



COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
Agência de Pôrto Alegre
CONVÊNIO DNPM/CPRM

PROJETO HIDROGEOLOGIA DA FRONTEIRA
SUDOESTE DO
RIO GRANDE DO SUL

RELATÓRIO PRELIMINAR

POR:
Cladis Antonio Presotto
Paulo Francisco Garcia

PÔRTO ALEGRE
1971



PHL
007347
2006

	SUREMI
CPRM	SEDOTE
ARQUIVO TÉCNICO	
Relatório n.º	071 - 5
N.º de Volumes:	3 v.: 1
OSTENSIVO	

Í N D I C E

1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 Localização Geográfica	1
1.2 Histórico	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Metodologia	4
1.5 Trabalhos Anteriores	5
2 - GEOGRAFIA	7
2.1 Climatologia	7
2.2 Fitofisionomia	7
2.3 Geomorfologia	9
2.3.1 Província dos Sedimentos da Bacia do Paraná	9
2.3.2 Província do Planalto de Lavas Básicas	11
2.3.3 Província dos Sedimentos Quaternários	12
2.4 Drenagem	12
2.5 Pedologia e intemperismo	15
3 - GEOLOGIA	17
3.1 Estratigrafia	17
3.1.1 Formação Rio Pardo	18
3.1.1.1 Generalidades	19
3.1.1.2 Área de Ocorrência e Relações de Contato	19
3.1.1.3 Petrografia	20
3.1.2 Formação Botucatu	21
3.1.2.1 Generalidades	21
3.1.2.2 Área de Ocorrência e Relações de Contato	22
3.1.2.3 Silicificação do Arenito	23
3.1.2.4 Petrografia	25
3.1.3 Formação Serra Geral	25
3.1.3.1 Generalidades	25
3.1.3.2 Área de Ocorrência e Relações de Contato	26
3.1.3.3 Petrografia	29
3.1.3.4 Arenitos "intertrapp"	30
3.1.4 Quaternário	31

3.2	Geologia Estrutural	32
3.3	Geologia Econômica	33
3.3.1	Generalidades	33
3.3.1.1	Água Subterrânea	33
3.3.1.2	Material de Construção	35
3.3.1.3	Outros	37
4	- CONCLUSÕES	38
5	- BIBLIOGRAFIA	40
6	- DOCUMENTAÇÃO	44

1 - INTRODUÇÃO

1.1. Localização Geográfica

A área de execução do projeto é a região denominada "Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul". Compreende uma área de 45.000 km², englobando, parcial ou totalmente, os municípios de Alegrete, Uruguaiana, Itaqui, Santiago, São Francisco de Assis, São Vicente do Sul (antigo General Vargas), Cacequi, Rosário do Sul, São Gabriel, Dom Pedrito, Sant'Ana do Livramento e Quaraí. Fisiograficamente, corresponde em parte à área abrangida pela bacia hidrográfica do rio Ibicuí e pelas bacias de contribuição dos afluentes da margem direita do rio Quaraí e da margem esquerda do rio Santa Maria. Sua situação geográfica é mostrada na figura 1, mapa de localização e trabalho executado.

A área constante deste relatório preliminar é delimitada pelos meridianos 55°15' e 56°00' W de Greenwich e paralelo 29°15' S até a fronteira com a República Oriental do Uruguai, com exceção das fôlhas de Alegrete, Arroio Caverã, Arroio Pai-Passo e Santa Eugênia. Além disto, fazem parte do relatório mais três fôlhas 15' x 15', delimitadas pelas coordenadas 56°00'-56°15' (W Gr.) e 29°45'-30°15' S e 55°00'-55°15' (W Gr.) e 30°45'-31°00' Sul. Compreende uma área de 13.970 km², abrangendo as fôlhas de Ibirupuitã, Arroio Piraju, Caraguataí, Rincão de São Miguel, Passo Novo, Vila Manuel Viana, Guaçu Boi, Lagoa Parovê, Severino Ribeiro, Passo do Caverã, Cêrro do Chapéu, Paraíso, Passo do Mato Sêco, Pedregal, Passo do Cerrito, Cêrro da Cruz, Arroio Invernada, Campo Osório, Livramento, Palomas, Engenheiro Madureira, Massoller, Casa Rosada e Marco Itaqui (vide figura, 2, mapa de localização das fôlhas mapeadas).

1.2. Histórico

O estudo da geologia e dos recursos hídricos na Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul pode ser dividido em duas fases.

A primeira fase começa com a assinatura de um convênio, em 4 de abril de 1968, entre o Ministério das Minas e Energia e a Secretaria dos Negócios da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul.

Os objetivos básicos do referido convênio foram os de organizar um planejamento integrado de combate às estia-gens e aos desequilíbrios hidrológicos ocorrentes na porção su doeste do Estado, através de um programa de estudos e investi-mentos nos campos da Hidrologia e Hidrogeologia.

Tal programa, tendo por escopo a determinação das condições de captação de águas superficiais e subterrâneas, seria desenvolvido através dos órgãos técnicos Divisão da Pro-dução Mineral (Secretaria da Agricultura) e Departamento Nacio-nal da Produção Mineral (MME).

Nesta fase o projeto recebeu a denominação de "Projeto Específico Subordinado ao Convênio de Hidrogeologia na Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul".

Na elaboração do Primeiro Plano de Trabalho, a-presentado pelos representantes dos órgãos técnicos participan-tes do Convênio, e firmado em 23 de outubro de 1968, foi consi-derado que tal planejamento integrado era parcialmente coinci-dente com as metas de ação da Superintendência do Desenvolvi-mento da Região Sul (SUDESUL), do Ministério do Interior.

O referido Plano, em vista disso, recomendava que os trabalhos e pesquisas hidrogeológicas a serem realiza-dos, se constituíssem "em contribuição para o plano integrado a ser executado por tôdas as Entidades atuantes nessa área de atividades", visando o somatório dos esforços para a concreti-zação dos objetivos comuns.

Seguindo então, o programa do Primeiro Plano de Trabalho, o DNPM através dos geólogos Vitor Hugo Silveira de Castro e Cladis Antonio Presotto realizou o mapeamento geológico, em escala 1:50.000, de uma área de aproximadamente 8.000 km², compreendendo as fôlhas de Itaqui, Tuparaí, Massambará, Banhaão Bororé, Itu, Arroio Puitã, Unistalda, Santiago, Alegrete, Arroio Caverá, Arroio Pai-Passo e Santa Eugênia; concomitantemente o DNPM prestou assistência técnica às equipes de sondagem da Divisão da Produção Mineral através de um engenheiro especializado em Hidrologia colocado à disposição da referida Divisão.

Com a implantação da Agência de Pôrto Alegre da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM-PA), em 1º de junho de 1970, teve início a segunda fase. E a partir desta data, o convênio firmado entre o Ministério das Minas e Energia e a Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul deixou de existir.

Em 27 de agosto do mesmo ano, foi assinado um convênio entre o DNPM e a CPRM para o prosseguimento do mapeamento geológico na porção sudocidental do Estado.

Com a assinatura do novo convênio o projeto passou a denominar-se "Projeto Hidrogeologia da Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul".

Desta forma, a partir de setembro de 1970, a CPRM, através de sua equipe técnica, começou a executar o mapeamento geológico sistemático, em escala 1:50.000, na porção sudoeste do Estado, dando continuidade aos trabalhos iniciados pelo DNPM.

1.3. Objetivos

O objetivo principal do projeto é o mapeamento geológico, em escala 1:50.000, de extensa área de ocorrência de

rochas basálticas e gonduânicas, na porção sudoeste do Rio Grande do Sul.

Especial atenção foi dada ao estudo das possibilidades hidrogeológicas das diversas litologias da área, visando o aproveitamento da água subterrânea e de superfície, principalmente na pecuária e agricultura, que são as maiores fontes de riqueza da região e um dos principais suportes da economia.

1.4. Metodologia

A documentação básica utilizada durante o mapeamento geológico foi uma coleção de fotografias aéreas, escala 1:60.000, e de fotoíndices, escala 1:180.000, ambas de propriedade do 1º Distrito Extremo-Sul do DNPM. Tanto as fotografias como os fotoíndices pertencem a vôos realizados pela USAF, durante o período de novembro/64 a outubro/65.

Os resultados provenientes das diversas etapas de campo e laboratório foram plotados em plantas planialtimétricas, obtidas a partir de fôlhas 15' x 15' do Serviço Geográfico do Exército.

Tôda a região foi percorrida, tanto as áreas com estradas transitáveis quanto as áreas não servidas por estradas ou caminhos, perfazendo 4.014 km de caminhamento geológico.

Foram estudados 422 afloramentos, tendo sido coletadas 32 amostras de rochas, cuja localização está expressa no mapa nº 3. As amostras mais representativas foram submetidas a acurado estudo petrográfico macro e microscópico, cabendo a parte microscópica ao Laboratório de Petrografia da CPRM, no Rio de Janeiro, que descreveu 13 lâminas delgadas.

Adicionalmente foram locados nos mapas 225 poços para água, 7 cacimbas, 21 nascentes d'água e 43 locais de exploração de material de construção.

1.5. Trabalhos Anteriores

Entre os trabalhos de geologia efetuados na área mapeada, pode-se citar como sendo o mais antigo "As estia-gens na Faixa da Fronteira do Rio Grande do Sul", de Mariano Sena Sobrinho, publicado em 1951.

