

MINERAIS DO PARANÁ S/A
MINEROPAR
BIBLIOTECA

SECRETARIA DE ESTADO DA INDÚSTRIA E DO COMÉRCIO

MINERAIS DO PARANÁ S/A - MINEROPAR

Ultrametamorfitos
Final 3

PROJETO FERRO

RELATÓRIO FINAL DA PRIMEIRA FASE

JUNHO DE 1980

EDIR EDEMIR ARIOLI

DICLÉCIO FALCADE

41
553.31
1816.21
A 712
2 2

MINEROPAR S.A.
S.A.P.
1974

Il sottoscritto, *[Faint Name]*,
in qualità di *[Faint Title]*,
certifica che *[Faint Text]*
il documento in oggetto *[Faint Text]*
è stato depositato in *[Faint Text]*
il giorno *[Faint Date]* presso *[Faint Location]*
per *[Faint Purpose]*

Il presente documento *[Faint Text]*
è stato depositato in *[Faint Text]*
il giorno *[Faint Date]* presso *[Faint Location]*
per *[Faint Purpose]*

Il sottoscritto, *[Faint Name]*,
in qualità di *[Faint Title]*,
certifica che *[Faint Text]*
il documento in oggetto *[Faint Text]*
è stato depositato in *[Faint Text]*
il giorno *[Faint Date]* presso *[Faint Location]*
per *[Faint Purpose]*

Registro n. 2271

Biblioteca/Mineropar

MINEROPAR
Minerals da *[Faint]* S.A.
REG. 2271

APRESENTAÇÃO

O presente relatório contém os resultados obtidos com o cumprimento da PRIMEIRA FASE do PROJETO FERRO, desenvolvida de maio de 1979 a março de 1980. Este projeto foi executado pela MINEROPAR com o objetivo básico de avaliar a potencialidade econômica dos depósitos ferríferos do Estado do Paraná. Foi selecionada, para este fim, a região da Serra do Mar e Litoral Paranaense porque, além de já contar com uma indústria de ferro gusa em atividade no município de Antonina, esta região contém um dos tipos de depósitos ferríferos mais importantes dos terrenos pré-cambrianos, os quartzitos magnetíticos, dentro de um contexto geológico virtualmente favorável.

Considerando-se, portanto, a possibilidade de constatação de uma área mineralizada mais extensa do que a até então conhecida, estendeu-se a pesquisa do projeto ao longo de toda faixa metamórfica do Leste do Paraná. Por este motivo, este relatório se alonga na descrição do contexto geológico regional, na necessidade de se fundamentarem as informações de caráter local e as conclusões atingidas.

Um relatório sintético de pesquisa, preparado pela empresa norte-americana Pittsburgh Pacific Company, em julho de 1964, foi localizado durante as etapas preliminares do projeto, tendo-se verificado através do mesmo que as reservas de ferro de Antonina já se encontram cubadas em grau de detalhe e precisão aparentemente elevado. Esta informação motivou a revisão dos objetivos imediatos inicialmente propostos pelo programa de trabalho da MINEROPAR, o qual passou a ser orientado no sentido de definir essencialmente o seguinte: em que extensão e profundidade, tanto no sentido físico quanto metodológico, se encontram bloqueadas as reservas de magnetita de Antonina? Além disto, a pesquisa regional procurou determinar a possível ocorrência de novas áreas mineralizadas ao longo da região.

O presente relatório pretende responder fundamentalmente a estas duas questões.

S U M Á R I O

1. INTRODUÇÃO	1
1. Histórico	1
2. Objetivos do Projeto	3
3. Metodologia de Trabalho	4
3.1. Pesquisa Bibliográfica	4
3.2. Mapeamento Geológico	5
3.3. Descrição de Furos de Sonda	6
3.4. Avaliação de Ocorrências	6
3.5. Amostragem de Rochas e Minérios	7
3.6. Análises de Laboratório	7
4. Dados Físicos de Produção	8
5. Situação Geográfica e Vias de Acesso	9
II. GEOMORFOLOGIA	10
1. Aspectos Fisiográficos	10
2. Geomorfogênese	13
III. GEOLOGIA REGIONAL	14
1. Trabalhos Anteriores	15
2. Unidades Litoestratigráficas	17
2.1. Arqueozóico Indiviso	18
2.2. Proterozóico Indiviso	21
2.3. Eo-Paleozóico	24
2.3.1. Intrusivas Granitóides	24
2.3.2. Formação Guaratubinha	26
2.4. Formação Serra Geral	27
2.5. Depósitos Quaternários	28
3. Geologia Estrutural e Tectônica	28
IV. GEOLOGIA LOCAL	30
1. Unidades Litoestratigráficas	30
1.1. Arqueozóico Indiviso	31
1.1.1. Gnaisses e Anfibolitos	31
1.1.2. Xistos Magnesianos	33
1.1.3. Clorita-Xistos	35
1.1.4. Quartzitos Magnetíticos	37
1.2. Proterozóico Indiviso: Migmatitos	39

1.3. Mesozóico: Formação Serra Geral	41
1.4. Quaternário	42
2. Minérios de Ferro	42
2.1. Introdução	42
2.2. Classificação dos Minérios	46
2.3. Composição dos Minérios	47
2.4. Reservas	52
2.5. Aspectos Tecnológicos: Beneficiamento e Concentração	53
2.6. Atividades Atuais de Mineração na Área	55
V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	56
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

1. INTRODUÇÃO

1. Histórico

A evolução dos trabalhos e conhecimentos atualmente existentes sobre os depósitos ferríferos do Estado do Paraná pode ser reconstituída e ilustrada através dos seguintes fatos e datas:

- 1867 - Decreto Imperial de 28 de agosto autoriza o Barão de Capanema a explorar as ocorrências de ferro da baía de Paranaguá.
- 1890 - O Governo Provisório da República cria a Colônia Zulmira (atual vila de Mundo Novo) com o fim de incentivar a exploração destas ocorrências.
- 1904 - E.Hussak publica um estudo de microanálise estrutural de uma amostra de minério de ferro do Paraná.
- 1910 - São desenvolvidas pelo engenheiro P.Jacob, nas ocorrências de Mundo Novo, as primeiras pesquisas da iniciativa privada, visando a determinação de teores e reservas dos minérios existentes.
- 1910-12 - A Inspeção Federal de Estradas realiza levantamentos topográficos na região, para o projeto da ferrovia Castro-Guaraqueçaba, e procede a reconhecimentos nas ocorrências de ferro de Antonina.
- 1914 - E.C.Harder faz referências às mineralizações ferríferas do Paraná em "The Iron Industry in Brazil", publicado pelo American Institute of Mining Engineers.
- 1927 - E.P.de Oliveira publica "Geologia e Recursos Minerais do Estado do Paraná" pelo Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil.
- 1937 - M.G.O.Roxo apresenta no III Congresso Sul-Americano de Química um estudo dos minérios de ferro do Brasil, no qual inclui dados sobre os depósitos de Antonina.
- 1938 - O.H.Leonardos elabora um levantamento dos dados existentes sobre as ocorrências em "Ferro no Paraná", boletim nº 25 do DNPM-SFPM.
- 1938-39 - V.Leins publica dois ensaios sobre os minérios de ferro do Paraná, em periódicos científicos da Alemanha.

- 1940 - A Companhia de Mineração e Metalurgia São Paulo-Paraná, de Henrique Lage, adquire os direitos de lavra sobre grande parte da área dos depósitos. Durante os anos da Segunda Guerra Mundial, os engenheiros da firma empreendem um programa de exploração geológica, o qual inclui mapeamento de detalhe, malhas topográficas para amostragem e cálculos de reservas, abertura de trincheiras e galerias, perfuração manual de furos rasos de sondagem. Todos os registros destes trabalhos são perdidos por deterioração em seus arquivos. A produção total da empresa não ultrapassa 30.000 t, nos anos em que detém os direitos sobre a área.
- 1955 - O Barão André Ludinghausen-Wolff adquire, através de sua empresa Mineração Antonina S/A, os direitos de lavra da companhia antecessora.
- 1957-62 - A Exportadora Cenal Ltda, pertencente ao grupo empresarial liderado pelo Barão Ludinghausen-Wolff, concentra e exporta através do porto de Antonina mais de 200.000 t de minério britado com teor médio de 62% de ferro e 11% de sílica. Os principais compradores são Argentina e Checoslováquia.
- 1963 - Minas de Antonina S/A adquire o pleno controle comercial e os direitos de lavra do grupo anterior.
- 1964 - A empresa norte-americana Pittsburgh Pacific Company apresenta relatório interno sobre as suas atividades de pesquisa, desenvolvidas a partir de 1960, em acordo com a Mineração Antonina S/A e sua sucessora. Estas pesquisas incluíram mapeamentos geológicos de detalhe, trabalhos de prospecção e exploração, levantamentos topográficos e magnetométricos, além de 12 furos de sondagens testemunhadas. O relatório apresenta reservas cubadas num total de 39.815.000 t de minério com teores brutos de 40-44% de ferro. Devido à importância fundamental que apresentam em relação às conclusões do presente relatório, os trabalhos da PPC serão analisados e descritos em detalhe, em item específico.
- 1978 - A Empresa de Mineração Fergupar Ltda adquire de Minas de Antonina S/A os direitos de lavra sobre as quatro concessões que cobrem os depósitos entre os rios Mundo Novo e

Nhundiaquara. Esta companhia produz atualmente ferro gusa com minério do Quadrilátero Ferrífero, enquanto monta uma unidade de concentração que permitirá a curto prazo alimentar seu alto-forno com minério local. Também as atividades desta empresa serão considerados em particular, posteriormente.

- 1978 - E. Calzavara elabora para a Secretaria da Indústria e do Comércio do Estado do Paraná um relatório preliminar sobre as ocorrências de ferro do Estado, contendo informações geológicas regionais e locais, resultados de análises químicas e recomendações para pesquisas específicas nos depósitos de Morretes-Antonina, Castro e Palmeiras.
- 1979 - O Governo do Estado do Paraná, através da Secretaria da Indústria e do Comércio, encomenda à MINEROPAR um programa de pesquisa para avaliação da potencialidade econômica das ocorrências de ferro do Estado, o qual é iniciado em maio do mesmo ano.

2. Objetivos do Projeto

Dentro do objetivo básico acima mencionado, o Projeto Ferro foi programado com o pressuposto de estabelecer:

- cadastramento das ocorrências de minério de ferro na região da Serra do Mar e no litoral paranaense;
- situação geológica local e regional das ocorrências cadastradas, com a definição dos tipos de minérios existentes, de suas rochas encaixantes e dos controles litoestruturais intervenientes;
- extensão individual e regional das ocorrências pesquisadas;
- determinação das reservas existentes, com o dimensionamento de volumes e teores dos diversos tipos de minérios exploráveis;
- seleção de áreas de interesse para futuras lavras e/ou pesquisas de detalhe.

A consecução destes objetivos foi planejada através de três fases de pesquisa, assim designadas:

Primeira Fase - Geologia de Semidetalhe. Visaria, através de mapeamento geológico, prospecção e avaliação preliminar das ocorrências do litoral do Estado, a seleção de áreas para a pesquisa de detalhe.

Segunda Fase - Exploração Geológica . Corresponderia à pesquisa de detalhe a ser desenvolvida sobre as áreas selecionadas ao fim da Primeira Fase, incluindo métodos de exploração geológica de superfície e subsuperfície para cumprir os requisitos da cubagem de reservas.

Terceira Fase - Viabilização Econômica . Sob a responsabilidade técnica de engenheiros de mina, engenheiros metalúrgicos e economistas, esta fase não participa do cronograma atual do projeto, ficando na dependência dos resultados das duas fases anteriores.

Como as ocorrências de minério de ferro mais importantes e conhecidas do Paraná localizam-se na região de Morretes-Antoni-
na, ela foi escolhida como área-piloto para o desenvolvimento da Primeira Fase do Projeto, a partir da qual os critérios de pesquisa e prospecção definidos seriam extrapolados aos demais depósitos do Estado.

As informações acumuladas ao longo da Primeira Fase permitiram, contudo, estabelecer conclusões que preenchem as proposições iniciais do programa e dispensam o desenvolvimento da Segunda Fase, como será demonstrado ao final deste relatório.

3. Metodologia de Trabalho

A Primeira Fase do Projeto Ferro foi cumprida mediante a aplicação e desenvolvimento dos métodos de pesquisa e prospecção abaixo discriminados. A metodologia efetivamente adotada durante esta fase divergiu em parte da inicialmente proposta, pois os dados levantados nos primeiros meses de campanha apontaram a necessidade de uma readaptação do programa para sua maior eficiência, como será justificado a seguir.

3.1. Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica envolveu a compilação de todos os relatórios de pesquisa, mapeamentos geológicos, levantamentos geoquímicos e geofísicos, etc., já desenvolvidos sobre a região de interesse do projeto. Foram coligidas, analisadas e interpretadas todas as informações disponíveis sobre a geologia regional e sobre as ocorrências minerais em particular, as quais contribuíram para a elaboração do presente relatório.

3.2. Mapeamento Geológico

A proposição inicial do anteprojeto incluiu o mapeamento geológico das folhas de Morretes, Antonina, São José dos Pinhais e Tijucas do Sul, na escala de 1:50.000. Justificava-se este trabalho pela natureza dos mapeamentos anteriores, executados essencialmente por fotointerpretação e baixa densidade de pontos de controle no terreno, os quais não preencheriam as necessidades de informação de um projeto específico.

Este mapeamento foi concluído na folha de Morretes, tendo atingido parte das folhas de Mundo Novo e Antonina. Os seus resultados sugeriram, entretanto, a conveniência de se substituir o mapeamento de semidetalhe pelo mapeamento em escala de 1:25.000 sobre a área dos depósitos de Antonina e pela revisão localizada dos mapeamentos anteriores apenas nas regiões onde existem ocorrências conhecidas de minério de ferro.

Como a revisão do mapeamento geológico, na escala de 1:50.000, não acrescentou modificações importantes aos mapas anteriores, limitamos nossa documentação cartográfica ao mapa em escala regional (Anexo 1), que contém algumas alterações resultantes de nossos trabalhos, e ao mapa geológico dos depósitos de Antonina (Anexo 2).

A suspensão do mapeamento de semidetalhe justificou-se pelos seguintes motivos técnicos:

- os mapeamentos executados pela Comissão da Carta Geológica do Paraná, embora baseados em fotointerpretação litológica e eventualmente pobres em informações estruturais, revelaram-se extremamente precisos e eficientes na delimitação das unidades litoestratigráficas;
- os dados acumulados ao longo de nosso próprio mapeamento acusaram a inexistência de prolongamento ou desdobramento dos depósitos de Antonina ao longo da faixa de ocorrência dos migmatitos e gnaisses pré-cambrianos.

Por outro lado, a escolha da escala de 1:25.000 para o mapeamento da área mineralizada de Antonina foi justificada pelos seguintes argumentos de ordem prática:

- uma escala maior (1:10.000, por exemplo) exigiria a confecção de uma base pla

ni altimétrica precisa, executada por levantamento topográfico a teodolito ou prancheta, inviável na Primeira Fase do Projeto;

- a escala de 1:25.000 era compatível com este tipo de trabalho, com a natureza geológica dos depósitos, com a extensão mapeada e com os objetivos pretendidos;
- o recobrimento aerofotográfico da região, na mesma escala, é de boa qualidade e preenche as necessidades do trabalho de campo.

3.3. Descrição de Furos de Sonda

Como complementação ao mapeamento da área mineralizada de Antonina, foram descritos e amostrados 754,29 metros de testemunhos de sondagens rotativas a diamante, recuperados durante o projeto de exploração geológica desenvolvido pela empresa norte-americana Pittsburgh Pacific Company, em 1963-64. Esta descrição limitou-se aos aspectos mineralógicos e petrográficos das amostras, uma vez que as condições de armazenamento e conservação dos testemunhos não permitiram a execução de medidas estruturais, de resto inaproveitáveis devido à falta de dados sobre a precisa localização dos furos.

3.4. Avaliação de Ocorrências

Esta atividade foi desenvolvida paralelamente ao mapeamento geológico, com o objetivo de selecionar áreas para o desenvolvimento de pesquisa de detalhe. Embora limitada à superfície do terreno, ela procuraria avaliar os volumes existentes de rochas encaixantes e minérios, usando-se para isto a construção de croquis geológicos de detalhe com o uso de bússola e trena.

À exceção dos depósitos de Antonina, contudo, nenhuma das ocorrências visitadas até esta data, dentro de âmbito do projeto, ofereceu condições que interessassem a uma efetiva avaliação preliminar, uma vez que se limitam a afloramentos isolados de

magnetita em gnaisses e migmatitos, de crostas lateríticas sem qualquer interesse ou de blocos rolados de quartzito magnetítico, cujas áreas-fontes nunca foram localizadas. Desta maneira, a avaliação de ocorrências limitou-se à descrição e amostragem dos afloramentos localizados e à execução de caminhamentos geológicos para verificação de sua continuidade lateral.

No que se relaciona com a importância econômica das ocorrências mencionadas, é conveniente e oportuno lembrar que, para minérios desta natureza, os volumes economicamente viáveis atingem necessariamente dimensões da ordem de dezenas a centenas de milhões de toneladas, cuja expressão superficial também envolve necessariamente extensões da ordem de centenas a milhares de hectares de afloramentos. Torna-se evidente, a partir destes dados, a desimportância prospectiva de um afloramento isolado de minério de ferro em meio a gnaisses e migmatitos, sem outros indícios de concentrações mais extensas de rochas encaixantes favoráveis (quartzitos e xistos).

