República Federativa do Brasil
Ministério de Minas e Energia
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Superintendência Regional de Porto Alegre

CPRM
BIBLIOTECA
2309 5

PROGRAMA TÉCNICO PARA O GERENCIAMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE

PROTEGER

GEOLOGIA DO MUNICÍPIO DE PAROBÉ - RS

Execução

Geól. Luiz Fernando Pardi Zanini - CPRM
Geól: Antonio Silvio Jornada Krebs - CPRM

Consultoria

Eng. Civil Regina Davison Dias - UFRGS

Elaboração do Texto

Geól. Luiz Fernando Pardi Zanini - CPRM

T-96
CPRM — DIDOTE
ARQUIVO TÉCNICO
Relatório n.º 2309 5
N.º de Volumes: V:

PHL
014047
2007

Série Cartas Temáticas - Porto Alegre
Volume 03
1994

C P R M
BIBLIOTECA
N.º:
Data :

Eduardo Camozzato/
Luiz Fernando Fontes de Albuquerque
Gerente de Recursos Minerais

Vitório Orlandi Filho
Coordenação Técnica - CPRM

Nanci Begnini Giugno
Coordenação Técnica - METROPLAN

Luiz Fernando Pardi Zanini
Chefe do Projeto

Luís Edmundo Giffoni
Serviço de Editoração Regional CPRM

EQUIPE TÉCNICA

PROJETO POTENCIAL MINERAL PARA NÃO METÁLICOS DO MUNICÍPIO DE PAROBÉ - RS

Arq. Antonio Carlos Rosa - METROPLAN
Geól. Antonio Silvio Jornada Krebs - CPRM
Arq. Beatrix Ramos Rizzo - METROPLAN
Arq. Cláudio Maineri de Ugalde - METROPLAN
Geól. Cláudio Rodrigues da Silva - Bolsista CNPq
Geól. Douglas Roberto Trainini - CPRM
Eng. Flor. Flávia Muradas Bulhões - Autônoma
Biól. Lisiane Ferri - Autônoma
Geól. Luiz Fernando Pardi Zanini - CPRM
Eng. Civil Mauro Jungblut - Autônomo
Eng. Civil Nanci Begnini Giugno - METROPLAN
Adv. Rozângela Motiska Bertolo - METROPLAN
Eng. Minas Telmo Süffert - CPRM
Geól. Vitório Orlandi Filho - CPRM
Estag. geologia Ricardo Fagundes Prates
Estag. direito Rosi Capelari - METROPLAN

Ficha Catalográfica

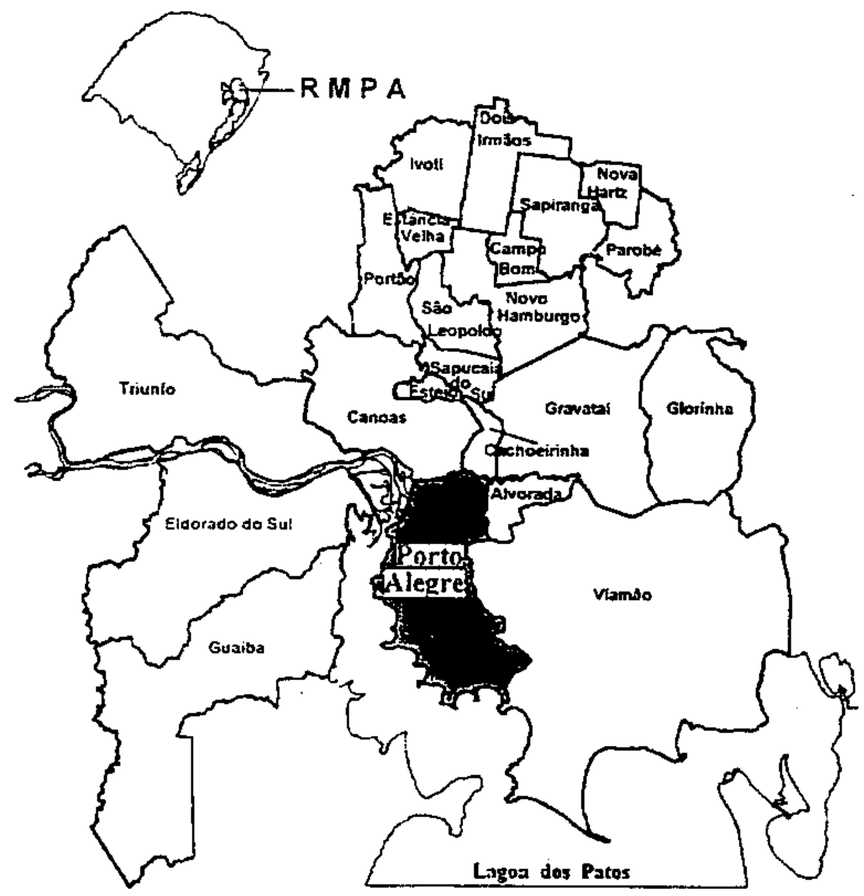
Z31 Zanini, Luiz F.P.
Geologia do Município de Parobé - RS / Luiz F. P. Zanini. - Porto Alegre : CPRM / METROPLAN, 1994.
1 v.:il; mapa - (Série Cartas Temáticas - Porto Alegre - Volume 03)
"Programa Técnico para o Gerenciamento da Região Metropolitana de Porto Alegre - **PROTEGER**".

1. Planejamento Territorial Regional - Rio Grande do Sul
2. Geologia - Rio Grande do Sul
I. Título

CDU 711.2 (816.5)
55 (816.5)

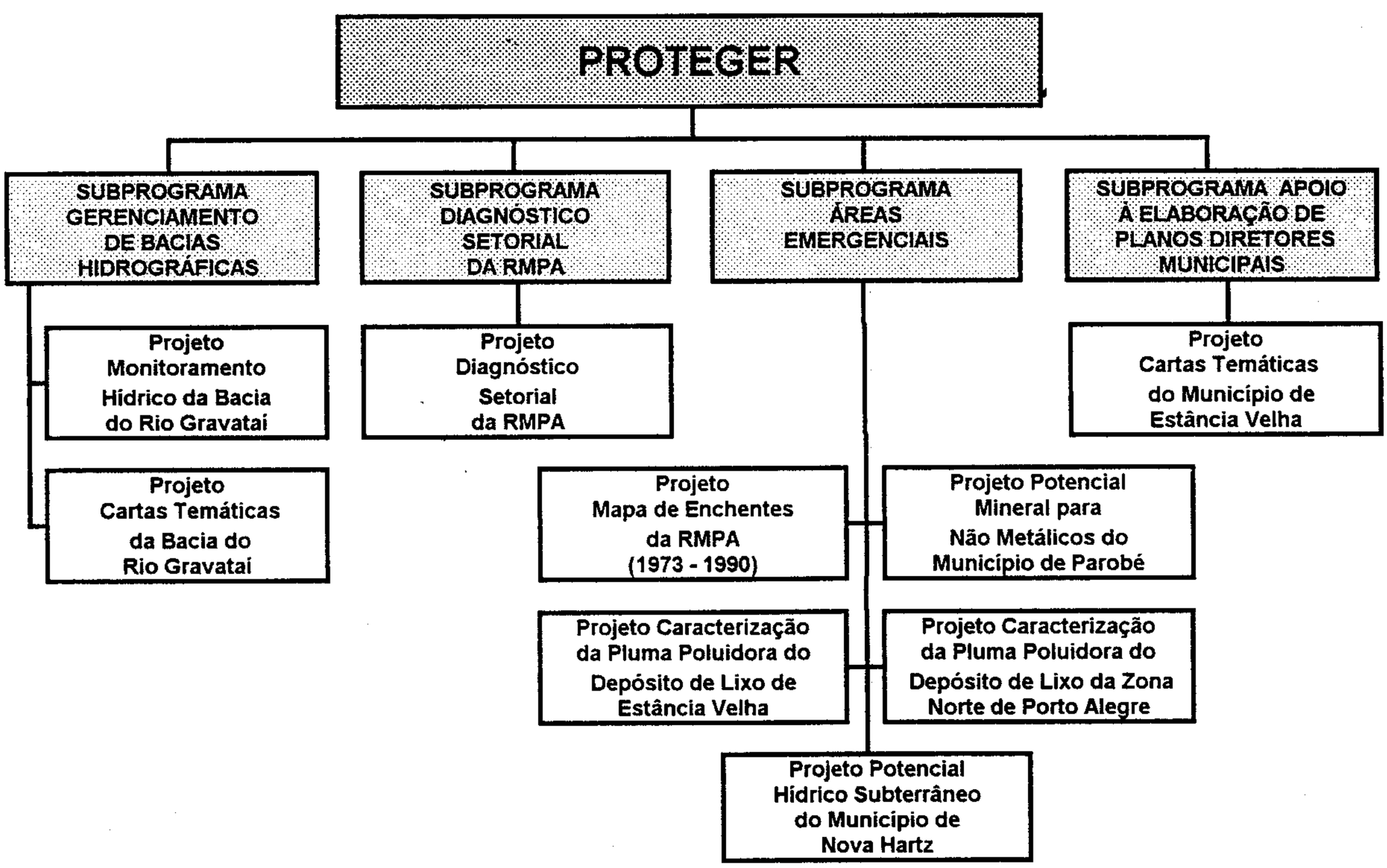
Ilustração da capa: imagem multiespectral do satélite LANDSAT TM-5, de 16/09/90, abrangendo o Delta do Jacuí e Estuário do Guaíba.

O PROTEGER



Com o objetivo de incorporar efetivamente as características do meio físico ao planejamento regional e urbano, a COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - **CPRM** e a FUNDAÇÃO DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO E REGIONAL - **METROPLAN**, através de convênio firmado em 1991, vem desenvolvendo o PROGRAMA TÉCNICO PARA O GERENCIAMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE - **PROTEGER**. Este programa está assentado no conhecimento dos diferentes atributos do meio físico: declividade, geologia, geomorfologia, pedologia, formações superficiais e hidrogeologia, entre outros, e contou com a participação de uma equipe técnica multidisciplinar. A correlação deste conhecimento com os requisitos locacionais das atividades antrópicas, tais como, habitação, indústria, mineração, disposição de resíduos, agricultura, torna-se a base sobre a qual são definidas as ações preventivas, em especial de planejamento do uso do solo e as ações corretivas, notadamente obras de saneamento e de controle de riscos

A primeira fase do **PROTEGER** teve seu desenvolvimento através de quatro subprogramas, aos quais estão vinculados nove projetos :



Como resultado desta primeira fase, foram elaborados trinta e nove Cadernos Técnicos e setenta e nove cartas e mapas temáticos que se encontram à disposição dos interessados nos escritórios da CPRM e METROPLAN.

APRESENTAÇÃO

Este volume trata especificamente dos resultados obtidos com a elaboração do **MAPA GEOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE PAROBÉ**, que é parte integrante do conjunto de cartas temáticas desenvolvidas pelo projeto ***Potencial Mineral para Não Metálicos do Município de Parobé-RS,*** visando compatibilizar a atividade mineira com a preservação ambiental.

Este projeto, que faz parte do subprograma ***Áreas Emergenciais*** do ***Programa Técnico para o Gerenciamento da Região Metropolitana de Porto Alegre*** - **PROTEGER**, tem seus resultados divulgados através de uma série de volumes, a seguir relacionados:

- Geologia do Município de Parobé - RS.
- Geomorfologia do Município de Parobé - RS.
- Pedologia do Município de Parobé - RS.
- Isodeclividade do Município de Parobé - RS
- Cobertura Vegetal do Município de Parobé - RS.
- Suscetibilidade à Erosão do Município de Parobé - RS.
- Potencial Mineral para Não Metálicos do Município de Parobé - RS.
- Áreas com Restrição à Mineração do Município de Parobé - RS.
- Áreas de Maior Favorabilidade à Mineração e Menor Risco Ambiental do Município de Parobé - RS.

Originalmente este trabalho foi editado através de uma série regional de publicações, intitulada *Série GATE - Parobé*, sob a designação de *Caderno Técnico 01.* Visando sua integração às séries nacionais de publicações do GATE, passa a constituir o *Volume 03* da *Série Cartas Temáticas* da Superintendência Regional de Porto Alegre.

Em decorrência, os termos *Volume* e *Caderno Técnico* são apresentados neste trabalho com o mesmo significado.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO 1

2 – METODOLOGIA 5

3 – ASPECTOS ESTRATIGRÁFICOS 7

3.1 – Grupo São Bento 7
3.1.1 – Formação Botucatu – Trjb 7
3.1.1.1 – Comentários Gerais 7
3.1.1.2 – Características Geológicas 7
3.1.1.3 – Características Geotécnicas 8
3.1.2 – Formação Serra Geral – Jksg 10
3.1.2.1 – Comentários Gerais 10
3.1.2.2 – Características Geológicas 10
3.1.2.3 – Características Geotécnicas 11

3.2 – Coberturas Quaternárias 12
3.2.1 – Coluviões de Encosta — QHc 12
3.2.2 – Planície Aluvial Subatual (Terraços) – QHt 12
3.2.3 – Planície Aluvial Atual – QHa e QHd 13
3.2.4 – Características Geotécnicas dos Depósitos da Planície Aluvial Subatual e Atual 13

4 – ASPECTOS ESTRUTURAIS 15

4.1 – Comentários Gerais 15
4.2 – Estruturas Primárias 15
4.3 – Descrição e Análise dos Fraturamentos 17

5 – GEOLOGIA ECONÔMICA 21

5.1 – Panorama Mineral 21
5.2 – Principais Bens Minerais do Município de Parobé 22
5.2.1 – Arenito 22
5.2.2 – Basalto 22
5.2.3 – Argila 22
5.2.4 – Areia 23

6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 25

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 31

- ANEXO

  Documentação Fotográfica

- ENCARTE

  Mapa Geológico do Município de Parobé, RS – Escala 1:25.000
  Mapa apresentado em escala reduzida para fins de ilustração. Cópia deste mapa, na **escala original**, poderá ser obtida na METROPLAN ou na CPRM – Porto Alegre.

RELAÇÃO DAS FIGURAS, TABELAS E QUADROS

- FIGURAS

1 – Mapa de Localização do Município de Parobé na Região Metropolitana de Porto Alegre
2 – Mapas e Cartas Temáticas do Município de Parobé
3 – Diagrama de Freqüência das Paleocorrentes Eólicas de Arenitos da Formação Botucatu, no Município de Parobé
4 – Diagrama de Setores dos Fraturamentos da Área do Município de Parobé, com a Freqüência das Classes Modais Estabelecidas
5 – Esquema de Fraturamento de 2ª Ordem em relação a Falhamento Sinistral Instalado em Rochas da Bacia do Paraná no Município de Parobé
6 – Mapa Geológico Simplificado do Município de Parobé

- TABELA

1 – Bens Minerais Produzidos no Município de Parobé

- QUADROS

1 – Características Gerais das Unidades Geológicas do Município de Parobé
2 – Características Geotécnicas das Unidades Geológicas do Município de Parobé

1 – INTRODUÇÃO

O Município de Parobé, situado na porção norte da Região Metropolitana de Porto Alegre – RMPA (**Figura 1**), possui uma área de 106,4 km2 com uma população de 31.000 habitantes.

A sede municipal é a cidade de Parobé, a qual dista cerca de 80 km de Porto Alegre, capital do Estado do Rio Grande do Sul.

A principal atividade econômica do município é representada pela indústria calçadista, que nos últimos anos vem apresentando altos índices de crescimento. Em função dos empregos gerados por esta atividade, constata-se um acentuado processo de concentração demográfica urbana e uma contínua imigração de mão-de-obra proveniente de municípios do norte e nordeste do Estado.

Outra atividade econômica importante é representada pela crescente indústria de explotação mineral relacionada com a extração de arenito ("pedra grês") nas localidades de Concórdia, Morro Negro e Morro da Pedra; extração de areia no rio dos Sinos; blocos de basalto na localidade de Salto; e argila nas várzeas do rio dos Sinos e Paranhana.