Em 1960, Hausman publicou "Estudos das Possibi-lidades de Água Subterrânea no Rio Grande do Sul", e em 1962, apresentou o trabalho "Aspectos Hidrogeológicos das Áreas Ba-sálticas do Rio Grande do Sul".

Em 1965, durante a 1.^a Semana de Debates Geolôgi-cos (SEDEGEO), realizada na Escola de Geologia da UFRGS, Haus-man apresentou o trabalho "Esboço Hidrogeológico do Rio Gran-de do Sul".

Em 1966, o mesmo autor publicou o relatório "Com-portamento do Freático nas Áreas Basálticas do Rio Grande do Sul".

Em 1967, Macedo apresentou o trabalho "Planeja-mento Geohidrológico do Rio Grande do Sul", onde o autor defi-ne as regiões hidrogeológicas e faz um exame da ocorrência das águas superficiais e subterrâneas no Estado.

Em 1970, a SUDESUL realizou o mapeamento pedolô-gico e geológico em escala 1:50.000 do município de Alegrete e parcialmente dos municípios de Rosário do Sul e São Francisco de Assis, baseando-se principalmente em critérios foto-geolôgi-cos. O relatório da parte geológica até o presente não foi pu-blicado.

Êstes mapeamentos da SUDESUL fazem parte do Projeto Sudoeste 1, atualmente em execução na Fronteira Sudoeste do Estado e que tem por finalidade elaborar planos e projetos agro-hidrológicos integrados baseados nas atividades agrícolas, hidro-agrícolas e agropastoris da região.

Durante o XXIV Congresso Brasileiro de Geologia, realizado em Brasília, no mês de setembro de 1970, foram apresentados os seguintes trabalhos:

- Castro, V.H.S. de e Presotto, C.A. - Hidrogeologia na Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul.
- Grehs, S.A. - Potencialidade Aquífera das Lineações Tectônicas com Base na Conceituação de Fratura Fotogeológica na Área do Projeto Sudoeste 1.
- — e Fleck, C.J. - Evidências de Eventos Metamórficos Contemporâneos à Deposição do Arenito Botucatu e Anteriores aos Derrames Basálticos do Sudoeste do RGS.
- — e Vergara, V. - Características Petrográficas do Arenito Botucatu Metamorfizado. Municípios de Alegrete e Quaraí.

Ainda em 1970, Maciel e outros apresentaram o trabalho "Geologia de São Francisco de Assis", em escala 1:100.000.

Além destes, outros trabalhos são referidos na bibliografia. Mas por se tratarem de estudos que abrangem a área ainda não mapeada, não serão aqui citados.

2 - GEOGRAFIA

2.1. Climatologia

O clima da região é subtropical ou Virginiano (temperado chuvoso) com verões quentes e invernos frios, cfa segundo W. Köppen, (F.P. Machado, 1950 e J.A. Moreno, 1961). A temperatura média anual é de 19,3°C e a temperatura do mês mais quente é superior a 22°C e do mais frio é de -3°C a 18°C, geralmente nos meses de janeiro e julho, respectivamente. Apresenta os valores máximos de insolação do Estado, cêrca de 2.500 horas por ano. De modo geral, predominam as ondas de frio sôbre as de calor e os ventos sopram segundo o quadrante SE.

A zona da fronteira apresenta os menores índices pluviométricos do Estado, sendo raros os nevoeiros. As geadas são relativamente abundantes de julho a agosto. As precipitações médias anuais variam entre 1.350 e 1.650 milímetros. As chuvas distribuem-se durante todo o ano, dominando levemente no outono, porém, apresentam os maiores contrastes pluviométricos de todo o Estado, com variações mensais de 68 até 170 milímetros.

2.2. Fitofisionomia

A vegetação na área mapeada é constituída predominantemente pelos "campos", isto é, cobertura herbácea sem árvores. Este tipo de vegetação recobre aproximadamente 90% e os restantes 10% são constituídos por matas ciliares e parques de espinilhos.

Segundo o relatório de solos da Sudesul (1970), os "campos" são divididos em três grupos, de acôrdo com o material originário dos solos:

- Campos da região dos arenitos:
- Campos da região dos basaltos:
- Campos de planícies de sedimentos recentes.

Nos "campos" da região dos arenitos de boa a média cobertura de vegetação, predominam as gramíneas do gênero Paspalum sp., Axonopus sp. e Andropogon lateralis. As leguminosas são raras. Nas regiões de muito baixa cobertura vegetal dominam a palmeirinha "Indaiá" (Attelea sp.) e gramíneas.

Os "campos" da região de basalto são caracterizados por boa cobertura vegetal, com vários gêneros e espécies, principalmente gramíneas (Paspalum, Axonopus, Andropogon, Sporobolus, etc.), leguminosas (gêneros Trifolium, Phaseolus e Desmodium) e oxalidáceas, principalmente as "azedinhas" do gênero Oxalis.

As áreas ocupadas pelos "campos" de planícies de sedimentos recentes, em sua maioria, apresentam-se modificadas pelo uso agrícola. De modo geral, há dominância das gramíneas e Ciperáceas. Nas áreas alagadiças observa-se a presença de "Santa Fé" (Panicum rivulare) e vários gêneros de Ciperáceas e Pontederiáceas.

A mata ciliar ou de galeria é caracterizada por vegetação arbórea, ao longo dos principais cursos d'água, apresentando as seguintes espécies predominantes: Erythrina Cristagalli ou "Corticeira", Sebastiania Klotschiana ou Branquilho, Terminalis australis ou Amarelho, etc. Esta vegetação é dominante nos terrenos aluviais arenosos.

Um tipo comum de arbusto na área mapeada é a denominada espinilho, que constitui parques de arbustos e de porte baixo, tortuosos, muito ramificados e espinhosos, pertencentes à família das leguminosas, gênero Acácia e Mimosa.

2.3. Geomorfologia

Adotamos neste item as conceituações e divisões morfográficas apresentadas por Santos, E.L. e outros em "Levantamento Geomorfológico do Rio Grande do Sul", igualmente empregadas pela SUDESUL, no Projeto Sudoeste 1, para efeito de mapeamento de solos, em área abrangida pelo nosso projeto.

Os autores do referido trabalho tomam como um dos parâmetros para a divisão do Estado em quatro províncias geomorfológicas, os grandes grupos litológicos.

Na área mapeada encontram-se caracterizadas as seguintes províncias geomorfológicas:

- Província dos sedimentos da bacia do Paraná
- Província do planalto de lavas básicas
- Província dos sedimentos quaternários

2.3.1 Província dos Sedimentos da Bacia do Paraná

Esta província é constituída na área em estudo pelas formações Rio Pardo e Botucatu.

Sobre a Formação Rio Pardo desenvolvem-se coxilhas pampeanas, unidade morfográfica do grupo denudativo, caracterizadas pelas suas feições arredondadas, declives suaves, aparecendo bem distintas umas das outras no relêvo suave ondulado. Tais coxilhas pampeanas formam em um sentido lato a superfície de campanha com cotas entre 100 e 180 metros, definida por Ab'Saber como uma superfície aplainada.

Uma feição associada às coxilhas, com especial desenvolvimento na Formação Rio Pardo é o intenso ravinamento em forma de U aberto, que chega a atingir 5 metros de profundidade.

dade e 15 metros de largura e dezenas de comprimento. Este fenômeno erosivo, tem nas rochas areno-argilosas friáveis, condições propícias ao seu desenvolvimento ainda facilitado pelas fontes que normalmente se localizam nas cabeceiras destas ravinas.

Nas áreas de ocorrência da Formação Botucatu, as coxilhas pampeanas têm declives suaves, sendo que próximo às superfícies aluviais dos principais rios, elas mal apresentam a conformação abaulada, ou seja, praticamente planas, constituindo um domínio de superfície aplainada. Neste tipo de unidade geomorfológica ressaltam-se na topografia mesas e morros testemunhos, às vezes coroados no topo por fina camada de basalto, assumindo em certos locais o caráter de verdadeiros tabuleiros, com topografia suave ondulada e encostas abruptas.

A presença destas feições abruptas deve-se ao fenômeno de silicificação ocorrido no topo da Formação Botucatu, sendo mais comumente encontradas nas proximidades do vale do rio Ibicuí. Há cuestras nesta região com frentes que se alongam por mais de uma dezena de quilômetros. Um arco natural formado pelo arenito silicificado foi encontrado em um morro testemunho, originado devido aos processos erosivos das águas percolantes sobre o arenito friável sotoposto.

Normalmente nas encostas abruptas dos morros testemunhos, mesas e frentes de cuestras areníticas, encontram-se feições do grupo gravitacional, ou seja, depósitos de talude, com forma de um pedestal, o qual normalmente é recoberto por vegetação frondosa nos paredões dos vales basálticos.

A erosão no arenito Botucatu, altamente friável, atua de modo intenso especialmente nas encostas das coxilhas onde segundo Maciel e outros (1970), "uma agricultura mal conduzida está, a bem dizer, a ressuscitar aquele deserto desaparecido no Triássico e que deu origem a esta formação". O arenito está voltando ao estado de areia que pela ação eólica, exi

be as características "ripple marks". Nas fôlhas de Vila Manuel Viana e Lagoa Parovê, esta feição semelhante a "lençóis de areia" pode ser observada, com alguns apresentando superfícies superiores a 200 ha, resultando em enormes prejuízos para a agricultura e pecuária da região.

