

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MARLISE DA CRUZ

ESTUDO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA ÁREA URBANA DE CASCAVEL-PR.
FUNDAMENTOS PARA SUA OUTORGA E GESTÃO SUSTENTÁVEL

FLORIANÓPOLIS
2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MARLISE DA CRUZ

ESTUDO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA ÁREA URBANA DE CASCAVEL- PR.
FUNDAMENTOS PARA SUA OUTORGA E GESTÃO SUSTENTÁVEL

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA COMO
REQUISITO PARCIAL À OBTENÇÃO
DO TÍTULO DE MESTRE EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO,
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA
CATARINA.**

**Orientador: Prof. João Helvio Righi de
Oliveira, Dr.**

FLORIANÓPOLIS
2005

C963a Cruz, Marlise da.
Estudo das Águas Subterrâneas da Área Urbana de
Cascavel – PR. Fundamentos para sua Outorga e Gestão Sustentável / Marlise da
Cruz.-- Florianópolis: UFSC, 2005.

p.

Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

1. Aquífero Serra Geral. 2. Poços Tubulares Profundos. 3. Água Potável na
Área Urbana. 4. Exploração Sustentável. 5. Águas Subterrâneas. I. Título.

CDD 333.7098162
333.91098162
551.49098162

Bibliotecária - Hebe Negrão de Jimenez – CRB 101/9

TERMO DE APROVAÇÃO**MARLISE DA CRUZ****ESTUDO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA ÁREA URBANA DE CASCAVEL-PR.
FUNDAMENTOS PARA SUA OUTORGA E GESTÃO SUSTENTÁVEL**

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, pela seguinte banca examinadora:

Florianópolis, 02 de setembro de 2005.

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.

Coordenador do Programa

BANCA EXAMINADORA

Prof. João Hélio Righi de Oliveira, Dr.

Orientador

Prof Paulo Roberto C. Nogueira, Dr.

Prof. Luis Felipe Dias Lopes, Dr.

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação ao meu companheiro Roberto, aos meus queridos e amados pais Miguel e Adelaide, meus filhos Marlise Andréa e ao Mario Junior, pela compreensão e carinho que sempre me dedicaram, nos momentos em que me mais precisei.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a pátria, pela oportunidade que tenho recebido em minha vida, de ter o privilégio de conviver com pessoas maravilhosas como meus familiares, mestres, amigos, ao Professor João Helvio Righi de Oliveira, Dr., ao Dr. Carlos Gilberto Fraga, pela colaboração, dedicação e carinho, nunca medindo esforços, para passar seus conhecimentos e prática de vida, em todos os momentos que precisei. Ao Adelar, Arlete, a professora Irene, sem o carinho e atenção de todos, sei que a minha travessia neste universo seria muito mais difícil.

RESUMO

CRUZ, Marlise. **ESTUDO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA ÁREA URBANA DE CASCAVEL – PR. FUNDAMENTOS PARA SUA OUTORGA E GESTÃO SUSTENTÁVEL.** Florianópolis 2005. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC.

O Estado do Paraná é rico em recursos naturais. Infelizmente, o processo de crescimento econômico e a ocupação do Estado foram conduzidos (com raras exceções) sem qualquer preocupação com a preservação de seus recursos naturais. A expansão demográfica desenfreada das últimas duas décadas produziu um forte impacto em toda a região do extremo oeste do Paraná. A cidade de Cascavel, seu principal pólo de desenvolvimento, é o centro urbano que mais sofre com isso. Com o constante e gradativo aumento do custo da água tratada e a perspectiva de seu racionamento e falta, a perfuração de poços tubulares profundos cresceu muito na área urbana de Cascavel. Estima-se que já foram perfurados nela mais de 350 poços. Em outras cidades do Estado a situação não é diferente. O que preocupa e chama atenção é que a perfuração de poços tende a crescer desordenada e indiscriminadamente, haja vista que a exploração da água subterrânea, uma fonte alternativa, que tem na potabilidade sua principal característica, é muito mais eficiente e econômica. É na ciência deste argumento que, objetivamente, este estudo foi desenvolvido. A idéia da exploração da água subterrânea, como alternativa de abastecimento, é correta e, diante do custo cada vez mais proibitivo da água, se justifica. Em que pese o fato apontado, é fundamental esclarecer ao Poder Público, que a falta de controle e a exploração indiscriminada deste manancial irão colocar em risco o seu futuro, indiscutível e necessário aproveitamento. Dentro do atual cenário, em face da extensa área de ocorrência e potencialidade hidráulica, o aquífero Serra Geral, essencialmente formado pelas rochas vulcânicas da bacia do Paraná, é a unidade hidrogeológica que mais tem sido explorada no Estado do Paraná.

Palavras chaves: aquífero Serra Geral; poços tubulares profundos; água potável na área urbana; exploração sustentável; águas subterrâneas.

ABSTRACT

CRUZ, Marlise. **ESTUDO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA ÁREA URBANA DE CASCAVEL – PR. FUNDAMENTOS PARA SUA OUTORGA E GESTÃO SUSTENTÁVEL.** Florianópolis 2005. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC.

The Parana State is rich in natural resources. Unfortunately, the process of economic growing and the occupation of the State were conducted (with rare exceptions) without any preoccupation about the preservation of its natural resources. The fast demographic expansion from the last decades made a strong impact in all extreme West Parana region. Cascavel city, its main growing pole, is the urban center that more suffer with this. With the constant and gradative growing of treated water cost and with the perspective of its rationing and lack, the perfuration of deep tubulares plashes grewed a lot in Cascavel urban area. It's estimated that were perfurated in the city more than 350 plashes. In others cities from the State the situation is not different. What preoccupates and calls attention is that the perfuration of plashes tends to grow disordered and indiscriminately, because the exploration of subterraneous water, an alternative source, has in the potability its main characteristic, is much more efficient and economic. It's on Science of this argument that, this study was developed. The idea of exploration o subterraneous water, as alternative of provisioning, is correct, and with the cost more and nore prohibitive, from the water is justified. Considering this fact, is fundamental to elucidate to the Public Power that the lack of control and the indiscriminate exploration of this manantial will put in risk its future, incontrovertible and necessary potentiability, the Serra Geral aquiferous, mainly formed by volcanic stones of Parana basin, is the hidrogeologic unity that is more been explored in the Parana State.

Key words: Serra Geral aquiferous, deep tubulares plashes, potable water in the urban area, sustentable exploration, subterraneous waters.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO	12
1.2 Problema.....	14
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Objetivo Geral	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
1.4 Delimitação da pesquisa	17
1.5 Justificativa.....	17
1.6 Estrutura do trabalho	18
CAPÍTULO 2 - ROTEIRO METODOLÓGICO	20
CAPÍTULO 3 - SÍNTESE HIDROMETEOROLÓGICA	23
3.1 Elementos Físico-Climáticos	23
3.1.1 Ventos	24
3.1.2 Temperatura.....	27
3.1.3 Pluviometria.....	30
3.1.4 Evapotranspiração Potencial.....	31
3.1.5 Balanço Hídrico	32
3.1.6 Clima	34
3.2 Elementos Geomorfológicos	35
3.2.1 Relevo	35
3.2.2 Hidrografia.....	38
3.3 Geologia regional	39
3.4 Formação Serra Geral.....	42
3.5 Hidrogeologia	46
3.5.1 Conceituação Física do Aquífero Serra Geral.....	46

CAPÍTULO 4 – INTERPRETAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS POÇOS CADASTRADOS	53
4.1 Hidrogeoquímica	62
4.1.1 Generalidades	62
4.2 - Interpretação dos Resultados	63
4.3 Proposta para Gestão Sustentável do Manancial	67
4.3.1 Diretrizes para a preservação do manancial subterrâneo	67
4.4 Procedimentos para o uso Racional e Sustentável das Águas Subterrâneas de Cascavel	67
CAPITULO 5 - CONCLUSÕES	70
5.1 Recomendações para trabalhos futuros.....	74
6 REFERÊNCIAS	75
ANEXOS	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Mapa de situação da área de estudo: densidade de poços e fontes cadastradas na área urbana de cascavel.....	72
Figura 02: Centro de ação das massas de ar.....	25
Figura 03: Mapa de isotermas médias anuais da região do terceiro planalto paranaense.....	29
Figura 04: Mapa de isoietas médias anuais da região do terceiro planalto paranaense.....	33
Figura 05: Esboço esquemático das principais linhas orográficas do terceiro planalto paranaense.....	37
Figura 06: Mapa do sistema hidrográfico do terceiro planalto paranaense – bacia do rio paraná.....	38
Figura 07: Bacias intracratônicas do brasil.....	41
Figura 08: Esboço geológico simplificado do estado do paraná.....	43
Figura 09: Bacia do paraná – eixos e áreas de maior deposição nas formações pr-lavas e formação serra geral.....	44
Figura 10: Curva acumulada de probabilidade logarítmo normal da capacidade específica – serra geral norte e serra geral sul.....	48
Figura 11: Detalhes do condicionamento geoestrutural de dois derrames basálticos.....	50
Figura 12: Detalhe da porção superficial do derrame basáltico inferior.....	51
Figura 13: Detalhe dos fragmentos de basalto vesículo-amigdaloidal.....	52
Figura 14: Curva acumulada e histograma de freqüência das profundidades das entradas de água dos poços da área urbana de cascavel.....	57
Figura 15: Curva acumulada e histograma de freqüência da capacidade específica dos poços da área urbana de cascavel.....	58
Figura 16: Curva acumulada e histograma de freqüência da capacidade específica dos poços da área urbana de cascavel onde foram observados mais de um horizonte com gua.....	59
Figura 17: Correlação dos perfis litológicos – aqüífero serra geral.....	61
Figura 18: Classificação química das águas do aqüífero serra geral na área urbana de cascavel.....	65
Figura 19: Modelo de ocorrência e circulação da água subterrânea na área de cascavel.....	73

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A história da relação do homem com a natureza sempre foi marcada por fatos que originaram conflitos e contradições. Por muitos séculos, contudo, essa relação manteve-se toleravelmente dentro dos limites da qualidade ambiental. Em outras palavras, o processo de regeneração dos ecossistemas e/ou de metabolização dos poluentes superava a taxa de poluição produzida pelo homem. Com o início do período da Revolução Industrial, a partir do século XIX, a história modificou-se muito. Os meios de produção, até então dispersos, e baseados na produção individual, passaram a se concentrar em grandes fábricas e parques industriais. Um novo cenário surgia e, com ele, começava a ocorrer, junto com as profundas transformações sociais e econômicas, um desmedido ciclo de degradação ambiental. Hoje, consciente ou inconscientemente, os impactos antropogênicos estão alterando a composição química da atmosfera e originando o indesejável “efeito estufa” planetário. Os cientistas advertem que, com a revolução tecnológica, a atividade humana está definitivamente influenciando na evolução natural do Planeta.

No cenário dos impactos antropogênicos, a cidade, com suas diferentes áreas de assentamento, obras e ambientes edificados, embora constitua o centro das decisões humanas e represente para o homem mais do que um aglomerado urbano é o que mais preocupa e ambientalmente chama atenção. Nela o homem gera e está exposto, pelo contínuo processo de urbanização e de industrialização, a toda a sorte de impactos e agressões. Com o surgimento das cidades, a relação do homem com a natureza, verdadeiramente, jamais foi a mesma.

Uma das agressões mais nefastas do crescimento urbano desordenado é, sem dúvida, a contaminação dos recursos hídricos. Os rios, por exemplo, são constantemente transformados e, muitas vezes, perdendo suas características naturais, deixam de existir. A origem disso são as deficiências nos sistemas de esgotamento sanitários, o acúmulo de lixo, a ocupação de áreas de risco (encostas topográficas), a favelização em áreas marginais aos rios, os desmatamentos, os aterros, as canalizações, os desvios de cursos d'água e a pavimentação das bacias de drenagem que freqüentemente ocorre sem critério científico. As águas subterrâneas, embora estejam relativamente mais bem protegidas, começam a

sofrer também os impactos produzidos pelas atividades industriais, agrícolas e pela carga de esgoto originada nos meios urbanos.

O que mais agrava o atual quadro de degradação é que a população urbana cresceu muita neste último século. Hoje a maior parte dos seis bilhões de habitantes da Terra vive em áreas urbanas. E é justamente nos países mais pobres que essa concentração se manifesta e se concentra cada vez mais. Dez das doze maiores cidades do mundo se localizam na América Latina e são exemplos de uma urbanização rápida e desordenada. No Brasil a situação não é diferente, 80% da população de 22 regiões metropolitanas (sobrevive) no meio urbano. É fácil de imaginar que onde não há infra-estrutura adequada e equilíbrio de renda, o cartão postal das cidades é o arranha-céu de um lado e a choupana do outro. Dentro desse cenário será que não há exagero no sentido que se quer dar as questões apontadas anteriormente? Se for considerado que numa cidade o espaço físico é permanentemente modificado, e que existe, inevitavelmente, entre o crescimento urbano e a degradação ambiental, uma rígida relação de causa e efeito, a resposta às questões formuladas só pode ser afirmativa. As drásticas transformações originadas no meio urbano e seus efeitos comprovam isso. Hoje, por exemplo, nos países do Terceiro Mundo, é quase impossível dar solução para a multiplicidade dos problemas originados no meio urbano. A especulação imobiliária, o crescimento industrial descontextualizado do meio físico e a favelização em áreas marginais aos rios são fatos que comprovam isso. Até quando o crescimento urbano vai continuar se desenvolvendo assim? O que impede que os recursos tecnológicos e a engenharia das medidas mitigadoras sejam aplicados?

Forçosamente, em um cenário desse gênero, é fácil de entender que a natureza vai sendo aos pouco apropriada e transformada pelo homem. Os espaços diminuem, a solução para os problemas de degradação ambiental e a busca pela qualidade de vida começam a exigir mais inteligência, visão e um profundo planejamento urbano. A experiência tem demonstrado que a solução só é alcançada quando a bacia hidrográfica é definida como uma unidade macroeconômica de planejamento e de gestão ambiental. É só assim que é assegurada a racionalização dos diversos usos e interesses pelo solo, pela água, e preservada a qualidade de vida e o bem-estar da população.

1.2 Problema

O crescimento urbano é reflexo da prosperidade e do desenvolvimento sócio-econômico de uma região. A Região Oeste do Paraná com sua geografia privilegiada (clima, relevo e solo) cresceu muito nestas últimas três décadas e inicia, assim, seu irreversível processo de metropolização. A cidade de Cascavel é sinônimo disso e seu principal pólo de atração. Em apenas um quarto de século surgiu o Eixo Industrial Cascavel-Foz do Iguaçu e, infelizmente, com a expansão urbana, os nefastos efeitos da degradação ambiental e os conflitos da política de uso e de ocupação do solo.

A cidade de Cascavel está localizada numa região topograficamente muito elevada. No eixo da avenida Brasil existem cotas altimétricas localizadas a mais de 750m acima do nível do mar. Grande parte do eixo desta avenida coincide com o divisor de águas das bacias do Iguaçu, ao sul, do Piquiri, ao norte e do Paraná, ao oeste (Anexo 1). É fácil de compreender que, dentro desse cenário, os recursos de águas superficiais são limitados. Em face desta concepção, a história tem demonstrado que nos períodos de estiagem mais prolongada a situação do abastecimento d'água da cidade se agrava e já correu o risco de ser interrompida por mais de uma vez. Os planos de ações emergenciais desenvolvidos pela SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná ilustram muito bem isso. Se o número de poços tubulares profundos perfurados pela iniciativa privada não se multiplicasse dia-a-dia, a situação seria mais grave. Dezenas de condomínios de edifícios, postos de combustíveis, hotéis e indústrias, lavanderias, hospitais e estabelecimento de ensino, têm, hoje, na exploração da água subterrânea, alternativamente, sua fonte de abastecimento de água potável e mais barata.

Além dos fatos apontados, dois fatores agravam ainda mais a realidade da oferta, do tratamento e da distribuição das águas dos rios: o desperdício e a natureza das fontes poluidoras. Com respeito ao último fator, é importante ressaltar que até a metade do século passado à degradação dos rios era fundamentalmente de origem sanitária. Hoje os problemas são outros. O quadro é mais grave. Isso porque estão surgindo cada vez mais nas águas de superfície metais pesados e compostos orgânicos sintéticos, tais como os organoclorados. Muitas dessas substâncias químicas, além de se acumularem no organismo humano, são de características cancerígenas. Os modelos dos eixos de desenvolvimento de algumas

das mais importantes regiões do país ilustram muito bem o problema da contaminação dos mananciais. Capitais como São Paulo e Curitiba (só para ilustrar) localizam-se muito próximas às nascentes de rios, cujos mananciais já estão comprometidos com a diluição das cargas de esgoto. Isso tem comprometido o tratamento químico convencional da água e vem obrigando as empresas de saneamento básico a afastar cada vez mais seus pontos de captação superficial. Lamentavelmente, o cenário da cidade de Cascavel se encaixa dentro desta mesma linha de raciocínio.

Em que pese os fatos apontados, a região de Cascavel é rica em águas subterrâneas. Suas reservas exploráveis têm que ser, contudo, conhecidas e verdadeiramente melhor estudadas. Mas, além dos fatos apontados, por que dar tanta importância e quais as vantagens de se conhecer melhor o potencial hidrogeológico de Cascavel? O que justificaria o desenvolvimento, por exemplo, de um Projeto para elaboração de um mapa de potencialidade das águas subterrâneas? É interessante adicionar essa informação no modelo do Plano Diretor da cidade?

Pelo menos quatro fatores devem despertar no poder público o maior interesse pela oferta, pelo estudo, pela prospecção e preservação das águas subterrâneas:

1. A água subterrânea tem na potabilidade sua principal característica. Os aquíferos são reservatórios relativamente mais bem protegidos e menos vulneráveis à contaminação. É por isso que os países desenvolvidos têm na água subterrânea sua principal fonte de abastecimento público. É mais interessante para a administração municipal, como programa de medicina preventiva, o *slogan*: Prefeitura estuda a distribuição de mais água potável para o povo; o tratamento das águas dos rios deve ser (sempre que possível) gradativamente menos explorado.
2. A exploração da água subterrânea é muito mais barata. O mais interessante é o aspecto modular e emergencial de seu aproveitamento, que lhe dá mais flexibilidade operacional. O que se quer dizer com isso? Os investimentos (na relação custo e resultado) são parcelados e a utilização é imediata. A perfuração de um poço pode ser rápida e gradualmente interligada ao sistema.

3. A falta de controle e a exploração indiscriminada da água subterrânea na área urbana de Cascavel irão fatalmente colocar em risco o seu futuro e indiscutível aproveitamento. Com o irreversível crescimento urbano que a cidade tem e vem experimentando não é nada recomendável desdenhar as reais perspectivas de explorar racionalmente no futuro esse manancial. Ainda há tempo para recuperar o tempo perdido.

4. Em face do clima, do relevo e do cenário geológico favorável, existem centenas de fontes na área urbana de Cascavel, cuja origem, composição química e comportamento hidráulico são desconhecidos. Como este manancial é vulnerável ao processo de contaminação e é de vital importância à diluição da carga de esgoto dos rios e à alimentação do aquífero Serra Geral sotoposto, urge-se definir, de imediato, como meta do planejamento urbano, o perímetro de proteção ambiental de cada fonte.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Identificar e analisar a prática correta e sustentável da perfuração de poços tubulares profundos na área urbana de Cascavel, tendo em vista, o estudo, especialmente, dos aspectos físicos, conceituais e hidráulicos do aquífero Serra Geral.

1.3.2 Objetivos Específicos

Definir procedimentos e diretrizes para normatizar a construção de poços tubulares e combater sua indiscriminada perfuração;

Criar instrumentos para implantar um programa de monitoramento hidráulico dos poços e de avaliação contínua da qualidade da água;

Identificar, pormenorizadamente, dentro do quadro de uso indiscriminado do aquífero, as anomalias ambientais que estão ocorrendo e que irão comprometer a sua exploração;

Desenvolver uma campanha de conscientização ambiental, onde sejam enfatizados a importância e o significado desse manancial como fonte perene de abastecimento de água potável e de estímulo ao desenvolvimento urbano;

Elaborar um mapa de potencialidade das áreas relativamente mais produtoras do aquífero, integrando-o ao Plano Diretor da cidade.

1.4 Delimitação da pesquisa

Para atingir este objetivo utilizou-se a técnica de georeferenciamento. Dados cadastrados, foram selecionados, espacialmente, 22 poços e 5 fontes para análise físico-química e bacteriológica do manancial.

A maioria dos poços localiza-se junto e/ou próximo das calçadas da cidade. Durante o cadastramento observou-se que praticamente todos os poços perfurados para os condomínios residenciais, situados no anel central da área urbana, têm suas extremidades superiores posicionadas abaixo do nível do eixo da rua. É digno de nota o registro de perfurações terem atingido a rede coletora de esgoto, produzindo danos ao meio ambiente e colocando em risco a contaminação do lençol freático. (Anexos 1, 2 e 3)

1.5 Justificativa

Há alguns anos vem se mostrando evidente a tendência mundial em se preservar os recursos naturais, seja através das legislações vigentes e/ou por decorrência de pressões sociais, pois é de conhecimento geral que os recursos naturais estão se esgotando e desta forma é inevitável que sejam realizados programas para sua recuperação ou renovação. O gerenciamento correto e sustentável se faz necessário. As políticas públicas devem priorizar o homem e todas as espécies do seu entorno, sob pena de dentro em breve, não termos mais

chance de recuperar recursos naturais de suma importância para a preservação da biodiversidade.

Com a chegada do século XXI, houve uma espécie de arrependimento por todo o mal que até então foi feito à natureza. Neste contexto, tornou-se vital a adoção de políticas voltadas à gestão ambiental. A construção e o gerenciamento destes sistemas estão associados geralmente a investimentos de grande porte, prazos longos e políticas cuidadosas de operação e manutenção. Tais características impõem a necessidade de planejamentos estratégicos que conciliem eficiência econômica, sustentabilidade, flexibilidade e equidade. É necessário enfatizar que decisões de boa qualidade contribuem enormemente para o desenvolvimento do país, em termos econômicos e sociais.

Para isto é necessário que o homem solucione problemas a partir de dois elementos essenciais: a informação, que permite conhecer uma determinada situação que requer sua atuação; e uma concepção do problema, de quais são suas variáveis, de como elas interagem, etc.

O que se observa é que no Brasil não há ainda uma tomada de decisão, nem um foco, para resolver, principalmente, a curto, médio e longo prazo, o gerenciamento dos recursos hídricos, pois à medida que a demanda de água cresce acirram-se os conflitos e disputas pelos recursos naturais, daí o objetivo deste trabalho. É fundamental que se traga para o âmbito municipal, a discussão e o gerenciamento dos recursos hídricos, com participação da comunidade.

1.6 Estrutura do trabalho

O presente trabalho será composto por cinco capítulos, que serão apresentados a seguir:

Capítulo 1: este capítulo será composto por introdução, objetivos, relevância e delimitação.

