

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA

**CONTRIBUIÇÃO AO CONHECIMENTO DO SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL NO OESTE
PARANAENSE, PARA FINS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO E OUTROS.**

PEDRO COSTA GUEDES VIANNA

ORIENTADOR: PROFESSOR LUIZ FERNANDO SCHEIBE

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO : UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS

FLORIANÓPOLIS - SC
março/1995

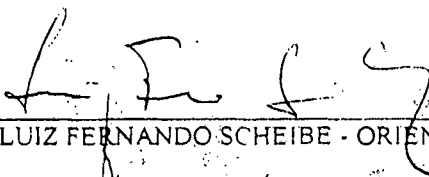
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA

**CONTRIBUIÇÃO AO CONHECIMENTO DO SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL NO OESTE
PARANAENSE, PARA FINS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO E OUTROS.**

PEDRO COSTA GUEDES VIANNA

Dissertação submetida ao curso de Mestrado em Geografia, Área de Concentração: Conservação de Recursos Naturais, do Departamento de Geociências do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da UFSC, em cumprimento parcial dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM 12/04/95



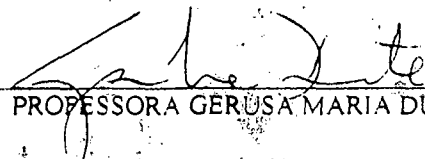
PROFESSOR LUIZ FERNANDO SCHEIBE - ORIENTADOR - UFSC



PROFESSOR RIAD SALAMUNI - UFPR



PROFESSOR NELSON AMORETI LISBOA - UFRS



PROFESSORA GERUSA MARIA DUARTE - UFSC

FLORIANÓPOLIS - SC

março/1995

AGRADECIMENTOS

Embora com a certeza que a memória me trairá, não posso deixar de citar nomes em agradecimento ao apoio na execução deste estudo. Aos que por acaso forem aqui injustiçados, ficam aqui desde já minhas desculpas.

Em primeiro lugar a todos os colegas da antiga SUREHMA, entusiastas na causa Pública e na defesa dos Recursos Hídricos. Em especial aos colegas da Divisão de Águas Subterrâneas, colegas Mário, Jurandir, Everton, Bettega, Fraga, Ernani, Rui e muito especialmente aos “capa preta” Fontana e Lisboa.

Deixo aqui minhas homenagens a todos sondadores, motoristas, auxiliares de campo e pessoal de secretaria de nossa divisão: Marta, Tonho, Evadir, Manoel, Zé de Paula, Ari, Alemão, Feio, Ferraro, Pedro, Generoso, Gildemar, Fornazari, Cordeiro, Wanderlei, Benedito, Galancini, Cezar Elias, Elio, Geraldo, Ivo, Jeferson, João, Zé Afonso, Zé Pereira, Miguel, Rogerio e Vanderlei sem os quais não seria possível realizar este e todos os trabalho científicos em nossa equipe.

Ao Professor Hélio Rocha (UFPR) e ao Airton (Sanepar), pelo acesso a recursos de geoprocessamento. Ao Sérgio pelos desenhos. Aos Engs. do IAP, Nagashima e Vaine, pelos dados e cálculos de vazões mínimas. Aos colegas de mestrado: Romeu, Célio, Doralice e Sandra, pelo incentivo e apoio em diferentes momentos. Ao amigo e mestre, Professor Galvan, pela presença marcante em nosso Mestrado. A Professora Gerusa pela dedicação e pelas cobranças. Ao Professor Nelson Lisboa pelo apoio na interpretação de imagens, e na definição da metodologia. A Maga pela atenção e amizade.

Aos Professores da UFSC, Neide Oliveira de Almeida e Victor Hugo Teixeira, pela participação e sugestões, no Seminário de Qualificação, fica aqui o reconhecimento, extensivo ao Prof. José Carlos de Oliveira, pelo franqueamento do uso de suas imagens e gráficos.

Aos técnicos do “Jica Time” Sr. Keije Nakano e Srta. Verônica, pelas críticas e apoio nas traduções.

A secretária e pulmão do Curso, Marli, sempre companheira e amiga.

Meu especial agradecimento ao Professor Scheibe pela paciência e dedicação na orientação e ao Hidrogeólogo e Amigo Álvaro Amoretti Lisboa pelo carinho com que vem me dando muitas lições ao longo dos últimos 12 anos.

Por fim registro aqui o justo protesto de minha esposa e filhos, aos quais agradeço a compreensão e o amor com que me trataram neste período.

SUMÁRIO

RESUMO.....	V
ABSTRACT.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE TABELAS.....	VIII
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - CONSIDERAÇÕES ACERCA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	
1.1.1 - ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	2
1.1.2 - ASPECTOS ECONÔMICOS, FINANCEIROS E EMPRESARIAIS.....	6
1.1.3 - ASPECTOS AMBIENTAIS.....	9
1.2 - APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	12
1.2.1 - CARACTERIZAÇÃO DO QUADRO NATURAL.....	12
1.2.2 - CARACTERIZAÇÃO DO QUADRO SOCIO-ECONÔMICO.....	19
1.3 - AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ABASTECIMENTO PÚBLICO DA ÁREA ESTUDADA.....	22
CAPÍTULO 2 - RESENHA GEOLÓGICA.....	27
2.1 - A BACIA DO PARANÁ NA ÁREA DE INTERESSE.....	27
2.2 - A FORMAÇÃO SERRA GERAL.....	32
2.2.1 - ASPECTOS ESTRUTURAIS.....	39
2.2.2 - ASPECTOS LITOESTRATIGRÁFICOS.....	43
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA	
3.1 - CARACTERIZAÇÃO DOS LINEAMENTOS.....	46
3.2 - ELABORAÇÃO DE MAPAS BASES E SEUS DERIVADOS.....	50
3.3 - LEVANTAMENTO DE DADOS DE POÇOS.....	58
CAPÍTULO 4 - ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS E MAPAS	
4.1 - ANÁLISE E COMENTÁRIOS SOBRE OS DADOS DOS POÇOS.....	61
4.2 - ANÁLISE DOS ZONEAMENTOS E DOS DADOS DOS LINEAMENTOS.....	68
4.3 - DIREÇÕES ASSOCIADAS AOS POÇOS.....	71
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	74
BIBLIOGRAFIA.....	83

RESUMO

O estudo em seu aspecto principal procura regionalizar a Bacia Paraná III, no Oeste Paranaense, em função da potencialidade do aquífero Serra Geral, especialmente visando o abastecimento público. Para tanto foram mapeados os padrões de drenagem, o modelado do relevo, e os lineamentos estruturais. Procura-se a existência de uma faixa de direção, que associada aos poços, tenha melhores resultados em relação à produção da água subterrânea no aquífero Serra Geral. A direção NW, notadamente na faixa entre 290° e 310° aponta os melhores resultados. A combinação entre um relevo menos dissecado, com uma drenagem mais controlada e paralela à direção NW, e com uma zona com predominância de lineamento NW, confrontada com dados de produtividade de 48 poços, expressos por suas vazões e capacidades específicas configurou o zoneamento proposto, para a melhor exploração do aquífero Serra Geral na área de estudo.

Por outro lado a grande variabilidade dos dados de produção de água dos poços reflete o comportamento de um aquífero fraturado descontínuo. Por isso se reconhece o carácter preliminar do zoneamento proposto.

Em carácter complementar e sucinto procurou-se também fazer uma comparação entre a utilização de águas superficiais e subterrâneas, e entre a administração municipal, através de autarquia municipal, e a administração estadual, através de companhia estatal. Outro aspecto comparado foi entre a profundidade final dos poços, e as profundidades das principais entradas água, segundo o executor (estatal ou privado). Desta forma se procurou caracterizar o grau, o tipo e qualidade da administração dos recursos hídricos subterrâneos na região.

ABSTRACT

The main objective of this study is to regionalize Paraná Basin III, in Western Paraná State, in what refers to Serra Geral aquifer potentiality, aiming for public supply. For this purpose, drainage patterns, morphology and structural lineament have been mapped. The existence of a direction strip that, associated to the wells, presents the best results in what concerns groundwater production in Serra Geral aquifer is searched. NW direction, noteworthy in the range between 290° and 310°, presents the best results. The combination of a less dissected morphology, with a more controlled and parallel drainage in NW direction and with a lineament zone with NW predominance, compared with productivity data of 48 wells expressed by their discharges and specific capacities, configured the proposed zoning for a better exploitation of Serra Geral aquifer in the study area.

On the other hand, the large variability of the data of production of the wells reflects the behavior of a non continuous fractured aquifer. Due to this, the preliminary character of the proposed zoning is recognized.

As a complementation and in a summarized way, a comparison between utilization of surface water and groundwater, as well as between municipal administration, through a government-subsidized non-profit organization, and the state administration, through a state company, had also tried to be established. Final productivity of wells and depths of the main water contribution, according to the executor (state or private), was another compared aspect. This way, an attemption has been made to characterize the degree, type and quality of administration of groundwater resources in the region.

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Gráficos do número de Sistemas e de Produção de água para Abastecimento Público, por tipo de captação no Paraná-1994.....	03
Fig. 2. Localização da Área de Estudo (Bacia Paraná III).....	13
Fig. 3. Mapa de Isoietas médias anuais da Bacia Paraná III.....	16
Fig. 4. Mapa de Localização da Bacia do Paraná na América do Sul.....	29
Fig. 5. Evolução do Rifte Sul-Atlântico no Rompimento do Gondwana.....	31
Fig. 6. Arcabouço estrutural da Bacia do Paraná, segundo as direções principais.....	33
Fig. 7. Mapa estrutural do topo do embasamento da Bacia do Paraná.....	34
Fig. 8. Mapa geológico simplificado do Estado do Paraná.....	36
Fig. 9. Perfil típico de um derrame basáltico.....	38
Fig. 10. Principais alinhamentos estruturais associados ao Arco de Ponta Grossa.....	42
Fig. 11. Esboço de estudo morfoestrutural de Marechal Cândido Rondon.....	49
Fig. 12. Mapa de lineamentos e localização dos poços, Bacia Paraná III.....	51
Fig. 13. Diagramas de Rosetas das Direções de lineamentos, Bacia Paraná III.....	52
Fig. 14. Análise da rede de drenagem, Bacia Paraná III.....	53
Fig. 15. Modelado do relevo, Bacia Paraná III.....	54
Fig. 16. Mapa dos setores (Superposição Relevo/Lineamentos/Drenagem), Bacia Paraná III.....	57
Fig. 17. Exemplo de relatório de poço	59
Fig. 18. Gráfico da diferença entre a profundidade final dos poços e a profundidade da principal entrada de água, por executor (Estado X Empreiteira).....	62
Fig. 19. Proposta de Zoneamento do Potencial Hidrogeológico do Sistema Aquífero Serra Geral na Bacia Paraná III.....	76
Fig. 20. Gráfico da Capacidade Específica dos Poços segundo a zona de Potencial Proposta.....	78
Fig. 21. Mapa de vazões mínimas por Área em estiagem, Bacia Paraná III.....	80

LISTA DE TABELAS

Tab. 1. Comparação entre os preços cobrados pela Sanepar e pelo SAAE/Mal. Cândido Rondon por faixa de consumo de água.....	04
Tab. 2. Características hidráulicas de Construção e Direção a que estão associados os poços. Bacia Paraná III.....	67
Tab. 3. Produção dos Poços em função das faixas de intervalo de direção de lineamentos.....	73
Tab. 4. Produção dos poços em função dos zoneamentos de direção de lineamentos, relevo e drenagem.....	74

Terra planeta água.

Terra planeta água ...

Guilherme Arantes

1. INTRODUÇÃO

Sem água não há vida. Ela é indispensável também nas atividades industriais, agropecuárias, comerciais, serviços em geral e lazer. Deve-se cuidar para que o mau uso dos recursos hídricos, não venha inviabilizar a vida.

Os recursos hídricos são especialmente escassos em regiões áridas e semi-áridas. Hoje são insuficientes também em regiões de grande densidade populacional, alta concentração industrial ou em áreas de forte degradação ambiental. Nessas aglomerações não só a falta de água é problema, mas também sua qualidade é hoje motivo de preocupação. As grandes concentrações urbanas têm contribuído no comprometimento da qualidade das águas, principalmente pelo lançamento de esgotos "*in natura*" e pela disposição dos resíduos sólidos, muitas vezes deixados a céu aberto, em aterros inadequados ou mesmo lançados nas margens dos rios. Além disso tem-se o alto volume de poluição proveniente das indústrias e mais recentemente da moderna agricultura.

Neste quadro, prospectar, captar e viabilizar o acesso a reservas de água de boa qualidade e em quantidade que

possibilite sua utilização é tarefa que está colocada neste momento em todo o planeta. Em regiões como o Oeste Paranaense, onde a modernização agrícola e a urbanização são processos associados e recentes, essa necessidade é acentuada. Por esta razão, conhecer melhor os aquíferos subterrâneos, mesmo que sejam considerados ou classificados como **Reserva Estratégica**, é peça indispensável para o desenvolvimento.

1.1 CONSIDERAÇÕES ACERCA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO PARANÁ

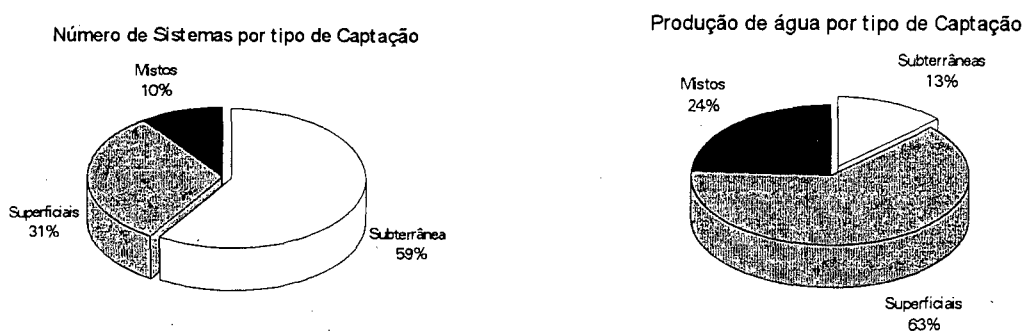
1.1.1. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E ÁGUAS SUPERFICIAIS

Do ponto de vista da disponibilidade de recursos hídricos para o abastecimento humano e agro-industrial, tem-se as reservas de águas subterrâneas (presentes nos aquíferos) e as águas superficiais (presentes nos rios, lagos e açudes). Existem importantes diferenças no que se refere a: acesso à água, qualidade "*in natura*", necessidade de proteção, custos de exploração, de tratamento e adução, impactos ao meio ambiente, impactos sociais e interesses de grupos de empreiteiros e fornecedores.

Atualmente, no Paraná, os Sistemas de Abastecimento Público que utilizam exclusivamente água subterrânea representam 59% do número total, mas respondem por apenas 13% do volume de água produzido. Já os sistemas que captam apenas

águas superficiais são 31%, mas respondem por 63% da água produzida para o abastecimento público. Isso se deve ao fato de que nos sistemas de grande porte (mais de 50.000 habitantes), com produção superior a 350 m³/dia as captações superficiais são dominantes. Já nos sistemas de pequeno porte (menos de 10.000 habitantes), com produção inferior a 70 m³/dia, a maioria utiliza captação subterrânea. Por último existem ainda 10% dos sistemas que utilizam tanto água de origem superficial como de origem subterrânea, e respondem por 24% da água produzida. Nos gráficos da Figura 01 pode-se observar esse dados.

Figura 01-Gráficos do número de Sistemas e de Produção de água para Abastecimento Público, por tipo de captação no Paraná-1994.



Fonte: SANEPAR

Essa predominância de captações superficiais nos grandes centros urbanos do Paraná, como: Curitiba, Cascavel, Foz do Iguaçu, Guarapuava, Ponta Grossa e Paranaguá entre outros, se deve em parte a que esses sistemas começaram a

operar muito antes da perfuração sistemática de poços e mesmo do conhecimento do potencial hidrogeológico dos aquíferos subterrâneos sob ou nas proximidades de seus sítios urbanos. Por outro lado sistemas que iniciaram na década de 40 com exploração de Água Subterrânea, como Londrina e Maringá, foram compulsoriamente passados para a SANEPAR¹, que preferiu o uso de Água Superficial para os grandes sistemas. Somente em 1974 se iniciou no Paraná a exploração de água subterrânea para abastecimento público, neste ano o PLANASA² (Plano Nacional de Saneamento) financiou a construção dos primeiros poços, utilizados pela SANEPAR para abastecimento de Comunidades de Pequeno Porte (CPP). A opção da SANEPAR pela utilização de mananciais subterrâneos nestas comunidades, foi influenciada pelas conclusões e recomendações do relatório produzido pela AQUAPLAN³ no ano 1974.

O abastecimento público de água no Paraná é quase um monopólio da SANEPAR: somente 48 municípios entre os 323 do Estado, não têm o sistema de abastecimento de suas sedes municipais sob controle da estatal. Na área deste estudo apenas um município tem administração própria do seu sistema de abastecimento: é Marechal Cândido Rondon, que o faz através do SAAE (Sistema Autônomo de Água e Esgoto).

Na década de 70 o poder estatal através da SANEPAR utilizou-se de dois recursos para assumir o controle dos sistemas até então sob controle municipal, o primeiro e mais importante foi a exclusividade de acesso a financiamentos:

¹ Companhia de Saneamento do Paraná S.A.

² Plano Nacional de Saneamento Básico

³ Assessoria e Planejamento em Águas Subterrâneas

Somente a SANEPAR obtinha recursos do PLANASA. O segundo embora menos importante, foi a ação fiscalizadora da Área de Saúde Estadual, que baseada no Código de Águas, tornou impossível operar sistemas com captações de poços pelas Prefeituras. Isso ocorreu porque se aplicou um artigo do Código de Obras para poços cavados no freático, para os poços tubulares. As prefeituras então se viram pressionadas a manter e melhorar o padrão de seus serviços, e ao mesmo tempo não tinham acesso aos recursos para enfrentar o problema. Foi neste período que muitos municípios passaram seus sistemas de abastecimento público para o controle da Companhia Estatal.

Na área deste estudo é interessante que se compare os preços cobrados pela SANEPAR com os do Sistema Autônomo de Marechal Cândido Rondon: esses são em média 45% mais baixos. Na Tabela 1, um quadro comparativo para abastecimento residencial.

TABELA 01- Comparação entre os preços cobrados pelas SANEPAR e SAAE/Mal. Cândido Rondon por faixa de consumo de água.

SANEPAR		SAAE	
Consumo	Preço	Consumo	Preço
Até 10 m ³	R\$ 4,95	Até 15 m ³	R\$ 3,25
10-25 m ³	+ 0.74 p/l	16-35 m ³	+ 0,27 p/l
26-50 m ³	+1.23 p/l	36-60 m ³	+0,36 p/l
+ de 50 m ³	+1.53 p/l	+60 m ³	+0,44 p/l

Valores de Janeiro de 1995 - Fonte Dep. Comercial SANEPAR e SAAE-Mal.Cand.Rondon

1.1.2 ASPECTOS ECONÔMICOS, FINANCEIROS E EMPRESARIAIS

Pode-se afirmar que se desenvolve hoje nos Estados brasileiros uma "concorrência", uma "competição" entre a utilização de mananciais de superfície e subterrâneos. Essa disputa em alguns momentos se reflete em choques entre "lobbies" de empreiteiras-barrageiras (muitas vezes de grande porte), versus empreiteiras perfuradoras. Isso porque grande parte das obras no setor estão à cargo do poder público, através das Companhias Estatais de Saneamento, ou de programas especiais. Infelizmente, fatores de ordem eleitoreira acabam influenciando nesta disputa. O poço se constitui numa obra de sub-superfície, pontual e pequena do ponto de vista espacial, onde qualquer placa de inauguração é maior do que sua parte visível. Ilustra este aspecto o fato dos poços raramente terem nome, normalmente são denominados por números ou códigos.

Por outro lado, barragens são obras de grande expressão espacial, podem marcar administrações, recebem nomes e sua inauguração pode se constituir em um grande acontecimento político eleitoral.

O custo da construção de estruturas de captação superficiais é quase sempre maior do que a perfuração de poços. Isso porque, na maioria dos casos, a adução do ponto da captação até o tratamento, elevação e distribuição é maior

no caso das captações superficiais. O tratamento exigido pela água de superfície é mais caro e demorado do que é normalmente exigido para a água proveniente de poços tubulares. Não que as exigências sejam diferentes; ocorre é que as águas subterrâneas, com raras exceções, são límpidas e não exigem tratamento para turbidez. Nelas, a presença de matéria orgânica é quase sempre nula, fazendo-se a cloração apenas para manter o nível de cloro residual exigido pela OMS (Organização Mundial de Saúde), de 0,5 ppm. Em contrapartida, as águas de superfície, apresentam maiores índices de turbidez, principalmente em regiões de solos argilosos e intensamente explorados pela agricultura, como é o caso da área em estudo. Elas exigem tratamento mais intenso, com maiores custos, pois a cloração exigida é também consideravelmente mais elevada, devido à sua maior exposição ao despejo de efluentes de esgotos sanitários, rejeitos agropecuários e industriais.

No que se refere ao aspecto financeiro, é importante salientar que até meados da década de 80, as grandes obras de infra-estrutura em saneamento eram financiadas via BNH, através do PLANASA (Plano Nacional de Saneamento). As Companhias de Saneamento Estaduais recebiam dinheiro da União, para essas obras e retinham à título de **taxa de administração**, 10% do valor do financiamento, assim quanto mais cara a obra, maior o financiamento e maior a **taxa**. Assim quanto mais justificassem a necessidade de recursos, aumentavam as possibilidades de receber verbas maiores, capitalizando e expandindo a estatal. Essa foi a lógica dos

dirigentes dessas Companhias neste período, e a SANEPAR, no Estado do Paraná, não foi exceção. Desta forma as soluções mais baratas, como as Águas Subterrâneas, foram vistas com menor interesse, visto que "traziam menos recursos" para a Companhia. No Paraná tem-se o caso de Londrina, onde a opção de utilização dos Aquíferos Serra Geral e Botucatu foi descartada "politicamente" em prol da captação no Rio Tibagi, apesar do um estudo realizado pela SUREHMA⁴ sugerir a utilização de Água Subterrânea no Abastecimento Público de Londrina integrada com mananciais superficiais disponíveis (FONTANA,1983). Este estudo foi apresentado como Tese ao III Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. Procurava mostrar a maior viabilidade econômica e financeira de um processo de acréscimo escalonado de poços no Aquífero Serra Geral (basaltos) e no Aquífero Botucatu (arenitos), contra a opção de uma única e grande captação no Rio Tibagi. O mesmo ocorre atualmente no PROSAN⁵, prevendo a construção de uma barragem no Rio Iraí, para abastecimento de água de Curitiba. No PROSAN poços não estão previstos como obras para financiamento pelo BIRD⁶. Desta forma se procura descartar a opção de se abastecer Curitiba com água do aquífero Karst, existente na região ao Norte da cidade nos municípios de Almirante Tamandaré e Colombo.