3.5. Amostragem de Rochas e Minérios

Todos os trabalhos de campo - mapeamento, prospecção, avaliação de ocorrências e descrição de furos de sonda - foram complementados por amostragem de rochas e minérios. Estas amostras foram selecionadas para serem submetidas a análises petrográficas, químicas e geoquímicas.

3.6. Análises de Laboratório

As análises petrográficas foram feitas no Laboratório de Petrografia da MINEROPAR em lâminas delgadas confeccionadas pela firma GEOSOL LTDA e pelo Laboratório de Laminação do Instituto Tecnológico do Paraná. Estas descrições incluíram a identificação de minerais, texturas e estruturas microscópicas, a classificação petrográfica das rochas amostradas e a interpretação genéti

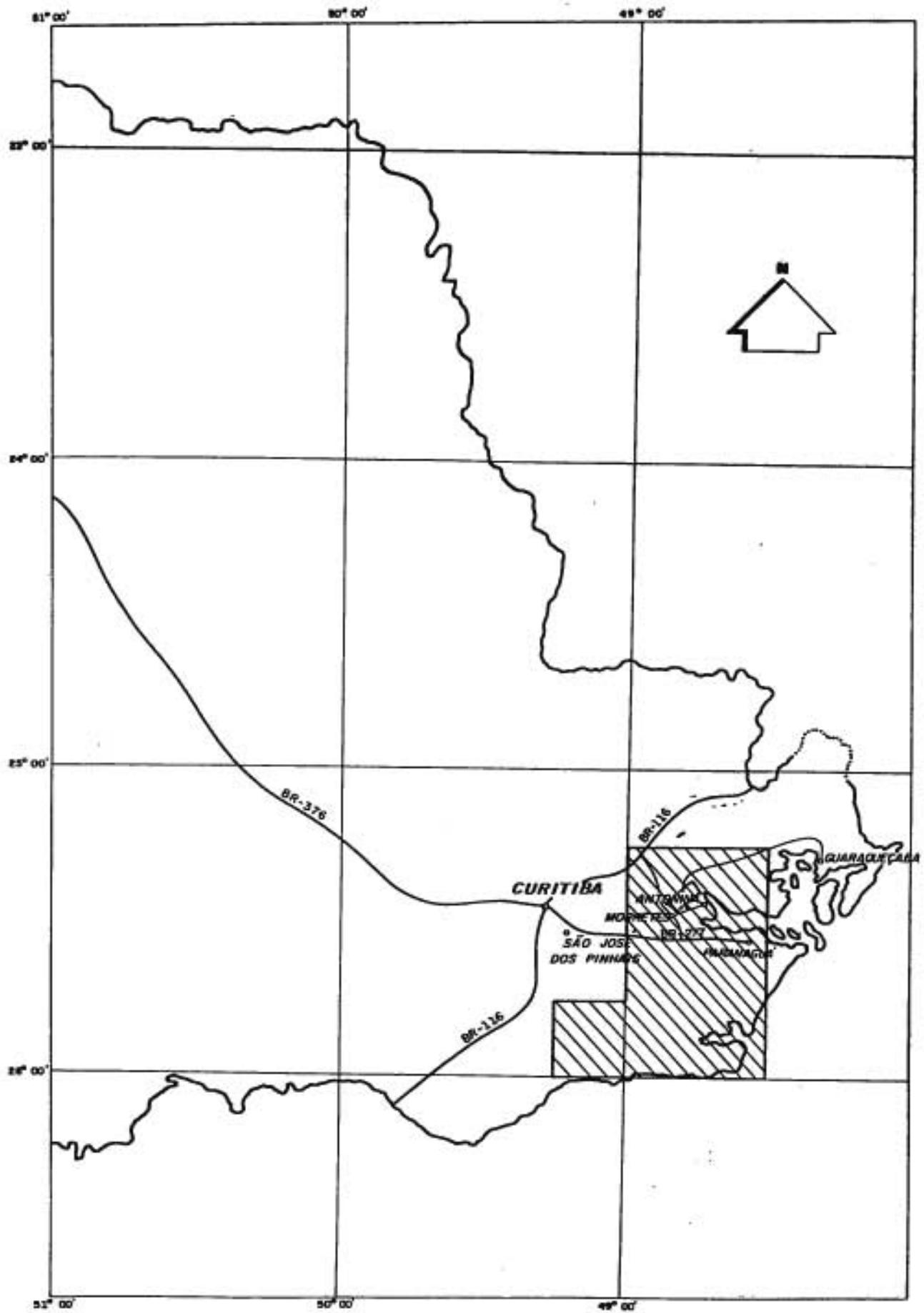


Fig 1-Mapa de Situação do Projeto Ferro

ca, esta sempre apoiada nos dados de campo e de análises químicas.

Uma série de amostras representativas das litologias da região foi submetida a análises químicas totais de óxidos, no Instituto Tecnológico do Paraná, para aplicação de seus resultados a estudos petroquímicos e petrogenéticos. Foram determinados nestas rochas os teores de SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , CaO , MgO , FeO , Fe_2O_3 , MnO , TiO_2 , P_2O_5 e perda ao fogo.

Outra série de rochas foi analisada para a determinação dos teores geoquímicos de metais particulares, visando-se a complementação dos estudos petroquímicos e o desenvolvimento de interpretações metalogenéticas, as quais poderiam levar, em última análise, à elucidação do potencial metalogenético das unidades pesquisadas. Foram analisados nestas amostras os seguintes elementos: Cr, Ni, Co, Cu, Pt, Mg e V.

As amostras de minério de ferro coletadas nas frentes de lavra e afloramentos naturais foram analisadas para FeO , Fe_2O_3 , MnO , P_2O_5 , TiO_2 e SiO_2 .

As análises químicas de óxidos, tanto em rochas quanto em minérios, foram executadas por via úmida, ao passo que todas as determinações de teores geoquímicos foram feitas através de absorção atômica.

4. Dados Físicos de Produção

O cronograma físico da Primeira Fase do Projeto Ferro foi cumprido de maio de 1979 a março de 1980, num total de 184 dias/homem de campo. Nos três primeiros meses do programa, a equipe técnica do projeto constituiu-se de um geólogo e um técnico de nível médio, tendo sido acrescida a contribuição de mais um geólogo a partir do mês de agosto.

Foram mapeados aproximadamente 1.600 quilômetros quadrados na escala de 1:50.000, nas folhas de Morretes, Mundo Novo e Antonina, e 77 quilômetros quadrados na área dos depósitos de magnetita de Antonina, na escala de 1:25.000. Durante estes mapeamentos, foram coletadas 164 amostras de rochas, das quais 58 foram submetidas a análises de laboratório, num total de 696 determinações geoquímicas e 276 determinações químicas de óxidos. Das amostras de minérios coletadas, 7 foram analisadas quimicamente, num total de 42 determinações de óxidos essenciais. Ainda em relação às amostras de rochas, em 67 exemplares foram confeccionadas lâminas delgadas, todas elas descritas e classificadas petrograficamente.

Foram descritos macroscopicamente 754,29 metros de testemunhos de sondagens rotativas a diamante, cujas amostras petrográficas e geoquímicas incluíram-se nos dados acima relacionados.

5. Situação Geográfica e Vias de Acesso

A área de interesse do Projeto Ferro cobre cerca de 5.400 km da região da Serra do Mar e litoral paranaense, demarcada pelas seguintes folhas de 15'x 15' : Morretes, Antonina, São José dos Pinhais, Tijucas do Sul, Piraquara, Mundo Novo, Paranguá e Colônia Santos Andrade (vide Fig.1). As quatro primeiras folhas foram selecionadas originalmente como prioritárias para os fins de prospecção regional, uma vez que dentro de seus limites estão assinaladas as ocorrências conhecidas de minério de ferro da região. As demais foram incluídas como possivelmente interessantes à pesquisa, desde que contivessem indícios de mineraliza-

ções semelhantes ou continuidades das ocorrências já conhecidas. Acima do paralelo 25º00', o prolongamento da faixa de distribuição dos depósitos ferríferos recobria-se, à época do início do projeto, pela área de interesse do Projeto Serra Negra, motivo pelo qual as folhas de Serra da Virgem Maria e Serra Negra não foram incluídas no âmbito do Projeto Ferro.

As principais vias de acesso à área do projeto são representadas pelas rodovias federais BR-277, que interliga Curitiba e Paranaguá, BR-116, que demanda à região sudeste do Estado, e a rodovia estadual PR-405, que faz conexão entre Antonina e Guaraqueçaba. À exceção desta última, que inclui cerca de 60 quilômetros de estrada não-pavimentada entre Cacatu e Guaraqueçaba, as demais rodovias são asfaltadas. Extensa rede de estradas municipais, não-pavimentadas, oferece acesso às zonas interioranas das folhas relacionadas, em boas condições de tráfego durante o ano todo, com interdições ocasionais nas épocas de chuvas mais torrenciais. Eventualmente, ao longo do litoral, o acesso é feito por canoa através da drenagem costeira e das baías de Guaraqueçaba, Antonina e Paranaguá. Outro meio de acesso possível é representado pela ferrovia federal Curitiba-Morretes-Paranaguá, que conta com linhas regulares de transporte para cargas e passageiros.

II. GEOMORFOLOGIA

1. Aspectos Fisiográficos

Três grandes unidades fisiográficas podem ser individualizadas dentro da região abrangida pelo Projeto Ferro: O Primeiro Planalto, a Serra do Mar e a Planície Costeira.

O Primeiro Planalto corresponde a uma superfície colinosa, notavelmente nivelada em torno dos 900 metros de altitude e com desníveis internos raramente maiores do que 200 metros. A sua morfologia caracteriza-se por colinas mamelonares, geralmente alongadas segundo as direções das estruturas metamórficas do embasamento e dos diques básicos sobre os quais se esculpam, e por vales estreitos de vertentes íngremes e talwegues assoreados por pedimentos grosseiros. Predominam duas orientações gerais no

alinhamento destas feições, dependendo do controle litoestrutural: para NE, segundo a direção regional da foliação metamórfica mais conspícua do embasamento, e para NW, obedecendo ao rumo dos diques mesozóicos.

O padrão de drenagem do Primeiro Planalto é essencialmente dendrítico, localmente angular, e tem densidade média a fina, com alto grau de integração. A cobertura vegetal atualmente preservada sobre esta unidade compõe-se predominantemente de gramíneas e arbustos rasteiros, sobre os quais se distribuem algumas matas residuais de araucárias. Ao longo dos vales mais profundos e na faixa de transição com a Serra do Mar, esta vegetação é entremeada pela floresta atlântica, sob a forma de matas ciliares.

A Serra do Mar constitui a feição fisiográfica regional mais notável do Leste do Paraná, alçada a mais de 1.500 metros sobre a Planície Costeira e a mais de 600 metros sobre o nível médio do Primeiro Planalto. A serra bordeja o planalto, segmentada em maciços distintos, correspondendo individualmente aos grandes corpos graníticos que interceptam o embasamento metamórfico. Estes maciços recebem denominações locais e contêm os pontos culminantes do Estado:

- Serra da Virgem Maria, com o Pico Agudo Grande (1.532m);
- Serra dos Ôrgãos, com o Pico do Paraná (1.842m);
- Serra da Mãe Catira, com o pico homônimo (1.325m);
- Serra da Graciosa, com a culminância aos 1.740m;
- Serra do Marumbi, com o pico homônimo (1.551m);
- Serra das Canavieiras, com altitude máxima de 1.370m;
- Serra da Prata, com o Morro Grande (1.502m);
- Serra do Facão, com a culminância aos 1.390m;
- Serra do Araraquara, com o Morro Pedra Branca (1.205m).

Numerosas outras denominações locais designam blocos secundários da Serra do Mar, cujas altitudes médias decrescem gradativamente para o sul, pelo menos dentro do Estado do Paraná.

O padrão geral da drenagem ao longo da serra é dendrico-angular, com densidade média e alto grau de integração. A sua cobertura vegetal é representada pela floresta atlântica, de características tropicais, extremamente densa e rica em espécies copadas (figueiras, angicos, jacarandãs, cabriúva, timbaúva, braúna e outras), que se elevam sobre uma associação de menor porte em que predominam epífitas, palmáceas e pteridófitas.

Ao sopé oriental da Serra do Mar, transicionando através de elevações mais suavizadas dos depósitos pedimentares, estende-se a superfície ligeiramente ondulada da Planície Costeira. Ela envolve essencialmente dois tipos de depósitos sedimentares' inconsolidados: sedimentos clásticos terrígenos (pedimentos, colúvios e aluviões) e sedimentos marinhos (terraços de cascalheiros, depósitos areno-siltico-argilosos de baía e manguesais). Sobre esta superfície nivelada elevam-se esporões e morros isolados de granitos, intrusões básicas mesozóicas e espessos depósitos pedimentares, importantes vestígios das fases áridas do clima quaternário. Enquanto as cotas da planície raramente se aproximam dos 10 metros, os morros isolados ostentam elevações de até 300 metros, mas sempre superiores a 100 metros.

A rede de drenagem que recorta a Planície Costeira apresenta um padrão geral dendrítico, grosseiro e com baixo grau de integração. A cobertura vegetal é caracteristicamente raquítica e esparsa, com predominância de gramíneas, ciperáceas e arbustos rastejantes sobre as superfícies arenosas, e de mangroves' sobre os manguesais das baías. Ao longo dos cursos d'água e sobre as elevações rochosas desenvolvem-se matas subtropicais e atlânticas, menos exuberantes do que as que recobrem as encostas da Serra do Mar.

As formações ferríferas de Antonina expressam-se fisiograficamente sob a forma de esporões secundários, junto às falhas meridionais da Serra dos Órgãos, onde esta emerge da planície interior da baía de Antonina. Estas elevações são topograficamente amarradas pela natureza litológica dos minérios e por

suas particularidades estruturais - foliação metamórfica intensa e fortemente dobrada segundo direções constantes. Tais características são responsáveis pelas cotas de até 400 metros e pelo alinhamento subparalelo das cristas do relevo para o quadrante NE.

2. Geomorfogênese

Na qualidade de feição geomórfica regional mais notável da faixa atlântica sul-brasileira, a Serra do Mar tem merecido os estudos mais importantes de geomorfogênese que se realizaram nos últimos 35 anos. Os pioneiros da análise geomorfológica da Serra do Mar foram Domingues(1945) e Ruellan(1945), seguidos por Maack(1947), de cujos trabalhos restaram esclarecidos alguns fatos fundamentais que até hoje servem de base às interpretações genéticas da região. Os dois primeiros autores reconheceram pioneiramente a importância da tectônica na evolução da Serra do Mar, atribuindo as suas escarpas mais elevadas à reativação de falhas antigas em épocas geológicas mais recentes. Maack, desenvolvendo os conceitos originais de seus antecessores, reconheceu a presença de compartimentos em blocos falhados, bem como a ação de diferentes fases climáticas, e elaborou uma interpretação morfogenética baseada na correlação de ciclos erosivos e tectônicos.

Ab'Saber e Bigarella(1961) e Bigarella e Ab'Saber(1964), partindo das idéias de Maack, interpretaram a evolução dinâmica do relevo regional, concordando com algumas concepções de Ruellan. O esquema evolutivo delineado por estes autores envolve a identificação de blocos falhados na borda oriental do Escudo Brasileiro, entre os quais encaixam-se atualmente níveis fósseis de erosão, geneticamente ligados a flutuações climáticas do Quaternário e a variações glácio-eustáticas do nível do mar.

Uma das feições geomorfológicas mais notáveis ao longo da Serra do Mar, e que constituem elementos essenciais da análise morfogenética, são os extensos depósitos de pedimentos intermontanos que recobrem as encostas inferiores e os grandes alvéolos entre os blocos tectônicos. Eles permitiram a Ab'Saber e Bigarella(op.cit.) o reconhecimento de três prováveis épocas semi-áridas do Pleistoceno, correspondentes a fases de rebaixamento

do nível do mar e, talvez, a estágios glaciais intermitentes.

A evolução geomorfológica da Serra do Mar e seus compartimentos adjacentes pode ser esquematizada através das seguintes fases tectônicas e climáticas:

- 1a.) Deformação em abóboda, a partir do Triássico, do denominado Núcleo de Curitiba (Almeida, 1953) ou Arco de Ponta Grossa (Petrobrás), com irradiação das drenagens para o interior do território paranaense.
- 2a.) Formação da Superfície de Purunã, entre o Cretáceo e o Eoceno, sobre o arqueamento triássico, através de processos de peneplação.
- 3a.) A partir do Terciário, possivelmente se iniciou a formação da contravertente oriental atlântica do Planalto de Curitiba, por efeito de flexuras de grande envergadura e falhamentos longitudinais.
- 4a.) Aberta nova frente de escoamento para a drenagem da Superfície de Purunã, iniciou-se a denudação marginal do Primeiro Planalto, que culminou com a formação da bacia e da Superfície de Curitiba, por aplainamentos sucessivos e inversões climáticas.
- 5a.) Durante as fases de clima semiárido, quando imperaram os processos mecânicos de intemperismo e erosão, intensificaram-se o alargamento dos alvéolos intermontanos e o recuo das escarpas marginais do Primeiro Planalto.
- 6a.) Com a transição posterior ao clima úmido atual, a decomposição química passou a atacar as escarpas rochosas e os espessos depósitos rudáceos, acumulados pelos violentos processos erosivos anteriores, recobrando-os de espesso manto de solo e vegetação, que disfarçam atualmente os perfis erizados da Serra do Mar e da borda do Primeiro Planalto.
- 7a.) No que se refere à Planície Costeira, a sua origem é atribuída à imersão por falhamentos reativados no Quaternário e à sedimentação de coberturas continentais e marinhas, interrompida ou acelerada ao longo das fases de flutuação do nível do mar.