Capítulo 2: este capítulo objetiva descrever as técnicas e metodologias que serão utilizadas como ferramentas.

Capítulo 3: este capítulo apresentará a fundamentação teórica, onde será apresentada uma descrição profunda e detalhada dos fatores climáticos e geológicos do local onde se pretende fazer a pesquisa.

Capítulo 4: neste capítulo é apresentada a fundamentação teórica do tema desenvolvido e os passos necessários à solução do problema pesquisado. É com ele que se quer demonstrar a viabilidade do plano de trabalho e justificar os objetivos propostos.

Capítulo 5: este capítulo abordará as conclusões sobre o tema.

CAPÍTULO 2 - ROTEIRO METODOLÓGICO

Com o constante e gradativo aumento do custo da água tratada e a perspectiva de seu racionamento e falta, a perfuração de poços artesianos (em hidrogeologia definidos como poços tubulares profundos) cresceu muito na área urbana de Cascavel. Estima-se que na área urbana de Cascavel existam mais de 350 poços que exploram, indiscriminadamente, as águas do aquífero Serra Geral. Os poços perfurados neste aquífero têm profundidades que normalmente variam de menos 100m a mais de 200m.

Do universo de dados existentes, foi possível recuperar os boletins técnicos de sondagem de cerca de um quinto dos poços perfurados. Os dados construtivos e hidráulicos de 85 poços foram (reavaliados) e interpretados. Vinte e dois Poços e cinco Fontes foram selecionados para avaliação hidrogeoquímica do aquífero. A análise estatística das variáveis envolvidas na avaliação física e hidráulica do aquífero foi definida a partir de uma fórmula empírica estabelecida por STURGES in: LANDIM (1979), o qual estipula para o cálculo do número de classes (k) a seguinte expressão:

$$k = 1 + 1,33 (\log_{10} n) \text{ ou } 1 + \log_2^n$$

O “n” é o número de informações consistidas.

No mapa (Figura 1), é apresentada a distribuição dos poços. Nele se pode observar que mais da metade dos poços cadastrados localizam-se no anel central da área urbana de Cascavel, coincidindo com a maior concentração de edifícios.

Como roteiro metodológico, os seguintes procedimentos foram definidos:

1. Uma análise hidrometeorológica sucinta da região do Terceiro Planalto paranaense foi desenvolvida com o objetivo de avaliar, previamente, os fatores que influenciam direta ou indiretamente na potencialidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos da área em estudo.
2. Uma análise geológica sucinta da área de ocorrência do aquífero Serra Geral no Estado do Paraná e sua analogia com a geologia pontual da área urbana, alvo de estudo, foi realizado.
3. Cadastramento e inspeção ambiental dos poços cujos dados construtivos e hidráulicos foram possíveis de serem recuperados.
4. Interpretação, avaliação e análise de consistência dos dados disponíveis dos poços cadastrados.
5. Análise hidrogeoquímica dos poços selecionados.
6. Diretrizes para o monitoramento hidráulico e para o monitoramento da qualidade das águas dos poços, e preservação do aquífero Serra Geral, na região de Cascavel, são apresentadas, separadamente, haja vista a agressão constante que os recursos hídricos estão sendo submetidos, nesta e nas demais áreas urbanas do país.

Com respeito às águas amostradas, é importante ressaltar que elas foram analisadas pelo laboratório de físico-química da TECPAR – Instituto de Tecnologia do Paraná. Os métodos analíticos aplicados para a determinação dos parâmetros físico-químicos foram:

- pH: potenciométrico;
- Cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}): titulométrico com etileno-diamino-tetra-acético (EDTA);
- Sódio (Na^+) e potássio (K^+): absorção atômica

- Cloreto (Cl^-): titulométrico para águas limpas e potenciométrico para águas turvas;
- Nitrato (NO_3^-): auto-analyser com ácido fenoldissulfônico;
- Sulfato (SO_4): turbidimétrico
- Fluoreto (F^-): método do ácido alizarine zircônio total e/ou com eletrodo de íon seletivo (potenciométrico);
- Sílica solúvel (SiO_2): colorimétrico com molibdato de amônia;
- Ferro total (Fe): espectrometria de absorção atômica;
- Sólidos Totais Dissolvidos (STD): gravimétrico.

As águas amostradas dos poços e fontes foram classificadas segundo a concepção gráfica de PIPER (1944), modificada. Os valores em miligrama por litro (mg/l) dos elementos maiores das águas (cátions e ânions) foram, para tanto, transformados em miliequivalentes químicos (m.e.q). Assim foi possível estudar as relações e a distribuição espacial dos diferentes tipos de águas amostradas.

Por outro lado, como na classificação química triangular de PIPER não se tem uma representação das concentrações absolutas, já que os valores são reduzidos a porcentagens, calculou-se a concentração média dos íons dissolvidos, tanto para as águas dos poços como para as águas das fontes.

CAPÍTULO 3 - SÍNTESE HIDROMETEOROLÓGICA

3.1 Elementos Físico-Climáticos

Considerando-se que os elementos hidrometeorológicos são fundamentais ao planejamento das formas como devem ser científica e racionalmente utilizados os recursos hídricos disponíveis nas distintas regiões do Globo Terrestre, é importante fazer uma análise, mesmo que sucinta, das condições climáticas da região alvo de estudo. O objetivo é avaliar, dentro deste contexto, os fatores que influenciam direta ou indiretamente, na potencialidade dos sistemas fluviais e aquíferos ocorrentes no Município de Cascavel.

Infelizmente, o estudo da compreensão dos fenômenos atmosféricos, que definem o clima de uma região, carece, no Brasil, de estudos mais aprofundados. A falta de pesquisa e de instrumentalização adequada não permitem, ainda, a obtenção de um número suficiente de dados para a quantificação dos resultados. Não há exatidão nos valores que definem a tendência das médias anuais das séries hidrometeorológicas. Dificultam ainda mais isso, as atividades antropogênicas que têm alterado sensivelmente as características físicas e biológicas do meio ambiente e/ou a fluabilidade natural do ciclo hidrológico.

Em que pese às considerações feitas, com o advento da era dos satélites geoestacionários, extensas regiões da Terra têm sido, nestas últimas décadas, permanentemente avaliadas. Hoje já é possível monitorar satisfatoriamente a evolução dos fenômenos meteorológicos. A interpretação de imagens multiespectrais, de alta resolução espacial, sustenta isso e tem sido um instrumento de trabalho muito útil na previsão dos fenômenos atmosféricos. Com a atual configuração instrumental já é possível registrar adequadamente os deslocamentos de nuvens, a detecção de campos de ventos e de precipitação pluviométrica.

Considerando que o Município de Cascavel localiza-se no Terceiro Planalto paranaense, far-se-á uma análise sucinta dos seguintes elementos: ventos, temperatura, precipitação pluviométrica, evapotranspiração potencial e balanço hídrico, de toda essa região do Estado, haja vista que são eles que definem o seu clima.

3.1.1 Ventos

Grande parte do território da Região Sul do Brasil situa-se no interior da zona temperada. O trópico de Capricórnio passa sobre a extremidade setentrional desta Região e os paralelos 30° a 64° Sul cortam as áreas mais meridionais. Na geografia do planeta, estas áreas de latitudes médias estão sujeitas aos centros básicos de ação atmosférica. Esses centros, onde se originam as massas de ar, mudam de posição e variam de intensidade durante o ano. Segundo, (OEA, 1969), (Figura 2).

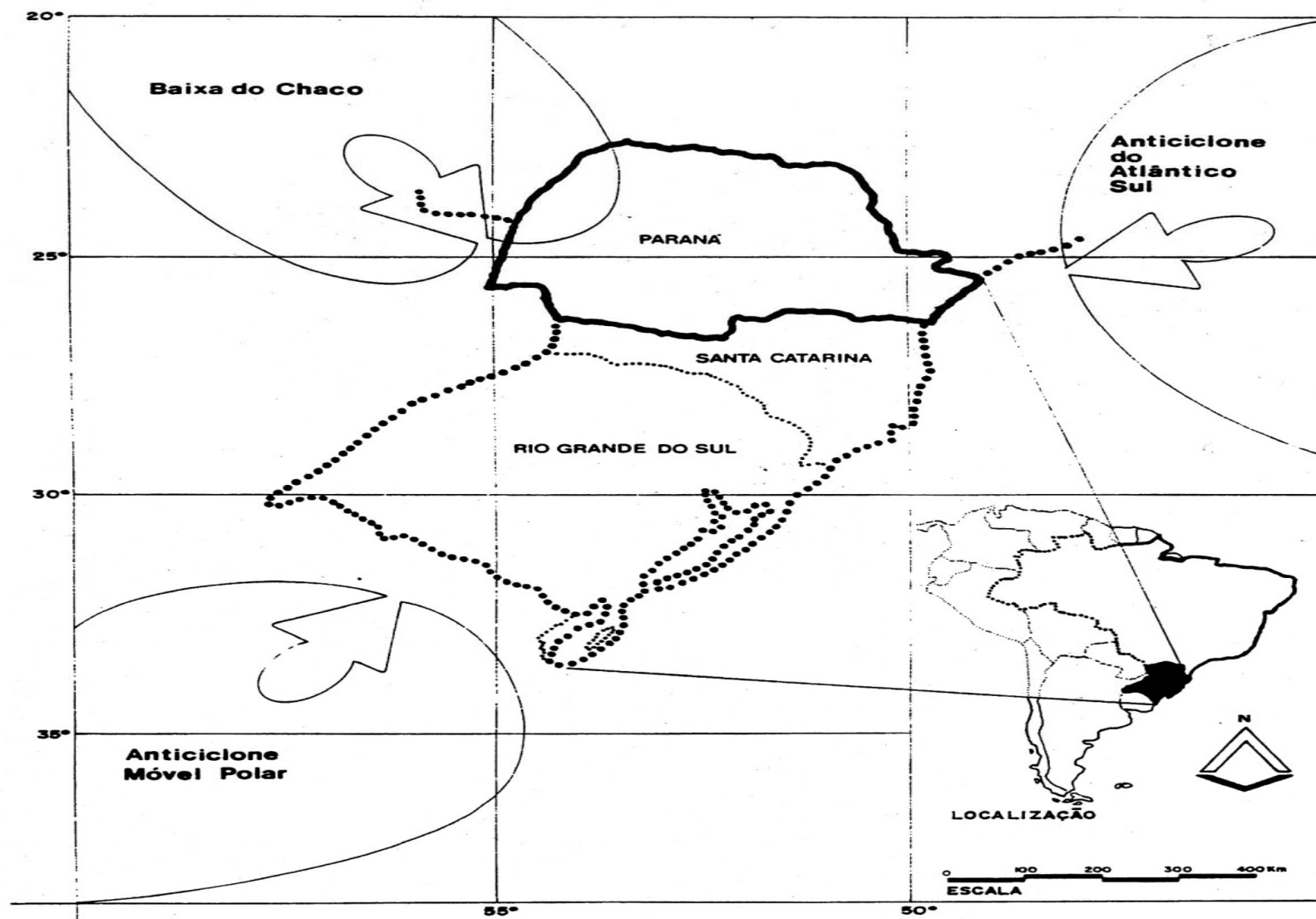


FIGURA 2 - CENTRO DE AÇÃO DAS MASSAS DE AR (OLEA, 1969).

O centro de alta pressão, que penetram no Paraná, são: o anticiclone do Atlântico Sul, que origina a massa tropical marítima, e os anticiclones Polares, responsáveis pela infiltração de massas de ar frio. Outro centro de ação importante, de baixa pressão, é o da Baixa do Chaco, localizado na região limítrofe de Mato Grosso com a Bolívia.

Segundo Satyamurty & Etchichury (1989) a variação sazonal de temperatura é influenciada pela marcha zenital do Sol. Ambos os centros básicos de ação atmosférica se deslocam, ora penetrando parcialmente no Paraná, ora se afastando. A formação de frontogênese e de aglomerados convectivos, gerados pelo contato, principalmente de massas de ar frio e quente, originam regiões de transição, denominadas de “frente”. Como fenômenos atmosféricos, elas se caracterizam por apresentarem superfícies inclinadas, relativamente estreitas, variando de 80 a 800 km de largura. As frentes frias, principalmente no inverno, são as que atuam mais freqüentemente na região Sul do Brasil. De conformidade com as características próprias das latitudes onde são formadas essas massas de ar, observam-se, no Paraná, as seguintes alterações meteorológicas:

1. Infiltração de massas de ar frio em direção norte, nos meses de inverno (abril a setembro);
2. Migração de massas de ar oriundas das Zonas Atlânticas, tropicais e equatoriais, em direção sul, nos meses de verão (outubro a março) (SATYAMURTY & ETCHICHURY 1989).

Na atual compreensão constata-se que, durante o verão, os ciclones condutores de chuva, com ventos norte e noroeste migram da Baixa do Chaco para o Paraná. No mês de março, as massas subtropicais de alta pressão do anticiclone do Atlântico Sul se fazem presentes, através de ventos predominantes dos quadrantes sul e sudeste. Concomitantemente, massas de ar frio, vindas do sul, penetram também na região do Paraná. Segundo HOLTZ (1966), nos meses hibernais, com a chegada da frente polar, predominam os ventos do quadrante sul, e a penetração dos ventos marítimos trazem chuvas no verão. Nesta estação do ano predomina os ventos do quadrante norte. O que se constata, também, é que as massas de ar frio, deslocadas pelos ventos do sul, penetram abaixo das massas de ar quente, fazendo cessar as chuvas e tornando os dias mais claros.

Particularmente, na região alvo de estudo, conforme dados publicados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INEMET, 1998), os períodos de calmaria (sem ventos) são muito raros. A ocorrência de ventos (embora fracos, em média) é a mais representativa e persistente em Cascavel.

O sentido predominante dos ventos é nordeste/sudoeste (NE/SW). A frequência registrada é de 43%. Na seqüência surgem, com 17%, os ventos de direção leste/oeste (E/W). Ambos são resultados da atuação preferencial dos sistemas Subtropical Atlântico e Migratório Polar.

3.1.2 Temperatura

Não há dúvida de que a distribuição geográfica das temperaturas médias anuais é acentuadamente condicionada pela irradiação solar. Os valores elevados de temperatura são registrados nas regiões onde o Sol incide perpendicularmente, e os menores onde a irradiação é mais inclinada. O andamento da temperatura nas várias estações do ano é também influenciado por outras variáveis, como: nuvens, ventos, topografia e distribuição das precipitações pluviométricas.

As informações disponíveis são apresentadas na (Figura 3) – Mapa de Isotermas Médias Anuais da Região do Terceiro Planalto Paranaense. Nele se pode observar que o Estado do Paraná situa-se na região brasileira de clima subtropical. Seus termômetros registram valores médios anuais inferiores a 18°C para o mês mais frio do ano. Segundo dados compilados e interpretados pela equipe técnica do IAPAR (1978), existe uma estreita faixa, ao Norte do Estado, na altura do paralelo 23° Sul, onde as médias mensais da temperatura durante o ano fogem deste escopo, haja vista que os termômetros registram temperaturas relativamente mais elevadas.

No que se refere aos dados de temperaturas médias anuais da região do Terceiro Planalto paranaense, segundo IAPAR (1978), constata-se, a partir de 46 estações meteorológicas, uniformemente distribuídas (Figura 3), que há uma ascensão gradativa dos valores das isotermas de 15°C a 25°C em direção ao Norte. Os menores valores são registrados no declive do planalto de Palmas, onde a temperatura média do mês mais frio (julho) é inferior a 11°C. Nessas áreas de planalto e de regiões serranas, são mais comuns temperaturas negativas no período do ano compreendido entre os meses de maio a setembro. Num ano ocorrem, em média, mais de 10 dias de geadas. Já a média anual das temperaturas máximas até então registradas, nesta região do extremo Sul do Paraná, é de 23°C.

Em contraste, nas regiões norte e noroeste, notadamente nos vales dos rios Paraná, Paranapanema, baixo Ivaí e ao norte do paralelo 23º sul, as temperaturas máximas registradas são muito elevadas.

O Município de Cascavel apresenta temperaturas anuais amenas. Segundo dados publicados pelo IAPAR (1978), os valores médios variam entre 18°C e 19°C. Contudo, considerando-se sua elevada topografia e a atuação dos sistemas atmosféricos polares, as médias das temperaturas do mês de julho (o mais frio) oscila entre 13°C e 15°C. Há registro de temperaturas próximas de zero. As temperaturas do mês de fevereiro (o mais quente), variam de 21°C a 24°C. A umidade do ar é de 75%.

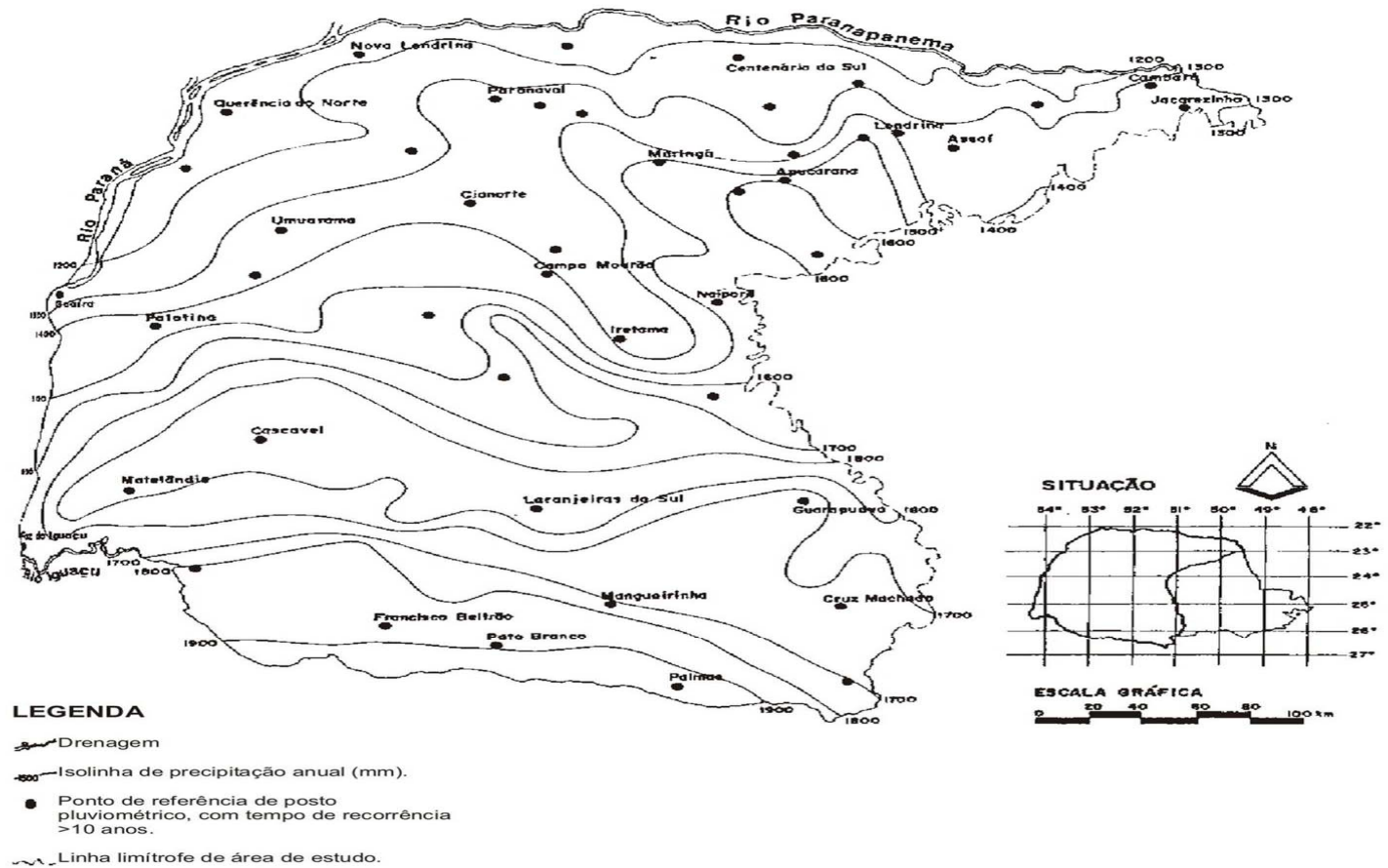


FIGURA 4 - MAPA DE ISOIETAS MÉDIAS ANUAIS DA REGIÃO DO TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE (Compilado a partir das cartas climáticas do Estado do Paraná - IAPAR, 1978).

3.1.3 Pluviometria

A precipitação pluviométrica e o balanço hídrico são os mais importantes e sensíveis fatores do clima nos trópicos.

Na América do Sul há uma variedade de fenômenos convectivos que produzem um enorme excedente hídrico. No processo de convecção é destacável a formação de linhas de cúmulos-nimbos, junto à costa atlântica, que se propagam com frequência para o interior do continente. Na Região Sul do Brasil, por exemplo, o desenvolvimento de aglomerados convectivos são os principais responsáveis pela ocorrência das chuvas. As correntes relativamente quentes e úmidas, tão comuns, sustentam a atividade frontal (SATYAMURTY & ETCHICHURY, 1989).

A análise de precipitações diárias, realizada através da inspeção de imagens de satélite, permite constatar que as incursões de sistemas frontais até as latitudes tropicais e subtropicais, estão diretamente relacionadas com o posicionamento da chamada “zona de convergência” do Atlântico Sul (KAYANO *et. al.*, 1990). Esta zona, nas imagens de satélite, é caracterizada por uma faixa de nebulosidade convectiva.

Definida a multiplicidade dos fatores que norteiam a ocorrência das chuvas na Região Sul do Brasil, constata-se que o ciclo do Estado do Paraná, embora não possa ser classificado como sendo de precipitações anuais tipicamente tropicais, é muito semelhante ao Brasil Tropical – regiões Centro Oeste e Sudeste. Segundo HOLTZ (1966), o anticiclone Polar é responsável pelo principal sistema de correntes geradoras das chuvas. Na sua marcha, em direção ao Equador, ora se desloca pelo continente (comumente no inverno), ora se desloca pelo oceano (durante o verão). Assim, a estação mais chuvosa é o verão. Na maioria das vezes os meses mais chuvosos são: novembro, dezembro e janeiro, na porção oeste do Estado, e os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, na sua porção leste. As taxas de precipitações menores verificam-se em fins de outubro, ou no inverno, e os três meses menos chuvosos, na maioria das vezes, são os de inverno e, secundariamente, os de outono.

Dentro do cenário comentado, MAACK (1968) faz uma importante observação. Os acidentes topográficos, que delimitam o Paraná em planaltos, atuam como barreiras orográficas, e não podem deixar de ser também considerados na

distribuição espacial das chuvas. Esses acidentes geográficos forçam a ascensão dos ventos marítimos úmidos que sopram de leste, nordeste e sudeste. O mais característico deles é o alísio, desviado pela serra do Mar, uma das regiões que mais chove no mundo.