Existem no município cinqüenta e uma (51) pedreiras para extração de arenito Botucatu, utilizado na obtenção de pedras de alicerce, tijoletas e lajes, uma (01) pedreira de basalto para a produção de blocos para calçamento, cinco (05) lavras de areia e sete (07) lavras de argila para a fabricação de tijolos e telhas.

Esta atividade tem grande importância tanto econômica como social, uma vez que é responsável pelo desenvolvimento de pequenas comunidades e emprega diretamente considerável número de pessoas.

No entanto, até o momento, esta explotação tem sido feita de forma desordenada, na maioria das vezes não legalizada e sem uma avaliação de seu impacto sobre o meio ambiente.

Objetivando dotar as autoridades municipais, estaduais e federais que atuam no campo de planejamento e ocupação do solo e na área de licenciamento e fiscalização ambiental, com documentação técnica que balize e agilize a tomada de decisões, o **PROTEGER** contemplou o município com o projeto Potencial Mi-neral para Não Metálicos do Município de Parobé-RS. Este projeto, através da elaboração e cruzamento de diferentes mapas/cartas temáticos (**Figura 2**), fornece uma visão panorâmica sobre o Potencial Mineral (Não Metálicos) do município, indicando as áreas mais favoráveis à explotação mineral, bem como aquelas que apresentam restrições a esta atividade.

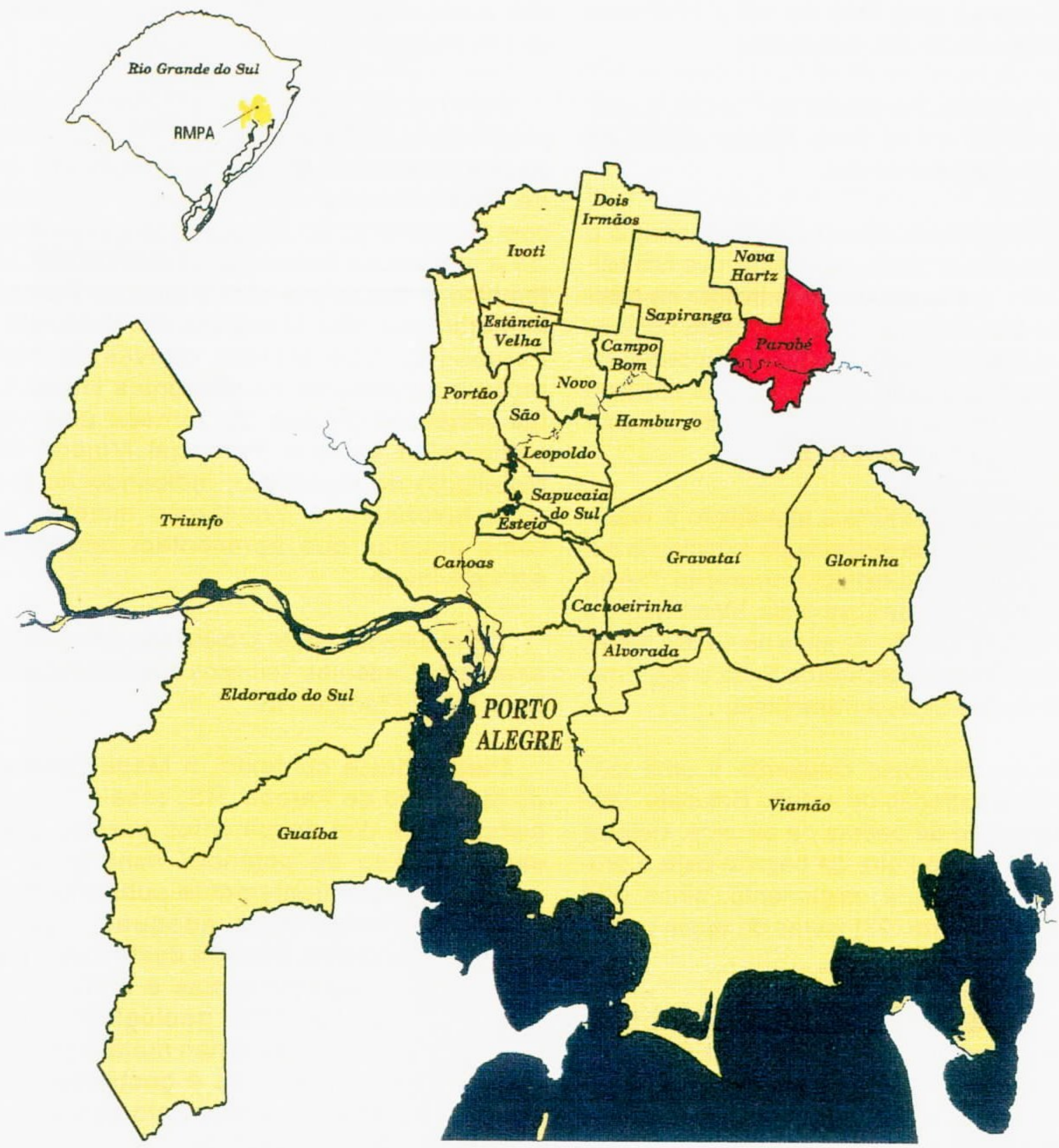
Os resultados deste projeto são apresentados através de Cadernos Técnicos que fazem parte da Série GATE/Parobé, RS.

Dentro deste contexto, o Mapa Geológico do Município de Parobé, RS, escala 1:25.000, constitui um dos documentos básicos para a caracterização do potencial mineral do município e conseqüentemente subsidiar na seleção das áreas mais adequadas para a explotação mineral. Através deste mapa foram identificadas, caracterizadas e cartografadas as diferentes unidades geológicas, ressaltando seu potencial para não metálicos, características hidrogeológicas e geotécnicas, que contribuem para o planejamento do uso e ocupação do solo do município.

REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

FIGURA 1



MUNICÍPIO DE PAROBÉ

MAPAS E CARTAS TEMÁTICAS MUNICÍPIO DE PAROBÉ

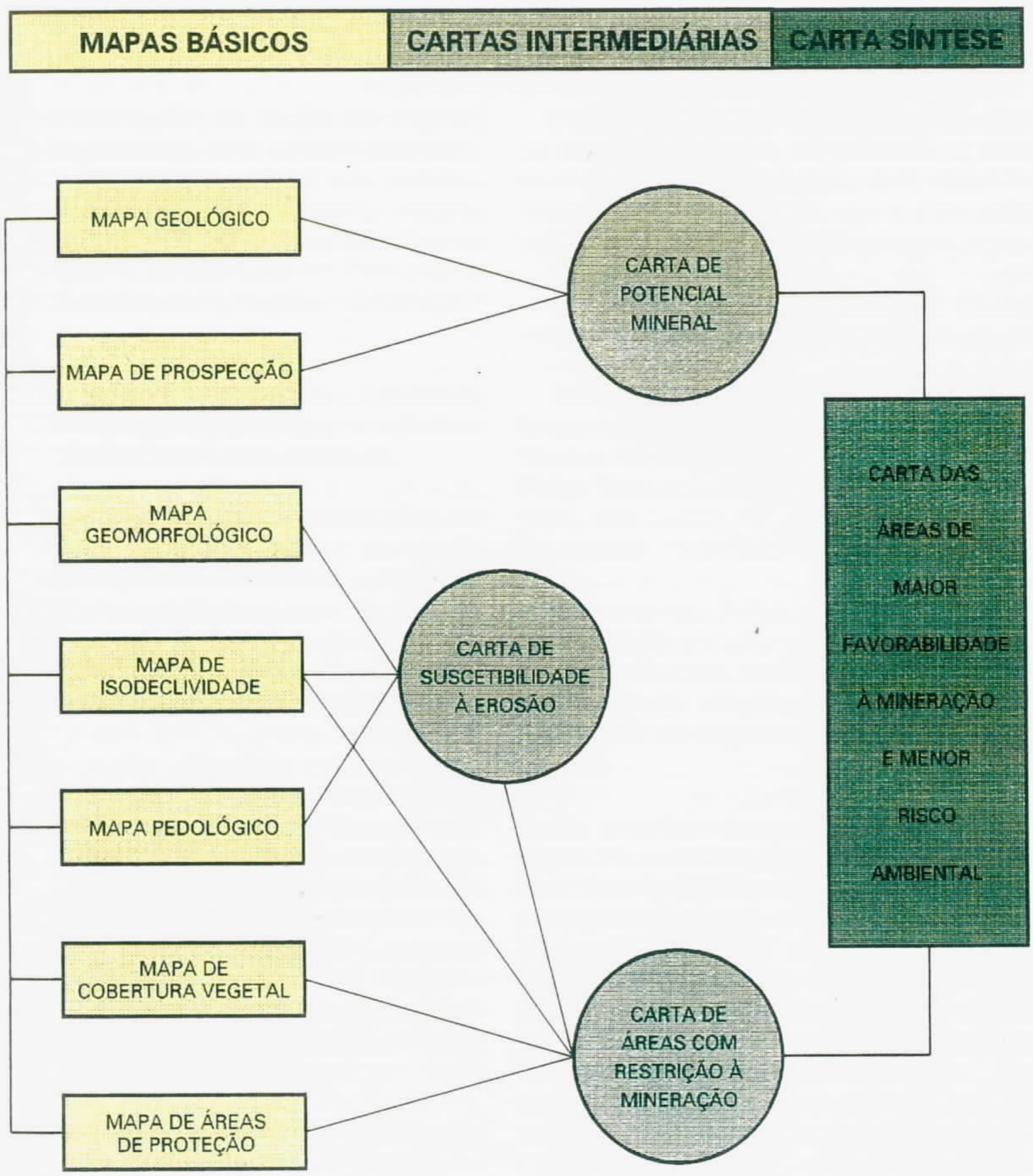


FIGURA 2

2 – METODOLOGIA

Para a elaboração do Mapa Geológico, efetuou-se inicialmente uma fotointerpretação, utilizando-se fotografias aéreas nas escalas 1:40.000 realizadas pela Força Aérea Brasileira–FAB (1990) e 1:20.000 realizadas pelo Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem e Departamento de Estudos e Projetos – DAER/DEP (1978).

Concomitantemente a esta etapa, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em todos os trabalhos disponíveis relacionados à área estudada.

Foram lançadas uma série de informações em *"overlays"*, sobre fotografias aéreas na escala 1:20.000, tais como: rede de drenagem, contatos entre as unidades geológicas, delimitações de depósitos de encosta (coluviões), planícies aluviais atual e subatual (terraços) e ainda elementos estruturais como falhas, fraturas e atitudes de camadas.

Os mapas fotogeológicos resultantes foram submetidos a verificação de campo. Durante essa etapa, realizou-se o mapeamento geológico propriamente dito, em que foram descritos todos os afloramentos mais representativos, dando-se ênfase também aos aspectos pedológicos, geomorfológicos e geotécnicos das distintas unidades geológicas, bem como avaliada sua potencialidade mineral e levado a efeito o cadastramento das ocorrências minerais e minas.

Ainda nesta fase de campo, foi efetuada uma prospecção através de furos utilizando-se trado mecanizado modelo MB-1, objetivando a avaliação do potencial econômico das argilas das planícies aluviais dos rios dos Sinos e Paranhana.

Foram descritos 194 afloramentos, coletadas 34 amostras de rocha, 04 amostras de solo residual e 27 amostras de solos aluviais. Na prospecção de argilas para uso em cerâmica vermelha foram executados 162 furos de trado.

Em laboratório foram executadas 13 análises petrográficas e 62 análises tecnológicas de argilas.

Em uma última etapa, as informações obtidas foram registradas na planta-base do município de Parobé na escala 1:25.000 ampliada a partir da Folha Taquara SH.22-X-C-IV-1 do CCAuEX de 1978, em escala 1:50.000, através de sistema "Intergraph" da METROPLAN.

O acervo dos dados compreendendo planilhas de descrição de afloramentos, perfis litológicos dos furos de trado, laudos analíticos e o mapa de documentação encontram-se arquivados na Superintendência Regional da CPRM, em Porto Alegre.

Os trabalhos desenvolveram-se com amplo apoio das coordenações técnicas e especialistas temáticos da CPRM e METROPLAN. As análises petrográficas foram executadas pela geóloga Andrea Sander e as análises tecnológicas de argilas pelo laboratório do Colégio Maximiliano Gaidzinski, de Cocal, no Estado de Santa Catarina. O geólogo Antônio S. Jornada Krebs prestou colaboração importante nos trabalhos de prospecção e avaliação do potencial das argilas estudadas. A caracterização geotécnica das unidades contou com a valiosa colaboração da Engª Civil Regina Davison Dias e com o apoio do setor de geotécnica do curso de pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

3 – ASPECTOS ESTRATIGRÁFICOS

O mapeamento geológico permitiu identificar a presença das seguintes unidades geológicas: Formação Botucatu, Formação Serra Geral (ambas do Grupo São Bento) e Coberturas Quaternárias (Depósitos de Encosta e Depósitos da Planície Aluvial), a seguir descritas.

As principais características geológicas e geotécnicas destas unidades encontram-se no **Quadro 1** e no **Quadro 2**, inseridos no capítulo de Conclusões e Recomendações.

As características geotécnicas descritas foram baseadas em resultados de ensaios obtidos para solos com características similares aos da região em estudo. Não foram realizados ensaios geotécnicos para os solos em questão. É importante observar que o comportamento geotécnico é afetado por vários fatores entre os quais, história de tensões, textura, estrutura, teor de umidade entre outros, os quais podem alterar as características e propriedades, salientando a necessidade de estudos geotécnicos específicos para a região. Estas características descritas não podem ser consideradas simplesmente, sendo necessários estudos geotécnicos específicos para o seu uso em obras de engenharia.

3.1 – Grupo São Bento

3.1.1 – Formação Botucatu – Trjb

3.1.1.1 – Comentários Gerais

A Formação Botucatu foi inicialmente descrita por Gonzaga De Campos (1889) que nela incluiu os arenitos subjacentes ou intercalados nos derrames basálticos da Formação Serra Geral.

3.1.1.2 – Características Geológicas

A Formação Botucatu é composta por arenitos bimodais médios a finos, localmente grosseiros, com grãos de quartzo foscos, arredondados ou subarredondados e bem selecionados. São geralmente róseos, sendo freqüente a presença de cimento silicoso ou ferruginoso.

Constitui um expressivo pacote arenoso, com camadas tabulares ou lenticulares mostrando alternância de lâminas de grãos finos a médios e grosseiros, com estratificação cruzada de grande porte. O sedimento apresenta diferentes graus de litificação, ocorrendo em um mesmo local seqüências de arenito duro e outrás em que o mesmo é praticamente friável.

As principais estruturas sedimentares presentes são as estratificações cruzadas acanaladas de grande porte e a bimodalidade granulométrica (**Fotos 1 e 2**). Com freqüência, verificou-se gradação normal/inversa, e raramente marcas onduladas de baixo relevo, "ripples" de adesão e linhas de pequenos seixos.

Quanto ao ambiente de deposição, as estruturas sedimentares indicam ambiente desértico com depósitos característicos de campos de dunas da Fácies Eólica (TRJbe). Nesse ambiente observa-se com grande freqüência a presença de estratificações cruzadas acanaladas de grande porte, bimodalidade granulométrica evidenciando a atuação de processos de queda de grãos ("grain fall") e cunhas ou leitos de arenitos com fluxo de grãos ("grain flow").

Este ambiente de deposição e as estruturas sedimentares presentes correspondem à porção superior da formação, posicionada na borda de erosão do planalto basáltico, caracterizada pela ausência de intercalações de níveis pelíticos ou conglomeráticos e raros a ausentes depósitos interdúnicos, confe-rindo ao ambiente condições enérgicas de deposição eólica em clima desértico.

As maiores espessuras verificadas na Fácies Eólica ocorrem na porção sul da área, alcançando valores da ordem de 120 metros.

Nas porções mais inferiores da unidade ocorre a Fácies de Interdunas (TRJbi), com maior proporção de pelitos e com interlaminações de areia/silte/argila, sendo freqüentes "drapes" de argila e estruturas internas constituídas por estratificação cruzada plano-paralela ou tabular tangencial na base, com características de deposição originada pela interação dos agentes água + vento (**Foto 3**).