III. GEOLOGIA REGIONAL

1. Trabalhos Anteriores

À parte os trabalhos pioneiros de Oliveira(1925,1927) e Maack(1947,1953), que elaboraram as primeiras cartas geológicas do Paraná(nas escalas de 1:1.000.000 e 1:750.000, respectivamente) e as primeiras interpretações de sua geologia regional, a grande contribuição ao conhecimento geológico do Leste do Estado foi dada pela Comissão da Carta Geológica do Paraná, na década de 60.

Dentro da área do Projeto Ferro, foram mapeadas pela Comissão da Carta as folhas de Morretes, Antonina, Paranaquã, Mundo Novo, São José dos Pinhais, Tijucas do Sul e Colônia Santos Andrade(respectivamente por Cordani e Girardi, 1967; Trein et al., 1970; Fuck et al., 1969; Muratori et al., 1969; Fuck et al., 1967; Trein et al., 1969; e Muratori et al., 1969). Executados em caráter de reconhecimento básico e apoiados em precisa análise foto-geológica, nas escalas de 1:50.000 e 1:70.000, estes mapeamentos estabeleceram os fatos essenciais, que constituem até hoje as fontes de referências litológicas, petrológicas e estratigráficas para os estudos regionais mais recentes do Paraná.

Ainda em 1967, como contribuição apresentada ao XXI Congresso Brasileiro de Geologia, realizado em Curitiba, a Comissão da Carta editou um volume que reúne todas as informações disponíveis à época sobre a geologia das formações pré-devonianas e suas intrusivas do Leste do Estado. Esta edição congrega os dados e interpretações elaborados pelos autores acima referidos, e que utilizamos como base para a descrição das unidades litostратigráficas regionais, no presente relatório. No mesmo ano, Fuck et al.(1967) apresentaram através do Boletim Paranaense de Geociências o mapa geológico preliminar que sintetiza os traços gerais da geologia do Leste do Paraná.

Em anos mais recentes, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais cobriu a mesma região com mapeamento geológico na escala de 1:100.000(Lopes et al., 1977). Este levantamento, além de ter sido executado em escala menor do que o da Comissão da Carta, também tem o caráter de projeto básico regional, não tendo introduzido modificações significativas, pelo menos dentro dos

limites do Projeto Ferro.

No que se refere aos estudos de âmbito regional, Fyfe e Leonardos(1974) definiram a região como integrante do denominado Cinturão Atlântico, formado por rochas metamórficas de baixas temperaturas e pressões(fácies andaluzita-sillimanita), contendo núcleos charnoquíticos. A caracterização tectônica desta faixa foi aprofundada posteriormente por Hasui et al.(1978a, 1978b) e Wernick(1978,1979), os quais individualizaram Faixas de Dobramentos e Maciços Medianos, bem como analisaram a petrogênese das intrusivas granitóides associadas. A petrologia das intrusões ácidas já havia sido abordada por Maack(1961), que distinguiu corpos sinorogênicos de composição calco-alcalina e corpos tardia pós-orogênicos de tendência alcalina.

Outros trabalhos específicos, tanto em relação aos temas abordados quanto às áreas abrangidas, foram desenvolvidos paralelamente aos estudos regionais, contribuindo para a compreensão de algumas particularidades geológicas da área. Coutinho et al.(1967) apresentaram ao XXI Congresso Brasileiro de Geologia os resultados de uma pesquisa sobre a mineralogia dos piroxênios metamórficos de Antonina. No congresso seguinte, Girardi et al.(1968) expuseram trabalho análogo sobre as granadas metamórficas da mesma região. Em tese de doutoramento apresentada à Cadeira de Petrologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, Girardi(1969) discorreu sobre a petrologia das rochas metamórficas de Morretes-Antonina. Em 1971, o mesmo autor publicou um estudo sobre os anfibolitos de Antonina. Outro trabalho da mesma natureza, dirigido aos xistos magnesianos daquela área, foi apresentado por Girardi e Santini(1973). A petrologia dos anfibolitos de Antonina também foi abordada por Ruperti e Gomes(1977), que sugeriram a sua origem ortometamórfica.

A geocronologia das rochas ígneas e metamórficas da região tem merecido, ao longo das duas últimas décadas, várias pesquisas. Ledent e Pasteels(1968) publicaram, através dos Anais da Sociedade Geológica da Bélgica, os resultados de determinações de

idades absolutas do Sudeste Brasileiro, em que se incluem amostras de granitos paranaenses. Delhal et al. (1971) apresentaram, nos mesmos anais, estudos de geocronologia desenvolvidos sobre as rochas metamórficas e graníticas da mesma faixa orogênica. Corradi e Kawashita (em preparação) determinaram em Morretes-Antonina as idades radiométricas dos metamorfitos.

Mais recentemente, duas tentativas de síntese da geologia do Arqueano foram empreendidas por diferentes pesquisadores, utilizando as informações fornecidas pelos autores acima referidos. Wernick (1979) analisou e interpretou os dados existentes sobre petrologia, tectônica, geocronologia e geoquímica das rochas mais antigas do Escudo Brasileiro, inclusive a faixa de ocorrência dos depósitos ferríferos de Antonina. Kaul et al. (1979) restringiram sua análise ao Maciço Mediano de Joinville, dentro do Sistema de Dobramento Ribeira, e reconheceram a probabilidade da existência de uma estrutura arqueana do tipo "greenstone belt".

A contribuição dos trabalhos acima citados à elaboração do presente relatório será creditada ao longo dos itens que se seguem, à medida que suas informações forem utilizadas, admitidas ou reinterpretadas.

2. Unidades Litoestratigráficas

Considerando-se a natureza específica deste relatório, serão apresentados aqui os traços gerais das unidades arqueozóicas e proterozóicas que compõem o Embasamento Cristalino, reservando breves referências àquelas que não apresentam relações estratigráficas e/ou estruturais diretas com os depósitos ferríferos. Incluem-se no segundo caso as intrusivas granitóides, a cobertura vulcano-sedimentar da Formação Guaratubinha, os diques básicos do Mesozóico e os depósitos inconsolidados da Planície Costeira.

TABELA I

COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA REGIÃO DO PROJETO FERRO

IDADE	UNIDADE LITOSTRATIGRÁFICA	VARIEDADES LITOLÓGICAS
HOLOCENO	INDIVISO	Depósitos marinhos Aluviões, cascalheiros Colúvios, pedimentos
PLEISTOCENO		Conglomerados, arcósios Areias, argilas
JURÁSSICO CRETÁCEO	Formação Serra Geral	Diques de diabásio e diorito pórfiro
EO- PALEOZOICO	Formação Guaratubinha	Andesitos, dacitos Conglomerados, arenitos, siltitos, argilitos Riolitos, piroclásticas
	Intrusivas Granitóides	Microgranitos alcalinos Granitos alcalinos (Graciosa), subalcalinos (Marumbi, Serra da Igreja, Morro Redondo) e calcoalcalinos (Agudos)
PRÉ- CAMBRIANO	Proterozóico Indiviso	Granitos de anatexia Migmatitos Gonditos
	Arqueozóico Indiviso	Biotita-gnaisses Xistos micáceos e magnesianos Anfibolitos Quartzitos puros e com magnetita Charnoquitos

A Tabela I esquematiza a coluna estratigráfica da região do Projeto Ferro, baseada na que foi estabelecida pelos mapeamentos da Comissão da Carta Geológica do Paraná, cujo mapa de síntese regional é apresentado, com modificações, no Anexo 1. As modificações introduzidas, e que serão comentadas oportunamente, resultaram de nossos trabalhos de campo e laboratório, sendo de natureza exclusivamente estrutural.

2.1. Arqueozóico Indiviso

Dentro das litologias que constituem o Embasamento Cristalino do Leste do Paraná, podem ser reconhecidos vestígios de rochas e estruturas arqueozóicas, correlacionáveis aos ciclos tectônicos anteriores ao Brasiliano, mais particularmente ao Ciclo Transamazônico. A individualização de tais unidades, dentro de um complexo metamórfico que sofreu reativações proterozóicas, esbarra em dificuldades geocronológicas importantes, uma vez que os métodos de datação por isótopos radiativos (K/Ar e Rb/Sr) assinalam apenas os eventos metamórficos mais recentes sofridos pelas rochas analisadas. Por outro lado, as complexas e repetidas deformações estruturais intervenientes na região dificultam a separação das unidades pré-cambrianas durante os mapeamentos geológicos, dificuldade esta que é agravada pela escassez de afloramentos.

De qualquer forma, são considerados remanescentes de unidades arqueozóicas, dentro dos migmatitos e gnaisses proterozóicos, os seguintes tipos de rochas: charnoquitos, quartzitos puros e com magnetita, xistos micáceos e magnesianos, anfibolitos e gnaisses quartzo-feldspáticos.

Os charnoquitos são as litologias arqueozóicas mais inconfundíveis, datadas por Batola Jr. et al. (1977), através dos métodos K/Ar e Rb/Sr, em idades de 2.715 ± 15 m.a. e 2.530 ± 34 m.a. O corpo de rocha charnoquítica mais expressivo da região ocorre a norte da área do projeto, na Serra Negra, onde foram determinadas estas idades. Dentro dos limites do projeto, núcleos charnoquíticos ocorrem encaixados nos migmatitos e gnaisses proterozóicos.

cos, como vestígios não assimilados pelos processos metamórficos de granitização e diferenciação do Ciclo Brasileiro. Estes núcleos afloram geralmente em extensões muito restritas e não mapeáveis em escala regional, principalmente no extremo norte da folha de Antonina, relacionados com a ocorrência de Serra Negra.

O charnoquito típico da região é uma rocha de cor cinza-esverdeado-escuro, equigranular, média a fina, maciça e homogênea. A coloração esverdeada do quartzo e do plagioclásio identifica-a facilmente nos afloramentos. Sua composição mineralógica inclui quartzo, plagioclásio (andesina antipertítica, menos frequentemente oligoclásio antipertítico), raro microclínio, hiperstênio, diopsídio, hornblenda, granada, apatita, zirconita, e opacos. Biotita e clorita aparecem como minerais de alteração retrometamórfica, como efeitos de hidratação nas bordas dos corpos. As variações de conteúdo em quartzo e plagioclásio, principalmente, são responsáveis pelas mudanças de caráter intermediário a francamente básico das amostras. Em certos casos, o charnoquito assume uma aparência gabróide, quando os teores de quartzo reduzem-se a quase zero, ao mesmo tempo que o plagioclásio se aproxima de 75% e os máficos (hiperstênio, diopsídio e hornblenda) ultrapassam 20%. Pelo contrário, quando o quartzo atinge quase 20%, o plagioclásio se reduz a 60% e os máficos a pouco mais de 15%, o aspecto macroscópico da rocha reflete a sua semelhança mineralógica com a família ígnea dos tonalitos.

É possível reconhecer, nas bordas das massas charnoquíticas, evidências de assimilação por processos de migmatização do Ciclo Brasileiro. Esta hidratação é visível no campo sob a forma de bandas irregulares de quartzo, feldspato alcalino, biotita e/ou hornblenda e acessórios que cedem lugar, gradativamente, à estrutura maciça e homogênea do charnoquítico original. Também ao longo de zonas de falhas mais extensas, a hidratação acompanha a cataclase sob a forma de cloritização.

Os quartzitos formam corpos alongados e sinuosos, com extensões de até dezenas de quilômetros e espessuras mapeáveis

de até 1-2 quilômetros, concordantes com as estruturas metamórficas regionais do Embasamento Cristalino. Corpos desta natureza encaixados em contram-se mapeados em todas as folhas do projeto, encaixados em migmatitos, gnaisses, granitos e mesmo em charnoquitos. É possível que existam quartzitos de pelo menos duas gerações, tanto no que se refere à idade quanto ao processo de formação, o que tem dificultado a sua identificação. Existem quartzitos, na área, aparentemente metassedimentares, concordantes com os gnaisses e migmatitos, como é o caso dos quartzitos magnetíticos de Antonina. Outros, porém, apresentam evidências de campo e lâmina delgada que sugerem uma origem cataclástica, derivados da milonitização de rochas altamente silicosas, principalmente granitos, gnaisses quartzofeldspáticos e charnoquitos. Classificam-se, portanto, como quartzomilonitos. Exemplos deste segundo tipo podem ser encontrados a oeste de Paranaguá, dentro de extensa zona de cataclase que atinge o granito Serra da Prata (denominação informal).

Além do quartzo, a sua constituição petrográfica inclui normalmente microclínio, biotita, muscovita, zirconita, magnetita, tremolita, apatita, epidoto, clorita e marcassita. Nos quartzitos de Antonina, a magnetita se concentra em teores de 20-50%, com lentes de magnetita pura com dimensões centimétricas a métricas. Intercalam-se ao quartzito magnetítico: clorita-xistos, quartzo-clorita-xistos, magnetita-quartzo-clorita-xistos e quartzo-clorita-biotita-xistos. Todas estas rochas apresentam texturas e estruturas cataclásticas bem desenvolvidas, com milonitização profunda, texturas "mortar" e "flaser", recristalizações orientadas e abundantes deformações cristalográficas.

Os anfibolitos são abundantes dentro dos migmatitos, confundindo-se com o seu paleossoma, do qual são dificilmente individualizáveis para os fins de mapeamento geológico. Eles formam massas lenticulares a indefinidas, de dimensões até quilométricas, geralmente associadas aos xistos magnesianos, e variam desde hornblenditos puros até hornblenda-andesina-gnaisses. De cores cinza a negro, constituem-se de hornblenda, quartzo, andesina, apatita, titanita, pirita, magnetita, epidoto, biotita, clorita e calcita. A granulação varia de fina a grosseira, localmente pegmatóide.

Associados aos anfíbolitos, ocorrem também na região, principalmente em torno de Morretes e Antonina, xistos magnesianos com talco, tremolita, actinolita, hornblenda, clorota, serpentina, enstatita, olivina, diopsídio e carbonatos. São rochas esverdeadas de textura nematoblástica. As suas relações de contato com os migmatitos envolventes não foram observadas na área, embora sejam citados por Fuck, Trein e Marini (op.cit.) como sendo "abruptos e bem marcados" e, às vezes, graduais. As variações de composição mineralógica levam à ocorrência de talco-xistos, talco-tremolita-xistos e tremolita-xistos, mais frequentemente.

A origem de quartzitos, quartzitos magnetíticos, anfíbolitos e xistos magnesianos deve ser considerada em conjunto. Os primeiros são considerados produtos de metamorfismo regional sobre sequências areno-pelíticas, submetidas a condições termobáricas do grau anfíbolito. Os quartzitos magnetíticos representam os possíveis remanescentes de sedimentos sílico-ferruginosos. Os anfíbolitos e xistos magnesianos, por suas paragêneses metamórficas, sugerem uma origem a partir de rochas ígneas ultrabásicas a básicas. Este conjunto de rochas poderia representar uma sequência vulcano-sedimentar arqueozóica, conforme deduziram anteriormente Kaul, Issler e Bonow (1979). Esta interpretação será discutida no item dedicado à Tectônica.

2.2. Proterozóico Indiviso

A porção proterozóica do Embasamento Cristalino é constituída essencialmente por migmatitos e granitos de anatexia, isto é, por ultrametamorfitos, junto aos quais ocorrem localmente corpos de gonditos.

Como bem acentuaram Fuck, Trein e Marini (op.cit.), ocorrem na região do Primeiro Planalto e da Serra do Mar todos os tipos estruturais de migmatitos homogêneos e heterogêneos, em as-

sociações complexas que impedem a individualização, no mapeamento geológico, de áreas específicas de ocorrências de um ou outro tipo. Desta maneira, as delimitações cartográficas são normalmente inferidas e /ou arbitrárias. Mesmo a separação dos dois grandes grupos, homogêneos e heterogêneos, é precária na região, uma vez que os embrechitos e anatexitos geralmente incluem porções de epibolitos, diadisitos e/ou agmatitos. O inverso também ocorre. Considerando-se apenas os tipos predominantes em cada área mapeada, pode-se generalizar uma separação de caráter essencialmente tectônico: uma grande zona de falha subparalela à costa atlântica separa dois blocos constituídos por migmatitos homogêneos, a leste, e por migmatitos heterogêneos, a oeste. Esta extensa zona de cataclase se alonga segundo N45ºE passando por Tijucas do Sul, Antonina e Guaraqueçaba, aproximadamente, e representa uma das zonas de fraqueza e deslocamento mais importante da tectônica da região. O bloco oriental pode ser considerado soerguido em relação ao oposto, uma vez que contém predominância de rochas metamórficas de mais alto grau, mais granitizadas e homogeneizadas por anatexia, em contraste com o bloco ocidental, constituído essencialmente por migmatitos heterogêneos, de grau mais baixo. Enquanto estes últimos apresentam paragêneses metamórficas do grau anfibolito, os primeiros contêm associações do grau granulito.