Outro aspecto importante a salientar é que a captação subterrânea é uma obra de risco. Em muitos casos, não se pode ter certeza de que se possa atingir os resultados desejados, principalmente em aquíferos de "meio fraturado" como os

⁴ Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente

⁵ Programa de Saneamento Ambiental da Região Metropolitana de Curitiba

⁶ Banco Interamericano de Desenvolvimento Regional

basaltos em estudo. Não são raros os poços secos ou improdutivos que, no Paraná, atingem o índice de 18%. Este é um fator importante, porque assusta dirigentes públicos e empresários. Um poço seco ou improdutivo é dinheiro jogado fora, e a maioria destes dirigentes não quer riscos. É a idéia atrasada de um capitalismo de Estado sem riscos. Por outro lado, as potencialidades dos recursos superficiais são facilmente mensuráveis e visíveis a todos. É só chegar e instalar o potencial de captação, enquanto a água subterrânea, exige uma obra para se ter o acesso à água. Também a fiscalização e o acompanhamento da execução dos poços exige equipes especializadas, normalmente não disponíveis. Além disso, os detalhes internos nos poços são de difícil acompanhamento e comprovação, visto que quase toda a obra fica literalmente "enterrada".

1.1.3. ASPECTOS AMBIENTAIS

As águas subterrâneas, principalmente em áreas como o Oeste Paranaense, passaram a assumir também o papel de alternativas à poluição provocada por insumos agrícolas, principalmente os agrotóxicos. A década de 70 se caracterizou no meio rural paranaense como um período em que o crédito agrícola foi utilizado em larga escala para introdução de maquinário e de insumos industrializados na agropecuária. Os agricultores que passaram a ser agentes poluidores dos rios, primeiramente olharam esses rios como canais que poderiam levar para longe os restos e os efeitos danosos dos

agrotóxicos. Posteriormente, ao conviverem com esses rios "semimortos", sem peixes e de água avermelhada, perceberam que a água desses rios não poderia ser usada para o consumo.

A alternativa do abastecimento por poços entrou como uma luva neste processo, pois garante o abastecimento de água de boa qualidade, aparentemente imune a todo o processo de degradação ambiental na superfície. A frase: "**Continue a poluir os rios, mas beba água de poço artesiano**", não fez parte de nenhum "slogan", nem fez parte do arcabouço ideológico do Programa de Micro-Poços (1983-1985), do Programa Estadual de Saneamento Rural (1986-1990) e do Programa Água da Pedra (1991-1994). Não se quer aqui atribuir aos hidrogeólogos do Paraná o uso da alternativa dos poços para encobrir a licenciosidade à poluição. Porém nos altos círculos de poder argumenta-se que é muito mais fácil, barato e rápido perfurar um, dois ou mais poços, do que iniciar, sustentar e chegar a resultados na recuperação de um rio. Além disto, a recuperação de um rio necessita de modificações no modo de trabalhar a terra de todos os agricultores de sua bacia de captação. Significa por exemplo devolver ao rio através de reflorestamento, uma faixa nas suas margens, ocasionando perda de área de plantio. Exige também toda uma gama de obras de contenção de solo e água, aplicadas de forma integrada pelos agricultores da bacia. Os Programas de Micro-Bacias buscam este horizonte, mas os obstáculos são grandes e os resultados demoram a aparecer.

Por quanto tempo o processo de degradação realizado na superfície (onde está a recarga dos aquíferos subterrâneos) pode continuar, sem afetar a qualidade e a quantidade das

águas subterrâneas é uma incógnita e uma preocupação. É certo que os dematamentos, práticas agrícolas intensas e consequente compactação do solo, alteram as relações infiltração-escoamento superficial, prejudicando assim a recarga dos aquíferos. É necessário encarar o potencial dos recursos hídricos subterrâneos, não como uma alternativa (concedendo licença) à degradação das águas superficiais, mas como um complemento a uma política de equilíbrio ambiental.

É verdade que a maioria das captações superficiais não envolve a construção de barragens, mas por outro lado nos grandes sistemas elas são comuns. Interessante notar que várias cidades em nossa área de estudo margeiam o lago de Itaipú, mas nenhuma delas se abastece com água do lago. Parece que existe uma espécie de rejeição ao lago e à sua água, principalmente para consumo humano.

Os impactos causados pela construção de barragens são relevantes desde a inundação da várzea, a constituição do espelho de água e a mudança de regime do rio, tanto à montante como à jusante da barragem. Porém, o impacto mais importante é sem dúvida a expulsão das populações ribeirinhas. Grandes contingentes de populações foram deslocadas como consequência da instalação das barragens. É necessário salientar que as hidrelétricas foram as principais responsáveis pela inundação de áreas ribeirinhas e consequente expulsão de suas populações. O número e a dimensão das barragens para abastecimento de água é significativamente menor do que as hidrelétricas, porém não desprezível. Importante lembrar que áreas significativas de uso agrícola, e mesmo cidades inteiras, no caso das

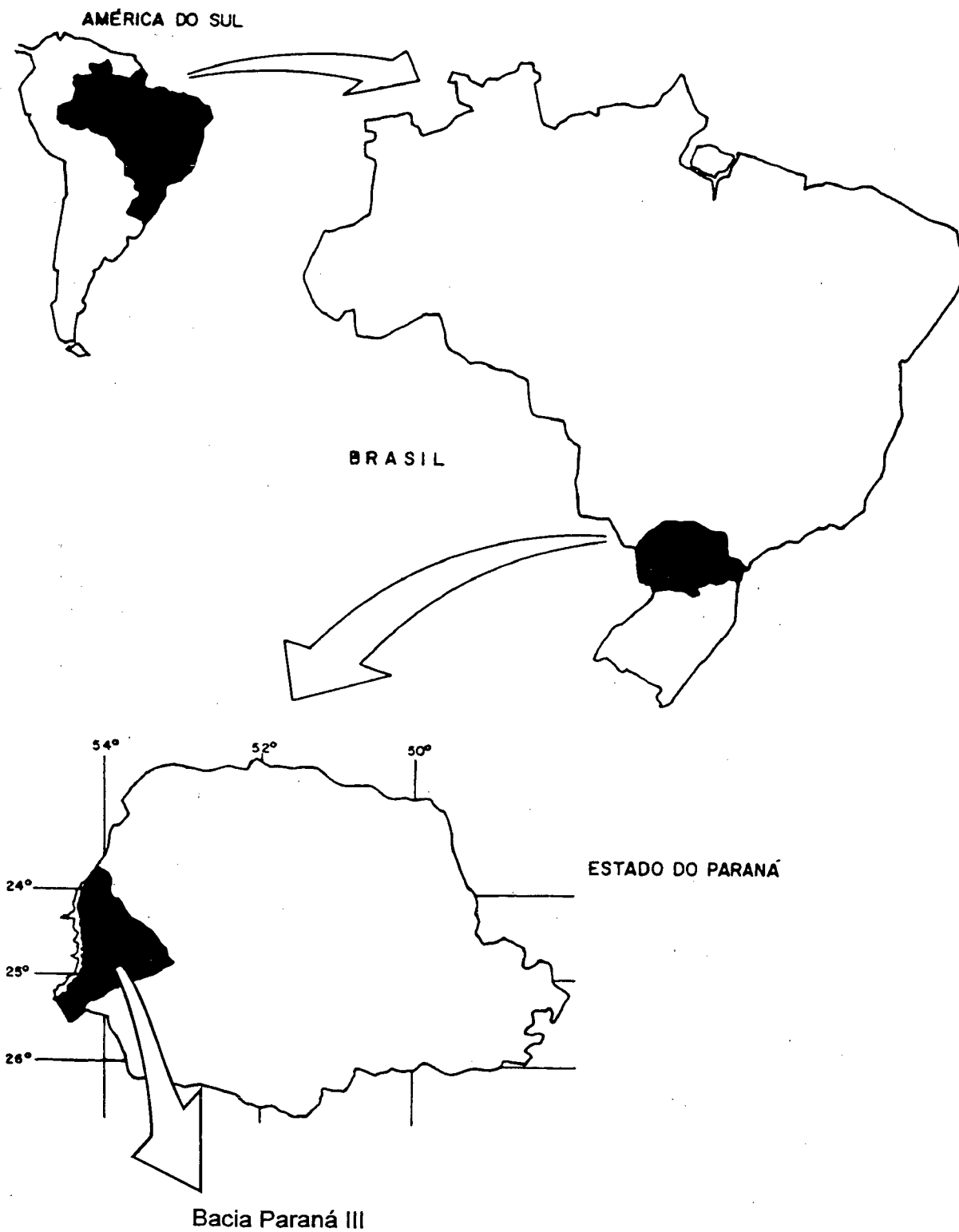
hidrelétricas ficaram inundadas, causando enormes perdas em recursos naturais e em investimentos já realizados nestas áreas.

Por seu lado o poço, não ocupa área maior do que 1 m², de superfície, e em casos excepcionais, considerando, casa de força e de bombas, pode exigir no máximo 25 m², caracterizando uma exigência de área desprezível. Normalmente 2 m² são suficientes, visto que hoje se usam em larga escala bombas submersas. Mesmo em área urbana não há necessidade de desapropriações, ou remanejamento de população.

1.2 APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.

A área em estudo localizada na Figura 2, está situada no Oeste do Terceiro Planalto Paranaense, às margens do lago de Itaipú, forma o que MAACK (1981) chamou de Pequena Bacia do Rio Paraná "C", formada por 10 pequenos rios geologicamente recentes, que correm direto para o rio Paraná, compreendendo uma área de 8.929 Km². A área aqui tratada está totalmente incluída na microrregião homogênea 288 (segundo a classificação do IBGE). Tem seus limites definidos pelos divisores de águas com a bacia do Rio Piquirí a nordeste e do Rio Iguazú a sudeste, e, pelo próprio lago de Itaipú a Oeste.

Fig: 02 - Localização da Área de Estudo (Bacia do Paraná III)



1.2.1 CARACTERIZAÇÃO DO QUADRO NATURAL

Apresenta-se neste item, um sumário das características físicas da área de estudo. A litologia é exclusivamente de basaltos, desconhecendo-se derrames ácidos e não aparecendo na área de estudo as coberturas de arenitos da Formação Caiuá, amplamente dominantes ao Norte do Rio Piquirí, e no noroeste do Paraná (MINEROPAR, 1989).

Segundo o Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Oeste Paranaense (EMBRAPA, 1974) os solos da região de uma forma geral apresentam grande profundidade efetiva; relevo variando de suave a ondulado; baixa acidez e sem impedimentos à mecanização, sendo predominantes na área o Latossolo Roxo Eutrófico e a Terra Roxa Estruturada, que se situam entre os de maior fertilidade natural do mundo.

O relevo varia de altamente dissecado como nas proximidades do Rio São Francisco Braço Sul, passando por áreas de média dissecação até áreas aplainadas, apresentando os interflúvios na forma de espigões e chapadas.

De uma forma geral o relevo é localmente pouco dissecado predominando as áreas aplainadas ou com baixa dissecação. A exceção é o flanco do divisor de águas com a bacia do Rio Iguaçu, mais precisamente na região entre as cidades de Céu Azul e Matelândia, sendo esta uma área com escarpas e com desníveis de até 500 metros.

Originalmente coberta por uma Mata Pluvial, subtropical (predominante em todo o Oeste Paranaense), segundo MAACK (1981), a região atualmente apresenta menos de 3% dessa cobertura, sendo hoje predominantemente ocupada por culturas

anuais, notadamente pelo binômio trigo/soja, mercê de sua alta fertilidade.

Por se caracterizar como uma zona subtropical úmida de clima quente e chuvoso, com índice pluviométrico quase sempre superior a 1000 mm anuais, podemos inferir que o clima não é um sério obstáculo às atividades agropecuárias. Entretanto, devido a sua importância para as águas subterrâneas, os elementos climáticos mereceram uma atenção maior na descrição do quadro natural. Outros fatores como drenagem e relevo tiveram atenção na própria elaboração deste estudo.

Com o advento do uso dos satélites e da informática pode-se acompanhar os fenômenos meteorológicos em grande escala. Na América do Sul existe uma grande variedade de sistemas convectivos, que produzem precipitações. Na Região Sul do Brasil as correntes são relativamente quentes e úmidas, propiciando a convergência de umidade necessária para o desenvolvimento e sustentação da atividade frontal (SATYMURTY & ETCHICHURY, 1989). Analisando diariamente os dados de precipitação com a observação de imagens de satélite, pode-se constatar que a evolução de sistemas frontais até latitudes subtropicais e tropicais, está relacionada com a posição da zona de convergência do Atlântico Sul (KAYANO et al. 1990). Segundo HOLTZ (1966) o anticiclone Polar é responsável pelo principal sistema de correntes geradoras de precipitação: na sua marcha em direção ao Equador, ora se desloca pelo continente (no inverno), ora pelo oceano (no verão). Desta forma temos as precipitações máximas no verão, sendo o trimestre mais chuvoso o de novembro, dezembro e janeiro. Por sua vez chove menos no

inverno, ficando o trimestre de junho, julho e agosto, como a menos chuvoso. Com dados da rede pluviométrica disponível (período de observação 10 anos) o IAPAR (Instituto Agrônômico de Pesquisa do Paraná) construiu o mapa de isoietas médias anuais e a Figura 3, é a compilação desta carta para a área de interesse, segundo ela uma excelente situação, pois a área deste estudo se situa entre 1300mm e 1800mm de precipitação média anual.

Em áreas de latitudes médias, com a que este estudo trata, os centros básicos de ação atmosférica são ativos. Estes centros, onde se originam as massas de ar, mudam de posição e variam de intensidade durante o ano. Dois centros de alta pressão, no Paraná, são: anticiclone do atlântico sul, que origina a massa tropical marítima, e o anticiclone polar, responsável pela infiltração das massas de ar frio. Um centro de baixa pressão da Baixa do Chaco, localizado a na fronteira entre Mato Grosso do Sul e Bolívia mantém importante influência sobre a região. Esses centros de ação atmosférica se deslocam ora penetrando parcialmente no Paraná, ora se afastando dele. A formação de frontogênese e de aglomerados convectivos, gerados pelo contato, principalmente de massas de ar frio com massas de ar quente, originam as regiões de transição, denominadas de "frente" SATYAMURTY & ETCHICHURY (1989). As frentes frias, principalmente no inverno, são as que mais freqüentemente atuam na região sul do Brasil. Nos meses de abril a setembro é constante a infiltração de massas de ar frio em direção ao norte. Nos meses de outubro a março é comum a migração de massas de ar oriundas da zona Atlântica, Tropical e mesmo

Equatorial, em direção ao sul. Também durante o verão é comum que ciclones condutores de chuva com ventos de norte e do noroeste migrem da Baixa do Chaco para o Paraná. A área de estudo é neste sentido a porta para entrada de chuvas no estado. É comum também por volta do mês de março, as massas subtropicais de alta pressão do anticiclone do Atlântico Sul se fazerem presentes no estado através de ventos provenientes do sul e sudoeste, concomitantemente às massas de ar frio que penetram na região. A penetração dos ventos marítimos traz as chamadas chuvas de verão principalmente quando predominam os ventos do quadrante Norte. Por outro lado as massas de ar frio deslocadas pelos ventos do sul penetram abaixo das massas ascendentes de ar quente, diminuindo as chuvas.

A distribuição geográfica das temperaturas é fortemente condicionada pela quantidade de radiação solar. Os valores elevados de temperatura são registrados nas regiões onde o sol incide perpendicularmente, e os menores onde a irradiação incide mais inclinada. A variação da temperatura nas várias estações do ano é também secundariamente influenciada por outras variáveis, como nuvens, ventos, topografia, altitude e precipitações. Mais recentemente se tem chegado a suspeitas de que a ação antrópica também possa ser um fator que influencia a distribuição da temperatura.

O Paraná situa-se na região brasileira subtropical e registra valor médio anual inferior a 18° para o mês mais frio do ano. Segundo dados organizados e interpretados pela equipe do IAPAR⁷ (1978) existe uma estreita faixa no norte do

⁷ Instituto Agronômico do Paraná

estado, onde as médias mensais de temperaturas durante o ano fogem deste padrão, sendo relativamente mais altas.

Nas regiões Norte e noroeste do Estado, observa-se notadamente nos vales dos rios Paraná e Paranapanema a ocorrência de temperaturas máximas absolutas elevadas. Utilizando dados registrados mensalmente, nos histogramas construídos a partir dos dados de 14 estações meteorológicas com períodos de acompanhamento superiores a 10 anos, MAACK (1968), em relação aos valores médios de temperaturas máximas e das temperaturas mínimas, concluiu que: embora a amplitude das diferenças entre essas seja similar (para o mês mais quente e o mais frio do ano), quando se confrontam os dados do Norte com o Sul do Estado, há uma considerável diferença nos valores das temperatura médias.

Considerando que a menor isoieta média anual da área, é de 1300 mm/ano, e conforme levantamento do setor de hidrologia do IAP, as vazões médias anuais dos rios da bacia Paraná III, seriam correspondente a 740 mm/ano, teríamos disponibilidade média de 560 mm/ano, para segundo o conceito de THORNTHWAITE & MATHER (1955) ser utilizada pelas plantas, microrganismos. Esses dados indicam haver disponibilidade de água para recarga dos aquíferos, mesmo no setor de menor precipitação da área estudada.

1.2.2 CARACTERIZAÇÃO DO QUADRO SOCIO-ECONÔMICO

Existem na Região Sul do Brasil áreas em que se oferece uma qualidade de vida, muito superior à média brasileira,

inclusive através de uma rede urbana que presta melhores serviços, comparativamente com outras regiões. Há notadamente no Planalto Meridional Brasileiro, principalmente no meio rural, uma expressiva "classe média" baseada na pequena produção agrícola e granjeira. Inserido nesta região, o Oeste Paranaense se caracteriza como área de ocupação recente, que apresenta grandes modificações estruturais em relação ao seu passado (IPARDES⁸, 1977). Ela é exemplo típico de área agro-industrial, ocupada basicamente por pequenos e médios agricultores (e criadores) que colhem uma safra de verão (principalmente soja ou milho) e outra de inverno (principalmente trigo). Complementam suas rendas se dedicando também à criação de suínos e aves, integrada com a agroindústria.

O Oeste Paranaense começou efetivamente a ser ocupado na década de 20, por dois fluxos migratórios populacionais. Um vindo do Norte do Paraná e outro, bem mais forte, proveniente do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina,.

Na década de 60 expande-se na região uma pequena produção familiar policultora, voltada para o mercado interno, principalmente o regional. Este quadro é substancialmente alterado a partir da década de 70, com o processo de "modernização" agrícola que afeta toda a região. A "modernização" se caracteriza como um desenvolvimento capitalista da agricultura, onde se concentra a propriedade da terra, aumentando a área dos estabelecimentos e diminuindo seu número. Via crédito rural, implanta-se uma hiper mecanização e uma hiper insumização. Por consequência se

⁸ Fundação Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social

reduz no cenário a presença dos agregados⁹, visto que estes não tiveram acesso ao crédito agrícola e que as áreas por eles antes exploradas nas propriedades, são agora cultivadas pelo proprietário e sua família, via mecanização. "Isto não significa que o desenvolvimento capitalista tenha suprimido a unidade familiar como elemento básico da organização da produção. Pelo contrário, com o processo de modernização consolida-se o papel de propriedade familiar na base da estrutura produtiva da região. O surgimento e a generalização do uso da máquina e dos insumos modernos potencializaram o trabalho da família, permitindo que uma mesma quantidade de força de trabalho disponível seja capaz de dar conta de uma quantidade maior de terra" (RIBEIRO et al. 1986). Devido ao tamanho dos lotes em muitos casos ser menor que a nova capacidade de trabalho familiar, surge a produção de tempo livre. Na seqüência RIBEIRO et al. (1986) salientam que a mais importante consequência desta "ociosidade" talvez seja a possibilidade que se abriu para a diversificação das atividades produtivas, cuja mais importante manifestação é o desenvolvimento da produção de suínos e aves.

Ao mesmo tempo e como consequência deste processo de modernização agrícola, a região, zona de atração de população nos anos 50 e 60, passa a perder população nas décadas seguintes. Esse processo é acompanhado de urbanização crescente, onde a população urbana passa de 19,7% em 1970 para 49,8% em 1980 e 70,9% em 1990 FIGUEIREDO et al. (1984) e IPARDES (1991). Dos cinco centros de concentração espacial de população urbana existentes no Paraná, na década de 80, dois

⁹ Famílias ou pessoas que se juntavam aos colonos donos dos lotes, se agregando em parte ao trabalho da família proprietária, e mantendo quase sempre lavouras próprias, dentro ou fora do lote onde moravam.

deles se acham na região Extremo-Oeste (IPARDES,1991), sendo eles Cascavel e Foz do Iguaçu.

Todo este processo trouxe também, alterações nas culturas agrícolas plantadas na região. A partir dos anos 70, com a incorporação da população do Oeste do Paraná ao processo de expansão de lavouras de exportação, dentro de um contexto de internacionalização da economia, o binômio trigo/soja se consolida na região como dominante. A agroindústria se caracteriza pela integração com os pequenos e médios produtores rurais, instalando-se inicialmente na suinocultura e posteriormente na avicultura (RIBEIRO et al. 1986), podendo-se entendê-la como subproduto da modernização agrícola. Já nos anos 80 e 90, com financiamentos mais escassos e caros, nota-se a substituição de parcela da cultura de soja por milho, produto intimamente ligado à criação de suínos e aves e à integração com a agroindústria.

1.3 AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ABASTECIMENTO PÚBLICO DA ÁREA ESTUDADA

A demanda de água para o abastecimento público, tanto para o meio rural quanto urbano, é atendida na área por mananciais superficiais e subterrâneos. É esta demanda para abastecimento público que mais preocupa em relação a qualidade, pois o consumo humano é seu principal destino. Por estarem mais protegidas do que as águas superficiais, as águas subterrâneas assumem grande importância no momento em que doenças graves, de veiculação hídrica, ressurgem no

continente Sul-americano (cólera por exemplo), como fruto da miséria e da falta de condições sanitárias básicas.

Segundo dados da SANEPAR, das 14 sedes municipais na área deste estudo, 4 são abastecidas por águas superficiais, 7 por águas subterrâneas e 3 têm sistemas mistos (superficiais e subterrâneos). Apesar de estar presente na maioria dos sistemas, a água subterrânea responde por apenas 36% do volume de águas captado na "bacia", totalizando 215 l/s ou 774 m³/h. As águas superficiais por sua vez respondem por 64% totalizando 381 l/s ou 1372 m³/h. Segundo avaliação feita por BERNARDI(1990), se refindo a bacia Paraná III, "seis sedes municipais da bacia se encontravam com problemas de insuficiência de vazões em suas captações, estando entre elas Cascavel e Toledo."

O meio rural tem alto potencial de consumo de água, principalmente se pensarmos em irrigação e piscicultura. Não surgiram ainda na área grandes estruturas de irrigação como as existentes na cultura de arroz no Rio Grande do Sul. Isso talvez se deva ao fato do regime de chuvas ser relativamente regular na região e ao índice pluviométrico médio superior a 1000 mm anuais. Também devem influir, para essa ausência, as características das principais culturas da região, a soja, o trigo e o milho. Porém a piscicultura avança na área, principalmente em torno de Toledo, onde está a estação de pesquisa e fomento do Instituto Ambiental do Paraná.

Grandes consumidores individuais que não podem passar sequer um dia sem grandes volumes de água, procuram nas águas subterrâneas solução para seus problemas de abastecimento. É

o caso do abatedouro de grande porte da FRIGOBRÁS¹⁰ em Toledo, que chega a consumir mais de 330 l/s, provenientes de uma bateria, de 16 poços, que retira água dos basaltos da Formação Serra Geral. A viabilidade desta empresa na região, está calçada, entre outros fatores, na disponibilidade abundante de água, de boa qualidade e a baixos custos.

