UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**INTRODUÇÃO AO ZONEAMENTO DO
SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL
NO ESTADO DO PARANÁ**

Carlos Gilberto Fraga

Orientador: Prof. Dr. Aldo da Cunha Rebouças

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Área de Concentração: Geologia Geral e de Aplicação

São Paulo
1986

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC

30900004929

INTRODUÇÃO AO ZONEAMENTO DO
SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL
NO ESTADO DO PARANÁ

Carlos Gilberto Fraga

Orientador: Prof. Dr. Aldo da Cunha Rebouças

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO EXAMINADORA

nome

ass.

Presidente: Dr. Aldo da C. Rebouças

Examinadores: Dra. Mária Szikszay

Dr. Artur Matos

São Paulo
1986

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE QUADROS	V
ANEXOS	VI
RESUMO	1
ABSTRACT	2
AGRADECIMENTO	3
 1. <u>INTRODUÇÃO</u>	 5
1.1 OBJETIVOS	7
 2. <u>ROTEIRO METODOLÓGICO</u>	 9
2.1 ATIVIDADE DE PROSPECÇÃO	11
2.2 ATIVIDADE HIDROGEOLOGICA	11
2.3 ATIVIDADE HIDROQUÍMICA	21
 3. <u>SÍNTESE HIDROMETEOROLÓGICA</u>	 24
3.1 ELEMENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS	24
3.1.1 <u>Temperatura</u>	24
3.1.2 <u>Ventos</u>	26
3.1.3 <u>Pluviometria</u>	28
3.1.4 <u>Evapotranspiração Potencial</u>	30
3.1.5 <u>Clima</u>	30
3.2 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	34
3.2.1 <u>Relevo</u>	34
3.2.2 <u>Hidrografia</u>	35
 4. <u>GEOLOGIA REGIONAL</u>	 46
4.1 ASPECTOS LITOESTRATIGRÁFICOS	46
4.1.1 <u>Formação Pirambóia</u>	46
4.1.2 <u>Formação Botucatu</u>	48
4.1.3 <u>Formação Serra Geral</u>	49
4.2 ASPECTOS ESTRUTURAIS	51

4.3	POSIÇÃO LITOESTRATIGRÁFICA E ESTRUTURAL DA FORMAÇÃO DE INTERESSE	52
5.	<u>HIDROGEOLOGIA</u>	54
5.1	MODO DE OCORRÊNCIA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	54
5.2	ZONEAMENTO DO SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL	59
5.2.1	<u>Informações Disponíveis e Avaliação dos Resultados</u>	59
5.2.2	<u>Compartimentação Hidrogeológica</u>	72
5.2.2.1	Interpretação dos Resultados	76
6.	<u>HIDROGEOQUÍMICA</u>	81
6.1	GENERALIDADES	81
6.2	INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	81
6.3	NATUREZA E ORIGEM DOS FÁCIES HIDROGEOQUÍMICOS	83
6.4	COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	87
7.	<u>PROPOSIÇÃO METODOLÓGICA</u>	92
8.	<u>CONCLUSÕES</u>	95
9.	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	98
10.	<u>ANEXOS</u>	103

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Mapa de localização da área de estudo	6
2. Densidade dos dados cadastrados nas unidades hidrogeológicas	10
3. Esboços geoestruturais — Unidade Iguaçu	12
4. Esboços geoestruturais — Unidade Piquiri	13
5. Esboços geoestruturais — Unidade Ivaí	14
6. Avaliação de obras de captação executadas pelo método de perfuração rotopneumático	16
7. Exemplos práticos de aplicação de métodos com resolução gráfica para determinação das condições de exploração de poços	18
8. Evolução do rebaixamento residual, segundo Jacob (1940) — Unidade Piquiri	20
9. Mapa de isotermas médias anuais	25
10. Centro de ação das massas de ar	27
11. Mapa de isoietas médias anuais	29
12. Precipitação média mensal (1975-1984) — Unidade Iguaçu (médio e baixo)	31
13. Precipitação média mensal (1975-1984) — Unidade Piquiri	32
14. Precipitação média mensal (1975-1984) — Unidade Ivaí	33
15. Esboço do sistema hidrográfico do Terceiro Planalto paranaense	37
16. Curva de permanência de vazões médias diárias — médio Iguaçu (estação: Ponte Pinhão)	38
17. Curva de permanência de vazões médias diárias — baixo Iguaçu (estação: Salto Cascas L1)	39
18. Curva de permanência de vazões médias diárias — Piquiri (estação: Porto Paiquerê) .	40
19. Curva de permanência de vazões médias diárias — Piquiri (estação: Porto Formosa) .	41
20. Curva de permanência de vazões médias diárias — Ivaí (estação: Salto Natal)	42
21. Curva de permanência de vazões médias diárias — Ivaí (estação: Porto Bananeiras) .	43
22. Mapa geológico simplificado do Estado do Paraná	47
23. Correlação entre capacidade específica e profundidade — Serra Geral Sul	55
24. Correlação entre capacidade específica e profundidade — Serra Geral Norte	56
25. Perfis litológicos dos poços (1) e (2) de Goio-Erê — Unidade Piquiri	58
26. Variações da capacidade específica, vazão e razão capacidade específica/espessura útil produtora — Unidade Iguaçu	61

27. Variações da capacidade específica, vazão e razão capacidade específica/espessura útil produtora — Unidade Piquiri	62
28. Variações da capacidade específica, vazão e razão capacidade específica/espessura útil produtora — Unidade Ivaí	63
29. Variações da capacidade específica, vazão e razão capacidade específica/espessura útil produtora — Unidade Tibagi	64
30. Histogramas de freqüência de derrames — unidades Iguaçu, Piquiri, Ivaí e Tibagi	65
31. Sistema aquífero Serra Geral — curva acumulativa de probabilidade logaritmo normal da capacidade específica em função do número de derrames penetrados	68
32. Esboços de drenagem e dos principais alinhamentos geológicos fotointerpretados. Área de interesse: sub-bacias dos rios São Francisco, São Francisco Falso, Guaçu e São Vicente	69
33. Esquema ilustrativo do modelo de ocorrência da água subterrânea ao longo do rio Toledo — Unidade Piquiri	70
34. Freqüência acumulada da capacidade específica — Serra Geral Norte e Serra Geral Sul	73
35. Curva acumulativa de probabilidade logaritmo normal da capacidade específica — Serra Geral Norte e Serra Geral Sul	74
36. Análise de regressão de pontos referentes a intervalos de profundidade "versus" capacidade específica/coluna d'água do poço para os compartimentos Serra Geral Norte e Serra Geral Sul	75
37. Classificação química das águas subterrâneas	82
38. Classificação química das águas de fontes termais — Unidade Iguaçu	85
39. Mapa hidroquímico (diagrama de Stiff modificado)	86
40. Elementos dissolvidos em função do teor de bicarbonatos	90

LISTA DE QUADROS

	Página
1. Amplitude dos intervalos da média das temperaturas máxima e mínima	26
2. Modelo geoestrutural das rochas vulcânicas da bacia do Paraná — comportamento espacial, características estruturais, texturais e mineralógicas	50
3. Sistema aquífero Serra Geral — análise geral de interpretação e agrupamento dos dados	66
4. Proporcionalidade da relação capacidade específica/coluna d'água do poço entre as áreas Norte e Sul	76
5. Características químicas das águas subterrâneas — Unidade Iguaçu	88
6. Características químicas das águas subterrâneas — Unidade Piquiri	88
7. Características químicas das águas subterrâneas — Unidade Ivaí	89
8. Características químicas das águas subterrâneas — Unidade Tibagi	89

ANEXOS

	Página
— Ficha de avaliação de obras concluídas no sistema aquífero Serra Geral — dados para a análise estatística	103
— Análises físico-químicas de amostras de águas subterrâneas — elementos maiores	114

RESUMO

Através da descrição e interpretação de perfis litológicos de poços pré-selecionados, bem como do condicionamento hidráulico de cada obra, foi possível, introdutoriamente, caracterizar o zoneamento hidrogeológico do sistema Serra Geral, no Estado do Paraná. A área de estudo abrange uma superfície de aproximadamente 104.000 km².

Dentro deste contexto, o significado hidrogeológico de cada unidade, aqui reconhecida, é traduzido pela capacidade específica dos poços e por extensão lateral dos seus valores e outras características locais. A morfogênese dos derrames basálticos e os efeitos da tectônica sobre estes constituem os elementos básicos para a análise, classificação e delimitação de áreas mais produtoras. O número de derrames penetrados e a espessura útil produtora são fatores condicionantes principais da frequência e do posicionamento das entradas de águas nos poços.

Assim sendo, o sistema aquífero Serra Geral pode ser dividido inicialmente, no Estado do Paraná, em dois grandes compartimentos: Serra Geral Norte e Serra Geral Sul, entendido este último como aquele relacionado a porção abrangida pela bacia do rio Iguaçu, englobando áreas de ocorrência tanto das rochas básicas como dos "diferenciados ácidos" e zonas de bordo da formação. A notória diferença da produtividade média dos poços entre os dois grandes compartimentos hidrogeológicos, Área Norte e Área Sul, pode ser explicada por diferenças estruturais nos derrames. Na Área Norte, os derrames profusamente vesiculares e de espessura menor foram preservados, provavelmente, pelo capeamento sedimentar pretérito da Formação Caiuá. Na Área Sul, o modelado de relevo é mais irregular. Trata-se de uma unidade geomorfológica mais dissecada, apresentando vales muito profundos e de escarpas abruptas. É possível que esse processo de intenso dissecamento tenha proporcionado o afloramento de derrames mais antigos e espessos.

Do ponto de vista hidroquímico, o sistema Serra Geral, no Estado do Paraná, é representado por três fácies: (I) Fácies de águas bicarbonatadas sódicas, (II) Fácies de águas bicarbonatadas calciomagnesianas e (III) Fácies de águas bicarbonatadas cálcicas. Os dois últimos estão relacionados à natureza das estruturas armazenadoras dos derrames basálticos e à sua litoquímica. Já a formação do primeiro, parece estar mais relacionada às influências locais do aquífero Botucatu subjacente.

ABSTRACT

Based on the description and interpretation of lithological profiles of various selected wells and on the hydraulic conditions of each, it was possible to characterize hydrogeological zones of the Serra Geral system in the State of Paraná, Brasil.

The area of study comprised an extension of 104,000 km². To define the hydrogeological peculiarities of each unit by extrapolation of the wells specific capacity additional local characteristics were used.

Basic elements for the analysis, classification and definition of the regions with a higher yield were morphogenetic and tectonic studies of the basaltic layers. The number of the penetrated layers and the extension of their productive sections are the governing parameters for the frequency and the location of water inlets of the wells.

Thus the aquifer system Serra Geral can be divided initially into two compartments: the Serra Geral Norte and the Serra Geral Sul, where the latter includes the drainage basin of the Iguaçu river, thus representing areas of basic rocks as well as of the differentiated acid rocks and their respective contact zones.

The distinct difference between the two hydrogeological compartments in terms of average productivity of their wells can be explained by structural differences of the basaltic layers. In the northern area the highly vesicular layer of minor thickness probably had been preserved in the past by the sedimentary layer of the Caiuá Formation.

In the southern area the landscape's relief demonstrates a higher irregularity with deep valleys and steep escarpments due to intensive linear erosion. It is possible that this intensive process caused the appearance of older and thicker basaltic layers.

From a hydrochemical point of view the Serra Geral system is represented by three facies: (I) Facies of sodium-bicarbonate waters, (II) Facies of calcium-magnesium-bicarbonate waters, (III) Facies of calcium-bicarbonate waters.

The latter two are highly correlated to the storage structures of the basaltic layers and their geochemistry, while the other appears to be related to local influences of the subjacent Botucatu Formation.

AGRADECIMENTOS

O resultado da visão, esforço e experiência daqueles que na sua esfera profissional se dedicam à pesquisa só é possível quando há colaboração e interesse de órgãos e instituições, companheiros de trabalho e profissionais. Neste sentido, o autor considera-se no agradável dever de exprimir gratidão a todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao professor e amigo Dr. Aldo da Cunha Rebouças, pela constante orientação e valiosa leitura dos originais, que me levaram a reavaliar alguns tópicos deste trabalho e a complementar outros.

À SUREHMA — Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, nas pessoas dos seus superintendentes Armando de Oliveira Strambi, Cícero Jaime Bley Júnior e Cleverson Vitorio Andreoli, que compreenderam a grandeza de impulsionar o programa de especialização e de treinamento dos recursos humanos do órgão.

Ao CNPq — Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudo.

Aos professores Dr. Benjamim Bley de Brito Neves, Dr. Georg Robert Sadowski, Dr. Robert W. Cleary, Dr^a Mária Szikszay, Dr. Roland Trompette, Dr. Kenitiro Suguio, Dr. Paulo Milton Barbosa Landim e Dr. Gilberto Amaral, pelas disciplinas ofertadas.

Aos professores do Departamento de Geologia Econômica e Geofísica Aplicada — Dr. Uriel Duarte, Dr. Aledir Paganelli Barbour, Dr. Evaristo Ribeiro Filho e Dr. Nelson Ellert, que, através do companheirismo e amizade, tornaram mais agradável o período de realização do meu curso, na cidade de São Paulo.

Aos colegas de serviço Álvaro Amoretti Lisboa, Marco Aurélio Fontana, Ernani Francisco Rosa Filho, Mário Kondo e Jurandir Boz Filho, que, no período de desenvolvimento do texto da tese compreenderam da importância em auxiliar o autor técnica e administrativamente no cumprimento de suas funções na SUREHMA.

As secretárias Eunice de Souza e Marta Batista de Souza Michalek, pelos serviços de datilografia; e Sérgio Ricardo Guimarães, pela reprodução das figuras, gráficos e anexos.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram com este trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

1 - INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A área de estudo compreende o Terceiro Planalto paranaense, abrangendo uma superfície de aproximadamente 104.000 km² — 49% da área do Estado (figura 1).

No contexto regional, os derrames basálticos comportam-se como substrato relativamente impermeável do aquífero Bauru/Caiuá sobreposto, e, ao mesmo tempo, como unidade confinante do sistema aquífero Botucatu, subjacente. Porém, localmente, há possibilidades de interconexão hidráulica entre os aquíferos, face a ocorrência de fraturas e/ou discontinuidades interderrames.

Muitas variáveis devem ser consideradas na avaliação segura e nas reais perspectivas de aproveitamento do sistema aquífero Serra Geral. Face à complexidade do problema do zoneamento hidrogeológico deste sistema, o estágio atual do seu conhecimento no Estado do Paraná não permite ainda separar, caracterizar e interpretar devidamente as suas unidades. Por isso, as conclusões aqui alcançadas, certamente constituirão apenas em um suporte necessário à introdução de estudos mais aprofundados. Em outros termos, esta avaliação regional não visa a dirigir, mas provocar e estimular opiniões e interesses.

Por outro lado, antes que se possa esboçar as idéias fundamentadas no desenvolvimento dos trabalhos de campo, até o momento alcançado, há de se considerar que os basaltos por se constituírem numa série de derrames superpostos, apresentando cada um feições estruturais originadas dos processos de efusão, fluxo e resfriamento da lava, apresentam uma conotação hidrogeológica distinta e mais favorável em relação às demais rochas ígneas do contexto regional.

A potencialidade hidrogeológica de cada unidade aqui reconhecida, é traduzida pela capacidade específica dos poços e por extensão lateral dos seus valores e outras características locais, condicionantes do modo de ocorrência das águas subterrâneas no sistema aquífero ora em questão. Dentro deste contexto, o significado hidrogeológico dos aspectos relacionados à morfogênese dos derrames basálticos e os efeitos da tectônica sobre estes, constituem os elementos básicos para análise, classificação e delimitação de áreas relativamente mais produtoras.

Outrossim, é oportuno mencionar que o trabalho de pesquisa e levantamento de dados da área de estudo iniciou-se em 1973, através do desenvolvimento de um plano de perfuração de poços orientados tecnicamente. Esta atividade de perfuração foi inserida no programa de implantação e ampliação dos sistemas de abastecimento d'água no Estado do Paraná, conforme os objetivos do PLANASA — Plano Nacional de Saneamento.

A coordenação e orientação do programa ficou ao encargo da SANEPAR — Companhia de Saneamento do Paraná, sendo a ARH — Administração de Recursos Hídricos, atual SUREHMA — Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, responsável pela implantação e acompanhamento técnico do programa, bem como a avaliação dos resultados.

FIGURA 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Dentro do desenvolvimento do programa de perfuração, o autor, desde 1975, vem atuando na área de coordenação e participando, também, na execução de grande parte dos estudos de viabilidade até então concluídos.

1.1 OBJETIVOS

O desenvolvimento sócio-econômico da região do Terceiro Planalto paranaense apresentou nas últimas duas décadas avanços consideráveis. A localização geomorfológica de inúmeros centros populacionais de médio e grande porte, com crescente necessidade de abastecimento d'água, faz com que o aproveitamento dos recursos hídricos subterrâneos da Formação Serra Geral, face a sua ampla área de ocorrência e a disponibilidade tecnológica, evidencie-se como uma fonte-alternativa muito promissora, principalmente quando se considera o parâmetro custo final do produto. Assim, urge que se intensifique a pesquisa deste recurso, buscando-se definir uma política de abastecimento d'água mais consistente.

Dentro do enfoque acima comentado, é óbvio, segundo a complexidade das situações reais e dos dados disponíveis, que o avanço na compreensão do funcionamento e avaliação das condições hidráulicas do sistema aquífero ora tratado, representa, objetivamente, um suporte necessário à avaliação mais segura da situação e reais perspectivas de seu aproveitamento. À medida que são melhor estudados os aspectos consonantes às suas características físicas e hidrodinâmicas, o seu zoneamento, para fins de planejamento, tornará esta fonte-alternativa mais segura e economicamente utilizável.

2 - ROTEIRO METODOLÓGICO

2. ROTEIRO METODOLÓGICO

Os capítulos que antecedem o cerne desse trabalho envolvem: tópicos hidrometeorológicos, litoestratigráficos e estruturais do Terceiro Planalto paranaense. A abordagem do primeiro tópico foi conduzida com o objetivo de avaliar os fatores que influenciam direta ou indiretamente na potencialidade dos recursos superficiais e subterrâneos da área em estudo. O desenvolvimento dos demais tópicos, baseados na compilação e avaliação dos dados geológicos disponíveis, identificam a tipologia, o significado tectônico da Formação Serra Geral e suas relações de contato com as demais formações, através do "modelo do condicionamento geoestrutural das rochas vulcânicas da bacia do Paraná".

Na área da hidrogeologia, esta avaliação preliminar sobre o zoneamento do sistema aquífero Serra Geral só foi possível, porque a SUREHMA, através de seu Serviço de Águas Subterrâneas, desenvolve, neste âmbito, estudos, projetos e dispositivos para a captação de águas subterrâneas, com vista ao abastecimento público de localidades inseridas no programa de perfuração de poços.

A distribuição — por unidade pesquisada — do número de informações consideradas até a presente avaliação (1984), obtidas através do programa de perfuração, cujos perfis litológicos e construtivos de 225 poços são conhecidos detalhadamente, distribuem-se da seguinte forma: Iguaçu (45), Piquiri (86), Ivaí (68) e Tibagi (26).

No mapa da figura 2, é apresentada a distribuição das localidades inseridas até a data considerada, cujos sistemas de abastecimento d'água foram beneficiados com o aproveitamento do sistema aquífero Serra Geral.

O procedimento do estudo aplicado à caracterização do zoneamento do sistema aquífero Serra Geral, adiante detalhado, compreendeu as seguintes etapas:

- compilação dos dados geológicos disponíveis;
- cadastramento e seleção das informações hidrogeológicas disponíveis;
- descrição das amostras de calha e interpretação dos perfis litológicos de poços;
- aplicação de métodos estatísticos à análise geral e interpretação dos dados; e
- integração dos dados geológicos e hidrogeológicos com vistas ao zoneamento hidrogeológico.

DENSIDADE DOS DADOS CADASTRADOS NAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Legenda

- FSG ÁREA DE AFLORAMENTO DA FORMAÇÃO SERRA GERAL
- FC ÁREA DE AFLORAMENTO DA FORMAÇÃO CAIUÁ
- CONTATO GEOLÓGICO
- LINHA DIVISÓRIA DE UNIDADE HIDROGEOLÓGICA
- I UNIDADE HIDROGEOLÓGICA
- DRENAGEM PRINCIPAL
- 82 NÚMERO DE REFERÊNCIA DA LOCALIDADE CONSIDERADA NO ANEXO FICHA DE AVALIAÇÃO DE OBRAS
- 1 POÇO (●), 2 POÇOS (○), 3 POÇOS (□), 4 POÇOS (⊙), 5 POÇOS (◇)

ESCALA GRÁFICA

10 0 10 20 30 40 km

1985

GEOL. CARLOS GILBERTO FRAGA

Figura 02

2.1 ATIVIDADE DE PROSPECÇÃO

Na etapa inicial da prospecção hidrogeológica foi traçado o esboço geoestrutural de cada uma das áreas constantes do programa de perfuração. Para tanto, utilizaram-se fotografias aéreas nas escalas de 1:25.000 e 1:70.000, cuja análise e interpretação das feições estruturais foram complementadas com a observação de imagens de satélite na escala de 1:250.000, nas bandas dos canais 5 e 7.

As figuras 3, 4 e 5 ilustram a metodologia aplicada.

Da interpretação fotogeológica, que conduziu a escolha das melhores locações para perfurações, pode-se reconhecer diversas feições importantes:

- mergulhos e contatos estratigráficos entre sucessivos derrames ou agrupamentos de derrames;
- lineamentos tectônicos regionais e locais, para áreas com distintos graus de complexidade estrutural;
- modelado de relevo, análise morfométrica das bacias vertentes e interflúvios, que forneceram uma representação geral da rede de drenagem e dos corpos intrusivos, com vista à identificação e delimitação das áreas produtoras; e
- padrão da rede de drenagem, cujo arranjo tornou evidente que o aspecto estrutural, melhor refletido pelo sistema hidrográfico dos diversos compartimentos pesquisados, é o fraturamento da seqüência litoestratigráfica aflorante.

Os estudos fotogeológicos foram posteriormente complementados com o trabalho de campo, quando da locação definitiva de cada perfuração. Assim foi possível reconhecer a natureza da seqüência litoestratigráfica aflorante, sua distribuição espacial local e relações de contato, bem como foram observadas em detalhe as diversas feições estruturais reconhecidas em fotografias aéreas. Em alguns casos, sempre que possível, utilizou-se também de informações hidrogeológicas locais, obtidas através de perfis de poços existentes, as quais, ou reafirmaram a escolha do local para a perfuração, ou propuseram a exclusão do mesmo.

2.2 ATIVIDADE HIDROGEOLOGICA

Dentro do procedimento hidrogeológico, o tratamento dos dados foi direcionado com vista, inicialmente, à delimitação de áreas produtoras. No estágio atual de conhecimento do sistema aquífero Serra Geral, a formulação desta unidade como "província hidrogeológica" no âmbito da investigação prática e da exploração, fundamentou-se, principalmente, nos valores das capacidades específicas dos poços e nas características fisiográficas e geológicas de cada bacia hidrográfica.

FIGURA 03 - ESBOÇOS GEOESTRUTURAIS - UNIDADE IGUAÇU

ESCALA

0 0,7 1,4 2,1 Km

SIMBOLOGIA

	DIQUE DE DIABÁSIO		DRENAGEM
	LINEAMENTOS ESTRUTURAIS FOTO INTERPRETADOS (PRINCIPAIS)		VIAS DE ACESSO
	CONTATO DERRAME BASÁLTICO		PERÍMETRO URBANO
	ÁREA FAVORÁVEL MAIS PROXIMA À CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA		

FIGURA 04- ESBOÇOS GEOESTRUTURAIS - UNIDADE PIQUIRI

SIMBOLOGIA

DIQUE DE DIABÁSIO

ÁREA FAVORÁVEL MAIS PRÓXIMA
À CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

LINEAMENTOS ESTRUTURAIS FOTO
INTERPRETADOS (PRINCIPAIS)

CONTATO DERRAME BASÁLTICO

DRENAGEM

FALHA (A - BLOCO ALTO; B - BLOCO BAIXO)

VIAS DE ACESSO

PERÍMETRO URBANO

ESCALA

0, 0,7 1,4 2,1 Km

Figura 05-ESBOÇOS GEOESTRUTURAIS - UNIDADE IVAÍ

ESCALA

0 0,7 1,4 2,1 Km

SIMBOLOGIA

	DIQUE DE DIABÁSIO		DRENAGEM
	ESCARPA BOTUCATU/BASALTO		VIAS DE ACESSO
	LINEAMENTOS ESTRUTURAIS FOTO INTERPRETADOS (PRINCIPAIS)		PERÍMETRO URBANO
	CONTATO DERRAME BASÁLTICO		
	ÁREA FAVORÁVEL MAIS PRÓXIMA À CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA		

Dos dados disponíveis, utilizou-se apenas aqueles obtidos nos programas de perfuração SUREHMA/SANEPAR e SUREHMA/PRODOPAR (Programa de Desenvolvimento do Oeste Paranaense), por considerar-se que tais informações foram levantadas com critérios técnicos satisfatórios.

Nesta etapa, foram selecionados 225 poços, sendo que a estes foram aplicados critérios de seleção com vista à representatividade dos resultados. Assim sendo, estendeu-se os dados das áreas de similaridade geológica de algumas sub-bacias aos grandes traços de drenagem da bacia do rio Paraná. Para cada caso específico, não foram computados os dados daqueles poços que foram construídos em pontos de condicionamento geológico reconhecidamente desfavoráveis (áreas de: bordo da formação, divisores de água e de estruturas intrusivas). E, por fim, para aquelas localidades onde mais de uma perfuração foi executada, considerou-se apenas a de resultado mais positivo.

Uma análise rigorosa de consistência das demais informações, futuramente, complementará este estudo.

No que se refere ao zoneamento hidrogeológico propriamente dito do sistema Serra Geral, os dados foram agrupados por unidades de investigação — bacias hidrográficas —, cujos parâmetros constantes das fichas de avaliação de obras concluídas — dados para a análise estatística, abrangem: características construtivas dos poços, hidráulica e de condicionamento do aquífero (ver anexo).

Por outro lado, a descrição da amostragem de calha foi objeto de uma avaliação sistêmica, tendo em vista o reconhecimento da espessura e o número de derrames penetrados, bem como quando possível das suas distintas zonas estruturais. O próprio autor interpretou todos os perfis litológicos das perfurações e descreveu grande parte das amostras de calha. A cor, textura, granulometria, forma dos fragmentos, estruturas, graus de alteração e de fraturamento das amostras, a ocorrência e a identificação dos minerais secundários, os sedimentos "intratrapps" e o tempo de penetração constituíram os fatores mais importantes na diferenciação dos derrames.

A título de ilustração, apresentam-se na figura 6 os dados referentes à perfuração do poço-1 de Sede Progresso, localizado no município de Verê — Unidade Iguaçu. Os dados constantes desta figura abrangem: tempo de penetração da broca, em min/m; perfis construtivo e litológico; descrição detalhada do material penetrado; e histórico, problemas e observações ocorridas no decorrer das execuções dos programas de perfuração e de completação do furo.

No que tange a hidrodinâmica, face ser grande o número de poços construídos simultaneamente durante os programas SUREHMA/SANEPAR e SUREHMA/PRODOPAR, os ensaios de bombeamento foram planejados de forma mais simplificada possível, procurando-se, em função da disponibilidade de tempo, equipamentos e, sobretudo, economicidade, dados suficiente-

FIGURA 06 - AVALIAÇÃO DE OBRAS DE CAPTAÇÃO SUBTERRÂNEA EXECUTADAS PELO MÉTODO DE PERFURAÇÃO ROTOPNEUMÁTICO

mente representativos para a determinação das condições de exploração a que deverão se submeter os poços.