2.3.2 Província do Planalto de Lavas Básicas

A zona de transição das rochas da Formação Botucatu para as efusivas apresenta-se como uma faixa com direção norte, paralela à Cuesta de Haedo. (*) Ela constitui um platô dissecado transicional de superfície intensamente retrabalhada, cujo relêvo ondulado a fortemente ondulado representado por outeiros e morros testemunhos agrupados ao longo da faixa de contato.

No planalto de lavas básicas propriamente dito dominam as coxilhas tabulares, pertencentes ao grupo denudativo, reconhecíveis pelo seu tópo achatado em perfil, e com forma circular em planta.

Estas coxilhas ocorrem desde o norte da área até a fronteira Brasil-Uruguai ao Sul, sendo ligeiramente interrompidas nas imediações do vale do rio Ibicuí. Nos locais de domínio das coxilhas tabulares verifica-se a ausência de drenagem encaixada em vales abruptos.

(*) Cuesta de Haedo - Recebeu esta denominação do geógrafo uruguaio J. Chebataroff, em 1951. Está situada na região sudoeste do Rio Grande do Sul e parte dos vizinhos países do Uruguai e Argentina. A depressão do rio Ibicuí seccionou-a do planalto basáltico, diferenciando e identificando-a geomorfológicamente como uma cuesta basáltica, com declive decrescente para oeste, concordante com o embasamento arenítico que mergulha em direção ao rio Uruguai.

Subordinadamente no domínio das coxilhas tabulares, pode-se observar características de relevo escalonado, especialmente nas fôlhas Pedregal, Passo do Cerrito e mesmo Cêrro da Cruz, onde devido à atuação diferencial dos processos erosivos sôbre os diversos derrames basálticos, deram origem a mesas de extensão variável e de superfícies escalonadas, com topos bastante trabalhados e de formas geralmente onduladas.

2.3.3. Província dos Sedimentos Quaternários

Na área mapeada esta província é caracterizada por pequenas ou extensas planícies aluviais, constituídas por depósitos de sedimentos inconsolidados que se desenvolvem paralelamente aos principais cursos d'água. Constituem, em outras palavras, as planícies de inundação ou "floodplains", geralmente com cotas pouco acima do nível médio das águas. As maiores planícies que ocorrem na área em estudo localizam-se nos vales dos rios Ibicuí, Ibirapuitã, Ibicuí da Armada e Upamaroti e nos arroios Ibicuí da Faxina e Inhanduí, nos quais é comum a presença de matas galerias e banhados. Os diques marginais são frequentes em tôda a drenagem de pequeno porte, enquanto que feições do tipo "meander scars" e "channel bars" restringem-se aos rios maiores, como é o caso do rio Ibicuí. Neste rio podemos identificar nas próprias fotografias aéreas a presença de terraços. As drenagens de menor dimensão caracterizam-se por seus já conhecidos depósitos aluvionares marginais, "channel bars".

2.4. Drenagem

A área trabalhada faz parte de três bacias hidrográficas importantes: ao norte a bacia do rio Ibicuí, que desenvolve-se com sentido noroeste para o vale do rio Uruguai; a sudoeste a bacia do rio Quaraí; e a sudeste a bacia do rio Santa Maria.

O rio Ibicuí é a principal drenagem da área, tendo como afluentes mais importantes, na margem esquerda o rio Ibirapuitã e na margem direita o rio Itu e os arroios Piraju e Caraguataí.

O rio Ibirapuitã nasce perto da cidade de Livramento e seu curso atravessa a fronteira sudoeste do Estado no sentido noroeste. O arroio Caverã é seu principal afluente da margem direita, desembocando próximo à cidade de Alegrete. Na margem esquerda merecem destaque os arroios Inhanduí e Pai-Passo, que desaguam no Ibirapuitã, a montante e a jusante de Alegrete, respectivamente.

A sudoeste da área estudada, temos a bacia do rio Quaraí, que constitui um marco natural demarcatório de nossa fronteira. A área mapeada abrange somente os arroios formadores do rio Quaraí, tais como o Moirões, o Espinilho e o Invernada.

Considerando o mergulho regional para oeste das rochas ígneas e sedimentares na fronteira observa-se que o rio Ibirapuitã e seus afluentes principais são do tipo subsequente, enquanto os rios Ibicuí e Quaraí pertencem ao tipo consequente. Também ocorrem drenagens do tipo obsequente, mas não apresentam, de modo geral, porte apreciável.

Na parte sudeste da área estudada, a drenagem faz parte da bacia hidrográfica do rio Santa Maria, que juntamente com os rios Jaguari e Ibicuí Mirim dão origem ao rio Ibicuí. Nesta porção da área, somente merecem destaque o rio Upamaroti e o arroio da Cruz que desaguam no rio Ibicuí da Armada, afluente do rio Santa Maria.

Todas estas drenagens são perenes, podendo no entanto algumas delas apresentar vazões desprezíveis por ocasião de estiagens prolongadas, já que a contribuição de água subterrânea é insignificante, nestas épocas.

Quanto aos padrões de drenagem, estão condicionados ao tipo de rocha, topografia e fraturas sôbre as quais se estabeleceram, podendo-se portanto, relacioná-las com a geomorfologia.

Nas coxilhas pampeanas, o padrão predominante é o dendrítico, ocorrendo maior densidade de drenagem nos sedimentos areno-siltosos argilosos da Formação Rio Pardo, onde também são comuns as bossorocas. No arenito Botucatu friável, a quantidade de drenagens é menor, devido sua alta porosidade e permeabilidade.

Nas escarpas e nas proximidades da cuesta de Haedo, o arenito Botucatu apresenta padrão paralelo de drenagem.

No planalto de lavas básicas a densidade de drenagem é elevada e quase que totalmente controlada por um padrão de fraturas em que predominam as de direção NE-SW e NW-SE.

A zona, conhecida pela denominação de platô dissecado transicional, apresenta os rios encaixados em vales pouco profundos em relação aos que ocorrem em outras áreas basálticas no Estado, com perfil longitudinal escalonado e padrão de drenagem retangular. O mesmo padrão é observado nas drenagens das coxilhas tabulares, entretanto, sem apresentar vales abruptos. Exemplo típico de drenagem nas coxilhas tabulares é o rio Ibirapuitã.

O relêvo escalonado apresenta pequena densidade de drenagem e no t^opo dos tabuleiros observa-se a formação incipiente de uma nova r^ede de drenagem, representada por pequenas lagoas rasas, que secam durante as estiagens, devido ao rebaixamento do nível freático que as controla. Nas bordas dos tabuleiros as pequenas drenagens são perenes e de padrão paralelo.

Nas planícies de inundação, nos depósitos aluviais ou lacustres, a drenagem apresenta padrão dendrítico.

2.5. Pedologia e intemperismo.

As áreas basálticas cobrem aproximadamente 70 % da área mapeada, com os derrames mostrando comumente as zonas de diaclasamento horizontal e vertical.

O diaclasamento do basalto é muito importante no desenvolvimento do solo. Quando horizontal, dificulta a ação do intemperismo químico e dá origem a solos rasos, com pH próximo a 7, predominando as argilas montmoriloníticas. Já na zona de diaclasamento vertical, o intemperismo químico é facilitado, dando origem a solos profundos, com caráter ácido e argilas do grupo da caulinita.

Embora sejam frequentes na área os solos mal desenvolvidos, apresentando apenas os horizontes A muito delgado, C e D; em certas regiões há solos basálticos espessos de cor avermelhada decorrente de alteração profunda da rocha, constituindo a terra roxa segundo Setzer (1949).

Uma característica comum nas rochas basálticas é a textura argilosa, devido a ausência de quartzo em sua composição mineralógica.

No entanto, nas zonas de contato entre o basalto e os arenitos, a textura do solo evidencia uma mistura de argila e areia, provenientes da alteração daquelas rochas, correspondente a "terra roxa misturada" (Setzer, op.cit).

Intercalados nos derrames ocorrem frequentemente, camadas de arenito, com características petrográficas semelhantes aos arenitos da Formação Botucatu. Nestes locais o solo é raso, muito pobre em matéria orgânica ou mesmo ausente, onde ocorre arenito silicificado aflorante.

Os solos provenientes do arenito Botucatu apresentam um perfil profundo e arenoso, com baixa capacidade de retenção d'água. A espessura média do solo é de 60-70 cm, havendo casos de até dois metros. A cor predominante é a vermelha, apresenta pequena quantidade de drenagem e são friáveis em toda a extensão do perfil. Quando o perfil do solo é completo, os horizontes A, B e C não são facilmente individualizados, pois apresentam uma transição difusa entre eles.

Na área de ocorrência dos sedimentos da Formação Rio Pardo, os solos apresentam espessura média, em torno de um metro, podzolizados, moderadamente drenados, muito suscetíveis à erosão, constatando-se a presença de grande número de bossorocas. Quando o perfil do solo está completo, pode-se observar o horizonte A com cerca de 40 cm, cinza escuro, argiloso; o horizonte B menos espesso, marrom escuro a amarelado, argilo-arenoso e o horizonte C é composto por arenitos e siltitos intemperizados, de cor vermelha.