Nos anos de estiagens prolongadas os mananciais superficiais (rios e açudes) diminuem suas vazões e reservas. Os depósitos subterrâneos, se tornam então, reservas estratégicas e em alguns casos a única alternativa.

De uma maneira geral, a qualidade das águas superficiais "in natura" na área em estudo não é adequada ao consumo humano e o custo do tratamento para torná-la própria ao consumo é alto. Apenas em relação à turbidez, dados da SANEPAR informam que são tratadas águas com índices de turbidez de 400 FTU¹¹, considerado bastante elevado, em mananciais de cidades como Cascavel e Toledo. Mais preocupante ainda, é o caso da presença de resíduos de agrotóxicos, principalmente os organoclorados (por sua longa permanência no solo e na água), presentes em quase todos os rios que foram monitorados pela SUREHMA¹² em 1985. Nas águas superficiais da "bacia" Paraná III, as análises indicam que 85% das amostras apresentaram resíduos de agrotóxicos (VIANNA et al. 1985). As águas subterrâneas por estarem nas rochas, sob o solo e o manto de alteração, teoricamente estão mais protegidas em relação à contaminação por resíduos de agrotóxicos, porém não imunes. No próprio Estado do Paraná em

¹⁰ Abatedouro e processador de aves e suínos da SADIA S.A.

¹¹ Formazin Turbidit Unit

¹² Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Paraná

áreas de solo e rochas semelhantes aos da área deste estudo, como é o caso da região Norte do Paraná, já foi detectada presença de BHC em águas de poços tubulares.

Portanto, não é só a quantidade de água que deve ser motivo de preocupação (no que se refere a estiagens, regiões com escassez), mas também sua qualidade. É necessária a comparação entre águas superficiais e subterrâneas, tanto pensando nos custos de tratamento, quanto na própria qualidade final do produto.

A crise econômica que o Estado brasileiro atravessa desde o início dos anos 80, refletiu-se negativamente no saneamento básico. Segundo IPARDES(1981) "a década (de 70) se encerra com uma redução global dos recursos aplicados em saneamento básico e sem perspectivas de manutenção dos padrões de financiamento (BNH/PLANASA¹³) que prevaleceram no passado." Assim sendo, buscar alternativas de menor custo econômico e ambiental é prioridade nesta conjuntura.

Neste sentido procura-se neste estudo contribuir para o melhor conhecimento do Sistema Aquífero Serra Geral na "bacia" Paraná III, visando sua utilização para o abastecimento público e outros fins. Para isto buscou-se:

- a delimitação e classificação de zonas de produtividade de água subterrânea, em função da análise de lineamentos estruturais, drenagem e relevo em imagens de Sensoriamento Remoto e dados de poços.
- a determinação de faixas de direções de lineamentos estruturais associados a vazões mais produtivas.

¹³ Banco Nacional da Habitação/Plano Nacional de Saneamento Básico

- a definição de áreas prioritárias para estudos mais detalhados, em função da demanda atual e futura, e da capacidade produtiva demonstrada.

Como hipótese de trabalho, tinha-se que as direções do quadrante NW, notadamente entre 290 e 320 graus de azimute, seriam as mais propícias a apresentarem boas vazões, isso por estarem associadas a estruturas de distensão, ligadas ao arqueamento conhecido como Arco de Ponta Grossa. Baseia-se esta expectativa principalmente no conhecimento empírico de técnicos do Setor de Água Subterrânea do IAP, em 20 anos de perfurações na área. Além desta experiência, tem-se o estudo na bacia do Rio Iguaçu, onde ROSA FILHO et al.(1983), sugerem as direções NE e secundariamente a direção NW e E-W como as que estão associadas às melhores vazões. Já FERREIRA(1982), conclui que: "durante a primeira fase de reativação o Arco de Ponta Grossa foi vigorosamente soerguido; gerando falhamentos distencionais extensos ao longo e as margens dos alinhamentos". São estes lineamentos perpendiculares ao eixo do Arco de Ponta Grossa (direção NW), que se espera sejam mais propícios para armazenamento de água subterrânea.

2. RESENHA GEOLÓGICA

Objetiva-se aqui abordar uma visão geral da geologia do Oeste Paranaense, com atenção especial para a Formação Serra Geral. A área de interesse está situada no 3º Planalto Paranaense (MAACK, 1968) e insere-se na Bacia do Paraná. Procurou-se dar ênfase aos aspectos que podem melhor explicar a ocorrência e exploração econômica de águas subterrâneas nos basaltos da Formação Serra Geral. Para tanto é fundamental caracterizar, mesmo que sumariamente, a Bacia do Paraná, no que se refere a sua gênese, evolução e configuração atual.

2.1 A BACIA DO PARANÁ NA ÁREA DE INTERESSE

A Bacia do Paraná, "lato sensu" é uma vasta bacia intracratônica sul americana, desenvolvida completamente sobre crosta continental e preenchida por rochas sedimentares e vulcânicas, cujas idades variam entre o Siluriano e o Cretáceo. Abrange uma área de cerca de 1.700.000 Km², estendendo-se pelo Brasil (1.100.000 Km²), Paraguai (100.000 Km²), Uruguai (100.000 Km²) e Argentina (400.000 Km²). A área de interesse está dentro do que o estudo da PETROBRÁS (1986)

chamou de Bacia do Paraná "stricto sensu" ocupando a parte meridional do Brasil e a metade oriental do Paraguai (Figura 04). Com um formato alongado na direção NNE-SSW (1750 Km de comprimento), com uma largura média de 900 Km. Dois terços da porção brasileira (734.000 Km²) são cobertos por derrames de lava basáltica que podem atingir até 1750 m de espessura.

A Bacia do Paraná representa a superposição de pacotes sedimentares depositados, no mínimo, em três diferentes ambientes tectônicos decorrentes da dinâmica de placas que conduziu a evolução do Gondwana no tempo geológico. Essas três fases de subsidência se situariam a primeira no Siluro-Devoniano, a segunda no Permo-Carbonífero e a terceira na fase de lavas do Jurássico Superior/Cretáceo Inferior. Estas estariam separadas por dois longos períodos de erosão ou não deposição, ou de baixas taxas de sedimentação, o primeiro no Devoniano Superior-Mississipiano e o segundo no Triássico-Jurássico.

Na terceira fase, coincidente com o magmatismo basáltico, o peso das lavas foi, provavelmente, o causador da subsidência. O fim desta terceira e última fase de subsidência e deposição coincide com o término do magmatismo que atingiu não só a bacia, como o rifte do Atlântico Sul, que se encontrava em desenvolvimento. Os autores consultados (PETROBRÁS, 1986) são favoráveis à hipótese de que o rifte tenha evoluído de Sul para Norte em um mecanismo pulsativo, com cada pulso formado por uma fase de acumulação de energia acompanhada de extensão e afinamento crustal, seguida por uma fase de falhamento da crosta afinada e a conseqüente

FIG:04 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO PARANÁ NA AMÉRICA DO SUL. (conforme PETROBRÁS, 1986)

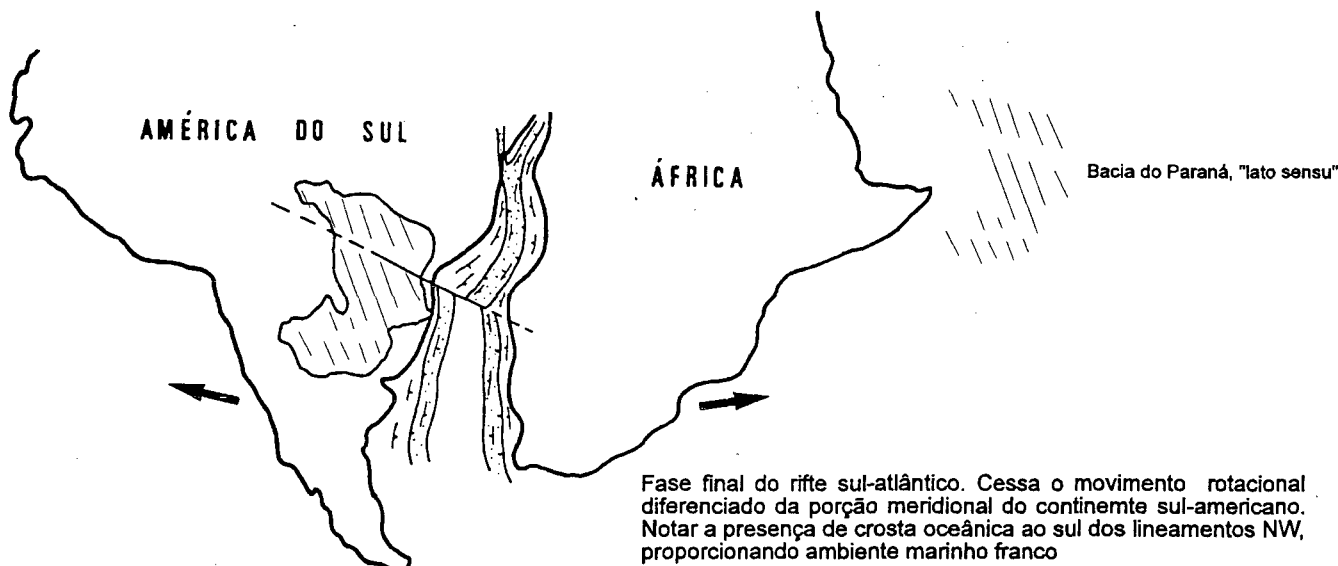
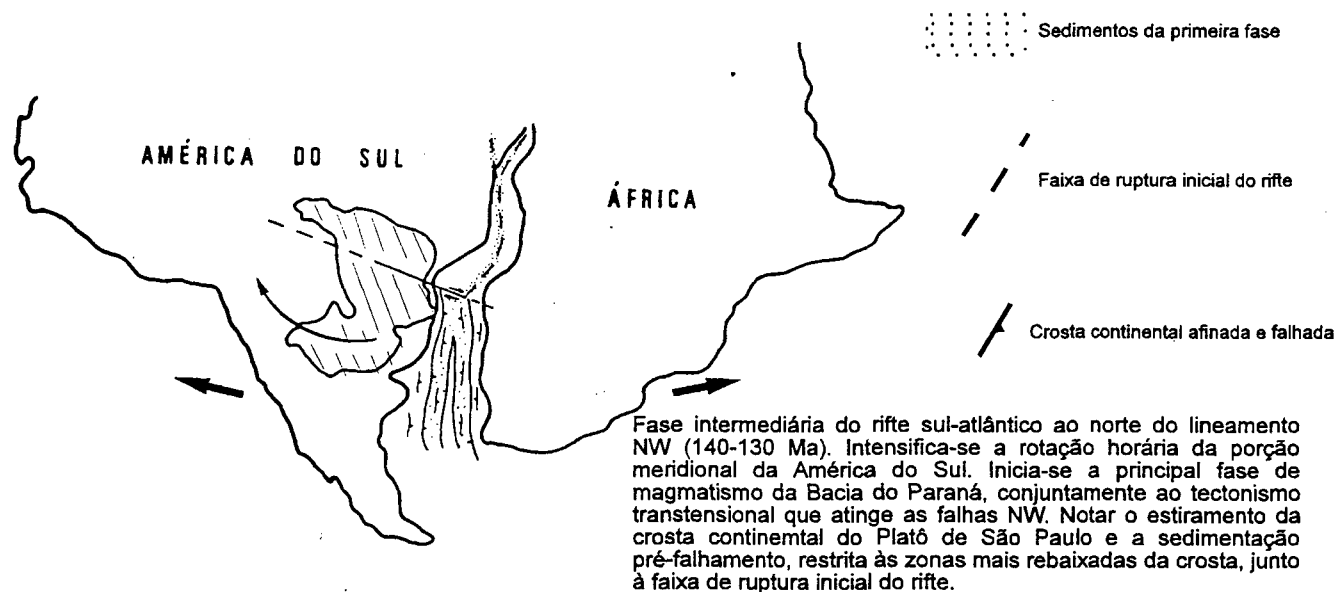
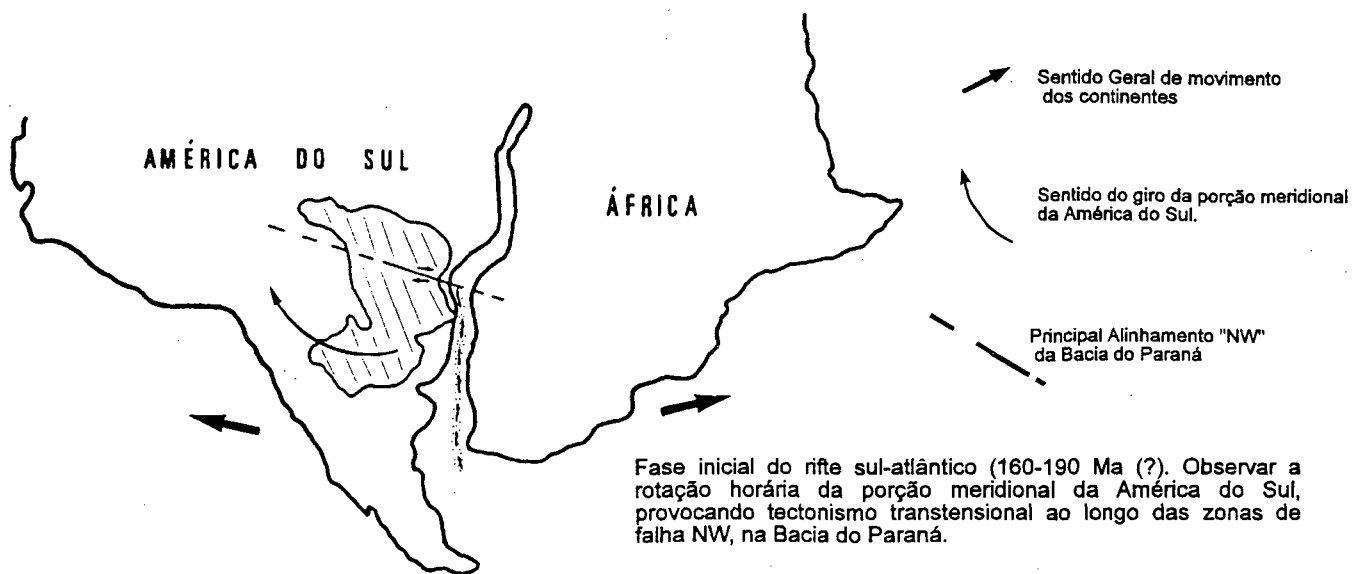


dispersão da energia acumulada. O limite setentrional de cada trecho da placa afetado por um desses pulsos, seria função das grandes descontinuidades antigas da crosta. Esta fase teria sido a mais importante na estruturação da Bacia do Paraná, estando provavelmente a ela relacionadas as zonas de falhas de Curitiba-Maringá e Guapiara, as quais, oblíquas à direção de abertura do rifte, teriam facilitado a dispersão dos esforços, sofrendo movimentos transtensionais rotatórios de pequena amplitude. Tais movimentos teriam sido causados pela pequena rotação horária sofrida pela porção meridional da América do Sul, por ocasião da abertura do rifte no sul do continente e proporcionando, nestas zonas de falhas e em outras paralelas e adjacentes, a abertura necessária à subida do material mantélico, originando os grandes derrames basálticos da Bacia do Paraná (Figura 05). Desta forma, segundo propuseram SANTLEY et al. (1985 apud PETROBRÁS, 1986), o Arco de Ponta Grossa seria o braço abortado de um sistema de rifteamento em junção tríplice, desenvolvido durante o rompimento do Gondwana, assim, os diques na direção NW relacionados ao Arco de Ponta Grossa, estariam localizados em fraturas tensionais desenvolvidas ao longo da crista do mesmo.

Os limites atuais da bacia podem ser de mera natureza erosional ou de origem tectônica (grandes arcos ou soerguimentos). No primeiro caso os sedimentos simplesmente afinam ou são suavemente afinados por erosão, sem a interferência de qualquer atividade tectônica maior. Isto

Fig: 05 - Evolução do Rifte Sul-Atlântico no rompimento do Gondwana

(conforme PETROBRÁS, 1986.)



parece ser o caso da borda Nordeste da bacia, entre a zona de falha de Guapiara e o arco de Goiânia/Alto Paranaíba (Figura 06). O segundo caso, isto é, erosão decorrente de ação de grandes arcos ou soerguimentos, é o mais comum. A borda Oeste da bacia é o arco de Assunção, que é uma extensa flexura do embasamento, com direção N-S, que atravessa o Paraguai e a parte ocidental do Estado do Mato Grosso do Sul, no Brasil (Figura 06). O limite Nordeste é o arco de Goiânia/Alto Paranaíba, com eixo na direção NW, que é outra flexura crustal. Outros dois arcos com eixo direção NW são de extrema importância na configuração da Bacia (Figura 07). O arco de Ponta Grossa possibilitou notável reentrância na borda oriental da bacia, no Estado do Paraná, enquanto o arco do Rio Grande originou uma reentrância similar no Rio Grande do Sul. Esses arcos com eixo NW são provavelmente, expressões de falhas antigas e profundas. O seu paralelismo em torno da direção $N55^{\circ}W$, é uma indicação clara de sua origem tectônica, já que ela é uma das direções mais importantes de "trends" de falhas e lineamentos da bacia. Na Figura 05 se visualiza a evolução segundo a hipótese descrita por PETROBRÁS (1986), com três fases do rifteamento sul-atlântico e a conseqüente evolução da bacia.

Fig: 06 - Arcabouço estrutural da Bacia do Paraná segundo as principais direções. (conforme PETROBRÁS, 1966.)

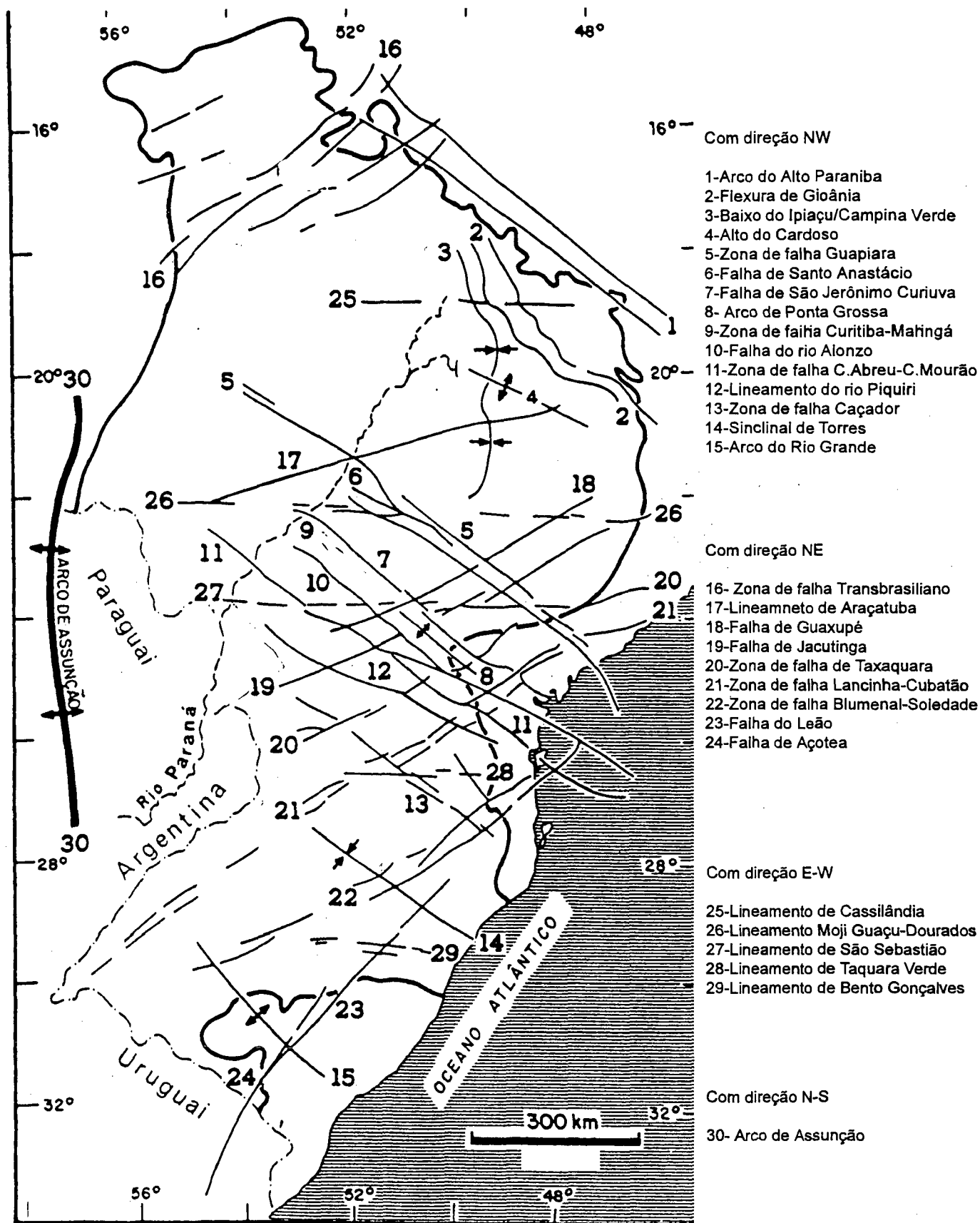
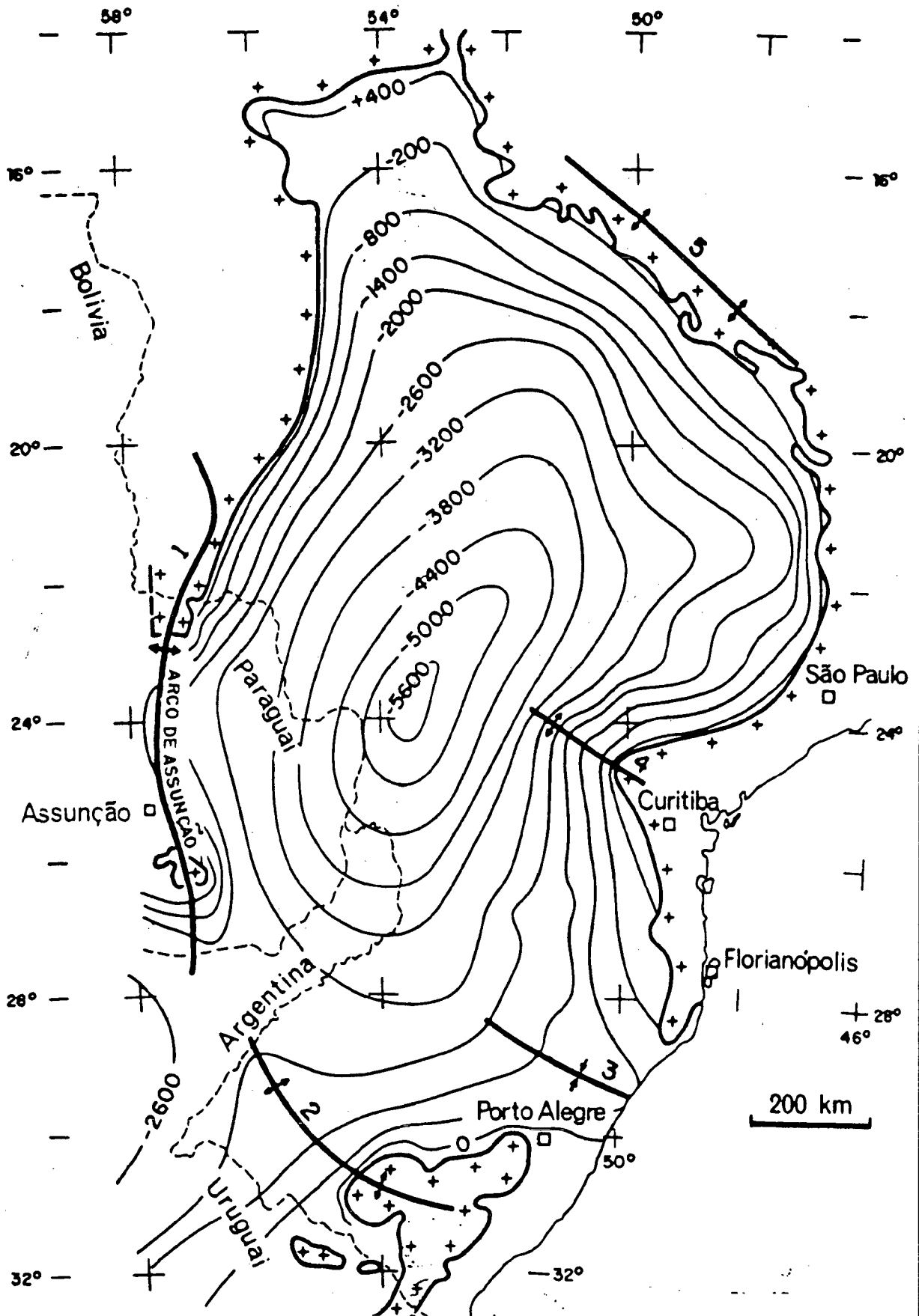


Fig: 07 - Mapa Estrutural do Topo do Embasamento da Bacia do Paraná (conforme Petrobrás, 1986.)