Os ensaios de bombeamento foram programados em três etapas contínuas de 12 horas com 2 a 4 horas de recuperação, para poços de vazões médias a elevadas, e em etapa única de 24 horas para os poços com baixa produtividade. Em ambas as situações, procurou-se levar o nível dinâmico próximo ou aquém das entradas de água principais.

Devido ao curto período de bombeamento, o regime de equilíbrio não foi atingido na maioria dos ensaios. Nestas condições, os comportamentos verificados nas curvas obtidas foram extrapolados para períodos considerados suficientemente longos (geralmente seis meses, correspondendo este, na escala logarítmica a mais de dois ciclos), ao fim dos quais tem-se verificado, na prática, que ocorre a estabilização dos níveis d'água dos poços, quando submetidos a regime de exploração contínuo.

De modo geral, o método de determinação das condições de exploração dos poços, consistiu na análise de diversas relações características, entre as quais, rebaixamento/tempo; rebaixamento/vazão; e capacidade específica/tempo, obtidas a partir das observações de testes do tipo escalonado, quando então, foi possível determinar-se a equação e curva características do poço.

Com propósito ilustrativo, apresenta-se na figura 7, exemplos práticos da construção de gráficos, a partir dos quais foram determinadas as condições de exploração dos poços. Em (A), apresenta-se o cálculo das condições de exploração dos poços, a partir da evolução das capacidades específicas, método adotado para poço de pequena vazão, onde não foi possível submeter-se o mesmo a regimes distintos de bombeamentos. Em (B), apresenta-se o cálculo das condições de exploração dos poços, a partir da evolução do rebaixamento em função da vazão (teste escalonado contínuo em três etapas). Em (C), é possível avaliar a aplicação dos dois métodos anteriormente referidos para o mesmo caso considerado, constatando-se que, para o rebaixamento máximo disponível, os valores obtidos para as condições de exploração do poço são similares. Em (D), ilustra-se a aplicação do método de GOSSELIN (1939) in: CASTANY (1971), para regimes de bombeamentos isolado e simultâneo. Neste último caso, a aplicação da equação $Q = C \cdot \Delta^\infty$, onde (C) representa a capacidade específica do poço, (Δ) o rebaixamento disponível e (∞) é o coeficiente de uma função exponencial, cujo valor está compreendido entre 0,5 e 1, pode ser considerada como uma variável do método ilustrado no caso (B).

No que diz respeito à determinação das constantes hidrodinâmicas do sistema aquífero Serra Geral, face constituir-se às suas rochas em um meio heterogêneo e anisotrópico, não foram realizados testes de bombeamento com vista à determinação destas constantes. Neste caso, a aplicação de formulações matemáticas mais complexas em hidráulica subterrânea pressupõe um condicionamento mínimo no que concerne à quantidade e qualidade das informações. Os resul-

UNIDADE PIQUIRI

Figura-7 Exemplos práticos de aplicação de métodos com resolução gráfica para determinação das condições de exploração de poços

tados obtidos, certamente, não seriam representativos do meio considerado. Mesmo assim, para aqueles casos onde foi possível a realização de teste de recuperação, após cada uma das etapas de bombeamento, calculou-se a transmissividade do aquífero (figura 8) pelo método aproximativo de JACOB (1940).

A partir das condições de exploração calculadas, foram traçados diagramas de frequência simples e acumulada das capacidades específicas para cada compartimento hidrogeológico considerado. Todos os intervalos de classe das variáveis envolvidas neste estudo, foram definidos 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: $k = 1 + 3,3 (\log_{10} n)$, sendo (n) o número de informações.

Dentre as técnicas de estudos geológicos convencionais, o autor introduziu conceitualmente o termo espessura útil produtora, por apresentar o sistema aquífero Serra Geral propriedades hidrogeológicas distintas dos demais meios fraturados. A definição do termo implica a estimativa da espessura penetrada no aquífero, a partir da qual as estruturas dos derrames foram aparentemente preservadas. Assim, foi possível, através da análise estatística, obter-se um ajuste mais real da frequência das entradas de água com o número de derrames penetrados para os distintos condicionamentos do aquífero, ora estudado.

Na caracterização das subprovíncias hidrogeológicas adiante propostas, foram confrontados regionalmente os dados relativos aos histogramas de frequência de derrames, a razão capacidade específica/espessura útil produtora e as correlações entre as profundidades dos poços com a relação capacidade específica/columa d'água do poço, para áreas de similaridade geológica. Complementou também este estudo — análise introdutória ao zoneamento do aquífero —, os gráficos referentes às curvas acumulativas de probabilidade logaritmo normal das capacidades específicas para ambas subprovíncias propostas, bem como as suas inter-relações com o número de derrames penetrados.

Com respeito ao tratamento estatístico das variáveis consideradas, calculou-se para cada um dos quatro compartimentos hidrogeológicos estudados, os intervalos de segurança para as médias ($\bar{x}$) e os desvios padrão (σ) das vazões e das capacidades específicas dos poços. O nível de significância (α) considerado para a análise de variância (teste "t") e para o método de aderência (teste "qui-quadrado") foi de 95%, respectivamente.

Fizeram parte ainda desta análise geral de interpretação e agrupamento de dados, para cada unidade pesquisada, os cálculos relativos às porcentagens de poços improdutivos, a profundidade e a espessura útil produtora no aquífero, computando-se os valores médios, máximos e mínimos.

Figura O8- Evolução do rebaixamento residual, segundo Jacob (1940) - unidade Piquiri

2.3 ATIVIDADE HIDROQUÍMICA

Todos os poços perfurados e testados no programa SUREHMA/SANEPAR tiveram suas águas amostradas e analisadas pelo laboratório de físico-química da SUREHMA. Para tanto, as amostras foram coletadas em frascos de polietileno, nos instantes finais da última etapa de bombeamento.

No laboratório da SUREHMA, os parâmetros físico-químicos foram determinados pelos seguintes métodos: pH (potenciométrico); Ca^{+2} , Mg^{+2} e dureza total (titulométrico com etileno-diamino-tetra-acético — EDTA); Na^+ e K^+ (absorção atômica); Cl^- (titulométrico para águas limpas e potenciométrico para águas turvas); NO_3^- (auto-analyser com ácido fenoldissulfônico); SiO_2 solúvel (colorimétrico com molibdato de amônia); Fe total (espectrometria de absorção atômica); F^- (método do ácido alizarine zircônio total); e sólidos totais dissolvidos — STD a 105°C (gravimétrico).

Para o estudo hidroquímico do sistema aquífero Serra Geral, foram utilizadas 205 análises. Como no início do programa de perfuração um número considerável de poços não tiveram suas águas devidamente analisadas, decidiu-se em função da grande área de ocorrência das rochas vulcânicas da bacia do Paraná, computar também, para efeito de melhor representatividade os dados de outros poços (28%) e fontes (3%), que vinham sendo explorados pelos serviços autônomos de abastecimento d'água das prefeituras municipais.

O processamento dos resultados das análises foi enormemente facilitado pela utilização do programa QLIST, cujo original é da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais — CETEC. Este programa fornece as seguintes informações:

- listagem dos resultados de análise para cada parâmetro;
- transformação das concentrações dos elementos maiores, expressos em mg/l, para meq/l, evidenciando assim as quantidades iônicas em reação;
- cálculo da soma de cátions e ânions em meq/l e porcentagem de cada íon;
- cálculo dos sólidos totais dissolvidos — STD, em mg/l;
- cálculo das seguintes relações iônicas, em meq/l: $r\text{K}/r\text{Na}$, $r\text{Mg}/r\text{Ca}$, $r\text{Na}/r\text{Ca}$, $r\text{Cl}/r\text{HCO}_3$ e $r\text{Cl}/r\text{SO}_4$;
- cálculo do índice de troca de bases segundo SCHOELLER (1962);
- cálculo dos erros prático e teórico das análises, segundo CUSTÓDIO & LLAMAS (1976), sendo que ao erro teórico, relaciona-se o percentual máximo de erro prático permitido, considerando-se os valores da condutividade elétrica especificados no quadro a seguir;

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	50	200	500	2000	> 2000
Erro permitido (%)	30	10	8	4	< 4

- traçado do diagrama de PIPER (modificado) de classificação das águas, com os seus respectivos pontos calculados; e
- cálculo da razão de adsorção de sódio — RAS.

Os dados disponíveis relacionados nos anexos — análises físico-químicas de amostras de águas subterrâneas; elementos maiores — foram, de conformidade, agrupados, segundo as unidades hidrogeológicas consideradas. Assim, para cada uma destas unidades foram classificadas as águas, segundo a representação gráfica de PIPER (1944), modificada, sendo possível, então, estudar as relações e a distribuição espacial dos tipos químicos, separadamente, para as quatro unidades consideradas.

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 para cada unidade investigada a composição média das águas e os respectivos intervalos de classes mais freqüentes dos seus íons maiores.

Por fim, considerando-se que as águas do sistema aquífero Serra Geral são essencialmente bicarbonatadas, para avaliar o processo de mineralização da água, estabeleceu-se a correlação entre este ânion e o somatório dos íons em mg/l.

3 - SÍNTESE HIDROMETEOROLÓGICA

3. SÍNTESE HIDROMETEOROLÓGICA

3.1 ELEMENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Considerando-se que o enfoque, mesmo a nível preliminar, dos elementos de hidrometeorologia, é subsídio básico para que se possa planejar as formas de aproveitamento dos recursos hídricos, no presente tópico far-se-á uma análise sucinta das condições climáticas do Terceiro Planalto paranaense.

De modo geral, esta abordagem será conduzida com o objetivo de avaliar os fatores que influenciam, direta ou indiretamente, na potencialidade dos sistemas fluviais e aquíferos da área em estudo.

A análise preliminar apoiar-se-á na influência dos seguintes fatores: temperatura, ventos, pluviometria, evapotranspiração potencial e tipos de clima.

3.1.1 Temperatura

A distribuição geográfica das temperaturas médias anuais é fortemente 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 anual da temperatura nas várias estações é também influenciado por outras variáveis, como: nuvens e ventos, topografia geral e distribuição das precipitações.

O Estado do Paraná tem a sua maior parte na zona subtropical, entre 23°27' e 26°47'. O restante fica situado ao norte do trópico de Capricórnio, alcançando 22°30' de Latitude Sul.

Conforme observa-se no mapa da figura 9, a distribuição geográfica das temperaturas apresenta o seguinte comportamento: as temperaturas decrescem a partir da zona do litoral até a serra do Mar; há ascensão gradativa em direção ao norte do Terceiro Planalto (21°C), onde os valores são semelhantes aos da orla marítima. Verifica-se ainda, no Terceiro Planalto, um declínio gradativo das isotermas a partir da região do baixo Iguaçu, prolongando-se esta por toda a vertente ao planalto de Palmas, na direção do Sul, onde se registram valores tão baixos quanto aqueles da porção meridional da serra do Mar.

Mais especificamente, no que se refere aos dados de temperatura das áreas do Terceiro Planalto paranaense, a partir da análise de 14 postos, geograficamente bem distribuídos (figura 9), onde são registrados nos histogramas as médias das temperaturas máximas e das temperaturas mínimas, observa-se o seguinte: embora a amplitude das diferenças entre estas seja similar (para os meses mais quente e mais frio do ano), quando são confrontados os dados das áreas norte e

sul, há, entretanto, um considerável decréscimo nos valores das temperaturas médias consideradas. Para uma melhor visualização desta avaliação, apresenta-se no Quadro 1, o registro dos dados disponíveis, segundo as áreas consideradas, para os intervalos das médias máxima e mínima das temperaturas registradas.

QUADRO 1 – AMPLITUDE DOS INTERVALOS DA MÉDIA DAS TEMPERATURAS MÁXIMA E MÍNIMA

AREA	POSTO DE OBSERVAÇÃO			
	Umuarama	Maringá	Londrina	Jacarezinho
Norte	(1) 22°30' – 33°	23°30' – 32°30'	24°30' – 33°30'	26° – 33°
	(2) 13° – 23°	12° – 23°	13° – 24°30'	9°30' – 26°
Sul	Foz do Iguaçu	Palmas	Guarapuava	Fazenda da Ilha
	(1) 23°30' – 33° (2) 8° – 23°30'	17° – 25°30' 4°30' – 16°30'	20° – 27° 7° – 20°	19°30' – 27° 7° – 20°

(1) = x máxima; (2) = x mínima.

3.1.2 Ventos

Os principais centros de alta pressão, que geram massas de ar e penetram no Paraná, são: o anticiclone do Atlântico Sul, que origina a massa tropical marítima, e o anticiclone Polar, responsável pela massa polar. Outro centro de ação importante, representando o centro de baixa pressão, fica localizado na região limite de Mato Grosso com a Bolívia, e é denominado de Baixa do Chaco (figura 10).

Pelo fato de a variação sazonal de temperatura ser influenciada pela "marcha zenital do Sol", estes centros de ação se deslocam, ora penetrando parcialmente no Paraná, ora se afastando.

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

FIGURA 10-CENTRO DE AÇÃO DAS MASSAS DE AR

**FONTE: INVENTÁRIO DE DADOS HIDROLÓGICOS E
CLIMATOLÓGICOS DA BACIA DO RIO DA
PRATA - OEA (1969)**

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. Nos meses hibernais, a frente polar faz com que predominem os ventos do quadrante Sul (HOLTZ, 1966).

A penetração dos ventos tropicais marítimos traz chuvas no verão, quando predominam os ventos do quadrante Norte. Por outro lado, as massas de ar frio, trazidas pelos ventos do Sul, penetram abaixo das massas ascendentes de ar quente, fazendo cessar as chuvas e tornando os dias mais claros. Merece ser aqui lembrada a influência do fator antrópico, onde a destruição das matas primitivas possibilitou a entrada de ar frio da frente polar, que tem se estendido no inverno sobre as vastas áreas de cultura cafeeira da região Norte do Paraná.

3.1.3 Pluviometria

No contexto geral, constata-se que o Estado do Paraná, face à localização, embora não apresente uma região de precipitações anuais que seja tipicamente tropical, o seu ciclo é muito semelhante ao do Brasil tropical — regiões Centro-Oeste e Sudeste.

Segundo HOLTZ (1966), o anticiclone Polar, responsável pelo principal sistema de corrente geradora das precipitações, na sua marcha em direção ao equador, ora se desloca pelo continente (comumente no inverno) e ora pelo oceano (durante o verão). Assim, as máximas precipitações ocorrem no verão e, na maioria das vezes, o trimestre mais chuvoso é representado pelos meses de novembro, dezembro e janeiro, na porção Oeste do Estado, e por dezembro, janeiro e fevereiro na porção Leste. As mínimas precipitações verificam-se em fins do outono, ou no inverno, e os três meses menos chuvosos, na maioria das vezes, são os do inverno e, secundariamente, os de outono (ver histogramas da figura 11).

Ressalta-se que os acidentes topográficos, que delimitam o Estado em planaltos, atuam como obstáculos orográficos, influenciando, também, localmente, na distribuição das precipitações. Estes acidentes forçam a precipitação dos ventos marítimos úmidos que sopram de Leste, Nordeste e Sudeste, como o alísio, desviado pela serra do Mar (MAACK, 1968).

Por outro lado, através da rede pluviométrica disponível, é possível obter-se uma boa caracterização das distribuições geográfica e sazonal das precipitações. O regime de precipitação é, de modo geral, abundante e bem distribuído, favorecendo consideravelmente a potencialidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Na figura 11, é ilustrada a distribuição das isoietas médias anuais no Estado do Paraná. Nesta, observa-se, para a área em estudo, que os valores mais elevados das isolinhas se concen-

tram nas regiões Sul e Centro-Oeste (1600 a 2100 mm), decrescendo em direção à região Norte, onde se chega a registrar valores de até 1000 mm para a precipitação média anual.

Complementando as informações acima referidas, apresenta-se nos gráficos das figuras 12, 13 e 14 a média das precipitações máxima, média e mínima mensais das bacias mais representativas da região do Terceiro Planalto paranaense, conforme observações registradas no período entre 1975 a 1984 (SUREHMA, 1986).

3.1.4 Evapotranspiração Potencial

Os fenômenos de evaporação, transpiração e infiltração ocorrem sempre quando a disponibilidade de água na superfície do terreno e no interior do solo excede em volume ao absorvido pelas raízes das plantas.

A secretaria geral da OEA — Organização dos Estados Americanos, em seu trabalho Bacia do Rio Prata — Estudo para sua Planificação e Desenvolvimento (1969) elaborou um mapa de acordo com C. W. THORNTHWAITE, de evapotranspiração, que, entre outras regiões, abrange a do Estado do Paraná.

A análise geral deste estudo permite visualizar que os maiores índices de evapotranspiração potencial média anual ocorrem no litoral e nas margens dos rios Paraná e Paranapanema, cujos valores são estimados em 1000 mm. Nas demais áreas do Estado, a distribuição deste parâmetro é mais uniforme, variando de 600 a 800 mm.

3.1.5 Clima

Embora tenha surgido uma série de tentativas para classificar o clima das diversas regiões do globo terrestre, aplicando-se índices ou valores de delimitações meteorológicas, três são os fatores que, em conjunto, se destacam no percurso do tempo, na moderna concepção da delimitação de zonas climáticas. Estes fatores estão relacionados às estações de iluminação, térmicas e hídricas do ano.

MAACK (1968), suplementando os parâmetros de delimitação meteorológica, apresentados por KOPPEN (1918 e 1936), elaborou o mapa climático para o Estado do Paraná. Embora o sistema de KOPPEN (op. cit.) seja estruturalmente simples, permite uma delimitação inequívoca das regiões climáticas do Estado.

No que concerne à área de estudo — zona tropical marginal, região alta da mata pluvial (tropical e subtropical), pela classificação de "Koppen" in: MAACK (1968), nela predomina o

Figura 12 - Precipitação médio mensal (1975-1984) - Unidade Iguaçu (médio e baixo)

Fonte: SUREHMA (1986)

Figura 13 - Precipitação média mensal (1975-1984) - Unidade Piquiri
Fonte: SUREHMA (1986)

Figura 14 - Precipitação média mensal (1975-1984) - Unidade Ivaí
Fonte: SUREHMA (1986)

clima do tipo Cfa (h)*; em ritmo de alguns anos de clima seco no inverno, e, periodicamente, Cwa (clima quente temperado, zona tropical matemática solar).

MAACK (1968) ressalta também que face ao excessivo desmatamento do Estado, observa-se um nítido desequilíbrio do ciclo normal das águas, o que tem modificado os limites entre os climas Cf, sempre úmido, e Cw, periodicamente seco.

3.2 ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS

3.2.1 Relevo

A configuração topográfica do Estado do Paraná, como um todo, permite dividi-lo em uma série de planaltos. A área de estudo situa-se no Terceiro Planalto paranaense (MAACK, 1968), que corresponde à Província do Planalto Ocidental, de ALMEIDA (1964).

De modo geral, o sistema hidrográfico da área do Terceiro Planalto paranaense — bacias dos rios Iguaçu, Piquiri, Ivaí e Tibagi — divide-o nas seguintes regiões geográficas naturais:

- a) Blocos planálticos de Cambará e São Jerônimo da Serra;
- b) Bloco do planalto de Apucarana;
- c) Bloco de Campo Mourão;
- d) Bloco de Guarapuava; e
- e) Declive do planalto de Palmas.

Quanto à área de delimitação, propriamente dita, deve ser mencionado que o Terceiro Planalto estende-se sobre várias zonas climáticas e é esculpido no domínio dos sedimentos mesozóicos, sendo limitado a Leste pela escarpa Triássico-Jurássica, formada pelos arenitos da Formação Botucatu e efusivas da Formação Serra Geral. Geomorfologicamente, trata-se de uma escarpa sinuosa, muito festonada, formada por uma intensa atuação erosiva na borda do planalto arenítico-basáltico. Localmente, há recuos da escarpa da ordem de alguns quilômetros, às vezes rebaixada e seccionada por rios conseqüentes, que se apresentam como gargalos de amplas áreas afuniladas. O pequeno mergulho regional das camadas para noroeste, a resistência, a grande espessura dos derrames basálticos e a heterogeneidade física do meio oferecida à erosão pelos basaltos e arenitos, que lhes são subjacentes, são fatores condicionantes do desenvolvimento desta.

* Simbologia: (C) = clima chuvoso temperado quente; (f) = sempre úmido, chuvoso suficiente em todos os meses superior a 1000 mm, anualmente; o mês mais seco tem ainda 60 mm de chuvas; (a) = temperatura do mês mais quente superior a 22°C; (h) = clima tropical original modificado pela altitude.

Na região de maior abaulamento do chamado "Arco de Ponta Grossa", fatores variados imprimem feições que se destacam do todo. Assim é a feição do relevo marcante formada pela notória densidade de diques de rochas básicas. A grande maioria destes diques apresenta direções predominantemente para Noroeste, com atitudes subverticais, controlando diretamente a rede de drenagem. Quando esses corpos intrusivos são interceptados por fraturamentos e/ou falhamentos ortogonais, dão origem ao desenvolvimento, junto ou próximo à linha de escarpa, de extensos anfiteatros erosivos.

Feições menores, próximas ou junto à área de delimitação do Segundo e Terceiro Planaltos, estão relacionados às características diagenéticas das formações Botucatu e Pirambóia, e ao condicionamento geoestrutural das efusivas da Formação Serra Geral. No primeiro caso, há formação de mesetas pelos arenitos Botucatu, e que, ocasionalmente, estão sobrepostos por rochas basálticas, destacando-se na topografia e constituindo verdadeiros morros testemunhos. No segundo caso, as rupturas de declive estão relacionadas aos contatos entre derrames (zonas estruturalmente distintas), e/ou a intercalações areníticas. O topo dos patamares formam, às vezes, largas superfícies abauladas, porém terminam por encostas de acentuado declive sobre vales principais, fortemente encaixados.

Nas áreas mais distantes da linha de escarpa do Terceiro Planalto, principalmente em grande parte das bacias dos rios Piquiri e Ivaí, há variações notáveis no tipo de relevo sobre a mesma unidade. Em que pese o marcante controle litoestrutural das rochas vulcânicas, com drenagens fortemente encaixadas, observa-se que, embora possam ocorrer desde morros até amplas colinas na área das rochas vulcânicas, o relevo torna-se mais uniforme, expondo vastas áreas de terra-roxa. Há formação de relevos com colinas baixas e muito amplas, com vales algo encaixados, que abrigam numerosos afluentes.

Na região da seqüência suprabasáltica — arenito Caiuá —, o panorama de colinas amplas, com baixa declividade, topos extensos, ligeiramente arredondados e aplainados, é mais acentuado. As quebras de relevo ficam a cargo do contato entre litologias da Formação Serra Geral, sendo que as porções baixas das drenagens são ocupadas pelos basaltos, dando origem a vales mais íngremes, sem planícies aluvionares de grande expressão. Segundo MAACK (1968), esta área de contorno da Formação Caiuá, onde o relevo é mais suave, sugere uma superfície erosiva cenozóica, possivelmente desenvolvida sob clima semi-árido.

3.2.2 Hidrografia

O complexo hidrográfico do Estado do Paraná abrange dois grandes sistemas: a bacia Atlântica, cuja área representa apenas 7,3% do território paranaense e a bacia do rio Paraná,

cujos cursos penetram para o interior do continente, desaguardo no Oceano Atlântico pela Foz do Plata, após um percurso de aproximadamente 2.500 km. A área de estudo faz parte deste último complexo, abrangendo grande parte das sub-bacias dos rios: Cinzas e Laranjinhãs, Tibagi, Ivaí e Iguaçu; e totalmente as bacias dos rios Piquiri e Pirapó e as pequenas sub-bacias dos rios que desaguardo no Paraná e no Paranapanema (figura 15).

Os cursos d'água de maior destaque do complexo hidrográfico do rio Paraná — Paranapanema, Tibagi, Ivaí, Piquiri e Iguaçu — são rios antigos, que cruzam as escarpas limítrofes do Segundo e Terceiro Planaltos paranaenses, em vales de rupturas (antecedentes). Normalmente, as linhas de queda destes rios são rejuvenescidas por meio de levantamentos epirogenéticos (MAACK, 1968). O delineamento em altiplanos escalonados, formando sucessivos degraus, representados pelas linhas de escarpa, determina a ocorrência de saltos e corredeiras, que constituem aspectos característicos no maior número de cursos d'água do complexo hidrográfico do rio Paraná.

Com propósito de se avaliar o escoamento superficial dos principais sistemas hidrográficos da área de estudo, apresentam-se nas figuras 16, 17, 18, 19, 20 e 21 as curvas de permanência de vazões médias diárias de postos fluviométricos, pré-selecionados em função das suas áreas de drenagens (SUREHMA, 1982).

Uma análise quantitativa dos mapas de detalhe da rede de drenagem da área de estudo fornece uma visão da sua densidade, que varia de baixa à média. O aspecto estrutural, melhor refletido, é o fraturamento das rochas vulcânicas, o qual condiciona fortemente os cursos dos rios e afluentes. De modo geral, o padrão de drenagem dendrítico e/ou subdendrítico (obseqüente) é modificado para semiretangular e/ou retangular (subseqüente), ocorrendo diversas inflexões súbitas ao longo de um único curso d'água. Um dos exemplos mais notórios deste comportamento é a análise do rio Piquiri como um todo e de alguns de seus afluentes, como o Goio-Erê (figura 15). Ambos desenvolvem-se em grande parte segundo o sentido de mergulho regional das rochas vulcânicas, sendo, portanto, rios conseqüentes, ocorrendo amplos trechos com mudanças bruscas de orientação regional, face aos efeitos das direções de fraturamento.

Por outro lado, em grande parte dos inúmeros estudos de viabilidade realizados pelo autor nas áreas de abrangências de sedes municipais, localizadas no Terceiro Planalto paranaense, foi possível diagnosticar, também, que os vales simétricos e retilíneos correspondem às direções dos grandes alinhamentos estruturais ESE-WNW, observados nos estudos fotogeológicos. A drenagem em sua grande parte é condicionada pelas estruturas geológicas das rochas vulcânicas, como já anteriormente mencionado.

Na área de ocorrência da seqüência suprabasáltica — Formação Caiuá — a densidade da rede de drenagem é muito baixa, o padrão varia de subdendrítico a subparalelo, sendo que o primeiro é reflexo do substrato basáltico.

MAPA DE ESBOÇO DO SISTEMA HIDROGRÁFICO DO
TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE
- BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANÁ -

Figura 16 - CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES MÉDIAS DIÁRIAS - MÉDIO IGUAÇU

Figura 17 - CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES MÉDIAS DIÁRIAS - BAIXO IGUAÇU

Figura 18 - CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES MÉDIAS DIÁRIAS

- PIQUIRI

Figura 19 - CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES MÉDIAS DIÁRIAS

- PIQUIRI

Figura 20 - CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES MÉDIAS DIÁRIAS

- IVAÍ

Figura 21 - CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES MÉDIAS DIÁRIAS

- IVAÍ

Ainda fez parte, desta análise geral, a distinção local de algumas feições anômalas do padrão de drenagem, que merecem ser aqui sumarizadas. A mais expressiva feição é o caráter radial centrífugo, localmente observável no desenvolvimento da drenagem de alguns afluentes da bacia do rio Iguaçu (Chopim) e nas áreas limítrofes entre as bacias dos rios Piquiri e Ivaí. Outro aspecto marcante é a mudança do padrão da rede de drenagem pelos diques de rochas básicas, na área do ápice do Arco de Ponta Grossa. Nesta área, o modelo da rede de drenagem tende para um padrão do tipo paralelo ou treliça, face ao notável controle estrutural imposto pelas estruturas discordantes.