Dentro dos migmatitos heterogêneos, os três tipos estruturais básicos (epibolito, diadisito e agmatito) podem ser observados em associação, em praticamente todos os afloramentos da área. Existe normalmente a predominância de epibolito ou diadisito, sendo o agmatito francamente subordinado. O paleossoma é geralmente um anfibolito médio a grosseiro, com hornblenda, quartzo, biotita, plagioclásio, diopsídio, granada, titanita, apatita, zirconita, epidoto e opacos. De cor cinza a negro, o paleossoma é normalmente bandeado e menos comumente homófono. O neossoma é representado por filões irregulares de aplito, granito ou pegmatito, róseos ou esbranquiçados, gnáissicos ou isótropos (evidenciando duas gerações, uma sintectônica e outra póstectônica, observáveis conjuntamente em certos locais) e compostos por quartzo, microclínio, biotita, granadas e opacos.

Os migmatitos homogêneos são basicamente gnaisses bandeados, nebulíticos ou facoidais, gerando os tipos anatexíticos e embrechíticos. São biotíticos, com hornblenda subordinada, granolepidoblásticos e tendendo a leucocráticos. Nas variedades facoidais, os fenoblastos são de microclínio arredondado a euédrico, orientados subparalelamente ao bandejamento da matriz. Além destes minerais, participam de sua constituição mineralógica: quartzo, plagioclásio, granadas, zirconita, apatita, clorita, epidoto, fluorita e opacos.

Associados aos migmatitos homogêneos, ocorrem ao longo da área diversos corpos de granitos anatéticos, representando os produtos finais do processo de granitização metamórfica. Eles se confundem no campo com os gnaisses leucocráticos e embrechitos, com os quais mantêm contatos difusos e irregulares, dificilmente mapeáveis. Caracterizam-se, além disto, por suas texturas nebulíticas, composições heterogêneas e estruturas deformadas, com abundantes "schlieren". São normalmente equigranulares, médios a grosseiros, cinzentos a róseos e constituem-se de quartzo, microclínio, oligoclásio ou albita, biotita, clorita, sericita, epidoto, zirconita e minerais opacos. Efeitos de cataclase, tais como milonitização e ultramilonitização, são frequentes ao longo de zonas de falhas.

Devido às suas dimensões aflorantes geralmente pequenas e à natureza de seus contatos com as rochas encaixantes, estes granitos são raramente mapeáveis em escalas de 1:50.000 ou menores. Na folha de Paranaguá, Fuck et al. (1969) mapearam um granito de anatexia ao longo da Serra da Prata. Em trabalho recente para a MINEROPAR, Arioli e Duszczak (1980) distinguiram, porém, um corpo intrusivo que se destaca, dentro da área de ocorrência de embrechitos e granitos de anatexia. Esta intrusão se diferencia do complexo encaixante por suas características petrográficas e estruturais, sendo totalmente distinta dos granitos de anatexia circundantes. Estes apresentam as características apontadas acima, enquanto a intrusiva é isotropa, homogênea, equigranular a porfiróide, com deformações cataclásticas locais e mantêm contatos discordantes evidentes com os ultrametamorfitos, vi

síveis tanto em afloramentos quanto em imagens de radar, na escala de 1:250.000. Estes contatos são menos óbvios nas fotos aéreas convencionais devido à escala de semidetalhe, que impede a visualização global da área, e, principalmente, à densa cobertura de solo e vegetação. Este granito é aqui denominado informalmente 'Granito Serra da Prata, uma vez que não foram executados trabalhos específicos no sentido de caracterizá-lo litoestratigraficamente, segundo as normas do Código de Nomenclatura Estratigráfica.

2.3. Eo-Paleozóico

2.3.1. Intrusivas Granitoides

Existem seis intrusões granitoides mapeadas, até esta data, dentro dos limites do Projeto Ferro e encaixadas nos ultrametamorfitos do Embasamento Cristalino: granitos Agudos, Morro Redondo, Serra da Igreja, Marumbi, Graciosa e Anhangava. Como foi acima referido, acrescentamos a esta suíte plutônica o informalmente denominado Serra da Prata.

Trata-se de uma suíte de pequenos corpos pós-tectônicos (no que diferem da suíte sintectônica do Grupo Açungui), de seções horizontais grosseiramente ovaladas a lenticulares, alinhadas ao longo das extensas zonas de fraqueza do maciço Mediano, representadas por grandes falhas regionais cujos rejeitos apresentam importantes componentes horizontais, em pelo menos uma fase de seu desenvolvimento. A caracterização pós-tectônica destas intrusões é sugerida, uma vez que ainda não pode ser considerada efetiva, pelas seguintes feições de campo e laboratório:

- dimensões em planta da ordem de algumas dezenas de quilômetros quadrados, geralmente entre 10 e 30 km²;
- formas, também em planta, ovaladas a lenticulares, mas condicionadas mais pela distribuição das falhas sigmoidais que determinam grande parte de seus contatos do que pela simetria das estruturas dobradas regionais;
- contatos predominantemente discordantes e intrusivos, com efeitos de granitização (migmatização, apófises) sobre as encaixantes, embora possam mostrar-se localmente concordantes com as estruturas dos migmatitos encaixantes

(possível conformação das foliações metamórficas aos contornos da intrusão, como se observa nos pegmatitos mesoscópicos);

- presença de várias fases de cristalização, responsáveis por diferenciação petrográfica dentro dos corpos individuais, como pode ser constatado facilmente nos granitos Marumbi e Graciosa, pelo menos;
- texturas hipautomórficas, predominantemente equigranulares, podendo existir no entanto pelo menos uma fase porfiróide;
- composição química global variando de calco-alcalina a alcalina (somente de terminável através de minuciosos estudos petroquímicos, devido à grande heterogeneidade composicional);
- pobreza em manifestações pós-magmáticas, tais como pegmatitos e aplitos (nem um dos corpos citados acima é rico em apófises tardias, à exceção de microgranitos, que não representam manifestações pós-magmáticas verdadeiras);
- posicionamento regional dentro do Maciço Mediano, isto é, dentro de uma faixa tectônica cratonizada, cujo magmatismo é tipicamente pós-orogênico;
- associação com depósitos de molassas, representados pela Formação Guaratubinha.

A posição destes granitóides em fase tardia, em relação à deformação principal do Grupo Açungui, já fora reconhecida por Maack (1961), o que foi confirmado mais recentemente pelos estudos geocronológicos. Enquanto os batólitos do Grupo Açungui acusam idades de 600 ± 90 m.a. até 740 ± 200 m.a., segundo determinações de Cordani e Kawashita (1973), confirmando datação de 604 ± 14 m.a. feita por Salamuni e Bigarella (1967) para o granito Três Córregos, as determinações radiométricas por Rb-Sr acusam idades absolutas de 525 ± 30 m.a. para o Granito Marumbi (Cordani e Kawashita, em preparação), sendo considerada como sendo de 540 m.a. a idade máxima das intrusivas da Serra do Mar (Wernick, 1979; Girardi, 1969; Cordani e Kawashita, em preparação).

Os dados atualmente disponíveis sobre a composição química destas rochas apontam uma tendência predominantemente alcalina (Graciosa, Marumbi, Anhangava, Serra da Igreja e Morro redondo), sendo calco-alcalina a do Granito Agudos. Como assinala, porém, Wernick (op.cit.), a diferenciação magmática destas intrusões é

tão importante que leva à formação de variedades com filiações químicas totalmente distintas. Conseqüentemente, consideramos prematura a caracterização química dos granitos da Serra do Mar, feita até hoje com base em poucas e dispersas amostras, coletadas esporadicamente. O Granito Marumbi, por exemplo, é até hoje classificado como alcalino a partir de uma análise executada em 1961 por Maack. Durante a revisão do mapeamento geológico da folha de Morretes, constatamos a existência de pelo menos três variedades petrográficas dentro do denominado Granito Marumbi. O mesmo foi verificado na Serra da Graciosa e na Serra dos Órgãos.

Estas rochas são invariavelmente leucocráticas, de cores róseo a cinza-claro, equigranulares a raramente porfiróides, biotíticas e/ou anfibolíticas. Contêm quartzo, microclínio, albita, hornblenda, aegirina-augita, biotita, zirconita, clorita, epidoto, esfeno, muscovita e minerais opacos.

Efeitos cataclásticos são comuns ao longo de seus contatos falhados e através dos maciços, evidenciando os importantes movimentos tectônicos posteriores à sua formação. Brechas preenchidas por clorita, epidoto e sílica são comuns, além de faixas de milonitização e silicificação, muito frequentemente gnaissificação (deformação plástica possivelmente contemporânea à cristalização ou protoclastica ao longo de alguns contatos), e simples cisalhamento sem preenchimentos.

Apófises de microgranitos ocorrem com relativa abundância em torno destes maciços, representando preenchimentos de fraturas e zonas de fraqueza das encaixantes durante a intrusão magmática. Efeitos metassomáticos periféricos foram referidos anteriormente.

2.3.2. Formação Guaratubinha

Esta unidade constitui uma sequência vulcano-sedimentar do tipo molassa, isto é, tardi a pós-orogênica e representada pela associação de vulcanitos ácidos a intermediários com sedimentos terrígenos. Esta sequência repousa discordantemente so

bre as rochas do Embasamento Cristalino e granitos associados, sendo aparentemente afetada apenas pelas deformações da tectônica rígida posterior.

Os vulcanitos ácidos compreendem riolitos, ignimbritos, tufos e brechas vulcânicas, menos abundantemente microgranitos, cuja composição mineralógica inclui quartzo, ortoclásio, sanidina, biotita, hornblenda, zirconita, fluorita, clorita, epidoto e opacos. A sequência intermediária envolve andesitos e tufos andesíticos, menos frequentemente dacitos. Constituem-se de andesina, piroxênios, cloritas, quartzo, zeólitas e opacos, além de teores variáveis de vidro vulcânico. Os sedimentos variam desde conglomerados polimíticos (com seixos de granitos, gnaisses, fibrolitos, milonitos, aplitos, microgranitos, riolitos, pegmatitos, quartzo, quartzito, feldspato, siltito e arcósio) a arcósios, siltitos e argilitos. A estratificação é plano-paralela a finamente cruzada, havendo ritmicidade na deposição.

As relações estratigráficas entre estas três subunidades não estão ainda esclarecidas, sendo apenas evidente uma recorrência no vulcanismo e sedimentação. As deformações impostas por falhamentos, que são responsáveis por mergulhos de até 80° na estratificação, dificultam o esclarecimento destas relações. A interpretação de Fuck, Marini e Trein (1967), autores que definiram a formação, é de que os riolitos constituíram a base e o topo da sequência, com os andesitos e sedimentos no meio.

2.4. Mesozóico: Formação Serra Geral

O vulcanismo básico mesozóico da Bacia do Paraná está abundantemente representado na região Leste do Paraná por um enxame de diques de diabásio, subparalelos segundo a direção geral N45°W. Ocorrem ainda alguns corpos de composição intermediária, particularmente dioritos pórfiros e granofíricos. Eles constituem os registros atuais das numerosas geoclases que serviram de condutos para os possantes derrames básicos da Bacia do Paraná, mais intensamente concentrados no denominado Arco de Ponta Grossa, o qual é balizado na região do Projeto Ferro pelas baías de Paranaquã e Guaratuba. Com espessuras de algumas dezenas de metros, os

diques têm extensões mapeáveis de dezenas de quilômetros.

Os diabásios são cinza-escuros, finos, ofíticos, constituídos de labradorita, augita, apatita, opacos. Os dioritos porfiros têm matriz muito fina da mesma composição, dentro do qual se sobressaem fenocristais de andesina. Os dioritos granofíricos são mais claros, de granulação média, com andesina, augita, hornblenda, quartzo, feldspato potássico, biotita, clorita, prehnita, magnetita, apatita e pirita.

2.5. Depósitos Quaternários

A distribuição regional e caracterização sedimentológica geral dos depósitos sedimentares do Quaternário já foi discutida no item relativo à Geomorfologia. Considerando-se a falta de interesse prático para os objetivos deste relatório, limitamos àquele item nossas observações a respeito desta unidade.

3. Geologia Estrutural e Tectônica

Paradoxalmente, embora não exista ainda qualquer estudo de comportamento estrutural nos metamorfitos do Embasamento Cristalino, no Leste do Paraná, já dispomos de importantes interpretações tectônicas regionais e correlações com as unidades semelhantes do Continente Africano. Em relação à Geologia Estrutural, os relatórios de mapeamentos regionais conhecidos discorrem invariavelmente sobre as características geométricas das falhas e fraturas cartografadas, reservando às deformações plásticas breves referências aos padrões mesoscópicos de dobramentos. Isto é compreensível pela natureza ultrametamórfica do Embasamento, que impede o reconhecimento de padrões regionais de deformação e a interpretação das fases sucessivas de deformação, já que os registros das fases mais antigas foram completamente destruídos pela migmatização do Ciclo Brasileiro. E as eventuais análises das estruturas dos xistos que ocorrem na região não podem ser extrapoladas ao longo da faixa porque suas próprias relações com os demais metamorfitos são mal conhecidas. Consequentemente, restam como elementos regionalmente analisáveis as feições de ruptura - falhas, fraturas, zonas de cataclase - e os dados petrológicos e

geocronológicos, os quais fornecem em conjunto as bases para a interpretação tectônica.

A região do Projeto Ferro pertence ao Maciço Mediano de Joinville, definido dentro do Cinturão Dobrado da Ribeira, segundo a denominação de Hasui et al. (1975). Todas as informações alinhadas nos itens anteriores levam a tal caracterização: constituição migmático-gnáissica da unidade geotectônica, presença de núcleos arqueozóicos preservados e retrabalhados, abundante granitização tardi e pós-orogênica, composição global dos metamorfitos do Maciço com tendência básica e predominância de deformações rupturais sobre a unidade, em contraste com as Faixas de Dobramento, que apresentam deformação plástica mais evidente e generalizada.

De maneira sucinta e simplificada, pode-se descrever o Maciço Mediano de Joinville como um complexo polimetamórfico arqueozóico com remobilização e granitização proterozóicas, durante o Ciclo Brasileiro, geradas (por liberação de energia) e condicionadas (estruturalmente) por falhamentos regionais de grande amplitude e com predominância de rejeitos horizontais em pelo menos uma fase de seu desenvolvimento. Nestas condições, as intrusões graníticas alinham-se preferencialmente ao longo destas falhas regionais, com seus magmas gerados em profundidade pelas energias liberadas junto às raízes dos deslocamentos transcorrentes.

Baseado em diversos estudos já desenvolvidos na Região de Dobramento Sudeste (Hasui et al., 1975 e 1978; Wernick et al., 1978), Wernick (1979) assim sintetizou a evolução geotectônica desta região:

- 19) *Sob regime tectônico tracional, ocorreu a diferenciação do embasamento pré-brasiliano em sulcos e rugas, por meio de falhamentos profundos, acompanhada de sedimentação e discreto magmatismo básico pré-tectônico, entre 1.000 a 700 m.a.*
- 20) *Sob regime tectônico compressivo, desenvolveu-se metamorfismo de baixa a média pressão, com migmatização e granitização polifásicas nos níveis mais profundos das Faixas de Dobramento e remobilização nos Maciços Medianos.*

Deformações polifásicas regionais ou locais, diretamente relacionadas com intrusões e/ou falhas, sobrevieram à fase anterior e foram sucedidas por soerguimento orogênico, entre 700 e 600 m.a.

- 39) *Ainda sob regime tectônico compressivo, desenvolveram-se antefossas e intrafossas que alojaram depósitos de molassa, mais ou menos contemporaneamente às intrusões ácidas e aos derrames ácidos a básicos. Intensa linea gênese desenvolveu-se através de falhas transcorrentes, resultando a configuração atual das Regiões de Dobramento sob a forma de blocos amendoa dos justapostos. Idade: 600 a 450 m.a.*

Segundo Hasui e Sadowski (1976), as transcorrências mantiveram-se ativas até o Siluriano, quando se estabilizou a plataforma e iniciou a sedimentação da Bacia do Paraná. Esta estabilização não impediu, contudo, a reativação episódica de pelo menos algumas zonas de fraqueza, pois em São Paulo foram reconhecidas evidências de falhamentos nos sedimentos do Grupo Tubarão, diretamente relacionados com transcorrências proterozóicas (Hasui, 1973). Já no Mesozóico, a estruturação da plataforma em blocos falhados, sob regime de tração, foi descrita anteriormente no item relativo à Geomorfogênese da Serra do Mar.

IV. GEOLÓGIA LOCAL

1. Unidades Litoestratigráficas

O mapa geológico na escala de 1:25.000 (Anexo 2), apresenta o resultado do levantamento executado na área abrangente aos depósitos de magnetita de Antonina. A área coberta por este mapeamento excedeu em muito a abrangida pelos quartzitos mineralizados porque se esperava a possibilidade de sua continuidade para nordeste, ao passo que perfis de detalhe já haviam comprovado a sua inexistência a sudoeste do rio Sapetanduva. De qualquer forma, o próprio mapa comprova, até o limite de sua escala, a afirmação já feita de que os depósitos de ferro de Antonina não

se estendem além dos limites já definidos pelos trabalhos anteriores. A distribuição dos pontos de controle, que balizam os perfis geológicos executados ao longo da área, fornece a base de segurança necessária a esta constatação.