1- Arco de Assunção 2- Arco do Rio Grande 3- Sinclinal de Torres

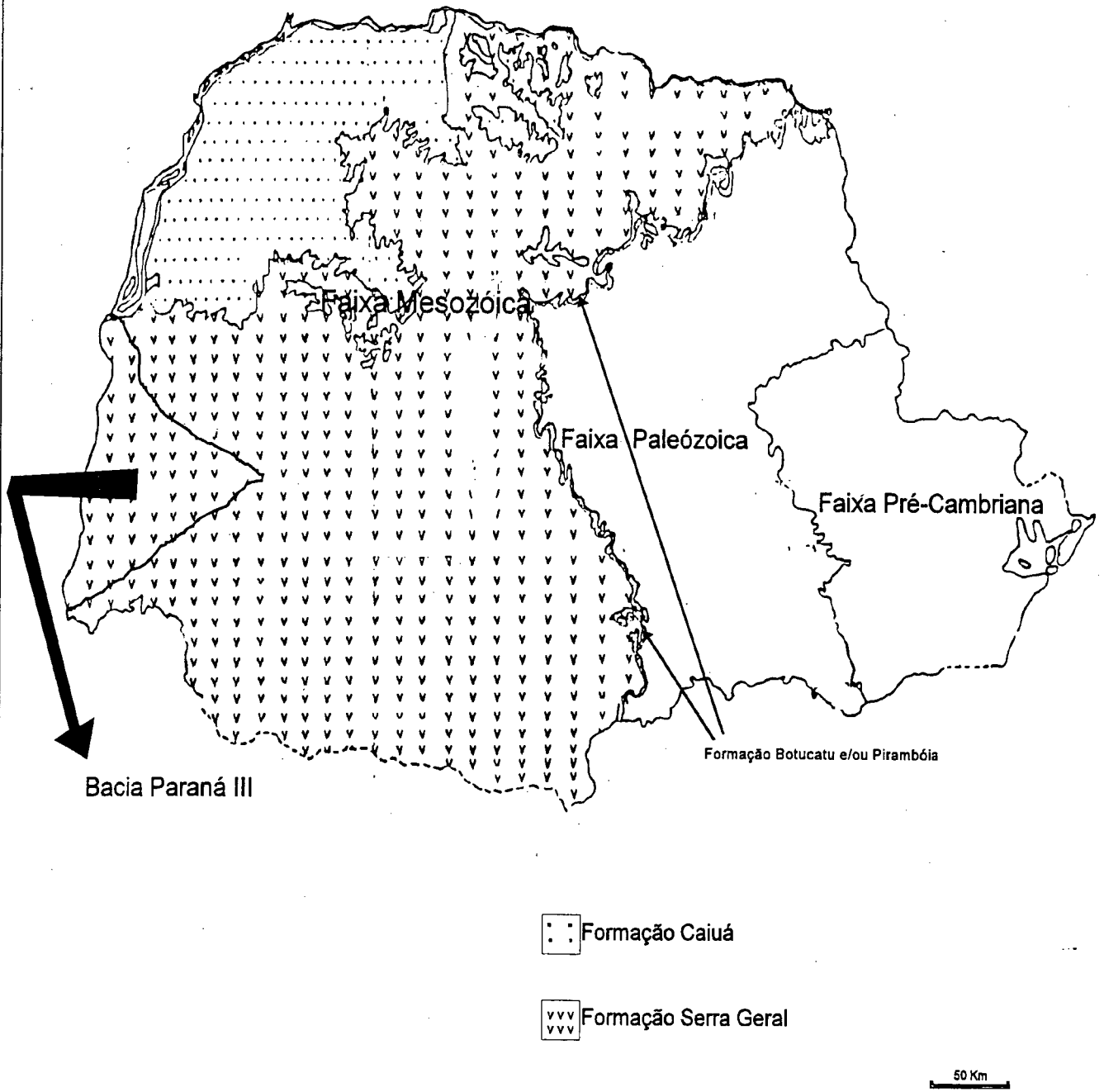
2.2 A FORMAÇÃO SERRA GERAL

Da borda do 3° planalto para Oeste, temos a seguinte seqüência cronoestratigráfica aflorando: Formação Pirambóia, Formação Botucatu, Formação Serra Geral, Formação Caiuá e ainda os depósitos quaternários. As Formações Botucatu e Pirambóia, no Paraná têm área muito estreita de afloramento, configurando-se como faixas acompanhando o formato do arco de Ponta Grossa, com um total de aproximadamente 2400 Km² de afloramento. Do ponto de vista espacial a Formação Serra Geral é a de maior superfície exposta com aproximadamente 106.000 Km² de área aflorante. Ela está recoberta na porção noroeste do Estado pelos arenitos da Formação Caiuá (Figura 08).

Segundo SOARES(1975) "a Formação Serra Geral constitui uma designação proposta por White em 1908 para o conjunto de basaltos formados por derrames em extenso vulcanismo de fissura. Inclui pequenos corpos de arenitos intercalados nos derrames."

LEINZ, (1949) descreveu a Formação Serra Geral como oriunda de intenso magmatismo com manifestações intrusivas e extrusivas, com variado caráter químico, ocorrido em clima árido de forma intermitente e assincrônica. Por isso, são encontradas intercalações de sedimentos, (os chamados arenitos inter-trapp) que embora possam ser do ponto de vista litológico semelhantes à Formação Botucatu, logo abaixo, não podem ser a ela associados, pois representam efêmeros episódios na sedimentação eólica.

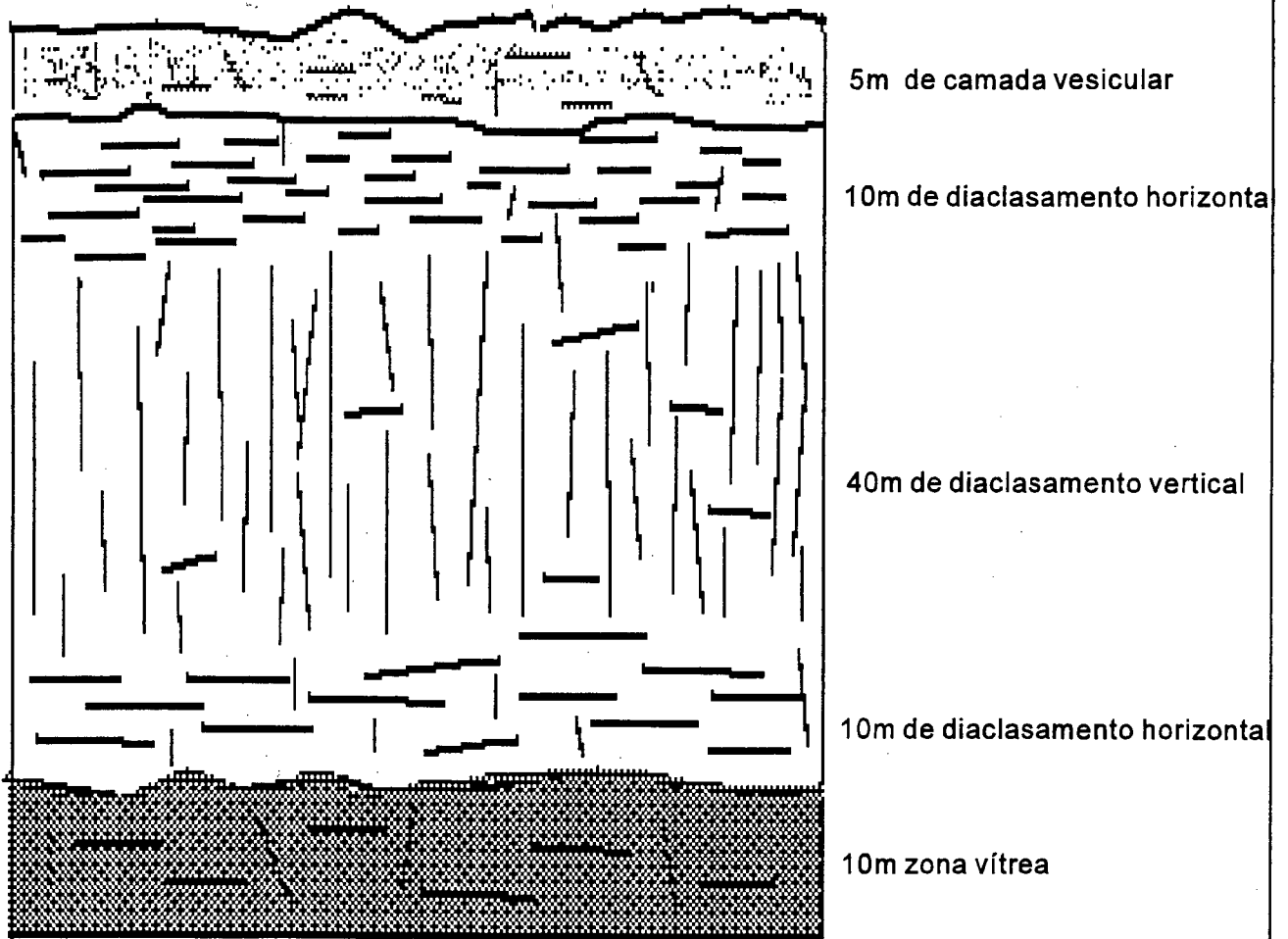
Fig: 08 Mapa Geológico Simplificado do Estado do Paraná (conforme MINEROPAR,1989.)



Em decorrência do movimento de ascensão, das "corridas" horizontais, do resfriamento e da intensidade dos derrames se formou a configuração em "trapps". Essas feições são mais facilmente observadas nas escarpas da Formação Serra Geral, nos limites da depressão desta com a seqüência sedimentar da Bacia do Paraná.

Na configuração interna desses derrames é aceita pela maioria dos estudiosos a descrição feita por LEINZ(1949) e posteriormente desenvolvida por GUIDICINI & CAMPOS(1968) em que uma seção típica de derrames é composta basicamente por uma porção basal, uma porção central e uma porção de topo, (Figura 09). Esses autores atribuem basicamente à diferenciação de resfriamento interno e à espessura do derrame, a configuração desta estrutura. Na porção basal do derrame tem-se basalto vítreo com diaclasamento predominantemente horizontal, na porção central basalto compacto com diaclasamento predominantemente vertical, e na porção superior basalto amigdaloidal com diaclasamento predominantemente horizontal. Esta estrutura é uma das mais importantes características hidrogeológicas dos basaltos da Formação Serra Geral. Segundo (SINELLI,1974) "os horizontes aquíferos nestas rochas estão sempre condicionados às zonas vesiculares, ao fissuramento de tensão (falhas abertas), bem como a falhamentos." Da mesma forma (HAUSMAN,1978) salienta que "a abertura desenvolvida principalmente pela tectônica, é o principal responsável pela formação dos aquíferos fraturados, por dar origem, no maciço rochoso, às Superfícies

Fig: 09 - Perfil típico de um derrame basáltico (conforme Leinz, 1949.)



de Descontinuidades que vão funcionar como espaços condutores e armazenadores de água".

Os níveis vesiculares, existentes no topo e na base de cada derrame, assim como as diáclases horizontais e verticais, caracterizados como reservatórios podem ser intercomunicados por falhas ou fraturas que atravessem um ou mais derrames. No caso dos poços estudados, diversos deles acabam interligando esses níveis, configurando-se tal situação nas diversas contribuições ou entradas de água existentes nos poços. Em alguns casos, é possível relacionar algumas entradas de água aos níveis vesiculares. HAUSMAN (1978), um dos pioneiros no Brasil da hidrogeologia em meio fraturado já afirmava que "nos aquíferos fraturados, as entradas de água são pontuais, podendo ocorrer em vários níveis ao longo do poço, bem como em faixas muito fraturadas, que de certa forma, funcionam como horizontes de contribuição". Na prática desconhece-se o grau de interligação entre as vesículas de uma mesma camada, porém podemos afirmar que as vesículas se caracterizam como uma zona de certa "porosidade" dentro de uma rocha rígida como é o basalto. Na realidade os derrames tem estrutura muito complexa, sendo comum casos de brechas vulcânicas, estruturas micro-vesicular e micro-amigdalóides.

2.2.1. ASPECTOS ESTRUTURAIS

A estruturação tectônica da Formação Serra Geral no Paraná teve como principal origem os eventos relacionados ao Arco de Ponta Grossa. Segundo VIEIRA(1973) "o Arco de Ponta Grossa é uma das feições regionais mais proeminentes de toda a Bacia do Paraná."

Tudo leva a crer que o Arco de Ponta Grossa é a principal condicionante do magmatismo ocorrido na região. O eixo deste Arco representado pela linha Castro-Ortigueira-Apucarana divide duas áreas distintas, ao Sul as unidades estratigráficas afloram na direção NW e ao Norte estas mesmas unidades afloram na direção NE, mudando inclusive o mergulho regional das formações de SW para NE. "Esta inflexão das camadas se deve ao grande soerguimento estrutural à época dos episódios de vulcanismo básico do Cretáceo, modelando a configuração hoje conhecida por Arco de Ponta Grossa, onde ocorre a maior concentração de diques de diabásio da bacia, com direção NW"(VIEIRA,1973). Outros arcos existentes na Bacia do Paraná como o do Rio Grande ao Sul e o Paranaíba, não apresentam evidências fortes de que tiveram a mesma importância que teve o Arco de Ponta Grossa como zona de extravasamento. (PETROBRÁS,1986)

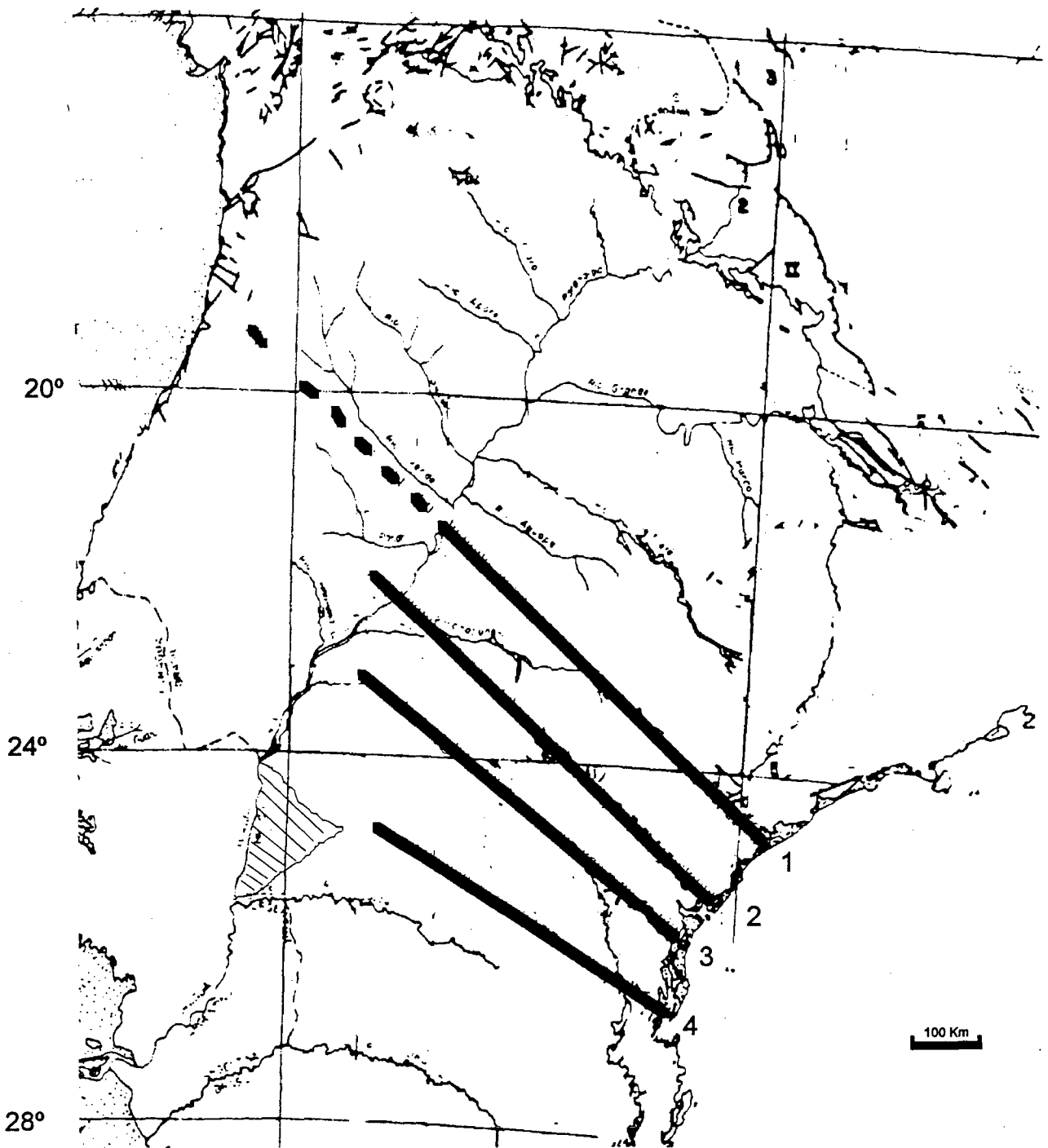
A área de estudo, embora relativamente afastada do Arco de Ponta Grossa foi certamente influenciada pelos eventos ligados a ele. Por outro lado, foi provavelmente afetada pela feição estrutural, direção Norte-Sul, que controla o próprio Rio Paraná na divisa entre o Brasil e o Paraguai.

Para LEINZ(1949) e PETROBRÁS(1986) é possível haver uma outra zona outra "produtora" de magma no eixo da bacia, na direção N-S, nas proximidades dos rios Uruguai e Paraná. Já SZUBERT(1979) salienta que "as áreas hoje cobertas com derrames de ácidas podem esconder abaixo delas as grandes estruturas originais relativas ao estado fissural, e que estas tanto produziram inicialmente os derrames básicos, como posteriormente os ácidos".

De uma maneira geral as estruturas da Bacia do Paraná são do tipo: "arqueamento (como o Arco de Ponta Grossa), flexuras, fraturas e falhamentos em sua grande maioria normais. Por outro lado, observa-se que a atuação de esforços de compressão não lhe afetaram a ponto de produzir dobramentos intensos. As duas principais zonas de fraqueza nas direções NW e NE sofreram deslocamentos verticais e horizontais, estruturalmente diferenciáveis, mas somente as falhas de orientação NW foram fortemente reativadas durante o quebramento do Juro-Cretáceo do continente Gondwana" (PETROBRÁS,1986).

Divisões da configuração estrutural do Arco de Ponta Grossa feitas por VIEIRA(1973) e por FERREIRA(1982), possuem semelhanças entre si e em ambas se reconhece a grande importância dos lineamentos de São Jerônimo e do rio Alonzo (Figura 10). Em seu trabalho sobre o centro-sul de São Paulo e nordeste do Paraná VIEIRA(1973) divide a área em quatro regiões, que segundo ele expressam diferentes comportamentos estruturais resultantes do tectonismo a que cada uma foi submetida. A área (Figura 10) compreendida entre a falha do rio Alonzo e o falhamento São Jerônimo, é intensamente

Fig: 10 - Principais Alinhamentos Estruturais Associados ao Arco de Ponta Grossa (conforme FERREIRA, 1982)



- 1 - GUAPIARA 2 - SÃO JERÔNIMO-CURIÚVA
- 3 - RIO ALONZO 4 - RIO PIQUIRI



Área do Trabalho

fraturada com predominância da direção NW. Essas fraturas estão quase sempre preenchidas, formando um enxame de diques. Essa mesma área quando analisada por técnicos da PETROBRÁS foi caracterizada como "zona de falha Curitiba-Maringá", entendendo eles haver uma ligação tectônica entre os lineamentos do Rio Alonzo e São Jerônimo, que não seriam eventos isolados. Segundo FERREIRA(1982) "a porção meridional do Arco de Ponta Grossa é caracterizada principalmente pelo alinhamento estrutural do rio Piquirí, N60°W". Estudando regiões limítrofes a leste da área de interesse, SOARES et al.(1982) reconhecem cinco direções caracterizadas como regionais, entre elas a direção Médio-Piquirí N65°+-5W (22% dos lineamentos mapeados).

Outro fato relevante se observa nas imagens, tanto de satélite quando de radar: uma nítida diminuição dos diques de diabásio na medida que nos afastamos do eixo do Arco de Ponta Grossa, principalmente rumo ao Sul. Isto também é válido para os lineamentos que são muito mais intensos nas proximidades do eixo do Arco: estes fatos são diversamente relatados por VIEIRA(1973); SOARES et al. (1982); e FERREIRA(1982). Pode-se imaginar uma figura como um leque de mão em que as varetas centrais, estão mais próximas entre si do que as varetas das extremidades.

2.2.2 ASPECTOS LITOESTRATIGRÁFICOS

A posição estratigráfica da Formação Serra Geral é de recobrimento dos sedimentos da Formação Botucatu. No noroeste

do Estado do Paraná a Formação Serra Geral se acha recoberta pelo Formação Caiuá. Na área deste estudo os basaltos da Formação Serra Geral se constituem na única rocha aflorante. Diversos são os mapas que atestam tal situação entre eles o mapa Geológico do Paraná executado por MAACK em 1953 e mais recentemente o da MINEROPAR¹⁴, publicado em 1989. Essa situação se confirma com os dados dos poços perfurados na área. Todos eles com descrição de amostras de calhas, onde sem exceção atingem como primeira rocha os basaltos da referida formação.

Diversas são as colunas estratigráficas que enfatizam o posicionamento litoestratigráfico acima exposto entre eles SCHNEIDER et al. (1974) e NORTHFLEET et al. (1969).