No Paraná existe uma rede pluviométrica que permite avaliar com precisão as distribuições geográfica e sazonal das chuvas. O regime de precipitação é abundante e uniformemente distribuído. O Paraná é, assim, potencialmente, um Estado privilegiado em recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Na Figura 4 é ilustrada a distribuição das isoietas médias anuais no Estado do Paraná. Na região do Terceiro Planalto paranaense constata-se que os totais anuais menores (entre 1.200 a 1.500 mm de chuva) situam-se, notadamente, no Norte e no Noroeste do Estado, em altitudes abaixo de 600 m. As demais regiões recebem mais de 1.500 mm de chuva durante todo o ano.

Na região de Cascavel, o valor da isoietas média anual é de 1.700 mm. É esse valor que assegura a perenidade das nascentes dos rios e mantém elevada a superfície do lençol freático. No divisor tríplice de água, definido pelo eixo da Avenida Brasil, principal via de acesso à sede urbana do município, há uma série de surgências de águas que, naturalmente, reflete muito bem isso.

3.1.4 Evapotranspiração Potencial

Os fenômenos de evaporação, transpiração e infiltração ocorrem sempre quando a disponibilidade de água na superfície do solo e no seu interior excede, em volume, o absorvido pelas raízes das plantas. Naturalmente, a evapotranspiração se verifica em terrenos permanentemente úmidos e inteiramente cobertos por vegetação.

THORNTHWAITE & MATHER (1955) conceituam evapotranspiração como um elemento climatológico que quantifica, através de uma unidade física definida (mm), a água, teoricamente necessária, para manter a vegetação turgescente transpirando livremente o ano todo.

Segundo o IAPAR (1978), o fenômeno da evapotranspiração potencial é resultante do balanço de calor e pode normalmente ser usada como indicador térmico de uma região. É possível, assim, correlacionar-se, em função da altitude e

latitude de uma região, os valores das isothermas médias anuais e os seus valores de evapotranspiração potencial.

Nos estudos desenvolvidos no Paraná, constata-se que os maiores índices de evapotranspiração potencial ocorrem em áreas circunscritas às calhas dos rios Paraná e Paranapanema. Segundo TORNTHTWAITE & MATHER (1955), os valores são estimados em 1.100 mm para 125 mm de retenção de água no solo. Nos planaltos e regiões serranas a evapotranspiração potencial não ultrapassa os 900 mm anuais. No decurso do ano observa-se uma considerável variação nos valores da evapotranspiração potencial. A variação desses valores em julho, nas regiões mais frias do Paraná, é da ordem de 30 mm. No verão, em janeiro, nas regiões mais quentes do Paraná, atinge 150 mm (IAPAR, 1978).

3.1.5 Balanço Hídrico

O estudo de vazões mínimas regionalizadas, com sete dias de duração e dez anos de recorrência, realizado pelo CEHPAR (1985) permite, simplificada, obter-se um balanço hídrico para distintos segmentos das bacias hidrográficas do Estado do Paraná. Nele são correlacionadas as vazões de superfície e de base dos rios, correspondendo, naturalmente, essas, às fases superficial e subterrânea do ciclo hidrológico. É fácil de entender que dentro de uma série histórica, os menores valores observados equivalem às vazões mínimas e ocorrem em períodos de pouca ou nenhuma chuva. Eles correspondem aos trechos do histograma que apresentam uma diminuição lenta do escoamento no curso d'água, definido (regido) pela contribuição subterrânea.

Embora na região alvo de estudo não existam dados específicos para avaliar com precisão o balanço hídrico, o tratamento estatístico de oito médias de vazões de estiagem, calculadas e expressas em deflúvios específicos ($l/s/km^2$), assegura a obtenção das seguintes conclusões, segundo a SUDERHSA (2002):

1. As isolinhas específicas de vazões mínimas, correspondentes à bacia do rio Iguaçu, variam de 2,5 a 3,0 $l/s/km^2$.
2. Nas áreas situadas ao norte da linha limítrofe da bacia do rio Iguaçu, verifica-se um acréscimo significativo dos deflúvios específicos (3,0 – 5,0 $l/s/km^2$). Observar, contudo, que as precipitações médias anuais nas bacias dos rios Piquiri e Ivaí são significativamente menores (**Figura 4**).
3. A análise das seqüências dos escoamentos mínimos, especialmente observados, revela que o substrato das rochas vulcânicas fraturado é um meio aquífero com reservas exploráveis distintas e de difícil diagnóstico. Na área urbana de Cascavel, as características hidráulicas deste meio heterogêneo, descontínuo e anisotrópico, não devem ser diferentes.

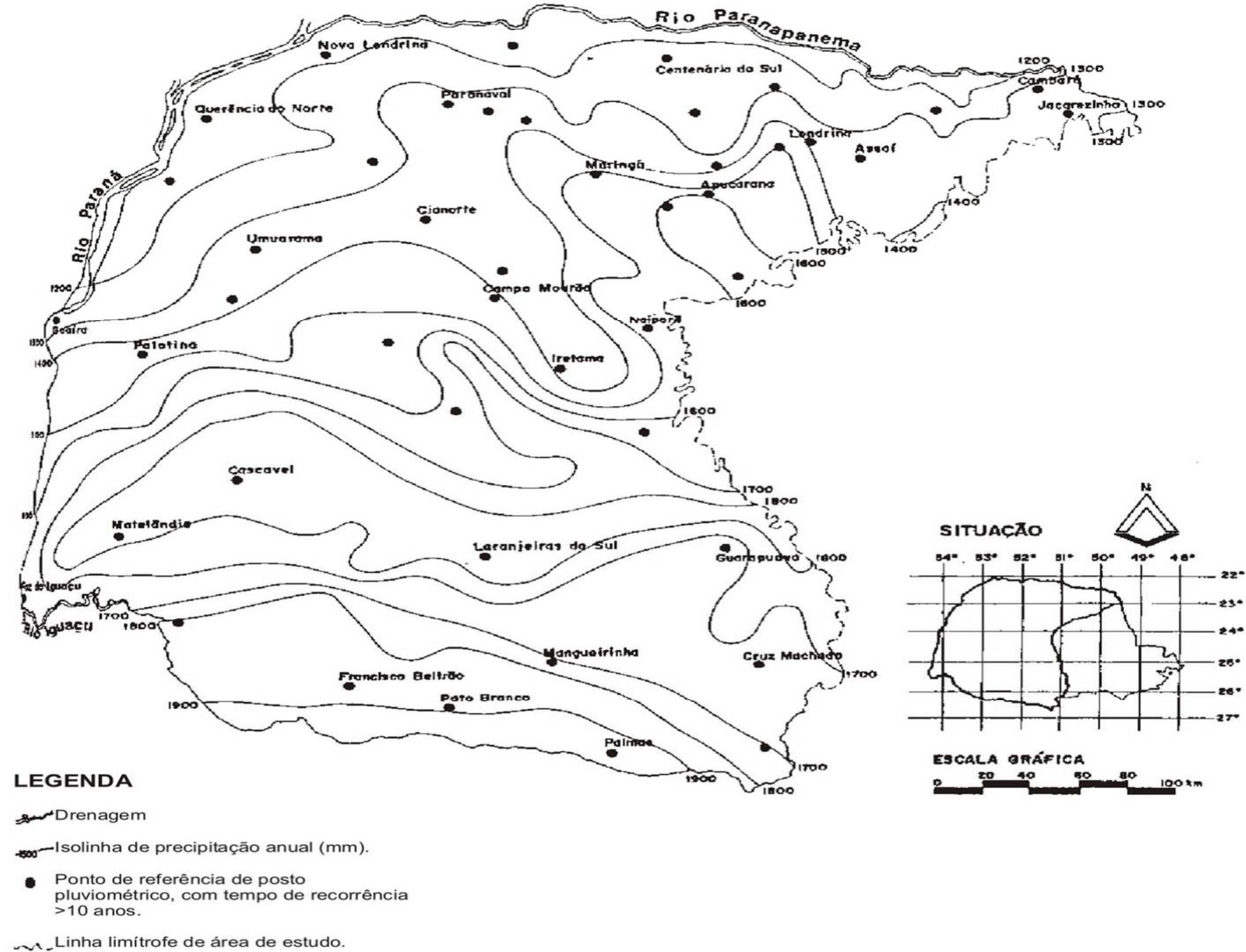


FIGURA 4 - MAPA DE ISOIETAS MÉDIAS ANUAIS DA REGIÃO DO TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE (Compilado a partir das cartas climáticas do Estado do Paraná - IAPAR, 1978).

3.1.6 Clima

No mundo científico não há dúvidas que o clima e a cobertura vegetal de uma região coexistem num estado de equilíbrio termodinâmico. A assinergia deste estado de equilíbrio é algo definido por complexas (e ainda não bem conhecidas) interações que ocorrem na atmosfera e na sua interface com a superfície terrestre.

Embora tenha surgido uma série de tentativas para classificar o clima das distintas regiões do globo terrestre, três fatores são mundialmente reconhecidos, como fundamentais na delimitação e na concepção das zonas climáticas terrestres. Estes fatores estão, temporária e espacialmente, relacionados às estações de iluminação, às estações térmicas e hídricas do ano.

MAACK (1968), complementando os parâmetros de delimitações meteorológicas, apresentados por KOEPPEN (1918; 1936), mundialmente reconhecidos por “**sistemas de classificação de Koeppen**”, elaborou um mapa climático para o Estado do Paraná. Dentro deste escopo, é interessante ressaltar que, embora o sistema de Koeppen seja estruturalmente simples, ele permite uma definição climática inequívoca para a geografia do Estado. Posteriormente este mapa foi redefinido por outros pesquisadores, através de séries temporais hidrometeorológicas mais abrangentes.

Segundo STRAHLER (1975), o sistema de classificação de Koeppen, que é fundamentado na avaliação dos parâmetros temperatura e pluviosidade, apresenta um código de letras que define grupos e subgrupos climáticos. Há, também, outras subdivisões que enriquecem as características estacionais destes parâmetros.

Através dos dados pluviométricos disponíveis, das médias de temperaturas e da altitude e latitude dos distintos pontos da Região Oeste do Estado, PINTO & ALFONSI (1974) e GODOY & CORRÊA (1974) identificaram o clima desta região como sendo predominantemente do tipo “**Cfa**” (“C” = clima mesotérmico, caracterizado pela temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C; “f” = clima subtropical úmido sem estação seca; e “a” = temperatura média do mês mais quente superior a 22°C).

O clima “Cfa” é o clima das áreas circunscritas às margens dos rios Paranapanema e Paraná, e que se estendem até as regiões com altitudes variando entre 600 e 800 m acima do nível do mar. São áreas de clima subtropical úmido,

mesotérmico, com verão quente, sem estação seca de inverno bem definida e geadas menos freqüentes.

3.2 Elementos Geomorfológicos

Dois elementos físico-climáticos são fundamentais no diagnóstico da área alvo de estudo: relevo e hidrografia.

3.2.1 Relevo

Devido aos grandes traços de drenagens e lineamentos orográficos (linhas de serra), o Estado do Paraná é formado por uma sucessão bem definida de planaltos. A área alvo de estudo faz parte do Terceiro Planalto paranaense (MAACK, 1968). Esta unidade, segundo ALMEIDA (1964) corresponde à Província do Planalto Ocidental. O Terceiro Planalto paranaense tem uma enorme área de abrangência. Esta unidade geomorfológica se estende sobre mais de uma zona climática e é esculpida no domínio dos sedimentos mesozóicos. Ao leste, o Terceiro Planalto é limitado pela escarpa Triássico-Jurássica, formada pelos arenitos da Formação Botucatu e pelas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. A escarpa é muito sinuosa e festonada, apresentando, em face da ação de intensos processos erosivos, recuos da ordem de alguns quilômetros. Localmente esta feição é rebaixada pela ação de rios conseqüentes, que se apresentam como gargalos de amplas áreas afuniladas. O pequeno mergulho das camadas para noroeste e a heterogeneidade física dos derrames basálticos e arenitos subjacentes, são fatores condicionantes no desenvolvimento da escarpa.

Nas áreas mais distantes da linha de escarpa do Terceiro Planalto, notadamente em grande parte das bacias dos rios Piquiri e Ivaí, há variações do tipo de relevo sobre a mesma unidade geológica. Em que pese o marcante controle litoestrutural das rochas vulcânicas e de drenagens fortemente encaixadas, observa-se que embora possam ocorrer desde morros até amplas colinas, o relevo torna-se mais uniforme, expondo vastas áreas de “terra-roxa”. Segundo FRAGA (1986), há formação de relevos com colinas baixas e muito amplas, com vales algo encaixados, que abrigam numerosos afluentes. As maiores partes das feições geomorfológicas

(linhas orográficas principais) do Terceiro Planalto paranaense são formadas por escarpas de estratos e blocos planálticos que declinam, conforme já foi dito, suavemente nas direções oeste e noroeste.

Os blocos planálticos, que formam regiões geográficas distintas, são delimitados pelos divisores d'água dos principais traços de drenagem: Iguaçu, Piquiri e Ivaí (Figura 5). A região de Cascavel está inserida no bloco planáltico de Guarapuava, uma feição geológica *sui generis*, que compreende a fração do Estado entre os rios Piquiri e Iguaçu. Este bloco constitui a porção meridional do Terceiro Planalto paranaense. Sua borda, localizada no extremo leste, forma a escarpa da serra da Boa Esperança. Nela há pontos a 1.250m acima do nível do mar. No outro extremo (no oeste) a topografia decai para 350 m até a serra do Boi Preto/São Francisco (Figura 6). A partir deste último acidente geográfico, no Baixo Iguaçu, o declínio topográfico se acentua ainda mais e é definido pelas geoestruturas dos derrames basálticos. Segundo MAACK (1968), a base do cânion do rio Iguaçu se encontra apenas entre 45 a 49 m acima do nível do mar.

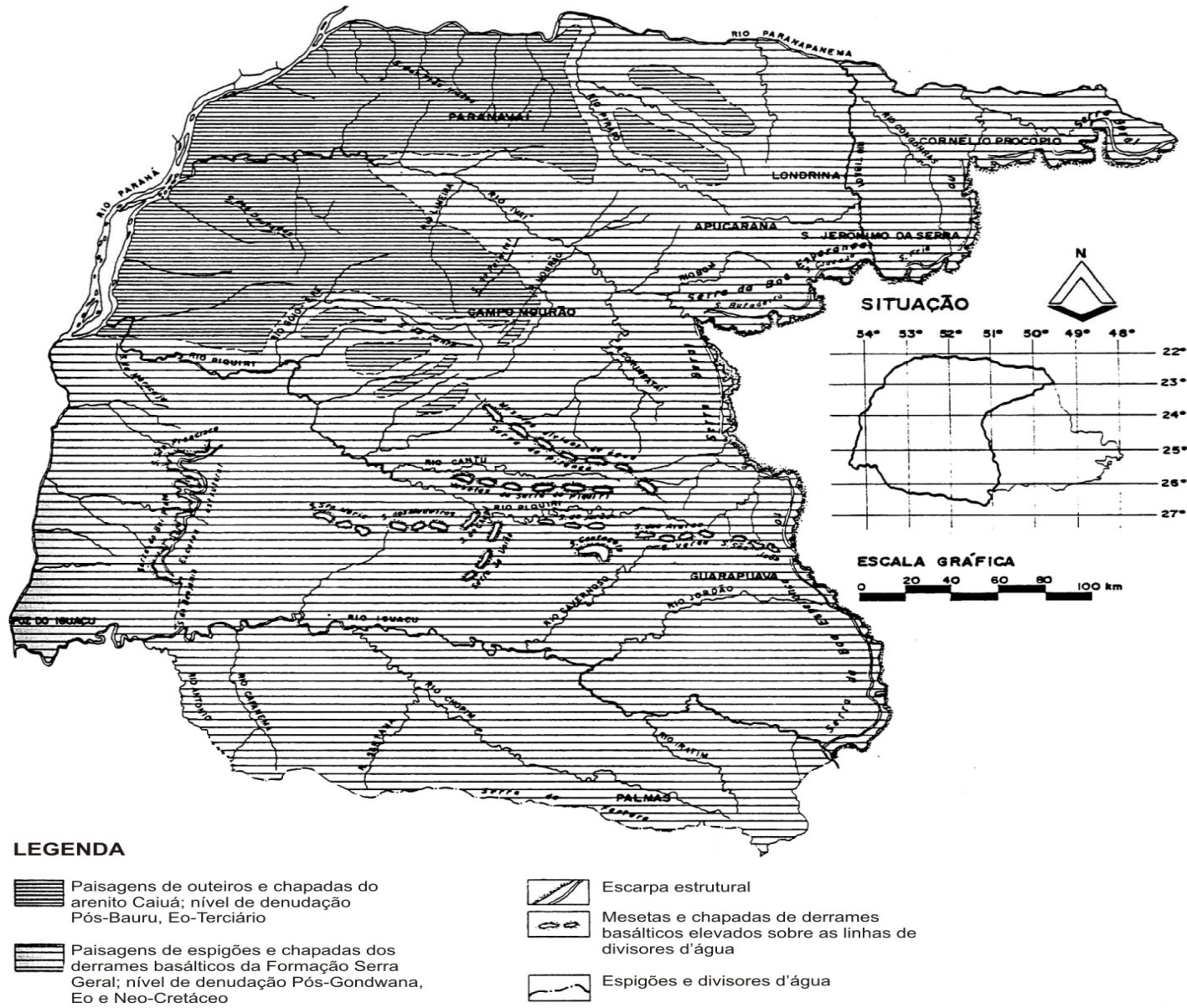


FIGURA 5 - ESBOÇO ESQUEMÁTICO DAS PRINCIPAIS LINHAS OROGRÁFICAS DO TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE (Compilado de MAACK, 1968).

3.2.2 Hidrografia

Conforme se pode visualizar na (Figura 6), a região do Terceiro Planalto paranaense é muito rica em recursos hídricos superficiais.

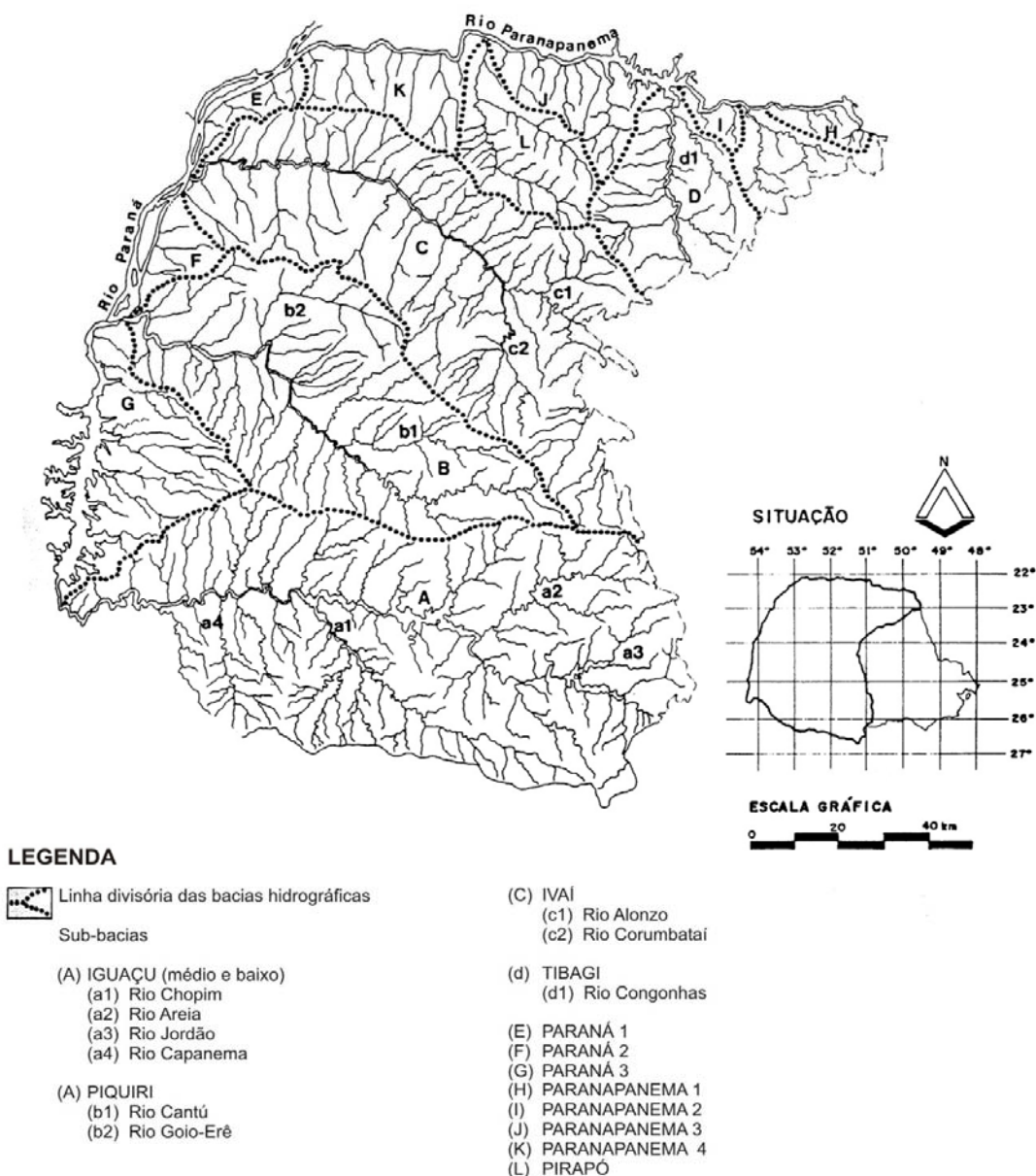


FIGURA 6 - MAPA DO SISTEMA HIDROGRÁFICO DO TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE - BACIA DO RIO PARANÁ (Compilado de MAACK, 1968).

A densa e uniforme rede de drenagem do complexo hidrográfico do rio Paraná dá ciência a isso. São 12 sub-bacias que apresentam um forte condicionamento estrutural. Os cursos d'água mais extensos (Paranapanema, Tibagi, Piquiri, Ivaí e Iguaçu) são rios muito antigos, que cruzam as escarpas limítrofes do Segundo e Terceiro planaltos paranaenses, em vales de rupturas. Normalmente, esses rios apresentam ocorrências de saltos e corredeiras produzidas por levantamentos epirogenéticos.

A cidade de Cascavel localiza-se numa região topograficamente muito elevada. No eixo da sua principal via de acesso existem cotas altimétricas a mais de 750 m acima do nível do mar. Grande parte do eixo desta avenida coincide com um divisor tríplice de águas. Ao norte, a bacia do Piquiri, ao sul, a bacia do Iguaçu e, ao oeste, a bacia do Paraná 3 (Figura 6). É fácil de compreender que, dentro desse cenário, os recursos de águas superficiais são limitados.