Sedimentos recentes provenientes da erosão fluvial das rochas ocorrentes na área, constituem os solos hidromórficos tanto aluviais como coluviais e que são parcialmente aproveitados para o plantio.

Nas áreas em que predomina o basalto, estes sedimentos são argilosos e naqueles em que predominam os arenitos são de caráter arenoso.

Os valores médios de precipitação pluvial e temperatura permitiram-nos determinar, em diagramas de L. Peltier apresentados em "Principles of Geomorphology" (W. Thornbury, 1960, pp. 59 e 60), as características básicas da ação intemperica sobre as rochas da região. Decomposição química muito forte, com predominância sobre o intemperismo físico. O transporte dos materiais erodidos caracteriza-se por movimentos de massa moderados, erosão pluvial moderada a máxima e mínima ação dos ventos.

3 - GEOLOGIA

3.1. Estratigrafia

A coluna geológica do Rio Grande do Sul está representada na área trabalhada por três unidades litoestratigráficas e pelos depósitos de sedimentos quaternários.

As rochas basálticas da Formação Serra Geral, que cobrem a maior parte da superfície mapeada e os arenitos eólicos da Formação Botucatu estão incluídos no Grupo São Bento. Estas duas formações estão separadas por discordância erosional, do tipo "nonconformity".

Sotoposta à Formação Botucatu ocorrem sedimentos por nós mapeados como pertencentes à Formação Rio Pardo, do Grupo Passa Dois. Há controvérsias com relação a denominação desta formação. Para alguns, seria a Formação Rio do Rasto. Preferimos utilizar a denominação de Formação Rio Pardo, para manter a uniformidade de conceitos de mapeamento, anteriormente observada pelas equipes de geologia do DNPM.

Ribeiro, Bocchi, Figueiredo F^o e Tessari (1966) usaram a denominação Formação Rio Pardo (proposta por Delaney e Hanke, 1963) aos sedimentos equivalentes à Formação Rio do Rasto, durante o mapeamento da quadrícula de Caçapava do Sul.

Os autores justificam esta escolha pelo fato de existir descontinuidade de afloramentos e insuficiência de dados de sondagem entre as áreas de ocorrência no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, além de não ser possível no Rio Grande do Sul, separar estas rochas nas divisões Serrinha e Morro Pelado, como ocorre em Santa Catarina.

Esta mesma denominação foi utilizada por Tessari e Picada (1966) no mapeamento da Quadrícula de Encruzilha-

da do Sul, por Tessari e Giffoni (1970) no trabalho "Geologia da Região Piratini-Pinheiro Machado-Bagê, Rio Grande do Sul" e pela SUDESUL (1970) no mapeamento pedológico e geológico do município de Alegrete e parte dos municípios de Rosário do Sul e São Francisco de Assis.

Abaixo apresentamos um quadro que resume as relações estratigráficas entre as rochas mapeadas:

ERA	PERÍODO	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA
Ceno- zôico	Quaternário Recente			Depósitos aluvi- ais e eluviais. Areias, seixos, pedras inconsol- idados.
			discordância	
Meso- zôico	Cretáceo- Jurássico	São	Serra Geral	Derrames basál- ticos
	Triássico superior	Bento	Botucatu	Arenitos eólicos
			discordância	
Paleo- zôico	Permiano superior	Passa Dois	Rio Pardo	Arenitos e silti- tos intercalados com camadas de ar- gilas.

3.1.1 Formação Rio Pardo

3.1.1.1 Generalidades

O nome da Formação Rio Pardo foi proposto por Delaney e Goñi (1963) para as rochas equivalentes da Formação Rio do Rasto no Rio Grande do Sul. Posteriormente, esta formação, foi definida por Delaney e Hanke (inédito), dentro dos moldes do Código Estratigráfico Internacional.

Ribeiro, Bocchi, Figueiredo F? e Tessari (1966), no mapeamento da quadrícula de Caçapava do Sul, usaram a denominação de Formação Rio Pardo, para os sedimentos sotopostos à Formação Botucatu. A mesma nomenclatura foi utilizada por Tessari e Picada (1966) no mapeamento da quadrícula de Encruzilhada do Sul e Tessari e Giffoni (1970) no trabalho Geologia da Região Piratini-Pinheiro Machado-Bagé, Rio Grande do Sul.

Desta maneira, também utilizaremos a denominação de Formação Rio Pardo, mantendo a uniformidade de conceitos de mapeamento no Rio Grande do Sul.

Segundo Delaney e Goñi (1963) esta formação teria sido depositada em ambiente lacustre, com águas claras e doces, num clima quente e úmido. Quanto à idade, a Formação Rio Pardo tem sido considerada como Permiano superior.

3.1.1.2 Área de Ocorrência e Relações de Contato

A Formação Rio Pardo ocupa uma estreita faixa a este da área mapeada, desde a fôlha Lagoa Parovê até a cidade de Sant'Ana do Livramento.

Na porção setentrional, esta formação apresenta a maior área de ocorrência, principalmente nas fôlhas Palomas, Engenheiro Madureira e Marco Itaquatiã, na forma de arenitos e siltitos intercalados com camadas de argilas.

Já na porção meridional, a Formação Rio Pardo ocorre restritamente, representada por pequenos afloramentos ao longo das drenagens principais.

Os melhores afloramentos de rocha desta formação são vistos nas fôlhas Cêrro da Cruz e Marco Itaquatiã, nesta última ao longo do Corredor Internacional, limite entre o Brasil e o Uruguai.

As camadas desta formação mostram um pequeno mergulho regional para W-SW, sendo no entanto bastante difícil medir a atitude local dos sedimentos quando apresentam estratificação cruzada.

A observação direta do contato com a formação sobreposta é relativamente rara, devido à semelhança entre suas litologias e no comportamento aos processos erosivos. Em alguns locais, entretanto, a presença de arenitos eólicos da Formação Botucatu é marcada por topografia com declives mais acentuados, o que auxilia na separação destas formações.

Na região mapeada não se encontrou a base desta formação, mas pode-se afirmar que sua espessura é superior a 40 metros, baseadas em sondagens realizadas na área pela Secretaria de Obras Públicas e Companhia T. Janér.

Apesar da bibliografia citar a presença de fósseis (pelecípodos *Leinzia* e *Maackia*) na Formação Rio do Rasto, ao Norte da Bacia do Paraná, não foram encontrados exemplares no decorrer do mapeamento.

3.1.1.3. Petrografia

Litológicamente, a Formação Rio Pardo é caracterizada pela abundância de arenitos friáveis, de granulação média a fina e siltitos, ambos de coloração variada (vermelho,

rosa, amarelo e creme). Em certos locais o arenito pode apresentar alternância de cores, p.ex., vermelho e creme. Nos arenitos e siltitos mais escuros são comuns as manchas esverdeadas e esbranquiçadas. Também normal é a ocorrência de arenitos e siltitos alternados com camadas de argila vermelha.

Mineralogicamente os sedimentos desta formação são constituídos predominantemente por quartzo e em quantidade menor, por feldspatos, muscovita, biotita, magnetita e raros grãos de turmalina e granada. Normalmente a matriz argilosa é abundante, predominando sobre o cimento silicoso (sílica microcristalina).

Em geral os arenitos apresentam-se mal classificados, com grãos sub-arredondados e baixa esfericidade.

É comum ocorrer estratificação paralela nesta formação. Em alguns casos pode ocorrer estratificação cruzada, porém sempre de menor amplitude do que a apresentada pelo arenito da Formação Botucatu.

Foram encontrados alguns níveis ferrificados no topo das camadas de arenito.

3.1.2 Formação Botucatu

3.1.2.1 Generalidades

A Formação Botucatu foi originalmente descrita por Gonzaga de Campos (1889) e se referia às camadas de arenito de origem eólica, sotopostas às efusivas basálticas ocorrentes na Bacia do Paraná.

A localidade-tipo desta formação está situada na cidade de Botucatu, interior de São Paulo.

Segundo Almeida (1954) os sedimentos desta formação foram depositados em ambiente continental árido de clima quente, pela atividade eólica, com contribuição sub-aquática local, formando um empilhamento de dunas desérticas, que se moviam sob ação do vento norte, com direção pouco variável. Tais dunas migrantes eram assimétricas e apresentavam espessura extremamente variável, mesmo em pequenas distâncias, indicando a existência de acidentes no campo das dunas que podiam ultrapassar 150 metros de altura.

Esta formação tem sido considerada como de idade Triássica superior.

3.1.2.2 Área de Ocorrência e Relações de Contato

Distribuindo-se numa estreita faixa de direção aproximada N-S, entre as efusivas basálticas da Formação Serra Geral e os sedimentos da Formação Rio Pardo, o arenito Botucatu apresenta-se com um suave mergulho regional para sudoeste, em direção ao rio Uruguai.

Ocupando uma área total de 1.300.000 km² na bacia do Paraná (Almeida, 1956), a Formação Botucatu nesta região mapeada somente é ultrapassada em área de ocorrência pelas efusivas basálticas.

Na área mapeada as maiores exposições e espessuras desta formação estão representadas na porção meridional, notadamente nas fôlhas Vila Manuel Viana, Lagoa Parovê, Caraguatatã e Passo Novo. Já na parte setentrional da área, a espessura dos arenitos é bem menor, atingindo valores ao redor de 20-30 m, na cidade de Livramento.