As rochas da Formação Serra Geral, foram caracterizadas por BELLINI et al. (1983 in PETROBRÁS, 1986) como "lavas e intrusões associadas, predominantemente básicas e de natureza toleítica (basaltos e andesitos basálticos, 68% do total), secundadas por intermediárias de caráter igualmente toleítico (andesitos - 14%) e de lavas ácidas (riodacitos e riolitos - 16%). Para RUEGG (1975) a mineralogia dessas rochas constitui clara evidência de que elas se cristalizaram a partir de magma de natureza toleítica". Segundo SZUBERT (1979) a posição mais encontrada é: derrames básicos na base da formação, sendo os derrames ácidos encontrados no topo. Especificamente no Paraná, SZUBERT (1979) assinala, na porção central do Estado, na Serra de Guarapuava, uma área de afloramento de derrames ácidos. Esta ocorrência é perfeitamente associável a uma unidade mapeável na imagem de satélite - Landsat-TM banda

¹⁴Mineração do Paraná S.A.

5 - onde a diferença textural e de tonalidade é perceptível em relação às áreas circunvizinhas. Essa situação corresponde à Formação Serra Geral no mapa geológico do Paraná, sendo tal diferenciação mapeada como Formação Serra Geral Membro Nova Prata, composta por basaltos pórfiros, dacitos, riolitos e riodacitos. Mais ao Norte contornando o Arco de Ponta Grossa outras áreas aparecem mapeadas como ácidas. Importante notar que na área de nosso interesse específico não se registram, nem na bibliografia, nem em mapeamentos o advento de derrames ácidos ou mesmo intermediários. Segundo A.A.LISBOA, hidrogeólogo do IAP (comunicação verbal) existe um comportamento negativo da produtividade dos poços perfurados nestes derrames ácidos, em relação aos perfurados em derrames básicos. Isso segundo o mesmo técnico, se deve ao fato de não se observarem nestes derrames, pelo menos no Paraná, estruturas de diáclases horizontais e verticais, sendo raros e insignificantes os níveis vesiculares, tanto no topo como na base dos derrames. Assim sendo não se observam nas rochas provenientes destes derrames ácidos, as estruturas propícias ao armazenamento e circulação de água descritos por LEINZ e GUIDICINI, no basaltos, conforme a Figura 09.

Não há muitas divergências quanto às idades das rochas basálticas desta formação. Tanto RÜEGG(1975) como SCHNEIDER et al.(1974) baseados em dados radiométricos indicam que a idade da ampla maioria dessas rochas e da principal fase do vulcanismo situam-se em torno de 120 a 130 m.a., portanto no Cretáceo Inferior.

3. METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS LINEAMENTOS.

Dois são os tipos de dados fundamentais neste trabalho. O primeiro são os dados dos poços existentes na área e que em última análise caracterizam a ocorrência das águas subterrâneas. As vazões dos poços são os dados da realidade, são mensurados, analisados e devem ser a principal base de um trabalho de hidrogeologia. Os dados dos poços são também calibradores de modelos, zoneamentos, classificações ou de qualquer conjeturas acerca do comportamento do aquífero.

O outro tipo de dados de primeira importância são os lineamentos de conotação estrutural, os padrões e a textura da drenagem e o modelado do relevo, oriundos da interpretação de Imagens Landsat, sensor TM, bandas 4, 5, 7 escala 1:250.000 (1985); de Imagens de Radar do projeto RADAM BRASIL também na escala 1:250.000, (1976); complementados por dados de Imagens Landsat, sensor MSS na escala de 1:1.000.000 (1977) e por fotos aéreas pancromáticas na escala de 1:70.000 (1956), cartas geográficas do IBGE nas escalas 1:50.000 (1985) e 1:100.000 (1963). A extração dos lineamentos das

imagens foi feita visualmente com auxílio de lupa de mão, em transparência de poliéster, usando-se lapiseira de 0,5mm.

Utilizou-se o conceito "multi" (SCHUCK et al.1986) e integrou-se os diversos produtos do sensoriamento remoto, citados acima, em suas diversas escalas, num único mapa base para a interpretação na escala 1:250.000.

Somente foram anotados os lineamentos efetivamente visualizados nas imagens, isto é, não foram nesta fase inferidos traçados ou prolongados lineamentos.

Para tanto, procurou-se selecionar Imagens do Landsat no inverno, (meses de junho e julho) pois neste período a menor elevação solar, aumenta o efeito de sombreamento salientando o relevo.

Por outro lado, tem-se a consciência de que nas imagens de satélite, as direções próximas a Norte-Sul estão sujeitas a limitações na sua detecção, em função de ser esta a linha de deslocamento do satélite. Em relação às imagens do Radar, as limitações ocorrem tanto nas direções próximas à Leste-Oeste por causa da linha de imageamento, como nas direções próximas a Norte-Sul por causa da montagem dos "strips". (SOARES,1982). O quanto isso prejudica os lineamentos próximos a essas direções, não se pode aqui avaliar, mas é importante salientar tais problemas, que são da própria gênese das imagens.

Procurou-se selecionar os lineamentos que refletissem estruturas de origem tectônica. Rochas rígidas, como os basaltos, têm nas estruturas de origem tectônica sua melhor condição de tornar disponíveis as águas subterrâneas, portanto é fundamental o estudo dessas estruturas.

Em relação aos lineamentos, outro tipo de dado foi levantado, ou seja, a direção a que o poço está associado. Dos 48 poços usados no estudo apenas 36 estão claramente associados a um ou mais lineamentos, para os demais esta associação não está suficientemente evidenciada para ser aqui considerada. Este levantamento foi verificado ao nível de fotografias aéreas, na escala 1:70.000, em esboços semelhantes ao da Figura 11, que exemplifica o caso de Marechal Cândido Rondon.

Para este trabalho foram considerados como lineamentos os traços avaliados como de conotação estrutural e maiores de 1 Km (ou seja 4 mm na escala 1:250.000). Decidiu-se assim porque em algumas situações práticas lineamentos que se expressam em 1Km (um kilometro) são considerados para locação de poços. No passo seguinte mediu-se o comprimento de cada um, assim como sua direção (azimute). Em seguida procedeu-se à soma de todos os valores de extensão de lineamentos de mesma direção. Assumiram-se os traçados de mesma direção, próximos e contíguos como um único lineamento, medido neste caso do início do primeiro até o final do último traço. Isso porque, entende-se que os segmentos são parte de uma mesma estrutura e por diversos motivos não aparecem nas imagens. Neste caso a possibilidade de estarem encobertos por espessos pacotes do manto de alteração, é relevante, visto que extensas porções da área de estudo possuem solos profundos.

Outras informações, notadamente as provenientes do relevo e da rede de drenagem são importantes complementos aos dados de lineamentos e dos poços, em função de sua estreita

Fig 11 - Esboço de estudo morfoestrutural de Marechal Candido Rondon

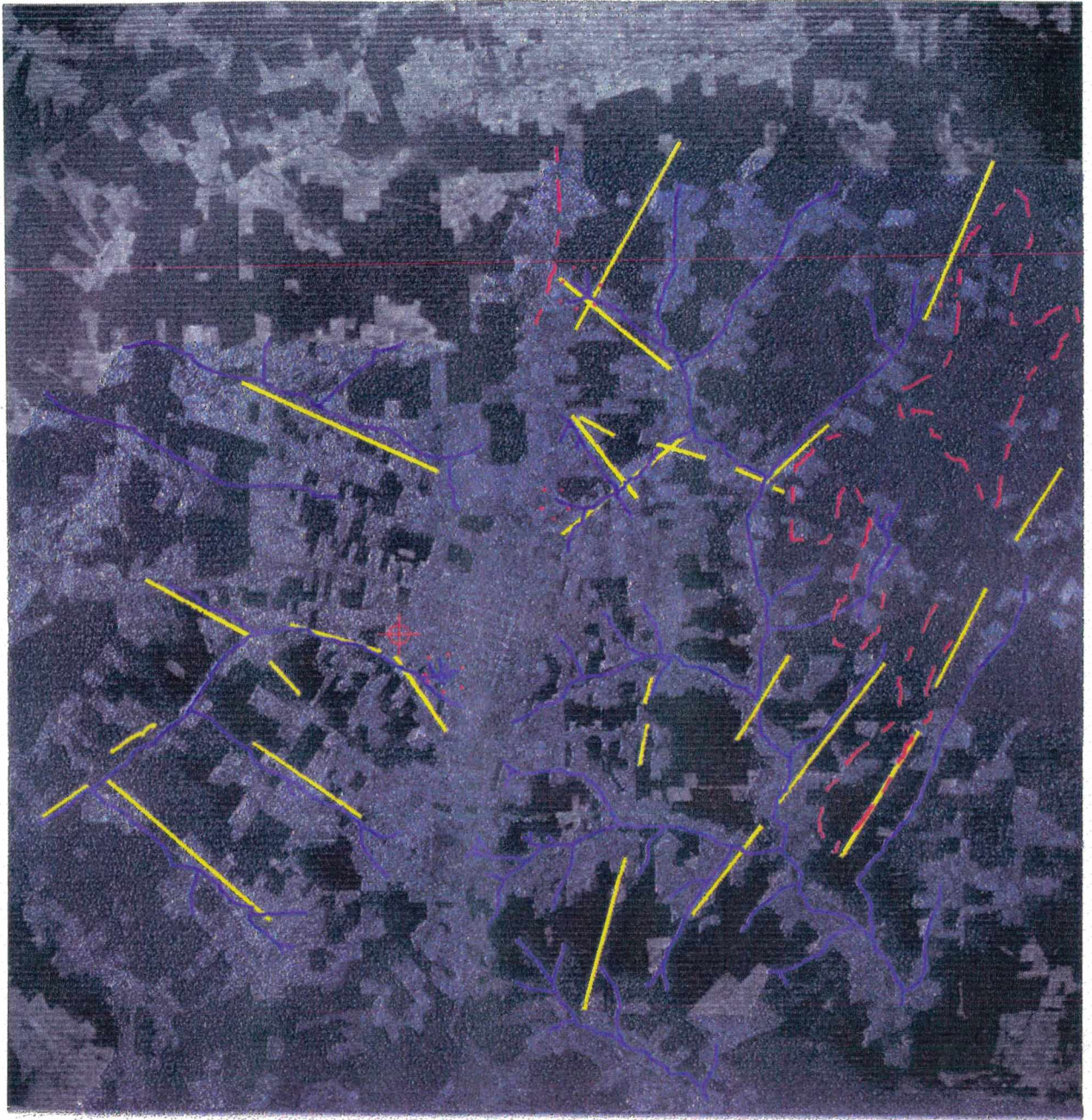







Foto aérea original pancromática 1:70.000 USAF - 1958

Legenda



	Drenagem
	Lineamentos
	Escarpas
	Nascentes
	Poço 19

relação com a permeabilidade do terreno, a capacidade de escoamento superficial, o potencial de infiltração subterrânea e o grau de controle estrutural da drenagem.

3.2 ELABORAÇÃO DE MAPAS BASES E SEUS DERIVADOS

Primeiramente elaborou-se o mapa de lineamentos (Figura 12). Neste caso utilizamos todos as imagens disponíveis para este estudo: imagens MSS nas bandas 4, 5, 6 e 7, na escala 1:1.000.000 de jul/75; as imagens Landsat na banda 4 na escala 1:100.000 de jun/85; as imagens do SLAR¹⁵ -Projeto Radam- na escala 1:250.000 de 1976; e as fotos aéreas pancromáticas na escala 1:70.000 de 1958. A seguir lançou-se o resultado sobre um mapa base na escala 1:250.000, e foi feita uma interpretação que determinou 4 zonas de comportamentos diferentes das direções de lineamentos. Para verificarmos o zoneamento proposto para este caso, elaboramos rosetas de direções de lineamentos para cada uma das zonas propostas (Figura 13).

Para a elaboração do mapa da rede de drenagem, recorreu-se principalmente ao estudo integrado das imagens MSS banda 7, as imagens do RADAMBRASIL, e as cartas geográficas do IBGE na escala 1:50.000 e 1:100.000, estas últimas como fonte de consulta para dirimir dúvidas. A rede foi lançada sobre o mapa base de escala 1:250.000 e sua

¹⁵ Side Looking Airborne Radar

Fig 12 : Mapa de Lineamentos e Localização dos Poços. Bacia Paraná III, PR

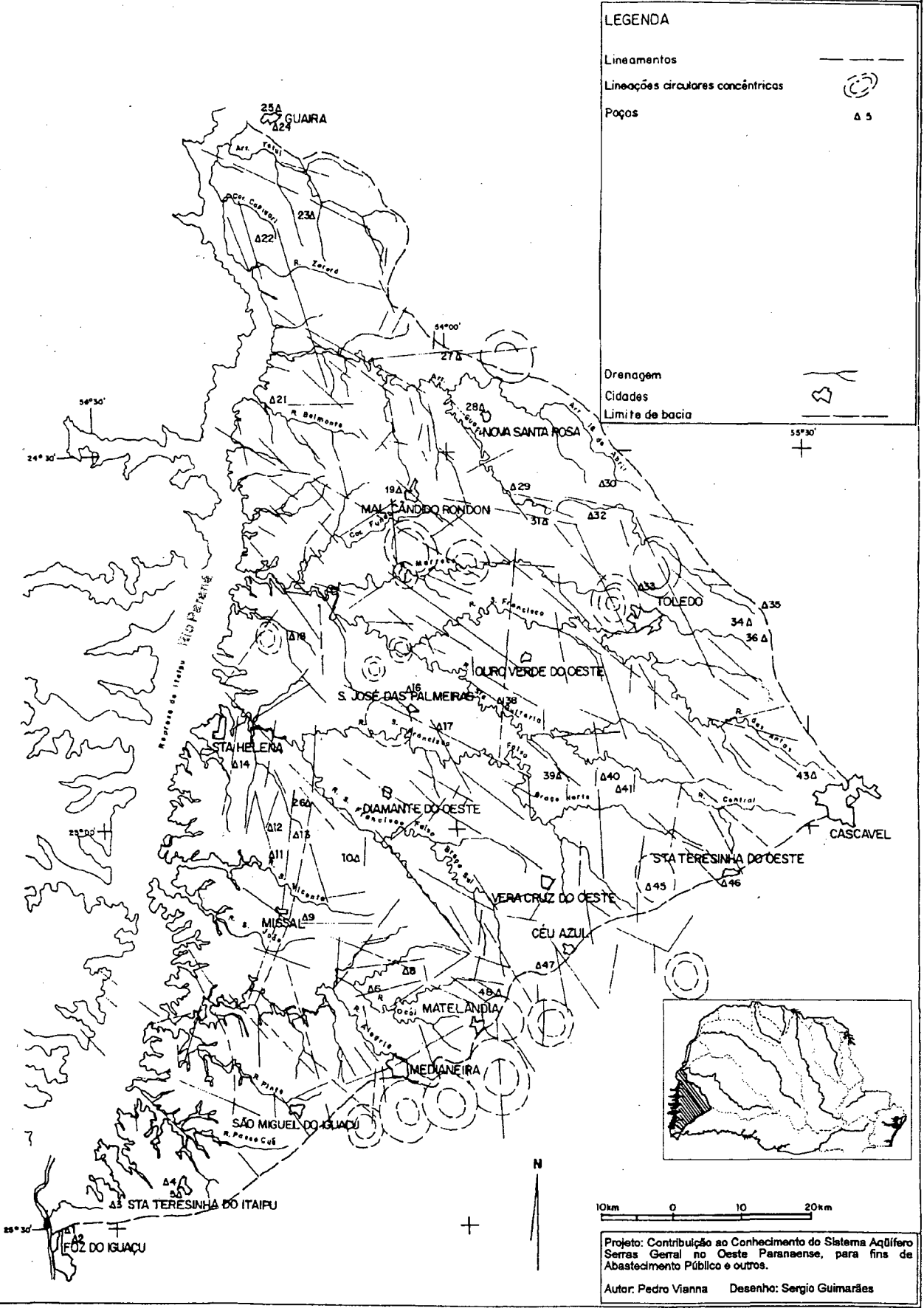
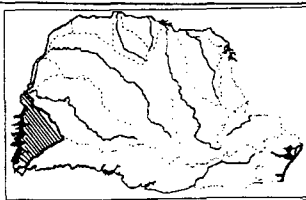


Fig: 13 - Diagramas de Rosetas das Direções de Lineamentos, Bacia Paraná III, PR



LEGENDA

Sectores de Lineamentos

- N- Norte-sul
- NWd- Noroeste difuso
- NW- Noroeste
- NWN- Nornoroeste

Limite dos sectores de lineamento

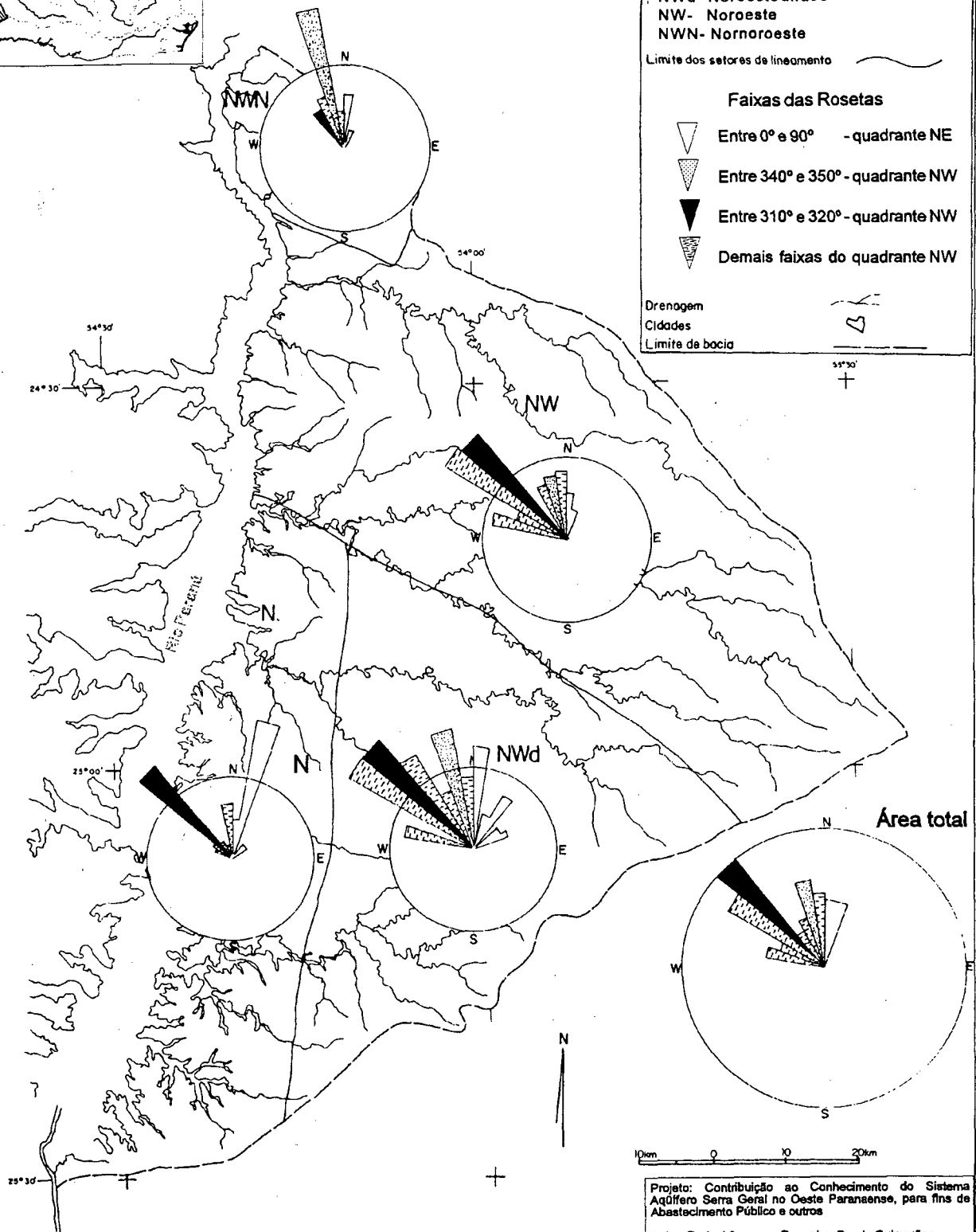
Faixas das Rosetas

- Entre 0° e 90° - quadrante NE
- Entre 340° e 350° - quadrante NW
- Entre 310° e 320° - quadrante NW
- Demais faixas do quadrante NW

Drenagem

Cidades

Limite da bacia



Projeto: Contribuição ao Conhecimento do Sistema Aquífero Serra Geral no Oeste Paranaense, para fins de Abastecimento Público e outros

Autor: Pedro Vianna Desenho: Sergio Guimarães

análise em termos de Padrão e Textura, possibilitou também a determinação de 4 zonas, como observamos no mapa da Figura 14. Importante para o caso deste estudo, salientar que o padrão pode significar uma situação de maior ou menor controle estrutural sobre a rede de drenagem. Já a textura indica a densidade de rede, relacionando-se à permeabilidade do terreno e sua capacidade de infiltração. Uma zona com baixa densidade de drenagem (textura grosseira) e um padrão dendrítico, certamente indica uma zona com muita capacidade de infiltração profunda, sem controle estrutural, o que deve indicar uma área de recarga boa. Outra situação onde a rede de drenagem tenha padrão angular e textura fina, indica uma zona com alto controle estrutural e baixa infiltração profunda, o que reduz a área de recarga do aquífero local apenas às linhas de falhas e fraturas coincidentes com a rede de drenagem.

Na elaboração do mapa de modelado do relevo, o procedimento foi o semelhante aos casos de lineamentos e drenagem, utilizando-se neste caso, principalmente as bandas 5, 6 e 7 do MSS e a banda 4 do Landsat. Os detalhes foram verificados com interpretações feitas em aerofotos pancromáticas. O mapa produzido (Figura 15) apresenta 5 zonas, variando o relevo de altamente dissecado até aplainado. A importância principal deste mapa para as águas subterrâneas está no fato de que ele pode exprimir a profundidade do manto de alteração e o número e a espessura dos derrames superiores. Relevos dissecados são indícios de zonas com mantos de alteração pouco espessos, já relevos aplainados são indicativos de pacotes de alteração profundos.