4 - GEOLOGIA REGIONAL

4. GEOLOGIA REGIONAL

4.1 ASPECTOS LITOESTRATIGRAFICOS

A seqüência cronoestratigráfica aflorante na área de estudo abrange as seguintes unidades: Pirambóia, Botucatu, Serra Geral, Caiuá e depósitos cenozóicos. Destas, destaca-se a ampla área de ocorrência das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, que se acha recoberta discordantemente, numa extensão de aproximadamente 22.000 km², pelos sedimentos da Formação Caiuá (figura 22). Seu contato inferior se faz com as formações Botucatu e Pirambóia, sob a forma de interdigitamento, freqüentemente marcado por uma superfície dunar muito irregular.

O contato basal da Formação Caiuá com as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral é erosivo. O hiato de tempo que separa as últimas manifestações magmáticas da sedimentação Caiuá não pode ser determinado com segurança, mas é constatado por uma superfície erosiva irregular, localmente adquirindo aspecto brechóide. Nas áreas de bordo, a exposição da sedimentação Caiuá não é contínua, pois a remoção dos sedimentos que hoje ocupam apenas os interflúvios, descobre ao longo das linhas de drenagem o embasamento vulcânico.

Recobrando discordantemente os sedimentos da Formação Caiuá, ocorrem depósitos cenozóicos, representados por colúvios com linhas de seixos na base.

Por outro lado, há de se destacar a estreita faixa de afloramento das formações Botucatu e Pirambóia, que no Estado do Paraná abrange uma área de aproximadamente 2.364 km² (figura 22).

Segundo SOARES (1975), o contato entre as Formações Pirambóia e Botucatu é observado por brusca mudança nas condições de sedimentação, perfeitamente mapeável. Entretanto, embora não seja incomum esta superfície de brusca mudança litológica e ambiental, não significa necessariamente uma discordância. Feições como concentração de seixos e superfícies de contato retrabalhadas podem ser também interpretadas como reflexos naturais da mudança ambiental do regime fluvial para o desértico. Para GONÇALVES & MUHLMANN (1980) in: PETRI & FULFARO (1983), Pirambóia e Botucatu coexistiram, pertencendo a um mesmo ciclo, que se encerrou com a sedimentação eólica afogando a fluvial.

4.1.1 Formação Pirambóia

A Formação Pirambóia está constituída por camadas predominantemente arenosas, ocorrendo clásticos finos, em repetição cíclica, com espessura máxima superior a 300 metros.

MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DO ESTADO DO PARANÁ

Legenda:

Formação Calad

Formação Serra Geral

Formação Botucatu e/ou Pirambóia

Base Geológica compilada das folhas do DNPM SG-21, SG-22 e SF-22 (simplificado)

ESCALA

0 10 20 30 40 50 km

Figura 22

Em outras palavras, há na vertical uma alternância dos fácies fluviais de canal e de transbordamento (SOARES, 1975). Há também de se destacar, que a cor e as características litológicas dos sedimentos estudados, sugerem clima semi-árido para o ambiente de sedimentação da formação.

O levantamento detalhado de algumas seções e a análise estratigráfica de feições geomorfológicas realizadas por SOARES (op. cit.), permitiram caracterizar-se o comportamento faciológico da formação. De conformidade com este autor, reconhece-se duas unidades dentro da Formação Pirambóia, informalmente denominadas de: Membro Inferior e Membro Superior, ambas com diferenças sutis nas características texturais e estruturais. O Membro Inferior apresenta litotipos mais argilosos, onde predominam as estratificações plano-paralela e cruzada acanalada de pequeno porte. São freqüentes as camadas de argila, folhelhos arenosos e silticos. Já, o Membro Superior é caracterizado pela disposição dos bancos de arenitos, pouco a muito argilosos, com estratificação cruzada planar tangencial de médio a pequeno porte, sucedidos por bancos de arenitos muito argilosos, com estratificação plano-paralela, lamitos e argilitos arenosos, numa clara repetição cíclica.

A idade da Formação Pirambóia é atribuída ao intervalo de tempo entre o Triássico Superior e o Jurássico Inferior.

4.1.2 Formação Botucatu

A Formação Botucatu abrange um conjunto de sedimentos depositados em ambiente do tipo continental eólico, localmente fluvial, cuja espessura máxima raramente ultrapassa os 100 metros. Segundo PETRI & FULFARO (1983), esta formação é constituída, predominantemente, por arenitos com seleção variando de regular a boa, classe modal dominante de areia fina, ocorrendo pouca matriz. Localmente, ocorrem arenitos conglomeráticos (fácies torrencial) que são mais freqüentes no terço inferior da formação. A estes se associam também clásticos finos, constituindo o fácies de águas estagnadas.

É a típica estratificação cruzada de grande porte a estrutura sedimentar mais conspícua da formação. Esta corresponde a um empilhamento de corpos prismáticos ou coneiformes, achatados, podendo estes alcançar espessuras da ordem de 20 m. Tais corpos representam dunas migrantes empilhadas em grandes "ergs" e/ou "denkhas" (ALMEIDA, 1953; BIGARELLA & SALAMUNI, 1961).

No que tange à idade da Formação Botucatu, pode-se dizer que ela ocorreu no período compreendido entre o neotriássico e neojurássico. Isto porque as primeiras manifestações vulcânicas são datadas como neojurássicas e porque os sedimentos do Grupo Rosário do Sul, correlacionáveis à Formação Pirambóia, contém fósseis neotriássicos (PETRI & FULFARO, 1983).

4.1.3 Formação Serra Geral

A Formação Serra Geral ocorre sob a forma de derrames. Os derrames constituem uma série de unidades superpostas, representativas de um intenso vulcanismo fissural que ocorreu em condições não explosivas, dando origem a extensos platôs, hoje profundamente dissecados pelos processos de intemperismo.

Segundo LEINZ (1949), este intenso magmatismo com manifestações intrusivas e extrusivas, de variado caráter químico, ocorreu em clima árido de forma intermitente e assíncrona. Assim sendo, no conjunto acima referido são encontradas intercalações de sedimentos, que, embora possam ser litologicamente semelhantes aos da Formação Botucatu sotoposta, não podem ser a esta associados, pois representam efêmeros episódios na sedimentação eólica.

Por outro lado, é oportuno lembrar que a conformação dos derrames em "trapps" 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 observadas, sobremaneira, nas escarpas da Formação Serra Geral, nos limites com a depressão periférica da seqüência sedimentar da bacia do Paraná. As mesmas são detalhadas no Quadro 2, que ilustra o "modelo do condicionamento geoestrutural das rochas vulcânicas da bacia do Paraná". Faz parte deste quadro o comportamento espacial, as características estruturais, texturais e mineralógicas dos tipos petrográficos, até então reconhecidos.

Embora a Formação Serra Geral seja tradicionalmente reconhecida como de típica ocorrência de rochas toleíticas, com grande variação química (RÜEGG (1975), segundo WHITE (1908) e DU TOITI (1927) in: WASHBURNE (1930), alguns dos trabalhos afins, relacionados às duas últimas décadas, fazem referência a ocorrência de lavas de composição intermediária e ácidas associadas a esta unidade: SARTORI & MACIEL FILHO (1976), SZUBERT et alii (1978) e SARTORI & GOMES (1980). Estes "diferenciados ácidos", ao que tudo indica, emergiram a partir de sistemas de fraturas crustais concentrando-se próximos à área das atuais ocorrências, tendo sua maior viscosidade limitada à sua distribuição. Este vulcanismo parece ter sido do tipo escudo dômico (SZUBERT, op. cit.).

A idade do conjunto das rochas vulcânicas, obtidas através do método K-Ar em rocha total e em feldspato e biotita, mostra distribuição, no tempo, de 115 a 135 milhões de anos. Assim sendo, pôde ser este magmatismo datado como neojurássico-eocretáceo, tendo as manifestações perdurado, em conjunto, pelo menos 20 milhões de anos (MELFI, 1967).

MODELO GEOESTRUTURAL DAS ROCHAS VULCÂNICAS DA BACIA DO PARANÁ

— Comportamento espacial, características estruturais, texturais e mineralógicas —

- Faixa de vesículas e/ou amígdalas em formas elipsoidais (subcirculares ou alongadas horizontalmente), afigurando à zona típicas texturas fluidais, através das quais é possível obter-se informações sobre o sentido de escoamento — fluxo — da lava. As amígdalas estão preenchidas por minerais hidrotermais, sendo que os mais comuns são: quartzo e variedades microcristalinas ou hidratadas de sílica, calcita, clorita e um grande número de zeólitas.
- Faixa de vesículas e/ou amígdalas alongadas em posição vertical ou subvertical. Mais especificamente, são colares de bolhas ou tubos de diâmetros circular ou elíptico, isolados ou agrupados, representando níveis de desgasificação com tendência ascensional. Frequentemente atingem a faixa sobreposta, ou acabam em estruturas maiores.
- Faixa de vesículas e/ou amígdalas esféricas: localizam-se logo acima do basalto compacto, representando níveis estacionários dos gases. Não é incomum a ocorrência de níveis com grandes amígdalas e geodos neste intervalo.
- Zona de junção horizontal: rocha compacta, microcristalina, subdividida em lâminas por intenso fissuramento no plano horizontal.
- Zona de junção vertical: a rocha é compacta, microcristalina, ocorrendo fenocristais em derrames muito espessos. O diaclasamento de contração é vertical. O desenvolvimento do aspecto colunar desta zona só é perfeitamente identificável em derrames com espessuras superiores ou aproximadamente de 15 m. Normalmente, esta zona é delimitada por grandes linhas de descontinuidade que articulam os derrames. Tal fenômeno parece integrar-se às estruturas de derrames muito espessos, gerando, em termos de movimento, um relativo despreendimento da parte central do derrame — face diferenças de velocidade — em relação às porções periféricas. Não é incomum, também, a ocorrência de fenômenos de desgasificação na porção central do derrame. Entretanto, tais fenômenos são observáveis em níveis muito restritos, representando, às vezes, zonas vesiculares indiferenciadas, que dificilmente são confundidas com as zonas de desgasificação superficial. Face à grande compacidade deste tipo textural, é comum o desenvolvimento, nesta zona, de estrutura de alteração do tipo esfoliação esteroidal.
- Zona de junção horizontal: basalto microcristalino, apresentando o magma um comportamento análogo ao da porção superficial. A velocidade de resfriamento é mais rápida; o magma torna-se mais viscoso em direção à base e o decréscimo da velocidade de escoamento é sobre-acrescido pelo atrito deste com a superfície de fluxo.
- Zona vítrea: material é vítreo, preto, brilho de pixe, finamente vesicular, normalmente com espessuras variando de 5 a 10 m.
- *Diferenciais Ácidos:* (1) rocha castanho-clara, afanítica, com fina estrutura laminar fluidal convoluta, realçada pelo intemperismo.
(2) granófiro castanho-claro, com matriz holocristalina, composta por uma trama de inter-crescimento gráfico de quartzo e feldspato alcalino (sanidina), irregularmente diaclasado, ocorrendo esporadicamente amígdalas preenchidas por calcita.
(3) granófiro cinza-claro, intensamente diaclasado segundo planos de fluxo.
(4) vitrófiro preto, com fluxo laminar fino, observando-se, com frequência, a presença de lâminas de fluxo de cor castanha, com até 1 cm de espessura, fragmentos de arenito intratrapps fundidos, e amígdalas de sílica com coroa de reação.

FEIÇÕES DE CONTATO ENTRE DERRAMES:

- Diques clásticos — ocorrem como ressaltos em afloramentos, preenchendo fraturas de resfriamento. Trata-se, na maior parte dos casos, de sedimentos na fração de areia muito fina e silte, constituídos predominantemente por grãos de quartzo, variando de formas subangulares a arredondadas, intensamente silicificados, o que lhes confere maior resistência à erosão.
- Brecha aglomerática — composta por fragmentos de basalto (geralmente vesiculares) e material detrítico (areno-silício-argiloso), que são englobados na lava do derrame sobreposto. A matriz e/ou cimento normalmente é calcária ou arenosa, apresentando um componente argiloso (resíduo), oriundo do processo intempérico que atuou no período de inatividade magmática. Geralmente, esta feição ocorre quando os derrames recobrem espessuras consideráveis de sedimentos. A base da superfície de escoamento torna-se irregular, moldando-se à topografia dunar original. Neste caso, a superfície dunar é sensivelmente modificada, ocorrendo inclusões de arenitos no corpo da lava.
- Arenitos "intratrapps" — são sedimentos interpostos aos derrames, constituindo o indicio mais seguro de hiato da efusão. Normalmente, quando são de pequena espessura, apresentam-se muito silicificados, com fratura conchoidal (sub). As vezes, podem dar origem a formação de pequenos diques ascendentes e descendentes no corpo da lava, bem como, ao serem misturados de forma caótica ao derrame sobreposto, originarem também a brecha basáltica. A espessura desses corpos varia desde poucos centímetros até mais de 20 m.

FEIÇÕES ESTRUTURAIS ASSOCIADAS AOS DERRAMES:

- Diques e "sills" de rochas básicas — normalmente ocorrem agrupados em sistemas tabulares subparalelos, evidenciando uma continuidade da intrusão desses corpos após o climax do magmatismo na bacia do Paraná. É muito provável que a posição de alguns dos mais espessos diques, nas regiões centrais de arqueamento da bacia, coincida com as geoclases por onde sucedeu-se o derramamento de lava. Deve ser ressaltado, também, que os contatos laterais dos sistemas de diques não são, às vezes, muito simples, podem transformar-se em pequenos sills e/ou injetar irregularmente, na rocha encaixante, inúmeras apófises.

OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES

- A presença das estruturas vesiculares e/ou amigdaloides nos derrames basálticos, embora esteja condicionada aos resíduos magmáticos gasosos, é resultante também da viscosidade da lava, que permite, ou não, a sua conservação no interior do derrame.
- A diferenciação dos níveis de desgasificação só é observável em derrames espessos. A espessura da zona vesicular é extremamente variável. Normalmente, em derrames de pequena espessura (inferiores a 10 m), pode esta ocupar toda a sua extensão. Nos derrames mais espessos, esta zona abrange de 1/3 a 1/4 da espessura total do mesmo.
- A composição mineralógica da zona de desgasificação é análoga à da zona de junção vertical (porção central), ocorrendo, entretanto, maior quantidade de matéria vítrea.
- A passagem da zona vesicular para a zona do basalto compacto (zona de junção horizontal) é transicional. Observa-se um decréscimo gradual da quantidade de vesículas e/ou amígdalas.
- Na zona de junção vertical, a posição, tamanho, forma e regularidade das juntas colunares é função dos seguintes fatores: lava — temperatura, viscosidade e homogeneidade; resfriamento — velocidade e regularidade.
- Além das estruturas de topo e de base dos derrames, indicativas da direção de fluxo da lava, a inclinação das colunas de junção vertical e os tubos de lava (estruturas internas) podem também ser aplicadas ao reconhecimento do sentido do fluxo da lava, quando critérios de medição a elas se associam.
- Uma das características estruturais mais notáveis dos *diferenciais ácidos* é o diaclasamento plano-paralelo, densamente espessado, que os torna perfeitamente distinguíveis do conjunto básico.
- O posicionamento estratigráfico dos *diferenciais ácidos* é ainda discutível, embora extensas ocorrências de campo, já delimitadas, permitam situá-las nos intervalos muito próximos ao topo do conjunto basáltico.
- A espessura do conjunto das lavas ácidas e intermediárias pode variar desde poucos metros (inferior a 50 m) até mais de 300 m.
- As estruturas características de base e topo dos derrames basálticos não são reconhecíveis no conjunto das lavas de composição ácida e intermediária, tomando muito difícil a individualização dos seus derrames.
- Raramente o contato entre derrames é uma superfície plana. Verifica-se que esta superfície é subhorizontalizada ou ondulada, caracterizando a paleotopografia do derrame inferior.
- O contato inferior do conjunto dos derrames basálticos dá-se sob a forma de interdigitamento com as unidades da sedimentação eólica, denotando, assim, contemporaneidade parcial com estas unidades. Por outro lado, os arenitos *intratrapps* são mais frequentes e espessos na base dos derrames precursores, afigurando, no decorrer do tempo, o claro e gradual recobrimento da superfície exposta da Formação Botucatu.
- É difícil separar as diaclases de contração das de ordem tectônica. Entretanto, alguns critérios de ordem prática podem ser aplicados no reconhecimento destas. Nas diaclases de contração há, frequentemente, mudanças de direção, enquanto que nas de ordem tectônica há tendência acentuada a certas direções. Observa-se, também, que, frequentemente, as diaclases de ordem tectônica sectionam as de contração; as de atitude horizontal, ou quase horizontal, são produzidas exclusivamente pela contração do magma durante o seu resfriamento; e a densidade destas últimas aumenta ou diminui em função da sua posição no derrame.
- Do ponto de vista geotectônico deve ser considerado que, embora haja muitas variáveis condicionantes nas modificações locais da espessura total dos derrames (espessura originalmente acumulada, espessura fixada em decorrência da subsidência e deformação, e espessura erodida antes, durante ou após a sedimentação suprabasáltica), os indícios das principais linhas de extravasamento magmático são evidenciadas pelos seguintes fatores: as áreas com maior espessura de derrames correspondem aos focos de extravasamento, ocorrendo a partir destas um adelgaçamento centrífugo; ocorrência de *sills* e sua frequência indicando áreas produtoras; e áreas que sofreram um acentuado contato tectônico, ocorrendo amplas zonas de falhas preenchidas por diques de diabásio.

QUADRO 02 — Fonte: baseado nos trabalhos de LEINZ (1949); GUIDICINI & CAMPO (1968); SARTORI et alii., (1975); SZUBERT et alii. (1978); ORSATTI (1978).

4.2 ASPECTOS ESTRUTURAIS

Dentro do contexto geológico, a área de estudo faz parte da bacia do Paraná. Trata-se de uma unidade geotectônica estruturada na Plataforma Sul-Americana, correspondendo esta às áreas de mais acentuada e persistente subsidência. Sua evolução iniciou-se no limite entre o Siluriano e o Devoniano. Os estudos bio-estratigráficos, sedimentológicos e estruturais, até então realizados, sugerem que a bacia do Paraná foi marcada por períodos de subsidência e de ascensão epirogênica, o que lhe asseguraram, nas áreas interiorizadas, a acumulação de mais de 5 mil metros de sedimentos.

No âmbito estrutural, observa-se que a atuação de esforços de compressão não lhe afetaram a ponto de produzir dobramentos intensos. As deformações estão relacionadas a falhamentos e intrusões de caráter composicional predominantemente básico.

Entre os elementos geotectônicos relevantes na evolução e distribuição das áreas de maior subsidência da bacia do Paraná, no seu flanco leste, um há de se destacar aqui pela importância que representa no condicionamento tectono-sedimentar de ampla área desta: o "Arco de Ponta Grossa". Este representa um ponto quente do manto, principal área-fonte do evento magmático. Trata-se de uma estrutura marginal, transversal à bacia, perfeitamente identificável nos mapas geológicos pela notória curvatura do embasamento Pré-Cambriano, cujo eixo é dirigido para o interior da bacia. Segundo FULFARO (1971), esta megaestrutura ocupa área estruturalmente importante na evolução da bacia, pois além de compartimentá-la, incide também de modo marcante na sedimentação de áreas vizinhas, de tal forma a observarem-se freqüentemente, interrupções de ordem estratigráfica, modificações de litofácies, acunhamento e "overlaps" das unidades aqui consideradas. Assim sendo, constata-se que, além de acentuada mudança dos ambientes de sedimentação entre Permiano e o Triássico, decorrentes da inversão generalizada do relevo na área de abrangência do Arco de Ponta Grossa, há de se mencionar, também, como um dos exemplos mais notórios da sua influência, a divisão da bacia do Paraná em duas sub-bacias: Pirambóia, ao norte, e Rosário do Sul, ao sul.

Neste tópico, interessa ainda destacar os grandes lineamentos e falhamentos associados ao Arco de Ponta Grossa, reconhecidos por VIEIRA (1973), no nordeste do Paraná e em áreas vizinhas do Estado de São Paulo. Segundo VIEIRA, *op. cit.*, estas estruturas se desenvolveram em uma única fase tectônica, desencadeada nos primórdios do Cretáceo. As mesmas apresentam constância direcional (noroeste) e constituem extensas zonas de falhas normais, com formação de arqueamentos regionais e de "horsts" dômicos, cuja reativação no mesozóico deu acesso ao magma basáltico sob a forma de diques, "sills" e derrames. Tais estruturas compartimentaram a área de estudo em regiões de comportamento tectônico e magmático diferenciáveis.

4.3 POSIÇÃO LITOESTRATIGRÁFICA E ESTRUTURAL DA FORMAÇÃO DE INTERESSE

A etapa precedente à formação da unidade litoestratigráfica em referência, foi caracterizada pelo grande desenvolvimento da sedimentação sob condições subaquosas de mar aberto ou interior. O final desse complexo ciclo tectônico-sedimentar coincide com o término do Paleozóico e/ou com o início do Triássico, quando, então, a sedimentação foi de caráter francamente continental, típica da fase geocrática de imersão plataformar da bacia do Paraná.

No que tange a evolução tectônica da bacia do Paraná e o problema das seqüências sedimentares, ALMEIDA (1981) identifica quatro estágios deste processo evolutivo, assinalando que os três primeiros ocorreram quando a bacia comportava-se como sinéclise.

De conformidade com ALMEIDA, op. cit., a sedimentação predominante arenosa, que ocorreu no terceiro estágio, cobriu praticamente toda a bacia, sendo marcada por uma importante inconformidade entre o Permiano e o Triássico. É neste estágio que se enquadram as unidades Pirambóia e Botucatu.

De outra forma, a sedimentação dos mares remanescentes do Permiano até então transcorrida é substituída — face à influência crescente do Arco de Ponta Grossa — por um sistema fluvial (Formação Pirambóia), que se desenvolve progressivamente. Com o clímax das condições desérticas, há completa desorganização do referido sistema, ocorrendo, então, a deposição dos sedimentos da Formação Botucatu. Não se exclui deste quadro evolutivo uma interpretação em separado destas duas unidades, pois a sedimentação foi lenta e gradual.

Em contraste com o estágio anterior, o território brasileiro, a partir do jurássico Superior, foi sede de uma das mais notáveis manifestações diastróficas do globo, cujo fenômeno é denominado por ALMEIDA (1981) de Reativação Wealdeniana. A bacia do Paraná foi profundamente afetada, sendo reestruturada por processos tectono-magmáticos, exemplificados, sobretudo, pela epirogênese, por movimentos verticais de blocos de falhas e pelo extensivo vulcanismo basáltico, cuja possança demonstra que o fenômeno está ligado a processos infracrustais de escala continental e de caráter essencialmente anorogênico. Ainda, segundo ALMEIDA, op. cit., este fenômeno tectono-magmático de reativação atingiu as mais diversas estruturas da plataforma brasileira, dando nítida preferência às áreas que por último se consolidaram. Ele também foi responsável pela reativação de antigas estruturas e pelo surgimento de novas. Há de se destacar, ainda, a íntima relação entre o tectonismo e as intrusões magmáticas, já que grande parte dos falhamentos profundos encontram-se preenchidos por diques de diabásio, ocorrendo, também, um grande número de extensos "sills".

Face à intensidade dos processos tectônicos e magmáticos ocorridos no estágio acima referido, adquire a bacia do Paraná características de anfíclise, sobretudo pela grandeza das manifestações vulcânicas e de seus equivalentes intrusivos. O fenômeno reflete, inclusive, a ruptura do continente Gondwana e o início da abertura do Oceano Atlântico.

5 - HIDROGEOLOGIA

5. HIDROGEOLOGIA

5.1 MODO DE OCORRÊNCIA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A água subterrânea nos basaltos da bacia do Paraná está condicionada a fatores de ordem genética e tectônica. Enquanto o primeiro fator é condicionante intrínseco da permeabilidade horizontal, o segundo condiciona as permeabilidades verticais, as quais intercomunicam as estruturas aquíferas interderrames.

Dentro deste contexto, o sistema aquífero Serra Geral constitui, pela sua extensão e modo de ocorrência, uma importante unidade hidrogeológica. A expressão regional do seu domínio, em termos de superfície e profundidade, e as condições de armazenamento e circulação da água subterrânea lhe conferem propriedades hidrogeológicas distintas e de grande interesse econômico.

Nos basaltos, o condicionamento hidrogeológico desfavorável geralmente só se configura nas porções centrais de cada derrame, ou quando são os mesmos compartimentados por intrusões de diabásio. As melhores propriedades aquíferas são condicionadas por uma série de unidades superpostas, apresentando, cada uma, feições originadas dos processos de fluxo e resfriamento da lava (LEINZ, 1949).

Face ao modo de ocorrência dos basaltos, a distribuição espacial das estruturas intraderrames e interderrames, e os estágios múltiplos de sua formação, constituem estes meio aquífero de notável heterogeneidade física. Em termos qualitativos e quantitativos, as características deste sistema de descontinuidades vai depender dos aspectos dimensionais e do agrupamento das fraturas. A condutividade hidráulica do meio é, portanto, muito variável, complexa e de difícil avaliação. Na prática, tem-se observado, através da interpretação de ensaios de bombeamento em poços tubulares, que as condições hidrogeológicas são heterogêneas e anisotrópicas, ocorrendo notável variação lateral da permeabilidade do meio. Trata-se, na realidade, de meios fraturados mais freqüentemente descontínuos do que contínuos.

Não obstante, tais feições, como veremos a seguir, colocam os derrames basálticos, quanto às condições de aquíferos, numa situação bem mais promissora do que as demais rochas ígneas do contexto regional.

O estudo da relação entre as profundidades dos poços e as vazões calculadas reforça o condicionamento acima abordado, pois revela uma ampla dispersão dos valores em relação à média (figura 23 e 24).

Em raras situações, onde as entradas principais de água nos poços relacionam-se a níveis fraturados espessos, profusamente vesiculares (meláfiros) é até admissível a delimitação de áreas produtoras em analogia aos meios isotrópicos, pois os testes de bombeamento em poços com

FIGURA 23 - CORRELAÇÃO ENTRE CAPACIDADE ESPECÍFICA E PROFUNDIDADE

FIGURA 24 - CORRELAÇÃO ENTRE A CAPACIDADE ESPECÍFICA E A PROFUNDIDADE

características construtivas similares, apresentam idênticos valores de capacidade específica para os rebaixamentos disponíveis considerados. Um dos exemplos práticos que ilustra muito bem tal condicionamento hidráulico é o caso dos dois poços de Goio-Erê, cujos dados constantes de suas fichas de sondagens se acham contidos nos anexos e complementados na figura 25. Neste caso, a correlação dos perfis litológicos dos poços indica que a principal contribuição, observada no decorrer da perfuração, relaciona-se ao topo do derrame (2), situado aproximadamente a 469 m acima do nível do mar (45 metros de profundidade). Trata-se de um nível profusamente vacuolar, cujas estruturas vesiculares, de pequeno porte, se acham parcialmente preenchidas por calcita, com fraturas amplamente intercomunicadas, permitindo, assim, que a circulação da água ocorra em todas as direções.

Segundo REBOUÇAS (1976), as condições de ocorrência da água subterrânea no sistema Serra Geral são de aquíferos livres. Entretanto, nos poços mais profundos há tendência de evolução para ocorrências de águas subterrâneas sob condições confinadas, quando restritas aos contatos e juntas horizontais. Os aquíferos condicionados por estas estruturas podem ser mais ou menos independentes segundo às características de permeabilidade dos derrames que os separam.