Nas áreas onde ocorre a referida fácies, as espessuras são da ordem de 35 metros, sendo este valor estimado devido à espessa cobertura do solo.

Também fazem parte desta formação, no domínio da Fácies Eólica, os arenitos Intertrapianos (TRJbt) que ocorrem na área interdigitados nos derrames basálticos.

O contato dos arenitos com os derrames basálticos da Formação Serra Geral apresenta uma zona de reação com espessura variável (2-3cm) ao longo do plano de contato, composta pelo arenito fortemente recozido de coloração vermelha-escura devido a concentração de óxidos de ferro no contato. O basalto situado diretamente acima, encontra-se ge-ralmente alterado formando um nível de argila com espessura da ordem de 0,5 metro e porções alteradas da rocha com desagregação esferoidal evoluindo para um produto do tipo "saibro".

Sobre estas rochas desenvolvem-se regolitos residuais (solo residual) ou transportados (colúvio). Os solos residuais são do tipo podzólico vermelho-amarelo, caracterizando-se por serem mal estruturados, com textura argilosa e perfis bem desenvolvidos, além de apresentarem nítida distinção entre os horizontes A e B. A concentração de argilas no horizonte B é proveniente do horizonte A através de processos de iluviação, controlando a maior ou menor permeabilidade e porosidade deste tipo de solo. Geralmente são solos relativamente profundos e, por serem mal estruturados, são muito suscetíveis aos processos erosivos. Na parte sul da área, ocorrem freqüentemente afloramentos de arenitos da Fácies Eólica, com desenvolvimento de solo litólico, com alto índice de pedregosidade, horizonte A texturalmente franco-arenoso e espessura em torno de 0,5 m.

Os regolitos transportados, também ocorrem sobre esta unidade, constituindo os depósitos coluviais com espessura que não ultrapassa 10 metros ao longo do perfil da encosta.

3.1.1.3 – Características Geotécnicas

Maciel Fº. (1990), tece considerações a respeito das propriedades geotécnicas desta formação. De acordo com este autor, esta unidade tem um comportamento geotécnico que varia desde rocha dura a muito abrasiva, quando silicificada, até arenito brando e mesmo areia com pouca coesão, quando alterada. Também, não apresenta problemas especiais para fundações, ou sub-leitos de estradas, por que possui boa capacidade de suporte.

Na **Fácies Eólica** são encontrados na região perfis com uma camada com cerca de 80 cm de espessura constituída de solos areno-argilosos, pouco compacta. Em maior profundidade, tendo maiores espessuras, ocorrem solos mais avermelhados, bem drenados, e com maior concentração de argila, geralmente pouco a medianamente compactos. Mais próximo do material rochoso, ocorrem em geral solos residuais de arenito. Estes solos guardam a estrutura da rocha, mas com comportamento de solo, isto é, esfarelando sob a pressão dos dedos. O solo residual apresenta uma cimentação proveniente do material rochoso, mas a sua resistência pode ser reduzida com a inundação. A granulometria do horizonte residual é constituída por areia-siltosa e apresenta geralmente uma compacidade variando entre pouco a medianamente compacto. Em geral este horizonte apresenta uma

boa drenagem. Estes solos, dependendo das suas características estruturais, podem apresentar o fenômeno da colapsividade. Como conseqüência pode haver o aparecimento de rachaduras na superestrutura devido à deformações destes solos causadas por inundação. Estudos laboratoriais de perfis da Formação Botucatu de Novo Hamburgo e Campo Bom apresentados por Orlandini (1991) mostram a ocorrência de colapso nestes solos. Algumas vezes os horizontes argilosos e o residual podem não estar presentes sendo que a rocha encontra-se próxima da superfície ou na superfície. A profundidade de ocorrência da rocha é variável, podendo ser desde a superfície até mais de 8,0 m. As fundações assentes em rocha não apresentam problemas.

Estes solos devido a textura arenosa e a ocorrência em relevo movimentado apresentam suscetibilidade à erosão. Escavações são possíveis nos solos, inclusive no material que guarda a estrutura da rocha, havendo dificuldades apenas no material rochoso inalterado. Neste caso, geralmente o desmonte é realizado através das superfícies de fraqueza. Estes solos apresentam em geral o lençol freático profundo.

A estabilidade dos taludes é variável de acordo com a profundidade e os tipos de solos. Cortes no solo avermelhado, quando pouco profundos, são estáveis. Em maiores profundidades estas escavações podem instabilizar-se em épocas chuvosas. Estudos geotécnicos são necessários para prever escorregamentos em escavações de maior vulto. Trabalhos de campo têm mostrado a ocorrência de taludes antigos estáveis ao longo de estradas. Maciel Fº. (1990) comenta que as inclinações mais adequadas sugeridas por Costanzo Jr., Virgilli e Maciel Fº. (1978) para cortes na Formação Botucatu podem ser de 1H:3V. Este também chama a atenção para as quedas de blocos de arenito que podem ocorrer em taludes altos e quase verticalizados, os quais ocorrem esporadicamente junto às escarpas.

Estudos feitos por Maciel Fº. (1990) para um perfil da Formação Botucatu que ocorre em Santa Maria mostram que esta unidade apresenta uma boa capacidade de suporte para subleito, com valores de índice de suporte Califórnia (CBR) iguais a 13, 12 e 9 para os horizontes A, B e C respectivamente e baixa expansividade. Nunez (1991) encontrou também valores máximos de CBR para um solo residual do arenito da Formação Botucatu em São Leopoldo e expansividade de 1.6 %.

Mediante estudos laboratoriais podem ser encontrados nesta área solos com condições de uso em pavimentos de baixo custo. Alternativas também podem ser feitas com o uso de estabilizantes do tipo cal ou cimento. Pesquisas têm mostrado resultados aceitáveis para o seu uso na estrutura do pavimento.

A **Fácies de Interdunas** apresenta perfis formados por solos com espessuras geralmente superiores a 5,0 m. Apresentam uma camada arenosa com cerca de 70 cm de espessura e abaixo um horizonte B mais argiloso de consistência geralmente média. Estes solos, dependendo das características estruturais, também podem apresentar problemas quanto a colapsividade com a inundação. O horizonte C da Fácies de Interdunas é mais argiloso que o horizonte C do arenito da Fácies Eólica e geralmente um pouco menos permeável. Intercalações argilosas são encontradas no horizonte Ç destes solos.

Estes solos apresentam facilidade quanto a escavação. O lençol freático encontra-se geralmente profundo. Estes solos também podem apresentar problemas com a erosão. Cortes rasos para canalizações são geralmente estáveis. Taludes mais profundos devem ser analisados com métodos de estabilidade de taludes, considerando as superfícies de fraqueza que ocorrem no horizonte formado por solo residual.

Como material de empréstimo, o horizonte B pode apresentar em geral boas características. Solos com características similares às do horizonte B têm sido usados em pavimentos de baixo custo e material de empréstimo para aterros. Por estudos realizados em solos similares, estes podem apresentar médias a boas capacidades de suporte para subleito de estradas.

Para a construção de moradias, as rochas desta unidade geralmente apresentam boa permeabilidade, permitindo a utilização do sistema fossa-sumidouro.

3.1.2 – Formação Serra Geral – Jksg

3.1.2.1 – Comentários Gerais

As rochas que compõem esta formação constituem espessa seqüência vulcânica que foi introduzida como unidade estratigráfica por White (1906) e definida como Formação Serra Geral por Gordon Jr. (1947). A seqüência abrange uma sucessão de derrames de lavas predominantemente básicas, contendo domínios ácidos e intermediários principalmente no terço médio e superior, bem como diques de diabásio.

3.1.2.2 – Características Geológicas

Na área estudada as rochas desta formação ocorrem principalmente na parte norte, coincidindo com a escarpa da borda meridional do planalto basáltico da Bacia do Paraná. Neste setor do limite municipal, atingem altitudes de 220 metros. O contato inferior com os arenitos da Formação Botucatu ocorre em torno de altitudes de 100 a 120 metros, admitindo-se no estudo feito que existem dois derrames com espessuras em média de 50 metros e um terceiro com início nas proximidades do limite norte da área. A partir desta região, em direção ao sul do município, o contato basalto-arenito ocorre em cotas menores, mostrando um relevo de morros-testemunho com remanescentes do basalto no topo e o contato inferior com os arenitos em altitudes de até 75 a 80 metros. A partir da escarpa referida, até o curso do rio dos Sinos, o relevo mostra um rebaixamento gradual contrastando com a porção restante situada ao sul do rio.

Nesta parte da área o relevo se projeta mais abruptamente, ocorrendo na extremidade centro-sul um extenso corpo de rocha basáltica, interdigitado com arenito Intertrapiano no topo, e sobreposto ao pacote de arenitos em altitudes entre 160 a 180 metros.

A maior parte dos corpos isolados de basalto são morros-testemunho, remanescentes da erosão dos derrames, resultando um modelado de dissecação diferencial, principalmente ao norte do rio dos Sinos.

A porção ao sul do rio dos Sinos possivelmente encontra-se estruturalmente alçada em relação à do norte, haja vista os grandes fraturamentos (falhas) fotointerpretados de direção E-W e WNW-ESE, que combinadamente são sugestivos da superimposição do curso do rio dos Sinos na área. Referências a estas direções de falhamentos foram feitas por Morris (1963) no Mapa Geológico da quadrícula de Taquara, bem como também se verificam no Mapa Geológico integrado da Folha Gravataí (Aboarrage & Lopes, 1986).

No que se refere ao tipo de posicionamento ou modo de ocorrência das rochas da Formação Serra Geral, as indicações são de uma predominância de derrames, principalmente na região da escarpa do planalto e dos corpos isolados da periferia deste. Nas porções central e sul da área, estes corpos isolados podem em alguns casos corresponder a feições do tipo "sill", entretanto as características estruturais não são reconhecíveis, além de as rochas petrograficamente assemelharem-se mais a derrames. Localmente verificam-se diques de rocha básica, em geral muito alterada, de direções NE ou NW, constituindo freqüentemente corpos de diabásio.

Na área predominam basaltos geralmente intemperizados de cores cinza-escura ou cinza quando não alterados, de granulação muito fina, com textura variando desde amigdaloidal até maciça. Freqüentemente encontram-se bastante fraturados exibindo fraturas conchoidais características.

Petrograficamente as rochas estudadas mostram texturas porfiríticas ou glomeroporfiríticas, inequigranulares médias a afaníticas. Os fenocristais de plagioclásio ocorrem imersos na matriz fina ou afanítica e por vezes se apresentam corroídos. As principais estruturas presentes são amígdalas circulares a irregulares preenchidas por quartzo, carbonato ou argilo-mineral (celadonita).

O plagioclásio mais freqüente é a labradorita, ocorrendo como fenocristal, em vários casos glomeroporfirítico, corroído, fortemente zonado e grãos com glóbulos de matriz vítrea e inclusões de pigeonita.

O piroxênio é a augita ou a pigeonita que ocorrem como fenocristais, este último podendo também ocupar espaços intersticiais entre grãos de plagioclásio.

A olivina é pouco freqüente, ocorrendo sempre totalmente substituída como componente da matriz.

A matriz tem textura predominantemente intersertal, formada por agregados finos de cristais de plagioclásio e, em menor proporção piroxênio com espaços em geral preenchidos por matriz afanítica. Cabe ressaltar a ocorrência de quartzo em pequenas proporções, porém com freqüência, como constituinte da matriz.

Os basaltos e rochas associadas da Formação Serra Geral têm afinidade toleítica. Conforme ressaltado, a supersaturação em sílica, como indica a ocorrência de quartzo, é suficiente para definir uma rocha basáltica como toleítica. A ausência de titano-augita em todas as amostras é evidência negativa da afinidade alcalina.

Relacionados a esta unidade geológica foram identificados solos do tipo brunizém avermelhado, terra roxa estruturada e litossolos, sendo estes últimos mal estruturados, pouco desenvolvidos, permeáveis, porosos e com freqüentes fragmentos de rocha.

3.1.2.3 – Características Geotécnicas

Nesta unidade o material rochoso pode ser encontrado na superfície ou próximo desta com desenvolvimento de pequenos perfis de solos. O material rochoso apresenta boa capacidade de suporte para fundações. Ocorrem em alguns locais matacões ou pedaços de blocos. Quando aparece o desenvolvimento de pequenas espessuras de solos, estudos devem ser executados no assente de aterro ou de pequenas edificações nestes solos, pois o material pode apresentar caráter expansivo. É comum encontrar argilas expansivas nos horizontes de solos desenvolvidos nesta unidade. As argilas expansivas aumentam de volume em épocas chuvosas e contraem em épocas secas, ocasionando fissuras e rachaduras na superestrutura. Solos residuais de basalto também podem muitas vezes apresentar problemas de expansão na sua constituição ou devido ao material de preenchimento de algumas vesículas. Nos locais de relevo mais suave, próximo do topo das encostas, podem ser encontrados solos classificados como terra roxa estruturada, mais evoluídos, avermelhados, argilosos com consistência média, sem a presença de mineral expansivo.

Escavações nos solos são possíveis. No caso de material rochoso decomposto estas são feitas junto aos planos de fratura. Dificuldades de escavação podem ser encontradas nos solos que apresentam a ocorrência de blocos. A abertura em rochas inalteradas deve ser feita mediante o uso de explosivos. Os solos desta região são suscetíveis à erosão devido ao relevo movimentado em que ocorrem.

Problemas de escorregamentos podem ocorrer nos locais íngremes formados por solos pouco evoluídos ou em zonas de tálus. Estes locais são suscetíveis à rastejos, ou mesmo escorregamentos generalizados. Cortes de estradas devem ser tratados com estudos geotécnicos de estabilidade de taludes. Pequenas escavações são possíveis nos solos mais evoluídos. Nos solos menos desenvolvidos podem resultar trincas de retração e expansão devido ao material expansivo.

Estes solos como material de aterro podem apresentar valores mais elevados de expansão e baixos valores de CBR devido à presença dos minerais expansivos, resultando num material de baixa qualidade de suporte de subleito. O uso destes solos em aterro deve ser feito com estudos específicos. Solos avermelhados, de relevo mais suave, podem apresentar média capacidade de suporte de subleito e melhores características para material de aterro.

Maciel Fº. (1990), estudando basaltos na região de Santa Maria (RS), tece uma série de considerações a respeito do comportamento geotécnico destas rochas. De acordo com este autor sua escavabilidade pode ser considerada como material de primeira (solo) a terceira (rocha) dependendo do grau de alteração.

A estabilidade dos taludes depende principalmente do tipo de material cortado, bem como da estrutura da rocha e compartimentação do maciço.

3.2 – Coberturas Quaternárias

3.2.1 – Coluviões de Encosta – QHc

As coluviões de encosta são bastante freqüentes na área estudada, originando depósitos de forma lenticular nas encostas dos morros. Litologicamente são constituídas por materiais argilo-arenosos provenientes da atuação dos agentes erosivos sobre as rochas areníticas. Localmente, na base desses depósitos ocorrem delgados níveis de grânulos e seixos. Estimou-se a espessura desta unidade em menos de 10 metros.

Sobre os referidos depósitos ocorrem solos podzólicos do tipo vermelho-amarelo geralmente com horizonte B areno-argiloso com espessuras variáveis, porosidade e permeabilidade altas, moderadamente estruturados e facilmente desagregáveis.

Sob ponto de vista geotécnico os estudos geológicos de campo mostraram que em geral os colúvios de encostas ocorrem em relevo suavemente ondulado. Os perfis típicos são formados por uma camada arenosa, com cerca de 70 cm de espessura, com cores mais escuras devido a presença da matéria orgânica. Em maiores profundidades são encontrados solos avermelhados, mais argilosos, de consistência geralmente média. Nestes perfis, também é possível encontrar abaixo, solos residuais de arenito. Estes solos têm mostrado, em resultados laboratoriais, características colapsíveis.

Cortes em pequenas profundidades, na sua maioria, não apresentam problemas de estabilidade. Cuidados devem ser tomados com estudos geotécnicos em encostas íngremes onde podem ocorrer rupturas generalizadas, mesmo quando o material apresenta uma melhor capacidade de suporte de fundações. Problemas são agravados com a retirada da vegetação natural e em épocas de chuvas intensas pela elevação da carga piezométrica.