Ótimos afloramentos desta formação, mostrando sua típica estratificação cruzada, podem ser vistos em toda a superfície mapeada como arenito Botucatu.

Sua estratificação cruzada em afloramento cons-

titui-se em ótima característica, observando-se em amostra de mão estratos paralelos de pequena espessura, que mostram alternância de grãos de diferentes granulometrias.

No topo desta formação, em determinados locais, ocorrem horizontes muito fraturados, onde o arenito sofreu silicificação. Estes horizontes silicificados são delgados e sobrepõem-se ao arenito friável, dando origem a inúmeros testemunhos e mesas que chegam a elevar-se 80-100 m acima da área circunvizinha, como é o caso do Cêrro do Arco, nome por nós proposto, devido à falta de denominação local. Tal cêrro está situado a aproximadamente 2 km à SE da Estação do Tigre, na fôlha Lagoa Parovê.

O contato com a Formação Serra Geral sobreposta é através de discordância do tipo "nonconformity", fazendo-se freqüentemente por um plano irregular, onde observa-se uma camada de 40-80 cm de basalto muito alterado.

3.1.2.3 Silicificação do Arenito Botucatu

Como já foi dito anteriormente, em certos locais o topo da Formação Botucatu apresenta horizontes muito fraturados, onde o arenito sofreu silicificação. A espessura destes horizontes endurecidos é pequena, não ultrapassando normalmente dois metros.

Em nossa opinião, tal silicificação é devida a ação térmica das lavas basálticas sobrejacentes aos arenitos, que na ocasião dos derrames apresentavam-se umidecidos. A sílica necessária para este endurecimento seria a já existente no próprio arenito.

Nossa opinião é concordante, total ou parcialmente, com Huene e Stahlecker (1931), Du Toit (1952) e Pichler (1952), os dois primeiros citados por Schneider (1964), no trabalho "Contribuição à Petrologia dos Derrames Basálticos da Baía do Paraná".

Huene e Stahlecker consideram a silicificação dos arenitos no contato com as lavas, resultante do cozimento de tais rochas pela ação térmica do basalto.

Du Toit acredita que o endurecimento do arenito Botucatu, no contato com o basalto, provém em grande parte do calor das lavas. Devido à amplitude da silicificação em profundidade, o que não é nosso caso, o autor sugere a ação de soluções quentes e ricas em sílica. Outra hipótese aventada por Du Toit é de que os arenitos poderiam também ter adquirido tal caráter graças à silicificação original, anterior ao extravasamento das lavas, pois em climas áridos as areias podem formar crostas quartzíticas, como acontece, p.ex., no deserto do Kalahari.

Pichler no trabalho "Diques de Arenito em Salto Grande, Rio Paranapanema", considera o endurecimento da areia dos diques resultado da ação térmica das lavas basálticas. Entretanto, o autor não exclui a possibilidade de que elementos magmáticos residuais do próprio magma basáltico tenham tido influência nesta cimentação.

Já Wernieck (1966), supõe que a silicificação do arenito esteja ligada a variações de nível do lençol freático, devido à mudança climática acompanhada de variação do pH no decorrer do tempo geológico. Entretanto, não nega a ação direta do magma e de soluções paramagmáticas em certos casos específicos.

No trabalho "Cretáceo do Oeste Mineiro", Hasui (1969) considera o endurecimento do arenito observado junto ao contato com o basalto como sendo uma simples deposição intersticial de sílica, sem recristalização dos grãos.

Fleck e Grehs (1970) consideram tal fenômeno como sendo evidências de eventos metamórficos contemporâneos à deposição do arenito Botucatu e anteriores aos derrames basálticos.

Ainda em 1970, Maciel e outros, no trabalho "Ma

peamento Geológico de São Francisco de Assis", explicaram o processo de endurecimento do arenito pela fixação de sílica quando liberada pela alteração do basalto subjacente.

3.1.2.4 Petrografia

Os arenitos eólicos desta formação apresentam granulação média a fina, geralmente de cor vermelha ou rosa e menos freqüentemente amarela, creme ou branca. A cor vermelha ou rosa é devido a presença de óxido de ferro nos arenitos, e pela sua lixiviação a rocha toma colorações mais claras.

Os grãos da rocha apresentam-se geralmente bem classificados, com moderado a bom arredondamento e média esfericidade. Daí o arenito ser muito poroso e bastante permeável.

O brilho dos grãos de quartzo é fôsko, comprovando sua origem eólica.

Análises microscópicas em lâminas delgadas, apresentam o quartzo como o mineral predominante, atingindo valores em torno de 95% do total de minerais da rocha. Secundariamente ocorre feldspato e em quantidades menores os minerais pesados, entre eles o zircão, turmalina, magnetita e granada. O cimento é silicoso (sílica microcristalina) e o óxido de ferro é comum envolvendo os grãos minerais.

Segundo a classificação de Pettijohn (1957), o arenito Botucatu é considerado um ortoquartzito.

3.1.3 Formação Serra Geral

3.1.3.1 Introdução

O nome desta formação foi inicialmente usado por White (1906), para designar as rochas basálticas resultantes das atividades vulcânicas que seguiram a deposição das areias do Botucatu.

A localidade-tipo desta formação está representada nas proximidades do Morro Pelado, município de Orleães, Santa Catarina.

As rochas básicas ocorrentes a sul do rio Ibiçuí, na porção Oeste do Rio Grande do Sul, constituem a "Cuesta de Haedo", assim denominada pelo geógrafo uruguaio J. Chebataroff (1951). O nome de "Haedo" foi tomado de uma coxilha existente na região limítrofe entre o Uruguai e o Brasil.

Segundo Almeida (1956, p. 5), o vulcanismo basáltico da bacia do Paraná processou-se através de imensas geo-clases de traçado sub-retilíneo que no sul de São Paulo, Paraná e Santa Catarina têm direção aproximada N45°W. Numerosos diques sub-verticais, alguns com extensão superior a 30 km e inúmeros "sills", com área de centenas de quilômetros quadrados, ocorrem nestes estados. No Rio Grande do Sul, a quantidade de diques e "sills" é menor, alcançando um mínimo na porção sudoeste do Estado.

As emissões de lavas à superfície não eram contínuas no tempo e no espaço e faziam-se sem fenômenos explosivos, sendo muito raros os depósitos piroclásticos.

Schneider (1964) demonstrou que estes derrames constituem uma província álcali-cálcica ou "Pacífica" de acordo com os índices de Niggli, semelhante às províncias de Kaokofeld e do Decan.

A idade desta formação foi até há pouco tempo assunto relativamente controvertido, concluindo-se atualmente de acordo com a determinação pelo método K/Ar feita por Amaral, Cordani, Kawashita e Reynolds (1966) que sua idade oscila entre 117 e 147 m.a., portanto Cretáceo inferior a Jurássico superior.

3.1.3.2 Área de Ocorrência e Relações de Contato

O planalto basáltico da bacia do Paraná ocupa

uma área de cerca de 1.000.000 km², estendendo-se em sua maior parte no sul do Brasil e penetrando nas vizinhas repúblicas da Argentina, Paraguai e Uruguai. Segundo Leinz (1966, p.83), o volume das lavas básicas é de 650.000 km³.

No Rio Grande do Sul, os derrames recobrem uma área de aproximadamente 140.000 km², o que corresponde a quase 50% da superfície total do Estado. Na área trabalhada, cerca de 70% é constituída por rochas básicas, recobrando o arenito Botucatu, que na época dos derrames já apresentava uma superfície irregular, devido a deposição eólica da areia e os processos erosivos atuantes.

A espessura dos derrames basálticos na bacia do Paraná é bastante variável, apresentando seu valor máximo, segundo Leinz (op.cit.), nas proximidades de Tórres, Rio Grande do Sul, onde alcança 1.200 m numa seqüência de 13 derrames, na seção Taínhas a Três Forquilhas.

Na área mapeada, a espessura apesar de ser também muito variável é bastante inferior, apresentando as menores espessuras do Estado. Dados das sondagens executadas pela Secretaria de Obras Públicas do Rio Grande do Sul (1961) e Companhia T. Janér (1968), indicam na cidade de Alegrete a existência de 114 m de basalto e nas proximidades de Livramento, na folha de Arroio Invernada e Campo Osório, uma espessura de 142 metros. São as espessuras máximas apresentadas pelo basalto na porção mapeada.

A leste da Cuesta de Haedo são comuns as mesas e morros testemunhos de basalto delgado e muito alterado. Na porção norte, da área trabalhada, a espessura do basalto diminui, atingindo os valores mínimos nas folhas de Lagoa Parovê, Vila Manuel Viana, Passo Novo e proximidades. Nestes locais o basalto ocorre na forma de delgadas camadas, geralmente muito alterado, recobrando o arenito Botucatu. É muito comum, nos locais em que o basalto é pouco espesso ocorrerem janelas de arenito, que muito auxiliam na locação de poços para água, dada a excelência de tais rochas como aquíferos.

A superfície do basalto é irregular, variando a altitude desde 120 m na fôlha de Alegrete até 360 m nas proximidades da cidade de Livramento. O número máximo de derrames determinados foi de cinco na fôlha Passo do Cerrito, apresentando uma espessura inferior a 20 metros cada derrame. Já na porção NW da área mapeada, a espessura de cada derrame é maior, atingindo valores de 30-50 metros.