Estão representadas dentro desta poligonal as seguintes unidades litoestratigráficas:

IDADE	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	VARIETADES LITOLÓGICAS
HOLOCENO	INDIVISO	Depósitos marinhos de baía. Aluviões, cascalheiros. Colúvios, pedimentos.
JURÁSSICO- CRETÁCEO	SERRA GERAL	Diorito pórfiro. Diabásio.
PROTEROZÓICO	INDIVISO	Migmatitos heterogêneos.
ARQUEOZÓICO	INDIVISO	Gnaisses a albita e oligoclásio-albita, anfibolitos, xistos magnesianos e cloríticos, quartzitos com magnetita.

Como já foi referido em itens anteriores, a distinção entre litologias arqueozóicas e proterozóicas baseia-se exclusivamente em critérios geocronológicos (idades absolutas), petrológicos e geotectônicos, uma vez que nenhuma feição de campo permite a separação de unidades. Consequentemente, a separação estratigráfica aqui adotada não tem meios de ser comprovada por relações de campo, sendo admitidas como verdadeiras as idades a elas atribuídas por Hasui et. al. (1978a, 1978b) e Wernick (1979).

1.1. Arqueozóico Indiviso

1.1.1. Gnaisses e Anfibolitos

Gnaisses micáceos e anfibolitos afloram esparsamente dentro da zona de ocorrência dos migmatitos, sem contudo mostrarem relações de contato, ou mesmo um padrão superficial de distri

buição ou estrutura, que permitam esclarecer seu comportamento em relação aos migmatitos. É possível que representem simplesmente relictos de um embasamento arqueozóico parcialmente migmatizado no Proterozóico. Da mesma forma, não é possível separar, por critérios de campo, os anfibolitos ortometamórficos (Girardi, 1969) do paleossoma dos migmatitos. Considerando-se as limitações intrínsecas aos métodos radiométricos de geocronologia, na falta de relações de campo para a comprovação de seus resultados, preferimos manter como indefinida esta questão.

Petrograficamente, os gnaisses afloram como rochas de bandejamento milimétrico a centimétrico, bastante regular e contínuo, formado pela alternância de bandas de micas e de quartzo-feldspato. As atitudes da foliação mantêm-se dentro do intervalo N40°-55°E; 60°SE-85°NW. Não é possível, com o volume disponível de medidas, estabelecer-se um padrão de dobramento regional para estas rochas, pois qualquer generalização em tectonitos desta idade, a partir de informações esparsas e sem o apoio de rigoroza análise estrutural, corre o risco de levar a falsas interpretações.

A composição global destas rochas, identificada em afloramentos, varia de granitóide a anfibolítica, dependendo dos teores relativos dos constituintes félsicos e máficos. Em lâmina delgada, os estudos petrográficos apontaram as seguintes variedades, definidas por suas paragêneses essenciais: gnaisses a quartzo-albita-muscovita, quartzo-albita-microclínio, quartzo-albita-oligoclásio-microclínio, quartzo-albita-microclínio-hornblenda, quartzo-albita-oligoclásio-hornblenda e quartzo-muscovita-granada. Epidoto ocorre em todas as variedades como constituinte metamórfico primário, menos frequentemente como produto de retrometamorfismo sobre albita. Biotita e clorita, por outro lado, são produtos retrometamórficos comuns da hornblenda, não tendo sido identificado biotita primária em nenhuma amostra. Os minerais acessórios são invariavelmente apatita, zirconita, carbonatos, ilmenita, magnetita, pirita, esfero e leucoxênio.

Efeitos cataclásticos são também observados em todas

as lâminas da área, particularmente texturas "mortar e "flaser" , com milonitização dos minerais granulares, encurvamento de maclas nos feldspatos, serrilhamento dos contatos intergranulares, alongamento de cristais de quartzo e abundante extinção ondulante em alto grau. Os processos retrometamórficos provavelmente se relacionam diretamente com o metamorfismo dinâmico, gerados por soluções percolantes ao longo de zonas de cataclase, durante a intrusão dos granitos pós-orogênicos (Girardi, 1969).

Os anfibolitos mostram em afloramento uma estrutura gnáissica incipiente a maciça. No primeiro caso, confundem-se com os gnaisses básicos acima descrito, confundindo-se com o paleosso ma dos migmatitos quando maciços. Não existem medidas completas de atitudes na área mapeada, devido às pobres condições de exposição, mas as direções variam dentro do intervalo definido para os gnaisses.

Em lâmina delgada, a orientação dos cristais de anfibólitos e micas é mais evidente do que na escala mesoscópica, sendo a textura nematoblástica. A hornblenda é o constituinte mais abundante, geralmente substituída por biotita esverdeada e contendo inclusões de opacos, quartzo e epidoto. Actinolita-tremolita também aparece, bastante fraturada e rica em inclusões de epidoto , biotita e opacos. A biotita e o epidoto são abundantes entre os demais ferromagnesianos, acompanhados por clorita, apatita, carbonatos, magnetita e pirita. O quartzo é o único mineral félsico visível, intersticial e formando pequenas lentes subparalelas.

A interpretação petrogenética possível, a partir dos dados petrográficos, sugere uma origem a partir de rochas ígneas básicas.

1.1.2. Xistos Magnesianos

Foram individualizadas, dentro da poligonal mapeada em escala de 1:25.000, cinco áreas de ocorrência de xistos magnesianos, diretamente associados com os migmatitos, gnaisses e anfibolitos. Não foram esclarecidas, contudo, suas relações de

contato com estas rochas, por falta de condições favoráveis de exposição. Os afloramentos descritos são isolados, invariavelmente decompostos em alto grau e, como ocorrem nos níveis mais baixos do relevo, junto aos depósitos marinhos da baía de Antonina, não têm continuidade física ao longo da superfície, de forma a possibilitar a verificação direta de suas relações com as demais litologias do embasamento metamórfico. Girardi e Santini (1973), que executaram estudos específicos sobre estes xistos, também deixaram de definir tais relações de contato. Os limites assinalados no mapa geológico anexo foram inferidos por critérios de fotointerpretação, os únicos disponíveis e aplicáveis à área. Em fotografias aéreas, os xistos formam áreas de textura ligeiramente mais fina e homogênea do que os ultrametamorfitos, com relevo mais suave e rebaixado em relação aos migmatitos circundantes. Embora estes contatos sejam coerentes com os perfis de controle executados, devem ser considerados como precariamente definidos.

Mais importante, contudo, do que as relações de contato propriamente ditas, são as relações genéticas que estas rochas mantêm com os demais xistos da área, com os quartzitos magnéticos e com os próprios migmatitos. Os estudos de Girardi e Santini (op.cit.) indicam uma possível origem a partir de rochas ultrabásicas, mais provavelmente olivina-piroxênitos, através de duas fases de metamorfismo: a primeira formou xistos anfibolíticos e a segunda formou xistos com talco, clorita e serpentina. Ambas as fases encontram-se representadas na área de Morretes-Antonina.

Foram reconhecidas em lâmina delgada três variedades de xistos magnesianos, na área mapeada: tremolita-xistos, talco-tremolita-xistos e clorita-talco-xistos. Estas variedades não formam áreas individualizadas de ocorrência, mas se associam entre si, representando possivelmente produtos de diferentes estágios de diaftorese.

Os tremolita-xistos são rochas de textura média, estrutura nematoblástica e coloração verde-escura, friáveis e profundamente alteradas. As agulhas de tremolita têm diâmetros de 1 a

2 mm, com comprimento de até 2 cm. Ao microscópio, algum talco, apatita e opacos foram reconhecidos em teores acessórios. Relictos de hornblenda também foram constatados em grande quantidade, confirmando a interpretação retrometamórfica de Girardi (1969).

Em algumas amostras, os teores de talco atingem valores suficientes para incluí-lo na classificação das rochas, mas elas não diferem macroscopicamente dos tremolita-xistos. Os minerais acessórios são os mesmos reconhecidos nos xistos descritos acima, acrescentando-se alguma clorita secundária.

Os clorita-talco-xistos representam, aparentemente, os produtos mais avançados do retrometamorfismo que afetou os xistos anfibolíticos originais. Nestas variedades, a clorita e o talco são os constituintes essenciais, acompanhados pela tremolita, magnetita, apatita e rara antigorita. As suas características texturais e estruturais são idênticas às do tremolita-xistos, reforçando a interpretação de sua origem por retrometamorfismo a partir de uma rocha primária comum.

1.1.3. Clorita-xistos

Esta designação genérica engloba uma série bastante variada de rochas metamórficas de baixo grau que se distinguem das descritas no item anterior por sua forma de ocorrência: elas formam intercalações dentro da sequência de quartzitos magnetíticos. Estas intercalações variam de decímetros a vários metros e representam cerca de 47% da sequência total, calculados a partir dos dados de sondagens. Em afloramentos, entretanto, os xistos são visíveis em proporções muito mais baixas, o que talvez possa ser explicado, em parte, pela menor resistência à erosão do que os quartzitos.

O aspecto mesoscópico destas rochas varia desde um clorita-xisto altamente foliado, de cor verde-mate, até um clorita-quartzo-xisto granolepidoblástico, de estrutura nebulítica e granulação média. A sua foliação metamórfica é concordante com a do quartzito, embora mostre mais frequentemente deformações intrafoliais, principalmente dobras desarmônicas, convolutas e complexas, de dimensões centimétricas.

Em lâmina delgada, a composição mineralógica se revela bem mais complexa e variada do que sugerem as amostras de mão, incluindo como minerais essenciais, em proporções muito variáveis: clorita, quartzo, magnetita, albita, microclínio, epidoto, biotita e muscovita. As diferentes combinações paragenéticas encontradas caracterizam as seguintes variedades petrográficas: clorita-xisto, quartzo-clorita-xisto, clorita-quartzo-xisto, magnetita-quartzo-clorita-xisto, magnetita-epidoto-clorita-xisto, quartzo-epidoto-clorita-xisto, epidoto-quartzo-biotita-xisto, biotita-quartzo-clorita-xisto, muscovita-biotita-quartzo-xisto, quartzo-feldspato-clorita-xisto e biotita-epidoto-muscovita-xisto. As texturas são invariavelmente granolepidoblásticas, (exceto nos clorita-xistos, onde são lepidoblásticas) e a granulação varia de fina a média. A clorita é claramente secundária, formada por retrometamorfismo sobre biotita, o que se torna facilmente comprovado nas variedades em que a mica ferromagnésiana forma relictos visíveis. Nas variedades em que a biotita não aparece como mineral essencial, entretanto, ela é comum também como relictos substituídos extensa e profundamente por clorita e/ou muscovita. Os feldspatos aparecem em duas gerações: a primeira de composição andesínica (An_{30-50}), representada por cristais geralmente deformados, fraturados e saussuritizados, e a segunda de composição albítica, mais raramente deformada e fraturada, embora também intensamente saussuritizada. Da mesma forma, o quartzo aparece em duas gerações, sendo a primeira reconhecida por cristais menores (até 1 mm de diâmetro), intensamente milonitizados e irregulares, enquanto a segunda geração é de grãos maiores, sem efeitos visíveis de cataclase e com bordas regulares de cristalização. A biotita aparece em lamelas torcidas, dobradas, com mais de uma orientação visível na lâmina delgada, normalmente substituída por clorita. São acessórios comuns: almandina (comprovando a origem retrometamórfica destes xistos), carbonatos, magnetita (essencial nas variedades que representam gradação aos quartzitos), zircônia, apatita, pirita, calcopirita, zoisita, titanita e leucoxênio.

As evidências de cataclase são abundantes e onipresentes nesta rochas, principalmente sob a forma de trituração dos minerais granulares, alongamento dos grãos de quartzo, fraturamento e deformação dos feldspatos e micas, bem como pelas estru-

ras "mortar" e "flaser". A presença de plagioclásios, microclínio, biotita e granadas, associados aos minerais típicos do grau de baixo metamorfismo, sugere uma origem a partir de rochas ígneas de composição intermediária a básica, possivelmente vulcânicas, submetidas às condições de metamorfismo do fácies almandina-anfibolito e posterior diaftorese ao fácies xistos verdes.

1.1.4. Quartzitos Magnetíticos

Os quartzitos magnetíticos de Antonina afloram numa área de aproximadamente 600 hectares, entre o arroio Seco e o rio Xaxim, imediatamente a NE de São João da Graciosa. As suas relações de contato com as demais litologias do Embasamento Cristalino ainda não foram determinadas, na escala de mapeamento atual, tendo-se apenas localizado em seus limites leste e oeste evidências de falhas, principalmente milonitização e brechação. Se estes indícios permitiram a delimitação superficial da área de ocorrência, não forneceram, contudo, elementos que levassem à compreensão das relações estruturais existentes entre a sequência de quartzitos e xistos e a sequência ultrametamórfica circundante. Os limites norte e sul da zona de ocorrência estão encobertos por extensos depósitos de aluviões e pedimentos.

Por ocasião do mapeamento da Folha de Morretes, Cordani e Girardi (1967) representaram os quartzitos magnetíticos sob a forma de lentes alongadas e isoladas, dentro da área de ocorrência dos migmatitos retrometamórficos, segundo sua designação. A expressão cartográfica apresentada em nossos mapas (Anexos 1 e 6), entretanto, difere fundamentalmente daquela, porque os quartzitos magnetíticos formam realmente uma sequência contínua de camadas fortemente dobradas e não corpos individualizados. As lentes representadas por aqueles autores correspondem às linhas de crista das dobras mais proeminentes da sequência. Esta distinção é importante porque se relaciona diretamente com a avaliação de reservas.

Em afloramento, os quartzitos mostram sempre feições de dobramentos isoclinais, isto é, dobras de flancos paralelos, mergulhantes ora para NW ora para SE. Com direções variando entre

N059W a N859E (a grande maioria, no entanto, fica entre N-S e N 109E), as camadas de quartzito mergulham de 359 a 559 para SE e de 259 a 529 para NW. A distribuição das atitudes ao longo da área mapeada é muito regular e permite a interpretação de uma estrutura em sinclinório, cujo eixo aproximado mergulha com ângulo de mais ou menos 259 para S059W. Esta estrutura comporta complicações locais, sendo a interpretação muito simplificada. Em seu limite oriental, pelo menos, existe uma anticlinal fechada e recumbente, cuja superfície axial mergulha sob o flanco do sinclinório. É possível também afirmar, com certa segurança, que os mergulhos das camadas se acentuam em direção à zona axial do sinclinório. As medidas de atitudes caracterizam esta variação de forma bastante clara. Embora sejam evidentes os efeitos de falhas posteriores, sob a forma de silicificações, brechas e milonitos, não foi possível interpretar, a partir dos dados levantados até esta data, os reflexos geométricos de seus rejeitos sobre a configuração da estrutura dobrada.

Os quartzitos magnetíticos de Antonina são rochas de aspecto mesoscópico bastante constante. De textura granoblástica média a grosseira, estrutura bandeada e coloração branco-ferruginosa, estas rochas contêm teores variáveis de quartzo, magnetita, clorita, biotita, plagioclásio, muscovita, sericita, rutilo, ilmenita, pirita, calcopirita e carbonatos.

A estrutura bandeada destes metamorfitos caracteriza-se pela alternância de níveis milimétricos a centimétricos de magnetita e quartzo, regulares mas descontínuos. Na verdade, existem duas gerações de magnetita facilmente reconhecíveis, mesmo em amostras de mão, imersas na matriz silicosa: uma primeira geração de grãos finamente disseminados entre o quartzo, sem orientação definida, e outra geração de cristais fusiformes, alinhados segundo uma direção mais ou menos constante. A distribuição dos cristais maiores de magnetita (cujos diâmetros variam em torno de 1-5mm e comprimentos de 5-20mm) caracteriza uma estrutura mesoscópica mais linear do que planar (L-S, segundo nomenclatura de Flinn, 1963).

Em lâmina delgada, o quartzo representa de 50 a 70% das amostras, com a magnetita entre 25 e 50% e os acessórios a menos de 10%. Localmente, em amostras não submetidas à análise petrográfica, a concentração de magnetita atinge mais de 90% da rocha, nos níveis e lentes de minério compacto. À semelhança dos xistos cloríticos, os plagioclásios também aparecem em duas gerações, uma pré-tectônica e outra pós-tectônica, sendo andesina o mineral mais antigo e albita o da última geração. O mesmo acontece com o quartzo, cuja características microscópicas são idênticas às descritas nos xistos. Biotita e clorita mostram relações de descendência metamórfica, confirmando o que foi dito no item anterior. Os acessórios (epidoto, zirconita, apatita, ilmenita, etc.) são via de regra pós-tectônico, idiomórficos e sem deformações cataclásticas. Os sulfetos, particularmente pirita e calcopirita, são hidrotermais, associados a veios centimétricos de quartzo leitoso, que preenchem fraturas das zonas de falhas posteriores às fases de deformação plásticas dos quartzitos.

O comportamento destas rochas sob o ponto-de-vista das mineralizações será discutido em item posterior.