Quanto à escavação deste material, ela pode ser feita facilmente no solo. Problemas de escavação podem ser encontrados com a presença, algumas vezes, de rochas. Estes solos podem apresentar uma forte suscetibilidade à erosão. Quando houver a retirada dos horizontes superficiais, como em alguns casos de terraplanagem ou explotação de jazidas, ficando exposto o horizonte C, do solo residual, podem surgir graves problemas de erosão. Chama-se a atenção para o reconhecimento do horizonte C residual. Este guarda a estrutura da rocha, mas pode facilmente ser desagregado pela pressão dos dedos.

Os solos avermelhados, com aspecto homogêneo, dos perfis típicos desta região de relevo suavemente ondulado, em geral apresentam médias capacidades de suporte quanto ao subleito e podem também apresentar boas características para material de aterro.

3.2.2 – Planície Aluvial Subatual (Terraços) – QHt

Estes depósitos estão presentes nas planícies aluviais dos principais cursos d'água, onde constituem terraços com superfícies suavemente onduladas ou planas.

A análise fotogeológica demonstra que ocorrem intimamente relacionados às aluviões atuais, distinguindo-se destas por uma discreta quebra de relevo que não ultrapassa 5 metros.

Litologicamente são constituídos por material síltico-argiloso ou argilo-arenoso a arenoso de cores variadas em tons castanho. Freqüentemente associam-se a estes terraços depósitos de cascalho, com seixos principalmente de basalto, aflorantes de modo descontínuo ao longo das margens dos rios dos Sinos e Paranhana, podendo constituir localmente lentes com cerca de 100 metros de extensão e que são visíveis somente na estação seca.

Sobre esta unidade desenvolvem-se planossolos e plintossolos de natureza areno-argilosa, mal estruturados, porosos e moderadamente permeáveis. Devido ao fato de ocorrerem sobre sedimentos inconsolidados, torna-se difícil avaliar sua espessura. Entretanto, com base nos perfis de

furos da prospecção de argila, observa-se que as espessuras em geral não ultrapassam a 10 metros. São solos freqüentemente mal drenados e como ocorrem em áreas planas, são pouco suscetíveis aos processos erosivos.

3.2.3. – Planície Aluvial Atual – QHa e QHd

A planície aluvial atual é constituída por depósitos inconsolidados de acumulação fluvial (QHa) compostos por aluviões argilo-arenosas ou areno-argilosas, de coloração marrom-castanha ou eventualmente variegada, passando a arenosas na base. Compreende também os depósitos de areias finas que ocorrem nos leitos dos rios e dos riachos.

Nestas áreas ocorrem ainda várzeas ou depressões (QHd) situadas em nível inferior da planície aluvial, constituídas por aluviões predominantemente argilosas de cor marrom a acinzentada.

Sobre esta unidade foram identificados solos da associação glei húmico, glei pouco húmico, planossolo e plintossolo que correspondem a solos hidromórficos e que se diferenciam por possuirem proporções variáveis de matéria orgânica e água. As espessuras observadas, tanto em afloramentos, como em sondagens para a prospecção de argila, em geral são inferiores a 7 metros.

Como ocorrem em áreas deprimidas, praticamente planas, não são suscetíveis aos processos erosivos, embora sejam facilmente desagregáveis.

3.2.4 – Características Geotécnicas dos Depósitos da Planície Aluvial Subatual e Atual

Nos depósitos da planície aluvial subatual e atual desta unidade ocorrem perfis profundos de solos de baixa capacidade de carga, constituídos por argilas areno-siltosas de cores cinzentas a pretas. A consistência destes solos varia em geral de muito mole a mole com lençol freático próximo da superfície. Tais solos apresentam problemas de recalques por adensamento ao longo do tempo. Estas deformações dos solos podem provocar fissuras e rachaduras em estruturas assentes nestes, caso não haja um estudo geotécnico adequado. Muitas vezes a camada superior pode estar mais endurecida, ou ser mais arenosa. Cuidados devem ser tomados quando o bulbo de pressões provenientes de edificações ou aterros solicitarem solos moles que podem ocorrer em maiores profundidades. Podem ocorrer também solos com consistência mole a média, algumas vezes com o lençol freático mais profundo e alguns com mosqueados amarelados e avermelhados. São também encontrados nos perfis desta unidade lentes de areia intercaladas entre os solos argilosos. O material resistente ocorre em profundidades variáveis atingindo em muitos casos mais de 10 m de profundidade.

Os solos desta unidade mostram facilidades quanto à escavação. Sugere-se o uso de escoramentos para a estabilidade de cortes nestes solos. Devem ser feitos estudos geotécnicos nestes solos, devido a baixa resistência ao cisalhamento de muitos perfis. As camadas contendo mosqueados amarelos e avermelhados apresentam melhores características de resistência. Estes solos não apresentam problemas de erosão devido ao relevo plano.

Os solos moles são saturados, plásticos, apresentando alto teor de umidade, geralmente dificultando a sua compactação. Podem apresentar minerais expansivos que aumentam de volu-me em épocas de chuvas e contraem em épocas secas. O uso deste material em geral não é indicado na pavimentação e aterros. Estudos em andamento estão desenvolvendo a adequação dos solos de planícies com presença de mosqueados vermelhos e amarelos em estruturas de um pavimento, conforme Oliveira *et alii* (1992).

4 – ASPECTOS ESTRUTURAIS

4.1 – Comentários Gerais

A área de abrangência do presente levantamento, limitada pelo município de Parobé, tem dimensões bastante reduzidas para que se possa levar a efeito uma análise geotectônica com base nos elementos estruturais obtidos. Entretanto, em razão da própria necessidade de entendimento da evolução tectônica entre as duas principais unidades geológicas e a geometria resultante do efeito dos falhamentos, procurou-se estabelecer preliminarmente uma análise interpretativa dos elementos que compõem a tectônica atuante na área.

Deste modo, as Formações Botucatu e Serra Geral, além de sua representação cartográfica, apresentam diferentes direções de fraturamentos e falhamentos justificando em determinados setores sua importância não só para o condicionamento geológico, como também para a interpretação geotécnica ou hidrogeológica.

Realizou-se portanto, uma descrição sucinta das estruturas primárias presentes nos litótipos e de modo idêntico uma abordagem sobre os principais sistemas de fraturamentos.

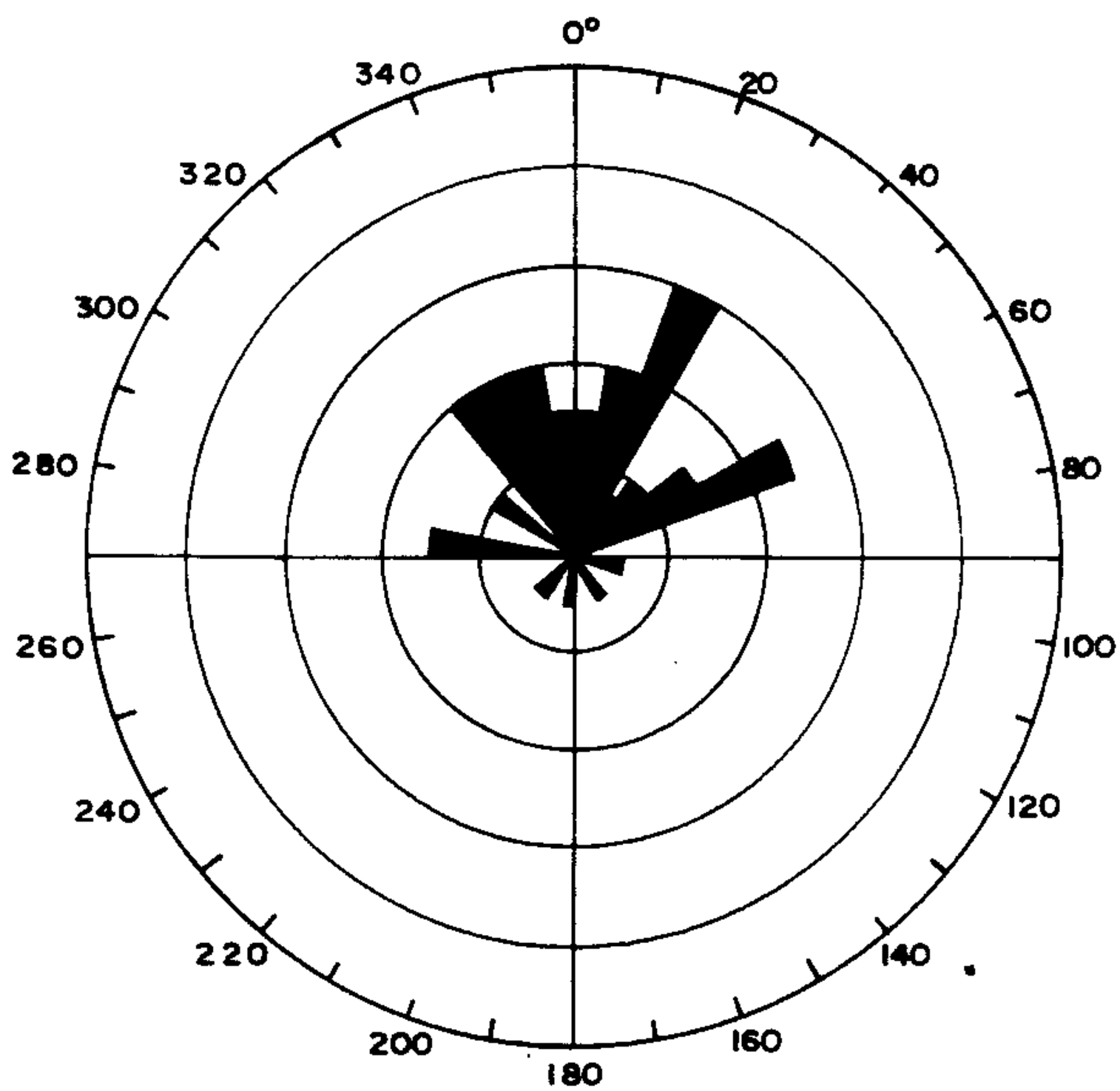
4.2 – Estruturas Primárias

Nas rochas areníticas da Formação Botucatu, são muito freqüentes estruturas constituídas por estratificações cruzadas acanaladas de grande porte, cruzadas tabulares tangenciais na base e mais raramente plano-paralelas. As estruturas internas mais freqüentes são representadas na fácies dos arenitos eólicos constituindo gradação normal ("grain fall") e gradação inversa ("grain flow").

O monitoramento das direções de paleocorrentes indicou grande dispersão, podendo-se entretanto interpretar que a direção preferencial dos ventos era de SSE para NNW (**Figura 3**). Embora estatisticamente o número de medidas efetuadas corresponda apenas a uma fração no domínio da Formação Botucatu, verificou-se serem consistentes os dados obtidos no município com aqueles estabelecidos por Faccini (1989) na seção estudada entre Gravataí e Taquara.

As atitudes das camadas dos arenitos em geral têm direções predominantemente para NE ou NW, com valores de mergulho muito variáveis, em geral para norte, observando-se que as movimentações tectônicas causaram com freqüência o basculamento dos blocos com modificações no mergulho das camadas.

Os basaltos da Formação Serra Geral, além de serem seccionados por grande número de fraturamentos, a exemplo do que ocorre com os arenitos da Formação Botucatu, apresentam diaclasamentos primários devido ao processo de resfriamento das lavas com espessuras de certa forma incipientes em relação aos grandes derrames conhecidos mais ao norte da bacia. Este comportamento decorre em virtude de os derrames existentes na área coincidirem com a borda do platô basáltico da Bacia do Paraná, e com alguns terminais rebaixados, cuja preservação atual constitui o topo de morros-testemunho. Conforme comentado, estima-se a existência de dois (2) derrames na área com espessuras aproximadas de 50 metros e uma fração de um terceiro derrame na extremidade norte. As zonas de disjunção horizontal e vítrea da base do primeiro derrame apresentam-se sempre com espessuras reduzidas e muito fraturadas, sendo estas as estruturas primárias mais encontradas na área, devido ao fato de ocorrerem no contato com os arenitos da Formação Botucatu, tornando-se mais facilmente reconhecíveis.



Total de medidas - 52
Azimute do vetor médio - 359° 25'
Módulo do vetor médio - 31,4102
Índice de consistência - 60,4043
Desvio padrão - 0,0494

Figura 3 - Diagrama de freqüência das paleocorrentes eólicas de arenitos da Formação Botucatu, no município de Parobé.

4.3 – Descrição e Análise dos Fraturamentos

Na área estudada, os domínios das rochas areníticas e vulcânicas são indistintamente seccionados por uma relativamente intensa rede de fraturamentos que se desenvolvem em toda a região.

Dentre os diversos sistemas de fraturamentos identificados no campo ressaltam-se aqueles de direções E-W, N35°-45°E e N30°-40°W. Os demais sistemas de fraturas presentes na área são melhor identificados a partir de fotografias aéreas e de imagens de satélite.

O sistema E-W é provavelmente o mais importante desta área, visto que o mesmo controla estruturalmente o curso do rio dos Sinos, estendendo-se por uma grande distância com expressão regional.

Nos trabalhos de campo verificou-se que esta direção de fraturamento, além de estar bem representada no curso do referido rio, ocorre expressivamente na porção sul da área onde controla diversas drenagens tributárias.

Na região do Morro da Pedra, em uma saibreira próxima ao afloramento LZ-82, observa-se que esta direção desenvolve um intenso fraturamento na rocha basáltica alterada e preenchida por dique de diabásio. Corresponde no local a uma falha que secciona também rochas areníticas, conforme foi visto no afloramento LZ-112, onde ocorre uma queda d'água com altura aproximada de 30 metros. Esta falha já havia sido anteriormente estudada por Morris (1963) a oeste da área municipal, onde se verificou que o bloco norte encontra-se soerguido em relação ao bloco sul.

O sistema de fraturamentos de direção N30°-40°W, distribui-se em toda a área, principalmente na porção sul, nas adjacências da rodovia RS-20 entre as localidades de Passo dos Ferreiros e Concórdia. Neste trajeto, onde estão localizados os afloramentos LZ-169, LZ-170 e LZ-171, constata-se que ao longo destas falhas ocorrem diques de diabásio encaixados. No afloramento LZ-167, pode-se verificar que além do encaixamento de diques de diabásio, estas falhas desenvolvem expressivas zonas de fraturamentos com silicificações e brechações das rochas areníticas. Localmente, junto ao afloramento LZ-171 observou-se que tais falhas às vezes apresentam um comportamento de falha inversa. Os marcadores cinemáticos tais como "slickenlines" e "slickensides" indicam desenvolvimento horizontal com sentido dextral. A existência de lineações com forte ângulo de mergulho no plano de falha, bem como a geometria dos dobramentos associados, sugere a existência de uma componente oblíqua, indicando que tal falha apresenta um comportamento de falha de empurrão com sentido de transporte para SW (**Foto 4**).

No estudo petrográfico destas amostras observou-se que a textura sedimentar reliquiar está bem preservada, indicando que tratam-se de arenitos parcialmente absorvidos por um magma com um incipiente metamorfismo de contato, onde o efeito térmico gerou minerais aciculares, radiados ou não, de grão extremamente fino (diâmetro inferior a 0,15mm), provavelmente constituídos por andaluzita.

O sistema de fraturamentos de direção N35°-45°E também se distribui ao longo de toda a área com falhamentos de grandes extensões verificados através de fotointerpretação, sem entretanto, haver sido constatada a existência de fraturas com desenvolvimento expressivo de silicificações, brechações ou preenchimento por diques de diabásio.