Fig: 14 Análise da Rede de Drenagem, Bacia Paraná III, PR

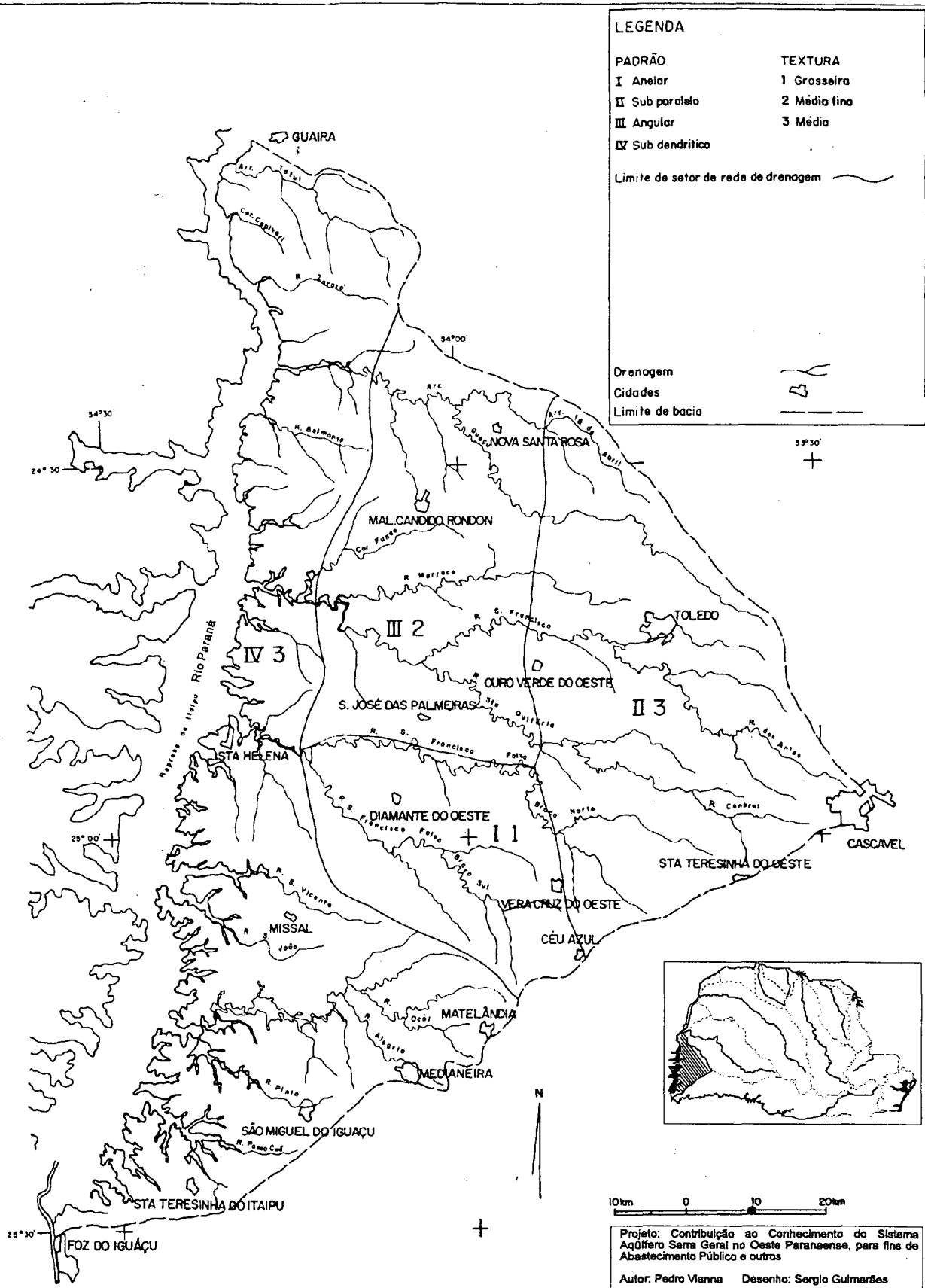
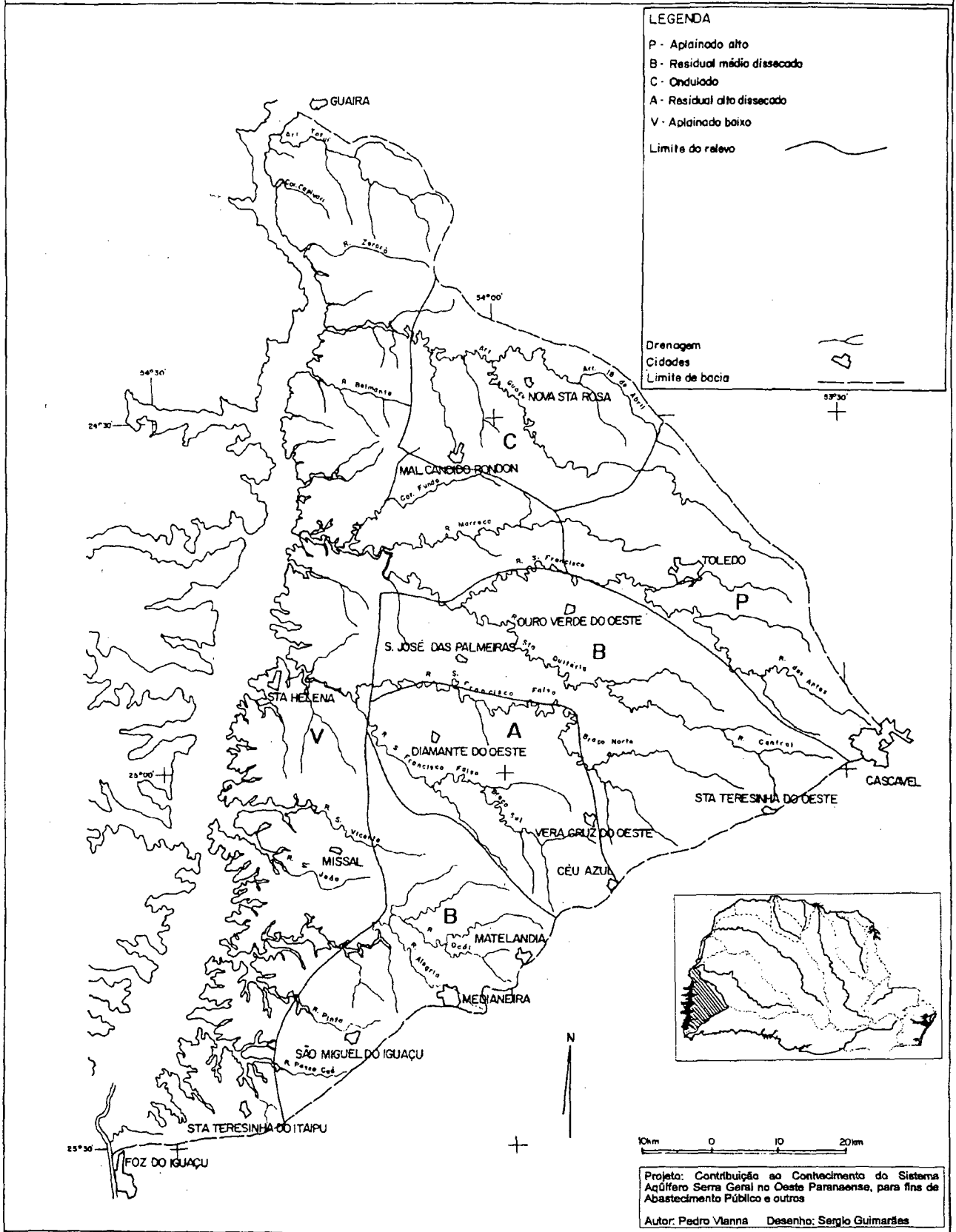


Fig: 15 Modelado do Relevo, Bacia Paraná III, PR

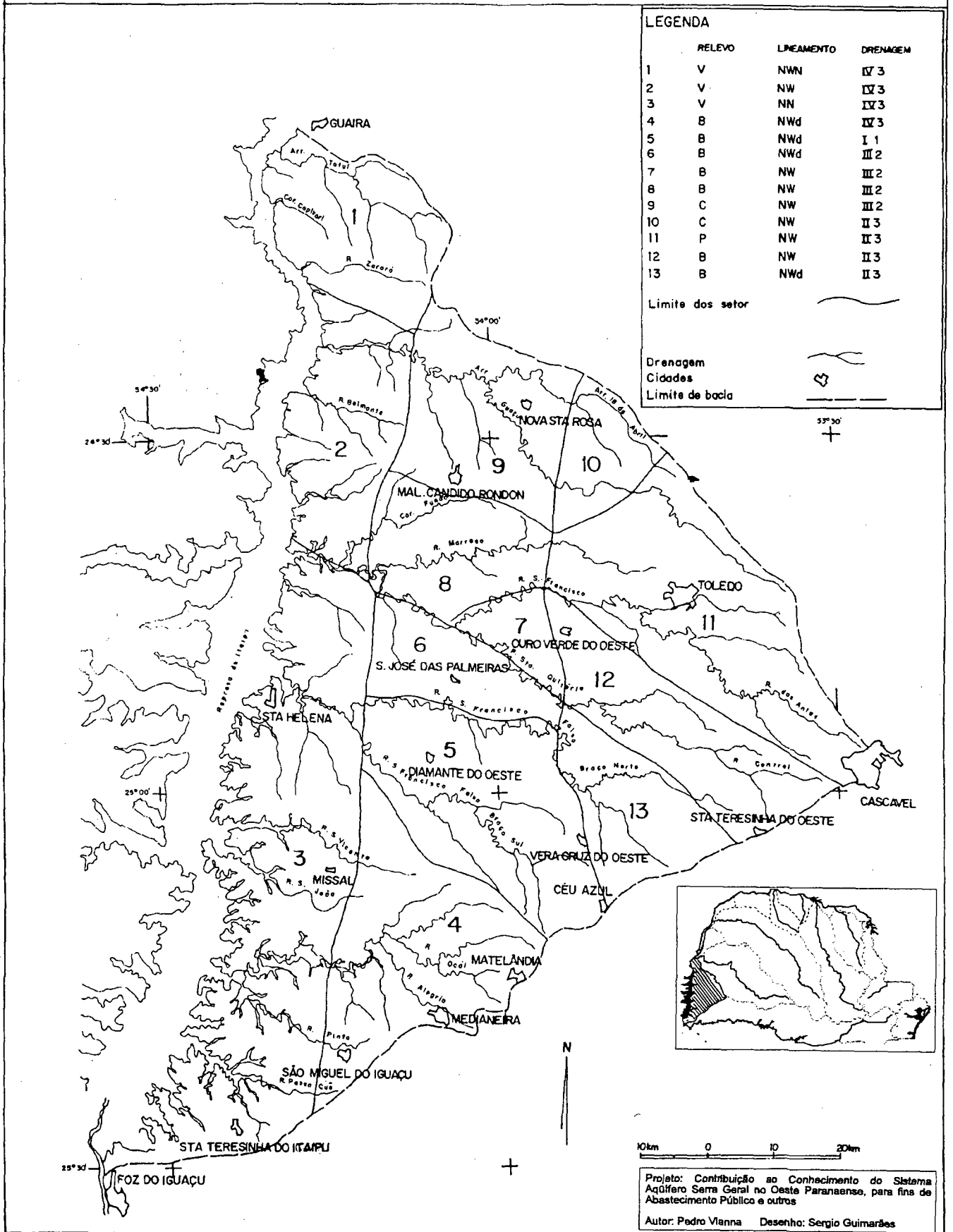


A espessura desses pacotes é importante para o armazenamento e infiltração da água subterrânea.

Era esperada maior facilidade na identificação de lineamentos em áreas mais dissecadas. Efetivamente observou-se maior número de lineamentos nas imagens de zonas mais altas e dissecadas como a que chamamos de "NWd" Noroeste difusa. Já nas áreas, por exemplo, muito próximas ao Rio Paraná de relevo baixo e plano não se conseguiu perceber tantos lineamentos, provavelmente por estarem sob solos e alterações de expressiva profundidade.

Na seqüência, foi feita a superposição dos três mapas básicos, e chegou-se ao que chamamos de Mapa de Setores, (Figura 16) com combinações entre os zoneamentos de alinhamentos, drenagem e relevo. Essas combinações originaram as 13 zonas que formam a base para a interpretação final deste estudo. Na seqüência cruzou-se este zoneamento com os dados dos poços para a elaboração do mapa de potencialidade hidrogeológica. Para isso montaram-se diversas tabelas ordenadas segundo cada elemento de análise: Relevo, Drenagem e Alinhamento, identificando as melhores situações de cada uma delas isoladamente. A seguir procurou-se identificar os setores de combinações mais positivas comparados aos dados de capacidade específica e vazão dos poços.

Fig. 16 Mapa dos Setores (Superposição Relevo/Lineamento/Drenagem), Bacia Paraná III, PR



3.3 LEVANTAMENTO DE DADOS DOS POÇOS.

Os dados gerados a partir das perfurações de poços tubulares profundos foram coletados pelo autor para a SUREHMA (Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Paraná) e SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná) no Projeto de Cadastro de Dados Hidrogeológicos do Paraná. Foram então selecionados os 48 poços usados como base neste estudo, em função da qualidade e confiabilidade de seus dados e da distribuição espacial pela área de estudos. Esses poços, ou foram diretamente perfurados por aquelas instituições governamentais ou foram contratadas por elas à iniciativa privada, mas com acompanhamento do pessoal técnico desses organismos. São obras realizadas com financiamento do PLANASA (Plano Nacional de Saneamento), do PRO-RURAL (Programa de Desenvolvimento Rural do Paraná), para o Programa de Micro-Poços e seus sucessores: o Programa de Saneamento Rural do Paraná e o Programa Água da Pedra. Apesar de que seu objetivo principal é o acesso à água subterrânea, existe a preocupação efetiva com a coleta, armazenamento e qualidade dos dados originados na perfuração, nos testes de vazão e no acompanhamento da exploração destes poços.

Estão cadastrados dados das características construtivas do poço como: profundidade, diâmetros, cimentação, revestimento e filtros, e dados da produtividade do poço como: vazão, entradas de água, nível estático, nível dinâmico, entre outros. Também são armazenados dados da localização como: município, localidade, latitude, longitude,

Fig: 17 - Exemplo de Relatório de Poço - Sistema de Informações Ambientais - Cadastro de Poços, SUREHMA

ESTADO DO PARANA		SUREHMA - SUPERINTENDENCIA DOS RECURSOS HIDRICOS E MEIO AMBIENTE		PROG. SIAE6610 EM 23/04/92		PAG. 0077	
SIA - SISTEMA DE INFORMACOES AMBIENTAIS - CADASTRO DE POCOS							
INFORMACOES GERAIS DO CADASTRO DE POCOS							
COD. POCO	14182001	DATA CADASTR	02/12/87	SANEPAR	INTERESSADO	CEP	85900
				MUNICIPIO		TOLEDO	
				LOCALIZACAO		LUZ MARINA TOLEDO	
* AQUIFERO PRINCIPAL * AQUIFERO SECUNDARIO *							
PROVINCIA	MESOZOICA	SERRA GERAL		PROVINCIA	SUBPROVINCIA	LONDDIT.	540244
						ALTTT.	000380
						FOLHA	- - -
DIAMETRO (POL)	06 00/00	PROF. (M)	87	MICRO PROD. SIST. SIM	CONSTRUTORA	PROJETISTA	DESENVOLVIMENTO
				COPERCAL		COPERCAL	
METODO DE PERFURACAO: PERC. BAIXA FREQ. ABAST. PUBLICO							
				USO DA AGUA		DATA INIC.	
				ABAST. PUBLICO		01/10/81	
* DIAMETROS DE PERFURACAO * * ENTRADAS DE AGUA * * CIMENTACAO *							
DIAMETRO (POL)	DE	PROF (M)	ATE	DE	PROF (M)	ATE	PROF (M)
08 01/02	0	4	4	19	19	19	ATE
06 00/00	4	87	87	27	27	27	ATE
				60	60	60	ATE
* REVESTIMENTO E FILTROS *							
DIAMETRO (POL)	DE	PROF (M)	ATE	TIPO			
06 00/00	+ 0.5	4.1	4.1	GALVANIZADO			
* PERFIL LITOLOGICO *							
PROF (M)	F O R M A C A O						
DE	ATE						
18	22	ALTERADO					
22	27	AMIGDALOIDE					
27	34	ALTERADO					
34	42	NAO ALTERADO					
42	47	ALTERADO					
47	55	FRATURADO					
55	60	NAO ALTERADO					
60	65	ALTERADO					
65	87	NAO ALTERADO					
* DADOS DE TESTE *							
VAZAO-I M3/H	17	ND-I (M)	18	CRIVG (H)	37	DURACAO (H)	11,0
12,41	17	18	18	11,0	11/11/81	BOMBA SUBMERS.	17
				VAZAO-F M3/H		NE-F (M)	20
				40,00		17	67
				12,0		13/11/81	BOMBA SUBMERS.
* CONDICAO DE EXPLORACAO *							
VAZAO M3/H	40,00	DEMANDA M3/H	0,00	NIVEL ESTAT. (M)	17	NIVEL DINAM. (M)	24
				CRIVO (M)		67	REGIME
				20/24		BOMBA SUBMERSIVEL	

e altitude. Da mesma forma se registram a Província e a Sub-província geológica, tanto do aquífero principal como do secundário, quando este existe, e a descrição do perfil geológico. As condições de exploração recomendadas, assim como a empresa executora e o destino final da água completam o relatório armazenado no banco de dados. Na Figura 17 é apresentado como modelo um exemplar de relatório gerado no cadastro de poços usado como base para este estudo.

Somente a partir de bancos de dados hidrogeológicos os estudos de potencialidades dos aquíferos podem evoluir positivamente. Infelizmente os dados de qualidade de água dos poços ainda não estão disponíveis em grau de confiabilidade que permita na área em questão analisar não só a quantidade mas também a qualidade das águas subterrâneas. Esta é uma lacuna grave que espera-se seja em breve sanada pelo órgão responsável.

4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS E MAPAS

4.1 ANÁLISE E COMENTÁRIOS SOBRE OS DADOS DOS POÇOS

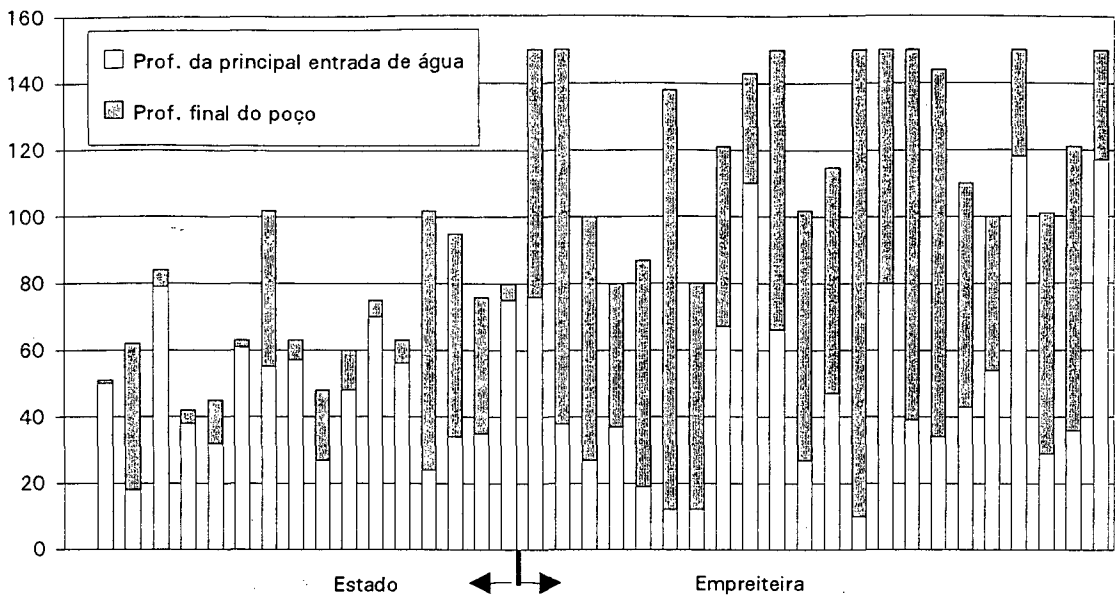
Os dados são pois provenientes de 48 poços e totalizam 5.070 metros perfurados com uma média de 105 metros de profundidade por poço, com a profundidade máxima de 200 metros e mínima de 42 metros. Cabe aqui comentar que a profundidade dos poços não é um dado que contemple apenas critérios técnicos de execução da obra de captação subterrânea, fatores de ordem jurídica, institucional e econômica são muitas vezes determinantes. A média das entradas de água se situa em torno dos 70 metros, para uma média de profundidade de 105 metros dos poços. Isso leva a imaginar que perfura-se em media 35 metros desnecessariamente por poço. Entretanto o comportamento dos dados não pode ser linearmente interpretado, pois o poço não é, em alguns aspectos, uma obra de precisão absoluta. Na prática ele termina tendo certas "diferenças" entre o projeto e a obra executada, em função de ser um obra que literalmente não se "vê" (por estar submersa) sua execução e não se sabe exatamente o que se tem no subsolo antes de perfura-lo. Os

métodos de acompanhamento exigem muita experiência e conhecimento da geologia da região onde se perfura.

Apesar dos dados acima expostos, a imposição de ordem jurídica-institucional-econômica contribui para que se perfure mais do que o efetivamente necessário, pois quando nota-se que 64% dos poços tem a entrada de água principal acima dos 70 metros, se permite inferir que em mais da metade dos poços outra atitude de ordem jurídica-institucional-econômica pode levar a substancial economia de recurso.

A análise comparativa entre as profundidades de poços perfurados por perfuratrizes do Estado e por contratação à iniciativa privada indica a interferência do aspecto institucional. Dos 48 poços utilizados neste estudo 20 foram perfurados por maquinário do Estado e 28 foram contratados à empresas da iniciativa privada. Nos poços perfurados pela iniciativa privada a profundidade final é maior, em média 45%, e também a diferença entre a profundidade e a principal entrada de água. No gráfico da Figura 18, podemos perceber como se comportam esses dados nos poços por nós estudados.

Figura 18-Gráfico da diferença entre a Profundidade final dos poços e a Profundidade da principal entrada de água, por executor (Estado X Empreiteira)



Fonte: Sistema de Informações Ambientais - Cadastro de Poços, SUREHMA.

As diferenças entre as colunas indicam o quanto se perfurou do poço após sua principal contribuição. A maioria dessas perfurações poderia ter sido interrompida logo após atingir a vazão desejada, já que os poços são obras que procuram viabilizar o acesso às águas subterrâneas e não uma sondagem de profundidade.

Quando perfurados por máquinas das empresas estatais, a perfuração segue até se atingir a vazão desejada (em função da demanda), ou se esgotar a capacidade de perfuração da máquina (quando não se atinge a vazão necessária). Quando a obra é contratada para execução por empresas da iniciativa privada, se perfura até o limite do contrato, mesmo que a vazão desejada já tenha sido atingida a profundidades bem

menores do que a do contrato. Isso por que essas empresas recebem por metro perfurado.

As obras de captação de águas subterrâneas envolvem o risco de serem improdutivas. Uma solução para este problema seria a adoção de contratos de risco, para obras de captação subterrânea. Atualmente o risco é todo do contratante, no caso o Estado. A situação chega ao ponto dos empreiteiros comemorarem a execução de poços secos para o poder público, pois segundo palavras de um deles: *"poço seco é o melhor, não incomoda com: teste, acabamento, desenvolvimento, dimensionamento de bomba e relatório conclusivo, além disso, posso faturar logo e recebo mais rápido."* Isso é válido porque 80% do valor de um contrato de execução de poço é representado pela perfuração.

As vazões variam de 0 (completamente secos) até 116 m³/h e ficam com uma média de 20,88 m³/h, caracterizando que os basaltos se apresentam como um aquífero de importância para a região, principalmente ao levar-se em conta o alto grau de comprometimento da qualidade das águas superficiais nesta área.

Por suas características, os basaltos exigem estudos de locação para os poços, que permitam a esses atingirem vazões que justifiquem sua exploração. Considerando que nos 48 poços selecionados apenas 4 (8%) dos poços não são produtivos, e que a média em todo o Estado do Paraná é de 18% de poços improdutivos (entre 1200 poços cadastrados em todo o Estado), pode-se por este dado, afirmar que em se tratando do Estado do Paraná está se estudando uma área que é favorável à exploração da água subterrânea.