O basalto geralmente se apresenta em vários níveis correspondentes aos diferentes derrames, os quais dão origem a uma topografia escalonada.

No oeste do Rio Grande do Sul, onde se localiza o projeto, as camadas basálticas inclinam-se em direção ao rio Uruguai, com declive médio de 0,3%, segundo Almeida (1956, p. 32).

A espessura dos derrames, já caracterizados por Leinz, foi observada durante o mapeamento, sendo entretanto, raramente encontrado um perfil de derrame completo. Comumente observou-se a ausência da zona amigdalóide, fato perfeitamente justificável, por ser a zona mais facilmente alterável. Quando presente, esta zona apresenta-se intensamente alterada, ocorrendo na forma de solo argiloso, de coloração bordô a violácea.

Em alguns afloramentos de basalto encontramos o que Leinz (op.cit.) denominou "lava aglomerática". Ocorre ligada à zona amigdalóide, na forma de camadas delgadas e é constituída por fragmentos angulosos centimétricos de basalto vesicular, envolvido por uma massa de basalto compacto.

Locais há em que, pela ação das águas sobre zonas de disjunção horizontal, formam-se notáveis depósitos de cascalhos com 20 cm de diâmetro em média, por 1 a 5 cm de espessura dispostos de maneira imbricada. Em tais depósitos, é comum a ocorrência de seixos de calcedônia e opala.

Em muitos locais foi verificada a existência de arenito entre os derrames, constituindo os "arenitos intertrapp", que serão tratados com maiores detalhes em outra parte deste relatório.

3.1.3.3 Petrografia

Macroscopicamente as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral apresentam coloração diversificada, geralmente em tons de bordô, marrom, cinza claro, cinza com manchas rosadas, etc, sendo no entanto mais freqüente o cinza escuro.

As rochas basálticas mostram num mesmo derrame variações texturais e estruturais, devido às diferentes condições de resfriamento. Conforme a zona do derrame, a estrutura pode ser maciça, vacuolar ou amigdalóide, neste caso, com vesículas preenchidas por zeolitas ou celadonita, mais raramente por calcita.

Microscopicamente, as texturas mais comuns são a intergranular e a intersertal. Alguns basaltos apresentam textura intergranular com fenocristais, que podem ser tanto de piroxênios como de plagioclásio, este último freqüentemente zonado.

A mineralogia é constituída predominantemente por plagioclásio cálcico do tipo labradorita e piroxênios principalmente augita e pigeonita. Secundariamente ocorrem hornblenda, clorita e epidoto. O acessório mais comum é a magnetita.

Sendo o basalto cinza escuro o mais comum na área, faremos uma descrição com maior detalhe desta rocha.

Em amostra de mão, apresenta estrutura maciça, textura afanítica, alta densidade, fratura irregular, às vezes cortado por pequenos diques de arenito da ordem de um centímetro de espessura.

No microscópio, apresenta textura intergranular e mineralogia constituída por labradorita, augita, sericita, clorita, hornblenda e opacos.

A rocha é constituída essencialmente de ripas de plagioclásios cálcico do tipo labradorita, praticamente sem alteração, tendo os interstícios preenchidos por cristais de augita.

A augita normalmente está alterada e impregnada de óxido de ferro, impregnação esta localizada principalmente nas fraturas e nas bordas dos cristais.

Secundariamente ocorrem sericita, hornblenda e clorita.

3.1.3.4 Arenitos "intertrapp"

Sabemos que as erupções de lavas basálticas não foram contínuas no tempo e no espaço, havendo prolongadas pausas que permitiram ao vento depositar areia intercalada com os derrames, constituindo os arenitos "intertrapp". Tais arenitos sofreram efeitos térmicos do basalto semelhantes aos sofridos pelo tópo da Formação Botucatu, que causaram intensa silicificação e conseqüente acentuada dureza. Além d'êste processo de silicificação, os arenitos "intertrapp" devem ter sofrido compactação durante a deposição das lavas basálticas.

Sua ocorrência é relativamente restrita, apresentando-se sob a forma de lentes descontínuas de extensão variável. A espessura é geralmente pequena sendo a média de 5 a 8 metros.

Os níveis arenosos interpostos entre dois derrames não apenas ocorrem sob a forma de camadas individualizadas, mas se misturam ao basalto de várias formas.

Podem constituir pequenos diques ascendentes e descendentes, no corpo do derrames bem como podem se misturar de forma caótica ao basalto, englobando fragmentos do mesmo, e dando origem á chamada "brecha basáltica" (Guidicini e Campos, 1968, p. 19).

A granulometria, a composição e a origem é a mesma da Formação Botucatu, porém apresenta com freqüência estratificação pouco perceptível.

Quanto a coloração predomina o vermelho, ocor-

rendo também marrom, amarelo, rosa, e mais raramente verde claro e escuro.

Pelo aspecto incomum, que deixava dúvidas quanto à composição mineralógica, foi estudada em lâmina delgada uma amostra do arenito verde. É constituída essencialmente de quartzo, com feldspatos em menor quantidade. A coloração verde é devida ao cimento de sílica microcristalina com finas palhetas de cor verde de clorita.

3.1.4 Quaternário

Margeando os principais rios da região encontramos planícies aluviais, mais ou menos amplas, cujas dimensões dependem do volume d'água das drenagens que as formaram, bem como do tipo de material drenado. Desta maneira, as maiores planícies de inundação ou "floodplains", normalmente com cotas pouco acima do nível médio das águas, estão localizadas nas margens dos rios Ibicuí, Ibirapuitã, Ibicuí da Armada e Upamaroti e dos Arroios Ibicuí da Faxina e Inhanduí.

Nas regiões basálticas estas planícies de inundação são formadas por pedras, seixos e argilas e nas regiões areníticas, por areias médias a finas.

Deve ser salientado, que as maiores planícies de inundação estão localizadas nos rios que drenam rochas sedimentares, citando-se como exemplo, o rio Ibicuí, que em sua maior parte corta sedimentos da Formação Botucatu. Isto é explicado pela menor resistência à abrasão fluvial das rochas sedimentares e por estarem situadas em área relativamente baixas e planas.

Além das planícies aluviais, também constituem depósitos inconsolidados do Quaternário, alguns terraços associados a pequenas drenagens e depósitos do tipo de talus associados a cuevas, mesas e morros testemunhos.



3.2 Geologia Estrutural

A área mapeada assinala eventos diastróficos e adiastróficos que causaram perturbações nas suas rochas.

Com algumas exceções a tectônica da bacia do Paraná e mais especificamente da Formação Serra Geral tem sido abordada de modo parcimonioso.

Sob este aspecto, a região melhor conhecida corresponde ao norte do Rio Grande do Sul e sul de Santa Catarina. Embora a bibliografia cite falhamentos diretos e dobras de grande envergadura, na área estudada foram constatadas apenas falhas de pequeno desenvolvimento. Estas falhas ocorrem nas formações Botucatu e Rio Pardo, e não existem evidências, tanto em fotografias aéreas como de campo, que tenham atingido a Formação Serra Geral, o que nos leva a crer, concordando com Putzer (1953) que "o início do diastrofismo foi anterior a produção das efusivas, mas posterior a deposição do arenito Botucatu" na área.

O falhamento mais significativo ocorre ao norte da fôlha de Palomas e desenvolveu-se por cerca de 18 quilômetros, com direção N 67°W. Esta falha apresenta uma crista de três metros acima da topografia, constituída de arenito brechado e cortado por inúmeros veios de sílica de pequena espessura.

Merecem especial destaque grande número de fraturas observadas na Formação Serra Geral, predominando aquelas com direção NE-SW e NW-SE. Acreditamos que, o resfriamento das lavas basálticas tenha sido o fenômeno responsável pelo fraturamento observado no basalto e seu desenvolvimento atual seja causado pelos efeitos erosivos, tanto das águas de superfície como subsuperficiais, tendo portanto origem adiastrófica. Estas fraturas normalmente são verticais, com as maiores atingindo vários derrames, conforme pode ser observado em fotografias aéreas das regiões basálticas mais acidentadas.

3.3 Geologia Econômica

3.3.1 Generalidades

O presente projeto visa fundamentalmente o mapeamento geológico para o aproveitamento dos recursos hídricos de superfície e sub-superfície, os quais resultarão no desenvolvimento racional e seguro das atividades agropastoris com profundos e benéficos reflexos na economia regional.

Desta maneira, daremos especial atenção ao comportamento hidrogeológico das diferentes rochas ocorrentes na região.

Descreveremos também as demais ocorrências, restritas a material de construção e pequenos aparecimentos de calcedônia e opala.

3.3.1.1 Água Subterrânea

Durante o mapeamento foram relacionados e plotados em mapas, todos os poços, açudes, cacimbas e nascentes d'água encontrados. As possibilidades são promissoras quanto aos mananciais em quantidade e qualidade para os objetivos previstos, podendo-se fazer tal afirmativa com base nos poços existentes e nas manifestações do nível freático sob a forma de fontes. No entanto, dados mais seguros seriam obtidos se novas perfurações de poços fôssem executados com base nos mapas já confeccionados.

Como vimos no capítulo referente a geologia, na área mapeada estão representadas as formações Rio Pardo, Botucatu e Serra Geral e os sedimentos aluvionares do Quaternário.