3.3 Geologia regional

A Região Oeste do Paraná, onde se localiza o Município de Cascavel é rarefeita de informações geológicas. Ela faz parte da bacia sedimentar do Paraná, um dos traços da geologia mais expressivos do continente sul-americano. O único mapeamento geológico de semidetalhe que existe foi desenvolvido pela equipe de técnicos da Petrobrás, (1968). Mesmo, assim, esse mapeamento restringiu-se às áreas de maior interesse à prospecção de hidrocarbonetos. Muito pouco se sabe, verdadeiramente, sobre os aspectos litoestratigráficos das formações geológicas ocorrentes nesta área de estudo.

Em que pese existir, na vasta área de abrangência da bacia do Paraná, milhares de sondagens rasas para a exploração de águas subterrâneas, menos de uma centena de poços profundos penetraram em toda a seqüência de suas camadas. Só para efeito de esclarecimento, as estruturas geológicas, que definem a geometria das camadas, são reconhecidas apenas pelos perfis de 73 poços profundos, perfurados pela Petrobrás. Destes, somente 57 poços atingiram o embasamento da bacia.

Na (Figura 7) é ilustrada a ampla área de ocorrência da bacia geológica do Paraná, uma das três principais bacias sedimentares do Brasil. O corte, ao longo da

linha C-C', ilustra muito bem a disposição e o arranjo das seqüências de camadas. Observar que os ciclos de sedimentação, que originaram as camadas, estão fortemente condicionados pelos processos geológicos profundos que ocorreram no embasamento da bacia. Na distribuição das camadas há arqueamentos e flexuras que comprovam isso.

É fundamental, também, reconhecer que as bacias sedimentares são feições geológicas formadas por extensas depressões topográficas de forma aproximadamente circular, cujos sentidos dos mergulhos das camadas convergem em direção a um eixo central. A bacia sedimentar do Paraná foi, assim, geologicamente nomeada, porque o seu eixo coincide com a calha do rio Paraná.

Neste capítulo, ênfase será dada às características químicas e mineralógicas das rochas vulcânicas que formam o capeamento da bacia sedimentar do Paraná e que, na nomenclatura geológica, são reconhecidas como Formação Serra Geral. Esta é a unidade aquífera aflorante na área urbana de Cascavel e é o alvo de estudo desta dissertação de mestrado.

É interessante registrar aqui que a seqüência de camadas sedimentares que antecederam o capeamento das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral tem, nas áreas de maior subsidência da bacia, mais de 7.800m de espessura. Ela é reflexo e testemunho das ocorrências de distintos ciclos de sedimentação de ambientes marinhos e continentais. Os sedimentos do deserto Botucatu que estão em contatos com as rochas vulcânicas do aquífero Serra Geral são, por exemplo, testemunhos do último ciclo de sedimentação que ocorreu entre o jurássico superior e o triássico inferior, um período geológico que se estendeu por cerca de 70 a 90 milhões de anos. Nesta época da história geológica da Terra, entre 152 e 135 milhões de anos atrás, a África e a América do Sul ainda eram um só continente.

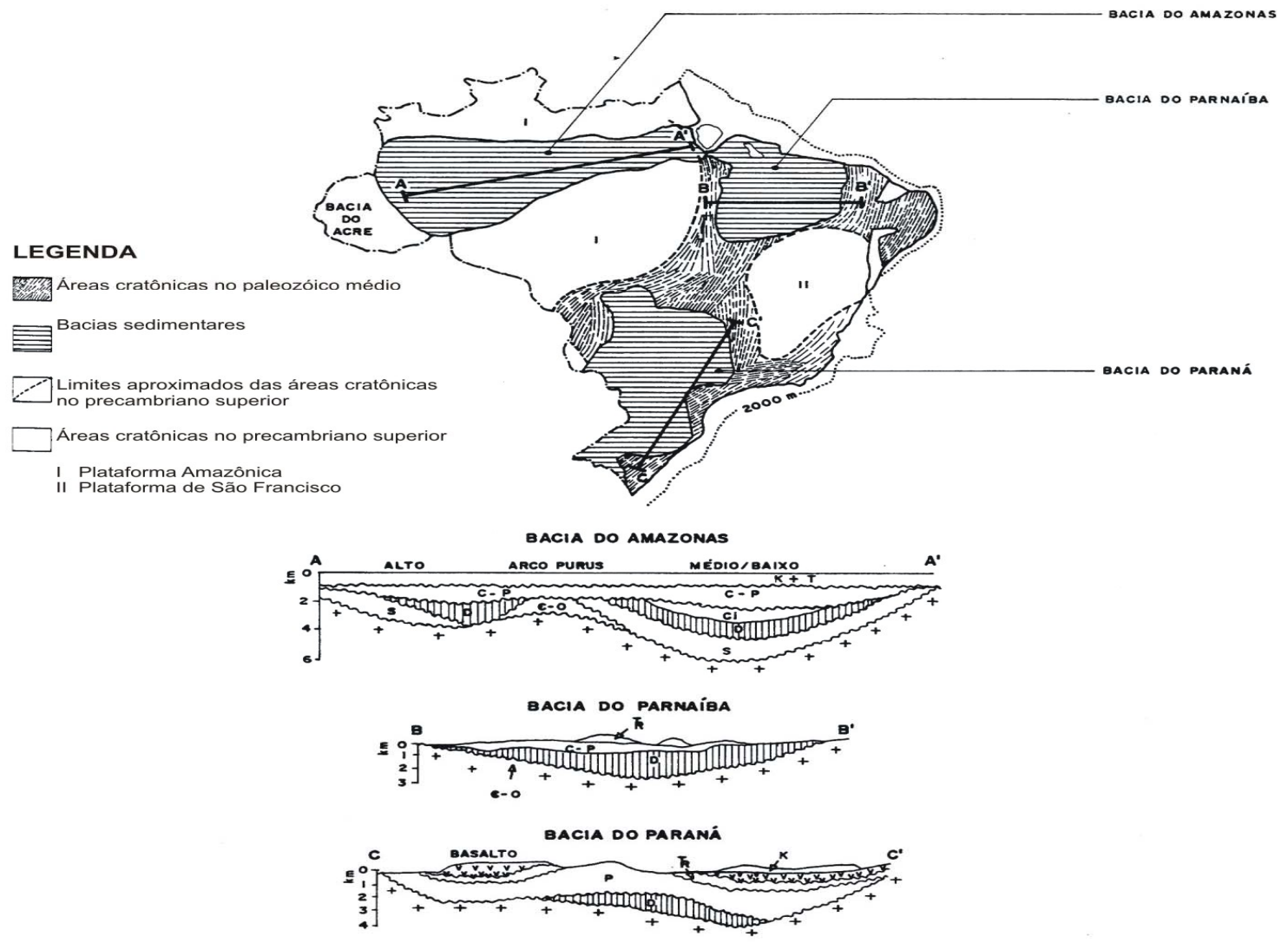


FIGURA 7 - BACIAS INTRACRATÔNICAS DO BRASIL (PETRI & FÚLFARO, 1983).

3.4 Formação Serra Geral

Na região de Cascavel ocorre um extenso e espesso capeamento de rochas vulcânicas da bacia sedimentar do Paraná. Este capeamento vulcânico é, como já foi dito, geologicamente reconhecido, como Formação Serra Geral. Estima-se que a sua espessura seja, na área urbana de Cascavel, da ordem de 1.200m. No esboço geológico simplificado do Estado do Paraná (Figura 8) é visualizada, na região do Terceiro Planalto paranaense, a ampla área de ocorrência das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral.

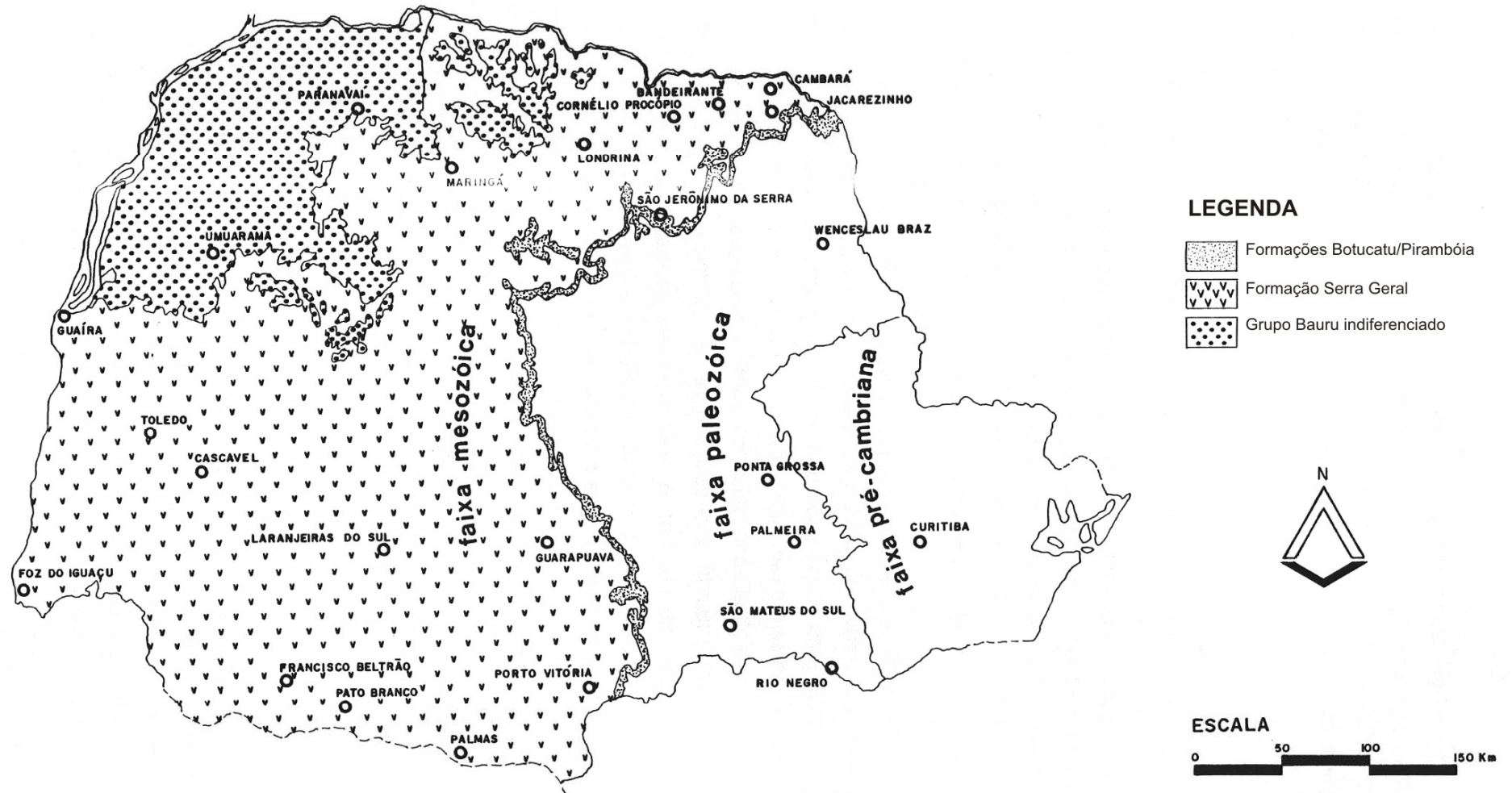


FIGURA 8 - ESBOÇO GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DO ESTADO DO PARANÁ (Base geológica compilada das folhas do DNPM SG-21, SG-22 E SF-22).

Os estudos geocronológicos, até então desenvolvidos, definem a idade deste capeamento de rochas vulcânicas entre 115 e 135 milhões de anos. Os métodos de datação, registrados em rocha e em minerais dão ciência a isso (MELFI, 1967). Eles revelam que, por cerca de 20 milhões de anos, a região da bacia sedimentar do Paraná foi alvo do mais extenso fenômeno vulcanogênico da história do nosso planeta. O magma extravasou, ao longo da superfície de cerca de 1.200.000 km² da crosta terrestre, por extensas e profundas zonas de falha. Os eixos e áreas de maior deposição das formações pré-lavas e da Formação Serra Geral, ilustrados na (Figura 9), revelam muito bem isso.

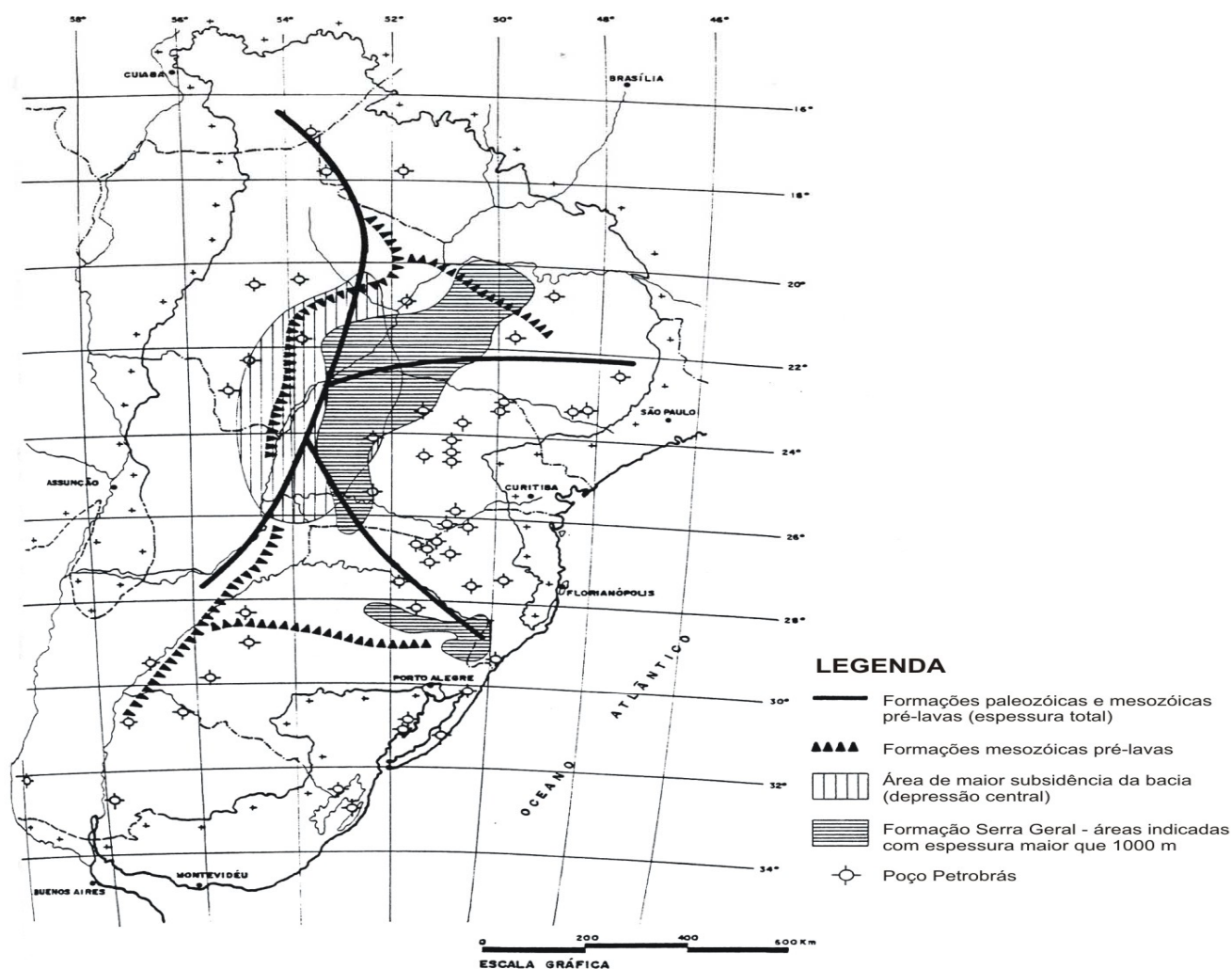


FIGURA 9 - BACIA DO PARANÁ - EIXOS E ÁREAS DE MAIOR DEPOSIÇÃO NAS FORMAÇÕES PRÉ-LAVAS E FORMAÇÃO SERRA GERAL (Compilado de MÜHLMANN et. al., 1974).

Como consequência deste fenômeno vulcanogênico ocorreu, no jurássico superior, a fragmentação do antigo supercontinente do Gondwana. E, com a contínua e gradual separação dos continentes da América do Sul e da África, surgiu o oceano Atlântico.

A Formação Serra Geral ocorre sob a forma de derrames (fluxos de lava). Os derrames constituem-se numa série de unidades superpostas e são representativos do extenso vulcanismo fissural que ocorreu em condições não explosivas, dando origem a extensos platôs, hoje profundamente dissecados pelos processos de intemperismo e de erosão.

Por outro lado, é oportuno lembrar que a conformação dos derrames é proporcionada pelas estruturas peculiares que se desenvolveram nos mesmos, em função do movimento, resfriamento e conteúdo em gases da lava efusiva. Tais feições são mais bem observadas nas escarpas da Formação Serra Geral, nos limites com a depressão periférica da seqüência sedimentar da bacia do Paraná (borda do Terceiro Planalto paranaense). Um conjunto de rochas, com distintos condicionamentos texturais e mineralógicos dão ciência a isso. Em um fluxo completo de lava são reconhecidas três porções distintas: a basal, a central e a superficial. Essas porções estruturais dos derrames, como explicar-se-á, mais adiante, têm um importante significado hidrogeológico para o armazenamento e para a circulação das águas subterrâneas.

Segundo Leinz (1949), esse intenso magmatismo com manifestações intrusivas e extrusivas, de variado caráter químico, ocorreu em clima árido de forma intermitente e assincrônica. Em face disso, no conjunto acima referido, são encontradas intercalações de sedimentos de origem desértica que, embora possam ser litologicamente semelhantes aos arenitos da Formação Botucatu sotoposto, não podem ser a estes associados, pois representam efêmeros episódios na sedimentação eólica.

Em decorrência disso, depreende-se que o magma extravasou do interior da crosta terrestre, cobrindo, quase por completo, o antigo e imenso deserto de areias. No território brasileiro a Formação Serra Geral cobre cerca de 85,5% da área do antigo deserto. Há regiões onde a superposição dos derrames de lava originou capeamentos vulcânicos com mais de 1.500m de espessura. Há registros de derrames com espessuras variando de menos de 10m a mais de 100m. A espessura

média dos derrames no Estado do Paraná, registrada em 225 poços uniformemente distribuídos, é de 33m (FRAGA, 1986).

A Formação Serra Geral é essencialmente constituída por rochas que, na nomenclatura petrográfica, são classificadas como basaltos. Os basaltos são constituídos essencialmente por piroxênios e por plagioclásios cálcicos.

Os piroxênios são silicatos ferromagnesianos que têm fórmula química geral:

$XY(Si_2O_6)$.

Os cátions X (os maiores) são geralmente sódio (Na) e/ou cálcio (Ca). Os cátions Y (os menores) são magnésio (Mg), ferro (Fe^{2+} e Fe^{3+}), alumínio (Al^{3+}), manganês (Mn^{2+} e Mn^{3+}), lítio (Li) e titânio (Ti^{4+}).

Os plagioclásios, que formam uma série isomórfica contínua, são silicatos de alumínio, onde há miscibilidade em todas as proporções entre o sódio (Na) e o cálcio (Ca). Por isso não há fórmula química definida para eles. Os extremos da série são formados por:

$NaAlSi_3O_8$ (albita)

$CaAl_2Si_2O_8$ (anortita)

3.5 Hidrogeologia

3.5.1 Conceituação Física do Aquífero Serra Geral

O substrato da região de Cascavel é essencialmente formado pelas rochas vulcânicas (basaltos) da Formação Serra Geral.

No mundo inteiro as rochas vulcânicas apresentam condições *sui generis* de jazimento e circulação da água subterrânea. O modo de ocorrência, as características geoestruturais e os estágios múltiplos de formação dessas rochas fundamentam isso (FRAGA, 2003).

No Estado do Paraná o aquífero Serra Geral já foi alvo de estudo em nível regional e macroeconômico por FRAGA e ROSA FILHO (1986) e um estudo restrito e locacional foi realizado por CELLIGOI e DUARTE (1994).

Nas regiões já estudadas, dos diversos estados brasileiros, o aquífero Serra Geral tem se manifestado como um meio fraturado extremamente heterogêneo,

descontínuo e anisotrópico. A ocorrência e/ou circulação da água subterrânea só é constatada ao longo de discontinuidades físicas, cujas geometrias (extensão e espessura saturada) são de difícil avaliação. Os ensaios de bombeamento em poços circunscritos a uma mesma área de exploração revelam tratar-se de um meio fraturado com acentuada variação lateral de permeabilidade.

O estudo da relação entre as profundidades dos poços e as vazões calculadas reforça o condicionamento da heterogeneidade do aquífero, pois revela uma ampla dispersão dos valores em relação à média. Raríssimas são as situações onde as entradas de água nos poços se relacionam a sistemas de fraturas amplamente intercomunicados, assegurando, assim, rendimentos hidráulicos similares para distintos pontos de captação (FRAGA, 1986).

Segundo REBOUÇAS (1976), As entradas de águas mais rasas, neste meio fraturado, revelam a condição de aquífero livre. Entretanto, nos poços onde as entradas de água são mais profundas o meio fraturado apresenta uma acentuada evolução para condições de artesianismo.

No modelo conceitual e físico do aquífero, uma das variáveis mais expressivas e condicionantes no armazenamento e na circulação da água subterrânea é a **espessura dos derrames penetrados** (dos fluxos de lava) e as características texturais de suas zonas de desgaseificação (número, tamanho e intercomunicação dos vacúolos). Enquanto a espessura do derrame condiciona a frequência das entradas de água nos poços, a natureza dos vacúolos (vesículas) define a permeabilidade do meio.

No Estado do Paraná os estudos até então desenvolvidos revelam, em que pese à heterogeneidade do meio basáltico fraturado, que o aquífero Serra Geral pode ser subdividido em dois grandes e distintos compartimentos hidrogeológicos: **Serra Geral Sul** e **Serra Geral Norte**. O compartimento Sul abrange as bacias do Médio e Baixo Iguaçu, e o compartimento Norte, as bacias dos rios Piquiri e Ivaí. Os dados das capacidades específicas (rendimentos hidráulicos) de mais de uma centena de poços apresentados por FRAGA (1992) dão ciência a isso, ao revelar dois meios com notáveis diferenças de transmissividade. Conforme se pode constatar na (**Figura 10**), o valor da mediana da capacidade específica Norte é 6,5 vezes maior ($1,53\text{m}^3/\text{h.m}$) do que o da capacidade específica Sul ($0,235\text{ m}^3/\text{h.m}$). Assim, o Serra Geral Norte é um meio fraturado com reservas exploráveis bem mais promissoras do que o Serra Geral Sul.