1.2. Proterozóico Indiviso: Migmatitos

Os migmatitos heterogêneos constituem mais de 80% das litologias pré-cambrianas mapeadas na área dos depósitos de ferro. Destes, predominam os epibolitos e diadisitos, com os agmatitos observados apenas localmente. A sua distribuição regional obedece a um zoneamento grosseiro, mas perfeitamente caracterizável ao longo de alguns perfis (rios Cacatu e Xaxim, pelo menos), em torno das intrusões granitóides pós-tectônicas. Os epibolitos ocorrem mais distantes dos contatos intrusivos, sendo substituídos gradativamente pelos diadisitos, aos quais se associam os agmatitos, sempre subordinados, mas em abundância crescente no sentido das intrusões. No caso específico da área mapeada, como a intrusão mais próxima é o granito Graciosa, a zonalidade descrita evolui de leste para oeste.

Os epibolitos são rochas de bandejamento milimétrico a decimétrico, geralmente regular e contínuo, mas quase sempre bas

tante dobrado em padrões convolutos, complexos e localmente ptigmáticos, menos comumente isoclinais. Com mergulhos subverticais, as suas direções de foliação metamórfica variam de N20°W a N45°E, com maior frequência no quadrante NE. Estas orientações são verificadas também em relação aos traços axiais das dobras mesoscópicas, embora com maior grau de liberdade dentro deste amplo intervalo.

O melanossoma predomina francamente sobre o leucossoma, nestas rochas, sendo invariavelmente anfibolítico, com as mesmas características meso e microscópicas dos anfibolitos descritos em item anterior. A sua granulação varia de média a grosseira, sendo localmente pegmatóide, principalmente em zonas mais próximas do granito Graciosa, embora não se possa assegurar que haja uma zonalidade em relação a este parâmetro textural. A hornblenda é o mineral essencial, reconhecido em amostra de mão, com pirita em disseminações milimétricas que podem ser abundantes (até 50%) em certos locais. Ao microscópio, a hornblenda aparece parcialmente substituída por biotita, clorita e óxidos de ferro. Os acessórios mais observados são epidoto, apatita, zirconita, carbonatos e quartzo, este geralmente relacionado com a granitização imposta pelo leucossoma. As porções leucocráticas dos epibolitos são representadas por bandas aplíticas, micrograníticas e ou pegmatóides. As bandas aplíticas podem ser gnáissicas ou isotropas, evidenciando duas gerações: uma sintectônica e outra pós-tectônica. Em alguns afloramentos, como no rio Cacatu, estas relações de idade estão definidas com clareza ao serem os aplitos gnáissicos interceptados por outros isotropos. Os aplitos gnáissicos acompanham a direção geral das estruturas, sendo portanto concordantes, ao passo que os isotropos já aparecem na passagem para a zona dos diadisitos, em que os veios discordantes passam a predominar.

Os diadisitos diferem dos epibolitos não apenas pelo caráter discordante de seu leucossoma, mas também pela predominância mais acentuada do melanossoma sobre o leucossoma. Enquanto, nos epibolitos, as proporções melanossoma: leucossoma avaliadas em afloramentos giram em torno de 6:4, nos diadisitos ela é de

pelo menos 8:2. As características petrográficas destes constituintes litológicos são idênticas às dos epibolitos, observando-se apenas uma abundância relativamente maior de filonetes micrograníticos e pegmatóides junto aos aplíticos, ao passo que nos anteriores o leucossoma é quase exclusivamente aplítico. Dentro das zonas de ocorrência dos diadisitos, ocorrem localmente porções de natureza agmatítica, com blocos decimétricos a métricos de melanossoma isolados entre veios entrecruzados de leucossoma. Em nenhum dos locais descritos, entretanto, os migmatitos assumem o caráter de agmatito típico, sendo sempre predominante o diadisito.

1.3. Mesozóico: Formação Serra Geral

Esta unidade está representada na área mapeada por abundantes e extensos diques de diabásio, menos comumente de diorito pórfiro. Trata-se de uma série de corpos subparalelos, orientados para N45º-50ºW e de mergulhos subverticais, com espessuras mapeadas de aproximadamente 50 a 150 metros.

Embora mapeados como sendo ramificados, alguns destes corpos realmente se entrecruzam, mas não foram realizados estudos para determinar se estas intersecções representam diferentes gerações de diques ou se há contemporaneidade. Na impossibilidade de definir esta questão, portanto, eles foram localmente representados como sendo simples ramificações de um corpo principal.

Os diabásios são rochas de granulação fina a média, textura equigranular, cor cinza-escuro e estrutura maciça, isótropa. Em lâmina delgada, o diabásio típico da área apresenta textura subofítica e estrutura isótropa, com andesina subidiomórfica, prismática, em distribuição subradial, com pigeonita subidiomórfica e uralitizada associada em proporções grosseiramente equivalentes. Ambas perfazem cerca de 95% das lâminas descritas. Biotita, clorita, magnetita, ilmenita e quartzo constituem os acessórios mais comuns, sendo menos frequentes apatita e epidoto.

Dois diques, com suas ramificações e/ou intersecções,

mostraram ao microscópio uma composição diorítica, com textura pórfira, já descritos por Cordani e Girardi (1967). Em amostra de mão, estas rochas diferem dos diabásios pela presença de fenocristais, que se revelam microscopicamente como sendo de labradorita, andesina, pigeonita e magnetita. A matriz é constituída por andesina, augita, pigeonita, quartzo, microclínio granofírico, biotita, clorita, apatita, zirconita, titanita, leucóxênio e opacos.

1.4. Quaternário

Grande parte da área mapeada (cerca de 30%) está coberta por depósitos inconsolidados de idade quaternária. Extensas planícies aluviais, intermontanas, se entremeiam e confundem com as ramificações mais interiores dos depósitos marinhos da baía de Antonina. Nas encostas dos vales mais profundos, os aluviões são recobertos, por sua vez, pelos espessos depósitos de pedimentos rudáceos.

As características litológicas e petrográficas de tais depósitos já foram abordadas em item anterior, relativo à Geomorfologia.

2. Minérios de Ferro

2.1. Introdução

Entre 1960 e 1963, a empresa de mineração norte-americana Pittsburgh Pacific Company, especializada em minério de ferro, desenvolveu na área de Antonina um programa de exploração geológica de detalhe, cujos resultados utilizamos neste relatório, comparados com nossas informações, a fim de caracterizar o potencial econômico dos quartzitos magnetíticos.

Em 1960, a região de Antonina foi visitada pelo executivo da PPC, William M. Nettell, que recomendou à sua empresa a execução de uma pesquisa preliminar, desenvolvida em agosto do ano seguinte pelo geólogo canadense W.H. Gross e pelo técnico norte-americano Merle Provost. Os resultados desta investigação pre

liminar autorizaram o planejamento de um programa sistemático de pesquisa. Em abril e maio de 1962, os geólogos de exploração Jack V. Everett e John Haigh, ambos especialistas em minérios de ferro, executaram um reconhecimento geológico, apoiado em levantamentos topográfico e magnetométrico terrestre, bem como coleta de amostras para análises químicas e petrográficas. Mais uma vez, o relatório desta fase de pesquisa recomendou o prosseguimento dos trabalhos, para maior detalhe e extensão dos conhecimentos sobre a área mineralizada. A PPC desenvolveu, então, de fevereiro a agosto de 1963, os seguintes trabalhos de pesquisa geológica na área coberta pelos Decretos de Lavra da empresa Minas de Antonina S/A:

- a. Levantamento topográfico completo de 583,19 hectares, na escala de 1:2.400 e com curvas de nível a intervalos de 2 metros (vide Anexo 6).
- b. Levantamento magnetométrico terrestre, com magnetômetro Jalander W.505, sobre a mesma área, num total de 32.570 metros de perfis.
- c. Mapeamento geológico, na mesma escala da base planialtimétrica e sobre a mesma área.
- d. Perfuração de 12 furos de sonda rotativa a diamante, 9 inclinados a 45° e 3 verticais, com diâmetros AX e BX, num total de 830 metros de profundidade e recuperação média de 89,8%.
- e. Desenvolvimento de pesquisas de laboratório: análises petrográficas e químicas de minérios e encaixantes, ensaios de beneficiamento e concentração magnética no Laboratório Experimental de Minas da Universidade de Minnesota, sobre 45 toneladas de amostras.
- f. Cubagem de reservas, classificadas como medidas e indicadas.
- g. Elaboração de planos de lavra a céu aberto para três níveis de produção-250.000, 500.000 e 1.000.000 toneladas/ano de concentrados com teor médio de 67,5% Fe.
- h. Desenvolvimento de estudos de pré-viabilização econômica para lavra e beneficiamento.

Os trabalhos de campo deste programa foram executados

sob a supervisão direta do engenheiro de minas e geofísico Pavel Zima e pelo geólogo George H. Spencer. Todos os trabalhos de topografia, geologia e geofísica foram locados no terreno através de malhas piqueteadas a prisma, clinômetro e trena. A magnetometria foi executada por meio de linhas transversais à direção estrutural do quartzito mineralizado, a intervalos regulares de 100 metros e com medidas feitas a intervalos de 17,5 metros sobre cada linha. Esta malha foi considerada eficiente para o local, após estudos orientativos desenvolvidos com malhas de diversas dimensões. A sensibilidade de medidas foi de 100 gamas, tendo sido registrados os máximos de -50.000 e +37.500 gamas sobre a área mineralizada. O mapa magnetométrico foi executado na mesma escala da base topográfica, com curvas de isôgammas a intervalos de 2.000 gamas, complementado por perfis representando cada uma das linhas de medidas. A interpretação geofísica deste levantamento apontou as seguintes conclusões:

- 1º) A malha mais eficiente e precisa para o levantamento magnetométrico da área é a que contém perfis a intervalos de 100 metros, pois esta equidistância permite boa correlação entre os diferentes perfis.
- 2º) Existe uma relação direta entre topografia e estruturas geológicas das rochas mineralizadas, pois as cristas do relevo são controladas por altos estruturais das camadas dobradas.
- 3º) Existe uma grande influência das feições topográficas locais sobre o comportamento das anomalias magnéticas, o que induz a erros de interpretação geofísica.
- 4º) Embora a correlação entre os perfis paralelos possa ser feita com relativa facilidade, observou-se que as influências locais da topografia desfiguram o traçado das anomalias mais extensas, de modo que toda interpretação de perfis individuais deveria ser controlada por meio do mapa de isôgammas.
- 5º) As correlações feitas entre anomalias magnéticas, dados geológicos de superfície e testemunhos de sondagens mostraram que a interpretação qualitativa tinha suficiente precisão para determinar a real extensão das rochas mineralizadas, mas que as interpretações quantitativas eram profundamente afetadas por influências dificilmente corrigíveis (feições to

pogrâficas locais, atitude de camadas mineralizadas, concentrações locais de magnetita, efeitos de alteração superficial das rochas encaixantes, etc.), levando a erros nos cálculos. As mesmas limitações se aplicam à interpretação estrutural das camadas mineralizadas a partir de magnetometria.

Para atender às necessidades de densidade de pontos de controle, durante o mapeamento geológico na escala de grande detalhe, a escassez de afloramentos naturais foi parcialmente contornada pelo uso dos dados de geofísica, sondagens testemunhadas e abertura de trincheiras. O mapa geológico assim elaborado foi complementado por seções geológicas na escala de 1:600, construídas a intervalos de 100 metros (usando-se para base topográfica os perfis de geofísica), e destinadas aos cálculos de reservas.

Embora o relatório disponível não especifique a localização dos furos de sonda, uma vez que se trata de uma síntese do relatório de pesquisa, não localizado até esta data, está implícita a sua distribuição ao longo dos mesmos perfis, para correlação dos dados de superfície. Os testemunhos recuperados nos 12 furos constituíram, segundo constatação do próprio relatório de pesquisa, a amostragem de minério mais completa e representativa dos minérios da área. Foram submetidas a determinações químicas de óxidos e ensaios de concentrabilidade 306 amostras de sondagens, 32 das quais foram estudadas em lâmina delgada e seção polida para identificação petrográfica. Uma amostra de volume, composta por um total de 45 toneladas de minérios coletados nas frentes de lavra, foi encaminhada ao Laboratório Experimental de Minas na Universidade de Minnesota para complementação dos ensaios de concentrabilidade. Os resultados destes ensaios serão apresentados no item *r e f e r e n t e* à tecnologia de beneficiamento dos minérios de Antonina.

O relatório disponível não especifica os critérios adotados nos cálculos de reservas, citando apenas os seguintes elementos utilizados: seções geológicas na escala de 1:600, construídas a intervalos de 100 metros sobre a área sul das concessões; pesos específicos dos diferentes tipos de minérios conside

rados a partir dos ensaios de laboratório; teores e índices de recuperação considerados a partir dos mesmos ensaios, mas corrigidos para as condições reais de produção; e classificação dos tipos industriais de minérios feita em função de comportamento das amostras nos ensaios de beneficiamento.

O plano de lavra, elaborado para os três níveis de produção acima referidos, previa o desmonte a céu aberto, através de bancadas com 33 metros de altura, 7 metros de largura e taludes de 1/2:1 a 3/4:1. A profundidade máxima de desmonte foi estabelecida em função do nível básico da drenagem local, o qual limitou também a profundidade máxima das sondagens. Os estudos de pré-viabilização econômica aprovaram a implantação do plano de lavra e beneficiamento por concentração magnética, nos três níveis de produção considerados.

2.2. Classificação dos Minérios

A classificação industrial dos minérios de ferro de Antonina, estabelecida pela PPC a partir dos ensaios de beneficiamento, inclui os seguintes tipos:

- a. Minério rico, que ocorre em concentrações naturais suficientemente grandes para ser explorado seletivamente e com teores médios iguais ou superiores aos dos concentrados.
- b. Minério regular, que ocorre sob a forma de quartzito com magnetita em concentrações que permitam um índice mínimo de recuperação igual a 92% nos testes de concentrabilidade. Os teores médios deste tipo de minério variam de 39,82 a 44,89% Fe, na área coberta pelos estudos da PPC.
- c. Minério regular oxidado, que difere do anterior por conter teores muito elevados de minerais não-magnéticos de ferro (produtos de oxidação da magnetita, principalmente martita), responsáveis por índices de recuperação sempre inferiores a 92%.
- d. Minério fino, representado pela fração de minério bruto que, após a moagem para a concentração magnética, constitui-se de pelo menos 90,7% de fração a -150 mesh.

e. Concentrado, que é o produto industrial beneficiado com teor mínimo de 67,5% de ferro e teor máximo de 5,0% de insolúveis (sílica).

Sob o ponto-de-vista litológico, classificamos os minérios de Antonina dentro dos seguintes tipos:

a. Quartzito magnetítico, que é a rocha mineralizada com teores de magnetita variando de 30 a 60%, aproximadamente.

b. Magnetita compacta, que é toda concentração primária (metamórfica) ou secundária (supergênica) de magnetita, com mais de 90% de magnetita e menos de 10% de sílica. A magnetita compacta primária forma lentes, bandas ou bolsões irregulares de dimensões centimétricas a métricas, dentro do quartzito, sem controle estrutural ou litológico determinado, e que constituem menos de 5% do volume total de minério cubado. Esta percentagem foi calculada a partir de dados de afloramentos, frentes de lavra e testemunhos de sondagens. A magnetita compacta secundária forma crostas descontínuas, junto à superfície do terreno, com espessuras de até 1 metro (medidas em afloramentos e frentes de lavra) e extensões não determinadas, mas possivelmente de poucas dezenas de metros, excepcionalmente centenas de metros.

2.3. Composição dos Minérios

As informações disponíveis sobre composição química dos minérios magnetíticos de Antonina provêm de quatro fontes: O.H.Leonardos (1937), Pittsburgh Pacific Company (1963), E.Calzavara (1976) e Mineropar (1979).

A Tabela nº 2 apresenta os resultados de análises químicas publicados pelo primeiro autor citado e são aqui fornecidas apenas como ilustração, uma vez que nada se conhece sobre os critérios de amostragem, exceto sobre as duas primeiras, referidas por Leonardos como sendo seletivas.

Tabela nº 2

AM.	Fe	SiO ₂	Mn	TiO ₂	P ₂ O ₅	S	H ₂ O
1	64,00	6,94	0,20	n.d.	0,031	n.d.	0,63
2	64,61	5,44	0,39	tr.	n.d.	0,09	n.d.
3	52,26	n.d.	n.d.	n.d.	"	n.d.	"
4	28,34	"	"	"	"	"	"
5	53,18	"	"	"	"	"	"
6	64,10	11,20	"	"	0,04	"	"
7	57,38	18,30	"	"	0,07	"	"
8	46,00	33,80	"	2-3	n.d.	"	"

Localização das amostras:

- (1) e (2) Antonina, seletivas de compacto;
- (3) Ribeirão Hematita;
- (4) Sambaqui nº 3;
- (5) Sítio do Chico Miguel;
- (6) Grande Sul;
- (7) Berrante Norte;
- (8) Lobo Grande.

Os dados mais representativos e estatisticamente controlados, existentes sobre os minérios de Antonina, são fornecidos pelo relatório sintético da empresa Pittsburgh Pacific Company, de julho de 1964. Estas informações correspondem a uma amostragem extensiva, coletada através de toda área mineralizada em função de sua representatividade, tanto em afloramentos naturais e frentes de lavra quanto em testemunhos de sondagens, como foi anteriormente referido. Ela inclui, além de amostras individuais, uma amostra de volume, num total de 45 toneladas de minério, submetida a ensaio de beneficiamento e analisada em suas frações.