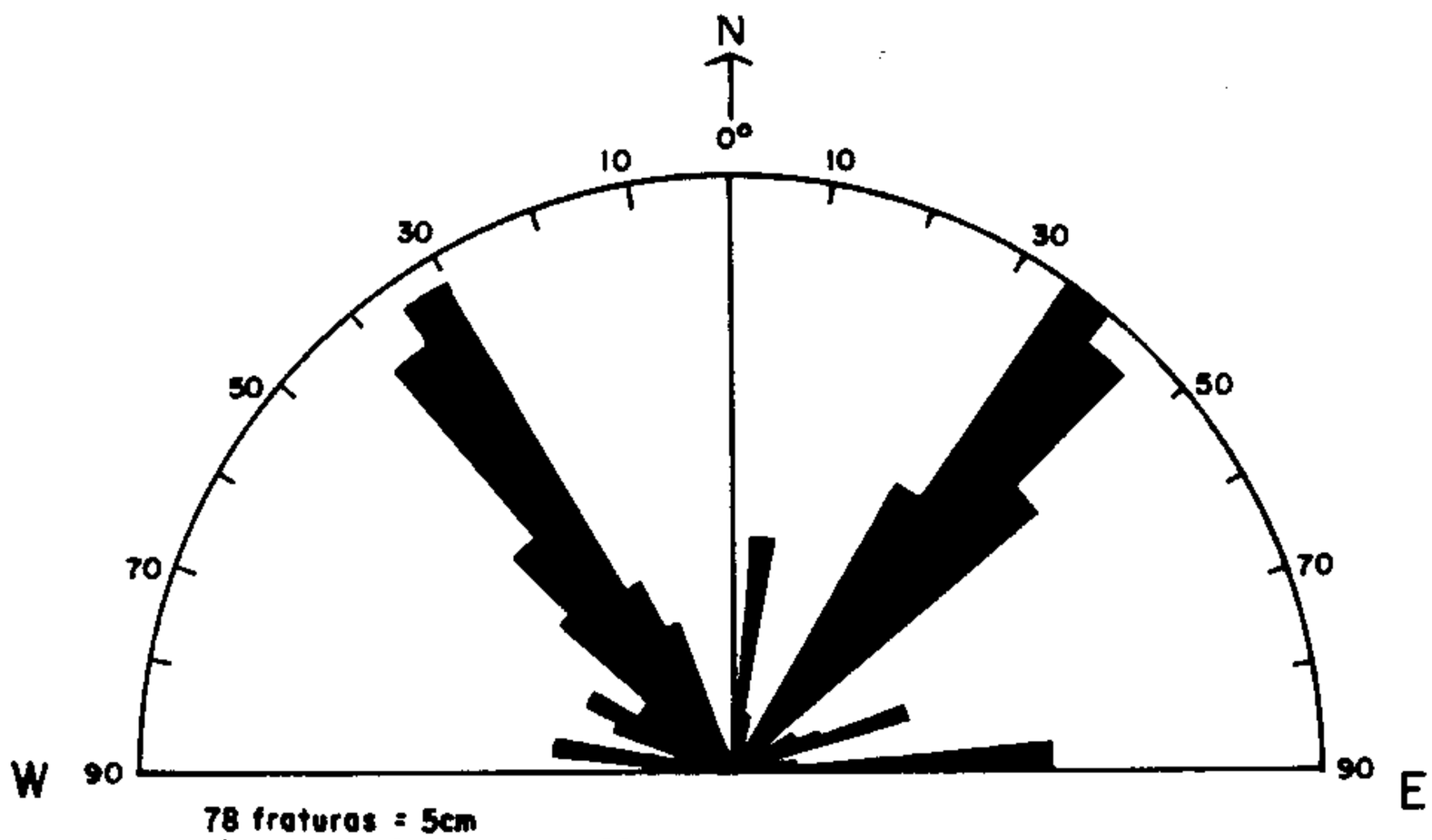
Outro sistema de fraturamento importante na área tem orientação N-S. Este sistema é melhor caracterizado através da fotointerpretação, visto que controla as principais drenagens tributárias, tanto ao norte, como ao sul do curso do rio dos Sinos. Nos trabalhos de campo este fraturamento ficou bem caracterizado no leito do arroio Funil, próximo ao afloramento LZ-175, onde desenvolve brechação e silicificação sobre rochas areníticas. Os demais sistemas de fraturamentos são subordinados, tendo sido identificados principalmente através dos trabalhos de fotointerpretação.

A análise dos fraturamentos realizados através do tratamento estatístico de 753 falhas ou fraturas, identificadas a partir dos trabalhos de campo e de

fotointerpretação permitiram o estabelecimento de seis (6) classes modais, hierarquizando a freqüência de todos os sistemas de fraturamentos presentes na área, conforme pode ser observado no diagrama de setores (**Figura 4**).

Deste modo confirmou-se que os sistemas de fraturamentos de maior freqüência correspondem aos de "trend" N35°-45°E e N30°-40°W, sendo os demais subordinados. O estabelecimento de um modelo geotectônico, que permita o entendimento da estruturação regional, partiu do pressuposto que o sistema de fraturamentos E-W corresponderia ao "trend" principal conforme verificado em imagens de satélite. A análise das imagens de satélite e leitura de mapas geológicos regionais, sugerem também que o referido lineamento, em determinadas épocas, teve importantes deslocamentos horizontais sinistrais com características de movimentos transcorrentes sugeridos pela geometria do curso dos rios dos Sinos e Jacuí principalmente.

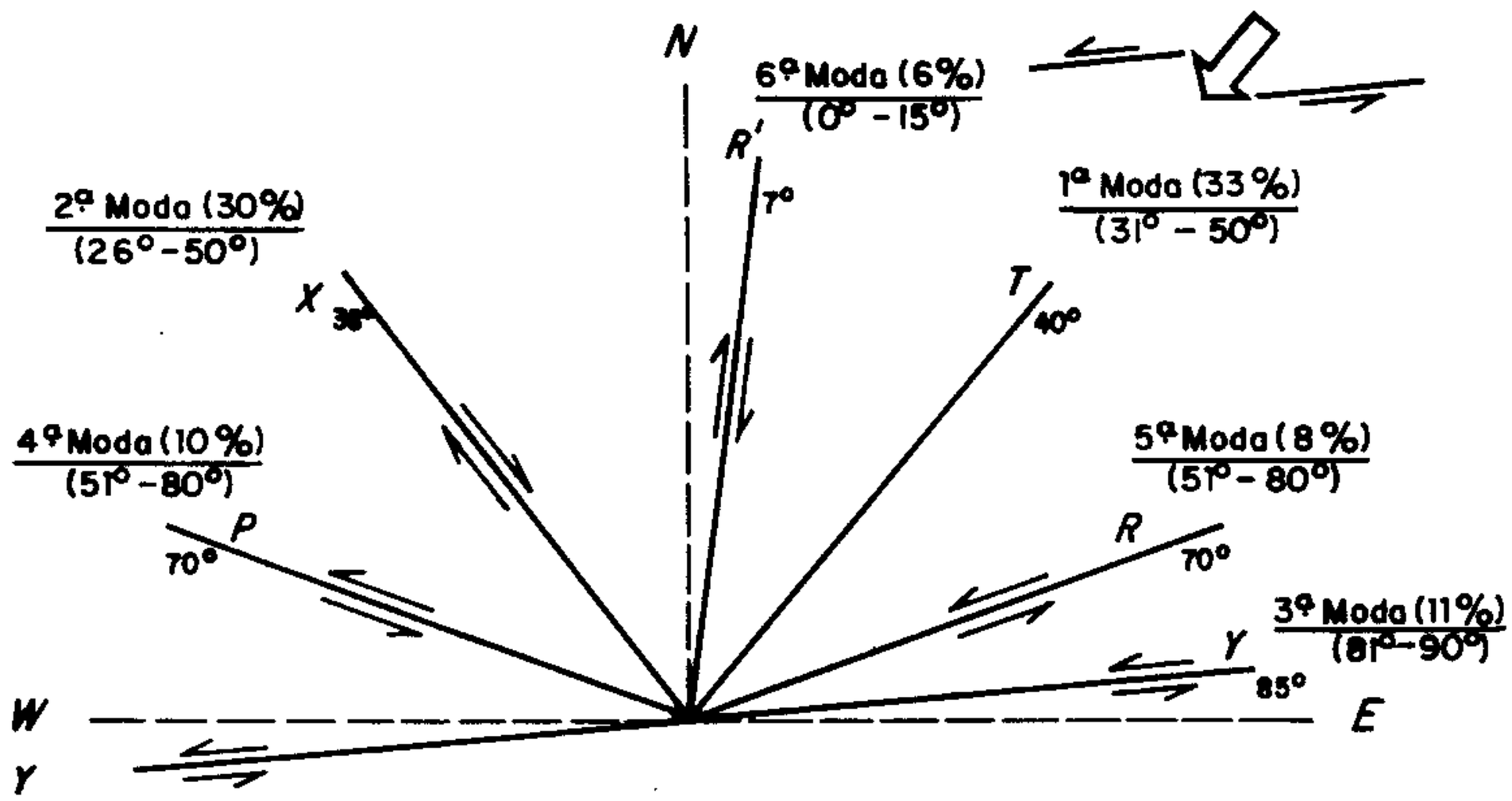
Considerando-se que o "trend" E-W corresponde à transcorrência principal, teríamos presumivelmente o esforço compressivo orientado segundo a direção 40°Az-220°Az. Assim, de acordo com as definições de Riedel (1929), Moody & Hill (1956), Wilcox *et alii* (1973) e Nicolas (1984), pode-se admitir que as direções correspondentes aos sistemas de fraturamentos identificados na área representariam respectivamente os componentes do esquema tal como apresentado na **Figura 5**. O referido esquema deve entretanto ser tratado com reservas, visto que não foi confrontado com os resultados de uma análise tectônica global que viesse a permitir com testes a aplicação deste modelo.



CLASSES MODAIS ESTABELECIDAS

Moda	Sistema	Direções	Freqüência %
1ª	NE	31° a 50°	33
2ª	NW	26° a 50°	30
3ª	EW	81° a 90°	11
4ª	NW	51° a 80°	10
5ª	NE	51° a 80°	8
6ª	NS	0° a 15°	6

Figura 4 - Diagrama de Setores dos fraturamentos da área do município de Parobé, com a freqüência das classes modais estabelecidas.



Y — Zona principal de falhamento
R — Componente Riedel
R' — Componente Anti-Riedel
T — Fraturas de extensão
P — Falhas de 2ª ordem, simétricas à componente Riedel
X — Falhas de 2ª ordem, simétricas à componente Anti-Riedel

Figura 5 — Esquema de fraturamento de 2ª ordem em relação a falhamento sinistral instalado em rochas da Bacia do Paraná no município de Parobé.

5 – GEOLOGIA ECONÔMICA

5.1 – Panorama Mineral

Os principais recursos minerais da área do município de Parobé estão incluídos no grupo dos materiais de construção para o emprego imediato na indústria de construção civil. Este aproveitamento decorre em função da ampla distribuição na referida área das rochas areníticas da Formação Botucatu, de tradicional uso como pedra de construção ("pedra grês"), como também das planícies e terraços das várzeas dos rios dos Sinos e Paranhana, que fornecem argilas para a indústria cerâmica. Dentre setenta (70) locais investigados, nos quais constatou-se a existência de bens minerais com "status" de minas, quer estivessem ou não em atividade, destacaram-se cinqüenta e um (51) deles correspondendo a pedreiras de arenito. Conforme se observa na **Tabela 1**, que resume o quadro atual dos bens minerais produzidos no município, além da produção de arenito, as demais matérias-primas são produzidas em menor proporção.

deles na várzea do rio Paranhana e os demais nas várzeas do rio dos Sinos.

As areias utilizadas na construção civil são explotadas em cinco (5) locais , sendo que nos três (3) mais importantes a operação é feita através de dragagens alternadas no leito do rio dos Sinos. Os dois (2) outros locais explotados situam-se próximo ao arroio Areia Branca.

O saibro foi objeto de explotação em três (3) locais cadastrados, estando atualmente paralisadas as atividades de extração. Para o revestimento das estradas da região, o material vem sendo retirado de uma grande saibreira situada na localidade de Morro Negro, no município de Taquara, junto ao limite deste município com o de Parobé.

A água potável de mesa foi identificada em apenas um local, tendo sido pesquisada através da perfuração de poço tubular pelo proprietário na

Pedreiras				Argila		Areia		Saibro		Água Subterrânea		Total Geral
Arenito		Basalto										
A	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P	
31	20	1	1	7	1	5	–	–	3	–	1	70

"**A**" = Lavra em atividade; "**P**" = Lavra paralisada

Tabela 1 – Bens Minerais Produzidos no Município de Parobé.

O basalto foi cadastrado como pedra de revestimento em apenas um local, sendo sua produção destinada ao fornecimento de blocos para o calçamento de ruas da área urbana do município.

As argilas para uso na indústria de cerâmica vermelha foram cadastradas em sete (7) locais da planície aluvial atual ou subatual, situando-se um

localidade de Fazenda Pires, sem estar sendo atualmente aproveitada sob o ponto de vista comercial.

Quanto à situação legal das áreas mineiras no município de Parobé, até maio de 1991 existiam protocolados no Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM apenas sete (7) processos,

sendo dois (2) de licenciamento para arenito (um deles tornado sem efeito), três (3) licenciamentos para areia, um (1) para basalto e um (1) requerimento de pesquisa para água potável de mesa.

. Com relação à importância social destas atividades de mineração e levando-se em conta o número de locais onde as extrações são feitas para a produção e transporte destes bens minerais, estima-se um contingente em torno de 200 pessoas empregadas diretamente como mão-de-obra ativa no setor.

5.2 – Principais Bens Minerais do Município de Parobé

5.2.1 – Arenito

Os arenitos da Fácies Eólica da Formação Botucatu constituem o principal bem mineral da região, visto que de longa data são largamente explotados para utilização na construção civil.

Do ponto de vista geológico, constatou-se que somente os arenitos dos terços médio e superior desta formação apresentam boas condições para a explotação, caracterizando-se por serem essencialmente quartzosos, bem litificados, e praticamente destituídos de frações argilosas e demais minerais de fácil decomposição.

Estes arenitos são explotados para a produção de alicerces, tijoletas, lajes, e guias de meio-fio, que são largamente empregados na construção de casas, muros e no revestimento de calçadas (**Foto 5**). A lavra é realizada através da abertura de pedreiras em encostas suaves dos morros. O desenvolvimento da lavra é feito através de bancadas com altura média de 6 metros e comprimentos muito variáveis que dependem da extensão dos "sets" da estratificação cruzada.

A produção mensal de uma pedreira de porte médio é de aproximadamente 80 m^3. Considerando-se que atualmente existem em atividade 31 pedreiras no município, esta produção eleva-se para cerca de 2500 m^3 por mês.

As principais áreas de produção situam-se na porção sul do município, nas localidades de Morro da Pedra, Morro Negro e Concórdia. Também existem concentrações menores de pedreiras de arenito nas regiões de Poço Fundo, Areia Branca e próximo ao bairro Integração, ao sul de Parobé.

5.2.2 – Basalto

As rochas basálticas da Formação Serra Geral são explotadas neste município para o calçamento de ruas. Devido às características geológicas estas rochas têm sido utilizadas principalmente para a obtenção de pedras irregulares, embora também possam ser explotadas para a produção de brita.

Na área municipal existe apenas uma pedreira com três frentes de lavra abertas na encosta do platô, operando com ou sem a utilização de explosivos (**Foto 6**). A produção tem sido muito intermitente, dependendo sempre da demanda relacionada com as obras municipais. Esta pedreira situa-se ao norte da cidade de Parobé na localidade denominada Salto.

Embora existam grandes saibreiras situadas no município de Taquara, junto ao limite sul com o município de Parobé, não foram identificadas áreas de basalto com razoável espessura de saibro com potencial para uma exploração de grande porte.

5.2.3 – Argila

As camadas existentes nas planícies aluviais dos principais cursos d'água da região são muito explotadas para a indústria de cerâmica vermelha.

Devido às suas características físico-químicas como baixo ponto de fusão e cor de queima (teores de ferro), estas argilas somente se prestam para aproveitamento na indústria de cerâmica vermelha.

Estes materiais são largamente utilizados pelos oleiros da região para a fabricação de tijolos furados e telhas de cumeeira.