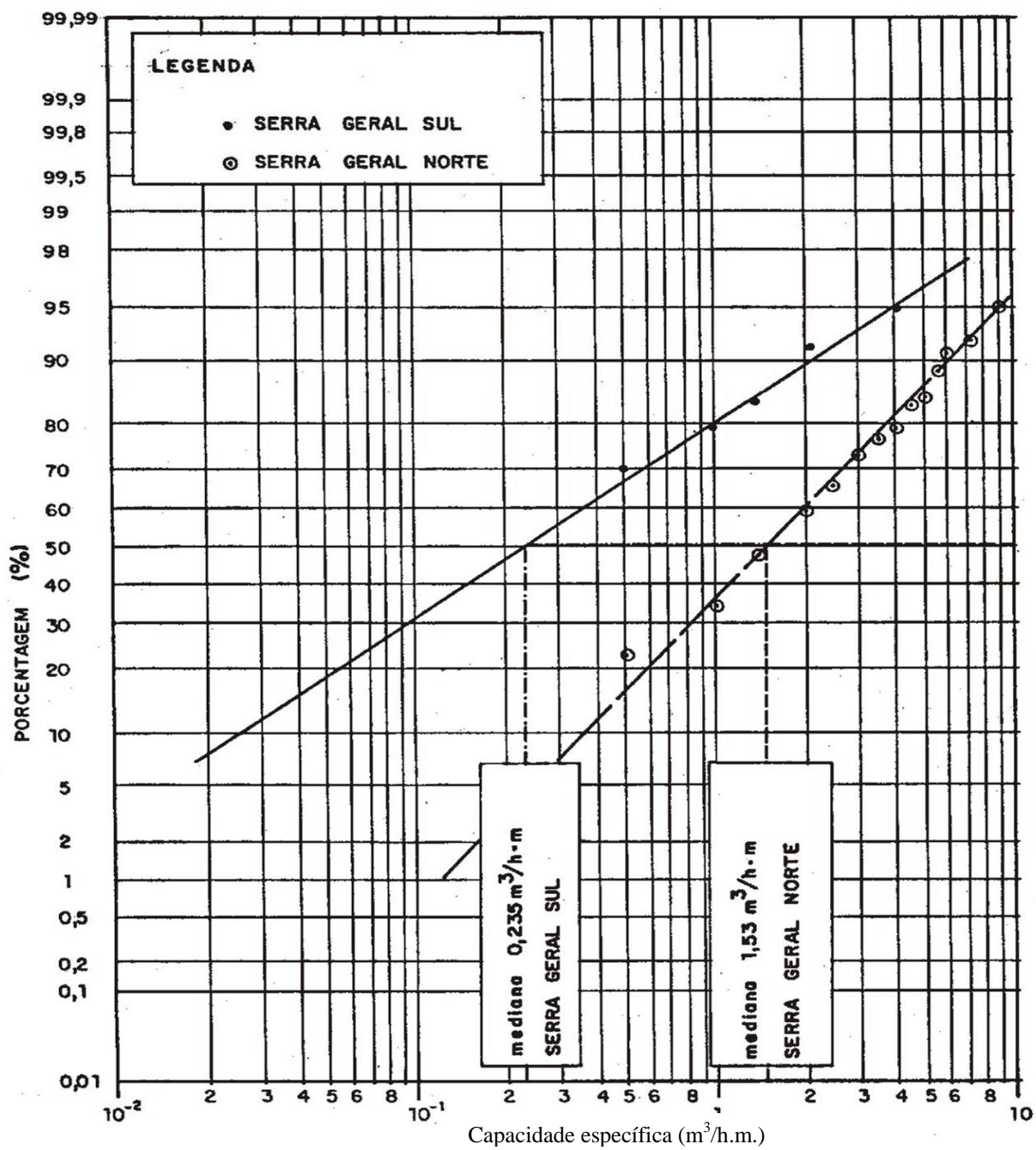


FIGURA 10 – CURVA ACUMULATIVA DE PROBABILIDADE LOGARÍTIMO NORMAL DA CAPACIDADE ESPECÍFICA – SERRA GERAL NORTE E SERRA GERAL SUL (FRAGA 1986; 1992).

Em ambos os compartimentos, hidraulicamente diferenciados, chama a atenção a diferença acentuada que existe no condicionamento geomorfológico das bacias hidrográficas. Nas bacias dos rios Piquiri e Ivaí, o modelo de relevo é mais suavizado, os derrames basálticos são menos espessos e apresentam-se sob a forma de amplas colinas de vertentes com perfis retilíneos e convexos. Nas sub-bacias do Médio e Baixo Iguaçu, os vales são mais profundos, as escarpas são mais abruptas e os interflúvios estreitos. Há uma exposição de derrames mais antigos e mais espessos. Para esse condicionamento geomorfológico, os reservatórios de água subterrânea são mais limitados e não têm extensão lateral. Os resultados mais expressivos, e que são raros, só têm sido constatados ao longo de zonas de fraturamento de importância regional, associadas às condições especiais do processo de disjunção dos basaltos.

Por outro lado, a estatística dos furos de sondagens tem revelado que a espessura média de um derrame, no Paraná, é da ordem de 33m. Nas regiões do Médio e Baixo Iguaçu, contudo, a espessura dos derrames basálticos é maior. Dentro deste contexto geológico, a ocorrência da água subterrânea só tem sido observada ao longo das descontinuidades físicas dos últimos três ou quatro derrames. Raramente é constatada a circulação em profundidades maiores. No projeto de 225 poços perfurados em regiões de similaridade geológica à área urbana de Cascavel (bacias dos rios Piquiri e Ivaí) há comprovação disso. Em mais de 60% dos poços, com profundidade média de 150m, foram penetrados, integralmente, quatro ou cinco derrames.

Segundo FRAGA (2002), quando se tem como meta o melhor rendimento hidráulico dos poços, não é recomendável aprofundar (a não ser por outro interesse geológico) os furos além dos 150m. Raríssimas são as situações onde se observam entradas de água nos poços além desta profundidade.

No último caso, onde se constata a circulação de águas mais profundas, os poços podem apresentar águas minerais enriquecidas em cálcio, magnésio, ferro, sílica e bicarbonato, principalmente. Três fatores contribuem para isso:

1. A composição química dos horizontes vesiculares, com excepcional ocorrência de minerais secundários (ver figura 12).
2. A ocorrência de áreas onde os poços captam águas mais antigas e muito distantes das possíveis áreas de recarga do aquífero.
3. A prospecção de áreas com intensos e profundos sistemas de fraturamentos, onde o aquífero Serra Geral se acha conectado às águas de outros aquíferos mais profundos. No modelo de conceituação física do meio basáltico fraturado, a circulação da água subterrânea se dá, conforme ficou subentendido, ao longo de fraturas conectoras dos

horizontes vesiculares. Para poços de alto rendimento hidráulico, freqüentemente localizados em vales formados por intenso fraturamento das rochas, é admissível, como analogia de estudo, que a circulação e o armazenamento da água ocorra sob a forma de uma **macroesponja**. Essa macroesponja é formada por vazios com 2 a 10cm de diâmetro, largura de 5 a 10km e com espessura de 15 a 20m. Para todos os efeitos deve-se acrescentar a essa estrutura uma série de cortes verticais e subverticais que são responsáveis pela recarga do aquífero.

As figuras 11, 12 e 13, que são frações de afloramento e de detalhe do aquífero na Região Oeste do Paraná, se prestam muito bem para ilustrar isso.



FIGURA 11 – Detalhes do condicionamento geoestrutural de dois derrames basálticos

Na porção superior da figura observa-se uma série de fraturas verticais e subverticais (conectoras da água), produzidas, originalmente, pelo resfriamento e solidificação da lava. No centro da foto há ocorrência de fraturas horizontais, típicas da porção inferior do derrame. No limite inferior da foto observa-se a superfície de descontinuidade física interderrame. Normalmente, no subsolo, na passagem de um derrame para outro há, junto a essa superfície, a ocorrência de fluxo preferencial de água subterrânea. Observar que o afloramento se encontra em estado avançado de decomposição química. (FRAGA, 2002).



FIGURA 12 – Detalhe da porção superficial do derrame basáltico inferior

Parcialmente visualizado na figura anterior, a porção superficial do derrame basáltico inferior. Trata-se de um basalto vesicular (vazios originados pelo resfriamento da lava e pela contenção das bolhas de gases do magma. O armazenamento da água subterrânea se dá ao longo dessas estruturas. A condutividade hidráulica do basalto depende da conexão desses vazios. O modelo da macroesponja é conceitual e fisicamente explicado assim. Observar que há vesículas preenchidas por minerais secundários de coloração clara. São esses os minerais responsáveis pelo enriquecimento químico da água, (FRAGA, 2002).

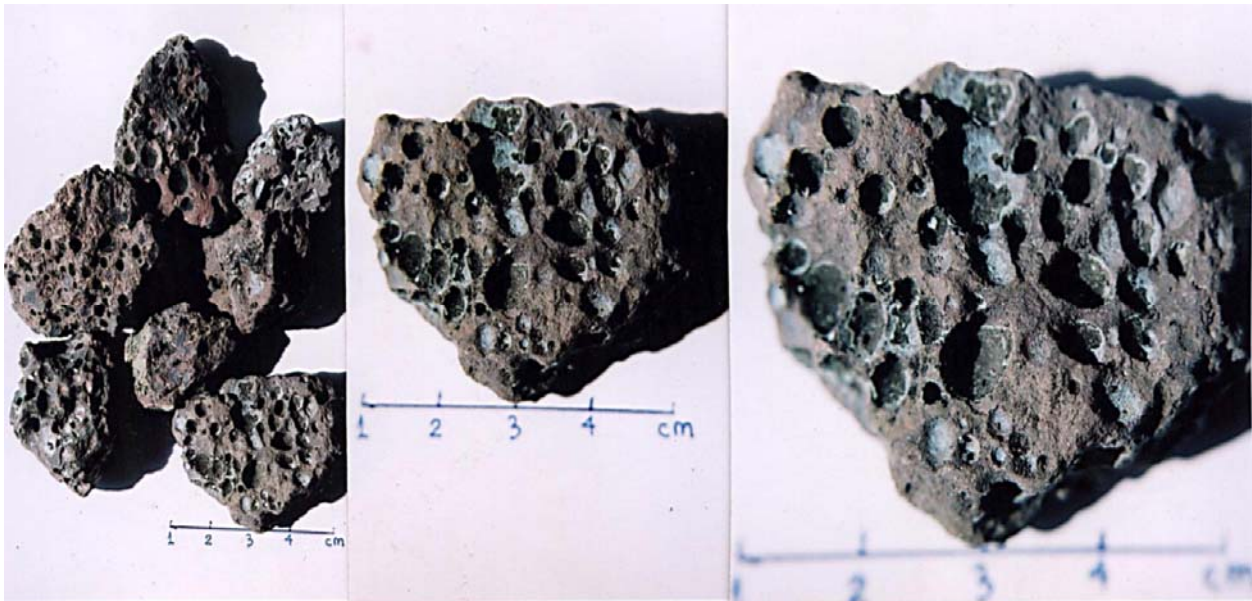


FIGURA 13 – Detalhe dos fragmentos de basalto vesículo-amigdaloidal

Fonte: . FRAGA, 2002.

A figura 13 apresenta detalhes dos fragmentos do basalto vesículo-amigdaloidal extraídos de intervalos de profundidades correspondentes às entradas de água de poços localizados na Região Oeste do Paraná.

CAPÍTULO 4 – INTERPRETAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS POÇOS CADASTRADOS

Conforme se pode observar no mapa da (Figura 1 - MAPA), a área urbana de Cascavel se localiza num divisor tríplice de águas. Ao norte, a bacia do rio Piquiri é formada, principalmente, de leste para oeste, pelos traços de drenagem: Barreiro, Acerro e Melissa. A oeste, na bacia do Paraná III, destaca-se o rio das Antas. E, ao sul, na bacia do Iguaçu, os principais traços de drenagem são: o rio Cascavel e o rio Quati. É importante ressaltar que o rio Cascavel é, atualmente, o principal manancial de abastecimento d'água da cidade.

O divisor tríplice de águas coincide com os eixos das avenidas Brasil e Tancredo Neves. Ao longo dele existem cotas altimétricas superiores a 780 m acima do nível do mar. Ao Norte desse divisor de águas existem sete interflúvios espacialmente distribuídos ao longo das nascentes que formam a bacia do rio Piquiri. Ao sul são seis interflúvios relacionados à bacia do rio Iguaçu. E a oeste, nas nascentes do rio Paraná III, existem cinco interflúvios circunscritos à área urbana de Cascavel. Dentro desta análise fisiográfica não foram consideradas as pequenas depressões topográficas relacionadas às nascentes dos córregos cujos comprimentos são inferiores a 2,5 km (Figura 1 - MAPA).

Dentro desse cenário geológico, estima-se que há mais de 350 poços tubulares profundos. Uma fração considerável dos poços perfurados é muito antiga. São poços perfurados pelo método de percussão a cabo, por empresas de perfuração que não existem mais. Assim, não foi possível localizar e recuperar os dados construtivos e hidráulicos de muitos poços.

Dentro do universo estimado dos poços, 85 poços foram selecionados para a análise estatística dos parâmetros hidráulicos do aquífero Serra Geral e para avaliação da composição química e da qualidade das suas águas (Anexo 5). Trinta e quatro, dos 86 poços selecionados, não se acham, contudo, ilustrados no mapa da (Figura 1 - MAPA), haja vista que, por falta de informação, eles não puderam ser localizados na inspeção ambiental.

Grande parte dos poços cadastrados se localiza (conforme mencionado no roteiro metodológico) no anel central da cidade, em uma superfície inferior a 4 km². Ao Norte do eixo da Avenida Brasil, há quadras urbanas, onde se concentra o maior

número de edifícios, e onde existem mais de dois ou três poços tubulares profundos em menos de 10.000m². Nesta área as distâncias entre um poço e outro, normalmente, são inferiores a 30m. Apenas 17,74% dos poços cadastrados situam-se fora do anel central da cidade. Dentre eles destacam-se as baterias de poços da área industrial da COOPAVEL – Cooperativa Agropecuária e da SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná, onde, graças aos estudos de (reavaliação) avaliação hidráulica dos poços, recentemente conduzido, o aquífero Serra Geral vem sendo explorado de forma hidrogeologicamente sustentável (Figura 1 - MAPA).

Quanto à consistência das informações hidráulicas contidas nos relatórios dos poços selecionados, é fundamental reforçar, neste estudo, que, todos os poços perfurados no anel central da área urbana de Cascavel foram, indistintamente, submetidos, a uma só etapa de bombeamento. Frequentemente, o tempo de avaliação do poço, foi de no máximo 12 horas. Esse tem sido, infelizmente, o critério aplicado pelas perfuradoras de poços a clientes particulares, onde não há acompanhamento e fiscalização dos programas de perfuração e de produção dos poços. O custo, também, para uma avaliação mais criteriosa se torna, em face da concorrência acirrada, proibitivo. O que alimenta esse procedimento (no caso de Cascavel) é que o aquífero Serra Geral, com frequência, apresenta uma potencialidade hidráulica que sobrepuja às demandas requeridas pelos condomínios residenciais, postos de combustíveis, hotéis e demais estabelecimentos comerciais. Na ficha de avaliação dos poços cadastrados, em anexo, se pode constatar que um percentual significativo dos poços perfurados no anel central da cidade tem capacidades específicas (m³/h.m) muito elevadas, e são bombeados com taxas inferiores ao que o aquífero Serra Geral poderia realmente produzir.

Com a aplicação desse procedimento de avaliação hidráulica só é possível, objetivamente, definir, a estabilização momentânea do nível dinâmico de cada poço. A vazão otimizada, sustentável, dos poços, requer, para esse tipo de aquífero, outra linha de raciocínio. Neste tipo de aquífero, o rebaixamento máximo disponível do nível d'água tem que ser experimentalmente definido.

Em um meio fraturado heterogêneo, descontínuo e anisotrópico não há, por outro lado, formulações matemáticas que assegurem o cálculo das vazões sustentáveis dos poços. Inúmeros poços perfurados no aquífero Serra Geral revelam que a ocorrência e a circulação da água obedecem tão-somente às direções de fraturamento mais intensas e abertas. É admissível ocorrer, inclusive, nestes meios

fraturados, grandes variações de condutividade hidráulica. São esses argumentos que dão ciência à ocorrência de poços de alta vazão associados com poços de baixo rendimento hidráulico. Na área pesquisada, o cenário não foi diferente.

Diante do que foi exposto, a aplicação da Lei de Darcy, para o cálculo das vazões dos poços perfurados em meios fraturados, não faz sentido. As formulações matemáticas idealizadas só podem e devem ser aplicadas com muita restrição. Na verdade, as equações e modelos matemáticos não passam de simples aproximações. Não é incomum a introdução de erros que comprometem as interpretações e avaliações dos resultados. Um número considerável de trabalhos publicados na literatura científica ilustra muito bem isso.

A solução do problema tem sido alcançada com resoluções gráficas aplicadas a partir de procedimentos experimentais. A introdução de fatores de segurança no cálculo das vazões, hidrogeologicamente sustentáveis, difere muito. Em função da concepção e alcance, cada profissional tem uma metodologia de trabalho.

A experiência tem demonstrado que os níveis dinâmicos de equilíbrio dos poços ocorrem sempre muito acima das profundidades das principais entradas de água. Não existe relação entre o rebaixamento máximo disponível do nível da água e a espessura saturada do aquífero. Para solucionar o problema surgiu um artifício experimental: o teste de bombeamento do tipo escalonado contínuo. É só com os dados, de no mínimo três etapas de bombeamento, que são gerados dados para se obter o ponto crítico de cada poço, para condições de bombeamento isolado e/ou simultâneo e, hidráulicamente, sua equação característica. O ponto crítico corresponde à taxa de bombeamento máxima que, teoricamente, o poço possa ser submetido. Esse ponto representa o limite máximo de proporcionalidade entre vazão (Q) e o rebaixamento do nível d'água (s_w). Na verdade, o ponto crítico revela o nível dinâmico de equilíbrio momentâneo do poço. Qualquer poço que for operado com vazões além do ponto crítico sofre os efeitos da queda de produtividade. O aquífero é, assim, lenta e gradualmente exaurido.

Em face da consistência (alcance) dos dados disponíveis, só dois parâmetros puderam ser cientificamente considerados no estudo geoestatístico do aquífero Serra Geral na área urbana de Cascavel: a freqüência das profundidades das entradas de água e a freqüência das capacidades específicas dos poços. Dos 85 poços selecionados, é interessante ressaltar nesta análise que, em 22 poços há registro de mais de um horizonte de água. O rendimento hidráulico destes poços é

relativamente maior e foi avaliado, separadamente. Embora se desconheça, também, neste estágio de conhecimento, outros dados do aquífero, estas duas variáveis são muito importantes na concepção da sua hidráulica e na concepção da sua conceituação física.

Na (Figura 14) foi traçado a curva acumulada e o histograma de freqüência das profundidades das entradas de água de todos os poços cadastrados. Nela se pode observar que a média das profundidades de água encontrada nos poços é de 84m; sendo que 50% dos poços apresentam entradas de água localizadas a menos de 69m de profundidade; e 90% dos poços apresentam entradas de água localizadas a menos de 129m de profundidade. Considerando que a espessura do manto de intemperismo (solo mais rocha decomposta) ao longo dos interflúvios da área urbana é da ordem de duas, três ou mesmo mais dezenas de metros, o aquífero Serra Geral na área urbana de Cascavel é relativamente raso, e bem protegido aos efeitos da atividade antrópica.

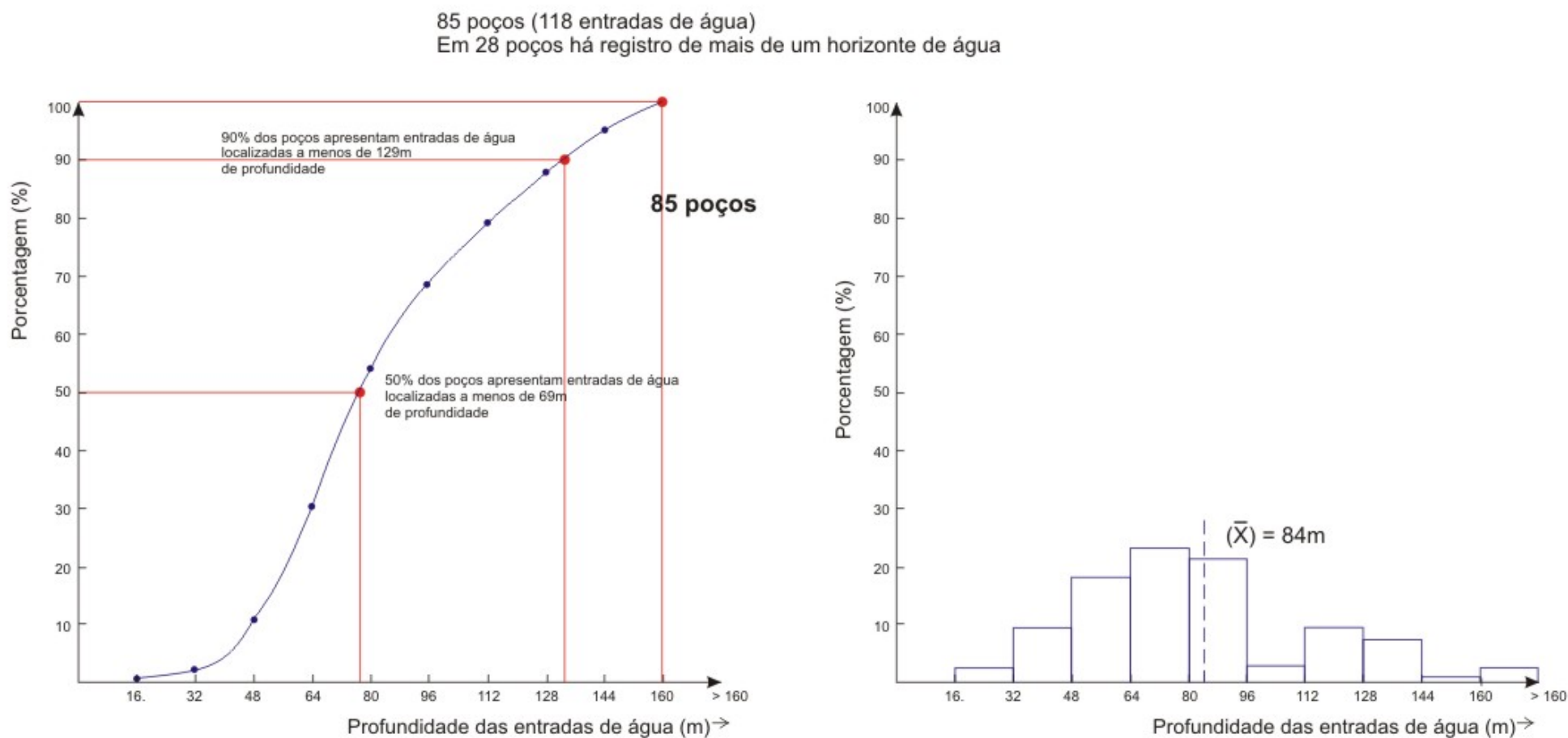


FIGURA 14 - CURVA ACUMULADA E HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA DAS PROFUNDIDADES DAS ENTRADAS DE ÁGUA DOS POÇOS DA ÁREA URBANA DE CASCAVEL (AQUÍFERO SERRA GERAL)

Na Figura 15 foi traçado a curva acumulada e o histograma de freqüência da capacidade específica dos poços.