A Formação Rio Pardo apresenta intercalações de rochas permeáveis e impermeáveis. Tal condicionamento litológico, aliado ao leve mergulho para oeste-sudoeste deste pacote de rochas, faz com que esta formação seja considerada como um bom aquífero, apresentando vazões de até 20 m³/h e água geralmente de



boa qualidade. Junto com o arenito Botucatu esta formação é a responsável pelo abastecimento d'água da cidade de Sant'Ana do Livramento.

A granulação média a fina, a alta porosidade e permeabilidade fazem do arenito Botucatu o melhor aquífero do Estado. E as maiores vazões apresentadas por esta formação no Rio Grande do Sul correspondem exatamente a área abrangida pelo projeto. Segundo a bibliografia, podem-se obter poços com vazões de 50-60 até 250 m³/h. Isto pode ser comprovado pela existência de um poço na cidade de Alegrete, atingindo o arenito Botucatu, com uma vazão de aproximadamente 100 m³/h. A interferência entre os poços nos arenitos normais pode alcançar 250 metros. A água é de muito boa qualidade. As falhas no arenito Botucatu ocorrem preenchidas por sílica, o que as tornam locais contraindicados para a abertura de poços para água.

De modo geral, o basalto não se apresenta como um bom aquífero nesta região, tendo vazões em torno de 3-5 m³/h. No entanto, a grande quantidade de diaclases existentes nesta rocha auxilia no armazenamento de água em profundidade. Neste caso, locando-se o poço sobre fraturas obteremos um aumento de vazão tão significativa, que um só furo pode substituir com vantagem diversos furos mais profundos localizados longe das lineações fotogeológicas.

Segundo Hausman (1965), a interferência entre os poços é em média 150 metros e excepcionalmente atinge 250 m.

Muitas áreas mostram um maior desgaste do basalto, apresentando pequenas espessuras de lavas, permitindo atingir facilmente o arenito sotoposto. Por vezes, o desgaste foi tão grande, que permitiu o afloramento do arenito Botucatu por entre as janelas de erosão do basalto.

O arenito Botucatu, próximo ao bordo da Cuesta de Haedo, apresenta excelentes condições de artesianismo, inclusive jorrante, como se verifica próximo a cidade de Sant'Ana do Livramento, nos poços 73-11 e 73-12, locados na fôlha de Livramento.

A água normalmente não apresenta restrições quanto ao seu uso. No entanto, Hausman (1966) cita casos de água com dureza elevada, ocorrendo nas zonas de basalto amigdalóide, com vesículas preenchidas por calcita.

Os arenitos intertrappeanos quando pouco silicificados apresentam vazões regulares, alcançando até 8 m³/h. A dificuldade maior é a sua localização, pois apresentam uma distribuição irregular. A vazão inicial muitas vezes diminui, até total extinção, no caso de suas possibilidades de recarga serem pequenas. Nos casos em que a silicificação é intensa, as possibilidades do arenito como aquífero são mínimas. A água é de boa qualidade.

Os sedimentos quaternários são pouco espessos, com nível freático próximo a superfície, razão pela qual tem se mostrado satisfatório o suprimento de água através de cacimbas, de custo reduzido e vazões de até 5 m³/h nestas áreas. A água não apresenta restrições quanto ao seu consumo.

3.3.1.2 Material de Construção

Trataremos neste item dos locais de material de construção, suas características e aplicações.

A Formação Rio Pardo é extremamente pobre quanto a locais de exploração de material de construção. Nas folhas mapeadas até o presente não foi encontrado um único local explorado economicamente. No entanto, esta formação por apresentar camadas de argilas, poderá tornar-se importante fornecedor de matéria-prima para olarias.

A Formação Botucatu, além de ser o melhor aquífero da região, é também a unidade litoestratigráfica que apresenta maior número de locais de exploração de materiais de construção. A ótima estratificação do arenito torna fácil o seu aproveitamento na forma de lajes para calçadas e decorações ou de blocos maiores utilizados como base nas construções. A maior parte destas pedreiras é explorada pela iniciativa privada, normal-

mente apresentando baixo rendimento.

Na Formação Serra Geral foram encontradas diversas pedreiras, a maioria das quais pertence à iniciativa privada. Como exemplo, citamos as pedreiras das firmas Construtora Giobbi S/A. e Companhia Construtora Brasileira de Estradas (CCBE), encarregadas da construção de trechos da BR-290, que corta no sentido E-W, o Estado do Rio Grande do Sul.

Uma das maiores pedreiras de basalto está localizada na cidade de Sant'Ana do Livramento e é explorada pela Prefeitura Municipal.

Obtém-se desta litologia, lajes (da zona de diaclasamento horizontal do derrame) que atualmente apresentam elevada aplicação no calçamento de praças, passeios, revestimentos de paredes, etc., substituindo com vantagem as lajes de arenito, devido ao seu aspecto estético e maior resistência ao desgaste. Também é utilizado na forma de paralelepípedos e blocos maiores (retirados da zona de diaclasamento vertical) para o calçamento de vias públicas e fundações, respectivamente. No entanto, a principal utilização do basalto é na forma de brita, empregada na construção e conservação de estradas, além de ser largamente usada na construção civil, como aglomerado.

Além destas pedreiras, na região dos derrames ocorrem pequenos depósitos de argilas, provenientes da alteração do basalto. Tais depósitos são utilizados por pequenas olarias, para a fabricação de tijolos e telhas, com a finalidade de atender o consumo local.

Por fim, os sedimentos do Quaternário, apresentam bons locais para exploração de areia nas margens e leitos dos rios Ibicuí e Ibicuí da Armada. A areia destes depósitos provenientes da alteração dos arenitos das formações Botucatu e Rio Pardo, apresenta ótima qualidade quer no ponto de vista mineralógico como granulométrico, o que os tornam perfeitamente utilizáveis pela indústria da construção civil.



CPRM

3.3.1.3 Outros

Foram assinaladas ocorrências de calcedônias e opalas, restritas ao tampo de determinados derrames basálticos, principalmente de coloração bordô e que pelas suas reduzidas dimensões e fraturas não apresentam até o presente interêsse econômico.

4 - CONCLUSÕES

É sabido desde longa data que a região da Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul vem sendo periodicamente assolada por estiagens prolongadas, as quais atingem seriamente as bases econômicas apoiadas que estão na exploração da pecuária em alta escala e na grande atividade agrícola, estas as maiores fontes de riqueza e um dos principais suportes da economia do Estado.

Pode-se prever os enormes prejuízos que advirão numa nova seca, pois segundo o boletim "Planejamento Geohidrológico do Rio Grande do Sul" (Macedo, 1968), a média de animais perdidos numa única estiagem é de 100.000.

Visando diminuir estes enormes prejuízos à economia do Estado, a SUDESUL desde julho de 1968, vem executando o Projeto Sudoeste 1, cujas finalidades são de elaborar planos e projetos agro-hidrológicos integrados baseados nas atividades agrícolas, hidro-agrícolas e agropastoris da região. Os mapas geológicos que estão sendo elaborados pela CPRM constituem-se em importante documentação básica no sentido de se atingir os objetivos da SUDESUL, possibilitando dados litológicos e estruturais que permitirão uma localização em bases técnicas dos poços para água, bem como informações úteis a localização de açudes.

Com o conhecimento atual dos recursos hídricos da área mapeada, concluímos ser necessário tomar as seguintes providências a fim de evitar os vultuosos prejuízos à pecuária e agricultura causados pelas prolongadas estiagens:

a) Iniciar a curto prazo a perfuração de poços para água em locais selecionados a partir das fôlhas já mapeadas;

b) Tal perfuração de poços além de cumprir com a sua finalidade básica, que é de fornecer água, trará grande subsídio à hidrogeologia e geologia de sub-superfície da região;

c) Aproveitamento racional dos recursos hídricos de superfície, através de estudo para locação de áreas favoráveis

veis à construção de pequenos e médios açudes, na área já mapeada;

d) Melhorar a exploração de açudes, poços e nascentes desenvolvendo suas capacidades atuais através de emprego de técnicas adequadas;

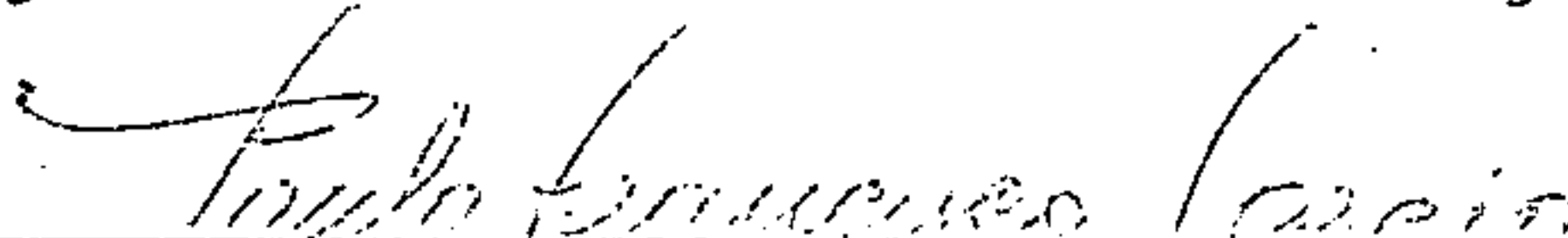
e) Receber especial atenção as atividades agrícolas que se desenvolvem nos solos da Formação Botucatu, usando-se corretivos adequados e conservando-se faixas de solo sem arar paralelas às curvas de nível para impedir os processos erosivos das águas de superfície e dos ventos que atualmente formam verdadeiros "desertos" pela ausência de técnica na utilização do solo.