De outra forma, cada derrame em termos geoestruturais possui um conjunto de estruturas de fluxo de lava e resfriamento bem definidas — identificáveis por alternância textural — determinantes no armazenamento e circulação da água subterrânea. Assim, a zona vítrea, porção inferior de cada derrame, apresenta-se como uma camada argilosa de alguns metros de espessura. É o produto da desvitrificação da matéria amorfa. Disposta sobre a zona vítrea, ocorre a zona de disjunção horizontal que se caracteriza pelo diaclasamento em planos horizontais, espaçados de poucos centímetros, condicionando a água subterrânea a uma circulação horizontal, freqüentemente não muito efetiva, face à presença de materiais de alteração junto aos planos de fraturas. Já a percolação da água subterrânea na zona de disjunção vertical vai alimentar as diaclases horizontais subjacentes. A alteração do basalto nesta zona (porção central) é reduzida, constituindo geralmente o trecho mais resistente à perfuração. No topo de cada derrame ocorre a zona de desgaseificação. Os gases oriundos da lava são aprisionados junto à superfície do derrame pelas placas já consolidadas em contato com a atmosfera. A mistura de gases e placas forma um complexo escoriáceo de aspecto esponjoso e de coloração avermelhada. Os vacúolos presentes nesta última zona (vesículas e/ou amígdalas) possuem diâmetros que variam de milímetros até dezenas de centímetros. A permeabilidade da zona de desgaseificação depende da disposição espacial dos vacúolos. Quando os mesmos são interconectados por sistemas de fraturamento, as condições de armazenamento da água subterrânea são excelentes (Quadro 2).

Além dos aspectos acima mencionados, convém ressaltar ainda que em muitos locais de barragens tem sido observadas descontinuidades horizontais de tão grande importância quanto

FIGURA 25 - PERFIS LITOLÓGICOS DOS POÇOS (1) E (2) DE GOIO-ÉRE - UNIDADE PIQUIRI

os contatos e o processo de disjunção do basalto (REBOUÇAS, 1976). Estas estruturas foram denominadas por GUIDICINI & CAMPOS (1968) de "juntas-falhas". Segundo estes autores, essas juntas podem se estender por várias centenas de metros e variam desde uma única fenda até uma faixa extremamente fraturada, cuja espessura pode atingir de um a dois metros. O próprio autor, nos seus estudos de viabilidade para locação de poços, tem tido a oportunidade de identificá-las em inúmeras frentes de pedreiras da região Norte do Paraná.

Os fenômenos de intemperismo e erosão verificados nos intervalos de tempo entre um evento magmático e outro, podem ocasionar a ausência de uma das zonas estruturais dos derrames, principalmente a zona de desgaseificação, pelo caráter mais friável que apresenta. Além disso, o desenvolvimento diferenciável das estruturas de fluxos de lava e resfriamento só é observado em derrames espessos. Normalmente, a espessura da zona de desgaseificação é extremamente variável. Nos derrames com espessura inferior a 10 m, pode esta ocupar toda a sua extensão.

Feições maiores como falhas, diques e "sills" de diabásio, alteram as condições originais de fluxo d'água nas zonas interderrames. Estas estruturas têm grande importância para a recarga e circulação da água subterrânea dos basaltos. De modo geral, as melhores condições verificam-se quando derrames com zonas profusamente vesiculares são afetados por fraturamentos extensos e profundos, condições nas quais os vacúolos são interconectados e a recarga do aquífero, além de se verificar por áreas mais extensas, é mais efetiva. As condições mais adversas são determinadas pela presença de diques e "sills", que constituem barreiras hidrogeológicas, bloqueando a continuidade do fluxo subterrâneo. Muitas das grandes variações potenciométricas podem ter aqui a sua origem.

5.2 ZONEAMENTO DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL

5.2.1 Informações Disponíveis e Avaliação dos Resultados

A metodologia aplicada na interpretação envolveu o agrupamento dos dados por bacias hidrográficas (figura 26). A integração dos dados hidrogeológicos correspondentes à análise de frequência da capacidade específica, vazão e da razão capacidade específica/espessura útil produtora de 225 poços, permitiu, introdutoriamente, caracterizar as seguintes unidades (figura 15):

UNIDADE I — Iguaçu, abrangendo Baixo e Médio Iguaçu;

UNIDADE II — Piquiri, abrangendo Paraná 2 e Paraná 3;

UNIDADE III — Ivaí, abrangendo Paraná 1, Paranapanema 4 e Pirapó; e

UNIDADE IV — Tibagi, abrangendo Paranapanema 1, Paranapanema 2 e Paranapanema 3.

Os dados constantes nas figuras 26, 27, 28 e 29 foram posteriormente inter-relacionados com os perfis litológicos dos poços, onde a frequência do número de derrames foi reconhecida a partir da espessura útil produtora (figura 30). Nos poços em que o derrame superior, parcialmente preservado, é muito espesso, a espessura útil produtora difere substancialmente da perfurada. Deve-se, ainda, mencionar que nas áreas de cobertura suprabasáltica ficou mais fácil a identificação da espessura útil produtora, já que em grande parte dos casos o interface Caiuá/Serra Geral coincide com a zona de desgaseificação do basalto.

A integração dos dados constantes nas figuras 26, 27, 28, 29 e 30 se encontram sintetizados no Quadro 3, de onde é possível extrair-se as seguintes conclusões:

1. Há um nítido contraste em termos de valores das descargas específicas e das vazões entre os resultados da Unidade Iguaçu e as outras unidades investigadas. Na Unidade Iguaçu, a classe modal para os parâmetros analisados situa-se nos intervalos de classe $< 0,2 \text{ m}^3/\text{h.m}$ e $0-10 \text{ m}^3/\text{h}$ para capacidade específica e vazão, respectivamente. Nas demais unidades, há uma equivalência em termos de distribuição dos intervalos de classe em valores que superam àqueles observados na Unidade Iguaçu. Isto permite, desde já, subdividir o sistema aquífero Serra Geral nas duas subprovíncias hidrogeológicas, adiante propostas.

2. Embora a produtividade dos poços possa variar consideravelmente, mesmo para as áreas de similaridade geológica, é possível estimar-se, para aquelas situações mais favoráveis, onde se dispõe de grandes áreas para a prospecção, os seguintes resultados:

• SERRA GERAL NORTE

$$(\bar{x})Q/s (1,83 \text{ m}^3/\text{h.m} \cdot (\bar{x})s \text{ disponível } (31,61 \text{ m}) = 57,97 \text{ m}^3/\text{h/poço}$$

• SERRA GERAL SUL

$$(\bar{x})Q/s (0,49 \text{ m}^3/\text{h.m} \cdot (\bar{x})s \text{ disponível } (33,08 \text{ m}) = 16,48 \text{ m}^3/\text{h/poço}.$$

3. O número de derrames penetrados e a espessura útil produtora constituem, em primeira grandeza, os fatores condicionantes da frequência e do posicionamento das contribuições, pois estão estas intimamente associadas ao processo de disjunção dos basaltos e às características das suas zonas de desgaseificação.

4. Na figura 30, onde são apresentados os histogramas de frequência de derrames para as unidades hidrogeológicas pesquisadas, observa-se que há um nítido contraste entre o número de derrames reconhecidos na Unidade Iguaçu e as demais unidades. Na Unidade Iguaçu, aproximadamente 80% dos poços perfurados (33 casos) correspondem à penetração de apenas um ou dois derrames. Nas demais unidades, há de modo geral, uma boa superposição dos histo-

SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL - UNIDADE IGUAÇU

Figura 26 - VARIAÇÕES DA CAPACIDADE ESPECÍFICA, VAZÃO E RAZÃO CAPACIDADE ESPECÍFICA / ESPESSURA ÚTL. PRODUTORA

SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL - UNIDADE PIQUIRI

FREQUÊNCIA DA VAZÃO

FREQUÊNCIA DA CAPACIDADE ESPECÍFICA

FREQUÊNCIA Q/s/ESPESSURA ÚTIL PRODUTORA

Figura 27 - VARIAÇÕES DA CAPACIDADE ESPECÍFICA, VAZÃO E RAZÃO CAPACIDADE ESPECÍFICA/ESPESSURA ÚTIL PRODUTORA

SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL - UNIDADE IVAÍ

FREQUÊNCIA DA VAZÃO

FREQUÊNCIA DA CAPACIDADE ESPECÍFICA

FREQUÊNCIA Q/s/ESPESSURA ÚTIL PRODUTORA

Figura 28 - VARIAÇÕES DA CAPACIDADE ESPECÍFICA, VAZÃO E RAZÃO CAPACIDADE ESPECÍFICA / ESPESSURA ÚTIL PRODUTORA

SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL - UNIDADE TIBAGI

Figura 29 - VARIAÇÕES DA CAPACIDADE ESPECÍFICA, VAZÃO E RAZÃO CAPACIDADE ESPECÍFICA / ESPESSURA ÚTIL PRODUTORA

SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL NO PARANÁ

Figura 30- HISTOGRAMAS DE FREQUÊNCIA DE DERRAMES - UNIDADES IGUAÇU, PIQUIRI, IVAÍ E TIBAGI

QUADRO 03- SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL : ANÁLISE GERAL DE INTERPRETAÇÃO E AGRUPAMENTO DOS DADOS

ANÁLISE GERAL DE INTERPRETAÇÃO E AGRUPAMENTO DOS DADOS																
UNIDADE PESQUISADA	DADOS (X1)	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS — VARIÁVEIS CONSIDERADAS														
		VAZÃO (m ³ /h)				CAPACIDADE ESPECÍFICA (m ³ /h.m)				PROFUNDIDADE (m)			ESPESSURA ÚTIL PRODUTORA (m)			APOVEITAMENTO POÇOS IMPRODUTIVOS (%)
		MÉDIA ($\bar{x}$)	DESVIO PADRÃO (s)	INTERVALOS DE SEGURANÇA		MÉDIA ($\bar{x}$)	DESVIO PADRÃO (s)	INTERVALOS DE SEGURANÇA		MÉDIA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA	MÁXIMA	
				MÉDIA (μ)	DESVIO PADRÃO (σ^2)			MÉDIA (μ)	DESVIO PADRÃO (σ^2)							
IGUAÇU	46	10,68	13,69	± 5,21	17,9 ≤ σ ² ≤ 64,23	0,49	0,97	± 0,147	0,88 ≤ σ ² ≤ 3,14	132,5	47	234	98,8	34	220	30,43
PIQUIRI	86	41,83	40,75	± 33,22	78 ≤ σ ² ≤ 34,9	1,946	2,37	± 1,418	5,4 ≤ σ ² ≤ 19,28	118	73	180	88,67	35	134	8,05
IVAÍ	67	41,74	26,68	± 33,31	70 ≤ σ ² ≤ 29,5	1,722	1,79	± 1,271	3,24 ≤ σ ² ≤ 11,57	124	55	199	93,37	26	141	7,69
TIBAGI	26	30,15	29,61	± 18,04	91,19 ≤ σ ² ≤ 14,46	1,359	1,82	± 0,574	1,17 ≤ σ ² ≤ 4,18	133	86	200	92,4	38	167	18,18
FORMULAÇÃO																

FORMULAÇÃO

SIMBOLOGIA

$$\bar{x} = m'1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$s = m'2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$u = \bar{x} - t_{(\alpha/2; n-1)} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{(\alpha/2; n-1)} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$\sigma^2 = \frac{(n-1)s^2}{x^2_{(\alpha/2; n-1)}} < \sigma^2 < \frac{(n-1)s^2}{x^2_{(1-\alpha/2; n-1)}}$$

x_i = número de dados (n)

$\bar{x}$ = média e/ou momento de ordem 1

s = desvio padrão e/ou momento de ordem 2

α = nível de significância

t = teste "t" (análise de variância)

x^2 = teste "qui-quadrado" (método de aderência)

gramas de freqüência, as médias das profundidades dos poços se equivalem e aproximadamente 60% dos poços penetraram em 2, 3 ou mais derrames.

5. Complementando as observações acima registradas, determinou-se as curvas acumulativas de probabilidade logarítmico normal da capacidade específica em função do número de derrames penetrados (figura 31), sem considerar-se, à parte, as características de cada unidade pesquisada. Para efeito de observação, admitiu-se dois casos: poços nos quais foram penetrados entre 1 e 2 derrames, e poços em que foram atingidos mais de dois derrames. Os valores das medianas das capacidades específicas de ambos os casos ($1,0 \text{ m}^3/\text{h.m}$ e $1,5 \text{ m}^3/\text{h.m}$, respectivamente), permitem aquilatar-se a grandeza desta variável no condicionamento hidráulico do sistema aquífero ora estudado.

Assim, o condicionamento litoestratigráfico da área da Unidade Iguaçu permite relacioná-la ao caso em que a profundidade média dos poços não possibilitou a penetração na maior parte dos casos em mais de dois derrames. Para este caso, o valor da mediana das capacidades específicas extraído da curva acumulativa de probabilidade logarítmico normal, em função do número de derrames penetrados, é muito inferior a outra situação considerada.

6. Nas áreas em que os derrames basálticos apresentam zonas de desgaseificação muito espessas (Unidade Piquiri), foi observado que é freqüente a ocorrência de mais de uma entrada d'água por derrame penetrado, podendo esta situar-se no topo (principalmente), na base e/ou mesmo no terço inferior desta zona.

7. Os poços com capacidades específicas muito elevadas ($> 3 \text{ m}^3/\text{h.m}$) estão geralmente relacionados às porções inferiores de vales derivados de um intenso fraturamento das rochas, associados a derrames profusamente vesiculares e/ou de pequena espessura. A importância do caudal, captado neste caso, pode ser indicada pela freqüência da alteração do nível d'água do poço durante a perfuração, bem como pela dificuldade de obtenção de amostras do material da zona produtora.

Nas circunstâncias acima referidas, as características geométricas do aquífero podem ser exemplificadas pelos perfis litológicos dos quatro poços perfurados nas áreas das sub-bacias dos rios São Francisco, São Francisco Falso e Arroio Guaçu (figura 32), onde se admite o modelo de circulação e armazenamento da água subterrânea de macroesponja, cujos vacúolos variam de 2 a 10 cm de diâmetro, largura de 5 a 10 km e com espessura de 15 a 20 m. Acrescenta-se a esta estrutura uma série de interconexões verticais e subverticais, com extensão igual às dimensões da esponja e com extensão de quilômetros, com descontinuidades variando de dezenas de centímetros a um metro (figura 33).

Figura 31-SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL - CURVA ACUMULATIVA DE PROBABILIDADE LOGARITMO NORMAL DA CAPACIDADE ESPECIFICA EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE DERRAMES PENETRADOS

FIGURA 32 — **ESBOÇOS DE DRENAGENS E DOS PRINCIPAIS ALINHAMENTOS GEOLÓGICOS FOTOINTERPRETADOS**
 ÁREA DE INTERESSE: SUB-BACIAS DOS RIOS SÃO FRANCISCO, SÃO FRANCISCO FALSO, GUAÇU E SÃO VICENTE.
 ESCALA: 1:1.000.000
 BASE CARTOGRÁFICA: IMAGENS DE SATÉLITE CANAIS 5 e 7 (03.06.78)

Figura 33 - Esquema ilustrativo do modelo de ocorrência da água subterrânea ao longo do rio Toledo - unidade Piquiri

Quanto às características litoestruturais e estratigráficas do nível produtor principal, deve ser mencionado que, através da integração dos perfis litológicos dos poços PS₁, PS₂, PF₁ e PF₂ (figura 33), foi possível reconhecer este como sendo o topo do último derrame basáltico, em termos totalmente preservado. A espessura média aproximada do derrame é de 36 m, sendo a sua porção superficial composta por basalto cinza com tons amarronzados, na base parcialmente alterado, fraturado, apresentando zona de desgaseificação profusamente vesicular, com estruturas de pequeno porte, parcialmente preenchidas por quartzo, calcita e zeólitas.

8. No caso da sub-bacia do rio Toledo, especificamente, é possível, através da análise de fotografias aéreas e de imagens de satélite, diagnosticar estruturas que lhe conferem amplas condições para o armazenamento e circulação da água subterrânea (figura 32). Há de se destacar ainda que a recarga do aquífero é assegurada pela precipitação média anual de aproximadamente 1.300 mm (observação de 9 anos — 75/84 — SUREHMA/NCH — Núcleo de Controle Hidrológico), distribuída por todas as áreas abrangidas pelas sub-bacias dos rios citados e adjacências. Soma-se a isso, também, o relevo, com gradientes topográficos suaves e com boa cobertura de solo.

9. Nas metragens especificadas nos programas de perfurações, sempre que se constatar, pela análise de amostragem, que a profundidade final do poço corresponde às porções central e/ou basal do último derrame em investigação, é recomendável aprofundar a perfuração até a mesma penetrar totalmente no topo do próximo derrame. Este procedimento é admissível principalmente para aqueles poços em que o intervalo correspondente ao último derrame aparentemente preservado situar-se muito abaixo da superfície topográfica, independentemente da metragem já alcançada.

10. Considerando-se que, em grande parte dos casos, as contribuições estão associadas ao topo de cada derrame, é discutível a profundidade de 80 m, fixada por ROSA FILHO et alii (1984) para os poços perfurados na Unidade Iguaçu, uma vez que com a análise hidrogeológica, aqui introduzida, ficou claro que, na maioria dos casos (80%) não foi atingido o topo de mais de um derrame para os intervalos de profundidades considerados. Em outros termos, significa que é oportuno o aprofundamento do poço até que sejam atravessados, no mínimo, dois derrames.

5.2.2 Compartimentação Hidrogeológica

A interpretação da análise metodológica ora introduzida no estudo da exploração do sistema aquífero Serra Geral, no Estado do Paraná, permite dividir esta unidade em dois compartimentos principais — Serra Geral Norte e Serra Geral Sul —, entendido este último, de modo geral, como aquele relacionado à porção abrangida pela bacia do Iguaçu e zonas de bordo da formação.

Na Área Norte, concentram-se as melhores características aquíferas do sistema Serra Geral. Considerando-se os dados de 165 poços, até então explorados, obtém-se uma vazão média de, aproximadamente, $42 \text{ m}^3/\text{h}/\text{poço}$, enquanto, na Área Sul, das 45 perfurações catalogadas, a média por poço é de apenas $10,68 \text{ m}^3/\text{h}$.

O gráfico da figura 34 apresenta as distribuições acumuladas das capacidades específicas em $\text{m}^3/\text{h.m}$ para as áreas Serra Geral Norte e Serra Geral Sul. Observa-se que mais de 80% dos poços construídos na Área Sul apresentam valores de capacidade específica menores que $1,0 \text{ m}^3/\text{h.m}$, enquanto, na Área Norte, 50% dos poços apresentam valores maiores do que $1,0 \text{ m}^3/\text{h.m}$, chegando até próximo de $7,0 \text{ m}^3/\text{h.m}$, em nítido contraste com o compartimento Sul.

Por outro lado, a interpretação destes dados, a partir das curvas acumulativas de probabilidade logaritmo normal de capacidade específica — Serra Geral Norte e Serra Geral Sul (figura 35), vem reafirmar as observações acima, pois o valor da mediana da capacidade específica Norte é 6,5 vezes maior do que o da capacidade específica Sul (Sul = $0,235 \text{ m}^3/\text{h.m}$; Norte = $1,53 \text{ m}^3/\text{h.m}$).

Guardada a pouca representatividade, os valores de transmissividade calculados para cada grande setor hidrogeológico, variaram no Sul de 1,68 a $84 \text{ m}^2/\text{dia}$, e no Norte de 36 a $275 \text{ m}^2/\text{dia}$.

Confrontando os dados globais das médias de três intervalos de profundidade dos poços considerados com a razão capacidade específica/coluna d'água do poço, para ambas as áreas em questão, observa-se que há uma diferenciação apreciável nos graus de inclinação das retas — figura 36 —, obtidas através da análise de regressão. Assim, para o sistema Serra Geral Norte, a tendência da variável calculada, que tem a dimensão de velocidade, ilustra o comportamento de um meio fraturado com reservas exploráveis bem mais promissoras do que a sub-província Sul.

Complementando os resultados observados na figura 36, sintetizam-se, no Quadro 4, as relações de proporcionalidade da variável considerada, para ambas as áreas estudadas. Verifica-se neste que, para as médias calculadas dos três intervalos de profundidades considerados, a relação capacidade específica/coluna d'água do poço decresce vertiginosamente quando são computados os dados dos poços com profundidade igual ou superior a 100 metros.

Figura 34- FREQUÊNCIA ACUMULADA DA CAPACIDADE ESPECÍFICA (m³/h.m)

Figura 35- CURVA ACUMULATIVA DE PROBABILIDADE LOGARITMO NORMAL DA CAPACIDADE ESPECÍFICA - SERRA GERAL NORTE E SERRA GERAL SUL

Figura 36- Intervalos de profundidade "versus" capacidade específica / coluna d'água do poço para os compartimentos Serra Geral Norte e Serra Geral Sul

QUADRO 4 – PROPORCIONALIDADE DA RELAÇÃO CAPACIDADE ESPECÍFICA/COLUNA D'ÁGUA DO POÇO ENTRE AS ÁREAS NORTE E SUL

Compartimentação Hidrogeológica	Profundidade média dos poços (m)	Relação Q/s/coluna d'água do poço (m/h)	Proporcionalidade da variável
AREA NORTE	100	0,6	2,4 : 1
	150	0,2	14,3 : 1
	200	0,09	69,2 : 1
AREA SUL	100	0,25	42%
	150	0,014	7%
	200	0,0013	1,4%

Há de se destacar, também, que, nas sub-bacias entre os rios Piquiri e Iguaçu (São Francisco e São Francisco Falso Braço Norte e/ou Sul), afluentes diretos do rio Paraná (figura 32), a vazão média por poço se aproxima dos resultados encontrados na Área Norte, apesar da heterogeneidade dos dados que variam de menos de 10 m³/h a mais de 100 m³/h. As vazões mais altas dos poços nestas sub-bacias se enquadram ao norte das grandes feições intrusivas, pelo menos aparentemente. A drenagem, em ambos os casos, é comandada na maior parte dos casos por alinhamentos em padrão ortogonal, provavelmente posteriores às intrusões com orientações noroeste-sudeste (figura 32). Trata-se de uma área fortemente estruturada.

Os resultados acima mencionados são reflexos de condicionamentos hidrogeológicos distintos para cada sub-bacia, apesar de se tratar da mesma unidade geológica.

5.2.2.1 Interpretação dos Resultados

Nas áreas ao norte da bacia do rio Iguaçu, são encontrados derrames com zonas de desgaseificação espessas ("meláfiro"). Tais zonas se configuram em excelentes reservatórios para a água subterrânea. A circulação da água é promovida através de fraturas conectoras dos horizontes vesiculares. Outro aspecto constante destas áreas são os espessos mantos de alteração, os quais desempenham um importante papel no mecanismo de recarga das águas subterrâneas.

Nos estudos de fotointerpretação realizados em inúmeras áreas de interesse, onde foram traçadas as redes de drenagens, os contatos entre os sucessivos derrames, as lineações, os mergulhos, etc., observa-se que, em grande parte dos casos, o estabelecimento de grandes espessuras do solo se harmoniza com o modelado de relevo suavizado. Nestas áreas, os derrames basálticos se apresentam sob forma de amplas colinas, com pequenas amplitudes, topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos e convexos, e tendência a um certo paralelismo, com alternância nas direções Norte-Sul e Leste-Oeste.

Nas Unidades Piquiri e Ivaí, próximas ao eixo do Arco de Ponta Grossa, verifica-se também que embora a anisotropia do aquífero seja muito acentuada, independentemente do tipo de rocha e da espessura dos derrames penetrados, as estruturas das rochas sofreram consideráveis modificações com o soerguimento da área e com as intrusões básicas. Neste caso, a elevada produtividade dos poços está relacionada ao grau de fraturamento mais acentuado dos derrames, cujas variações dos valores de direção das linhas de fraturamento na região sugerem inclusive repetição de movimentos tectônicos em várias épocas geológicas.

Na Unidade Iguaçu (Área Sul), o panorama hidrogeológico, como já mencionado, é contrastante com o primeiro. Tratando-se de uma bacia geomorfologicamente mais recortada, apresenta vales profundos e de escarpas abruptas, cujo aspecto geral permite classificá-la como situada nos primórdios do estágio de maturidade. É possível que as boas estruturas armazenadoras presentes nas Unidades Piquiri e Ivaí, principalmente, tenham sofrido um processo intenso de dissecação, propiciando o afloramento de derrames mais antigos e espessos, com fraturas fechadas e horizontes vesiculares pouco expressivos, além da exposição de diques e "sills" de diabásio que, até então, têm se configurados como barreiras hidrogeológicas.

Os resultados de maior significado, e que são raros, na Unidade Iguaçu, estão relacionados quase sempre a fraturamentos de importância regional, reflexos provavelmente das forças originadas durante o soerguimento do Arco de Ponta Grossa, e das condições especiais do processo de disjunção dos basaltos. Esta asserção é ilustrada, principalmente, pela produtividade dos poços surgentes de Mariópolis e Quedas do Iguaçu.

Em grande parte das sub-bacias dos rios Jordão, Pinhão e Chopim (figura 15), onde ocorrem as rochas ácidas, o comportamento hidrogeológico da Unidade Iguaçu é ainda mais diferenciado. As disparidades, em termos de vazão dos poços, desta região com os da Área Norte se acentuam ainda mais, visto que as características estruturais e texturais destes corpos condiciona a circulação da água subterrânea somente às suas zonas de bordo. O comportamento dessas rochas em relação ao intemperismo e às estruturas originadas pelo tectonismo não é similar aos basaltos, pois o grau elevado de viscosidade dos derrames ácidos limitou, provavelmente, a sua distribuição lateral às áreas dos focos de emissão.

Por outro lado, as estruturas características de base e de topo dos derrames basálticos,

tão importantes no armazenamento e circulação da água subterrânea, não são reconhecíveis tanto no condicionamento das lavas de composição ácida como nas intermediárias.

A despeito da ampla natureza do problema de zoneamento hidrogeológico do sistema Serra Geral, onde, mesmo na interpretação dos casos mais simples, diversos fatores precisam ser em conjunto analisados, é possível, através dos trabalhos de pesquisa até então efetuados, acrescentar ainda que:

- os derrames basálticos e os “diferenciados ácidos”, que afloram em todo o Estado, não são correlacionáveis cronologicamente em toda a sua extensão. A freqüente impossibilidade em se poder correlacionar perfis de poços vizinhos, distantes a poucos quilômetros uns dos outros, atesta claramente a variabilidade das espessuras e continuidade dos derrames como unidades diferenciáveis. Provavelmente, isso decorre da deficiência na alimentação e/ou porque o alastramento do magmatismo foi limitado pelas depressões do relevo;
- os tipos petrográficos possuem extensão lateral e continuidade vertical limitados;
- as principais estruturas, alinhamentos tectônicos e sistemas de diaclasamento distribuem-se anisotropicamente;
- o modelo de relevo se relaciona com maior intensidade aos processos de intemperismo e erosão, do que com as feições estruturais propriamente ditas;
- no desenvolvimento dos estudos de viabilidade em diversas áreas da porção interiorizada da bacia do Paraná, foram constatados a existência de uma reorganização estrutural dos mega e microlineamentos, que caracterizam o diastrofismo paraplataformal desta bacia. As direções preferenciais destas fases são: NW-SE e NE-SW, sendo que a primeira está provavelmente relacionadas às forças tensionais originadas durante o soerguimento do Arco de Ponta Grossa. Simultaneamente, houve a ocorrência de falhas e fraturas, que constituíram os condutos preferenciais do evento magmático. À esta fase, sucedeu-se por fim, uma tectônica de falhas normais, arqueamento e basculamento de blocos;
- na área de ocorrência da seqüência suprabasáltica — Formação Caiuá —, os derrames subjacentes, na maioria dos casos, devem corresponder aos últimos eventos magmáticos, dada a presença marcante de estruturas melafíricas na maior parte da amostragem das perfurações. Nestas condições, na maioria dos poços que penetraram no substrato basáltico, foi verificado o comportamento artesianos, que, aliado aos valores médios e elevados das capacidades específicas, sugerem áreas de recarga mais ou menos distantes dos pontos de captação; e
- os mananciais subterrâneos dos sistemas aquíferos Serra Geral e Caiuá, na área que se refere a ocorrência deste último, estão intimamente relacionados. A Formação Caiuá é o grande instrumento de recarga dos derrames subjacentes, onde se processa com maior amplitude a circulação da água subterrânea.