Atualmente, só duas olarias produzem telhas de cumeeira, sendo as produções mensais de 20.000

telhas para a olaria de menor porte (**Foto 7**), e de 50.000 telhas para a de maior porte. As demais olarias produzem tijolos geralmente de seis furos e apresentam produções bastante variáveis depen-dendo do porte da olaria. A indústria de maior porte tem uma produção mensal da ordem de 300.000 tijolos (**Foto 8**).

5.2.4 – Areia

Este bem mineral é também bastante aproveitado para a construção civil. As areias são explotadas tanto no leito do rio dos Sinos, como em depósitos arenosos da planície aluvial do arroio Areia Branca.

No caso das explotações no leito do rio dos Sinos, que se situam nas regiões de Morro da Pedra e Poço Fundo, a lavra é realizada utilizando-se uma draga flutuante de médio porte, que possibilita a retirada de areia até profundidades da ordem de sete (7) metros. A operação de bombeamento com tubulação de seis polegadas é feita alternadamente, ao longo de determinados trechos do rio, em períodos de estação seca, para permitir a recuperação natural do leito do rio.

As empresas licenciadas são a Terra Sinos Ltda. e a Comércio e Representações Areia Branca Ltda., que retiram em média 10 caminhões/dia cada uma perfazendo uma produção diária de 60 m^3 de areia (**Foto 9**).

Na região do arroio Areia Branca a lavra é executada em um pequeno curso d'água afluente do referido arroio, sendo operada através de uma pequena draga flutuante (**Foto 10**). A produção aproximada dessa jazida é de 50 m^3 de areia por semana.

Nas proximidades deste local existe outra exploração de areia na planície aluvial, cuja lavra é realizada de maneira rudimentar, utilizando-se pás para a retirada do material. A produção mensal é muito pequena e varia de acordo com a demanda do mercado.

De uma maneira geral, o material explotado é de boa qualidade, de granulometria fina e bem selecionado.

6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O levantamento geológico e o cadastramento mineral do município de Parobé possibilitaram cartografar na escala 1:25.000 três domínios geológicos distribuídos na área (**Figura 6**), cuja delimitação detalhada é fundamental não só para a avaliação da potencialidade mineral, como também para a indicação das áreas com restrição à mineração.

Os domínios geológicos definidos correspondem às rochas de idade mesozóica representadas pelos arenitos da Formação Botucatu e basaltos da Formação Serra Geral, além das coberturas quaternárias que constituem as formações superficiais do Holoceno subatual e atual, na área representadas por coluviões de encosta, terraços e depósitos da planície aluvial respectivamente (**Quadro 1**).

A Formação Botucatu que na maioria dos trabalhos anteriormente realizados na área tem sido considerada como unidade faciologicamente indivisa, neste levantamento foi subdividida em duas fácies: a Fácies Eólica (TRJbe) dos arenitos geralmente com estratificação cruzada do tipo acanalada de grande porte que constituem antigos campos de dunas, e a Fácies de Interdunas (TRJbi) onde os arenitos apresentam estratificações plano-paralela ou tabular tangencial na base com significativa contribuição da fração argila, revelando a interação dos agentes água e vento no ambiente de deposição.

Ainda no domínio da Fácies Eólica (TRJbe) da Formação Botucatu, foram individualizadas duas áreas correspondentes aos arenitos Intertrapianos (TRJbt), cujas características litológicas são as mesmas da referida fácies, mas que, entretanto, ocorrem interdigitados com os derrames basálticos da Formação Serra Geral.

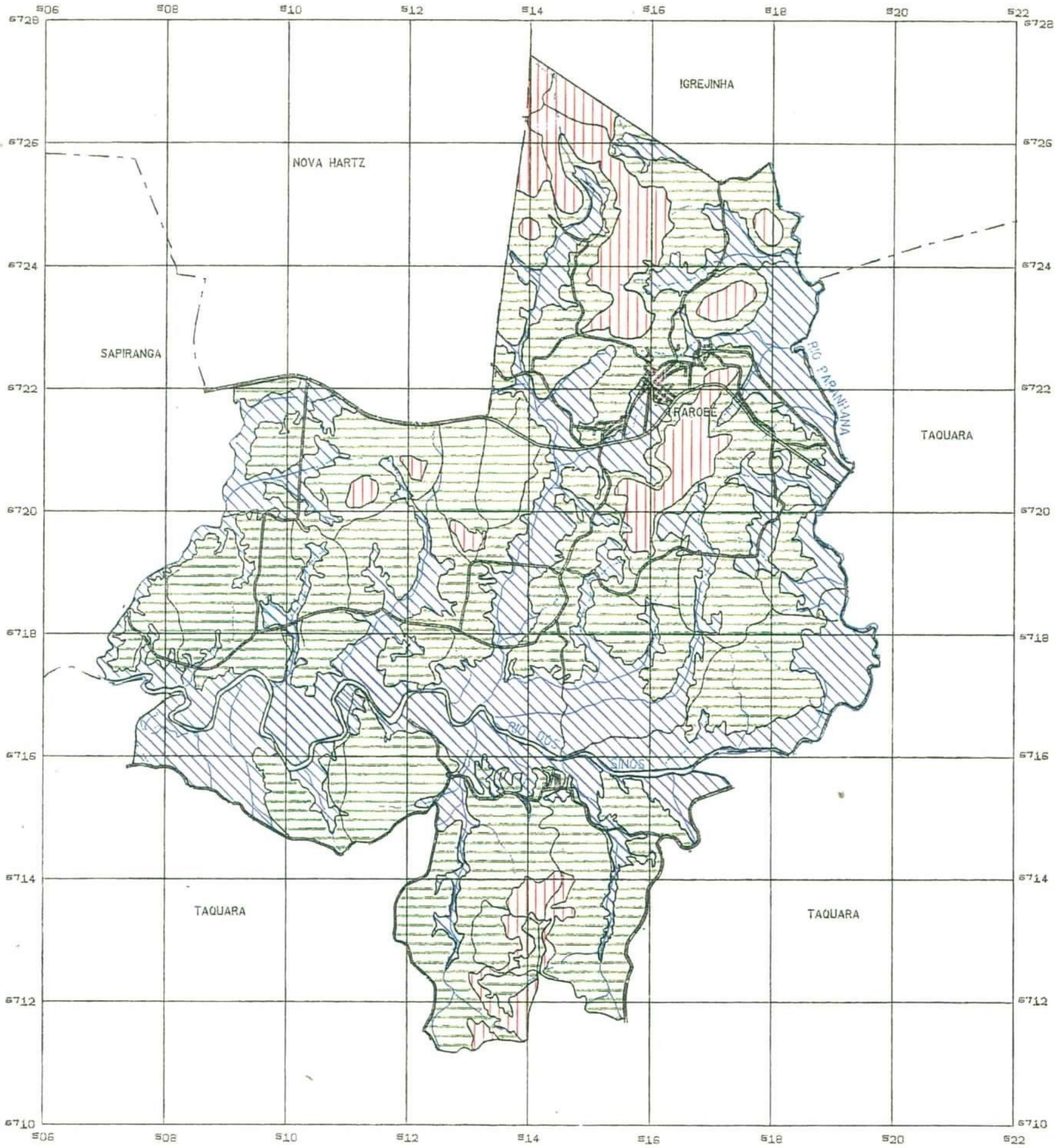
A Formação Serra Geral (JKsg) representada pelas rochas vulcânicas básicas ou intermediárias e diques de diabásio foi reestudada, modificando-se seus contatos com a Formação Botucatu, tendo sido ainda identificados novos corpos de basalto em alguns morros-testemunho. Também quanto aos diques de diabásio, obteve-se novas informações, principalmente no que se refere ao preenchimento de zonas de falha com direções NW.

No domínio geológico das coberturas quaternárias foram individualizadas inúmeras áreas com coluviões de encosta (QHc) relacionadas com a erosão dos arenitos da Formação Botucatu. Do mesmo modo, os terraços (QHt) da planície aluvial subatual foram identificados com base em critérios fotogeológicos e verificações de campo, observando-se sua associação com depósitos de cascalho que ocorrem de modo descontínuo ao longo dos rios dos Sinos e Paranhana.

Neste último domínio, extensas áreas da planície aluvial atual foram delimitadas como depósitos de acumulação fluvial (QHa) com predomínio de aluviões argilosas ou arenosas e várzeas ou depressões (QHd) desta planície, onde ocorrem aluviões argilosas.

A distribuição dos depósitos minerais que foram objeto do cadastramento ora executado, demonstrou a afinidade entre as unidades geológicas mapeadas e a vocação mineral (metalogenética) em cada domínio, no que tange ao seu aproveitamento na indústria de construção civil. Desta forma, tendo-se definido as características de cada jazimento, não só em termos econômicos, mas também com o levantamento dos dados geológicos, obteve-se um conjunto de informações consideradas fundamentais para a avaliação do potencial mineral de cada unidade.

MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DO MUNICÍPIO DE PAROBÉ



CONVENÇÕES

- FORMAÇÃO SERRA GERAL
- FORMAÇÃO BOTUCATU
  - -Fácies Eólica
  - -Fácies de Interdunas
- COBERTURAS QUATERNÁRIAS

ESCALA 1:100.000

FIGURA 6

UNIDADE GEOLÓGICA		LITOLOGIA	ESPESSURA (metros)	POTENCIALIDADE ECONÔMICA
Coberturas Quaternárias do Holoceno	Planície Aluvial Atual (QHa) e (QHd)	Aluviões argilo-sílticas ou argilo-arenosas. Areias finas. Cascalhos.	<7	Argilas para a fabricação de cerâmica vermelha. Areias e cascalhos para a construção civil.
	Planície Aluvial Subatual – Terraços (QHt)	Aluviões síltico-argilosas ou argilo-sílticas a arenosas.	<10	Argilas para aplicação em cerâmica vermelha.
	– Coluviões de Encosta (QHc)	Depósitos argilo-arenosos.	<10	Material de empréstimo.
Jurássico / Cretáceo	Formação Serra Geral (JKsg)	Rochas vulcânicas (basaltos ou andesitos). Diques de diabásio.	120 3-4	Blocos para calçamento e arruamento. Brita. Saibro. Argilas de solo residual para cerâmica vermelha.
Triássico/ Jurássico Formação Botucatu TRJb	Fácies eólica (TRJbe)	Arenitos finos a grosseiros, quartzosos.	120	Blocos para alicerces, paredes e muros. Lajes para revestimento de calçadas e blocos para meio-fios. Água subterrânea.
	Fácies de Interdunas (TRJbi)	Arenitos finos a médios, quartzosos com intercalações de argila.	35	Material de Empréstimo. Água subterrânea.

Quadro 1 – Características Gerais das Unidades Geológicas do Município de Parobé.

Antecipando-se aos resultados de todo o trabalho que permitirão indicar em termos conclusivos as áreas de potencialidade mineral de cada unidade geológica, à luz das informações retromencionadas e que serão apresentadas posteriormente em mapa e texto sobre o referido tema, comenta-se a seguir e em resumo alguns aspectos considerados importantes.

A Fácies Eólica dos arenitos da Formação Botucatu corresponde aos termos da unidade com franca potencialidade para a produção de peças destinadas à construção civil, destacando-se como áreas mais nobres para sua exploração aquelas situadas nas regiões de Morro da Pedra, Morro Negro, Concórdia e Poço Fundo, nas porções sul e sudoeste do município. Diversos critérios foram utilizados para a seleção destas áreas, entre os quais: freqüência dos "sets" de estratificação cruzada acanalada com extensão superior a 50 metros, grau de litificação considerado bom, topografia favorável, solo pouco espesso, encostas com baixa declividade, áreas afastadas de zonas urbanas e boa qualificação do material para a obtenção de bancos e entalhe das peças.

Outras áreas de domínio da Fácies Eólica também são favoráveis conforme mencionado anteriormente, entretanto alguns aspectos ainda serão estudados em termos da avaliação final de sua favorabilidade.

Os arenitos da Fácies de Interdunas e os arenitos Intertrapianos são desprovidos de potencialidade, em razão da presença de argila como limitador da resistência da rocha nos primeiros e, no segundo caso, em função de uma série de características muito variáveis como por exemplo: contatos irregulares ou interdigitados em meio aos derrames basálticos, espessuras desconhecidas, áreas muito acidentadas ou topos de morro e outros elementos que caracterizam a descontinuidade destes corpos.

Os basaltos da Formação Serra Geral, constituem uma grande reserva de rocha cristalina adequada para a produção de pedras irregulares utilizadas em revestimento de ruas ou fabricação de brita. A área principal de ocorrência destes derrames e corpos isolados (morros-testemunho) situa-se na porção norte do município, concentrando-se na região denominada Salto, ao norte de Parobé. Nos morros-testemunho estas rochas ocupam as porções superiores até o topo, fato que independentemente de outros fatores torna estas ocorrências suscetíveis de se enquadrarem em áreas de restrição devido às leis de proteção ambiental.

A expectativa do emprego dos basaltos para a produção de chapas ornamentais torna-se bastante reduzida na área, em razão das pequenas espessuras das zonas de disjunção horizontal dos referidos derrames, como também devido aos fraturamentos e à intensa alteração que se verifica nestas zonas.

O conteúdo de argilas da planície aluvial atual ou mesmo subatual (terraços) tem sido utilizado como matéria-prima na indústria de cerâmica vermelha. A adequação tecnológica destas argilas refere-se à fabricação de tijolos furados e telhas de cumeeira produzidos em sete olarias estabelecidas no município.

As areias contidas nos depósitos da planície aluvial são potencialmente viáveis para o emprego na construção civil, mormente em agregados finos, concentrando-se seu maior volume no leito do rio dos Sinos. Sua explotação nos parece viável nestes locais, desde que respeitados os procedimentos que permitam a recuperação natural no seu devido tempo e face às exigências previstas nos licenciamentos.

A potencialidade em água subterrânea é uma parte temática ainda desconhecida quanto ao dimensionamento e qualificação do importante aqüífero da Formação Botucatu.

As principais características geotécnicas das unidades geológicas presentes na área, bem como as recomendações e principais problemas que podem ser encontrados quando da construção de obras, estão resumidamente apresentados no **Quadro 2**.

O presente documento em termos de seu conteúdo será útil na preparação do Plano Diretor do Município de Parobé, devendo ser contemplado juntamente com os demais estudos acerca dos recursos naturais, visando estabelecer um planejamento adequado para atender as necessidades econômicas do município e em conseqüência obtendo melhoria para as populações urbana e rural.