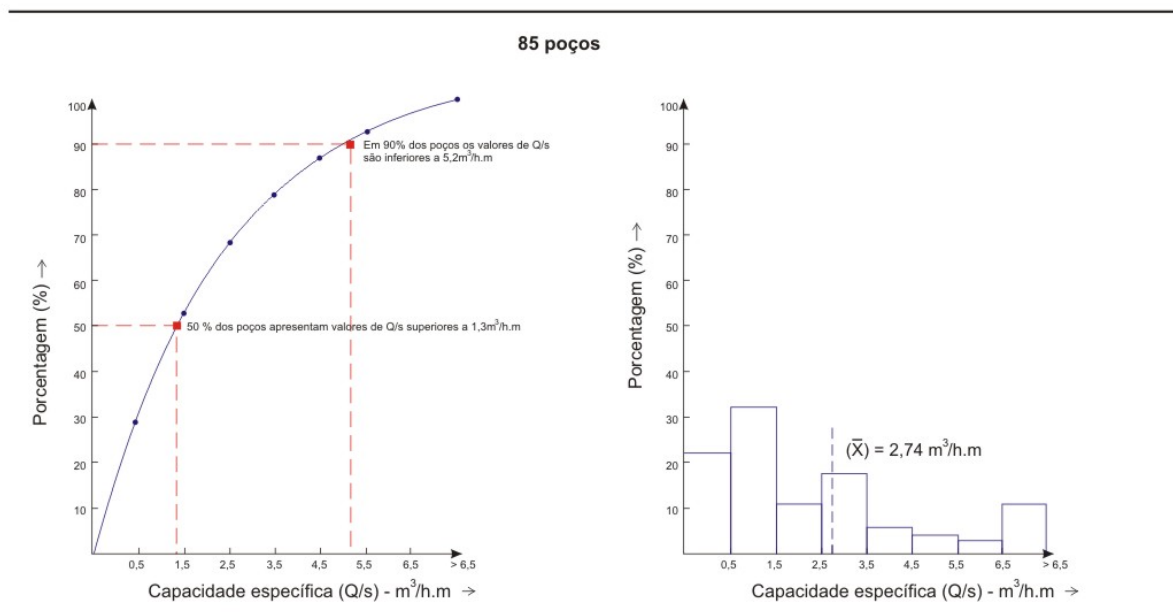


FIGURA 15 - CURVA ACUMULADA E HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA DA CAPACIDADE ESPECÍFICA DOS POÇOS DA ÁREA URBANA DE CASCAVEL (AQUÍFERO SERRA GERAL)

Com os dados disponíveis se pode constatar que o valor da média do rendimento hidráulico dos poços é de $2,74 \text{ m}^3/\text{h.m}$; sendo que 50% dos poços apresentam valores de capacidade específica superiores a $1,3 \text{ m}^3/\text{h.m}$; e em 90% dos poços os valores da capacidade específica são inferiores a $5,2 \text{ m}^3/\text{h.m}$. Esses valores revelam que o meio basáltico fraturado tem condutividade hidráulica relativamente elevada, mesmo quando se considera o universo de poços locados sem critério geológico. O que vem reforçar isso é análise estatística feita em 22 poços onde foram detectados, na penetração do aquífero, mais de um horizonte com água. O valor da média da capacidade específica, neste caso, sofre um acréscimo percentual de 17,88% ($3,23 \text{ m}^3/\text{h.m}$); sendo que 50% dos poços apresentam valores de capacidade específica de $1,5 \text{ m}^3/\text{h.m}$; e em 90% dos poços os valores da capacidade específica são inferiores a $4,8 \text{ m}^3/\text{h.m}$ (ver Figura 16).

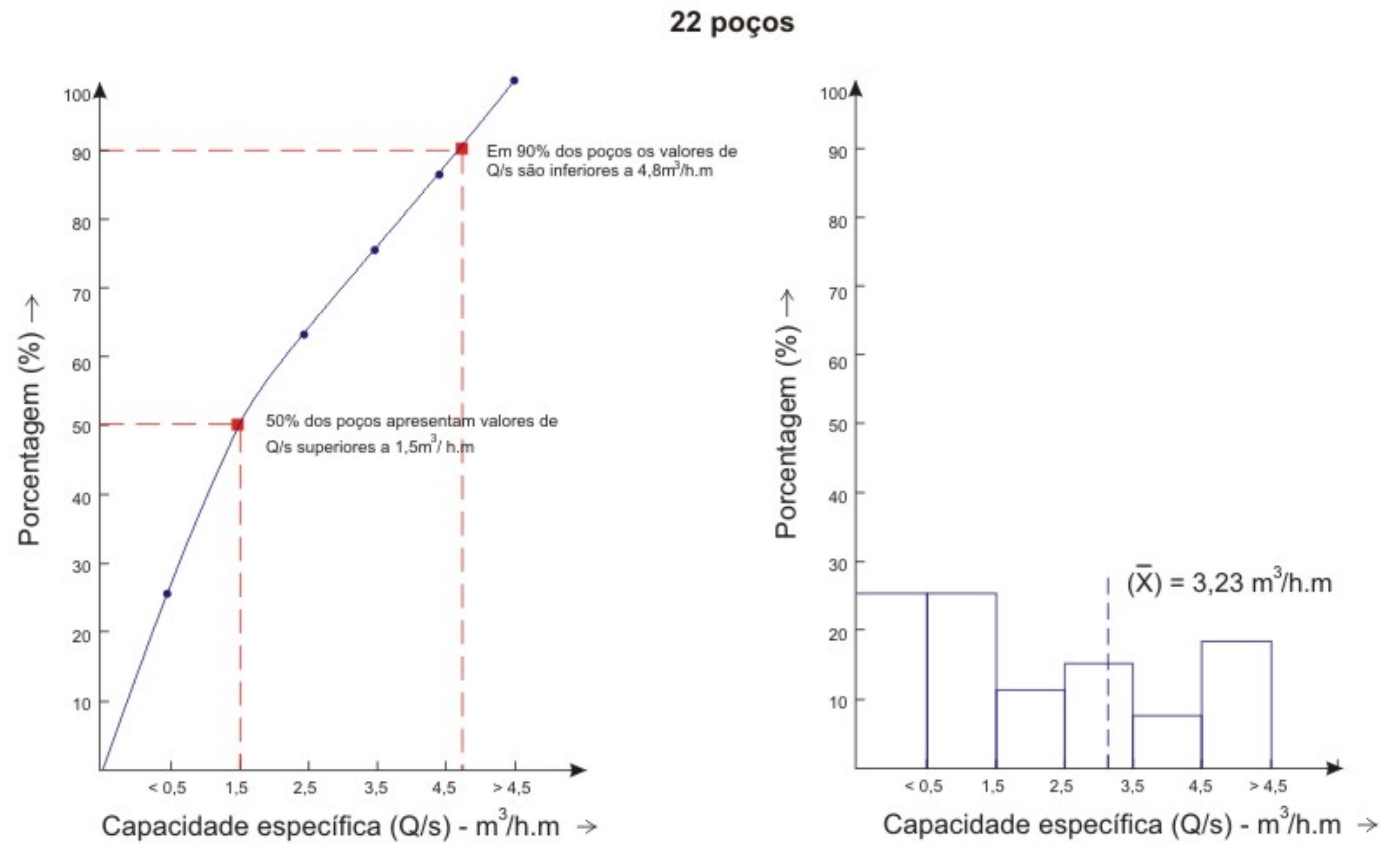


FIGURA 16 - CURVA ACUMULADA E HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA DA CAPACIDADE ESPECÍFICA DOS POÇOS DA ÁREA URBANA DE CASCAVEL ONDE FORAM OBSERVADOS MAIS DE UM HORIZONTE COM ÁGUA (AQUÍFERO SERRA GERAL)

Em três situações distintas, o aquífero Serra Geral pôde ser, hidráulicamente, melhor avaliado: no Sistema Santa Cruz da Sanepar; no Sistema da Área Industrial da Coopavel; e no Sistema da Chácara da Coopavel (Figura 1 - MAPA).

No Sistema Santa Cruz, localizado nas nascentes do rio das Antas, existem três poços perfurados que foram projetados, acompanhados e fiscalizados com critério científico. A Sanepar desenvolveu, em caráter emergencial, um estudo de prospecção hidrogeológica, com recursos de imagens de radar e satélite. O déficit de água produzido, nos períodos de mais longa estiagem, foi, assim, temporariamente combatido. A descrição detalhada das amostras de calha dos poços perfurados pelo sistema rotopneumático permitiu avaliar espacialmente as características físicas e a transmissividade do aquífero Serra Geral, nas nascentes do rio das Antas. Ao longo de 120m de penetração no meio basáltico fraturado foram detectados três fluxos de lava e dois horizontes distintos com água (FRAGA, 1994). Na (figura 17) é ilustrado a ocorrência da água nos dois meios fraturados, sendo que as principais entradas de água nos poços ocorrem nos seguintes intervalos de profundidade: poço P₂, entre 75 e 78m; poço P₃, entre 99 e 102m; e poço P₄, entre 75 e 81m. Nesta área, conforme é ilustrado na Figura 14, a transmissividade do aquífero Serra Geral cresce, significativamente, de oeste para leste poço P₂ = 4,1 m³/h-m; poço P₃ = 17,4 m³/h-m; e poço P₄ = 33,5 m³/h-m).

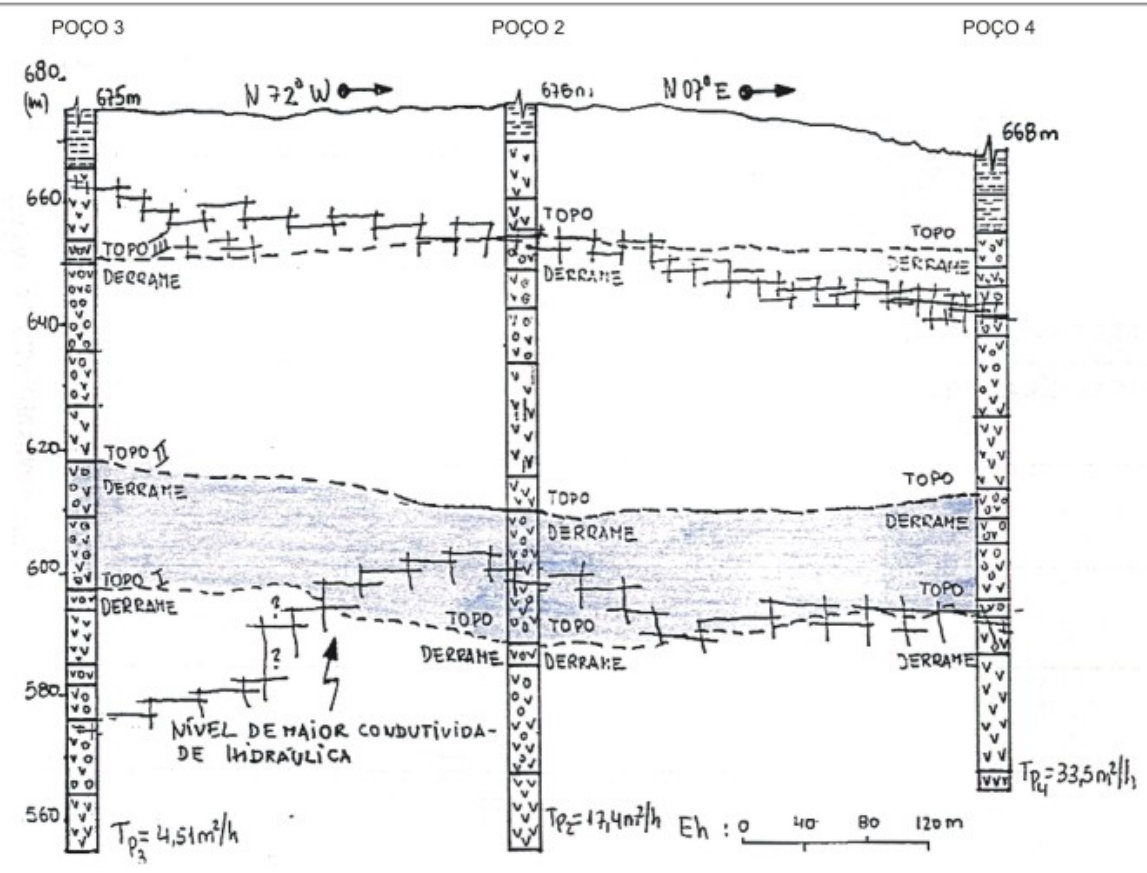


FIGURA 17 - CORRELAÇÃO DOS PERFIS LITOLÓGICOS - AQUIFERO SERRA GERAL (CASCAVEL / SISTEMA SANTA CRUZ (FRAGA, 1994)

No Sistema da Área Industrial da Coopavel, um recente estudo de (re) avaliação hidráulica dos poços foi desenvolvido para calcular a vazão sustentável de uma bateria de 19 poços perfurados sem critério científico. Nesta área (nascentes do rio Barreiro) o aquífero Serra Geral vinha sendo, pelos bombeamentos desordenados, lento e gradualmente exaurido. Hoje, dos 19 poços perfurados, apenas sete poços estão sendo operados. A vazão sustentável para esse conjunto de poços é de 171,64 m³/h. O rendimento hidráulico médio dos poços locados sem critérios geológicos, para as vazões dos pontos críticos, é de 1,93 m³/h.m.

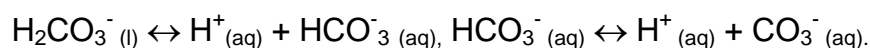
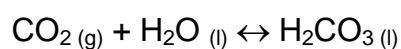
No Sistema da Chácara da Coopavel existe um poço, o P₂₀ – ver (Figura 1 - MAPA) que foi locado com critério científico e que, juntamente com o poço P₄ do Sistema Santa Cruz da Sanepar, produz mais de uma centena de metros cúbicos por hora. Estes dois poços revelam o potencial do aquífero Serra Geral ainda desconhecido e não explorado na região.

4.1 Hidrogeoquímica

4.1.1 Generalidades

O ciclo e/ou a origem dos elementos químicos dissolvidos nas águas subterrâneas já se inicia, na verdade, na própria atmosfera. Os gases como o oxigênio (O₂), o dióxido de carbono (CO₂), o nitrogênio (N₂) e traços de outros elementos químicos são incorporados à água durante sua precipitação. É por isso que a água da chuva, apesar de naturalmente destilada, não é pura. A bem da verdade, não existe água pura na natureza.

Toda a água em contato com o ar contém dióxido de carbono dissolvido. A maior parte do CO₂, que existe no processo de formação das chuvas, permanece, inclusive, em solução e, uma fração dele, se combina com a água para formar o ácido carbônico (H₂CO₃). As reações químicas que fundamentam isso se acham descritas abaixo.



São essas reações que fazem com que a água da chuva, que é extremamente diluída, seja moderadamente ácida. Naturalmente, o tempo em que se dá à reação química, que se produz no sistema água-rocha, não pode ser reproduzido em laboratório, porque os minerais que formam as rochas têm, em geral, solubilidades muito baixas. Mas, em geologia, se pode dar tempo ao tempo. A água agindo (circulando) secularmente no meio rochoso produz a sua lixiviação química.

Os elementos maiores, os cátions, como: sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e potássio (K^+) são dissolvidos na forma de carbonatos (CO_3^{2-}), sulfatos (SO_4^{2-}), cloretos (Cl^-) e nitratos (NO_3^-). E as reações químicas produzidas pela água são cientificamente conhecidas como: hidratação e hidrólise. No processo de hidratação a água é incorporada à estrutura do mineral e, pela hidrólise, dá-se à decomposição química.

Conforme ficou, subentendido, o clima dos trópicos exerce uma influência marcante no condicionamento hidrogeoquímico dos aquíferos, haja vista que a água que se infiltra no solo é controlada inteiramente pelo CO_2 dissolvido a partir da biomassa. No aquífero Serra Geral, as reações de hidrólise, que ocorrem sobre seus silicatos cálcicos e ferromagnesianos, produzem uma carga residual, responsável pela formação dos argilominerais e, outra, solúvel, que contribui gradualmente para o enriquecimento das águas em Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe, SiO_2 e HCO_3^- , principalmente.

4.2 - Interpretação dos Resultados

Neste capítulo serão discutidos os resultados das análises físico-químicas dos poços selecionados para a avaliação hidrogeoquímica do aquífero Serra Geral e os efeitos (os impactos) produzidos pelo crescimento urbano desordenado. Embora o aquífero se encontre relativamente bem protegido pelo espesso capeamento de solo, não acusando, por enquanto os efeitos das cargas poluidoras, algumas fontes do lençol freático, sobrepostas, começam a manifestar isso.

As águas de vinte dois poços foram selecionadas para a avaliação hidrogeoquímica do aquífero Serra Geral na área urbana de Cascavel (**anexo 4**). Os resultados das análises físico-químicas de cinco fontes (surgências do lençol freático), uniformemente distribuídas, complementaram esse estudo (ver mapa da Figura 1). As cinco fontes ocorrem ao longo das rupturas de relevo de três bacias

hidrográficas. Entre o eixo da Avenida Brasil e o atual perímetro urbano são cerca de 100m de desnível. As cotas altimétricas destas surgências naturais ocorrem entre 704 a 655m acima do nível do mar. Elas são identificadas da seguinte forma:

- Fonte dos Leões localiza-se na bacia do rio Cascavel, na cota de 704m. No mapa da (**Figura 1 - MAPA**), ela ocorre à jusante do Lago de Cascavel.
- Fonte da Encruzilhada localiza-se na bacia do rio Cascavel, na cota de 708m. No mapa da (**Figura 1 - MAPA**), ela ocorre à jusante do eixo da BR 277.
- Fonte Sete de Setembro localiza-se nas nascentes do rio Quati, num ponto mais central da área urbana de Cascavel. Este olho d'água está situado na cota de 703m.
- Fonte Santo Antônio localiza-se no vale do rio das Antas, na cota de 655m. No mapa da (**Figura 1 - MAPA**), ela ocorre à jusante do sistema de poços Santa Cruz da Sanepar.
- Fonte Seminário localiza-se no norte da área urbana de Cascavel, numa ruptura de relevo, à montante das nascentes de um dos traços de drenagem que forma a bacia do rio das Antas. A cota deste ponto d'água é de 681m.

Os 27 dados das análises físico-químicas das águas foram tratados segundo a concepção química de PIPER (1944). Os pontos calculados se acham plotados no diagrama triangular de Piper modificado, (**Figura 18**). Dezesesseis dos 22 poços selecionados, correspondendo a 80% dos dados consistidos, apresentam águas do tipo **bicarbonatada cálcica ou magnesiana**. Essas águas realmente são típicas dos efeitos do clima, da natureza e da composição química dos minerais que formam as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. Três poços apresentam águas do tipo cloro-sulfatada cálcica ou magnesiana. E, somente um poço, tem água do tipo bicarbonatada sódica.

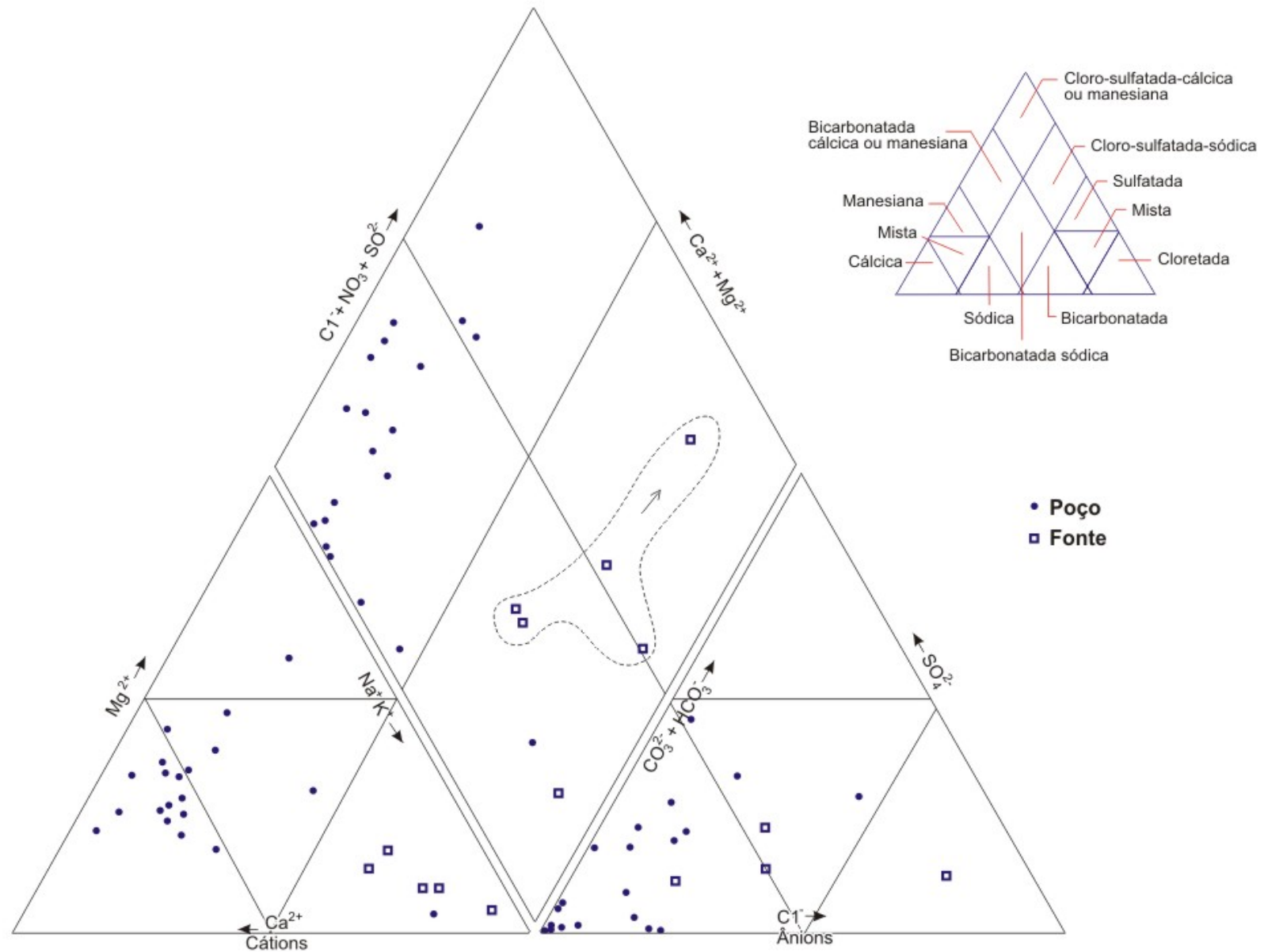


FIGURA 18 - CLASSIFICAÇÃO QUÍMICA DAS ÁGUAS DO AQUIFERO SERRA GERAL NA ÁREA URBANA DE CASCAVEL (DIAGRAMA DE PIPER MODIFICADO)

As cinco fontes, apresentando águas muito menos mineralizadas do que os poços, são classificadas da seguinte forma: as fontes de Santo Antônio e do Seminário são águas do tipo bicarbonatada sódica. As fontes da Encruzilhada, dos Leões e a fonte que ocorre na rua Sete de Setembro, apresentam águas do tipo cloro-sulfatada-sódica.