Por fim, considerando-se o modo de ocorrência da água subterrânea nos derrames ba-

sálticos, conclui-se que são muitas as variáveis envolvidas na delimitação de áreas produtoras. Da análise e integração geral dos dados ora selecionados, decorre a percepção de que a influência dos fatores naturais, condicionantes do modelo regional de circulação e armazenamento da água subterrânea, pode ser, em termos de importância, hierarquizada da seguinte forma:

FEIÇÕES ESTRUTURAIS ALIADAS À DRENAGEM E À TOPOGRAFIA

ESPESSURA DOS DERRAMES

TIPO DE ROCHA

ESPESSURA DO SOLO

Parece ser esta, em termos de grandeza, a seqüência do procedimento de estudo dos basaltos, com vista à delimitação de áreas produtoras. Contudo, não deve ser esquecido, também, que a simples análise estrutural e litoestratigráfica poderá não conduzir a resultados satisfatórios se à mesma não for integrada a evolução tectônica da bacia do Paraná, quando, então, relacionar-se-ia a idade e o tipo dos eventos e seus efeitos ao condicionamento do aquífero.

6 - HIDROGEOQUÍMICA

6. HIDROGEOQUÍMICA

6.1 GENERALIDADES

Tendo em conta a simplicidade do método de amostragem, e considerando que não foram aplicadas técnicas de preservação química da água, para que ocorresse a estabilização dos elementos dissolvidos durante o período de transporte e de armazenamento das amostras, é bem possível que alterações tenham ocorrido na composição química original destas águas.

De modo geral, parâmetros, principalmente, como pH e CO_2 , apresentam valores diferentes dos reais, em função do efeito de fatores, como: equipamento utilizado nos ensaios de bombeamento — bombas submersas ou sistemas "air-lift" —, variações na profundidade do nível da água nos poços, tempo de exposição das amostras às condições de superfície locais de pressão e temperatura, etc. Entretanto, correlacionando-se os parâmetros calculados para as condições anteriormente referidas, chega-se a conclusões importantes.

Por outro lado, tem que se ressaltar o fato de o estudo ora introduzido não permitir, ainda, uma caracterização química regional do sistema aquífero ora tratado, porque, embora sejam os dados disponíveis submetidos a um exame minucioso, severo e aprofundado, não são os mesmos suficientes para identificar as variações temporais e de distribuição espacial dos íons. Por isso mesmo, sugere-se, mais adiante, o procedimento de estudo que deverá ser conduzido, não só para fornecer uma visão das características qualitativas das águas subterrâneas deste aquífero e de sua adequação aos diversos fins, como, também, para caracterizar o seu zoneamento geoquímico.

6.2 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Em que pese a natureza do problema acima abordado, é possível chegar-se, através do comportamento dos íons maiores, a algumas comprovações de indiscutível significado hidrogeoquímico.

Na figura 37, em que é ilustrada a classificação química triangular de Piper (1944) — modificada, de 205 amostras analisadas, procedentes das unidades Iguaçu, Piquiri, Ivaí e Tibagi, é possível obter-se uma visão sucinta das características químicas das águas do sistema aquífero Serra Geral como um todo. Da análise desta representação gráfica, podem-se extrair os seguintes fatos: há dois campos preferenciais de concentração de pontos, o que vem a caracterizar dois fácies hidrogeoquímicos perfeitamente diferenciáveis; o grupo (I) de águas bicarbonatadas cálcicas, e o grupo (II) de águas bicarbonatadas sódicas. Entre estes dois grupos, há o grupo (III), que se caracteriza por apresentar águas bicarbonatadas calciomagnesianas.

FIGURA 37 - CLASSIFICAÇÃO QUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Nota - Os números representam o valor da superposição de amostras no ponto indicado, independentemente das unidades pesquisadas.

6.3 NATUREZA E ORIGEM DOS FÁCIES HIDROGEOQUÍMICOS

Os fácies de águas bicarbonatadas cálcicas apresenta, de modo geral, menor concentração de sais, com valores de STD — Sólidos Totais Dissolvidos a 105°C de 85 mg/l — valor médio do intervalo de classe mais freqüente, extraído dos quadros que ilustram a composição média das águas subterrâneas das unidades investigadas. Este fácies representa, na verdade, em termos de freqüência, a composição química mais característica do aquífero ora estudado no Estado do Paraná.

Por outro lado, há de se ressaltar que na formação dos três fácies, antes mencionados, o bicarbonatado cálcico e o bicarbonatado calciomagnesianos têm ampla relação com a natureza das estruturas armazenadoras dos derrames basálticos e com a sua litoquímica. Segundo RÜEGG (1975), a composição mineralógica normativa das rochas basálticas da bacia do Paraná, evidencia que sua cristalização se processou a partir de magma de natureza toleítica, saturado ou supersaturado, como tem sido, direta ou indiretamente, admitido em diferentes áreas da província, onde suas rochas já foram anteriormente estudadas.

No processo de infiltração da água proveniente das precipitações há geração e dissociação do ácido carbônico (H_2CO_3), segundo as seguintes reações:

O caráter ácido imposto à água pelo processo de carbonatação, que constitui uma modalidade do processo de reação hidratação/hidrólise, dissolve os minerais formadores de rocha (plagioclásios — andesina e labradorita, principalmente e clinopiroxênios), produzindo uma carga residual, responsável pela formação de argilominerais, e outra, solúvel, que contribuem gradualmente para o enriquecimento das águas em Ca^{+2} , Mg^{+2} , Fe, SiO_2 e HCO_3^- , principalmente.

Participa, também, da formação do fácies de águas bicarbonatadas cálcicas, de forma não menos importante, a natureza mineralógica das faixas vacuolares dos basaltos. Neste caso, a calcita associada a alguns dos minerais do grupo das zeólitas constituem os minerais secundários mais comuns, que ocorrem, preenchendo, parcial ou totalmente, estas estruturas.

Já, na formação do fácies de águas bicarbonatadas sódicas, a composição química das águas subterrâneas se distancia ainda mais da composição mineralógica dos derrames da bacia do Paraná. A formação destes fácies parece estar mais relacionada às influências locais do aquí-

fero Botucatu, subjacente, do que daqueles poços que captam águas das áreas dos "diferenciados ácidos". A análise geológica de um número considerável dos pontos de localização dos poços, cujas águas se enquadram neste fácies, releva áreas cujos condicionamentos topográfico e estrutural permitem ampla interconexão hidráulica entre os aquíferos Botucatu e Serra Geral.

A correlação do fácies de águas bicarbonatadas sódicas com a tipologia de fontes termais do médio Iguaçu (figura 38), onde se encontra o maior número de fontes estudadas, sugere que as águas que preenchem os sistemas de fraturas dos basaltos e de outras litologias associadas são, na realidade, uma mistura destas com águas mais quentes do Botucatu. Neste caso, a composição original das águas de ambos os aquíferos é modificada, e o grau do processo de mistura é decorrente dos distintos condicionamentos hidrogeológicos.

Com o propósito de avaliar e exemplificar melhor o processo de diluição e/ou mistura em que as águas de ambos os aquíferos estão localmente sujeitos, é apresentada na figura 39 — compilada a partir do trabalho de ROSA FILHO; SALAMUNI & BITTENCOURT (no prelo), a distribuição da composição das águas nos pontos amostrados, segundo o diagrama de Stiff, modificado por CUSTÓDIO & LLAMAS (1976).

No caso acima, verifica-se que para todos os pontos selecionados é possível, potenciometricamente, a interconexão hidráulica entre o Botucatu e o Serra Geral. Isto ocorre graças às condições de rebaixamento do nível d'água dos poços, e face às taxas de bombeamento a que os mesmos são submetidos, e/ou porque se trata de áreas com condicionamento topográfico favorável (áreas juntas ou próximas aos principais traços de drenagens).

Grande parte dos resultados das análises físico-químicas dos poços perfurados junto, ou próximo, ao ápice do Arco de Ponta Grossa (Unidade Ivai), ilustra muito bem o condicionamento hidráulico acima referido. O soerguimento das seqüências sedimentares subjacentes aos derrames basálticos e o enxame de diques de diabásio na área constituem, estruturalmente, os fatores relevantes da ampla interconexão hidráulica entre o Botucatu e o Serra Geral. As entradas d'águas mais profundas de grande parte dos poços das localidades de Bom Sucesso, Cambira, Faxinal, Godoy-Moreira, Itacolomi, Jardim Alegre, Luar, Lunardelli, São João do Ivai, Ubaúna e São Pedro do Ivai (ver anexo) representam, na verdade, águas do sistema aquífero Botucatu, subjacente. É possível, inclusive, através da correlação dos dados hidrogeoquímicos, definir-se, para amplas áreas, a potenciometria deste sistema aquífero subjacente.

Com respeito ao fácies de águas bicarbonatadas calciomagnesianas, os dados ora disponíveis indicam, em termos de evolução hidrogeoquímica regional do aquífero, ser possível a sua formação a partir do fácies de águas bicarbonatadas cálcicas. As águas deste apresentam um grau de mineralização mais acentuado, e os poços dos quais as amostras são procedentes estão localizadas em ponto mais distantes das possíveis áreas de recarga.

FIGURA 38 - CLASSIFICAÇÃO QUÍMICA DAS ÁGUAS DE FONTES TERMAIS - UNIDADE IGUAÇU

6.4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Embora tenha sido possível, através desta metodologia de classificação, identificar-se os fácies hidrogeoquímicos, não se tem uma representação das concentrações absolutas dos elementos maiores da água. Por isso, apresentam-se, nos quadros 5, 6, 7 e 8, os valores dos intervalos de classe mais freqüente para cada elemento maior, bem como a composição química média das águas subterrâneas das unidades pesquisadas. Assim, foi possível avaliar as concentrações iônicas dos elementos maiores, separadamente, observando-se que, para as unidades Iguaçu, Piquiri e Ivaí, onde se dispõem de um número maior de dados e uma distribuição melhor dos pontos de amostragem, há um leve predomínio do íon Na^+ sobre o íon Ca^{+2} . Isso, de certa forma vem a se confrontar com a identificação do fácies hidrogeoquímico mais característico do sistema aquífero Serra Geral, no Estado do Paraná.

No caso referido anteriormente, é importante ressaltar que muitas variáveis estão envolvidas na caracterização da composição química das águas subterrâneas da grande província toleítica da bacia do Paraná. Além disso, os seus tipos, em termos de distribuição, petrografia e litoquímica, são ainda também tão pouco conhecidos, que os estudos até então desenvolvidos conduzem freqüentemente apenas a generalizações, e não a regras específicas.

Com referência à concentração dos íons principais, responsáveis pela mineralização da água, apresenta-se, na figura 40, a correlação entre os elementos dissolvidos e o teor de bicarbonato. Os dados foram selecionados a partir de amostras provenientes dos fácies de águas bicarbonatadas cálcica e calciomagnésiana.

A correlação dos elementos dissolvidos em função do teor de HCO_3^- para ambos os fácies hidrogeoquímicos considerados é boa ($r = 83,75\%$). Os intervalos de confiança dos coeficientes de intersecção e inclinação (α , β), obtidos a partir da equação $y (\Sigma \text{ íons}) = 32,9443 + 1,4013 \times (\text{HCO}_3^-)$, da figura 40, denotam uma dispersão da nuvem de pontos não tão considerável. Assim, conhecido o valor do teor de HCO_3^- , pode esta equação ser aplicada, com relativa segurança, para avaliar o grau de mineralização da água.

QUADRO 5 – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
UNIDADE IGUAÇU

INTERVALOS DE CLASSE MAIS FREQUENTE							
VALORES mg/l	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²
	11,46-15,28	2,4-3,6	0-11,6	0,68-0,85	48-72	0,83-1,66	0-3
	23,53%	44,11%	61,76%	44,12%	35,29%	70,59%	94,12%
COMPOSIÇÃO MÉDIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS							
VALORES	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²
mg/l	9,98	2,48	16,19	0,73	69,43	1,37	1,0
meq/l	0,5	0,2	0,7	0,02	1,27	0,05	0,01

QUADRO 6 – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
UNIDADE PIQUIRI

INTERVALOS DE CLASSE MAIS FREQUENTE							
VALORES mg/l	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²
	5,3-10,6	0-0,9	0-8	0,46-0,92	50-75	0,0-3,6	0,0-3,6
	35,71%	27,14%	50%	51,43%	32,86%	97,14%	90%
COMPOSIÇÃO MÉDIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS							
VALORES	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²
mg/l	9,72	2,13	14,92	0,82	63,64	1,51	1,32
meq/l	0,49	0,17	0,65	0,02	1,17	0,08	0,03

QUADRO 7 – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
UNIDADE IVAÍ

INTERVALOS DE CLASSE MAIS FREQUENTE							
VALORES mg/l	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²
	4,5-9,0	0-1,5	0-10	0,3-0,6	53,2-79,8	0-2,7	0-2,7
	26,38%	26,38%	56,94%	70,83%	27,78%	70,83%	80,56%
COMPOSIÇÃO MÉDIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS							
VALORES	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²
mg/l	12,19	3,34	16,98	0,87	74,15	3,06	1,82
meq/l	0,609	0,275	0,739	0,022	1,33	0,086	0,036

QUADRO 8 – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
UNIDADE TIBAGI

INTERVALOS DE CLASSE MAIS FREQUENTE							
VALORES mg/l	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²
	6,4-12,8	2,4-4,8	0-8,0	0,24-0,48	55-110	0-5,1	0-12
	31%	41,38%	44,82%	37,93%	65,52%	74,41%	89,66%
COMPOSIÇÃO MÉDIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS							
VALORES	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²
mg/l	15,44	5,83	15,04	0,61	80-21	4,76	3,73
meq/l	0,77	0,48	0,65	0,016	1,39	0,13	0,38

FIGURA 40 - ELEMENTOS DISSOLVIDOS EM FUNÇÃO DO TEOR DE BICARBONATOS

7 - PROPOSIÇÃO METODOLÓGICA

7. PROPOSIÇÃO METODOLÓGICA

Através desta avaliação regional foi possível diagnosticar generalizadamente as características hidrogeológicas da Formação Serra Geral, no Estado do Paraná. A água subterrânea disponível nesta formação geológica tem se apresentado como solução praticável, a curto prazo, técnica e economicamente, face aos resultados até então obtidos. Isto se ressalta, muito mais pela invulnerabilidade que encerra na questão ambiental, em contraste à agressão constante que nossos recursos superficiais (alternativa convencional) estão sujeitos, principalmente, nas áreas mais densamente habitadas do país.

A vocação hidrogeológica da Formação Serra Geral, aqui preliminarmente avaliada, permite afirmar que há boas condições para suprir a demanda de mais de 80% das localidades existentes no Terceiro Planalto paranaense. Entretanto, é necessário que estudos específicos de viabilidade sejam desenvolvidos mais detalhadamente, para que o uso e a delimitação de áreas produtoras possam ser, então, devidamente caracterizadas. Em outros termos, aqui recai a questão do problema de quantificação das variáveis, que irão proporcionar, também, a escolha dentro de um mesmo recurso da melhor alternativa em explorá-lo. Neste sentido, julga-se que é possível ampliar substancialmente esta avaliação regional, com uma melhor destinação dos investimentos e com o apoio ao esforço endógeno da pesquisa. Dentro deste enfoque, sugere-se que nos futuros modelos alternativos de estudo, sejam considerados os seguintes aspectos:

- mapeamento geológico detalhado das áreas de interesse, com vista à determinação do comportamento regional dos derrames basálticos e ao reconhecimento e a delimitação das áreas mais produtoras. Especificamente, os trabalhos de mapeamento devem ter como objetivo a delimitação e a caracterização geral das feições estruturais, buscando-se reconhecer a natureza dos corpos, sua variação litológica, sua distribuição espacial, bem como o levantamento altimétrico de horizontes-guias para a confecção de mapas de controle estrutural, e a definição de perfis geológicos mais significativos; e

- aplicação de métodos de estudos de modelos de fraturamento, com vista a determinação da relação entre as estruturas principais e secundárias. Neste sentido, segundo RUHLAND (1973), é possível, através da análise quantitativa e qualitativa das feições estruturais, chegar-se à compreensão dos mecanismos tectônicos, motor do fraturamento. Estes mecanismos são aproximações dentro do estudo quantitativo realizado, para a distinção dos regimes de fraturamento e de sua evolução.

Quanto ao estudo hidroquímico da grande província toleítica da bacia do Paraná, face às variações que ocorrem na petrografia e na litoquímica dos seus corpos, não é nada fácil estabelecer valores reais para o estudo da relação entre litologia e composição das águas subterrâneas. Se isso ainda não bastasse, tem que ser considerado, também, as influências de outros

fatores, como: clima, composição da água de recarga, tempo de residência da água, permeabilidade do meio, que podem incidir, às vezes, de forma até marcante. Por isso, julga-se, aqui, oportuno mencionar pelo menos os conceitos, fatores e comprovações práticas, necessárias à introdução de estudos mais aprofundados. Assim sendo, a análise metodológica do procedimento de estudo, no futuro, deverá envolver uma amostragem sistemática dos pontos d'águas representativos das situações de fluxos local e regional do aquífero.

De modo mais específico, sugere-se que o procedimento do estudo hidroquímico envolva as seguintes atividades:

- tratamento dos dados dos principais íons, das fichas físico-químicas de análise de água, de cada ponto amostrado, para os diagramas de Piper e de Stiff. Através destas representações gráficas, será possível estudar as relações e a distribuição espacial dos tipos químicos, separadamente, para as unidades consideradas;

- correlação entre os elementos físico-químicos, através de técnicas computacionais. Assim sendo, em função dos produtos de solubilidade, bem como através do controle das reações dos íons em solução, e, decorrentemente, de suas faixas de concentrações admissíveis nos fácies hidroquímicos até então reconhecidos, caracterizar devidamente a proveniência dos elementos químicos e os fenômenos modificadores que ocorrem no interior do aquífero;

- verificação do processo de mineralização da água e sua evolução, mediante a associação e correlação de parâmetros indicadores (STD, condutividade elétrica, relações rMg/rCa e rCa/rNa ;

- integração dos dados da composição química das águas subterrâneas (evolução) ao longo das unidades inicialmente reconhecidas, através das interações com os componentes do ciclo hidrológico; e

- realização de estudos sobre as interações entre água e rocha, sob o ponto de vista de uma abordagem físico-química dos equilíbrios entre fases sólidas e dissolvidas, segundo o sugerido por BITTENCOURT (1983). Para estes estudos, poderá ser utilizado o programa "Equil", desenvolvido por FRITZ (1981) e disponível para aplicação em computador do tipo CNRS de Strasbourg — Cronembourg, que, na França, executa cálculos de distribuição iônica.

8 - CONCLUSÕES

8. CONCLUSÕES

Através das informações disponíveis, ora selecionadas, e do procedimento de estudo aqui introduzido, foi possível chegar-se às seguintes conclusões:

a) O sistema aquífero Serra Geral pode ser dividido inicialmente, no Estado do Paraná, em dois grandes compartimentos: Serra Geral Norte e Serra Geral Sul, entendido este último como aquele relacionado à porção abrangida pela bacia do rio Iguaçu, englobando as áreas de ocorrências, tanto das rochas básicas, como dos "diferenciados ácidos" e as zonas de bordo da formação.

b) A grande diferença de produtividade média dos poços entre os dois grandes compartimentos hidrogeológicos, Área Norte e Área Sul, pode ser explicada por diferenças estruturais e texturais nos derrames. Nas Unidades Piquiri e Ivaí, principalmente, são encontrados, de modo geral, espessos horizontes vesiculares, enquanto, na unidade Iguaçu, tais níveis são pouco expressivos. Na Área Norte, os derrames profusamente vesiculares foram preservados pelo capeamento sedimentar pretérito da Formação Caiuá, o qual deveria estender-se bem mais à montante da situação atual. Associam-se-lhe, em grande parte dos casos, o estabelecimento de espessuras consideráveis do solo, que se harmoniza com o modelado de relevo suavizado.

Já na Unidade Iguaçu, o modelado de relevo é mais irregular. Trata-se de uma unidade geomorfologicamente mais dissecada, apresentando vales muito profundos e de escarpas abruptas. É possível que esse processo de intenso dissecamento tenha proporcionado o afloramento de derrames mais antigos e espessos, com fraturas fechadas e horizontes vesiculares pouco expressivos, além da exposição de diques e "sills" de diabásio que, até então, têm-se configurado como barreiras hidrogeológicas.

c) O número de derrames penetrados e a espessura útil produtora constituem, em primeira grandeza, os fatores condicionantes da frequência e do posicionamento das contribuições. Admitidos estes fatores, observa-se que, para os dois grandes compartimentos hidrogeológicos pesquisados, há um nítido contraste entre o número de derrames penetrados. Na Unidade Iguaçu, aproximadamente 80% dos poços perfurados correspondem à penetração de apenas um ou dois derrames, considerando-se a conceituação do termo espessura útil produtora. Nas demais unidades (Área Norte), para as profundidades médias dos poços considerados, em, aproximadamente, 60% dos casos houve penetração em dois, três ou mais derrames.

d) Nas áreas dos "diferenciados ácidos", as disparidades em termos de capacidade específica dos poços, com os da Área Norte, acentuam-se ainda mais, visto que as características

estruturais e texturais destes corpos condicionam a circulação da água subterrânea somente às suas zonas de bordo. As estruturas características de base e de topo dos derrames basálticos, tão importantes no armazenamento e circulação da água subterrânea, não são reconhecíveis, tanto no conjunto de lavas de composição ácida, como nas intermediárias.

e) Na prospecção das melhores condições hidrogeológicas, não se pode traçar uma metodologia segura (rígida) para os basaltos da Formação Serra Geral em face de ter que se lidar com diversas variáveis, que precisam ser vistas em conjunto, e que são suscetíveis de combinar-se em situações similares, segundo esquemas não uniformes.

É necessário analisar especificamente cada caso, ou cada sub-região, tendo em conta as suas características geológicas peculiares, além do inventário das informações hidrogeológicas existentes. Entretanto, aplicando-se um procedimento de estudo hierarquizado, que considere a seqüência: feições estruturais aliadas à drenagem e à topografia, espessura dos derrames, tipo de rocha e espessura do solo, é possível estabelecer diretrizes mais consistentes para a pesquisa da água subterrânea neste meio fraturado.

f) Do ponto de vista hidroquímico, o sistema aquífero Serra Geral, no Estado do Paraná, apresenta três fácies: (I) Fácies de águas bicarbonatadas sódicas; (II) Fácies de águas bicarbonatadas cálcicas; e (III) Fácies de águas calciomagnesianas. Na formação destes três fácies, o de águas bicarbonatadas cálcicas e o calciomagnesianas têm ampla relação com a natureza das estruturas armazenadoras dos derrames basálticos e com a sua litoquímica. Já, a formação dos Fácies de águas bicarbonatadas sódicas parece estar mais relacionado às influências locais do aquífero Botucatu subjacente, do que à litoquímica, propriamente dita, dos derrames basálticos. Este representa, na realidade, uma mistura de águas de ambos os sistemas aquíferos. A localização de um número considerável de poços, cujas águas se enquadram nestes fácies, revela áreas de condicionamentos topográfico e estrutural que permitem ampla interconexão hidráulica entre os aquíferos Botucatu e Serra Geral.

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACQUA PLAN CONSULTORIA — ESTUDOS-PROJETOS — 1973 — Caracterização dos recursos hídricos do Paraná; plano de viabilidade global para implantação dos sistemas de abastecimento d'água do Estado do Paraná, *Relatório Acqua Plan.*, Curitiba, 136p.
- ALMEIDA, F.F.M. de — 1953 — "Botucatu, a Triassic Desert of South America", *XIX Congr. Geol. Intern. Alger*, 1952, Comptes rendus, sec. VII, fasc. VII, p.9-24.
- ALMEIDA F.F.M. de — 1964 — "Fundamentos geológicos do relevo paulista", *Inst. Geogr. Geol., Bol. n.º 41*, p.167-263.
- ALMEIDA, F.F.M. de — 1967 — "Origem e evolução da plataforma brasileira", DNPM — Departamento Nacional da Produção Mineral; *Div. Geol. Min. Bol. 241*, 36p.
- ALMEIDA, F.F.M. de — 1981 — "Síntese sobre a tectônica da bacia do Paraná", In: *Anais sim-
pósio regional de geologia, III*, Curitiba, São Paulo, SBG, 1, p.1-20 (conferência de abertu-
ra).
- BIGARELLA, J.J. & SALAMUNI, R. — 1961 — "Early mesozoic wind patterns as suggested by
dune building in the Botucatu sandstone of Brazil and Uruguay", *Bull. Geol. Soc. Am.*, v.72,
p.1089-106.
- BITTENCOURT, A.V.L. — 1983 — "Caracterização geoquímica de águas termais na bacia do
Paraná — Estado do Paraná" (*Relatório*, projeto de pesquisa).
- BRASIL — Departamento Nacional da Produção Mineral — "Carta geológica do Brasil ao milio-
nésimo"; folhas Curitiba SG 22, Paranapanema SF 22 e Assunción SG 21.
- CASTANY, G. — 1971 — "Tratado práctico de las águas subterrneas", *Ediciones Omega S.A.*
Barcelona, 738p.
- CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M.R. — 1976 — "Hidrologia subterrânea", *Ediciones Omega S.A.*
Barcelona, vol. I e II, 2359p.
- DAVIS, J.C. — 1973 — "Statistics and data analysis in geology", *John Willey Sons Inc.*, New
York, 549p.

DEPARTAMENTO DE ASSUNTOS ECONÔMICOS – UNIDADE DE RECURSOS NATURAIS

– 1969 – “Bacia do rio da Prata; estudo para sua planificação e desenvolvimento. Inventário de dados hidrológicos e climatológicos”. Washington, *Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos*.

FREEZE, R.A. & CHERRY, J.A. – 1979 – “Groundwater”, *Prentice-Hall Inc.*, New Jersey, 604p.

FRITZ, B. – 1981 – “Étude thermodynamique et modélisation des réactions hydrothermales et diagénétiques”, *Sc.Gél.,Mém.*, 65, 195p.

FÚLFARO, V.J. – 1971 – “A evolução tectônica e paleogeográfica da bacia sedimentar do Paraná pelo ‘trend surface analysis’ ”, *Esc.Eng.São Paulo, Universidade de São Paulo, Geol.* n.14, 112p.

GUIDICINI, G. & CAMPOS, J. de O. – 1968 – “Notas sobre a morfogênese dos derrames basálticos”, *Bol.Soc.Bras.de Geol.* 17(1):15-28, São Paulo.

HAUSMAN, A. – 1966 – “Comportamento do freático nas áreas basálticas do Rio Grande do Sul”, *Bol.Paranaense de Geogr.* nº 18-20. Curitiba.

HEM, J.D. – 1959 – “Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water”, U.S.Geol.Survey, *Water-supply paper*, nº 1473. 269p.

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

HOLTZ, A.C.T. – 1966 – “Isoietas mensais, trimestrais e anuais”, In: *Boletim Pluviométrico do Estado do Paraná*. Curitiba, (24):1-10.

JACOB, C.E. – 1940 – “On the flow of water in an elastic artesian aquifer”, *Trans.Am.Geophys. Union*, 21:574-86.

LANDIM, P.M.B. – 1979 – “Análise estatística de dados geológicos”, *Brochura*, Centro de Estudos Geológicos – CEGEO, UNESP – Rio Claro, São Paulo, 102p.