Também ao analisarmos os dados de Capacidade Específica (média de 2,97 m³/h/m, nos testes de vazões) pode-se inferir, a grosso modo que o potencial da área em se tratando de recursos hídricos subterrâneos é expressivo. Principalmente porque o rebaixamento médio indicado por nossos dados está em 37,98 metros, o que nos indica um potencial teórico de 112 m³/h na média.

Aqui cabe uma explicação; por que se usa a Capacidade Específica (quantidade de metros cúbicos que se pode tirar por hora por metro rebaixado) como parâmetro principal para avaliar os poços (em vez da vazão pura e simples, metros cúbicos por hora) para avaliar o potencial dos poços. Os dados de Vazão dos poços estão mais condicionados à influência de fatores externos, como por exemplo diâmetro útil da obra, potência da bomba usada no teste de vazão, rebaixamento disponível¹⁶ e principalmente a demanda de consumo, do que os dados da Capacidade Específica.

Um poço hipotético (P1) que tenha vazão de 30 m³/h e um rebaixamento de 30 metros, não tem o mesmo potencial de um poço (P2) que tenha os mesmos 30 m³/h de vazão mas com um rebaixamento de 1 metro. A Capacidade Específica de P1 será de 1 m³/h/m, enquanto que a de P2 será de 30 m³/h/m. Ao analisar apenas a vazão pode-se não perceber a brutal diferença entre o potencial destes dois poços, apesar de terem vazões idênticas. É fundamental salientar que a capacidade específica para poder avaliar um poço precisa ser relacionada com o rebaixamento disponível, pois de nada

¹⁶ É o rebaixamento máximo (diferença entre o Nível Estático e um determinado Nível Dinâmico) à partir do qual não há acréscimo significativo de vazão. Na prática é a diferença entre o Nível Estático e a profundidade da principal entrada d'água do poço.

adianta um poço com alta capacidade específica, se o rebaixamento disponível é muito baixo.

Isso não quer dizer que os poços possam ser avaliados apenas pela sua Capacidade Específica; não devemos nos esquecer de que é a Vazão que em última análise determina se a demanda requerida pode ou não ser atendida pelo poço.

A tabela 2 a seguir, indica os principais dados usados neste estudo, com os respectivos números dos poços utilizados no mapa da Figura 12.

Tabela 02 - Características hidráulicas de Construção e Direção a que estão associados os poços. Bacia Paraná III, PR

MAPA	MUNICIPIO	NE	Q	ND	REB	CAP	DIR	PROF	MANTO	E.A.	DIAM.	EXEC.
1	FOZ	15	12,41	52	37	0,34		95,00	10	34	8	IP
2	FOZ	5	18,00	38	33	0,55		76,00	17	35	8	IP
3	FOZ	1	48,00	42	41	1,17		80,00	5	75	8	IP
4	S.T.ITAIPU	3	5,00	20	17	0,29		51,00	13	50	4	EST
5	S.T.ITAIPU	9	39,60	38	29	1,37		150,00	1	76	6	IP
6	MEDIAN	1	6,50	10	9	0,72	82	62,00	5	18	3	EST
7	MEDIAN						43	99,00	3		4	EST
8	MEDIAN						293	100,00	1		4	EST
9	MISSAL	2	6,71	66	64	0,10	283	150,00	17	38	6	IP
10	MISSAL	42	5,50	49	7	0,79	12	102,00	5	NI	4	EST
11	S.HELENA	16	4,20	42	26	0,16	9	84,00	10	79	4	EST
12	S.HELENA	3	14,40	6	3	4,80	26	42,00	5	38	4	EST
13	S.HELENA	10	8,00	16	6	1,33	7	45,00	4	32	4	EST
14	S.HELENA	1	65,45	55	54	1,21	312	100,00	11	27	8	IP
15	MATEL	1	28,80	11	10	2,88		80,00	6	37	6	IP
16	S.HELENA	3	5,41	60	57	0,09	303	130,00	5	NI	6	IP
17	TOLEDO	17	12,41	18	1	12,41	270	87,00	4	19	6	IP
18	RONDON	16	24,00	63	47	0,51	303	63,00	3	61	4	EST
19	RONDON	17	2,88	41	24	0,12	287	102,00	15	55	4	EST
20	RONDON	40	32,73	79	39	0,84	308	138,00	4	12	8	IP
21	RONDON	1	34,28	27	26	1,32		80,00	19	12	6	IP
22	GUAIRA	3	6,60	83	80	0,08	341	121,00	17	67	6	IP
23	GUAIRA	37	4,50	41	4	1,13	343	63,00	35	57	4	EST
24	GUAIRA	21	21,18	70	49	0,43	334	143,00	9	110	6	IP
25	GUAIRA	3	10,00	12	9	1,11	334	150,00	8	NI	6	EST
26	RONDON	8	8,00	40	32	0,25	24	48,00	10	27	4	EST
27	T.ROXA	5	26,67	59	54	0,49	11	150,00	43	66	6	IP
28	N.S.ROSA	57	26,67	92	35	0,76	308	150,00	7	NI	6	IP
29	TOLEDO	20	42,35	22	2	21,18	322	102,00	9	27	6	IP
30	TOLEDO	13	60,90	17	4	15,23		115,00	6	47	6	IP
31	TOLEDO	13	2,88	34	21	0,14	287	60,00	4	48	4	EST
32	TOLEDO	26	0,98	61	35	0,03	295	75,00	6	70	4	EST
33	TOLEDO	11	116,00	15	4	29,00		150,00	5	10	6	IP
34	TOLEDO	9	28,29	80	71	0,40		150,00	23	80	6	IP
35	TUPASSI	6	6,60	14	8	0,83						
36	TOLEDO	15	20,84	68	53	0,39		150,00	18	39	6	IP
37	TOLEDO	57	12,63	59	2	6,32		144,00	26	34	6	IP
38	TOLEDO	12	3,60	42	30	0,12	297	63,00	6	56	4	EST
39	TOLEDO	31	42,35	37	6	7,06	329	110,00	18	43	6	IP
40	TOLEDO						359	105,00	18		4	EST
41	TOLEDO	103	13,65	135	32	0,43	17					
42	MATEL	18	56,50	28	10	5,65	296	102,00	11	24	8	EST
43	CASCAVEL	29	42,35	45	16	2,65	302	100,00	32	54	6	IP
44	CEU AZUL	72	11,60	106	34	0,34	26	150,00	5	118	6	IP
45	CEU AZUL						9	99,00	3		4	EST
46	CASCAVEL	6	46,58	14	8	5,82	313	101,00	19	29	8	IP
47	CEU AZUL	5	10,50	6	1	10,50	322	121,00	25	36	8	IP
48	MATEL	106	6,76	110	4	1,69	279	150,00	1	117	8	IP

MAPA Número do poço no mapa da figura 05

NE Nivel estático (m)

Q Vazão (m3/h) "-" poço improdutivo

ND Nivel dinâmico (m)

REB Rebaixamento (m)

CAP Capacidade Especifica (m3/h/m)

DIR Direção do alinhamento à que está associado o poço (azimute)

PROF Profundidade (m)

MANTO Espessura do manto de alteração (m)

E.A. Profundidade da principal entrada de água (m)

DIAM Diametro útil (pol)

EXEC EXECUTOR : EMP- Empreiteira / EST - Estado

Fonte: Sistema de Informações Ambientais-Cadastro de Poços, SUREHMA.

4.2 ANÁLISE DOS ZONEAMENTOS E DOS DADOS DOS LINEAMENTOS.

As direções e o comprimento dos lineamentos de conotação estrutural formam a base interpretativa sobre a qual foram aplicados os dados originários dos poços. É do cruzamento desta base com a análise da drenagem e do relevo que procurou-se zonear o potencial do Sistema Aquífero Serra Geral na área de estudo.

Fez-se então uma divisão da área de estudos de acordo com as zonas de predominância de direções de lineamentos, Figura 13, sendo elas:

ZONA NWd - Noroeste difusa (Céu Azul-Matelândia-Vera Cruz)

ZONA N - Norte (Paralela ao Rio Paraná)

ZONA NW - Noroeste - (Cascavel-Toledo-Mal.Candido Rondon)

ZONA NNW - Nornoroeste - (Guaíra)

Produziu-se então 5 diferentes diagramas de rosetas, com classes de dez graus, um para cada uma das 4 Zonas descritas acima e um para a área total.

Passa-se agora a uma análise e interpretação dos diferentes diagramas de rosetas, procurando entendê-los em função do comportamento estrutural da área.

ZONA N - Zona paralela ao Rio Paraná, desde Foz do Iguaçu até a altura do Rio São Francisco, medindo mais ou menos 15 Km de largura (sentido E-W), tendo forma retangular.

No diagrama referente a esta Zona, pode-se identificar duas grandes direções predominantes, uma NW-SE de 300° a 320° de azimute e outra NNE de 10° a 20° de azimute.

A direções do quadrante NW-SE aparecem expressivamente em todas as zonas (Figura 13) e corresponde à direção paralela ao eixo do Arco de Ponta Grossa, esta direção é descrita por SOARES (1982) e chamada de Médio-Ivaí.

A segunda direção (NNE de 10° a 20° de azimute) é a que diferencia esta Zona do restante do área de estudo. Expressa nitidamente a direção do Rio Paraná neste trecho, pois ele corre encaixado em uma falha nesta direção, à que estão possivelmente associados os grandes lineamentos que percebemos à leste do rio. É a única zona onde o quadrante Nordeste é mais expressivo do que o quadrante Noroeste.

ZONA Nwd - Zona que se limita a Oeste com a Zona Paralela ao Rio Paraná (NNE), a Sul e sudoeste com o divisor de águas do Iguaçu (limite de nossa área) e a Norte com a Zona Guaíra (NNW), apresentando uma forma triangular.

Por ser uma Zona de maiores altitudes (relativamente à área), de relevo residual alto dissecado, com espessuras menores de solos, é a zona onde detectamos maior diversidade de direções e um maior número de lineamentos por unidade de área. Mesmo com as limitações dos sensores, esta Zona apresenta mais facilidades na detecção dos fenômenos estruturais pelos sensores usados na produção das imagens usados neste estudo. Pode-se aceitar a idéia de que a explicação para isso vem da posição estrutural mais elevada desta Zona em relação as áreas vizinhas.

Aqui, apesar da enorme diversidade de direções com expressão, predomina a direção NW anotada principalmente no intervalo entre os azimutes 300° a 320° , característica da direção *Médio Ivaí*.

Em seguida na escala de intensidade aparece a faixa de direção entre 340° e 350° , que só terá expressão na Zona NNW (Guaíra), além desta.

Também deve-se citar as faixas de azimute entre 0° e 10° graus (Norte) e entre 270° e 290° , e entre 80° e 90° , caracterizando uma direção W-E, com registros significativos nesta zona. Importante salientar que esta é a única Zona que apresenta as direções próximas à W-E com alguma expressão, pois ela é pouco presente em todas as outras Zonas.

Apesar da predominância da direção perpendicular ao eixo do Arco de Ponta Grossa, pode-se classificá-la como a "de maior diversidade de direções" de toda nossa área de investigação, por isso denominou-se esta zona como NWD - Noroeste difusa.

ZONA NW - Zona ao Norte da citada anteriormente, em forma de retângulo inclinado de SE-NW com um extremo na cidade de Cascavel e o outro no Rio Paraná (compreende as cidades de Cascavel, Toledo e Marechal Cândido Rondon). É nesta zona, que é mais marcante a influência da direção perpendicular ao eixo do Arco de Ponta Grossa, com nítido domínio da direções NW-SE; (azimute entre 300° e 320°). O quadrante N-E é quase inexpressivo e em segunda ordem de importância aparecem as direções N-S e NNW. Isoladamente é a zona de melhor resultado da produção dos poços e onde também

existe uma maior coincidência entre a direção predominante da drenagem e dos lineamentos.

ZONA NNW - Zona no extremo norte de nossa área de estudo, contígua ao Rio Paraná até o limite da cidade de Guaíra. Também com forte predominância do quadrante NW, só que com domínio absoluto da direção NNW nos azimutes 340° a 350° . É a Zona onde menos se percebe lineamentos, provavelmente por ela ser uma Zona com maior colmatação, o que dificulta e mascara a detecção de estruturas. Esta zona é contígua e próxima a Sete Quedas (hoje submersa pelo lago de Itaipú) ponto à partir do qual o Rio Paraná muda de comportamento, saindo de seu "leito aberto" no qual vem do norte e passando a correr dentro de verdadeiros "canais" altamente controlados, de largura muito inferior, de profundidade maior, e predominantemente na direção N-S. Por isso pode-se atribuir a pouca detecção de estruturas nas imagens além dos fatores inerentes aos sensores, também a características da própria Zona.

Seu comportamento se evidencia na mudança de direção do Rio Paraná, que da direção 10° no quadrante NE, chega a mudar de quadrante, para NW, passando a correr na direção 350° .

4.3 DIREÇÕES ASSOCIADAS AOS POÇOS

Os dados dos poços em relação ao zoneamento dos lineamentos (Tabela 03), indica uma situação mais favorável nos setores NW e NWd, isto deve se relacionar ao fato da direção predominante em toda a área estar associada a

movimentos distencionais, o que se espera facilite o armazenamento de água subterrânea. Por outro lado é nesta zona que a direção da drenagem coincide melhor com a direção dos lineamentos. Como o fluxo subterrâneo em zonas de rochas rígidas, como os basaltos, obedece prioritariamente as direções das superfícies de descontinuidade¹⁷, então pode-se concluir que essa coincidência de direções seja favorável para a exploração de águas subterrâneas. Essa situação parece se confirmar com os dados de produção e potencial dos poços usados neste estudo. Por outro lado a zona NNW, próxima a Guaíra é a única onde o intervalo 300°-320° apresentou pouca incidência e onde a direção preferencial da drenagem aponta mais para W-E, não havendo portanto uma boa correspondência entre a direção principal do fluxo superficial e a direção dominante dos lineamentos. Esta foi a zona (NNW) em que os dados de produção dos poços apresentaram uma situação menos favorável.

Outro importante dado é a setorização dos alinhamentos dos poços e a produção de cada setor. Em apenas 33 poços, se identificaram associação a lineamentos; destes 10 estão no quadrante NE e 23 no NW, destes últimos, dez se concentram no intervalo entre 300° e 330°, e oito no intervalo entre 270° e 300°. Esta situação reflete, por outro lado a orientação dos profissionais mais experientes do Serviço de Águas Subterrâneas do Paraná, acerca dos melhores resultados propiciados por estas direções.

¹⁷ Superfície de descontinuidade é usado por Hausman (1978), para definir os espaços vazios existentes ao longo de falhas e fraturas, no interior das rochas, onde existe a disponibilidade para o armazenamento de água.

Tabela 03 - Produção dos Poços em função das faixas de intervalo de direção de lineamento.

Intervalo direção	Número Poços	Cap.Esp. Média	Vazão Média
0 - 30	8	1,07	11,50
30 - 60	1	*	*
60 - 90	1	*	*
270-300	8	2,53	27,68
300-330	10	4,99	30,87
330-360	5	1,96	16,93

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Cada fator foi observado isoladamente frente aos resultados de produção dos poços, procurando se descobrir dentro de cada um deles quais as Zonas em que melhor se posicionaram os índices de vazões e capacidade específica dos poços (Tabela 4). Para efeito de classificação foi dada preferência aos dados de capacidade específica, por razões já abordadas.

Tabela 4 - Produção dos poços em função dos zoneamentos de Direção de Lineamentos, Relevo e Drenagem.

	NN	NW	NWd	NNW	A	B	C	P	V	I1	II3	III2	IV3
Cap. Esp.	0,98	4,78	3,95	0,69	*	3,92	6,36	6,65	0,88	*	5,89	5,90	1,11
Poços	11	19	14	4	2	16	6	5	19	3	14	6	25
Vazão	22,94	28,94	17,67	10,57	*	18,53	27,75	42,82	30,81	*	32,84	20,53	18,92

Vazão em (m³/h) e Cap.Esp. em (m³/h/m)

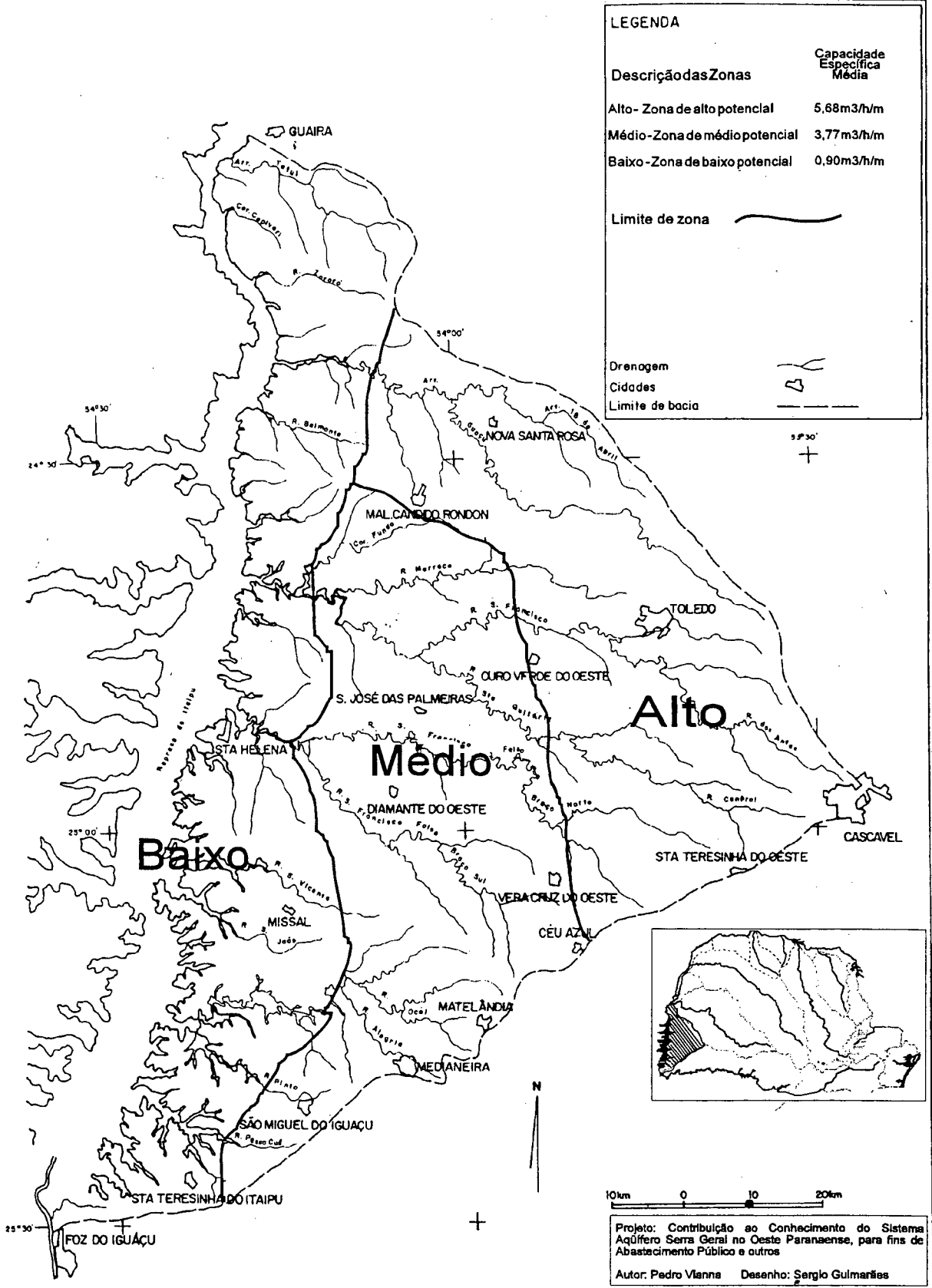
* desprezados por baixo número de poços

No mapa de SETORES (Figura 16), constatou-se a existência de 13 diferentes setores, pela superposição dos mapas de zonas de Lineamento, Drenagem e Relevo. Procurou-se então quais combinações guardam melhor posição frente aos dados dos poços.

O resultado foi a identificação dos setores 9, 10, 11, 12, e 13 como os mais positivos, revelando uma combinação entre as zonas de **direções de lineamentos** Noroeste (NW) e Noroeste difusa (NWd), com **drenagens** de padrão sub-paralela/textura média-fina (II3) e padrão Angular/textura média (III2) e com **relevos** aplainados alto (P), aplainado mediano (C) e residual médio dissecado (B). Estes setores formaram a zona de melhor potencial. Procedimento idêntico nos levou a identificar as zonas de baixo e médio potencial, resultando no mapa da Figura 19. Nele a zona de baixo potencial é produto da junção dos setores 1, 2 e 3 caracterizado basicamente por uma combinação entre **direção de lineamentos** Norte (NN) e Nornoroeste (NNW), com **drenagem** de padrão sub-dendrítico/textura média-fina (IV3) e **relevo** aplainado baixo (V). Os setores 4, 5, 6, 7, e 8 ficaram em posição intermediária e representam basicamente uma combinação de **direções** de lineamentos Noroeste difusa (NWd), com **drenagem** de padrão angular/textura média (III2) e padrão anelar e textura grosseira (II), e com **relevo** residual média dissecado (B) e residual alto dissecado (A).