Embora os dados não sejam suficientes para uma análise mais aprofundada da hidrogeoquímica do aquífero, e dos efeitos neste da atividade antrópica, se pode chegar, com as informações, ora disponíveis, a considerações ambientais importantes sobre a vulnerabilidade à contaminação química deste manancial. São elas:

- Todos os parâmetros físico-químicos analisados (principais cátions e ânions), tanto das fontes como dos poços, se encontram dentro do limite de potabilidade.
- O manancial das fontes, que possui águas menos mineralizadas, tem tempo de permanência no subsolo muito menor e, por isso, suas áreas de recarga não devem ser muito distantes dos pontos de surgências. Todas as cinco fontes analisadas têm seus mecanismos de surgências relacionados às rupturas de relevo. São surgências naturais do lençol freático.
- As águas do lençol freático formam um aquífero suspenso na área urbana, com pontos hidráulicamente interligados e indefinidos ao aquífero Serra Geral, propriamente dito. Esse manancial apresenta água de boa qualidade, mas vulnerável a processo de contaminação química. Os teores de cloretos e sulfatos, presentes em três das cinco fontes analisadas, constituem os elementos químicos farejadores do lento e gradual processo de poluição química que esse manancial vem sofrendo em face dos efeitos do desenvolvimento urbano, segundo os valores obtidos através das análises. Os três poços tubulares profundos que têm águas do tipo cloro-sulfatada cálcica ou magnésiana também são reflexo disso e da inadequada exploração do aquífero.
- O aquífero Serra Geral se acha relativamente bem protegido na área urbana de Cascavel. Um espesso capeamento de solo, com condutividade hidráulica relativamente baixa dá ciência a isso. Contudo, os poços tubulares que estão sendo operados desordenadamente e sem critério científico, constituem um grave risco à contaminação do aquífero Serra Geral, porque os contaminantes químicos são jogados diretamente nos reservatórios de águas subterrâneas.

4.3 Proposta para Gestão Sustentável do Manancial

4.3.1 Diretrizes para a preservação do manancial subterrâneo

Conforme já foi dito, a cidade de Cascavel está localizada numa região topograficamente muito elevada. No eixo da Avenida Brasil existem cotas altimétricas situadas a mais de 780m acima do nível do mar. Grande parte do eixo desta avenida coincide com o divisor de águas das bacias do Iguaçu, ao sul, do Piquiri, ao norte, e do Paraná III, ao oeste. É fácil de compreender que, dentro desta concepção topográfica, os recursos de águas superficiais são limitados e já estão comprometidos com a diluição das cargas de esgoto. Em face disso, a história tem demonstrado que nos períodos de estiagem mais prolongada a situação de abastecimento d'água da cidade se agrava e já correu o risco de interrupção, inúmeras vezes.

Em face dos fatos apontados, justifica-se aprofundar o estudo sistemático das águas subterrâneas e integrar os seus resultados na concepção do Plano Diretor da cidade, haja vista que o aquífero Serra Geral é um recurso natural que tem uma indiscutível importância e significado no desenvolvimento econômico da região. Para que esse manancial seja preservado e, racionalmente, melhor explorado, sugere-se, como diretrizes, mais adiante, o desenvolvimento de um conjunto de atividades:

4.4 Procedimentos para o uso Racional e Sustentável das Águas Subterrâneas de Cascavel

1. Aprofundar os estudos sobre a hidráulica e a hidrogeoquímica do aquífero na área urbana de Cascavel, para avaliar melhor suas reais condições de exploração. A reserva permanente e a reserva explorável do aquífero têm que ser mais bem conhecidas, para que um número finito de poços seja bombeado com vazão hidrogeologicamente sustentável.
2. Prospectar (com os resultados alcançados) áreas relativamente mais produtoras do aquífero e integrá-las, como reservas estratégicas, ao Plano Diretor de Cascavel. É interessante reforçar aqui que com o inevitável crescimento urbano, o sistema de abastecimento d'água da cidade terá que ser forçosamente descentralizado. Neste caso, a exploração do aquífero é a alternativa que melhor aproveitamento permitirá.

3. Criar instrumentos de apoio técnico e jurídico que fundamentem melhor o contínuo processo de outorga do manancial e que obstaculizem sua exploração desordenada. É interessante ressaltar que o atual controle de exploração do aquífero em Cascavel, e nos demais centros urbanos do Paraná, não faz sentido, levando em consideração o descaso com que as autoridades constituídas vêm demonstrando.
4. Proibir a perfuração de poços, sem o prévio estudo hidrogeológico e sem a elaboração de projetos construtivos que justifiquem a exploração sustentável do manancial. A atual forma como os poços vem sendo operados é comprometedor e, fatalmente, conduzirá à contaminação e à exaustão do aquífero. Sugere-se ao município, proibir terminantemente perfurações de poços em calçadas.
5. Diante do atual quadro de degradação ambiental, provocado pela expansão urbana, é fundamental que seja definido, com urgência, um projeto para preservação das fontes e para assegurar, definitivamente, o aproveitamento futuro desse manancial. Para que os objetivos do projeto sejam alcançados será necessário (ou sugere-se) desenvolver os seguintes tópicos: estudar, nas áreas de ocorrência das principais fontes, a origem, a composição química (flutuabilidade dos elementos químicos) e o condicionamento hidráulico (vazão) desse manancial; avaliar o perímetro de proteção ambiental de cada fonte selecionada e definir quais são as fontes que melhor aproveitamento permitirão; executar benfeitorias nas áreas de captação das fontes, objetivando o resguardo do manancial, o controle da qualidade da água e o seu monitoramento ambiental; e reconstruir (sempre que possível), no perímetro de proteção de cada fonte, o cenário da mata nativa original.
6. Definir, na atual gestão ambiental, leis que assegurem a readequação dos poços existentes. É necessário (é fundamental) instrumentalizar os poços para que se possa monitorar seus condicionamentos hidráulicos e a qualidade das suas águas. Assim como um imóvel tem que obedecer ao Plano Diretor de seu município, com os seus devidos recuos para construção, a perfuração

dos poços tem que ser técnica e cientificamente melhor conduzida pelo Poder Público.

7. Fomentar a exploração futura das águas subterrâneas, como fonte de piscicultura e de áreas de recreação, turismo e lazer (criação de parques ecológicos e estâncias hidrominerais).
8. Realizar, junto ao usuário, uma ampla campanha de conscientização ambiental.
9. Cadastrar todas as informações disponíveis, informatizando um banco de dados que possa ser gradual e continuamente atualizado, de todos os poços e fontes existentes.
10. E, por fim (se for o caso), proporcionar à Prefeitura de Cascavel, a experiência em gerenciar esse recurso natural, como uma fonte a mais de arrecadação e prestígio. Contemplando, inclusive na lei orgânica do município, e no Plano Diretor, pedido de autorização para a perfuração de poços, mesmo depois de o empreendedor ter a outorga por parte da SUDERHSA (Superintendência de Recursos Hídricos do Paraná). Desta forma o município estaria tendo um melhor controle de seus recursos hídricos.

CAPITULO 5 - CONCLUSÕES

A análise dos dados disponibilizados (um terço dos poços existentes) revelou que o aquífero Serra Geral, na área urbana de Cascavel, constitui um manancial de grande significado hidrogeológico, haja vista as seguintes conclusões:

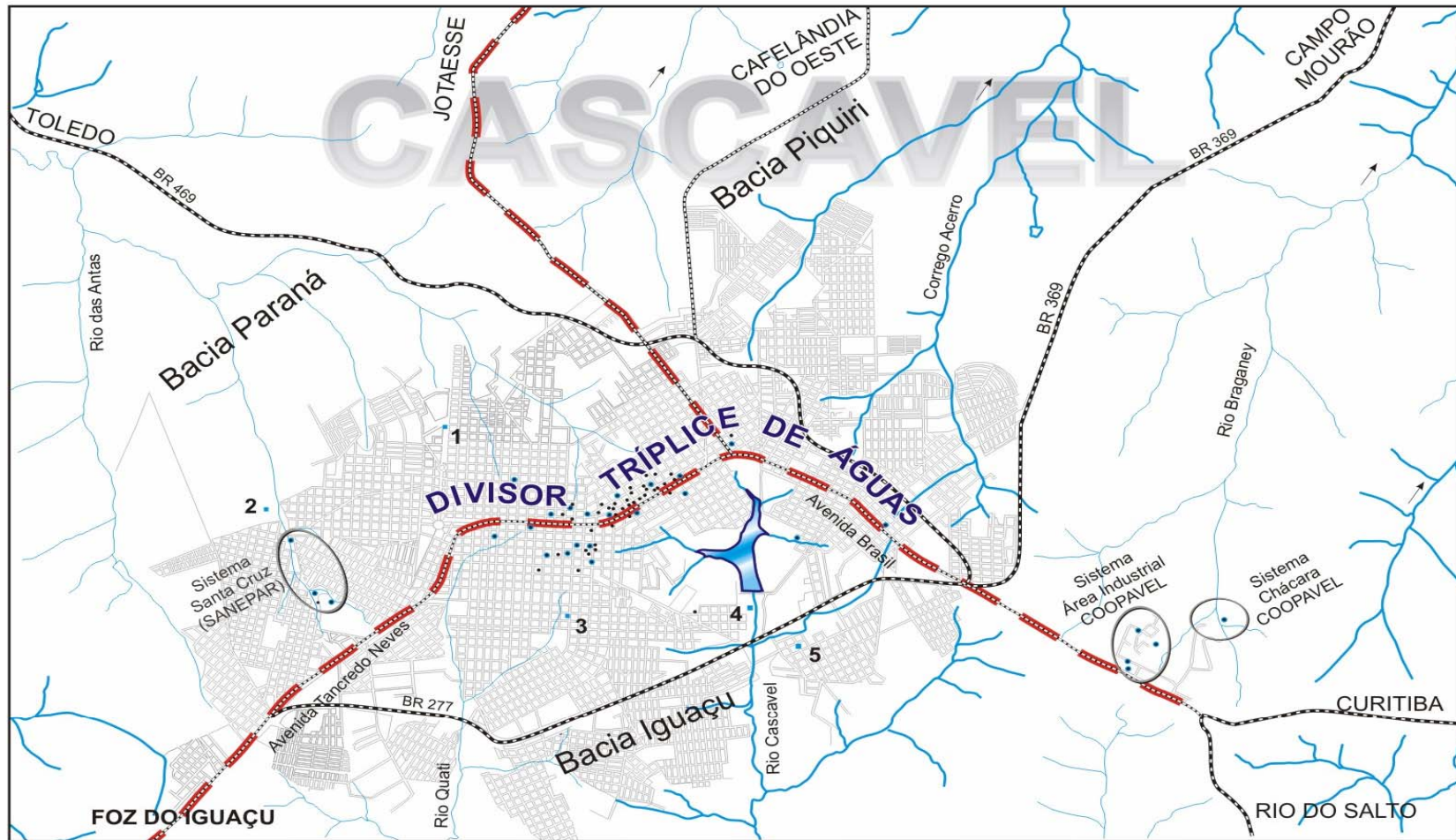
1. A frequência das entradas de água dos poços revelou que o meio basáltico fraturado tem alta condutividade hidráulica e está relativamente bem protegido por um espesso capeamento de solo.
2. Em cerca de um terço dos perfis dos poços analisados, observou-se a existência de mais de um horizonte com água. O valor da média da capacidade específica destes poços é de 3,23 m³/h.m.
3. Mesmo considerando que, na locação dos poços perfurados, não há e não houve como aplicar critérios geológicos, haja vista que o tamanho e o condicionamento geológico das áreas dos imóveis não permitem a prospecção de feições mais promissoras à ocorrência de águas subterrâneas, a análise estatística dos rendimentos hidráulicos dos poços, revelou a existência de um aquífero fraturado muito promissor. A capacidade específica média dos 85 poços analisados é de 2,74m³/h.m.
4. O valor do rebaixamento máximo disponível do nível d'água dos poços considerado (8m) foi extraído (extrapolado) do estudo de reavaliação hidráulica da bateria de poços do Sistema da Área Industrial da Coopavel, que se situa numa área de similaridade geológica à área do anel central da cidade.
5. Se a vazão otimizada do total de poços perfurados fosse dimensionada e pudesse ser interligada à rede de distribuição da cidade, o volume de água extraído do aquífero Serra Geral poderia abastecer uma população de cerca de 657.600 pessoas. No cálculo, considerou-se o seguinte cenário hidrogeológico:

$$300 \text{ poços} \times 8\text{m (rebaixamento máximo do nível d'água)} \times 2,74\text{m}^3/\text{h.m} = 6.576 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$6.576 \text{ m}^3/\text{h} \times 20 \text{ h (regime de bombeamento)} = 131.520 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$131.520 \text{ m}^3/\text{dia} \times 5 \text{ (200 litros/pessoa/dia)} = 657.600 \text{ pessoas/dia}$$

6. Quanto à tipologia e qualidade das águas do aquífero Serra Geral, constatou-se que elas são essencialmente do tipo bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas. Todos os parâmetros físico-químicos analisados se acham dentro do limites de potabilidade.
7. As fontes, que são surgências naturais do lençol freático, e muito mais vulneráveis a processos de contaminação, apresentam águas menos mineralizadas e, embora esse manancial seja de boa qualidade química, os teores de cloretos (notadamente) e de sulfatos, em três das cinco fontes analisadas, já revelam a influência do meio antrópico.
8. Considerando que o aquífero Serra Geral representa uma reserva estratégica de indiscutível importância ecológica e significado econômico, é fundamental criar instrumentos de apoio técnico e jurídico que sustentem uma outorga científica deste manancial e que obstaculizem esse seu atual quadro desordenado de exploração.
9. Por fim, com a interpretação e avaliação dos dados levantados, e com o atual estágio de conhecimento do aquífero Serra Geral, na área urbana de Cascavel, pode-se definir um modelo físico e conceitual desse manancial. A (Figura 19) dá ciência a isso.

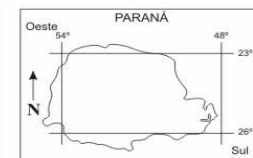


* FIGURA1 - MAPA DE SITUAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO - DENSIDADE DE POÇOS E FONTES CADASTRADOS NA (ÁREA URBANA DE CASCAVEL)
 Fonte: Dados extraídos das folhas SG. 22-V-A-V-3/MI-2818-3 (CASCAVEL-PR) E SG. 22-V-A-IV-4/MI-2817/A do Serviço Geográfico do Exército (1999)



AUTORA: MARLISE DA CRUZ, Mrs.

- LEGENDA (fontes)**
- (1) Fonte Seminário
 - (2) Fonte do Jardim Santo Antonio
 - (3) Fonte 7 de Setembro
 - (4) Fonte dos Leões
 - (5) Fonte Encruzilhada



- LEGENDA**
- poço tubular profundo
 - poço com análise de água
 - fonte
 - - - divisor de águas
 - ~ traço de drenagem

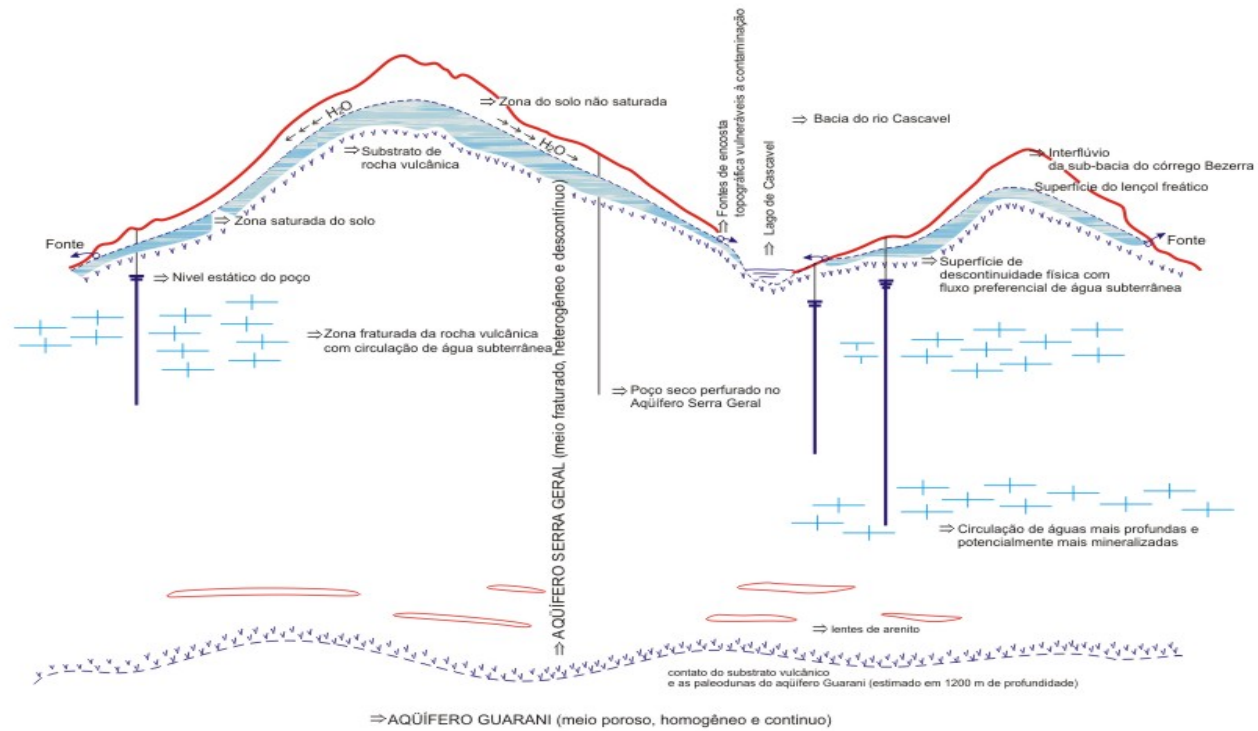


FIGURA 19 - MODELO DE OCORRÊNCIA E CIRCULAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA ÁREA URBANA DE CASCAVEL

5.1 Recomendações para trabalhos futuros

- Avaliar, em trabalhos futuros, a formação de um banco de dados onde conste estudo sobre a hidráulica e a hidrogeoquímica do aquífero;
- Avaliar a reserva permanente e a reserva explorável;
- Prospectar as áreas relativamente mais produtoras do aquífero.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.F.M. de. – **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. Inst. Geogr. Geol., *Bol.* (41): 161-263, 1964.

CEHPAR – CENTRO DE HIDRÁULICA E HIDROLOGIA PROFESSOR PARIGOT DE SOUZA – **Regionalização de vazões de estiagem em pequenas bacias hidrográficas do Estado do Paraná**. Projeto HG-52, aproveitamentos hidrelétricos de pequeno porte. *Relatório Final*, v(2), 17p, 1985.

CELLIGOI, A. DUARTE, U. – **Aspectos hidrogeoquímicos da Formação Serra Geral em Londrina – PR** *Anais 8º Cong. Bras. Águas Subt.* ABAS. Recife-PE, p. 425- 33, 1994.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357 de 17 de Março de 2005**. Capítulo I, Art. 2º - I.

_____. **Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005**. Capítulo II – Da Classificação dos Corpos de Água, Art. 4º - I – A.

FRAGA, C.G. **Introdução ao zoneamento do sistema aquífero Serra Geral no Estado do Paraná**. *Dissertação de Mestrado*. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 125p. (circulação restrita), 1986..

_____. **Origem de fluoreto em águas subterrâneas dos sistemas aquíferos Botucatu e Serra Geral da bacia do Paraná**. *Tese de Doutorado*. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 178p. (circulação restrita), 1992.

_____. **Estudo de prospecção hidrogeológica nas nascentes do rio das Antas**. Relatório da Gerência de Hidrogeologia da Sanepar, Curitiba-PR, 40p, 1994

_____. **Prospecção de águas minerais em Foz do Iguaçu**. *Relatório final de pesquisa*. Área requerida: DNPM 826083/2002, 33p, 2003.

GODOY, H. & CORRÊA, A.R. – **Carta climática do Estado do Paraná: preliminar, s.1, Departamento da Produção Vegetal/Divisão de Meteorologia, s.d. (Escala 1:1. 000.000)**, 1974.

HOLTZ, A.C.T. **Postos com mais de 10 anos de observação**, In: *Bol. Pluviométrico do Estado do Paraná*, Curitiba, (24): 1-5, 1966.

_____. **Isoietas mensais, trimestrais e anuais**, In: *Bol. Pluviométrico do Estado do Paraná*, Curitiba, (24): 1-10, 1966.

IAPAR – INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. *Public. da Fundação Instituto Agrônomo do Paraná*, Londrina – PR, 41p, 1978.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia – Balanço Hídrico Climático – 1961 a 1990

KAYANO, T.M; KOUSKY, V. E; STUDZINSKI, C.D; DIAS, P.L.S. – **As variações intra-zonais da precipitação no Brasil durante o verão de 1989/1990**, In: Climanálise Bol. de Monitoramento e Análise Climática do CETEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (MCT/INPE) São José dos Campos – SP, (4): 40-50, 1990.

LEINZ, V. – **Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil**, Bol. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, USP, 103 (Geol. 5), 1949.

MAACK, R. – **Geografia física do Estado do Paraná**. Publicação da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 347p, 1968.

MELFI, A. J. – **Potassium** – Argon ages for core sample of basaltic rocks from southern Brazil, Geoch, et Cosmoch, *Acta*, p. 1079-89, 1967.

MÜHLMANN, H; et al – **Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná**. Ponta Grossa. Depto. Exploração Sul (DESUL), Petrobrás, *Relatório DESUL* 444.186, 1974.

OEA – Organização dos Estados Americanos – **Bacia do Rio Prata; estudo para sua planificação e desenvolvimento. Inventário de dados hidrológicos e climatológicos**. Departamento de Assuntos Econômicos – Unidade de Recursos Naturais. Washington, Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1969.

PETRI, S. & FÚLFARO, V.J. – **Geologia do Brasil fanerozóico**, T. A. Queiróz, Editor Ltda. Editora da Universidade de São Paulo. 631 p, 1983.