- LEINZ, V. — 1949 — “Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil”, *Bol. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, USP*, 103 (Geol. 5).
- MAACK, R. — 1968 — “Geografia física do Estado do Paraná”, Curitiba, *Publicação Universidade Federal do Paraná*, 347p.
- MAACK, R. — 1970 — “Notas preliminares sobre as águas do subsolo da bacia Paraná — Uruguai”, Curitiba, *Publicação Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguai*.
- MELFI, A.J. — 1967 — “Potassium — Argon ages for core sample of basaltic rocks from southern Brazil”, *Geoch. et Cosmoch. Acta*, p.1079-89.
- ORSATTI, W. — 1978 — “Disjunções colunares e direções de corridas de lava”, IG, USP, *Tese de Mestrado* (inédita).
- PEARSON, E.S. & HARTLEY, H.O. — 1976 — “Biometrika tables for statisticians”, *Biometrika Trust*, vol. 1.
- PETRI, S. & FULFARO, V.J. — 1983 — “Geologia do Brasil fanerozóico”, T.A. Queiróz, Editor Ltda. — Editora da Universidade de São Paulo. 631p.
- PIPER, A.M. — 1944 — “A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis”, *Trans. Am. Geophysical Union*, (25):914-23.
- REBOUÇAS, A.C. — 1976 — “Recursos hídricos subterrâneos da bacia do Paraná — análise de pré-viabilidade”, São Paulo, 143p. (*Tese de Livre Docência* apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo), circulação restrita.
- REBOUÇAS, A.C. — 1978 — “Potencialidades hidrogeológicas dos basaltos da bacia do Paraná no Brasil”, In: Congr. Brasileiro de Geol., XXX, Recife, 1978, *Anais SBG*, v.6, p.2963-76.
- ROSA FILHO, E.F. & KONDO, M. & SALAMUNI, R. — 1984 — “Água subterrânea nos basaltos da bacia do Iguaçu”, *III Anais Congr. Brasil. de Águas Subterrâneas*; vol.1, p.217-23.
- ROSA FILHO, E.F. & SALAMUNI, R. & BITTENCOURT, A.V.L. — 1986 — “Informes sobre as águas subterrâneas nos basaltos no Estado do Paraná” (no prelo)

- RÜEGG, N.R. — 1975 — "Modelos de variações químicas na província basáltica do Brasil meridional: características do teor, distribuição geográfica e diferenciação", IG, USP, *Tese de livre-docência* (inédita).
- RUHLAND, M. — 1973 — "Méthode d'étude de la fracturation naturelle des roches associée à divers modèles structuraux", *Sci.Géol.Bull.*, 26, 2-3, p.91-113.
- SARTORI, P.L. & MACIEL F^o, C.L. & MENEGOTTO, E. — 1975 — "Contribuição ao estudo das rochas vulcânicas da Barra do Paraná na região de Santa Maria — RS", *Rev.Bras.Geoc.*, 4:141-59.
- SARTORI, P.L. & MACIEL F^o, C.L. — 1976 — "Petrografia da seqüência vulcânica da Formação Serra Geral no rebordo ocidental do planalto meridional — RS", *Anais XIX Congr. Bras.Geol.*, v.1, p.297.
- SCHOELLER, H. — 1962 — "Les eaux souterraines", *Ed.Masson*, Paris, 429p.
- SOARES, P.C. — 1975 — "Divisão estratigráfica do mesozóico do Estado de São Paulo", *Rev. Bras.Geol.*, v.5, n^o 4, p.229-51.
- SUREHMA — 1982 — "Relatório plurianual de dados hidrológicos das bacias Iguaçu, Piquiri e Ivaí", Convênio SUREHMA/COPEL.
- SUREHMA — 1986 — "Relatório rede pluviométrica emergencial do Estado do Paraná".
- SZUBERT, E.C. & KIRCHNER, C.A. & SHINTAKU, I. — 1978 — "Vulcanismo ácido no planalto meridional do Rio Grande do Sul", *Anais XXX Congr.Bras.Geol.*, v.3, p.1350-56.
- THORNTWAITE, C.W. — 1953 — "The climate of the earth", *Geog.Review*, New York, 32.
- VIEIRA, A.J. — 1973 — "Geologia de centro e nordeste do Paraná e centro-sul de São Paulo", In: *XXVII Anais SBG Congr.Bras.de Geol.*, v.3, p.259-77.
- WALTON, W.C. — 1970 — "Ground water resource evaluation", *New York, McGraw-Hill*, 664p.
- WASHBURN, C.W. — 1930 — "Petroleum geology of the state of São Paulo, Brazil", *Bol. Com.Geol.*

10 - ANEXOS

FICHA DE AVALIAÇÃO DE OBRAS CONCLUÍDAS NO SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL—DADOS PARA A ANÁLISE ESTATÍSTICA												
BACIA HIDROGRÁFICA: IGUAÇU	COORDENADAS DO PONTO		ALTITUDE (m)	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO POÇO		CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS				CONDICIONAMENTO DO AQUIFERO		
	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)		PROFUNDIDADE (m)	DIÂMETRO ÚTIL (mm)	PIEZO- METRIA (m)	Q (m ³ /h)	Q/s (m ³ /h/m)	REBAIXA- MENTO DISPONÍVEL (m)	ENTRADA DE ÁGUA (m)	DERRAME (nº)	ESPESSURA ÚTIL PRODUTORA (m)
(1) Ampere	25º54'28"	25º29'00"	480	150,0	200	406,0	4,0	0,071	56,0	37;49;138	> 1	113
(2) Bituruna	26º09'26"	51º33'07"	850	133,0	200	845,12	0,2	0,002	85,12	?	Diabásio	-
(3) Capanema	25º39'55"	53º46'56"	360	118,0	200	354,73	2,3	0,063	36,73	48;95	< 1	70
(4) C.Leônidas Marques-1	25º27'35"	53º34'17"	390	150,0	200	367,5	5,0	0,1	50,0	11;34;90	> 1	130
(4) C.Leônidas Marques-2	25º28'03"	53º34'25"	380	150,0	200	360,0	2,5	0,147	17,0	42	> 1	129
(5) Chopinzinho	25º51'01"	52º31'42"	420	130,0	200	-	IMP.	-	-	-	Diabásio	-
(6) Colônia Socorro	25º33'41"	51º33'37"	980	95,0	150	977,28	1,2	0,018	66,36	38	> 1	58
(7) Coronel Vivida-1	25º58'53"	52º34'11"	660	74,0	200	659,0	0,8	-	?	37	< 1	41
(7) Coronel Vivida-2	25º59'05"	52º34'43"	680	150,0	200	678,2	IMP.	-	-	-	> 1	86
(8) Diamante do Oeste-1	24º56'26"	54º04'42"	420	100,0	150	277,32	1,0	-	?	109;146	2	122
(8) Diamante do Oeste-2	24º59'00"	54º07'18"	420	80,0	150	420,0	49,0	1,531	32,0	37	> 1	69
(9) Dr.Antônio Paranhos	25º37'26"	52º59'18"	520	150,0	150	453,0	0,8	?	?	90	< 1	60
(10) Enéas Marques	25º55'51"	53º10'13"	570	150,0	200	564,1	8,5	0,133	64,1	17;75;85	> 1	133
(11) General Carneiro	26º25'19"	51º17'35"	900	120,0	200	898,15	IMP.	-	-	-	-	Diabásio
(12) Itapejara do Oeste	25º57'52"	52º48'35"	520	150,0	150	518,8	8,16	0,068	120,0	73;129	> 1	87
(13) Laranjeiras do Sul-1	25º23'41"	52º24'26"	830	78,0	200	830,0	3,0	0,043	69,0	23;45	< 1	55
(13) Laranjeiras do Sul-2	25º24'24"	52º26'10"	780	150,0	200	777,0	< 1,0	-	?	58;85	> 1	92
(14) Mariópolis	26º21'45"	52º33'36"	880	47,0	200	880,0	40,0	3,636	11,0	15	< 1	34
(15) Marmeleiro-1	26º08'52"	53º01'17"	650	115,0	200	636,6	9,0	1,184	7,6	26;27	> 1	90
(15) Marmeleiro-2	26º08'48"	53º02'00"	640	151,0	200	630,1	2,25	0,025	90,1	45	> 1	111
(16) Matelândia-1	25º15'19"	53º59'32"	550	90,0	200	533,25	43,0	0,19	20,25	57;75	> 1	40
(16) Matelândia-2	25º15'10"	53º13'00"	420	200,0	200	378,6	3,0	0,059	53,6	44;84;100	3	158
(17) Nova Esperança	25º53'49"	53º15'29"	640	100,0	200	634,9	7,8	0,13	60,0	11;72	?	?

FICHA DE AVALIAÇÃO DE OBRAS CONCLUÍDAS NO SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL—DADOS PARA A ANÁLISE ESTATÍSTICA

BACIA HIDROGRÁFICA	COORDENADAS DO PONTO		ALTITUDE (m)	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO POÇO		CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS				CONDICIONAMENTO DO AQUIFERO		
	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)		PROFUNDIDADE (m)	DIÂMETRO ÚTIL (mm)	PIEZO- METRIA (m)	Q (m ³ /h)	Q/s (m ³ /h/m)	REBAIXA- MENTO DISPONÍVEL (m)	ENTRADA DE ÁGUA (m)	DERRAME (nº)	ESPESSURA ÚTIL PRODUTORA (m)
(18) Palmeirinha	25º14'29"	51º32'16"	1.140	150,0	200	1.111,7	40,0	1,6	25,0	35	2 (?)	124
(19) Pérola do Oeste	25º49'06"	53º44'48"	400	98,0	200	375,65	15,0	4,11	3,65	33;50	1	74
(20) Pinhão	25º41'25"	51º39'15"	1.010	133,0	200	1.010,0	2,5	0,071	35,0	40	>1	101
(21) Planalto	25º42'35"	53º45'28"	400	145,0	200	383,61	2,5	0,024	102,5	17;111	>1	102
(22) Quedas do Iguaçu-1	25º26'38"	52º53'20"	570	100,0	200	570,0	17,5	0,318	55,0	29;59;61;82	>1	73
(22) Quedas do Iguaçu-2	25º26'36"	53º53'31"	600	102,0	200	600,0	19,5	0,929	21,0	23;26;78	>1	80
(23) Realeza	25º45'55"	53º32'03"	380	150,0	200	353,0	2,0	0,036	57,4	30	>1	124
(24) Renascença-1	26º09'34"	52º58'23"	700	101,0	200	678,92	10,0	0,358	27,92	35;53;83	1	81
(24) Renascença-2	26º09'49"	52º58'42"	730	150,0	150	678,85	0,6	-	-	71;143	1	72
(25) Salgado Filho-1	26º10'00"	52º21'29"	490	183,0	200	469,37	1,0	-	-	29	>2	165
(25) Salgado Filho-2	26º10'16"	52º21'36"	520	234,0	150	495,13	5,64	0,091	62,13	-	4	220
(25) Salgado Filho-3	26º10'32"	52º21'42"	520	150,0	150	489,83	6,17	0,294	21,0	40;59	>2	116
(26) Salto do Lontra	25º46'50"	53º18'43"	520	150,0	200	517,3	IMP.	-	-	-	>1	120
(27) Sta. Izabel do Oeste-1	25º48'13"	53º29'30"	480	150,0	200	404,55	8,5	0,584	14,55	135	>1	115
(27) Sta. Izabel do Oeste-2	25º48'40"	53º29'41"	480	150,0	200	407,0	3,4	0,092	37,0	115;128	>1	116
(28) São Jorge do Oeste-1	25º40'19"	52º54'11"	520	134,0	150	518,66	7,8	0,154	50,66	19;55	>1	108
(28) São Jorge do Oeste-2	25º40'16"	52º54'39"	520	150,0	200	-	IMP.	-	-	-	>1	115
(29) São Luiz	25º44'22"	52º30'16"	720	150,0	200	716,7	IMP.	-	-	-	>2	113
(30) Sede Sulina	25º41'43"	52º43'34"	460	150,0	150	455,52	1,0	0,015	68,82	29	>1	117
(31) Turvo	25º02'27"	51º32'25"	1.038	150,0	150	1.037,0	2,73	0,114	24,0	27	>2	126
(32) Verê-1	25º52'57"	52º54'44"	550	130,0	200	528,1	6,0	0,088	68,1	105;115	>1	80
(32) Verê-2	25º53'08"	52º54'09"	520	105,0	200	505,77	6,4	0,157	40,77	35;61;67	>1	70
(32) Verê-3	25º53'50"	52º54'13"	515	150,0	150	-	IMP.	-	-	-	>1	87

FICHA DE AVALIAÇÃO DE OBRAS CONCLUÍDAS NO SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL—DADOS PARA A ANÁLISE ESTATÍSTICA												
BACIA HIDROGRÁFICA: PIQUIRI	COORDENADAS DO PONTO		ALTITUDE (m)	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO POÇO		CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS				CONDICIONAMENTO DO AQUIFERO		
LOCALIDADE	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)		PROFUNDIDADE (m)	DIÂMETRO ÚTIL (mm)	PIEZO- METRIA (m)	Q (m³/h)	Q/s (m³/h/m)	REBAIXA- MENTO DISPONÍVEL (m)	ENTRADA DE ÁGUA (m)	DERRAME (nº)	ESPESSURA ÚTIL PRODUTORA (m)
(33) Altamira do Paraná-1	24º47'27"	52º42'28"	500	150,0	150	436,6	3,6	0,12	30,0	86	3	120
(33) Altamira do Paraná-2	24º46'18"	52º41'58"	440	150,0	150	430,1	9,0	0,098	92,1	48;68;69;107	3	120
(34) Assis Chateaubriand	24º24'45"	53º30'53"	400	150,0	200	398,82	18,0	0,317	56,82	17;63;74;83	> 3	133
(35) Boa Esperança	25º38'17"	53º12'43"	450	100,0	200	446,2	40,7	2,713	15,0	31	2	69
(36) Brasilândia	24º12'20"	53º31'25"	360	80,0	150	322,2	27,09	1,29	21,0	32;37;64	> 1	48
(37) Campo Bonito	25º01'53"	52º59'28"	640	150,0	150	539,46	IMP.	—	—	—	2	109
(38) Campina da Lagoa-1	21º35'36"	52º47'26"	600	100,0	200	565,3	35,87	4,914	7,3	44;52;92	?	?
(38) Campina da Lagoa-2	24º35'42"	52º47'05"	600	150,0	200	597,75	43	1,496	28,75	35	> 2	130
(39) Carajá-1	24º27'30"	53º25'16"	480	150,0	150	450,0	IMP.	—	—	—	> 2	111
(39) Carajá-2	24º27'49"	53º25'35"	440	100,0	150	402,2	14,85	0,432	34,4	60;90	2	75
(40) Cascavel-1	24º56'23"	53º29'10"	680	151,0	150	675,91	9,65	0,368	26,2	35;115;125	> 3	117
(40) Cascavel-2	24º56'04"	53º29'10"	680	100,0	150	650,27	37,54	1,852	20,27	54;90;100	2	57
(41) Céu Azul	25º08'30"	52º50'22"	640	121,0	200	634,67	60,0	5,141	11,67	36;43	2	96
(42) Corbélia-1	24º47'10"	53º16'14"	600	90,0	200	598,28	20,0	0,302	66,28	32;84	> 1	60
(42) Corbélia-2	24º46'07"	53º18'11"	620	117,0	200	614,5	8,5	0,187	45,5	56;112	> 1	65
(42) Corbélia-3	24º47'40"	53º16'39"	610	103,0	200	606,79	25,0	1,666	15,0	?	> 1	85
(42) Corbélia-4	24º48'35"	53º17'00"	640	121,0	200	633,15	65,0	3,25	20,0	30	2	92
(43) Formosa do Oeste	24º19'04"	53º18'36"	330	106,0	200	316,54	60,0	5,199	11,54	27;80;42	2	84
(44) Foz do Iguaçu-1	25º31'13"	54º32'05"	227	95,0	200	212,0	10,0	0,833	12,0	28;34;64	S111	86
(44) Foz do Iguaçu-2	25º31'27"	54º32'23"	200	76,0	200	194,4	14,0	0,583	24,0	18;20;35;39	S111	67
(45) Goio-Erê-1	24º12'07"	53º01'22"	520	107,0	200	519,60	72,0	5,143	14,0	27;38	1	60
(45) Goio-Erê-2	24º11'54"	53º01'39"	520	101,0	200	504,00	72,0	5,143	14,0	54;82	> 1	47
(45) Goio-Erê-3	24º11'44"	53º01'54"	520	100,0	200	506,52	14,5	1,167	12,42	31;32	2	81

FICHA DE AVALIAÇÃO DE OBRAS CONCLUÍDAS NO SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL—DADOS PARA A ANÁLISE ESTATÍSTICA												
BACIA HIDROGRÁFICA : PIQUIRI	COORDENADAS DO PONTO		ALTITUDE (m)	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO POÇO		CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS				CONDICIONAMENTO DO AQUIFERO		
LOCALIDADE	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)		PROFUNDIDADE (m)	DIÂMETRO ÚTIL (mm)	PIEZO- METRIA (m)	Q (m³/h)	Q/s (m³/h/m)	REBAIXA- MENTO DISPONÍVEL (m)	ENTRADA DE ÁGUA (m)	DERRAME (nº)	ESPESSURA ÚTIL PRODUTORA (m)
(46) Guaíra-1	24º04'53"	54º15'22"	240	150,0	200	219,66	4,95	0,091	54,66	84	>2	117
(46) Guaíra-2	24º05'03"	54º15'04"	240	143,0	200	219,00	15,0	0,3	50,0	110	>1(?)	98
(46) Guaíra-3	24º05'00"	54º15'33"	240	138,0	200	208,29	12,8	0,213	60,0	34;95;132	2(?)	102
(46) Guaíra-4	24º04'50"	54º15'54"	240	150,0	200	236,7	32,0	0,412	78,0	84	2(?)	110
(47) Guaraniaçu	25º05'30"	52º53'32"	840	126,0	200	835,5	5,1	0,080	63,5	37;102	>1	92
(48) Herveira	24º31'44"	52º44'28"	540	80,0	200	536,94	80,0	3,487	22,94	31;40;66	>1	49
(49) Iracema	24º23'00"	53º22'00"	440	150,0	200	433,86	25,5	1,352	78,86	18;28	>2	122
(50) Janiópolis-1	24º17'41"	53º04'28"	500	150,0	200	498,28	9,0	0,123	73,28	59;84;129	2	91
(50) Janiópolis-2	24º18'32"	53º06'04"	520	80,0	150	506,2	33,5	2,577	13,0	31	>1	51
(51) Jesuítas-1	24º22'07"	53º23'58"	440	150,0	150	436,33	IMP.	-	-	-	>2(?)	174
(51) Jesuítas-2	24º23'12"	53º22'16"	360	106,0	150	347,2	10,0	0,140	71,48	84	2(?)	76
(51) Jesuítas-3	24º23'06"	53º21'40"	360	90,0	150	354,69	4,9	0,07	70,0	71;85	>1	78
(51) Jesuítas-4	24º23'00"	53º22'28"	400	150,0	150	375,69	35,0	0,648	54,0	24;36;126	>2	126
(52) Juranda	24º24'40"	52º50'37"	440	80,0	150	432,3	35,0	1,75	20,0	28;50	>1	52
(53) Luz Marina	24º51'33"	54º01'54"	400	87,0	150	383,0	40,0	5,556	7,2	26;58;60;63	2	69
(54) M.Cândido Rondon-1	24º34'43"	54º03'47"	350	150,0	200	328,22	12,0	0,284	42,22	69;88	>1	104
(54) M.Cândido Rondon-2	24º34'47"	54º02'04"	360	100,0	200	319,05	56,42	5,614	10,05	52	?	?
(54) M.Cândido Rondon-3	24º35'47"	54º03'07"	350	138,0	200	309,41	23,3	0,582	40,01	85;113	4	130
(55) Mariluz	24º00'49"	53º09'12"	430	126,0	200	427,42	70,0	4,375	13,42	53;77	>2	111
(56) Mirante do Piquiri	24º12'20"	53º23'42"	325	150,0	200	?	IMP.	-	-	-	>2	130
(57) Nova Aurora-1	24º32'00"	53º16'11"	400	87,0	200	354,9	16,0	0,618	25,9	17;76	>2	75
(57) Nova Aurora-2	24º32'23"	53º16'42"	440	90,0	200	434,8	25,0	2,456	10,18	68	>1	65
(58) Nova Cantu	24º40'42"	52º34'30"	520	126,0	200	509,71	72,0	5,252	13,71	25;29;48	>2	96

FICHA DE AVALIAÇÃO DE OBRAS CONCLUÍDAS NO SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL—DADOS PARA A ANÁLISE ESTATÍSTICA

BACIA HIDROGRÁFICA : PIQUIRI	COORDENADAS DO PONTO		ALTITUDE (m)	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO POÇO		CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS				CONDICIONAMENTO DO AQUIFERO		
	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)		PROFUNDIDADE (m)	DIÂMETRO ÚTIL (mm)	PIEZO- METRIA (m)	Q (m³/h)	Q/s (m³/h/m)	REBAIXA- MENTO DISPONÍVEL (m)	ENTRADA DE ÁGUA (m)	DERRAME (nº)	ESPESSURA ÚTIL PRODUTORA (m)
(59) Nova Santa Rosa	24º28'12"	53º57'57"	360	150,0	200	302,5	21,0	0,6	35,0	105;104;118	?	?
(60) Novo Sarandi	24º34'10"	53º54'56"	400	102,0	150	379,73	54,0	10,8	25,57	26;80	2	76
(61) Ouro Verde(Toledo)	24º46'03"	53º53'51"	500	144,5	200	442,55	29,7	1,98	15,0	110;144	3	116
(62) Ouro Verde(Corbélia)	24º39'10"	53º14'43"	480	150,0	200	458,0	23,2	0,211	110,0	115;140	> 1	107
(63) Palmital-1	24º53'22"	52º11'49"	830	100,0	200	798,00	8,47	0,822	10,3	46;92	2	65
(63) Palmital-2	24º53'38"	52º12'12"	830	103,0	200	810,3	18,5	1,796	10,3	20;36;39;57	> 2	83
(64) Palotina-1	24º16'54"	53º50'50"	330	92,0	200	326,2	56,0	1,47	34,2	15;52;75	> 1	77
(64) Palotina-2	29º17'24"	53º50'57"	310	100,0	200	282,53	35,03	1,296	27,03	50;70	> 1	64
(64) Palotina-3	24º17'04"	53º51'10"	320	150,0	200	318,23	2,4	0,415	7,55	11;50	2 (?)	101
(64) Palotina-4	24º17'50"	53º50'39"	320	133,0	200	303,34	20,0	0,572	34,94	56;72	> 2	125
(65) Paulistânia	24º09'30"	53º22'09"	400	150,0	200	400,0	20,0	0,599	33,4	31	2(?)	122
(66) Porto Mendes	24º29'40"	54º18'49"	200	80,0	150	200,0	24,7	1,235	20,0	25;43	> 1	55
(67) Quarto Centenário-1	24º17'41"	53º04'28"	410	84,0	200	304,3	12,0	1,0	12,0	29	> 1	51
(67) Quarto Centenário-2	24º18'32"	53º06'04"	420	112,0	200	402,82	12,68	0,745	17,02	39;40	2	78
(68) Quatro Pontes	24º34'10"	53º59'05"	440	140,0	150	439,5	IMP.	-	-	-	> 2(?)	131
(69) Rancho Alegre Oeste-1	24º17'32"	52º58'12"	440	150,0	200	428,95	6,2	0,444	13,95	30	> 1(?)	122
(69) Rancho Alegre Oeste-2	24º18'08"	52º57'37"	480	150,0	200	?	21,0	2,896	7,25	12;78;148	> 1(?)	126
(70) Rio Bonito-1	24º04'49"	53º58'31"	260	150,0	150	250,4	IMP.	-	-	-	> 3	100
(70) Rio Bonito-2	24º05'28"	53º58'38"	260	80,0	200	241,72	62,0	2,48	25,0	49	> 1	35
(71) Roncador	24º35'16"	52º16'33"	860	73,0	200	854,5	40,0	3,81	10,5	43	1	62
(72) Santa Helena-1	24º51'29"	54º19'05"	220	121,0	200	218,0	15,5	0,292	53,0	24;46;60; 86;95;118	2	105
(72) Santa Helena-2	24º51'42"	54º19'12"	220	100,0	200	219,95	54,0	2,164	24,95	13;27	> 2	92

FICHA DE AVALIAÇÃO DE OBRAS CONCLUÍDAS NO SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL—DADOS PARA A ANÁLISE ESTATÍSTICA

BACIA HIDROGRÁFICA :PIQUIRÍ	COORDENADAS DO PONTO		ALTITUDE (m)	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO POÇO		CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS				CONDICIONAMENTO DO AQUIFERO		
	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)		PROFUNDIDADE (m)	DIÂMETRO ÚTIL (mm)	PIEZO- METRIA (m)	Q (m³/h)	Q/s (m³/h/m)	REBAIXA- MENTO DISPONÍVEL (m)	ENTRADA DE ÁGUA (m)	DERRAME (nº)	ESPESSURA ÚTIL PRODUTORA (m)
(72) Santa Helena-3	24º51'33"	54º19'58"	240	150,0	200	227,41	15,0	1,0	15,0	30;88	> 1(?)	118
(72) Santa Helena-4	24º52'04"	54º19'22"	225	80,0	200	216,6	195,0	11,471	17,0	31;39	1	50
(73) Sta.Rita do Oeste	24º22'14"	54º01'07"	370	150,0	150	365,0	23,0	0,397	58,0	66	?	?
(74) São José(Sta.Helena)	24º50'00"	54º04'00"	610	150,0	150	-	IMP.	-	-	-	2(?)	108
(75) São Pedro	24º55'57"	53º51'09"	530	110,0	200	498,15	30,0	8,108	3,7	40;43	> 1(?)	70
(76) Toledo-1	24º44'22"	53º45'21"	525	87,0	150	519,78	12,5	3,141	3,98	10	> 1	79
(76) Toledo-2	24º43'47"	53º43'12"	520	120,0	200	504,37	125,0	2,716	35,0	28;56;70	1	65
(76) Toledo-3	24º46'32"	53º43'32"	480	80,0	250	470,0	10,0	0,377	26,5	22;60	1	53
(76) Toledo-4	24º46'55"	53º43'32"	480	86,0	150	466,5	20,0	0,421	47,5	17	> 1	77
(76) Toledo-5	24º44'43"	53º43'19"	560	133,0	250	548,5	221,0	6,979	33,5	44;55;80	> 1	106
(77) Três Lagoas	25º28'40"	54º31'11"	230	80,0	200	230,0	32,0	0,8	40,0	44;75	2	62
(78) Tmeiras do Oeste	23º53'03"	52º52'03"	449	107,0	200	443,14	6,0	0,083	72,14	83;86	> 1	24
(79) Tupãssi	24º36'17"	53º30'42"	540	150,0	200	518,6	9,8	0,377	26,0	55	> 2	130
(80) Ubiratã-1	24º32'14"	52º55'14"	380	120,0	200	331,1	15,0	0,482	31,1	54;83	> 1(?)	90
(80) Ubiratã-2	24º30'49"	52º59'35"	400	180,0	200	342,86	15,0	0,313	47,86	50;148;161	> 2	121
(81) Vila Cristal	24º32'21"	53º59'06"	460	130,0	150	451,0	9,95	0,231	43,0	?	?	?
(82) Vila Maripã	24º25'11"	53º49'35"	420	103,0	200	403,6	55,0	2,75	20,0	20;35;43	1(?)	60