A Tabela nº 3 apresenta as composições médias de cada tipo de minério analisado no Laboratório Experimental de Minas da Universidade de Minnesota. Somente Fe e SiO₂ foram sistematicamente determinados em todas as amostras e tipos de minérios, durante os ensaios de beneficiamento, pois os demais constituintes mostraram teores máximos sempre inferiores aos limites de tole-

rância, segundo determinações feitas sobre amostras aleatórias de concentrados:

Al ₂ O ₃ - 0,50%	S - 0,02%
TiO ₂ - 0,30%	P ₂ O ₅ - 0,04%
MgO - 0,50%	Mn - 0,10%
CaO - 0,40%	

Tabela nº 3

TIPO DE MINÉRIO	Fe(%)	SiO ₂ (%)	ÍNDICE MINÉRIO	RECUPERAÇÃO FERRO
(1) Bruto	39,31	40,15	100,00	100,00
(1) Concentrado	65,61	7,70	56,50	94,30
(1) Rejeito	5,15	82,30	43,50	5,70
(2) Bruto	40,08	39,78	100,00	100,00
(2) Concentrado	66,24	5,80	51,20	84,60
(2) Rejeito	12,63	75,43	48,80	15,40
(3) Bruto	40,57	38,11	100,00	100,00
(3) Concentrado	66,94	5,70	55,20	91,10
(3) Rejeito	8,08	78,04	44,80	8,90
(4) Bruto	35,99	46,51	100,00	100,00
(4) Concentrado	67,01	5,33	51,70	96,30
(4) Rejeito	2,79	90,59	48,30	3,70
(5) Bruto	46,25	31,98	100,00	100,00
(5) Concentrado	68,07	4,40	64,60	95,10
(5) Rejeito	6,41	82,31	35,40	4,90
(6) Área Sul	39,82	38,95	51,30	n.d.
(6) Área Norte	44,89	32,19	58,40	n.d.
(7) MÉDIA GERAL	41,49	36,72	53,60	n.d.

(1) Minério regular (Área Sul)

(2) Minério regular oxidado

- (3) Minério regular (Lobo)
- (4) Minério fino
- (5) Minério regular (Área Norte)
- (6) Médias das Áreas Sul e Norte
- (7) Média ponderada de todos os tipos analisados, cuja composição ideal foi determinada em todas as amostras como tendo 68,6% de minério regular e 31,4% de minério regular oxidado.

Em levantamento executado para a Secretaria da Indústria e Comércio, em 1976, E.Calzavara coletou seis amostras representativas de algumas frentes de lavra, cujas análises são apresentadas na Tabela nº 4.

Tabela nº 4

LOCALIZAÇÃO	Fe	SiO ₂	MgO	CaO
Bandeira 1	60,70	11,86	2,09	-
Bandeira 2	45,15	34,71	0,32	1,34
Berrante	38,95	43,65	0,32	0,44
Arroio Ipiranga 1	50,13	26,06	1,12	0,90
Arroio Ipiranga 2	56,28	17,84	0,80	1,12
Arroio Ipiranga 3	41,80	30,80	0,80	0,90

Das amostras coletadas durante os trabalhos do presente projeto, sete foram selecionadas como representativas dos diferentes tipos de minérios e analisadas no Laboratório Químico do Instituto Tecnológico do Paraná. A amostragem foi considerada suficiente por se conhecer a extensão dos estudos desenvolvidos anteriormente pela PPC e porque os resultados se mostraram coerentes com os daquela empresa, como será demonstrado abaixo.

A Tabela nº 5 apresenta os resultados de análises quí

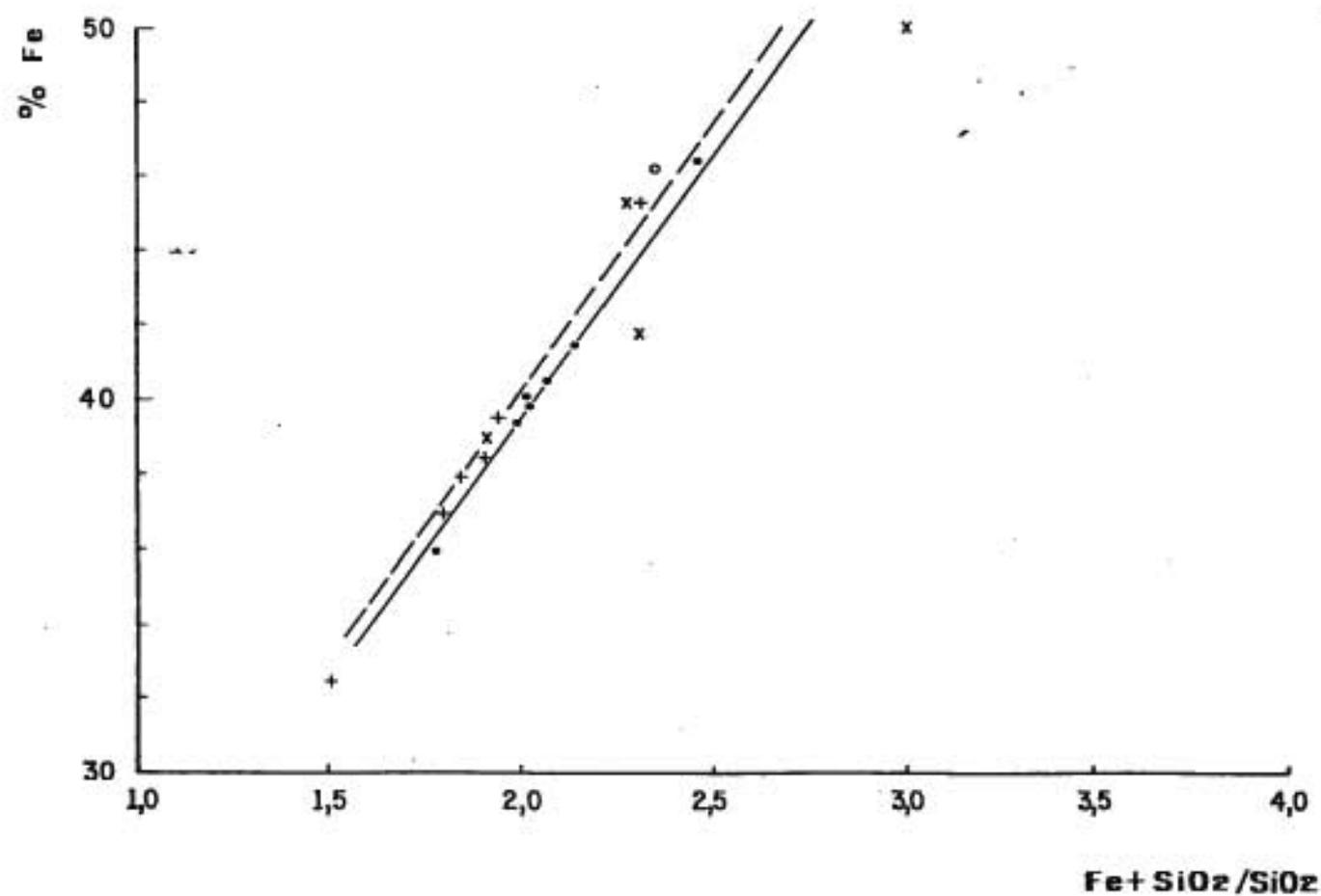
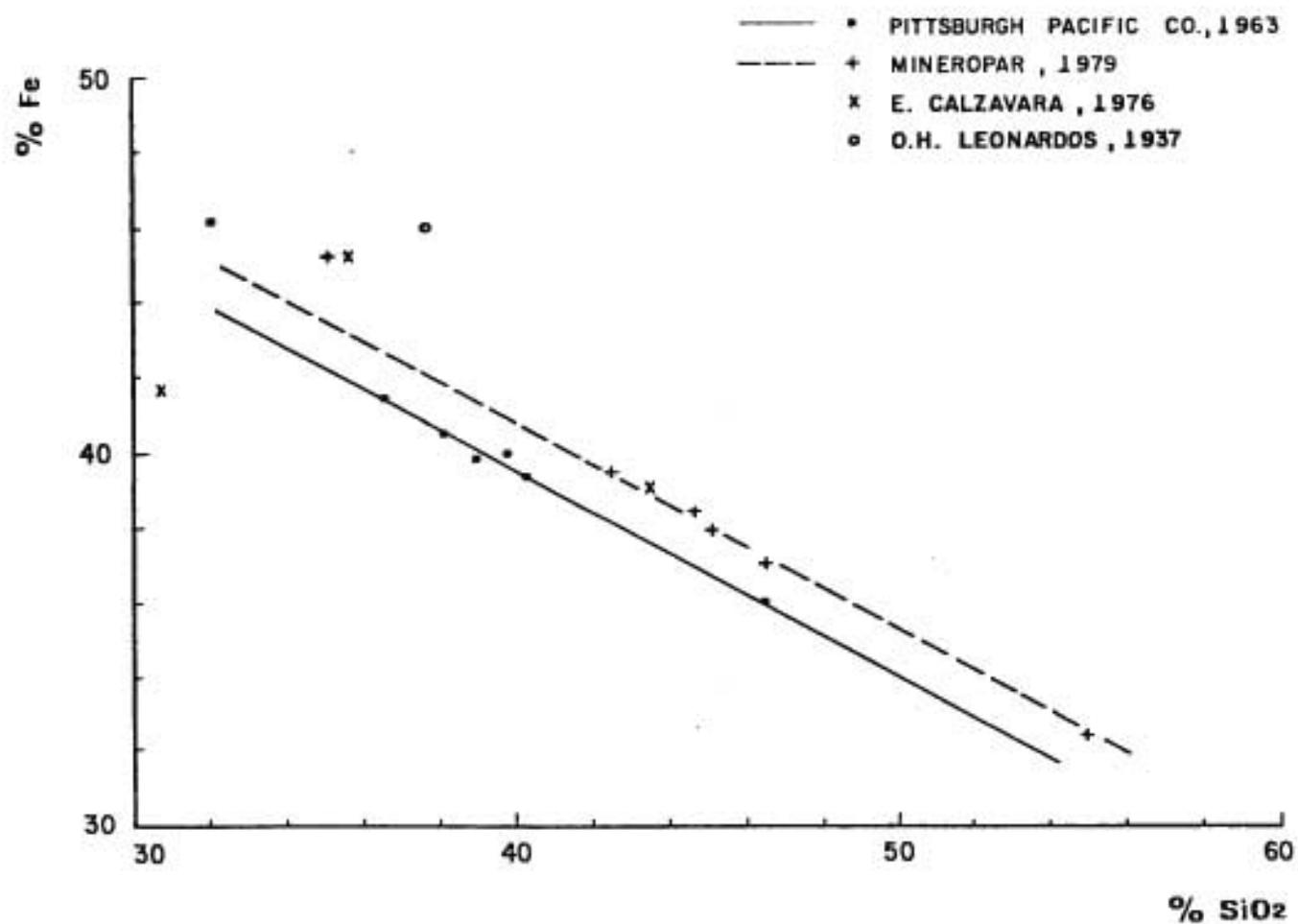


Fig. 2 - RELAÇÕES Fe/SiO₂ E Fe+SiO₂/SiO₂ DOS QUARTZITOS COM MAQUETTES DE SUPERFÍCIE

micas dos diferentes tipos de minérios de Antonina, segundo nossas determinações.

Tabela nº 5

A M O S T R A	Fe*	SiO ₂	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅
Magnetita Compacta: Bandeira	63,93	6,87	0,57	0,83	0,29
Quartzito: furo DH-01	32,48	53,24	0,18	0,08	-
Quartzito: furo DH-03	36,96	46,46	0,20	0,08	0,34
Quartzito: Berrante	45,25	34,95	0,12	0,08	-
Quartzito: Canela Preta	38,53	44,71	0,15	0,08	-
Quartzito: Lobo	39,65	42,57	0,24	0,08	0,22
Quartzito: furo DH-04	38,08	45,11	0,25	0,08	0,14

(*) Calculado a partir dos óxidos

A correlação entre os dados da PPC e da MINEROPAR foi feita através dos gráficos anexos (Fig.2), que estabelecem as relações $F_{ex}SiO_2$ e $F_{ex}Fe+SiO_2/SiO_2$. A correlação de representatividade dos dois lotes de amostras está demonstrada pelas retas paralelas de cada gráfico, enquanto as amostras das demais fontes de referência se afastam completamente das relações determinadas para os minérios típicos da área. Não foram plotados nos diagramas os teores de minério compacto, pois este não é representativo da área, já que representa menos de 5% do minério existente. Não foi calculada uma composição média a partir de nossos próprios resultados, por não termos controladas as proporções existentes entre os diferentes tipos de minérios da área.

A comparação entre os dois lotes de amostras indica um enriquecimento relativo em sílica, nas amostras da MINEROPAR, em torno de 2%. Esta diferença pode ser atribuída a dois fatores possíveis:

- métodos de análise química;
- as amostras da MINEROPAR não incluíram as porções

mais ricas de minério compacto, ponderado nos cálculos da PPC.

Considerando-se as informações acima expostas, pode-se afirmar que o minério de ferro típico de Antonina contém 41,49% de ferro e 36,72 de sílica.

2.4. Reservas

As reservas de minérios de ferro cubadas pela PPC em Antonina dizem respeito exclusivamente à magnetita lavrável a céu aberto, isto é, até o nível local de drenagem, que coincide com o nível dos depósitos marinhos de baía. Segundo os critérios adotados pelos responsáveis pela cubagem, detalhe suficiente foi atingido na pesquisa da Área Sul (a sul do rio Curitibaíba) para a definição de reservas medidas, enquanto as reservas da Área Norte (entre os rios Curitibaíba e Xaxim) devem ser consideradas como indicadas.

Os valores calculados para ambas as áreas estão resumidos na tabela abaixo.

ÁREA	MINÉRIO BRUTO			CONCENTRADO		
	Tonel.	% Fe	% Insol.	Tonel.	% Fe	% Insol.
Sul	26.671.000	39,82	38,95	13.689.000	67,50	4,59
Norte	13.144.000	44,89	32,19	7.672.000	67,50	4,50
TOTAL	39.815.000	41,49	36,72	21.361.000	67,50	4,56

Os testes de lavra experimental e beneficiamento indicam que 1m^3 de minério e estéril deveria ser desmontado, na Área Sul, para cada tonelada de concentrado a ser obtida, enquanto na Área Norte o desmonte deveria ser de $1,25\text{m}^3$. Considerando-se um peso específico médio e ideal de 3 t/m^3 para o minério da área, as respectivas razões desmonte: produto seria de 3:1 e 3,75:1.

Evidentemente, todos estes valores devem ser aceitos

para uma lavra desenvolvida dentro dos parâmetros determinados pelos testes do Laboratório Experimental de Minas da Universidade de Minnesota. Isto é, a planta de concentração deveria ser montada segundo especificações que permitissem uma recuperação média de 51,3 a 58,4%, dos concentrados em relação aos minérios brutos, nas Áreas Sul e Norte, respectivamente. Estas especificações serão apresentadas no item que se segue.

Uma verificação rigorosa da precisão e validade dos dados acima citados exigiria, por parte da MINEROPAR, o desenvolvimento de estudos geológicos em escala pelo menos igual à obedecida pelo plano de pesquisa da empresa norte-americana. O mapeamento geológico executado pelo presente projeto, em escala de 1:25.000, permite afirmar, pelo menos, que a área coberta pela cubagem de reservas da PPC representa efetivamente a área de ocorrência do minério de ferro de Antonina. Vestígios de quartzito magnético ou de magnetita compacta podem ser localizados em regiões vizinhas, sob a forma de pequenos enclaves dentro dos migmatitos ou blocos deslocados a partir dos depósitos primários, sem nenhuma ligação com concentrações de interesse econômico. Exemplos podem ser encontrados às margens do rio Cacatu e na Faisqueira, a norte de Antonina. Esta constatação é confirmada pelos dados dos levantamentos geoquímico e geofísico já executados na região.

2.5. Aspectos Tecnológicos: Beneficiamento e Concentração

Os ensaios de beneficiamento e concentrabilidade executados na Universidade de Minnesota obedeceram à seguinte rotina operacional:

1º) As amostras recebidas pelo laboratório foram classificadas em função de suas propriedades físicas e petrográficas, sendo então agrupadas segundo os diferentes tipos de minérios existentes na área de pesquisa (descritos no item 3.2).

2º) Cada grupo de amostras foi inicialmente submetido à desagregação primária em moinho de bolas, sob condições constantes de velocidade e carga de bolas, durante um período fixo de 6,5 minutos.

39) As amostras que forneceram produtos de baixo teor na moagem primária foram submetidas a nova moagem por mais 12 minutos.

49) Os produtos assim moídos foram magneticamente concentrados em Tubo de Davis até a obtenção de concentrados compatíveis com as especificações previamente estabelecidas de 67,5% Fe e 5,0% SiO₂.

59) Todos os resultados obtidos foram matematicamente corrigidos para representarem as condições industriais de concentração, da seguinte maneira:

- a) Os índices de recuperação foram reduzidos a 98% dos obtidos.
- b) Os teores de ferro foram sempre reduzidos de 0,5%.
- c) Os teores de insolúveis foram sempre acrescidos de 0,5%.

