIGARELLA, J.J. et alii. Geologia do Pré-devoniano e intrusivas subsequentes. Boletim Paranaense de Geociências, Curitiba (23/25):43-103.
- MILLER, D.W. 1980. Waste disposal effects on groundwater. New York Premier Press.
- MURATORI, A. 1966. Nota explicativa da folha geológica de Campo Largo. Boletim da Universidade Federal do Paraná. Geologia, Curitiba (21): 1-29.
- _____. GIUSTI, D.A.; CANALLI, N.E. 1982. Interpretação gravimétrica preliminar da configuração topográfica do embasamento cristalino, no município de Curitiba-Pr. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32. Salvador. Anais (3): 1756-80.
- NETTLETON, L.L. 1940. Geophysical prospecting for oil. New York, McGraw-Hill.
- OLIVEIRA, A.I. & LEONARDOS, O.H. 1943. Geologia do Brasil. 2 ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 813 p.
- OLIVEIRA, E.P. 1925. Mapa geológico do Estado do Paraná. Rio de Janeiro, Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil. Escala 1:1.000.000.

- OMORIMBOLA, E.O. 1983. Shallow seismic investigation for location and evaluation of groundwater reserves in the weathered mantles of de basement complex in southestem, Nigeria. Geoexploration. Amsterdam, 21:73-87.
- PACHECO, A. 1986. Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento. Revista do SPAM. SP(17):25-31.
- PARASNIS, D. S. 1970. Princípios de geofísica aplicada. Madrid Paraninfo.
- POPP, J.H. ; ANGULO, R.J.; BIGARELLA, J.J. 1979. Região Metropolitana de Curitiba; recursos naturais: Ouro Fino. Curitiba, COMEC, 30p.
- PRANDINI, F.L. 1976. O Brasil e a geologia no planejamento territorial e urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro, p.115-136.
- _____. & OLIVEIRA, A.M.S. 1978. Problemas do uso racional do meio físico. SIMPÓSIO NACIONAL DE ECOLOGIA. Curitiba, p.3-9.
- PRICE, D. 1967. Rate and extent of migration of a "one shot" contaminant in an alluvial aquifer in Kaiser, Oregon. U.S.G.S. Prof. Paper, (575-B): 217-220.
- RABER, E.; CARPENTER, D.W. 1963. An evaluation of the hidrogeology and groundwater, chemistry associated with landifills at LL nLS site 300. California, Lawrence Livermore National Laboratory.
- REICHERT, S.O. 1962. Radionuclides in groundwater at the Savannah River plant wate disposal facilites. Journal of Geophysical Research, 67(11):4363-74.
- SALAMUNI, R. 1980. Hidrologia da Região Metropolitana de Curitiba. Curitiba. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA. p.372-89.
- SILVA, A.B.; CUSTÓDIO, E.; CRUZ, W.B. 1982. Hidrogeoquímica de um aquífero cârstico em Minas Gerais, Brasil. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO de geologia, 5. Tema I. Buenos Aires, p.585.
- SPELLER, F.N. 1951. Corrosion - causes and prevention. New York. McGraw-Hill.
- SUGUIO, K. & BIGARELLA, J.J. 1979. Ambiente fluvial. Curitiba, Editora da Universidade Federal do Paraná; Associação de Defesa e Educação Ambiental, 183p.
- _____; COIMBRA, A.N. CATTO, A.J. 1972. Estudo comparativo dos sedimentos e rochas cristalinas circundantes da bacia de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26. Belém. Anais, SBG, 1:141-52.
- _____; FULFARO, V.J.; COUTINHO, J.M.V. 1971. Tipos de contatos e estruturas sedimentares associadas da bacia de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo. Anais, São Paulo, SBG, p.215-18.

- SERVICE DE LA CARTE GEOLOGIQUE D'ALSACE ET DE LORRAINE. 197 .
Qualité des eaux de la nappe phréatique d'Alsace; Carte des
pollutions constatées. Strasbourg, 7p.
- SUREHMA, 1976. Dados pluviométricos da rede básica do Estado do
Paraná. Curitiba, Secretaria de Estado do Interior. 388p.
- STEWART, M.T. 1980. Gravity survey of a deep buried valley.
Groundwater. 18(1).
- SWEET, H.R. & PETROW, R.H. 1975. Groundwater pollution by wood,
waste disposal. Groundwater, 13(2): 227-31.
- SZIKSZAY, N.; REBOUCAS, A.C. ELLERT, N. 1976. Aspectos geoquí-
micos das águas subterrâneas da região de Bertioga. (SP).
Revista Brasileira de Geociências, 6:137.
- TALTASSE, P.R. 1971. Mapa de vulnerabilidade à poluição dos len-
çóis aquíferos do município de Campinas, (Est. São Paulo), esca-
la 1:25.000 - Nota explicativa. Instituto de Geociências da
Universidade de São Paulo, publicação avulsa. (1):12 p.
- TODD, D.K. 1960. Groundwater Hydrology. New York, S. Wiley.
- TREIN, E. 1967. Geologia da folha de Contenda. Boletim da Uni-
versidade Federal do Paraná. Geologia. Curitiba, (27):1-31.
- TURNER, F.J. & VERHOOGEN, J. 1963. Petrologia ignea y metamórfica
2.ed. Barcelona, Omega, 726p.
- WALKER, W.H. 1973. Groundwater nitrate pollution in rural areas.
Groundwater, 11(5).
- WILLIAMS, D.E. & WILBER, D.G. 1971. Gasoline pollution of a
groundwater reservoir. Groundwater, 9(6).
- WINKLER, H.G.F. 1967. Petrogenesis of metamorphic rocks. Berlin,
Springer, 220p.