Pôrto Alegre, 27 de setembro de 1971



CLADIS ANTONIO PRESOTTO

Geólogo da CPRM - CREA 16.222 - 8ª Região



PAULO FRANCISCO GARCIA

Geólogo da CPRM - CREA 1.247 - 1ª Região

5 - BIBLIOGRAFIA

- Almeida, F.F.M. de (1954) - Botucatu, um deserto triássico na América do Sul - Notas Preliminares e Estudos nº 86, DGM, DNPM, RJ.
- Almeida, F.F.M. de (1956) - O planalto basáltico da bacia do Paraná. Bol. Paul. de Geogr., nº 24, SP.
- Amaral, G. et alii (1966) - Potassium argon dates of basaltic rocks from Southern Brazil. Geoch. Cosmoch. Acta., 30:159-189 - Belfast.
- Campos, L.F.G. (1889) - Secção geológica. Com. Geogr. Geol. Relatório - SP.
- Castro, V.H.S. de e Presotto, C.A. (1970) - Hidrogeologia na Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul. Bol. Esp. nº 1, pp. 269-270, da Soc. Bras. Geol., XXIV Congres. Bras. Geol., Brasília, DF.
- Chebataroff, J. (1951) - Regiones naturales del Uruguay y del Rio Grande del Sur. Assoc. Geogr. del Uruguay, Rev. Urug. de Geogr., ano II, nº 4, pp. 5-40., Montevideo.
- Delaney, P.J.V. e Goñi, J.C. (1963) - Correlação preliminar entre as formações gonduânicas do Uruguai e Rio Grande do Sul, Brasil. Bol. Par. Geogr., nº 8 e 9, Curitiba, PR.
- Du Toit, A.L. (1952) - Comparação geológica entre a América do Sul e a África do Sul. Trad. L.S. Caster e J.C. Mendes. DGM, DNPM, RJ.
- Grehs, S.A. (1970) - Potencialidade aquífera das lineações tectônicas com base na conceituação de fratura fotogeológica na área do Projeto Sudoeste 1. Bol. Esp. nº 1, pp. 277-279, Soc. Bras. Geol., XXIV Congres. Bras. Geol., Brasília, DF.
- e Fleck, C.J. (1970) - Evidências de eventos me-

- tamórficos contemporâneos à deposição do arenito Botucatu e anteriores aos derrames basálticos no sudoeste do Rio Grande do Sul. Bol. Esp. nº 1, pp. 346-348, Soc. Bras. Geol. XXIV Cong. Bras. Geol., Brasília, DF.
- e Vergara, V. (1970) - Características petrográficas do arenito Botucatu metamorfozido. Municípios de Quaraí e Alegrete. Bol. Esp. nº 1, pp. 348-349, Soc. Bras. Geol., XXIV Cong. Bras. Geol., Brasília, DF.
- Hasui, Y. (1969) - O Cretáceo no Oeste Mineiro. Bol. Soc. Bras. Geol., vol. 18, nº 1, pp. 39-56, SP.
- Hausman, A. (1960) - Estudo das possibilidades de águas subterrâneas no Rio Grande do Sul. Bol. Soc. Bras. Geol., vol. 9, nº 1, RJ.
- (1962) - Aspectos hidrogeológicos das áreas basálticas do Rio Grande do Sul. Anales da 1ª Jorn. Geol. Arg., Argentina.
- (1965) - Esboço hidrogeológicos do Rio Grande do Sul. Boletim da 1ª Sedegeo, pp. 33-71, Escola de Geologia UFRGS, Pôrto Alegre, RS.
- (1966) - Comportamento do freático nas áreas basálticas do Rio Grande do Sul. Bol. Par. Geogr., nº 18/20, pp. 177-214, Curitiba, PR.
- Huene, F.V. und Stahlecker, R. (1931) - Geologische Beobachtungen in Rio Grande do Sul. Neues Jahrb. f. Miner., Geol. u. Palent., pp. 1-82, Stuttgart.
- Leinz, V. et alii (1966) - Sobre o comportamento espacial do trapp basáltico da bacia do Paraná. Bol. Soc. Bras. Geol., vol. 15, nº 4, pp. 79-91, SP.
- Macedo, A.-L. (1967) - Planejamento geohidrológico do Rio Grande do Sul. Publicação da Sec. Agr. do Estado do RGS, Pôrto Alegre, RS.
- Machado, F.P. (1950) - Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul. Serv. Geogr. do IBGE.

- Maciel Fº, C., Menegotto, E. e Sartori, P.L. (1970) - Geologia de São Francisco de Assis. Publ. do Depto. de Geociências da Univ. Fed. Sta. Maria, Santa Maria, RS
- Moreno, J.A. (1961) - Clima do Rio Grande do Sul. Publ. da Seção de Geografia da Sec. Agr. do Estado do RGS. Pôrto Alegre, RS.
- Pettijohn, F.J. (1957) - Sedimentary rocks. Second Edition, Harper and Row, Publishers, N. York, Euanston and London.
- Pichler, E. (1952) - Diques de arenito em Salto Grande, Rio Paranapanema. Bol. Soc. Bras. Geol., vol. I, nº 1, pp. 15-22, SP.
- Putzer, H. (1953) - Diastrofismo "germanótipo" e sua relação com o vulcanismo basáltico na parte meridional de Santa Catarina. Bol. Soc. Bras. Geol., vol. 2, nº 1, pp. 37-74, SP.
- Ribeiro, M., Bocchi, P.R., Figueiredo Fº, P.M. e Tessari, R.I. (1966) - Geologia da quadrícula de Caçapava do Sul RGS. Boletim nº 127, DFPM, DNPM, RJ.
- Santos, E.L. dos et alii (1970) - Levantamento geomorfológico do Estado do Rio Grande do Sul. INCRA, Pôrto Alegre, RS
- Schneider, A.W. (1964) - Contribuição à petrologia dos derrames basálticos da bacia do Paranã. Publ. avulsa nº 1, Escola de Geologia, UFRGS, Pôrto Alegre, RS.
- Sena Sobrinho, M. (1951) - As estiagens na Faixa da Fronteira do Rio Grande do Sul. Ed. nº 96/1951 de Orient. Econ. e Financ., Pôrto Alegre, RS.
- Setzer, J. (1949) - Os solos do Estado de São Paulo - IBAE, Conselho Nacional de Geografia, publicação nº 6 da Série A "Livros". Rio de Janeiro.
- Sudesul (1969/70) - Mapeamento geológico do município de Alegrete e de parte dos municípios de Rosário do Sul e São Francisco de Assis. Escala 1:50.000. Publicado somente os mapas.

Sudesul (1970) - Solos - Relatório final da Ordem de Serviço nº 4, Projeto Sudoeste 1, Sudesul, Pôrto Alegre, RS.

Tessari, R.I. e Picada, R.S. (1966), Geologia da quadrícula de Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul. Bol. 124, DFPM, DNPM, RJ.

e Giffoni, L.E. (1970) - Geologia da região Piratini-Pinheiro Machado-Bagé, Rio Grande do Sul. - Bol. nº 246, DGM, DNPM, RJ.

Thornbury, W.D. (1960) - Principles of geomorphology. New York, John Wiley & Sons Inc., 5ª Ed., pp. 59-60.

Wernick, E. (1966) - A silicificação do arenito Botucatu na quadrícula de Rio Claro. Bol. Soc. Bras. Geol., vol. 15, nº 1, pp. 49-57, SP.

White, I.C. (1906) - Advance notice of final report as chief of the Brazilian Coal Comission from 1904-1906, Science, vol. 24.

6 - DOCUMENTAÇÃO

1. Mapa de localização e trabalho executado.
2. Mapa de localização das fôlhas mapeadas.
3. Mapa de localização dos afloramentos estudados e amostrados.
4. Mapa geológico da fôlha Ibirapuitã.
5. Mapa geológico da fôlha Arroio Piraju.
6. Mapa geológico da fôlha Caraguataí.
7. Mapa geológico da fôlha Rincão de São Miguel.
8. Mapa geológico da fôlha Passo Novo.
9. Mapa geológico da fôlha Vila Manuel Viana.
10. Mapa geológico da fôlha Guaçu Boi.
11. Mapa geológico da fôlha Lagoa Parovê.
12. Mapa geológico da fôlha Severino Ribeiro.
13. Mapa geológico da fôlha Passo do Caverã.
14. Mapa geológico da fôlha Cêrro do Chapêu.
15. Mapa geológico da fôlha Paraíso.
16. Mapa geológico da fôlha Passo do Mato Sêco.
17. Mapa geológico da fôlha Pedregal.
18. Mapa geológico da fôlha Passo do Cerrito.
19. Mapa geológico da fôlha Cêrro da Cruz.
20. Mapa geológico da fôlha Livramento.
21. Mapa geológico da fôlha Palomas.
22. Mapa geológico da fôlha Engenheiro Madureira.
23. Mapa geológico da fôlha Marco Itaquatiã.
24. Mapa geológico das fôlhas Arroio Invernada, Campo Osório, Mas
soler e Casa Rosada.