FICHA DE AVALIAÇÃO DE OBRAS CONCLUÍDAS NO SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL—DADOS PARA A ANÁLISE ESTATÍSTICA												
BACIA HIDROGRÁFICA : IVAÍ	COORDENADAS DO PONTO		ALTITUDE (m)	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO POÇO		CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS				CONDICIONAMENTO DO AQUIFERO		
	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)		PROFUNDIDADE (m)	DIÂMETRO ÚTIL (mm)	PIEZO- METRIA (m)	Q (m³/h)	Q/s (m³/h/m)	REBAIXA- MENTO DISPONÍVEL (m)	ENTRADA DE ÁGUA (m)	DERRAME (nº)	ESPESSURA ÚTIL PRODUTORA (m)
(83) Arapongas	23º24'11"	51º25'56"	778	151,0	200	763,6	7,5	2,01	3,74	19	> 2 (?)	134
(84) Arapuã	24º18'43"	51º47'17"	663	150,0	150	648,9	24,86	0,226	109,9	46:135	> 3	126
(85) Araruna	23º56'26"	52º29'30"	530	55,0	200	526,4	45,0	2,009	22,4	30	< 1	26
(86) Ariranha	24º23'26"	51º34'50"	660	120,0	200	658,0	13,0	0,271	48,0	56;93;112	> 2	94
(87) Astorga-1	23º14'34"	51º39'48"	595		200	582,15	57,0	1,622	35,15	?	> 2	66
(87) Astorga-2	23º14'42"	51º39'51"	590	199,0	200	577,83	12,25	0,51	24,0	24;60	?	?
(87) Astorga-3	23º14'28"	51º39'53"	620	150,0	200	579,36	15,5	3,1	5,0	46	> 2	108
(87) Astorga-4	23º14'47"	51º39'56"	585	150,0	200	-	IMP.	-	-	-	2 (?)	120
(87) Astorga-5	23º13'05"	51º40'31"	580	150,0	200	574,0	28,0	0,483	58,0	20	> 3	133
(88) Atalaia	23º09'36"	52º02'23"	380	91,0	200	375,43	4,6	0,091	45,86	58	?	?
(89) Barbosa Ferraz	24º01'36"	52º00'53"	320	130,0	200	311,92	70,0	2,064	32,92	52	> 2	116
(90) Bom Sucesso-1	23º42'39"	51º45'18"	480	150,0	200	471,0	IMP.	-	-	-	> 2 (?)	109
(90) Bom Sucesso-2	23º42'26"	51º46'13"	490	152,0	200	486,84	13,0	0,13	100,0	118	> 3	118
(91) Bourbonia-1	24º11'06"	52º13'21"	730	150,0	150	626,6	2,0	0,052	38,6	104	?	?
(91) Bourbonia-2	24º11'02"	52º13'15"	680	120,0	200	698,78	26,0	1,384	18,78	51;71	> 2	103
(92) Cambira-1	23º36'28"	51º34'44"	650	150,0	200	598,86	4,08	0,12	34,0	98;103	> 4	139
(92) Cambira-2	23º35'47"	51º35'00"	768	120,5	150	739,25	88,0	3,667	24,0	60;61	> 3	107
(93) Campo Mourão	24º03'12"	51º22'02"	560	160,0	200	554,1	IMP.	-	-	-	2	101
(94) Diamante do Norte	22º39'47"	52º51'25"	280	122,0	200	365,4	70,0	1,733	40,4	?	> 1	26
(95) Engenheiro Beltrão	23º47'52"	52º14'30"	420	95,0	200	397,8	40,0	1,613	24,8	52	> 2	69
(96) Faxinal	23º59'50"	51º19'19"	790	146,0	200	-	IMP.	-	-	-	3	79
(97) Fênix-1	23º54'56"	51º59'10"	340	152,0	200	337,1	9,4	0,425	22,1	20;40	5	134
(97) Fênix-2	23º55'21"	51º58'16"	230	150,0	200	326,1	18,2	0,371	49,1	23;34	4	103

FICHA DE AVALIAÇÃO DE OBRAS CONCLUÍDAS NO SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL—DADOS PARA A ANÁLISE ESTATÍSTICA												
BACIA HIDROGRÁFICA: IVAÍ	COORDENADAS DO PONTO		ALTITUDE (m)	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO POÇO		CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS				CONDICIONAMENTO DO AQUIFERO		
	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)		PROFUNDIDADE (m)	DIÂMETRO ÚTIL (mm)	PIEZO- METRIA (m)	Q (m ³ /h)	Q/s (m ³ /h/m)	REBAIXA- MENTO DISPONÍVEL (m)	ENTRADA DE ÁGUA (m)	DERRAME (nº)	ESPESSURA ÚTIL PRODUTORA (m)
(98) Florai-1	23º18'22"	52º18'02"	420	150,0	200	408,14	20,0	0,586	34,14	56;68	> 4	108
(98) Florai-2	23º18'31"	52º18'02"	440	64,5	200	437,74	40,0	1,685	23,74	17;35	> 1	47,5
(99) Grandes Rios	24º05'16"	51º30'12"	600	150,0	200	559,0	8,0	0,1	80,0	?	> 2	75
(100) Guaporema	23º19'40"	52º46'54"	320	81,5	200	315,68	36,0	2,036	17,68	?	> 1	56
(101) Iguaçu	23º12'28"	51º46'18"	460	115,0	200	454,5	45,0	1,306	34,45	48	> 2	63
(102) Indianópolis	23º29'09"	52º31'40"	440	155,0	200	438,43	28,0	0,903	31,0	36;59;72	> 3	91
(103) Iretama	24º25'03"	52º06'13"	520	120,0	200	477,75	50,0	7,143	7,0	53;95	> 2	107
(104) Itacolemi	23º47'17"	51º30'03"	420	150,0	200	368,9	10,8	0,27	40,0	63;93	> 3	141
(105) Itaguaçu	22º37'23"	51º57'18"	230	77,0	200	225,5	45,0	1,2	37,5	52	> 1	63
(106) Itambé-1	23º39'28"	51º59'51"	380	151,5	200	374,3	8,47	0,368	23,0	30;33;41	> 3	118
(106) Itambé-2	23º39'14"	52º00'25"	340	121,0	200	335,56	37,7	1,642	22,96	29	> 3	102
(107) Ivailândia	23º43'29"	52º10'51"	380	173,0	200	360,9	0,76	0,007	103,26	53;148	> 3	133
(108) Ivatuba	23º36'57"	52º11'44"	340	91,0	200	330,55	45,0	3,896	12,2	30;60	> 1	71
(109) Jardim Alegre-1	24º10'02"	51º40'35"	620	90,0	200	571,25	32,0	1,306	24,5	78	2	66
(109) Jardim Alegre-2	24º10'09"	51º40'44"	630	152,0	200	593,77	34,32	1,907	18,0	54	2	93
(109) Jardim Alegre-3	24º10'07"	51º40'26"	620	150,0	200	593,0	10,0	0,666	15,0	45	> 2	128
(110) Jardim Olinda	22º32'54"	52º02'04"	275	150,0	200	252,27	150,0	4,073	36,85	55;60	> 2	140
(111) Lidianópolis	24º02'04"	51º33'53"	490	100,0	150	483,86	6,0	0,075	80,06	?	> 1(?)	83
(112) Luar	23º57'14"	51º55'18"	330	150,0	200	321,06	10,0	0,128	78,12	92	> 2(?)	120
(113) Lunardelli-1	24º04'59"	51º43'54"	580	152,0	200	569,87	8,0	0,424	18,87	31	> 3(?)	120
(113) Lunardelli-2	24º03'43"	51º43'56"	540	150,0	200	537,5	13,0	0,299	43,5	48;61	> 3	117
(114) Mandaguçu	23º21'23"	52º05'57"	490	111,0	200	484,8	70,0	6,481	10,8	25;50	> 2	86
(115) Manoel Ribas	24º30'29"	51º40'00"	870	150,0	200	867,8	40,21	2,513	16,0	25;30;70	3	109

FICHA DE AVALIAÇÃO DE OBRAS CONCLUÍDAS NO SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL—DADOS PARA A ANÁLISE ESTATÍSTICA

BACIA HIDROGRÁFICA : IVAÍ	COORDENADAS DO PONTO		ALTITUDE (m)	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO POÇO		CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS				CONDICIONAMENTO DO AQUIFERO		
	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)		PROFUNDIDADE (m)	DIÂMETRO ÚTIL (mm)	PIEZO- METRIA (m)	Q (m³/h)	Q/s (m³/h/m)	REBAIXA- MENTO DISPONÍVEL (m)	ENTRADA DE ÁGUA (m)	DERRAME (nº)	ESPESSURA ÚTIL PRODUTORA (m)
(116) Mirador	23º14'58"	52º47'09"	310	95,5	200	293,4	10,2	0,266	38,4	30,57	> 2	68,5
(117) Nova Londrina-1	22º45'49"	52º58'40"	370	106,5	200	370,0	90,0	2,703	33,3	49;54	> 1	55
(117) Nova Londrina-2	22º46'07"	52º58'42"	360	144,0	200	354,0	11,0	0,139	79,0	90	> 2	99
(118) Ourilândia	24º02'05"	52º07'49"	540	72,0	200	507,4	106,0	4,015	26,4	32	> 2	45
(119) Ourizona	23º24'31"	52º11'28"	500	137,0	200	500,0	36,0	1,44	25,0	33	> 2	107
(120) Paranacity	22º55'40"	52º09'41"	380	101,0	200	369,0	36,0	1,5	24,0	42;49	> 2	82
(121) Peabiru	23º56'16"	52º20'44"	480	84,0	200	480,0	10,0	0,233	43,0	53	> 1	41
(122) Porecatu-1	22º45'24"	51º22'36"	390	79,0	200	360,2	85,0	6,071	14,0	45;56;67	> 2	74
(122) Porecatu-2	22º45'41"	51º22'46"	360	101,0	200	339,0	7,5	3,75	2,0	23;36;95	> 2	82
(122) Porecatu-3	22º45'26"	51º22'56"	360	101,0	200	356,25	50,0	6,802	7,35	19;26	> 2	82
(123) Quinta do Sol	23º50'30"	52º08'08"	375	112,0	200	342,64	42,0	3,95	10,64	45;55;90	> 2	81
(124) Rondon	23º25'51"	52º46'00"	390	105,0	200	378,1	40,0	1,54	25,1	42;61	> 2	85
(125) Sabaudia	23º19'00"	51º32'55"	725	100,0	200	709,23	65,0	2,15	30,23	48;50	> 1	57
(126) Santa Inês	22º38'14"	51º54'49"	290	100,0	200	264,0	55,0	6,111	9,0	35;39	> 1	68
(127) Sta. Izabel do Ivaí	22º59'49"	53º10'58"	380	150,0	200	380,0	51,6	0,867	59,5	?	int. face Caiuã/S. Geral	
(128) Santo Inácio	22º42'13"	51º47'25"	310	150,0	200	306,6	37,5	1,633	22,96	32	> 3	115
(129) São João do Ivaí-1	23º59'32"	51º49'26"	480	150,0	200	451,1	18,13	0,348	52,1	85;115	> 3	135
(129) São João do Ivaí-2	23º59'49"	51º48'34"	430	150,0	200	397,2	25,15	0,381	67,0	106;110	-	-
(129) São João do Ivaí-3	23º59'52"	51º48'42"	450	150,0	200	428,8	45,0	0,75	60,0	28;31;87	-	-
(130) São José(Jandaia)	23º39'00"	51º41'17"	620	120,0	200	600,5	36,5	1,028	35,5	65	> 3	98
(131) São Pedro do Ivaí	23º51'11"	51º52'12"	350	103,0	200	350,0	38,5	0,726	53,0	58	> 2	91
(132) São Vicente	24º02'42"	52º33'00"	540	80,0	150	531,9	33,7	1,248	27,0	37	> 1	47

FICHA DE AVALIAÇÃO DE OBRAS CONCLUÍDAS NO SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL—DADOS PARA A ANÁLISE ESTATÍSTICA

BACIA HIDROGRÁFICA : TIBÁGI	COORDENADAS DO PONTO		ALTITUDE (m)	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO POÇO		CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS				CONDICIONAMENTO DO AQUIFERO		
	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)		PROFUNDIDADE (m)	DIÂMETRO ÚTIL (mm)	PIEZO- METRIA (m)	Q (m ³ /h)	Q/s (m ³ /h/m)	REBAIXA- MENTO DISPONÍVEL (m)	ENTRADA DE ÁGUA (m)	DERRAME (m ²)	ESPESSURA ÚTIL PRODUTORA (m)
(133) Assaí	23°23'05"	50°50'35"	515	116,0	200	504,8	5,5	0,102	53,8	66	> 1(?)	66
(134) Califórnia	23°39'29"	51°21'05"	740	158,0	200	-	1,37	0,019	-	4;90	> 1	151
(135) Cambé-1	23°19'23"	51°13'47"	530	104,0	200	490,9	50,0	5,952	8,4	17;43;74;92	> 2	86
(135) Cambé-2	23°19'29"	51°13'11"	530	102,0	200	501,0	42,15	3,231	13,0	36;45;90	> 1	60
(135) Cambé-3	23°19'57"	51°13'45"	515	143,0	200	506,8	16,56	0,45	36,8	48;50;120	> 2 (?)	113
(135) Cambé-4	23°15'55"	51°17'49"	605	180,0	200	511,3	15,4	0,67	23,0	105;122;165	5	167
(136) Centenário do Sul	22°49'03"	51°36'19"	400	108,0	200	372,0	36,0	0,947	38,0	70-73	< 1	38
(137) Congonhas	23°12'26"	50°43'00"	450	106,0	150	440,6	22,62	0,79	28,6	40;48;82	> 1	72
(138) Congonhinhas	23°32'54"	50°33'32"	750	200,0	200	676,0	IMP.	-	-	-	dique	Diabásio
(139) Irerê	23°30'06"	51°07'07"	550	97,0	150	539,45	24,9	0,732	34,0	18;27;40;70	> 3	72
(140) Londrina-1	23°16'20"	51°08'48"	500	150,0	200	465,75	100,0	3,922	14,32	68;112	2(?)	105
(140) Londrina-2	23°16'15"	51°09'27"	490	150,0	200	483,73	80,9	1,419	57,0	65;102;128; 135	> 3	139
(140) Londrina-3	23°16'21"	51°08'14"	480	150,0	200	460,53	100,0	6,983	25,5	32;77;114	> 2	75
(140) Londrina-4	23°16'20"	51°08'42"	500	150,0	200	478,54	20,89	0,605	34,54	60;101;127	> 2	94
(141) Marilândia do Sul	23°44'24"	51°18'56"	750	100,0	200	744,8	14,0	0,467	35,0	40;41	> 2	80
(142) Nossa Sra. Aparecida	22°57'56"	50°15'58"	415	150,0	150	391,3	IMP.	-	-	-	dique(?)	Diabásio
(143) Nova A. da Colina	23°19'37"	50°41'39"	460	92,0	200	460,0	15,0	0,268	56,0	66	> 1	91,8
(144) Panema-1	22°57'07"	50°35'15"	335	150,0	200	335,0	1,0	0,014	71,42	?	> 3(?)	103
(144) Panema-2	22°57'12"	50°35'37"	345	150,0	200	345,0	5,11	0,138	37,03	44,5;83	> 3	106
(145) Pirapó	23°33'17"	51°32'35"	770	150,0	150	760,42	3,15	0,092	34,33	24;32;73	> 1(?)	78
(146) Rancho Alegre	23°03'52"	50°55'48"	360	150,0	150	-	IMP.	-	-	-	> 1(?)	73
(147) Rolândia-1	23°19'15"	51°21'22"	680	100,0	200	667,5	56,0	1,6	35,0	60	> 1	60

FICHA DE AVALIAÇÃO DE OBRAS CONCLUÍDAS NO SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL—DADOS PARA A ANÁLISE ESTATÍSTICA												
LOCALIDADE	COORDENADAS DO PONTO		ALTITUDE (m)	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO POÇO		CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS				CONDICIONAMENTO DO AQUIFERO		
	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)		PROFUNDIDADE (m)	DIÂMETRO ÚTIL (mm)	PIEZO-METRIA (m)	Q (m ³ /h)	Q/s (m ³ /h/m)	REBAIXAMENTO DISPONÍVEL (m)	ENTRADA DE ÁGUA (m)	DERRAME (m ²)	ESPESSURA ÚTIL PRODUTORA (m)
(147) Rolândia-2	23°17'46"	51°22'39"	690	121,5	200	667,4	5,2	0,085	61,39	33;56;84	> 2	91,5
(147) Rolândia-3	23°17'46"	51°22'32"	680	86,0	200	672,48	10,5	0,228	45,98	59;66	> 1	52
(148) Santa Amélia	23°16'00"	50°26'00"	450	151,0	200	441,03	43,64	0,651	67,0	35;85	> 3	129
(149) Santa Mariana	23°09'16"	50°31'21"	420	150,0	200	419,6	12,0	0,288	41,6	79;124	> 2	115

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE AMOSTRAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ELEMENTOS MAIORES

UNIDADE: IGUAÇU	Â N I O N S								C Á T I O N S							
	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²		SO ₄ ⁻²		Cl ⁻		NO ₃ ⁻		Ca ⁺²		Mg ⁺²		Na ⁺		K ⁺	
	mg/l	meq/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	mg/l	meq/l
Alto Alegre do Iguaçu	100,0	1,81	0,0	0,0	1,0	0,03	0,52	0,01	1,8	0,09	4,01	0,33	38,18	1,66	1,18	0,03
Campina do Simão	65,1	1,07	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,7	0,78	3,5	0,28	6,0	0,26	0,9	0,02
Diamante do Oeste	103,0	2,16	1,0	0,02	1,0	0,03	0,2	0,0	1,7	0,08	0,2	0,01	42,7	1,86	0,3	0,01
Itapejara do Oeste -1	88,1	1,44	3,0	0,06	4,0	0,11	0,6	0,01	23,5	1,17	3,5	0,28	9,7	0,42	0,9	0,02
Itapejara do Oeste -2	33,1	0,54	0,1	0,0	1,0	0,03	1,6	0,03	9,2	0,46	2,5	0,2	2,2	0,10	0,8	0,02
Juvinópolis	48,1	0,79	0,1	0,0	1,0	0,03	0,5	0,01	7,0	0,35	2,1	0,17	12,1	0,53	0,4	0,01
Maralúcia	118,0	2,34	0,0	0,0	1,0	0,03	0,8	0,01	5,0	0,25	1,5	0,12	43,6	1,9	0,8	0,02
Mariópolis	64,1	1,05	0,0	0,0	1,0	0,03	0,0	0,0	12,8	0,64	3,6	0,3	4,5	0,2	1,2	0,03
Marmeleiro -1	94,1	1,54	0,1	0,0	0,5	0,01	1,0	0,03	18,5	0,92	3,4	0,28	16,5	0,72	0,7	0,02
Marmeleiro -2	67,1	1,10	0,1	0,0	0,5	0,01	0,1	0,0	5,7	0,29	0,8	0,06	23,6	1,03	0,8	0,02
Missal -1	90,1	1,48	1,0	0,02	1,0	0,03	0,8	0,01	5,0	0,25	1,5	0,12	43,6	1,9	0,8	0,02
Missal -2	38,1	0,62	0,1	0,0	2,0	0,06	0,1	0,0	18,7	0,93	7,4	0,61	5,8	0,25	1,2	0,03
Missal -3	152,0	3,34	1,0	0,02	1,0	0,03	0,4	0,01	12,89	0,64	4,5	0,37	23,65	1,02	0,7	0,02
Nova Esperança	98,1	1,61	5,0	0,1	3,0	0,08	0,2	0,0	12,6	0,63	3,0	0,24	27,2	1,18	0,7	0,02
Palmeirinha -1	58,1	0,95	0,1	0,0	1,0	0,03	0,1	0,0	16,6	0,83	0,2	0,01	8,4	0,37	0,5	0,01
Palmeirinha -2	53,1	0,87	0,1	0,0	1,0	0,03	0,1	0,0	8,5	0,42	2,8	0,23	9,5	0,41	0,4	0,01
Pato Branco	9,1	0,15	0,1	0,0	4,0	0,11	3,0	0,05	3,0	0,15	1,9	0,16	4,9	0,21	1,2	0,03
Quedas do Iguaçu(fonte)	8,1	0,13	0,0	0,0	1,0	0,03	0,0	0,0	1,9	0,1	1,2	0,1	0,6	0,03	0,2	0,0
Quedas do Iguaçu -2	165,0	4,29	0,0	0,0	5,0	0,14	0,0	0,0	0,6	0,03	0,3	0,02	70,4	3,06	0,3	0,01
Salgado Filho -2	117,0	2,59	1,8	0,04	0,5	0,01	0,3	0,0	2,3	0,12	0,2	0,01	46,1	2,0	0,8	0,02

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE AMOSTRAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ELEMENTOS MAIORES

UNIDADE: IGUAÇU LOCALIDADE	Â N I O N S								C Á T I O N S							
	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²		SO ₄ ⁻²		Cl ⁻		NO ₃ ⁻		Ca ⁺²		Mg ⁺²		Na ⁺		K ⁺	
	mg/l	meq/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	mg/l	meq/l
Salgado Filho -3	117,0	2,26	0,6	0,01	1,5	0,04	0,7	0,01	4,3	0,22	0,4	0,03	48,3	2,10	0,4	0,01
Santa Rita	36,1	0,59	0,1	0,0	1,0	0,03	6,4	0,1	15,2	0,76	3,4	0,28	4,2	0,18	0,7	0,02
São Miguel do Iguaçu	46,1	0,75	0,0	0,0	1,5	0,04	0,1	0,0	8,0	0,4	2,7	0,23	5,7	0,25	0,6	0,02
Turvo	30,1	0,49	0,1	0,0	1,0	0,03	0,2	0,0	7,8	0,39	1,7	0,14	1,4	0,06	0,8	0,02
Verê -2	79,1	1,29	18,0	0,37	1,0	0,03	0,3	0,0	9,5	0,47	2,5	0,2	29,2	1,27	0,6	0,02

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE AMOSTRAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ELEMENTOS MAIORES

UNIDADE: PIQUIRI	Â N I O N S								C Á T I O N S							
	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²		SO ₄ ⁻²		Cl ⁻		NO ₃ ⁻		Ca ⁺²		Mg ⁺²		Na ⁺		K ⁺	
	mg/l	meq/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	mg/l	meq/l
Altamira do Paraná -1	121,0	2,53	1,0	0,02	0,0	0,0	0,4	0,01	2,6	0,13	0,1	0,01	51,9	2,26	0,4	0,01
Altamira do Paraná -2	130,0	3,45	9,0	0,19	1,0	0,03	0,1	0,0	1,1	0,05	0,0	0,0	56,9	2,48	0,5	0,01
Boa Esperança	32,0	0,52	0,0	0,0	2,0	0,06	0,14	0,0	8,32	0,38	1,26	0,1	2,66	0,12	0,8	0,02
Campina da Lagoa -1	59,1	0,97	2,0	0,04	1,0	0,03	0,0	0,0	14,6	0,73	2,5	0,2	6,9	0,30	1,0	0,03
Campina da Lagoa -2	86,1	1,41	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,05	18,9	0,94	6,3	0,51	10,2	0,44	1,0	0,03
Carajá	81,1	1,33	0,0	0,0	0,5	0,01	0,4	0,01	16,3	0,81	1,9	0,16	19,1	0,83	1,4	0,04
Cascavel -1	42,1	0,69	1,3	0,03	2,0	0,06	0,0	0,0	9,4	0,47	3,0	0,25	2,7	0,12	1,5	0,04
Cascavel -2	33,1	0,54	0,0	0,0	0,5	0,01	0,0	0,0	6,0	0,30	2,2	0,18	1,8	0,08	0,8	0,02
Corbélia -1	85,0	1,84	1,0	0,02	1,0	0,03	0,8	0,01	5,0	0,25	0,2	0,02	33,9	1,47	0,7	0,02
Corbélia -3	15,1	0,25	0,0	0,0	1,0	0,03	0,0	0,0	4,4	0,22	0,4	0,03	0,9	0,04	0,0	0,0
Corbélia -4	40,1	0,66	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	0,38	3,5	0,28	2,3	0,1	0,6	0,01
Dr. Oliveira Castro	8,1	0,13	0,0	0,0	1,0	0,03	0,4	0,01	2,4	0,12	0,2	0,01	1,1	0,05	0,4	0,01
Goio-Erê -3	90,1	1,48	0,0	0,0	0,5	0,01	0,2	0,0	22,7	1,13	4,6	0,38	4,3	0,19	3,2	0,08
Guaira -1	143,1	2,34	4,0	0,08	10,0	0,28	4,0	0,06	37,2	1,86	4,1	0,34	28,4	1,23	1,0	0,03
Guaira -2	79,1	1,29	1,0	0,02	2,0	0,06	0,3	0,01	8,7	0,44	0,4	0,03	25,0	1,09	0,5	0,01
Guaira -3	96,0	1,92	0,0	0,0	2,0	0,06	0,5	0,01	5,9	0,29	0,8	0,06	33,1	1,44	0,9	0,02
Guaira -4	73,0	1,34	0,0	0,0	3,0	0,09	0,1	0,0	5,2	0,26	0,9	0,07	26,6	1,15	0,9	0,02
Guaira -5	69,0	1,33	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	4,8	0,24	0,4	0,03	24,3	1,06	0,5	0,01
Guaira -6	86,1	1,41	1,0	0,02	2,0	0,06	0,6	0,01	7,3	0,37	1,1	0,09	27,7	1,20	0,8	0,02
Guaira -7	84,1	1,38	0,0	0,0	7,0	0,2	2,5	0,04	17,1	0,85	3,1	0,26	27,2	1,18	1,2	0,03

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE AMOSTRAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ELEMENTOS MAIORES

UNIDADE: PIQUIRI	Â N I O N S								C Á T I O N S							
	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²		SO ₄ ⁻²		Cl ⁻		NO ₃ ⁻		Ca ⁺²		Mg ⁺²		Na ⁺		K ⁺	
	mg/l	meq/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	mg/l	meq/l
Herveira	61,0	1,18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,26	0,01	13,29	0,66	3,3	0,28	6,7	0,29	0,6	0,01
Iraçema	47,1	0,77	0,0	0,0	1,0	0,03	0,1	0,0	11,2	0,56	1,9	0,16	5,8	0,25	0,8	0,02
Janiópolis -1	69,0	2,15	4,0	0,08	0,0	0,0	0,2	0,0	4,4	0,22	0,6	0,05	25,7	1,12	0,3	0,01
Janiópolis -2	83,0	2,72	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,8	0,04	0,3	0,03	38,5	1,68	0,1	0,0
Janiópolis -3	80,0	2,67	11,0	0,23	0,0	0,0	0,1	0,0	1,0	0,05	0,3	0,03	35,5	1,54	0,1	0,0
Janiópolis -4	60,1	0,98	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	14,4	0,72	2,0	0,17	9,9	0,43	0,7	0,02
Jesuítas -1	108,1	1,77	0,0	0,0	1,0	0,03	0,1	0,0	0,2	0,01	2,4	0,20	37,6	1,64	1,0	0,03
Jesuítas -2	134,0	3,52	4,0	0,08	1,0	0,03	0,2	0,0	1,8	0,09	0,0	0,0	53,3	2,32	0,6	0,01
Jesuítas -4	128,0	2,87	0,0	0,0	2,0	0,06	1,2	0,02	0,9	0,05	0,4	0,03	55,9	2,43	0,5	0,01
Juranda	45,1	0,74	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,45	1,0	0,08	7,4	0,32	0,6	0,01
Marechal Cândido Rondon-3	76,0	1,65	0,0	0,0	1,5	0,04	1,0	0,02	5,4	0,27	1,1	0,09	22,6	0,98	0,7	0,02
Mamborê -1	47,1	0,77	0,0	0,0	0,5	0,01	0,0	0,0	11,9	0,59	3,0	0,25	3,4	0,15	0,9	0,02
Mamborê -2	60,1	0,98	0,0	0,0	3,0	0,09	0,4	0,01	15,0	0,75	5,0	0,41	2,3	0,1	1,3	0,03
Mirante do Piquiri(fonte)	5,1	0,08	0,0	0,0	7,0	0,2	3,2	0,05	2,1	0,10	1,0	0,08	5,2	0,22	1,4	0,04
Nova Aurora -2	33,1	0,54	1,8	0,04	0,05	0,01	0,0	0,0	8,4	0,42	1,6	0,13	3,7	0,16	0,9	0,02
Nova Cantu	79,1	1,29	5,0	0,1	0,0	0,0	0,6	0,01	19,0	0,95	3,6	0,30	11,8	0,51	0,7	0,02
Nova Santa Rosa	65,0	1,27	1,1	0,02	1,0	0,03	0,3	0,0	6,7	0,33	0,2	0,01	20,9	0,91	1,3	0,03
Novo Sarandi	57,1	0,93	0,0	0,0	1,0	0,03	1,3	0,02	16,0	0,80	2,3	0,19	8,1	0,35	0,8	0,02
Ouro Verde(Toledo)	55,1	0,90	0,5	0,01	0,5	0,01	0,1	0,0	11,9	0,59	4,2	0,35	4,2	0,18	1,2	0,03
Ouro Verde(Corbélia)	17,1	0,28	0,0	0,0	2,0	0,06	0,8	0,01	4,4	0,22	1,9	0,16	1,2	0,05	0,9	0,02