Esta situação está expressa no mapa de Potencial Hidrogeológico (Figura 19), que procura demonstrar o zoneamento do Aquífero Serra Geral na área do estudo. Considerando que as direções a que se associam os poços não se limitam a nenhuma das três zonas, é possível associar este fator, com o zoneamento proposto. Desta forma indica-se o intervalo de direções 300°-330° e mais especificamente

Fig: 19 Proposta de Zoneamento do Potencial Hidrogeológico do Sistema Aquífero Serra Gerral, na Bacia Paraná III, PR



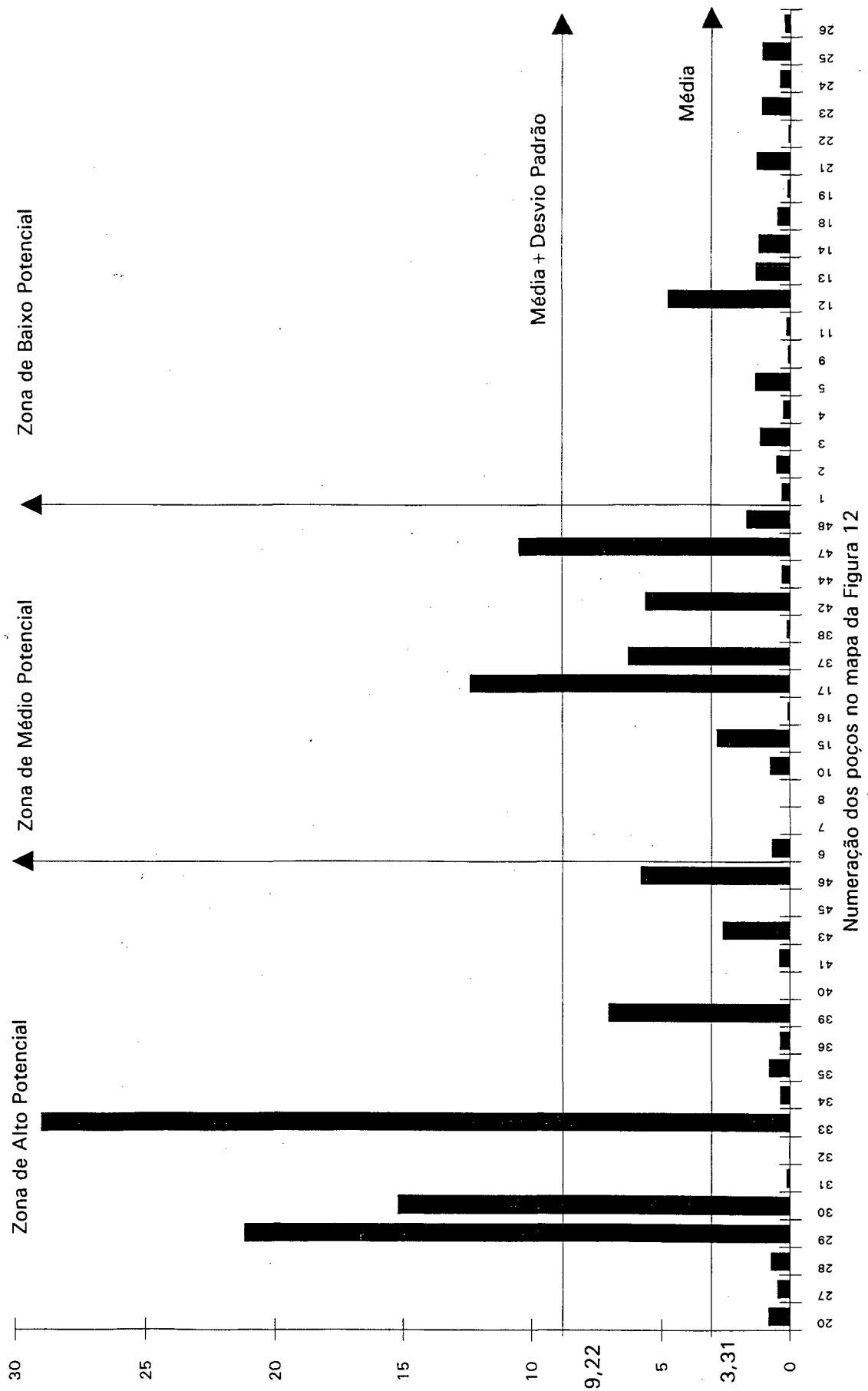
300°-320°, como aquele que deve ser preferencialmente estudado. A melhor configuração proposta por este estudo é a localização de poços na zona definida como de maior potencial, associados a lineamentos do intervalo 300°-320°.

Por outro lado a distribuição dos dados de capacidade específica dos poços pelas zonas definidas no mapa de Potencial Hidrogeológico, não deixa dúvidas acerca da grande variabilidade dos dados, mesmo dentro de cada zona. Este comportamento é típico de aquíferos fraturados e pode-se observá-lo no gráfico da Figura 20. Os dados de avaliação dos poços apresentam uma enorme dispersão e grande variabilidade, para uma média de 3,31 m³/h/h de capacidade específica, temos um desvio padrão de 5,91 e uma variância de 35 (Figura 20).

Os dados evidenciam que, embora haja direções e mesmo certos pontos (cruzamento de fraturas por exemplo), que são mais propícios a altas vazões específicas, em toda a área de estudos e nas três zonas propostas no mapa final há ainda alta proporção de poços com baixa produtividade, embora suficientes para abastecimento de necessidades locais. Assim a ocorrência de grandes vazões no Sistema Aquífero Serra Geral na área de estudo é produto de situações específicas, que merecem outros estudos complementares.

No campo das águas subterrâneas, muito ainda se deve avançar nos meios fraturados como os basaltos; as dificuldades inerentes ao próprio meio muitas vezes afastam o interesse por esses aquíferos. Assim é preciso conhecer melhor seu comportamento e aumentar os estudos em escalas

Fig. 20 - Capacidade Específica dos Poços segundo a Zona de Potencial Proposta



mais detalhadas. Não se pode por desconhecimento do potencial do Sistema Aquífero Serra Geral, partir-se para o uso imediato do Aquífero Botucatu, com perfurações bem mais profundas e caras, nesta região, sem antes promover um uso ideal da água dos basaltos da área.

A ocorrência das lineações circulares concêntricas, identificadas neste estudo, é um exemplo típico de situações anômalas que merecem aprofundamento. O poço de maior produtividade em toda a área estudada está na borda de uma dessas lineações. Não se pretende aqui afirmar que se trata de uma estrutura que tenha efeitos sobre a ocorrência de uma expressiva vazão naquele ponto. Contudo, LISBOA et al. (1987) em estudos no Rio Grande do Sul, ao indicar a presença de estruturas elípticas na Formação Serra Geral, levantam a possibilidade de estas morfoestruturas circulares serem de interesse para o estudo das águas subterrâneas.

Para completar é interessante comparar nosso estudo com o mapa de Vazões Mínimas por Área em Estiagens (Figura 21). Este mapa indica a vazão superficial mínima em sete dias de duração, com 10 anos de recorrência. Pode-se inferir que a contribuição dos aquíferos subterrâneos para essas vazões mínimas é expressiva, visto que nos períodos de estiagem os mananciais subterrâneos tendem a funcionar como caixa de reserva para a rede hídrica superficial. Interessante notar um certo grau de afinidade entre o zoneamento geral aqui proposto e o comportamento dessa variável. Como este mapa de vazões mínimas é um primeiro esforço nesta área, espera-se

que estudos mais detalhados venham definir melhor a situação, inclusive com a mensuração do grau de contribuição dos aquíferos subterrâneos para as vazões mínimas nos períodos de estiagens.

Dois mapeamentos também estão a fazer falta no melhor conhecimento do comportamento das águas no subsolo da área de interesse. O primeiro é o mapeamento do manto de alteração, neste estudo parcialmente contemplado com o mapa do modelado do relevo (Figura 15). Um mapeamento sistemático deste elemento, nos forneceria uma medida mais precisa do potencial de armazenamento do manto de alteração sobre os basaltos na área. O segundo é o mapeamento dos níveis estáticos, em relação ao nível do mar; este poderia nos fornecer subsídios importantes, para o conhecimento geral da direção do fluxo de águas subterrâneas na área. Isto porém depende da determinação precisa da cota da boca de cada poço para um aprimoramento do Cadastro de Poços.

Outra falta importante é da qualidade das águas subterrâneas: infelizmente, no Paraná, os dados de qualidade de água subterrânea ainda não são suficientes, nem mesmo para um mapeamento preliminar. Outro aspecto importante a ser pesquisado, é o impacto que possa ter sido causado nas águas subterrâneas da área, pelo lago de Itaipú, visto que naquele trecho o rio corria encaixado e com grande velocidade. Hoje tem-se um grande lago, com água represada.

A posição geopolítica da área de estudo, no centro do MERCOSUL, e porta de entrada deste para o Brasil e para o

Paraná, gerou um clima otimista em relação às perspectivas da integração latino americana. Foz do Iguaçu e Cascavel poderão sofrer novo surto de crescimento urbano. Já no período de 1980 a 1991, os dados dos censos do IBGE, indicam que Cascavel aumentou sua população urbana em 43% e Foz do Iguaçu em 80%, enquanto no Paraná como um todo, no mesmo período o crescimento da população urbana foi de 34%. É certo que Itaipú causou um surto de crescimento anormal na região, principalmente em Foz do Iguaçu. Hoje a própria hidrelétrica é mais um fator de aglutinação e aumento das perspectivas de crescimento. Existe, uma possibilidade de aumento substancial de demanda por água de boa qualidade na região, o que faz de Cascavel e principalmente Foz do Iguaçu, pontos que merecem estudos mais detalhados para aproveitamento do aquífero Serra Geral, principalmente como fonte para o abastecimento público.

BIBLIOGRAFIA

- ACQUAPLAN Consultoria Estudos e Projetos "Caracterização dos recursos hídricos do Paraná; plano de viabilidade global para implantação dos sistemas de abastecimento" Relatório AquaPlan. Curitiba, 136p, 1973.
- ALMEIDA, F.F.M. "Síntese sobre a tectônica da bacia do Paraná". In: III SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, Curitiba, Anais... São Paulo, SBG, 1:1-20p, 1976.
- ALMEIDA, F.F.M. de "Origem e evolução da plataforma brasileira". Boletim Divisão de Geologia e Mineralogia DNPM . Rio de Janeiro. M.M.E., 36p, 1967.
- ARID, F.M. et. alli. "Estudos hidrogeológicos no Município de São José do Rio Preto SP". Boletim Sociedade Bras. Geol. São Paulo, SBG, 19 (1):43-69p, 1970.
- BERNARDI, C.A. "Caracterização dos mananciais de abastecimento público das sedes municipais Estado do Paraná". Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente. Curitiba, 30p, 1985.
- BRAUN, O.P.G. "Contribuição a geomorfologia do Brasil Central" Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, IBGE 3-36p, 1970.

BREPOHL, M.D. "Arrendantes e arrendatários no contexto da soja: região de Cascavel, Paraná, 1960-1980". Dissertação de Mestrado, Pós Graduação em Desenvolvimento Econômico Regional - UFPR, Curitiba, 172p, 1982.

BRITO, S.N.A. de "Falhas primarias no basalto da UHE de Nova Ponte" In: 6° CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. Salvador, Anais... Salvador, ABENG, 1:453-464p, 1990.

CASTANY, G. "Tratado practico de las aguas subterráneas." 738p. Barcelona, Ediciones Omega S.A., 1971.

CUSTODIO, E. & LAMAS, "Hidrologia Subterrânea" Vol.I/II. 2359p. Barcelona, Ediciones Omega S.A., 1976.

DEWES, R. "Características Hidrodinâmica dos Aquíferos Basálticos do Rio Grande do Sul." Instituto Pesquisas Hidráulicas UFRS. Dissertação de Mestrado, Porto Alegre, UFRS, 103p, 1980.

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. "Mapa de Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Oeste do Paraná", Relatório Técnico e Mapa, escala 1:400.000. Embrapa, 1974.

FERNANDEZ, A.N. & LEDESMA, J.J. "Critérios Petrográficos de correlacion en Secuencias de colados basálticos". In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, Porto Alegre, Anais... Porto Alegre, SBG, 2:139-149p, 1974.

- FERREIRA, F.J.F. "Integração de dados Aeromagnéticos e Geológicos: Configuração e Evolução Tectônica de Arco de Ponta Grossa". Tese de Mestrado, USP, Instituto de Geociências, 170p, São Paulo, circulação restrita. 1982.
- FIGUEIREDO, A.H. de, & MESQUITA, O. V., & SILVA, S. T. "O impacto desigual da modernização da agricultura no oeste do Paraná". Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, IBGE, 46(3,4): 425-550p, 1984.
- FONTANA, M.A. "Sugestões de Utilização da Água Subterrânea no Abastecimento de Londrina - Integração com Mananciais Superficiais Disponíveis". Anais do 3º Encontro Nacional dos Perfuradores de Poços. Curitiba, ABAS, Tese ao Congresso. 1983.
- FRAGA, C.G. "Introdução ao zoneamento do aquífero Serra Geral no Estado do Paraná". Instituto de Geociências. Dissertação de Mestrado, São Paulo, 125p, 1978.
- FULFARO, V.J. "A evolução tectônica e paleogeográfica da bacia do Paraná pelo "Trend surface analysis" Escola de Engenharia São Paulo, São Paulo, USP, N°14 112p, 1971.
- FULFARO, V.J. et. alli. "Compartimentação e evolução tectônica da bacia do Paraná" Revista Brasileira de Geociências. São Paulo, 12(4):590-611p, 1982.
- GUIDICINI, G. "Derrames Secundários em basaltos". Boletim Sociedade Brasileira de Geologia. São Paulo, SBG, 19(1):91-93p, 1970.

GUIDICINI, G. & CAMPOS, J. de O. "Notas sobre a Morfogênese dos derrames basálticos" Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia. São Paulo, SBG, 17(1):15-28p, 1968.

HAUSMAN, A. "Comportamento do freático nas áreas basálticas do Rio Grande do Sul". Boletim Paranaense de Geografia Curitiba; AGB Paraná, (18/20):177-213p, 1966.

HAUSMAN, A. "Aspectos do Comportamento dos Aquíferos Fraturados". SANEPAR, Curitiba, 65p, 1978.

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

IAP - INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ "Mapa preliminar de isolinhas de vazões mínimas com 10 anos de recorrência e sete dias de duração. Escala 1:1.000.000, Curitiba, IAP, 1993.

IAPAR - INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. "Cartas Climáticas Básicas do Estado do Paraná. Londrina, IAPAR, 41p, 1978.

IPARDES-FUNDAÇÃO PARANAENSE DESEN. ECON. E SOCIAL "Análise socio-econômica do Projeto Iguaçu de Cooperativismo (PIC) das regiões Oeste e Sudoeste do Estado do Paraná.1974-1975". Convênio Incra-Ipardes. Curitiba, impresso, 282p, 1976.

IPARDES-FUNDAÇÃO PARANAENSE DESEN. ECON. E SOCIAL "Estudos dos efeitos econômicos e sociais da hidroelétrica de Itaipú sobre a região Oeste do Paraná". Convênio SEPL-Prodopar-Ipardes. Curitiba, impresso, 282p, 1977.

IPARDES-FUNDAÇÃO PARANAENSE DESEN. ECON. E SOCIAL
"Resultados da Avaliação e Ajuste das projeções
populacionais do Paraná para a década de 80". 58p,
Curitiba, impresso. 1991.

IPARDES-FUNDAÇÃO PARANAENSE DESEN. ECON. E SOCIAL "Situação
Social da População do Paraná - Anos 80". Versão
Preliminar. Curitiba, impresso, 110p, 1981.

IPT-INST. PESQUISAS HIDRÁULICAS "Hidrodinâmica de aquíferos
em derrames de basalto (pesquisa B)" Porto Alegre.
IPT-UFRS Vol. III 183p, 1985.

KAYANO, T.M. et. alli. "As variações intra-zonais da
precipitação no Brasil durante o verão de 1989/1990".
Climanálise: Boletim de Monitoramento e Análise
Climática do CPTEC. São José dos Campos, MCT/INPE,
(4):40-50p, 1990.

KUNCK, W. "Hydrogeologic interpretations of landsat imagery
in arid zones of south and west Africa . Satellite
Hydrology. USA-Water Resour Ass, June. 408-425p, 1979.

LEINZ, V. "Contribuição a geologia dos derrames basálticos
no sul do Brasil" Boletim da Faculdade de Filosofia
Ciências e Letras da USP. São Paulo, 103 (5):1-63p,
1949.

LEINZ, V. & SALLENTIEN, B. "Água Subterrânea no Estado de
São Paulo e Regiões Limítrofes" Boletim Sociedade
Brasileira de Geologia. SBG, 11(1):27-35p, 1962.

LEINZ, V.-1970- "Sobre o comportamento espacial do Trapp
basáltico da Bacia do Paraná". Boletim Sociedade
Brasileira Geologia. SBG, 15(4):79-91p, 1970.

LISBOA, et. alli. Identificação de uma estrutura tectônica elíptica na Formação Serra Geral, RS, através de imagens do Landsat, Radar e aerofotos. In: SIMPÓSIO SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2, Florianópolis, SC. Anais ... Florianópolis, SC, SBG. p. 131-145p, 1985.

MAACK, R. "Notas preliminares sobre as águas do sub-solo da bacia Paraná-Uruguai". Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguai, 1970.

MAACK, R. "Geografia Física do Paraná". Livraria José Olímpio Editora, Curitiba, 347p, 1981.

MARTINS, J.C.S. "Pesquisa sobre o aquífero basáltico da Região sudoeste do rio Grande do Sul" Curso de Pós-Graduação em Hidrologia Aplicada da UFRS. Dissecção de Mestrado, Porto Alegre, 75p. 1979.

MINEROPAR-MINERAÇÃO DO PARANÁ S.A. "Mapa Geológico do Paraná", Curitiba, escala 1:600.000, 1989.

MOBUS, G. "Análise estrutural e hidrogeológica do aquífero fraturado da Formação Serra Geral, região Noroeste do RS". Instituto Pesquisas Hidráulicas da UFRS. Tese Mestrado, Porto Alegre, 124p, 1977.

NORTHFLEET, A.A. et. alli "Reavaliação dos dados geológicos da bacia do Paraná" Boletim Técnico da Petrobrás. Rio de Janeiro, Petrobrás, 12(3):221-246p, 1969.

ORSATTI, W. "Disjunções colunares e direções de corridas de lava" Instituto de Geociências USP. Tese de Mestrado, São Paulo 1987.

PETROBRÁS - PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. "Análise da Bacia do Paraná". Relatório do DEPEX-CENPES,GT-OS-009/85, Rio de Janeiro, Petrobrás, 631p, 1986

PICADA, R.S. "Ensaio sobre a tectônica do escudo sul-riograndense, caracterização dos sistemas de falhas" In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Anais... São Paulo, SBG, 167-191p,, 1972.

PUTZER, R. "Diastrofismo "germanótipo" e sua relação com o vulcanismo basáltico na parte meridional de Santa Catarina" Boletim Sociedade Brasileira de Geologia. São Paulo, SBG, 2(1):37-74p, 1974.

REBOUÇAS, A.C. "Potencialidades hidrogeológicas dos basaltos da bacia do Paraná" In: XXX CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA. Anais... Recife, SGB, 6:2963-2976p, 1978.

REBOUÇAS, A.C. "Recursos Hídricos subterrâneos da bacia do Paraná - análise de pré-viabilidade". Instituto de Geociências USP. Tese Livre Docência. São Paulo, USP, 143p, 1976.

RIBEIRO, I. de O., & CEZAR, P. B., & BESNOSIK, R. I. "Modernização e diferenciação social na agricultura brasileira: um estudo no extremo-oeste do Paraná". Projeto Evolução Recente e Situação Atual da Agricultura Brasileira PERSAGRI II. Convênio Ministério da Agricultura-FVG. Curitiba, impresso, 186p, 1986.

ROSA FILHO, E.F. & KONDO, M. & SALAMUNI, R. "Água Subterrânea nos Basaltos da Bacia do Iguaçu." In: III CONGRESSO BRASILEIRO ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Anais... Belo Horizonte, ABAS, 1:217-223p,

- RUEGG, N.R. "Modelo de variação química na província basáltica do Brasil meridional; característica de teor, distribuição geográfica" In: Geologia do Brasil (Schobbenhaus, C et. alli.) Brasília, DNPM, 347p 1975.
- SANBERG, J.R.D. "Estudo hidrogeológico nas províncias litológicas do Rio Grande do Sul" Curso de Pós-Graduação em Hidrologia Aplicada. UFRS. Dissertação de Mestrado, Porto Alegre, 99p, 1980.
- SARTORI, P.L. & MACIEL FILHO, C.L. & MENEGOTTO, E. "Contribuição ao estudo das rochas vulcânicas da bacia do Paraná na Região de Santa Maria-RS". Revista Brasileira Geociências. 4:141-159p, 1975
- SATYAMURTY, P. & ETCHICHURRY, P.C. "Seca de 1988/89 no extremo sul do Brasil." Climanálise: Boletim de Monitoramento e Análise Climática do CPTEC. São José dos Campos, MCT/INPE, (4):31-48p, 1989.
- SCHNEIDER, A.N. "Vulcanismo basáltico na Bacia do Paraná Perfil Foz do Iguaçu-Serra da Esperança" In: XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Anais... Brasília, SBG, 211-217p, 1974.
- SCHOWENGERD, R. et. alli. "Correlation geologic structure inferred from computer enhanced landsat imagery with underground water supplies in Arizon". Satellite Hydrology. USA-Ame Water Resour Ass, June, 387-397p, 1979.
- SCHUCK, M.T.G. de O. et. alli. "Estudo morfotectônico e estrutural de um segmento da bacia do rio Uruguai RS através de técnicas de sensoriamento remoto". Acta Geológica Leopoldinense. São Leopoldo. Vol. XIII. 229-242p, 1990.

SCHUCK, M.T.G.de O. et all "Método para a obtenção visual; de informações geológicas de imagens". Revista de Ensino de Engenharia. São Paulo, ABES, 5(2):154-167p, 1986.

SETZER, J. Fraturas observadas em fotografias aéreas e sua significação hidrogeologica. Boletim Sociedade Brasileira de Geologia. São Paulo, SBG, 13(1-2):55-60p, 1964.

SILVA, F.B.C. "Determinação de atitude de estrutura lineares." Acta Geológica Leopoldensia. São Leopoldo, 3(10):03-28p, 1979.

SINELLI, O. "Água subterrânea no município de Ribeirão Preto". In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Anais... São Paulo, SBG, 2:17-34p, 1971.

SINELLI, O. "Considerações sobre o tectonismo no município de Ribeirão Preto". In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Anais... São Paulo, SBG, 2:145-151p, 1971.

SINELLI, O. "Vulnerabilidade dos aquíferos subterrâneos na Região NNE do Estado de São Paulo". In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Anais... Porto Alegre, SBG, 7:89-98p, 1974.

SOARES, P.C. "Análise morfoestrutural regional com imagens de radar e Landsat na bacia do Paraná". São Paulo, Paulipetro 23p, 1982.

SOARES, P.C. "Divisão estratigráfica do mesozóico do Estado de São Paulo" Revista Brasileira de Geociências. São Paulo, 5(4):229-51p, 1975.

SOARES, P.C. "Lineamentos em imagens Landsat e radar suas aplicações no conhecimento tectônico da bacia do Paraná". São Paulo, Paulipetro, 22p, 1982.

SOARES, P.C. et. alli. "Aplicação da análise morfoestrutural regional em semi-detálhe com fotos aéreas na bacia do Paraná". São Paulo, Paulipetro, 13p, 1981.

SOARES, P.C. & BARCELOS, P.E. & CORDAS, S.M. & MATOS, J.T. de & BALLIEIRO, M.G. & MENESES, P.R. "Lineamentos em imagens de LandSat e Radar e suas implicações no conhecimento Tectônico da bacia do Paraná." In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Anais... Brasília, CNPq-INPE, 1:143-156p, 1982.

SOBREIRO NETO, A.F. & CAMPOS, H.C.N. "Análise de agrupamento, um método auxiliar na caracterização de aquíferos". XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Anais... Camburiú, SBG, 1041-1056p, 1980.

SZUBERT, E.C. "Critérios de correlação entre derrames basálticos na província vulcânica mesozóica da bacia do Paraná". Acta Geológica Leopoldensia. São Leopoldo, 5(13):03-10p, 1981.

SZUBERT, E.C. "Esquema interpretativo da evolução geológica das rochas vulcânicas mesozóicas da bacia do Paraná". Acta Geológica Leopoldensia. São Leopoldo, 3(10):113-124p, 1979.

SZUBERT, E.C. & KIRCHNER, C.A. & SHINTAKU, I. "Vulcanismo ácido no planalto meridional do Rio Grande do Sul". In: XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Anais... Recife, SBG, 3:1350-1356p, 1978.

THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R. "The Water balance"
Laboratory of Climatology, Centerton, 8(1), 1955.

VIANNA, P.C.G. & FOLWEN, R.B. & BISCAIA, M.L. "Ocorrência
de Agrotóxicos, em Águas Superficiais do Estado do
Paraná", Superintendência de Recursos Hídricos e Meio
Ambiente. Curitiba, impresso, 28p, 1985.

VIEIRA, A.J. "Geologia do centro e nordeste do Paraná e
centro sul de São Paulo". In: XXVII CONGRESSO
BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Anais... SBG, 3:259-277p, 1973.