Unidade Geológica	Capacidade de Carga de Fundações e Aterros	Estabilidade de Cortes	Compactação, Escavação e Terraplanagem, e Erosão
Planície Aluvial Atual e Subatual (QHa e QHt)	Presença de solos moles de baixa capacidade de carga, sujeitos a deformações e resistências variáveis com o tempo. Comportamento a curto prazo diferente de a longo prazo. Material firme pode estar profundo. Edificações e aterros sobre estes solos devem ser dimensionados contra a ruptura e deformações ao longo do tempo. Lençol freático próximo da superfície. Ocorrem também solos com mosqueados vermelhos e amarelos de consistência média. Abaixo destes podem ser encontrados solos moles.	Cuidados devem ser feitos em escavações nestes solos. Em geral necessitam de escoramentos. Solos com altas concentrações de mosqueados vermelhos e amarelos e lençol freático mais profundo podem apresentar maior resistência. Entretanto, estudos geotécnicos são necessários nestes solos.	Solos saturados e geralmente muito plásticos. Podem apresentar minerais expansivos. Dificuldades de compactação. Má capacidade de suporte de subleito. Podem ser escavados com facilidade. Muitas vezes são muito pegajosos. Solos com mosqueados vermelho e amarelo podem ser usados em pavimentos mediante estudos específicos. Não suscetíveis à erosão devido ao relevo plano.
Coluviões de Encosta (QHc)	O material de fundação pode apresentar de baixas a médias condições de suporte, entretanto pode ocorrer uma ruptura generalizada do talude com a superestrutura quando as obras se localizarem em encostas íngremes. Estes solos podem apresentar um caráter colapsível com a inundação, como em casos de ruptura de canalizações, ocasionando deformações nas edificações.	Pequenos cortes podem ser estáveis em locais mais suaves. Este material pode apresentar escorregamento quando submetido a cortes sem estudos. Cortes em pé de taludes são fatores instabilizantes, bem como a retirada da vegetação.	Podem apresentar material expansivo. Solos vermelhos de relevo suave têm apresentado médias características de suporte e para material de aterro. Algumas vezes necessitam estabilizantes. Escavações são feitas com facilidade até encontrar o material rochoso. Podem apresentar forte suscetibilidade à erosão devido ao relevo ondulado.
Formação Serra Geral (JKsg)	Material rochoso com alta capacidade de carga pode ser encontrado próximo da superfície. Ocorrem também rochas decompostas nesta formação. Entretanto também podem ocorrer camadas de solos sobre o material rochoso. Estes solos quando submetidos a ciclos de molhagem e secagem são sujeitos à expansão e contração ocasionando fissuras. Dentro da massa de solo podem ser encontrados pedaços de blocos de dimensões variáveis.	A rocha apresenta boas condições de estabilidade quando sã. A medida que o material se decompõe a estabilidade decresce e estudos são necessários. Encostas íngremes podem apresentar escorregamentos e rastejos. A retirada da vegetação e cortes no pé dos taludes são agentes instabilizadores. Estruturas de retenção são necessárias em vários locais da encosta da serra.	Podem apresentar blocos ou pedaços de rochas e solos expansivos. Em geral não apresentam boas condições de subleitos ou material para aterro. Somente com estudos específicos, ou com uso de estabilizantes. Em relevos mais suaves podem ser encontrados solos com melhores características. Rocha decomposta pode apresentar minerais expansivos e degradação quando sujeitas a ciclos de molhagem e secagem. Solos com horizontes superficiais mais desenvolvidos apresentam facilidade de escavação. Algumas escavações são dificultadas pela ocorrência de blocos de rochas. Podem apresentar forte suscetibilidade à erosão.

Quadro 2 (1/2) – Características Geotécnicas das Unidades Geológicas do Município de Parobé.

Unidade Geológica	Capacidade de Carga de Fundações e Aterros	Estabilidade de Cortes	Compactação, Escavação e Terraplanagem, e Erosão
Formação Botucatu – Fácies Eólica (TRJbe)	Solos com baixa a média capacidade de carga, podendo apresentar problemas de colapsividade com a inundação. Fundações de baixo custo são mais suscetíveis à colapsividade devido a menores pressões nos solos. As deformações destes solos são geralmente rápidas, ocorrendo pouco tempo após a colocação do carregamento. Fundações assentes no material rochoso apresentam alta capacidade de carga.	Quando o corte for no material rochoso apresenta boas condições de estabilidade. Cortes pequenos, são possíveis em solos. Cortes maiores também são possíveis, mas mediante estudos geotécnicos. Horizonte de solo com estrutura do arenito Botucatu é muito suscetível à erosão quando exposto.	Contém solos que podem ser usados em pavimentação, algumas vezes com uso de estabilizantes, cal ou cimento, principalmente o solo residual. Escavação dos horizontes de solos é possível. Difícil a escavação da rocha sã. Esta é desagregada nos planos de fraqueza. Apresentam suscetibilidade à erosão pelo relevo movimentado e textura arenosa.
Formação Botucatu – Fácies de Interdunas (TRJbi)	Solos profundos em geral com média capacidade de carga. Dependendo das características estruturais podem apresentar caráter colapsível. As deformações nestes solos são geralmente rápidas nos solos superficiais, podendo serem mais lentas nos solos residuais (horizonte C).	Cortes rasos são possíveis. Solos apresentam boas condições de estabilidade, mas apresentam camadas de menor resistência necessitando estudos geotécnicos.	Apresentam média capacidade de suporte para o subleito. Os solos vermelhos têm apresentado boas condições como material de empréstimo. São facilmente escavados. Apresentam suscetibilidade à erosão devido ao relevo ondulado. Podem apresentar potencial de jazidas de solos para pavimentos de baixo custo.,

Quadro 2 (2/2) – Características Geotécnicas das Unidades Geológicas do Município de Parobé.

Observação: O presente quadro foi elaborado com base nas características geotécnicas obtidas a partir de ensaios realizados em unidades pedológicas e geológicas similares estudadas em áreas próximas a Parobé.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTANZO Jr., J.; VIRGILLI, J.C. & MACIEL Fº, C.L.M. 1978. Contribuição à Cartografia Geotécnica da região de Santa Maria, RS. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 2, São Paulo. **Anais**... São Paulo: ABGE. v1. p. 267-280.

FACCINI, U.F. 1989. **O Permo-Triássico do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: UFRGS. 2v. (Dissertação de Mestrado-Curso de Pós-Graduação em Geociências – UFRGS).

GONZAGA DE CAMPOS, L.F. 1889. Seção Geológica. IN: São Paulo, Comissão Geographica e Geólogica. **Relatório**... 1889. São Paulo: J. Skeller. p. 21-34.

GORDON Jr., M. 1947. Classificação das Formações Gonduânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. **Notas Preliminares e Estudos**, DGM/DNPM. nº 38. 20 p.

MACIEL Fº, C.L. 1990. **Carta Geotécnica de Santa Maria.** Santa Maria: UFSM. 1 v.

MAPA GEOLÓGICO DE GRAVATAí, folha SH.22-X-C-IV. 1986. IN: ABOARRAGE, A.M. & LOPES, R. da C. 1986. **Projeto A Borda Leste da Bacia do Paraná**: integração geológica e avaliação econômica. Porto Alegre: DNPM/CPRM. v. 4.

MOODY, J.D. & HILL, M. J. 1956. Wrench-fault tectonics. **Geol. Soc. Am. Bull. 67** (9):1207-1246.

MORRIS, R.H. 1963. **Geologia Geral das Quadrículas de Gravataí, Taquara e Rolante, Rio Grande do Sul, Brasil.** Porto Alegre: UFRGS. 38 p. (Publicação Especial nº 5).

NICOLAS, A. 1984. **Principes de tectonique**. Paris:Masson. 196 p.

NUNEZ, W. P. 1991. **Estabilização Físico-química de um Solo Residual do Arenito Botucatu, Visando seu Emprego na Pavimentação.** Porto Alegre : UFRGS. 1v. (Dissertação de Mestrado-Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil).

OLIVEIRA, J.A.; PASSOS, M.C. & SOMACAL, L. 1992. **Estrada do Inferno**: uma solução de baixo custo. (a ser publicado pelo DAER).

ORLANDINI, R. 1991. **Unidades Geotécnicas dos municípios de Novo Hamburgo e Campo Bom - RS e Caracterização geomecânica de perfis típicos de solos de arenito.** Porto Alegre:UFRGS. 1 v. (Dissertação de Mestrado - Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil).

RIEDEL, W. 1929. Zur mechanik geologischer Brucherscheinumgen. **Cent. Min. Geol. Pal.**: 354-368

WHITE, I.C. 1906. Geologia do Sul do Brasil. **Boletim Diretoria de Agricultura Viação Indústria Obras Públicas**, Salvador, **8**(6):582-586. (Tradução de Manuel I. Ornellas).

WILCOX, R.E.; HARDING, T.P.& SEELY, D.R. 1973. Basic wrench tectonics. **Am. Assoc. Pet. Geol. Bull., 57**(1):74-96.

ANEXO

Documentação Fotográfica

Foto 1 – Estratificação cruzada acanalada de grande porte em arenitos da Fácies Eólica da Formação Botucatu. Corte da estrada Porto Alegre – Taquara (RS-20), próximo à localidade de Passo dos Ferreiros.

Foto 2 – Corte frontal de estratificação cruzada acanalada constituindo um "set" de grande porte em arenitos da Fácies Eólica da Formação Botucatu. Pedreira em exploração na região de Morro da Pedra.

Foto 3 – Estratificação plano-paralela com intercalações delgadas de "drapes" de argila em arenitos da Fácies de Interdunas da Formação Botucatu. Corte de estrada próximo à localidade de Santa Cristina.

Foto 4 – Dobramentos com "plunge" do eixo 4° /330° Az em zona de falha nos arenitos da Fácies Eólica da Formação Botucatu. A geometria dos dobramentos indica esforços de compressão. Afloramento LZ–171.

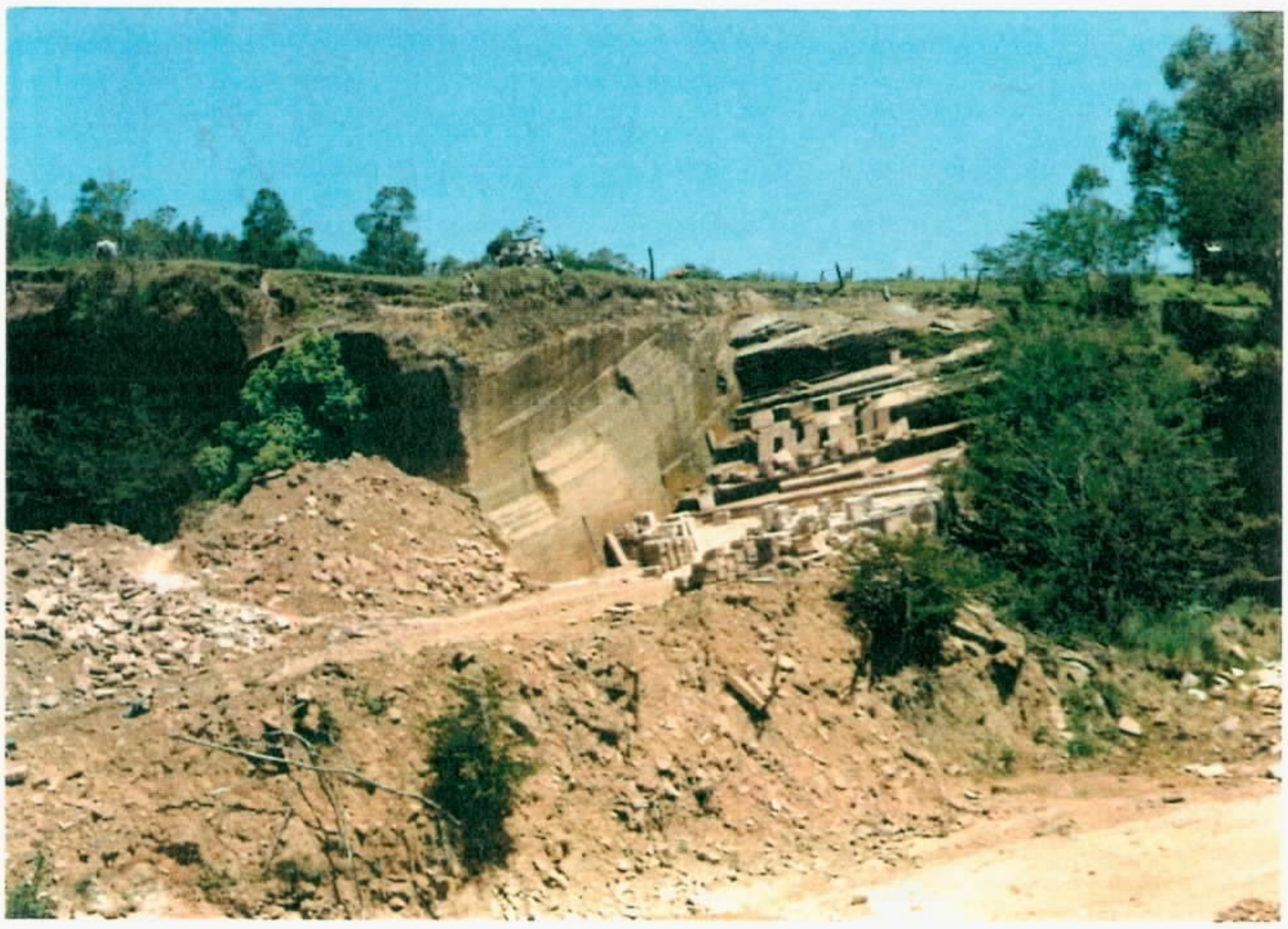


Foto 5 – Pedreira em arenito da Fácies Eólica da Formação Botucatu. Observe-se os blocos de alicerces e lajes produzidos em uma das frentes de estratificação cruzada acanalada. Região de Morro da Pedra.

Foto 6 – Pedreira na escarpa de basalto na localidade de Salto, ao norte de Parobé. O material produzido é utilizado como blocos irregulares para o calçamento de ruas.

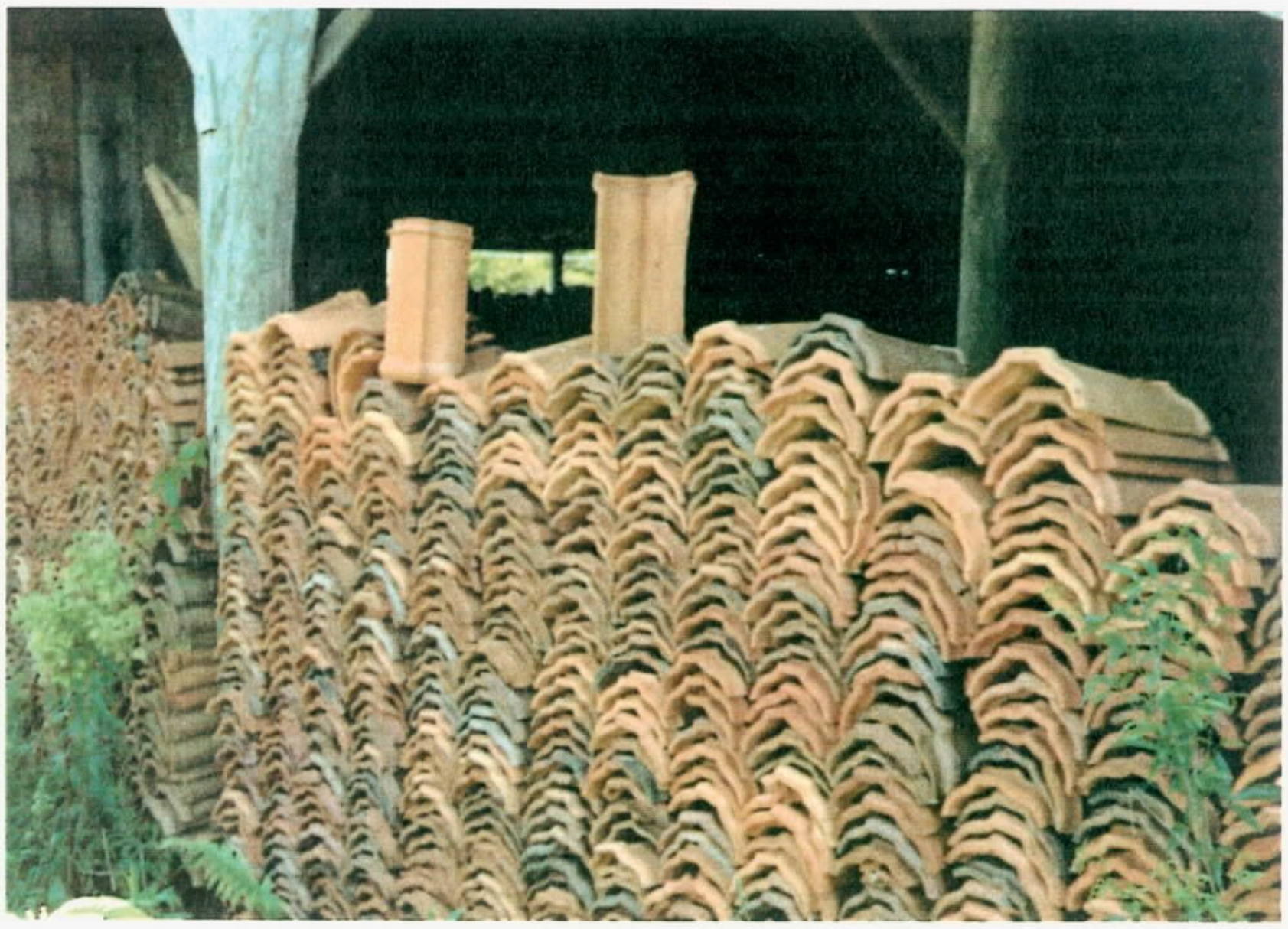


Foto 7 – Detalhe mostrando as telhas de cumeeira produzidas com argilas da planície aluvial do rio dos Sinos. Olaria situada próximo à localidade de Santa Cristina.