PETROBRÁS – PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. – **Análise da bacia do Paraná. Relatório do DEPEX – CENPES,GT – OS – 009/85**, Rio de Janeiro – RJ, 186p, 1986.

PINTO, H.S. & ALFONSI, R.R. – **Estimativa das temperaturas médias e mínimas mensais no Estado do Paraná, em função de altitude e latitude**. *Caderno de Ciências da Terra*, (52): 1-8, 1974.

PIPER, A.M. – **A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water Analysis**. *Trans. AM. Geophysical Union*, (25): 914-23., 1944.

REBOUÇAS, A. C. – **Recursos hídricos subterrâneos da bacia do Paraná – análise de pré-viabilidade**, São Paulo, *Tese de Livre Docência* apresentada ao Instituto de Geociências – USP, 143p. (circulação restrita), 1976.

REBOUÇAS, A. C. & FRAGA, C.G. – **Hidrogeologia das rochas vulcânicas do Brasil**. *Rev. Águas Subterrâneas (ABAS)* agosto (12): 29-55, 1988.

ROSA FILHO, E.F. & SALAMUNI, R. & BITTENCOURT, A. V.L. – **Informes sobre as águas subterrâneas nos basaltos no Estado do Paraná** (no prelo), 1986.

SANEPAR. Aspectos Econômicos do Aproveitamento do Potencial do Aquífero Serra Geral em Cascavel. agosto, 1994.

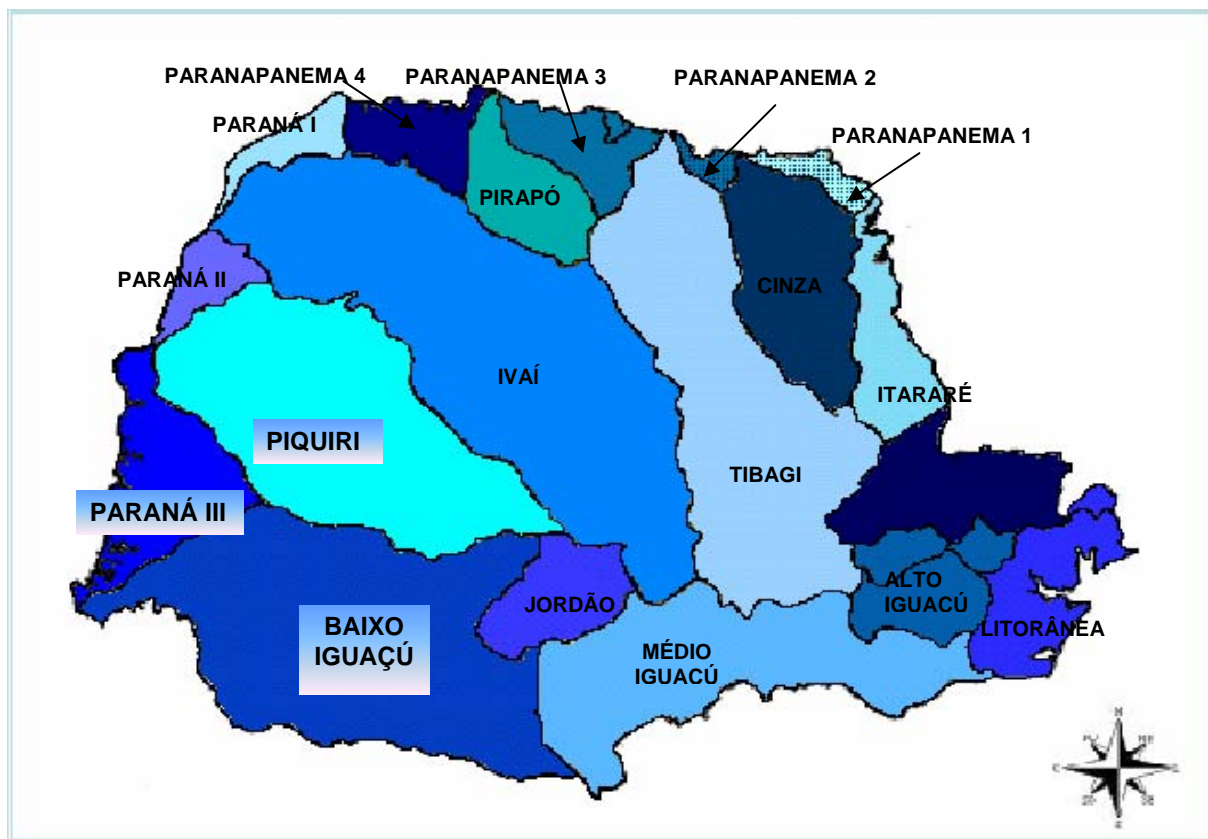
SATYAMURTY, P. & ETCHICHURY, P.C. – **Seca de 1988/89 no extremo sul do Brasil**, In: Climanálise Bol. De Monitoramento e Análise Climática do CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudo Climático (MCT/INPE), São José dos Campos – SP, (4): 31-8, 1989.

SUDERHSA – **Superintendência de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Saneamento** - Grandes Bacias Hidrográficas do Paraná, 2002.

STRAHLER, A.N. – **“Classification of global climates”**. In: **Physical Geography**. 4ed. New York, John Wiley. Parte 3, cap. 14, p. 243-45, 1975.

THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J. R. – **“The water balance”**. Centerton, Laboratory of Climatology. Publications in Climatology, v. 8, nº1, 1955.

ANEXOS

ANEXO 1 - GRANDES BACIAS HIDROGRÁFICAS DO PARANÁ

GRANDES BACIAS HIDROGRÁFICAS DO PARANÁ
2002

ANEXO 2 - Edifício Bristol – Poço danificado



Edifício Bristol – Poço danificado

ANEXO 3 - Edifício Tocha – Poço danificado

Edifício Tocha – Poço danificado

ANEXO 4 - Edifício Premier II – Poço danificado

Edifício Premier II – Poço danificado

ANEXO 5 – Análise e Estatística dos Poços Cadastrados

Identificação do Poço	Coordenadas do Ponto		Características Construtivas do Poço			Características Hidráulicas do Poço				
	Latitude (S)	Longitude (W)	Profundidade (m)	Diâmetro útil (mm)	revestimento (m)	Nível Estático (m)	Vazão (m ³ /h)	Rebaixamento (m)	Capacidade Específica m ³ /h.m	Entrada de água (m)
1. Empresarial Formato	24° 57'05"	53°29'28,3"	134,0	150	35,0	38,0	20,0	5,0	4,0	45; 68.
2. Res. Cidade de Cascavel	24°56'46,9"	53°25'23.8"	150,0	150	45,5	88,4	4,4	5,6	0,795	57; 135 - 148,0
3 . Res. Casa Blanca	24°57'07,7"	53°26'16.7 "	90,0	150	18,0	18,4	15,84	11,92	1,39	27; 57,0.
4. Edifício Belle Maison	24°57'03.1"	53°29'29.6"	84,0	150	36,0	21,0	13,2	4,06	3,26	50
5. Residencial Antares	24°57'09.6"	53°27'41.5 "	100,0	150	48,0	47,65	8,8	0,57	15,4	60
6. Edifício Alamanda	24°56'57.3"	53°26'47.3 "	100,0	150	18,0	24,0	12,0	2,0	6,0	68; 98; 0.
7. Edifício Chamonix	24°57'09.6"	53°27'25.7 "	130,0	150	26,0	66,0	10,849	3,0	3,62	114; 127,0.
8. Residencial Coqueiral	24°57'19.9"	53°29'24.5 "	138,0	150	28,0	66,0	8,8	3,0	2,93	128,0
9. Residencial Cristal II	24°56'52.8"	53°29'17.2 "	150,0	150	54,0	26,06	3,18	103,77	0,03	66; 138,0.
10. Edifício	24°57'05.9"	53°27'36.6 "	84,0	150	27,0	4,98	9,9	18,13	0,55	51

Dom Carlesso	”									
11. Res. Dom Sgarione	24°57'00.1”	53°26'40.3”	100,0	150	30,0	38,0	11,31	1,36	8,30	60
12. Residencial Family	24°56'59.8”	53°28'02.7”	90,0	150	54,0	22,25	14,40	5,90	2,44	66
13. Edifício Florença	24°57'22.1”	53°28'09.9”	99,0	150	32,0	20,0	11,82	6,50	1,82	50; 80,0.
14. Res. Florianópolis	24°57'37.3”	53°27'30.6”	126,0	150	36,0	54,81	6,09	52,99	0,11	90; 119,0.
15. Condomínio Gemini II	24°57'28.5”	53°27'27.6”	120,0	150	30,0	90,05	7,92	3,07	2,58	84; 96; - 108,0.
16. Edifício Génova	24°57'12.6”	53°27'17.5”	90,0	150	36,5	60,0	6,60	7,25	0,91	78
17. Parque Res. Gramado	24°57'19.5”	53°25'05.2”	100,0	150	35,0	36,0	9,90	2,06	4,81	66
18. Edifício Gran Ville	24°57'15.6”	53°26'26.8”	90,0	150	18,0	42,4	9,90	12,06	0,82	70
19. Edifício Helena	24°57'02.8”	53°26'25.9”	90,0	150	26,5		9,90	1,27	7,80	38; 46,0.
20. Edifício Ile de France	24°57'03.6”	53°27'42.8”	100,0	150	36,0	24,40	9,90	4,64	2,13	43; 93; 0.
21. Edifício Manhattan	24°57'09.6”	53°29'23.6”	100,0	150	18,0	23,23	7,92	5,76	1,38	60
22. Edifício Los Angeles	24°57'01.6”	53°27'03.1”	88,0	150	24,0	34,20	7,30	5,76	0,70	54
23. Edifício Imperatriz	24°56'56.6”	53°26'53.7”	100,0	150	23,0	36,85	8,80	10,40	0,99	36,0
24. Edifício Saint Morritz	24°57'31.7”	53°26'23.8”	106,0	150	48,0	10,03	7,20	8,87	1,37	66; 84,0.
25. Edifício Serra Negra	24°57'22.8”	53°29'27.9”	120,0	150	24,0	47,18	5,25	5,25	0,35	60
26. Edifício	24°57'32.7”	53°27'27.4”	102,0	150	35,0	32,0	14,0	15,0		84

Solar Ipanema	”	”.									
27. Res. Torre Sol II	24°56'33.1”	53°26'17.7”	100,0	150	40,0	70,0	5,30	27,0	0,20	78,0	
28. Edif. Torre Nova	24°57'05.1”	53°27'00.8 ”	200,0	150	27,5	50,0	6,89	0,60	11,48	170,0	
29. Edifício Veneza	24°57'30.8 ”	53°27'33.8 ”	97,0	150	43,0	107,4	6,50	2,25	2,89	72,0	
30. Edifício Verunt	24°57'19.5”	53°29'19. 9”	93,0	150	21,0	23,54	8,25	9,40	0,88	49,0	
31. Edifício Versailles	24°57'11.9 ”	53°25'24.8 ”	100,0	150	18,0	33,80	7,92	4,92	1,61	60,0	
32. Edif. Villa Borghese	24°57'10.6 ”	53°27'29.9 ”	150,0	150	48,0	34,40	14,06	3,0	4,67	140,0	
33. Edifício Villa Firense	24°57'28.8 ”	53°28'17.0 ”	170,0	150	36,0	40,0	7,20	10,70	0,67	90; 168.	
34. Edifício Villas Boas	24°57'15.5”	53°26'41.8 ”	150,0	150	54,0	67,59	2,26	58,25	0,04	96	
35. Edif. Vila Porto fino	24°57'41.8 ”	53°24'35.5 ”	120,0	150	50,0	29,23	8,80	2,55	3,45	90; 110.	
36. Residencial Vinícios	24°57'06.8 ”	53°27'02.9 ”	150,0	150	30,0	59,45	4,0	68,47	0,06	80; 117.	
37. Edifício Vitória Régia	24°57'10.7 ”	53°27'47.1 ”	102,0	150	51,0	42,0	17,0	6,00	2,83	83; 95.	
38. Edifício Wilian	24°57'40.2 ”	53°27'49.9 ”	100,0	150	60,0	59,0	2,83	43,85	0,06	84	
39. Res. Gomes Carneiro	24°58'03.7”	53°26'37.8”	120,0	150	48,0	29,82	9,90	27,78	0,36	60; 90.	
40. Edifício Mediterrané	24°57'20 ”	53°28'13.9 ”	78,0	150	32,0	16,36	13,0	6,0	2,17	37; 48.	
41. Edif. Solar Mont Blanc	24°57'03.3 ”	53°27'01.6 ”	136,0	150	30,0	29,0	6,0	36,45	0,16	60; 128.	

42. Res. Monte Alto	24°57'12.1 ”	53°27'32.2 ”	100,0	150	30,0	42,23	8,80	2,09	4,21	66
43. Edifício Monte Carlo	24°57'33.4 ”	53°27'45.7 ”	154,0	150	15,0	36,0	9,70			35; 144.
44. Res. Monte Real	24°57'11.9 ”	53°27'42.0 ”	100,0	150	43,0	18,0	7,92	2,47	3,21	49; 58.
45. Res. Morada do Sol II	24°56'49.2 ”	53°28'34.8 ” ““	100,0	150	29,5	46,40	9,90	2,13	4,65	90
46. Cond. Ind. de Cascavel	24°58'57.1 ”	53°29'59.9 ”	95,0	150	50,0	41,64	19,80	34,0	0,58	90
47. Edifício Ouro Verde	24°57'11.1 ”	53°27'41.3 ”	100,0	150	45,5	19,70	4,40	11,00	0,40	78
48. Res. das Palmeiras I	24°56'38.9 ”	53°29'30.5”	100,0	150	36,0	46,0	10,56	71,96	0,15	48
49. Res. das Palmeiras II	24°56'40.9 ”	53°24'37.5 ”	150,0	150	35,5	16,20	8,80	1,21	1,09	84; 134; 144.
50. Edifício Parthenon	24°57'28.1 ”	53°27'52.1 ”	100,0	150	64,0	68,33	9,84	9,00	2,85	78
51.Ed. Plácido Mascarello	24°57'02,7 ”	53°26'49.5 ”	100,0	150	24,0	24,45	9,0	3,16	0,58	64
52. Dalmina Construtora	24°57'15.2 ”	53°26'12.4 ”	138,0	150	30,0	31,25	4,40	7,60	1,26	126; 138.
53. Chácara Portal do Vale	24°56'29.5 ”	53°29'35.1 ”	120,0	150	40,4	54,00	11,31	8,95	1,95	48
54. Res. Quinta do Sol	24°56'51.0 ”	53°28'33,7 ”	92,0	150	14,75	16,90	10,85	5,56	2,84	86
55. Residencial Recife	24°57'06.8 ”	53°27'52.6 ”	100,0	150	34,0	14,0	8,8	3,10	2,52	60,0
56. Residencial Visconde	24°57'32.2 ”	53°27'47.8 ”	100,0	150	48,0	39,0	20,0	7,95	0,33	68,0
57. Edifício Rio	24°57'09.1	53°27'07.7	154,0	150	35,0	26,98	6,60	20,0	0,38	124,0

Negro	”	”									
58. Edifício Bestou	24°57'21.5”	53°27'25.7”	100,0	150	18,0	90,0	4,65	12,35	0,79	72,0	
59. Edif. A. Colombelli	24°57'09.3”	53°27'13.7”	135,0	150	35,0	60,0	9,50	12,0	0,80	132,0	
60. Edifício Arpoador	24°57'24.8”	53°27'39.8”	125,0	150	20,0	93,0	7,20	9,0	2,69	61; 116; 123.	
61. Residencial Cecília	24°57'44.4”	53°27'40.9”	100,0	150	38,0	48,0	3,96	1,47	28,3	66	
62. Edifício Gemini	24°57'28.9”	53°27'25.5”	126,0	150	26,0	50,23	9,90	0,35	0,02	84; 114,0.	
63. Edifício Rio de Janeiro	24°57'31.0”	53°27'42.3”	204,0	150	53,0	67,0	2,50	131,94	4,34	192,0	
64. Edifício Porto Seguro	24°57'11.1”	53°27'20.2”	90,0	150	54,0	28,08	9,90	2,28		78	
65. Edifício Porto Príncipe	24°57'08.5”	53°27'20.9”	90,0	150	43,0	54,0	8,80		0,43	65	
66. Edifício Portinari	24°57'09.8”	53°27'28.1”	90,0	150	26,0	50,0	9,0	1,40	0,41	56	
67. Edifício Ouro Preto	24°57'28.5”	53°27'34.2”	105,0	150	19,0	42,74	5,36	13,0	2,66	30,92	
68. Edifício Mônaco	24°57'04.5”	53°27'08.7”	101,0	150	28,0	21,0	16,0	6,02	2,64	60	
69. Cond. Sara Virgínia	24°57'06.7”	53°27'20.1”	100,0	150	32,5	35,06	7,92	3,0	1,69	70	
70. Edif. Santos Dumont	24°57'06.9”	53°27'11.9”	100,0	150	30,0	48,0	7,20	4,27		72	
71. Edifício Santana	24°57'31.4”	53°27'48.0”	99,20	150	68,0	53,7	11,30		1,10	88	
72. Edifício San Fernando	24°57'10.7”	53°27'27.0”	100,0	150	32,0	28,0	8,80	8,10	1,31	90	
73. Cond. Lago	24°57'25.3”	53°25'44.9”	128,0	150	42,0	49,0	9,10	6,95	7,21	77	

Anexo 6 – Análise Físico-Químicas de Poços

<i>ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE POÇOS E FONTES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA URBANA DE CASCAVEL – ELEMENTOS MAIORES</i>																
Identificação Dos Locais Pesquisados	ÂNIONS								CÁTIONS							
	HCO ₃ ⁻		SO ₄ ²⁻		CL ⁻		NO ₃ ⁻		Ca ²⁺		Mg ²⁺		Na ⁺		K ⁺	
	mgk	meq/ l	mg/l	mq/l	mg/l	meq/ l	mg/l	meq/ l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/ l	mg/L	meq/ l	mg/l	meq/ l
1. Cond. Edifício Helena	42,2	0,691	12,0	0,25	6,3	0,18	1,5	0,02	10,4	0,52	3,6	0,3	2,15	0,093	1,0	0,026
2. Cond. Edifício Convisa	100,5	1,64	26,0	0,54	5,7	0,16	0,5	0,008	9,3	0,015	0,9	0,075	2,70	0,0117	0,9	0,023
3. Edifício Belle Maison	94,1	1,54	20,0	0,42	11,4	0,32	2,1	0,034	12,4	0,620	7,4	0,616	1,95	0,085	1,05	0,027
4. Condomínio Gemini II	40,0	0,65	Zero	0,46	3,55	0,19	0,9	0,006	6,4	0,620	5,83	0,485	3,00	0,130	0,10	0,002
5. Edifício Bristol	33,0	0,54	22,0	0,66	4,2	0,20	0,4	0,058	6,4	0,080	3,3	0,275	1,75	0,071	1,20	0,031
6. Ed. Alfredo Colombelli	177,9	2,92	32,0	0,13	7,1	-	3,6	0,001	1,6	0,341	0,9	0,075	40,0	1,739	0,20	0,005
7. Edifício Lanry Sonda	71,0	1,16	6,0	0,42	Nd	0,12	0,117	0,050	6,81	0,775	3,9	0,325	1,80	0,078	1,25	0,032
8. Edifício Liverpool	112,2	1,83	20,0	0,81	4,3	0,12	3,1	0,042	15,5	0,580	2,8	0,233	3,35	0,146	1,15	0,029
9. Edifício Sara Virginia	40,2	0,66	39,0	0,96	4,3	1,15	2,6	0,038	11,6	0,680	3,5	0,292	1,95	0,085	1,05	0,027
10. Edifício Royal Park	01,4	1,00	46,0	0,23	5,3	0,08	2,4	0,012	13,6	0,200	4,7	0,391	2,10	0,091	1,09	0,028
11. Edifício Florença	23,9	3,9l	11,0	-	2,8	0,10	0,8	0,016	4,0	0,360	2,4	0,200	1,25	0,054	1,75	0,045

12. Unipar – Campus I	30,0	0,49	Zero	0,38	3,5	0,12	1,0	0,006	7,2	0,545	5,35	0,445	4,0	0,174	0,1	0,002
13. Cond. Res. Oeste	49,1	0,80	18,0	0,02	4,3	0,07	0,4	0,050	10,9	0,645	1,9	0,158	1,65	0,072	1,24	0,032
14.Edifício San Fernando	32,3	0,53	1,0	0,02	2,4	0,02	3,0	0,009	12,9	-	3,56	0,304	4,2	0,183	-	-
15. Fonte dos Leões	2,7	0,04	1,0	0,02	0,82	0,03	0,57	0,009	0,25	0,013	0,11	0,009	1,48	0,064	0,20	0,005
16. Fonte Eenzilli	5,0	0,08	1,0	0,02	0,90	0,01	1,60	0,025	0,31	0,015	0,08	0,006	4,35	0,189	0,20	0,005
17. Fonte Santo Antonio.	5,0	0,08	1,0	0,02	0,53	0,01	0,42	0,007	1,27	0,064	0,41	0,034	0,39	0,169	0,20	0,005
18. Fonte Seminário	8,30	0,14	1,0	0,02	4,30	0,01	1,42	0,030	1,66	0,083	0,66	0,055	4,50	0,195	0,82	0,021
19.Fonte 7 de setembro	2,00	0,03	1,0	-	4,14	-	7,29	0,117	1,22	0,061	0,42	0,035	8,15	0,354	0,90	0,023
20. Poço Coopavel I	80,2	1,31	-	-	1,0	0,03	0,6	0,009 6	13,8	0,69	3,0	0,25	9,0	0,39	0,90	0,023
21. . Poço Coopavel II	86,6	1,42	-	-	0,9	0,03	0,6	0,009 6	14,7	0,74	6,4	0,53	3,8	0,16	1,2	0,023
22. . Poço Coopavel III	77,0	1,26	-	-	1,3	0,04	0,8	0,013	13,0	0,65	5,4	0,45	4,2	0,18	1,4	0,031
23. . Poço Coopavel IV	73,8	1,21	-	-	0,6	0,02	0,5	0,008	13,0	0,65	4,4	0,37	4,5	0,19	1,0	0,036
24. . Poço Coopavel V	62,6	1,03	-	-	-	-	-	-	10,6	0,53	3,5	0,29	4,1	0,18	1,2	0,025
25. Poço Coopavel VI	163,6	2,68	-	-	6,8	0,19	2,1	0,03	34,2	1,71	9,4	0,78	8,9	0,38	1,5	0,031
26. Sanepar Santa Cruz P2	55,6		-	-	-	-	0,11	-	12,2	-	0,9	-	-	-	-	0,038
27. Sanepar Santa Cruz P4	24,7 +29, 8	1,40	1,1	0,05	-	-	-	-	2,5	0,12	1,5	0,125	4,5	0,19	0,30	0,007