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE AMOSTRAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ELEMENTOS MAIORES

UNIDADE: PIQUIRI	Â N I O N S								C Á T I O N S							
	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²		SO ₄ ⁻²		Cl ⁻		NO ₃ ⁻		Ca ⁺²		Mg ⁺²		Na ⁺		K ⁺	
	mg/l	meq/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	mg/l	meq/l
Palmital -2	51,1	0,84	0,0	0,0	2,0	0,06	0,1	0,0	12,3	0,64	2,8	0,23	5,9	0,25	0,6	0,01
Palotina -2	80,1	1,31	1,5	0,03	0,0	0,0	0,1	0,0	6,3	0,31	0,2	0,01	26,1	1,13	0,5	0,01
Palotina -3	79,1	1,29	0,0	0,0	1,0	0,03	0,2	0,0	12,5	0,65	1,7	0,14	16,4	0,71	0,4	0,01
Palotina -4	74,1	1,21	0,0	0,0	1,0	0,03	0,1	0,0	5,5	0,27	0,3	0,03	26,7	1,16	0,2	0,01
Paulistânia -1	34,1	0,56	1,0	0,02	1,0	0,03	0,1	0,0	7,2	0,36	1,9	0,16	3,0	0,13	1,3	0,03
Paulistânia -2	35,1	0,57	0,0	0,0	1,0	0,03	0,0	0,0	6,3	0,31	2,4	0,20	3,2	0,14	1,4	0,03
Porto Mendes	51,1	0,84	1,0	0,02	1,0	0,03	0,0	0,0	11,1	0,55	2,3	0,19	6,2	0,27	0,7	0,02
Quarto Centenário -1	53,1	0,87	0,0	0,0	1,0	0,03	0,3	0,01	11,5	0,57	1,4	0,11	7,6	0,33	0,4	0,01
Quarto Centenário -2	39,0	0,64	0,0	0,0	1,7	0,06	0,7	0,01	8,16	0,40	1,48	0,12	1,7	0,07	0,3	0,01
Rancho Alegre do Oeste -1	55,1	0,90	0,0	0,0	1,0	0,03	0,1	0,0	11,4	0,57	1,4	0,11	10,0	0,44	0,6	0,01
Rancho Alegre do Oeste -2	54,0	0,88	3,0	0,06	1,0	0,03	0,68	0,01	6,73	0,34	1,68	0,13	17,4	0,77	0,75	0,02
Rio Bonito -2	70,0	1,29	40,0	0,83	25,0	0,71	0,3	0,01	5,8	0,29	2,7	0,22	52,8	2,3	1,4	0,03
Santa Helena -2	65,1	1,07	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	13,2	0,66	4,0	0,33	10,0	0,44	0,6	0,01
Santa Helena -3	16,1	0,26	0,0	0,0	1,0	0,03	0,0	0,0	3,8	0,19	2,1	0,17	0,9	0,04	0,3	0,01
Santa Helena -4	64,1	1,05	0,0	0,0	1,0	0,03	0,3	0,01	15,8	0,79	2,3	0,19	5,4	0,23	0,6	0,01
Santa Rita do Oeste	45,1	0,74	0,0	0,0	1,0	0,03	0,0	0,0	7,2	0,36	2,9	0,24	4,2	0,18	1,5	0,04
São José(Santa Helena)	14,1	0,23	0,0	0,0	1,0	0,03	1,2	0,02	2,6	0,13	1,3	0,10	1,5	0,07	1,0	0,03
São Pedro	56,1	0,92	0,0	0,0	1,0	0,03	0,3	0,01	10,9	0,55	1,8	0,15	7,0	0,31	0,6	0,02
Toledo -1	59,1	0,97	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	11,5	0,57	2,4	0,19	7,4	0,32	0,7	0,02
Toledo -2	72,1	1,18	0,1	1,0	0,03	0,4	0,01	0,0	10,7	0,53	4,8	0,40	13,7	0,59	0,8	0,02

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE AMOSTRAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ELEMENTOS MAIORES

UNIDADE: PIQUIRI LOCALIDADE	Â N I O N S								C Á T I O N S							
	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²		SO ₄ ⁻²		Cl ⁻		NO ₃ ⁻		Ca ⁺²		Mg ⁺²		Na ⁺		K ⁺	
	mg/l	meq/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	mg/l	meq/l
Toledo -3	34,1	0,56	0,1	0,0	1,0	0,03	0,2	0,0	5,9	0,30	2,6	0,21	2,1	0,09	0,6	0,02
Toledo -4	57,1	0,93	1,0	0,02	2,5	0,07	0,0	0,0	12,0	0,60	2,6	0,21	9,3	0,40	0,8	0,02
Toledo -5	57,1	0,93	0,0	0,0	1,0	0,03	1,3	0,02	16,0	0,80	2,3	0,19	8,1	0,35	0,8	0,02
Três Lagoas	56,1	0,92	0,1	0,0	1,0	0,03	0,1	0,0	12,8	0,64	2,7	0,22	6,1	0,27	1,0	0,03
Tupãssi -1	36,1	0,59	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	9,2	0,46	1,2	0,1	3,8	0,17	0,7	0,02
Tupãssi -2	28,1	0,46	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	6,2	0,31	1,2	0,1	3,6	0,16	0,7	0,02
Vera Cruz do Oeste	53,0	1,42	0,0	0,0	1,0	0,03	0,1	0,0	1,7	0,09	0,1	0,0	19,6	0,85	0,2	0,02
Vila Cristal	46,1	0,75	0,0	0,0	1,5	0,04	0,1	0,0	8,0	0,40	2,7	0,23	5,7	0,25	0,6	0,02
Vila Maripá	61,1	1,00	0,0	0,0	1,0	0,03	0,0	0,0	12,5	0,63	3,4	0,28	3,5	0,15	0,7	0,02

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE AMOSTRAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ELEMENTOS MAIORES

UNIDADE: IVAI	Â N I O N S								C Á T I O N S							
	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²		SO ₄ ⁻²		Cl ⁻		NO ₃ ⁻		Ca ⁺²		Mg ⁺²		Na ⁺		K ⁺	
	mg/l	meq/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	mg/l	meq/l
Água Boa	143,1	2,34	1,0	0,02	3,0	0,08	5,7	0,09	15,2	0,76	2,9	0,24	45,0	1,96	0,5	0,01
Arapongas	25,1	0,41	0,1	0,0	1,0	0,03	0,1	0,0	5,6	0,28	1,6	0,13	2,4	0,1	0,4	0,01
Arapuã	55,1	0,90	1,0	0,02	2,0	0,06	1,0	0,02	13,0	0,65	2,2	0,18	9,0	0,39	0,7	0,02
Ariranha	81,1	1,33	1,0	0,02	1,0	0,03	0,0	0,0	19,8	0,99	1,4	0,11	11,7	0,51	1,0	0,03
Astorga -2	50,1	0,82	8,8	0,18	2,0	0,06	0,2	0,0	13,5	0,67	3,9	0,32	3,2	0,14	0,8	0,02
Astorga -3	37,1	0,61	12,5	0,26	1,0	0,03	0,1	0,0	8,6	0,43	4,2	0,35	3,4	0,15	2,5	0,06
Astorga -5	31,1	0,51	5,0	0,1	3,0	0,08	3,8	0,06	10,3	0,52	3,7	0,31	2,8	0,12	1,5	0,04
Atalaia -2	12,0	0,20	0,0	0,0	1,0	0,03	0,0	0,0	2,52	0,13	0,38	0,03	1,7	0,07	0,5	0,01
Barbosa Ferraz	79,0	1,32	0,0	0,0	2,0	0,06	0,15	0,0	19,9	1,03	3,6	0,29	15,2	0,63	0,5	0,01
Bom Sucesso -1	47,1	0,77	0,1	0,0	2,0	0,06	0,8	0,01	10,9	0,54	3,6	0,29	4,2	0,18	0,9	0,02
Bom Sucesso -2	99,1	1,62	0,1	0,0	2,0	0,06	3,6	0,06	10,3	0,51	2,6	0,21	29,1	1,27	1,0	0,03
Bom Sucesso -3	58,1	0,95	4,0	0,08	12,0	0,34	2,9	0,05	18,7	0,93	4,9	0,40	18,7	0,81	1,0	0,03
Bom Sucesso -4	53,1	0,87	5,0	0,1	12,0	0,34	0,2	0,0	17,4	0,87	5,1	0,42	11,2	0,49	1,2	0,03
Bom Sucesso -5	26,1	0,43	0,1	0,0	1,0	0,03	0,1	0,0	4,6	0,23	2,2	0,18	2,1	0,09	0,7	0,02
Bourbônia -2	69,1	1,13	0,1	0,0	1,0	0,03	0,4	0,01	16,2	0,81	4,3	0,35	5,2	0,23	0,7	0,02
Cambira -1	119,0	2,75	2,0	0,04	1,0	0,03	0,0	0,0	4,7	0,23	1,2	0,1	46,4	2,02	0,7	0,02
Cambira -2	69,1	1,13	0,1	0,0	0,1	0,0	0,6	0,01	17,9	0,89	4,4	0,36	6,4	0,28	0,7	0,02
Engenheiro Beltrão	90,1	1,48	0,1	0,0	1,5	0,04	0,6	0,01	18,8	0,94	6,2	0,51	7,0	0,3	0,5	0,01
Faxinal	68,0	1,15	1,0	0,02	0,1	0,0	0,1	0,0	6,5	0,32	0,4	0,03	20,9	0,91	0,8	0,02
Fenix(fonte)	31,1	0,51	0,1	0,0	1,0	0,03	0,7	0,01	6,4	0,32	3,1	0,26	2,0	0,09	1,1	0,03

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE AMOSTRAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ELEMENTOS MAIORES

UNIDADE: IVAÍ	Â N I O N S								C Á T I O N S							
	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²		SO ₄ ⁻²		Cl ⁻		NO ₃ ⁻		Ca ⁺²		Mg ⁺²		Na ⁺		K ⁺	
	mg/l	meq/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	mg/l	meq/l
Fenix -1	93,1	1,52	0,1	0,0	1,0	0,03	0,4	0,01	18,3	0,91	6,7	0,55	5,6	0,25	1,3	0,03
Fenix -2	68,1	1,11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	13,6	0,68	5,0	0,41	4,4	0,19	1,0	0,03
Floraí -3	61,1	1,0	0,1	0,0	4,0	0,11	6,6	0,11	20,4	1,02	7,2	0,6	5,8	0,25	1,9	0,05
Floraí -4	94,1	1,54	1,0	0,02	5,0	0,14	5,8	0,09	28,9	1,44	7,7	0,63	6,6	0,29	1,9	0,05
Florianópolis	60,1	0,98	0,1	0,0	6,0	0,17	0,4	0,01	17,6	0,88	6,0	0,49	6,4	0,28	0,6	0,02
Godoy Moreira -1	156,0	2,80	0,0	0,0	1,0	0,03	0,6	0,01	32,0	1,6	8,4	0,69	16,1	0,7	1,6	0,04
Godoy Moreira -2	186,1	3,05	0,1	0,0	1,0	0,03	2,3	0,04	32,0	1,6	11,0	0,91	31,1	1,35	0,5	0,01
Grandes Rios	80,0	1,31	1,0	0,02	0,0	0,0	0,4	0,01	19,9	0,99	3,38	0,28	6,22	0,27	1,43	0,03
Iguaraçu	89,1	1,46	0,1	0,0	3,0	0,08	0,3	0,0	18,2	0,91	6,4	0,53	10,6	0,46	1,7	0,04
Indianópolis	56,0	0,92	1,0	0,02	4,0	0,11	0,04	0,0	16,45	0,82	2,58	0,21	3,12	0,14	1,84	0,05
Iretama	80,1	1,31	0,1	0,0	3,5	0,1	0,9	0,01	19,9	0,99	5,3	0,43	9,3	0,40	0,5	0,01
Itacolomi	130,1	2,13	2,0	0,04	1,0	0,03	0,4	0,01	13,9	0,69	4,3	0,35	34,1	1,48	1,0	0,03
Itambé -2	52,1	0,85	1,0	0,02	1,0	0,03	1,0	0,02	10,6	0,53	3,6	0,3	4,4	0,19	0,7	0,02
Ivatuva	57,1	0,93	0,1	0,0	1,0	0,03	0,2	0,0	13,4	0,67	5,7	0,47	2,7	0,12	0,5	0,01
Jardim Alegre -1	27,1	0,44	0,5	0,01	4,0	0,11	0,7	0,01	7,1	0,36	3,0	0,25	1,9	0,08	0,7	0,02
Jardim Alegre -2	77,0	1,81	0,1	0,0	1,0	0,03	0,4	0,01	2,1	0,11	0,2	0,02	28,3	1,23	0,2	0,01
Jardim Alegre -3	58,1	0,95	0,0	0,0	1,0	0,03	0,1	0,0	12,1	0,6	3,4	0,28	5,8	0,25	0,4	0,01
Jardim Olinda	64,1	1,05	0,0	0,0	7,0	0,2	4,0	0,06	16,9	0,84	5,3	0,43	11,7	0,51	1,6	0,04
Lidianópolis -1	71,0	1,98	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	2,4	0,12	0,4	0,03	24,3	1,06	1,0	0,03
Lidianópolis -2	41,1	0,67	0,1	0,0	1,5	0,04	0,1	0,0	9,4	0,47	3,5	0,29	3,8	0,16	1,2	0,03

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE AMOSTRAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ELEMENTOS MAIORES

UNIDADE: IVAÍ	Â N I O N S								C Á T I O N S							
	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²		SO ₄ ⁻²		Cl ⁻		NO ₃ ⁻		Ca ⁺²		Mg ⁺²		Na ⁺		K ⁺	
	mg/l	meq/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	mg/l	meq/l
Luar	88,1	1,44	1,0	0,02	1,0	0,03	0,3	0,0	18,7	0,93	0,7	0,05	19,2	0,83	0,3	0,01
Luiziana	81,1	1,33	0,1	0,0	1,0	0,03	0,2	0,0	16,5	0,82	2,0	0,17	11,0	0,48	0,5	0,01
Lunardelli -1	87,0	2,17	2,0	0,04	2,0	0,06	0,2	0,0	4,1	0,21	0,2	0,01	35,7	1,55	0,4	0,01
Lunardelli -2	85,0	2,10	0,1	0,0	1,0	0,03	0,2	0,0	19,1	0,95	3,5	0,29	10,3	0,45	1,1	0,03
Manoel Ribas	48,0	0,85	0,1	0,0	1,0	0,03	0,1	0,0	14,2	0,71	0,1	0,01	6,6	0,29	1,2	0,03
Nova Londrina -2	80,0	1,65	0,0	0,0	3,0	0,08	0,2	0,0	13,0	0,65	1,0	0,09	20,5	0,89	2,1	0,05
Nova Londrina -3	65,1	1,07	0,0	0,0	3,0	0,08	0,1	0,0	17,4	0,87	1,3	0,11	7,7	0,33	2,8	0,07
Ourlândia	180,0	2,96	0,0	0,0	2,0	0,06	1,5	0,02	28,38	1,42	20,57	1,74	14,4	0,62	0,3	0,01
Paissandu -1	25,1	0,41	0,1	0,0	1,0	0,03	0,0	0,0	4,8	0,24	2,0	0,17	1,8	0,08	1,2	0,03
Paissandu -2	23,1	0,38	0,1	0,0	1,0	0,03	0,0	0,0	4,1	0,26	1,8	0,15	2,1	0,09	0,5	0,01
Paissandu -3	33,1	0,54	0,1	0,0	1,0	0,03	0,0	0,0	5,7	0,29	2,4	0,20	2,8	0,12	0,5	0,01
Paissandu -4	30,1	0,49	0,1	0,0	1,0	0,03	0,1	0,0	5,1	0,26	2,1	0,21	2,8	0,12	0,5	0,01
Paissandu -5	56,1	0,92	0,1	0,0	1,0	0,03	0,1	0,0	9,7	0,48	2,3	0,19	10,5	0,46	0,3	0,01
Paissandu -6	51,1	0,84	0,1	0,0	1,0	0,03	0,1	0,0	9,7	0,48	3,2	0,26	5,5	0,24	0,5	0,01
Paissandu -7	50,1	0,82	0,1	0,0	1,0	0,03	0,6	0,01	10,0	0,50	5,0	0,41	3,2	0,14	1,3	0,03
Paissandu -8	76,1	1,25	0,1	0,0	2,0	0,06	0,5	0,01	6,0	0,30	1,9	0,16	28,2	1,22	0,3	0,01
Paissandu -9	54,1	0,89	0,1	0,0	5,0	0,14	0,0	0,0	6,9	0,35	1,4	0,11	14,0	0,61	0,4	0,01
Paissandu -10	77,0	1,71	0,1	0,0	1,0	0,03	0,3	0,0	0,5	0,03	0,2	0,02	32,0	1,39	0,8	0,02
Paissandu -11	45,1	0,74	0,1	0,0	1,0	0,03	0,1	0,0	6,3	0,31	4,1	0,34	7,3	0,32	1,1	0,03
Paissandu -12	59,1	0,97	0,1	0,0	1,0	0,03	0,3	0,0	12,5	0,62	2,6	0,21	6,1	0,26	0,5	0,01

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE AMOSTRAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ELEMENTOS MAIORES

UNIDADE: IVAÍ	Â N I O N S								C Á T I O N S							
	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²		SO ₄ ⁻²		Cl ⁻		NO ₃ ⁻		Ca ⁺²		Mg ⁺²		Na ⁺		K ⁺	
	mg/l	meq/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	mg/l	meq/l
Paranacity	51,1	0,84	1,5	0,03	2,5	0,07	0,1	0,0	11,5	0,57	4,4	0,36	3,6	0,16	3,0	0,08
Porecatu -2	125,1	2,05	0,0	0,0	40,0	1,13	1,4	0,02	38,1	1,90	5,3	0,44	0,9	0,04	0,1	0,00
Porecatu -3	122,0	2,17	2,0	0,04	12,0	0,34	0,6	0,01	33,2	1,66	16,4	1,35	6,5	0,28	1,6	0,04
Porto Ubã	151,0	2,02	6,0	0,12	1,0	0,03	0,3	0,0	2,4	0,12	1,2	0,10	68,4	2,98	0,4	0,01
Quinta do Sol	100,0	1,63	0,0	0,0	4,0	0,11	0,54	0,01	25,35	1,27	8,43	0,69	8,4	0,37	0,85	0,02
Sabaudia -2	38,1	0,62	1,3	0,03	0,0	0,0	0,0	0,0	7,9	0,40	3,9	0,32	2,2	0,09	0,8	0,02
Santo Inácio	64,1	1,05	0,0	0,0	14,0	0,39	8,6	0,14	23,6	1,18	4,4	0,36	17,5	0,76	4,0	0,1
Santa Inês	60,0	0,98	2,3	0,04	1,0	0,03	0,36	0,0	10,05	0,50	0,99	0,08	11,25	0,49	1,33	0,03
São João do Ivaí -1	108,0	2,48	4,5	0,09	8,0	0,23	2,0	0,03	6,4	0,32	0,3	0,02	57,6	2,50	1,2	0,03
São João do Ivaí -2	122,0	2,71	8,0	0,17	18,0	0,51	3,6	0,06	9,1	0,45	1,2	0,1	68,2	2,97	0,5	0,01
São João do Ivaí -3	158,1	2,59	5,0	0,1	15,0	0,42	9,3	0,15	25,7	1,28	5,1	0,42	49,2	2,14	1,2	0,03
São José (Jandaia)	80,1	1,31	1,0	0,02	3,0	0,08	6,3	0,1	20,9	1,04	7,9	0,65	5,3	0,23	1,2	0,03
São Manoel	29,1	0,48	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	5,8	0,29	1,3	0,1	2,7	0,12	0,8	0,02
São Pedro do Ivaí	132,1	2,16	8,0	0,17	6,0	0,17	3,4	0,05	22,1	1,1	4,7	0,38	31,7	1,38	0,7	0,02
São Vicente	50,0	0,82	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	10,45	0,52	0,17	0,01	11,37	0,49	0,61	0,02
Ubauna(São João do Ivaí)	190,0	3,11	8,0	0,17	19,0	0,54	0,04	0,0	14,61	0,73	0,63	0,04	74,8	3,22	1,9	0,06

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE AMOSTRAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ELEMENTOS MAIORES

UNIDADE: TIBAGI	Â N I O N S								C Á T I O N S							
	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²		SO ₄ ⁻²		Cl ⁻		NO ₃ ⁻		Ca ⁺²		Mg ⁺²		Na ⁺		K ⁺	
	mg/l	meq/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	mg/l	meq/l
Assaí	66,1	1,08	1,0	0,02	14,0	0,39	6,9	0,11	28,4	1,42	10,2	0,84	7,6	0,33	1,3	0,03
Barra do Jacaré	112,1	1,84	0,1	0,0	13,0	0,37	4,4	0,07	34,5	1,72	7,8	0,64	11,2	0,49	0,8	0,02
Cambé -2	34,1	0,56	60,0	1,25	0,5	0,01	6,8	0,11	21,1	1,05	3,4	0,28	13,0	0,57	0,5	0,01
Cambé -3	58,1	0,95	1,0	0,02	11,0	0,31	4,3	0,07	22,3	1,11	7,7	0,63	7,4	0,32	0,4	0,01
Cambé -4	106,1	1,74	0,1	0,0	1,0	0,03	2,9	0,05	23,4	1,17	6,9	0,57	14,0	0,61	0,4	0,01
Cambé -5	101,1	1,66	0,1	0,0	1,0	0,03	4,7	0,08	24,3	1,21	9,6	0,79	8,2	0,35	0,2	0,00
Congonhas	107,1	1,75	2,5	0,05	4,0	0,11	3,3	0,05	12,4	0,62	1,0	0,09	34,5	1,5	0,5	0,01
Irerê	106,1	1,74	0,1	0,0	13,5	0,38	7,3	0,12	36,1	1,86	12,1	1,00	0,0	0,0	1,1	0,03
Londrina(Cohab -1)	64,1	1,05	0,1	0,0	1,0	0,03	3,2	0,05	14,9	0,74	3,1	0,26	7,9	0,34	0,3	0,01
Londrina(Cohab -2)	75,1	1,23	1,0	0,02	5,0	0,14	4,0	0,06	23,7	1,18	4,1	0,34	8,0	0,35	0,4	0,01
Londrina(Warta)	69,1	1,13	0,1	0,0	1,0	0,03	0,5	0,01	15,0	0,75	3,5	0,29	9,0	0,39	0,3	0,01
Marilândia do Sul	96,0	2,65	0,1	0,0	2,5	0,07	0,2	0,0	1,6	0,08	0,2	0,02	40,0	1,74	0,3	0,01
Paiquerê	35,1	0,57	1,0	0,02	1,0	0,03	0,8	0,01	10,3	0,51	1,9	0,16	3,0	0,13	0,7	0,02
Panema	84,0	1,54	7,0	0,15	7,0	0,20	0,0	0,0	8,7	0,44	0,4	0,04	34,8	1,51	0,9	0,02
Pirapó	49,0	0,90	0,0	0,0	1,0	0,03	0,46	0,01	9,33	0,47	2,82	0,23	3,93	0,17	1,3	0,03
Rolândia -2	38,5	0,61	0,1	0,0	0,5	0,01	0,1	0,0	9,1	0,46	0,5	0,04	0,9	0,04	0,1	0,0
Rolândia -3	96,0	2,12	0,0	0,0	0,4	0,01	0,3	0,0	4,3	0,21	0,5	0,04	20,0	0,87	0,1	0,0
Santa Amélia	149,1	2,44	1,0	0,02	1,0	0,03	2,3	0,04	26,8	1,34	3,4	0,28	35,4	1,54	0,7	0,02
Santa Mariana	298,1	4,88	0,7	0,01	26,0	0,73	0,8	0,01	20,2	1,01	58,3	4,79	19,0	0,83	0,9	0,02
Sertaneja(fonte -1)	22,1	0,36	0,1	0,0	4,0	0,11	4,4	0,07	9,2	0,46	2,8	0,23	3,7	0,16	1,1	0,03

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE AMOSTRAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ELEMENTOS MAIORES

UNIDADE: TIBAGI	Â N I O N S								C Á T I O N S							
	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²		SO ₄ ⁻²		Cl ⁻		NO ₃ ⁻		Ca ⁺²		Mg ⁺²		Na ⁺		K ⁺	
	mg/l	meq/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	mg/l	meq/l
Sertaneja(fonte -2)	29,1	0,48	3,0	0,06	4,0	0,11	3,6	0,06	12,0	0,60	3,8	0,32	3,5	0,15	0,7	0,02
Sertaneja -1	29,1	0,48	0,1	0,0	4,0	0,11	3,9	0,06	10,5	0,52	2,9	0,24	4,2	0,18	0,8	0,02
Sertaneja -2	82,1	1,34	0,1	0,0	4,0	0,11	2,2	0,04	5,0	0,25	4,0	0,33	28,3	1,23	0,6	0,02
Sertaneja -4	69,1	1,13	13,0	0,27	6,0	0,17	1,4	0,02	4,9	0,24	0,1	0,01	39,1	1,70	0,3	0,01
Marilândia do Sul	85,0	1,80	0,1	0,0	1,0	0,03	0,1	0,0	9,4	0,47	1,9	0,16	24,3	1,06	0,6	0,02
Londrina -1	73,1	1,20	1,5	0,03	1,0	0,03	0,4	0,01	18,0	0,9	6,6	0,54	5,3	0,23	0,5	0,01
Londrina -2	56,1	0,92	1,2	0,02	0,5	0,01	0,5	0,01	14,3	0,71	4,5	0,37	4,3	0,19	0,4	0,01
Londrina -3	46,1	0,75	0,1	0,0	1,0	0,03	0,1	0,0	6,6	0,33	4,4	0,36	2,5	0,11	2,2	0,06
Bandeirantes -1	82,0	1,74	0,0	0,0	4,0	0,11	0,68	0,02	20,14	1,01	3,69	0,30	15,55	0,68	0,75	0,02
Bandeirantes -2	175,0	3,71	3,0	0,06	38,0	1,05	3,5	0,06	74,38	3,73	10,6	0,86	17,4	0,76	1,05	0,03
Bandeirantes -3	77,0	1,81	0,0	0,0	10,0	0,28	1,06	0,02	28,42	1,42	1,77	0,15	11,8	0,51	0,55	0,02
Bandeirantes -4	196,0	3,21	6,0	0,12	20,0	0,56	0,15	0,0	8,6	0,43	0,36	0,03	61,8	2,67	0,4	0,01
Bandeirantes -5	42,0	0,69	0,0	0,0	7,0	0,20	0,61	0,01	11,25	0,56	4,88	0,41	5,3	0,23	1,6	0,04
Bandeirantes -6	184,0	3,01	9,0	0,18	5,0	0,14	0,45	0,01	33,31	1,66	7,21	0,61	41,75	1,81	1,15	0,03