Foto 8 – Produção de tijolos furados fabricados com argilas provenientes da planície aluvial do rio Paranhana e da alteração do basalto. Olaria situada na cidade de Parobé.

Foto 9 – Draga flutuante equipada para bombeamento de areia com tubulação de seis polegadas. Localidade de Poço Fundo no rio dos Sinos.

Foto 10 – Instalações para a dragagem de areia, em um pequeno afluente do arroio Areia Branca, na localidade de mesmo nome.

INFORMAÇÕES BÁSICAS PARA A GESTÃO TERRITORIAL - GATE

Objetivam a criação de produtos relacionados ao meio físico e às gestões ambientais, destinados a subsidiar tecnicamente as decisões dos planejadores e administradores dos diversos tipos de espaços geográficos do território nacional.

As publicações decorrentes dessa linha de atuação da CPRM apontam contribuições das mais diversas áreas do conhecimento ao interesse da ocupação e aproveitamento do meio ambiente, respeitado o condicionamento do meio físico.

Nesse contexto, as publicações foram agrupadas consoante os temas a seguir discriminados:

SÉRIE CARTAS TEMÁTICAS
SÉRIE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL
SÉRIE DOCUMENTAÇÃO
SÉRIE ORDENAÇÃO TERRITORIAL
SÉRIE PUBLICAÇÕES ESPECIAIS
SÉRIE RECURSOS MINERAIS

SÉRIE CARTAS TEMÁTICAS

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol. 01 - Geomorfologia da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
Vol. 02 - Pedologia da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
Vol. 03 - Geologia do Município de Parobé - RS. 1994.
Vol. 04 - Geomorfologia do Município de Parobé - RS. 1994.
Vol. 05 - Pedologia do Município de Parobé - RS. 1994.
Vol. 06 - Cobertura Vegetal do Município de Parobé - RS. 1994.
Vol. 07 - Geologia do Município de Estância Velha - RS. 1994.
Vol. 08 - Geomorfologia do Município de Estância Velha - RS. 1994.
Vol. 09 - Cobertura Vegetal do Município de Estância Velha - RS. 1994.
Vol. 10 - Formações Superficiais do Município de Estância Velha - RS. 1994.
Vol. 11 - Pedologia do Município de Estância Velha - RS. 1994.I
Vol. 12 - Vegetação e Uso Atual do Solo do Município de Criciúma - SC. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Levantamento Gravimétrico da Área Sedimentar de Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.

SÉRIE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol. 01 - Caracterização da Pluma Poluidora Gerada pelo Depósito Municipal de Lixo de Estância Velha - RS. 1994.
Vol. 02 - Caracterização da Pluma Poluidora Gerada pelo Depósito Municipal de Lixo da Zona Norte de Porto Alegre - RS. 1994.
Vol. 03 - Fontes de Polução e Degradação Ambiental do Município de Estância Velha - RS. 1994.
Vol. 04 - Catástrofe de Igrejinha - RS. 1994.
Vol. 05 - Catástrofe de Nova Hartz - RS. 1994.
Vol. 06 - Avaliação Geofísica da Pluma Poluidora Gerada por um Depósito de Lodo de Curtume - Estância Velha - RS. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Os Aterros Sanitários e a Poluição das Águas Subterrâneas - Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de ,Belo Horizonte

Vol. 01 - Espeleologia, Inventário de Cavidades Naturais, Região de Matozinhos, Mocambeiro - MG. 1994.

SÉRIE DOCUMENTAÇÃO

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol. 01 - Documentação Básica Do Projeto - Estância Velha - RS. 1994.
Vol. 02 - PROTEGER - Sinopse dos Trabalhos Realizados. RS. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de São Paulo

Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana de Curitiba - PR. 1994.
Vol. 02 - Subsídios para Caracterização do Meio Físico - Informações Básicas. 1994.

Residêrcia da CPRM de Fortaleza

Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana de Fortaleza. CE. 1994.
Vol. 02 - Índice de Informações Cartográficas - Região Costeira do Ceará - CE. 1994.

SÉRIE ORDENAMENTO TERRITORIAL

Superintendência Regional da CPRM de Belo Horizonte

Vol. 01 - Socioeconomia, Zoneamento Geomorfológico, Geologia, Uso da Terra e Cobertura Vegetal, Caracterização dos Solos e Avaliação da Capacidade de Uso das Terras do Município de Capim Branco. MG-1994.
Vol. 02 - Hidrologia (Uso das Águas Subetrrâneas), Hidrogeologia (Favorabilidade à Exploração de Água Subterrânea), Geotecnia (Zoneamento Geotécnico), Espeleologia e Declividade do Município de Capim Branco. MG-1994.

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol. 01 - Diagnóstico Setorial da Região Metropolitana de Porto Alegre - RS. 1994.
Vol. 02 - Cobertura Vegetal e Ocupação Atual do Solo da Área de Influência da Barragem Olaria Velha e da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
Vol. 03 - Suscetibilidade à Erosão da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
Vol. 04 - Adequação do Uso Agrícola do Solo da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
Vol. 05 - Isodeclividade da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
Vol. 06 - Áreas de Inundação, Alagamento e Banhados da Região Metropolitana de Porto Alegre - RS. 1994.
Vol. 07 - Isodeclividade do Município de Parobé - RS. 1994.
Vol. 08 - Suscetibilidade à Erosão do Município de Parobé - RS. 1994.
Vol. 09 - Áreas com Restrição à Mineração do Município de Parobé - RS. 1994.
Vol. 10 - Áreas com Maior Favorabilidade à Mineração e Menor Risco Ambiental do Município de Parobé - RS. 1994.
Vol. 11 - Isodeclividade do Município de Estância Velha - RS. 1994.
Vol. 12 - Suscetibilidade à Erosão do Município de Estância Velha - RS. 1994.
Vol. 13 - Uso e Ocupação do Solo do Município de Estância Velha - RS. 1994.
Vol. 14 - Áreas de Proteção do Município de Estância Velha - RS. 1994.
Vol. 15 - Áreas Críticas e com Restrições à Ocupação do Município de Estância Velha - RS. 1994.
Vol. 16 - Adequação do Uso Agrícola do Solo Rural do Município de Estância Velha - RS. 1994.
Vol. 17 - Uso Recomendado do Solo do Município de Estância Velha - RS. 1994.
Vol. 18 - Diagnóstico Preliminar dos Aspectos Ambientais do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Metodologia para Estudos Neotectônicos Regionais. Caso João Câmara. RN. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de Salvador

Vol. 01 - Parque Nacional da Chapada Diamantina - BA. Informações Básicas do Meio Físico. BA. 1994.
Vol. 02 - Área de Proteção Ambiental de Mangue Seco. Plano Manejo. BA. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de São Paulo

Vol. 01 - Áreas Naturais sob Proteção - Região Metropolitana de Curitiba - PR. 1994.
Vol. 02 - Cartas Temáticas de Planejamento da Região Metropolitana de Curitiba - PR. 1994.

SÉRIE PUBLICAÇÕES ESPECIAIS

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Turismo Geocientífico: Uma Viagem no Tempo - PE. 1994.

SÉRIE RECURSOS HÍDRICOS

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol. 01 - Potencial Hidrogeológico do Município de Estância Velha - RS. 1994.
Vol. 02 - Monitoramento Hídrico da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
Vol. 03 - Potencial Hídrico Subterrâneo do Município de Nova Hartz - RS. 1994.
Vol. 04 - Avaliação Geofísica das Águas Subterrâneas no Balneário de Capão Novo - RS. 1994.
Vol. 05 - Qualidade das Águas Superficiais do Município de Criciúma - SC. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife - PE. 1994.

SÉRIE RECURSOS MINERAIS

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol. 01 - Potencial Mineral para Não Metálicos do Município de Parobé - RS. 1994.
Vol. 02 - Áreas Mineradas para Carvão - Município de Criciúma - SC. 1994.
Vol. 03 - Potencial Mineral para Não Metálicos do Município de Criciúma - SC. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Insumos Minerais no Sertão do Pajeú: Calcários e Mármores. PE. 1994.
Vol. 02 - A Mineração na Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.
Vol. 03 - A Atividade Extrativa Mineral em Jaboatão dos Guararapes. PE. 1994.

Residêncial da CPRM de Fortaleza

Vol. 01 - Potencial Mineral para Não Metálicos da Região Metropolitana de Fortaleza - CE. 1994.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM

FUNDAÇÃO DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO E REGIONAL - METROPLAN

LEGENDA

UNIDADES HIDROCRONOLÓGICAS			UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	DESCRIÇÃO FISIOGRÁFICA	POTENCIAL MINERAL
CENOZÓICO	QUATERNÁRIO	HOLOCENO	OHa	PLANÍCIE ALUVIAL ATUAL - Depósitos de acumulação fluvial caracterizados por siltos argilo-arenosos com argilo-arenosos (semi-compactados) inconsolidados, transportados, passando a arenosos na base. Depósitos de areias finas e médias em leitos de rios.	Manancial de cascalho imediato na construção civil. - Areias e cascalho de rios. - Acumulação de areias em bolsões superficiais.
			OHc	PLANÍCIE ALUVIAL ATUAL - Níveis ou depressões situados em nível inferior da planície fluvial constituídas por siltes predominantemente argilosos de cor escura e extremamente úmidos.	
		SUBATUAL	OHt	PLANÍCIE ALUVIAL SUBATUAL - Terraços arenosos de construção siltosa-argilosa ou argilo-siltosa e areias originados por acumulação fluvial. Predominantemente associam-se lentes de turfa no curso dos rios dos Sinos e Paranhana.	Matérias industriais: - Argila para a aplicação na cerâmica vermelha.
				COLUVIÕES DE ENCOSTA - Depósitos argilosos e argilo-arenosos semi-compactados ou compactados com fragmentos de basalto e/ou arenitos eólicos de maneira vertical.	- Material de empréstimo.
				DISCORDÂNCIA ERosiva	
MESOZÓICO	JURÁSSICO/CRETÁCEO		JKsq	FORMAÇÃO SERRA GERAL - Rochas maciças básicas e intermediárias cuja a concreção final é efusiva, fragmentosas com textura amigdaloidal. Constituem derrames principalmente de basalto e diques de diabásio.	Material de empréstimo na construção civil. - Pedras para alicerce e revestimento. - Brita - Saibro - Areias (p/ a aplicação na cerâmica vermelha).
	JURÁSSICO - JURÁSSICO	GRUPO SÃO BENTO	TRJbe	FORMAÇÃO BOTUCATU - Fácies Eólicas (TRJbe) Arenitos finos a grosseiros (descontaminados com grãos de quartzo fosco, feldspatos alterados e com estratificações internas constituídas por estratificações cruzadas normais de grande porte. Sets predominantemente com simetria grãos decrescentes de gradação normal (grain fall) e lentes subordinadas com predominância granulométrica inversa (grain flow) consequentemente de grandes corpos de dunas. Inclui eventos intercalações de menor fácies, interdigitadas com as rochas basálticas (TRJbe).	Material de empréstimo na construção civil. - Pedras para revestimento de calçadas e blocos para alicerces, muros e muros. Água subterrânea.
			TRJbi	FORMAÇÃO BOTUCATU - Fácies de Interdunas (TRJbi) Arenitos finos a médios, ocasionalmente siltosos, com grãos de quartzo fosco, feldspatos alterados, argilosos, laminados e com fragmentos arredondados de argilas ou argila. A estrutura interna constituída por estratificação plano-paralela ou tabular tangencial na base, com características de depósitos originados pela interação água - areia.	- Material de empréstimo. Água subterrânea.

- Contato definido
- Contato aproximado
- Acamamento com mergulho medido
- Junta com valor de mergulho a vertical
- Junta horizontal
- Falha extensional com indicação de mergulho do plano
- Falha indeterminada
- Falha aproximada
- Falha encoberta
- Falha transcorrente com indicação do mergulho do plano de falha e sentido de deslocamento dos blocos.
- Falha transcorrente com indicação do movimento dos blocos.
- Paleocorrente eólica com direção e mergulho médio
- Dique de diabásio
- Afloramento-chave
- Ocorrência mineral
- Mina em atividade
- Mina paralisada
- Cloaca

- SUBSTÂNCIAS MINERAIS : AGP - água potável
AC - areia para a construção civil
ARE - areia (pedra grão)
AV - argila para cerâmica vermelha
BS - basalto (pedra de talha)
C - cascalho
SB - saibro

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- RODOVIA
- CAMINHO
- ÁREA URBANIZADA
- CURSO D'ÁGUA INTERMITENTE
- CURSO D'ÁGUA PERENE
- LIMITE MUNICIPAL
- LAGO INTERMITENTE
- PONTE

Base planimétrica produzida por tecnologia digital e ampliada através do Sistema INTERGRAPH disponível em arquivos magnéticos do Gabinete de Informática e Cartografia do METROPLAN.
Ampliação obtida a partir da folha SH.22-X-C-IV-L 1978, escala 1:50.000, da DSG/MEx.

Coordenador do Gabinete de Informática e Cartografia:
Eng. FRANCISCO CARLOS BRAGANÇA DE SOUZA
Chefe do Setor de Cartografia:
RODNEY BOHRER DE AGUIAR
Digitalizador:
OSORIO SEBEN
Digitalização da base cartográfica:
CCAUEx/Brasília

ESTE MAPA TEM CARATER ORIENTATIVO, NÃO SUBSTITUINDO ESTUDOS E LEVANTAMENTOS ESPECÍFICOS EXIGIDOS PARA FINS DE ELABORAÇÃO DE PROJETOS E OBRAS

LOCALIZAÇÃO NO ESTADO DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE

PROGRAMA TÉCNICO PARA O GERENCIAMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE

- PROTEGER -

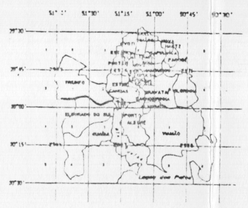
MAPA GEOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE PAROBÉ, RS.

Escala 1:25.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM VERTICAL: MARÍGRAFO DE TORRES - RIO GRANDE DO SUL
DATUM HORIZONTAL: CORREGO ALEGRE - MINAS GERAIS
ORIGEM DA QUADRÍCULA: EQUADOR E MERIDIANO 51 W GR.
ACRESCIDAS AS CONSTANTES: 10.000 km E 500 km N (RESPECTIVAMENTE)

1993

DIVISÃO MUNICIPAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE



O Programa Técnico para Gerenciamento da Região Metropolitana de Porto Alegre -PROTEGER- vinculado ao Programa Nacional de Gestão e Administração Territorial (GATE), vem sendo executado pela Superintendência Regional de Porto Alegre - SUREG/PA da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM e a Fundação de Planejamento Metropolitano e Regional - METROPLAN, com base no Convênio firmado em 20/08/91, entre a CPRM e o Governo do Estado do Rio Grande do Sul, representado pela Secretaria de Planejamento, Território e Obras - SPO com a intervenienciа da METROPLAN.

Coordenação Geral do GATE:
Geol. VALTER JOSÉ MARQUES
Coordenação Regional do GATE:
Geol. EDUARDO CAMOZZATO
Coordenação Técnica PROTEGER-CPRM:
Geol. VITÓRIO ORLANDI FILHO
Coordenação Técnica PROTEGER-METROPLAN:
Eng. NANCI GRUGNO
Chefe do Projeto:
Geol. LUIZ FERNANDO PARDI ZANINI
Técnico responsável:
Geol. LUIZ FERNANDO PARDI ZANINI

FUNDAÇÃO DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO E REGIONAL - METROPLAN
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM

PROTEGER	MAPA GEOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE PAROBÉ, RS.
ESPECIALISTA: GEOLOGIA DO MUNICÍPIO DE PAROBÉ, RS.	
DESENHO: Geol. LUIZ FERNANDO PARDI ZANINI	
ESCALA: 1:25.000	DATA: DEZEMBRO DE 1992