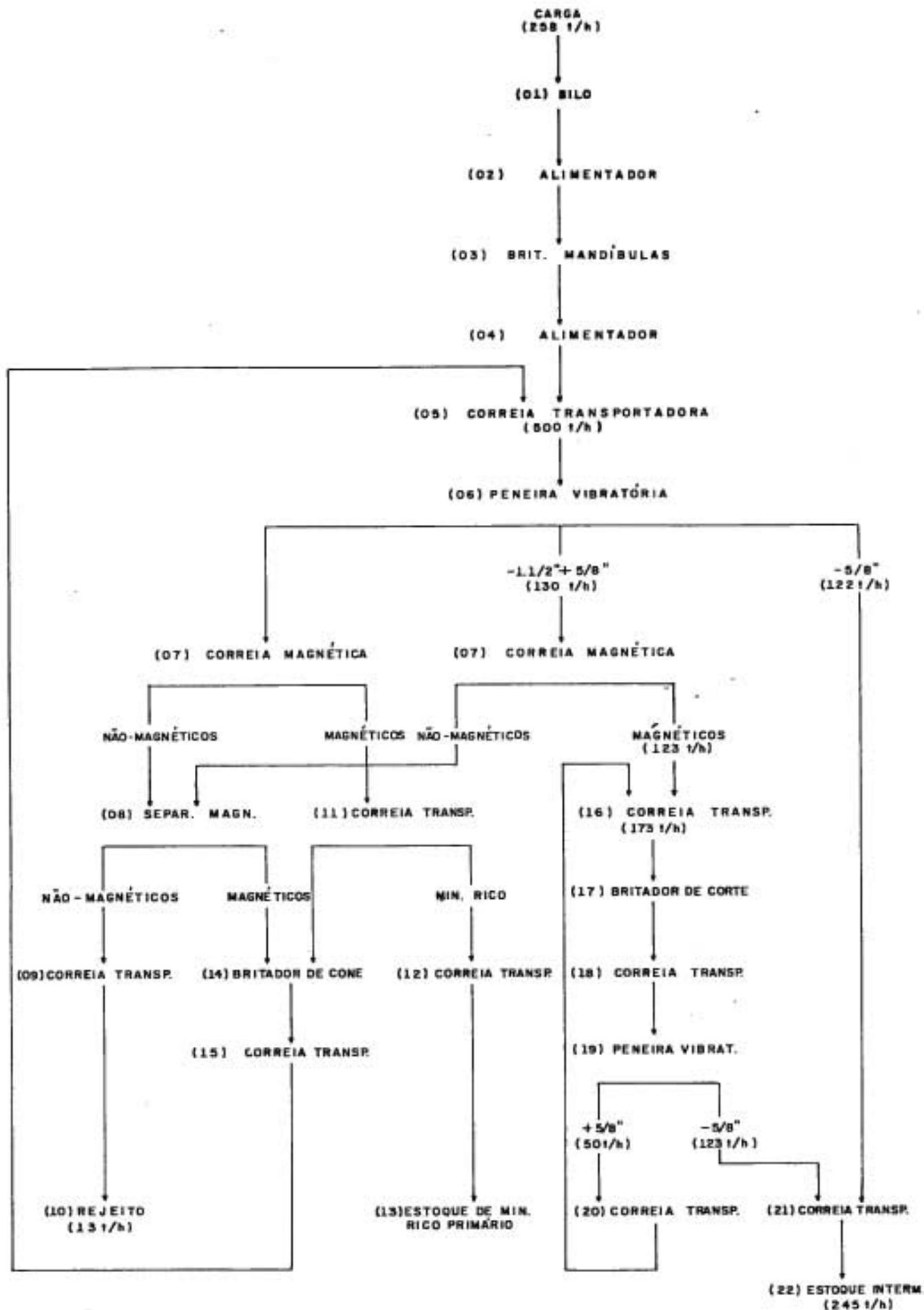
Os resultados dos ensaios indicaram que os minérios regular e regular oxidado podem ser beneficiados e concentrados sob as mesmas condições, devendo ser apenas separados os minérios finos e grosseiros para a obtenção dos índices economicamente viáveis.

Os produtos obtidos após a moagem e concentração magnética, segundo as especificações acima citadas, mostraram uma composição granulométrica de 93,1% abaixo de 48 mesh e 57,5% abaixo de 150 mesh, com 65,79% Fe e 7,14% SiO₂, sendo de 91,3% o índice de recuperação médio do ferro contido.

Para os minérios brutos cujos concentrados não atingiram estes índices, uma vez submetidos às mesmas condições de moagem e concentração, a moagem secundária durante 12 minutos liberou produtos cuja composição granulométrica incluía uma média de 90,7% abaixo de 150 mesh. Estes produtos mais finos acusaram teores médios de 67,01% Fe e 5,33% SiO₂, com índice de recuperação igual a 96,3%.

Estas informações permitiram a elaboração de um fluxo

SEÇÃO DE BRITAGEM



grama para a concentração magnética do minério de ferro de Antonina, o qual envolve 37 unidades de operação, conforme se ilustra nas Figs.3 e 4. A capacidade de produção desta planta é de 46 t/h ou 250.000 t/a.

2.6. Atividades Atuais de Mineração na Área

Os direitos legais de lavra sobre os depósitos de ferro de Antonina pertencem atualmente à empresa de mineração Fergupar Ltda, propriedade de um grupo empresarial de Minas Gerais, cujo Diretor-Presidente é o Senhor Flávio Carneiro e cujo Responsável Técnico é o Engenheiro Metalúrgico Jairo Pimenta de Pádua. Adquiridos estes direitos em 1978, de Minas de Antonina S/A, a Companhia Fergupar Ltda opera desde aquela data com as instalações metalúrgicas existentes no local, dotadas de dois altos-fornos com capacidade nominal de produção para 10.000 t/mês de ferro gusa.

A produção atual da empresa varia em torno de 3.000t/mês, sendo 50% da matéria-prima importada de Minas Gerais. As tentativas de aproveitamento do minério local esbarraram até esta data em dificuldades técnicas relacionadas com a lavra e a concentração magnética. Uma unidade de concentração magnética, adquirida em outubro de 1979, não produziu resultados, inicialmente, por inadequação aos parâmetros físicos do minério de Antonina. Adaptações realizadas pelos técnicos da própria Fergupar contornaram, entretanto, as dificuldades iniciais e a alimentação dos altos-fornos já se faz com 50% de minério local. Prevê-se para os próximos meses a duplicação na capacidade de produção, com a montagem de um terceiro alto-forno e a utilização exclusiva de minério de Antonina.

No que se refere à lavra iniciada pela Fergupar, ela teve até o momento o caráter de extração seletiva de minério rico (magnetita compacta), devido aos problemas relacionados com o beneficiamento. Solucionados, contudo, tais problemas, as operações de lavra já assumem atualmente a natureza de extração sistemática. As tentativas efetuadas no sentido da lavra seletiva comprovaram, durante o ano de 1979, a afirmativa feita anteriormen

te neste relatório, de que as concentrações de magnetita compacta são pequenas e muito dispersas, não apresentando qualquer controle litológico ou estrutural que permita planejar uma extração desta natureza.

V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A caracterização tectônica da região do Projeto Ferro como um Maciço Mediano, dentro de uma Faixa de Dobramento, feita inicialmente neste relatório, oferece um fato básico para a compreensão das suas potencialidades em relação às mineralizações ferríferas: a região corresponde a um segmento altamente metamorfizado e granitizado do Escudo Pré-Cambriano, com pelo menos dois ciclos de migmatização. As únicas rochas metamórficas de baixo grau conhecidas nesta área correspondem a produtos de retromorfismo sobre rochas de alto grau.

Resulta disto que são escassas as possibilidades de ocorrência de mineralizações ferríferas importantes na região deste projeto, pois os minérios de ferro assumem expressão econômica em terrenos metamórficos de baixo grau, como é o caso do Quadrilátero Ferrífero. Esta limitação é acentuada, por outro lado, pela necessidade de existência de reservas da ordem de dezenas a centenas de milhões de toneladas para a viabilização econômica de um depósito de minério de ferro.

Conseqüentemente, consideramos os depósitos magnéticos de Antonina os únicos existentes na área do Projeto Ferro, com interesse para uma avaliação de potencialidade econômica. O mapeamento geológico de detalhe e a análise das informações fornecidas pelo relatório da empresa norte-americana Pittsburgh Pacific Company confirmaram, entretanto, que as reservas destes minérios já se encontram bloqueadas com suficiente detalhe e profundidade. O programa de exploração geológica desenvolvido pela PPC cumpriu todas as fases necessárias a uma cubagem de reservas, em extensão e profundidade suficientes para o planejamento de uma lavra sistemática. Exige-se, contudo, uma complementação sob a forma de exploração mineira, com sondagens de detalhe e controle de qualidade nas frentes de lavra, ao sul do rio Curitibaíba, além

de sondagens na denominada Área Norte das concessões, para definição de reservas medidas naquele setor.

As reservas de minério existentes em Antonina, de... 39.815.000 t, viabilizam uma produção anual de até 1.000.000 t de concentrados, desde que seja solucionado o problema atualmente enfrentado com a concentração magnética. É possível que novos testes de beneficiamento, desenvolvidos por empresas especializadas brasileiras, permitam a elaboração de um fluxograma menos sofisticado para adaptação ao minério local. Para estas reservas, com um índice de recuperação no beneficiamento de aproximadamente 50%, a vida útil de uma lavra será de pelo menos 20 anos, para o nível de produção considerado.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A.N. (1961). Superfícies Aplainadas do Primeiro Planalto do Paraná. Bol.Paran.Geogr., nº 4/5: 116-125. Curitiba.

AB'SABER, A.N. e J.J.BIGARELLA (1961). Considerações sobre a Geomorfogênese da Serra do Mar no Paraná. Bol.Paran.Geogr., nº 4/5: 94-110. Curitiba.

BIGARELLA, J.J. (1965). Nota Explicativa da Folha Geológica de Paranaguá. Bol.Univ.Fed.Par., nº 13. Curitiba.

CALZAVARA, E. (1978). Relatório Preliminar de Ocorrências de Ferro no Paraná (1ª Etapa). Secret.Ind.Com.Est.Paraná, 40p. Curitiba.

CORDANI, U.G. e V.A.V.GIRARDI (1967). Geologia da Folha de Morretes. Com. Carta Geol. Par., Bol. Univ. Fed. Par., Geol. nº 26, 40 p. Curitiba.

CORDANI, U.G. e K.KAWASHITA (em preparação). Estudo Geocronológico da Região de Morretes. Sem dados bibliográficos.

COUTINHO, J.V.M.; V.A.V. GIRARDI e A.B. OLIVEIRA (1967). Piroxênio Salítico em Rocha Metamórfica de Antonina, Paraná. Bol. Par.

Geoc., nº 26, p.60. Curitiba.

DELHAL, J.; D.LEDENT e U.G.CORDANI (1971). Ages U/Pb, Rb/Sr et K/Ar des Formations Métamorphiques et Granitiques du Sud-Est du Brésil. Annales Soc.Géol.Bélgique, 92:271-283. Bruxelas.

DOMINGUES, A.J. (1945). Relatório Geral da Excursão do Paraná e Santa Catarina. 103a. Tertúlia do Conselho Nacional de Geografia. Bol.Geogr. nº 25:75-82. Rio de Janeiro.

FUCK, R.A.; O.J.MARINI e E.TREIN (1967). Contribuição ao Estudo das Rochas Graníticas do Estado do Paraná, in "Geologia do Pré-Devoniano e Intrusivas Subsequentes da Porção Oriental do Estado do Paraná." Bol.Par.Geoc., 23/25:183 p. Curitiba.

FUCK, R.A.; E.TREIN e O.J.MARINI (1967). Geologia e Petrologia dos Migmatitos do Paraná, in "Geologia do Pré-Devoniano e Intrusivas Subsequentes da Porção Oriental do Estado do Paraná." Bol. Par.Geoc., 23/25:5-42. Curitiba.

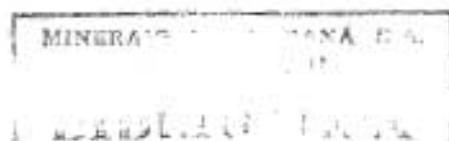
FUCK, R.A.; E.TREIN e J.C.RIVEREAU (1968). Mapa Geológico Preliminar do Litoral e da Serra do Mar no Estado do Paraná. Bol.Paran. Geoc., 27(6):123-152. Curitiba.

FYFE, W.S. e O.H.LEONARDOS JR. (1974). Ancient Metamorphic-Migmatite Belts of the Brazilian Atlantic Coast: The African Connection. Rev.Bras.Geoc., 4(4):247-251. Rio de Janeiro.

GIRARDI, V.A.V.; A.G.INGLEZ; P.SANTINI e S.L.MORO (1968) As Granadas Manganíferas de Antonina, Paraná. XXII Congr.Bras.Geol, Belo Horizonte.

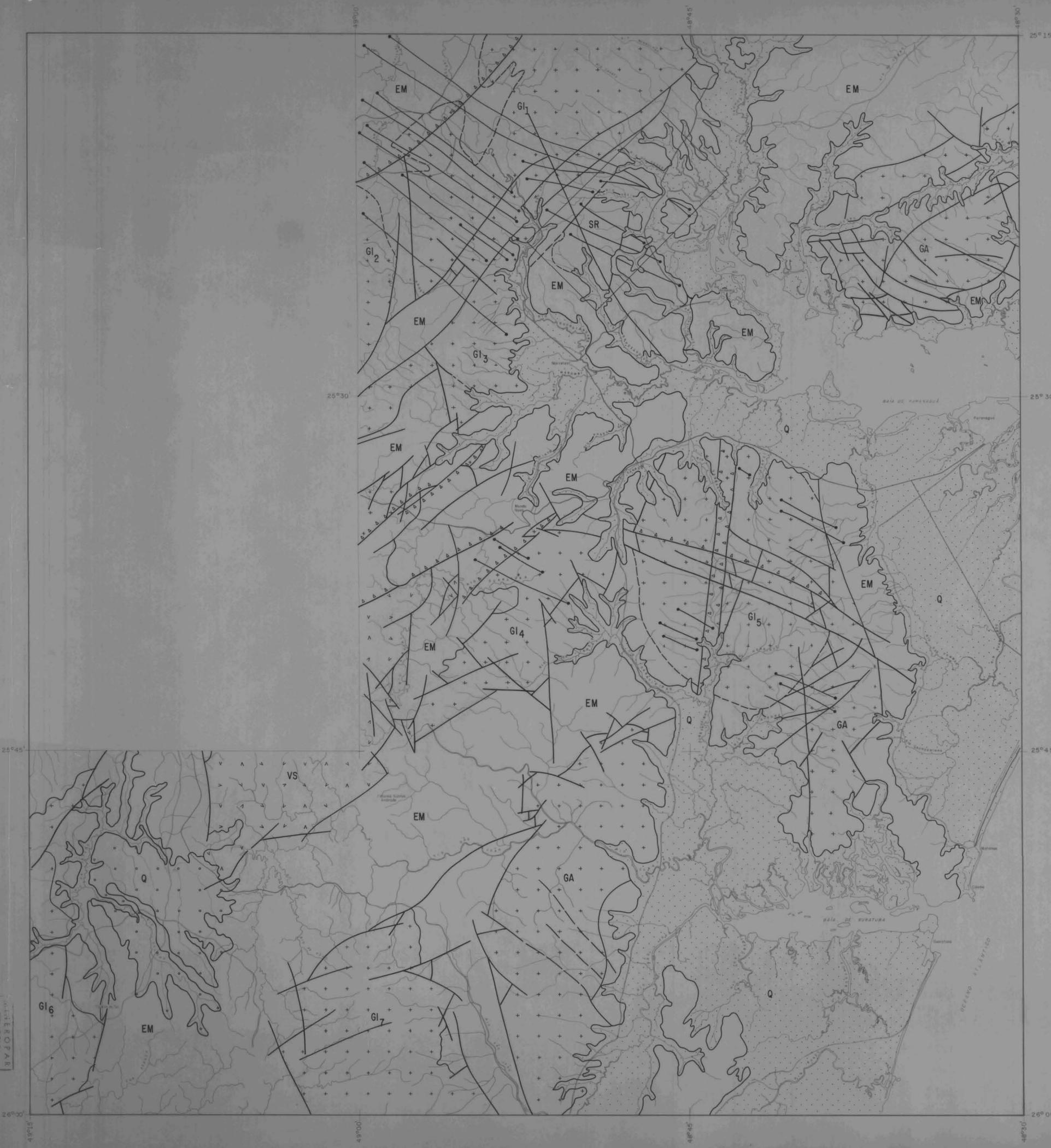
GIRARDI, V.A.V. (1969). Petrologia das Rochas Metamórficas da Região de Morretes-Antonina, PR. Tese de Doutorado à Cadeira de Petrologia da Fac.Filos.C.Letras da Univ.S.Paulo, 131 p. S.Paulo.

- (1971). Os Anfibolitos da Região de Morretes-Antonina,PR.Rev.Bras.Geoc., 1:43-65. Rio de Janeiro.



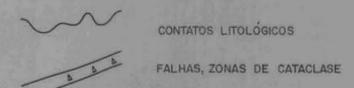
- GIRARDI, V.A.V. e P.SANTINI (1973). The Magnesian Schists from Morretes-Antonina Area, Paraná. Rev.Bras.Geoc., 3(3):181-191. Rio de Janeiro.
- HASUI, Y.; C.D.R. CARNEIRO e A.M. COIMBRA (1975). The Ribeira Folded Belt. Rev.Bras.Geoc., 5(4):257-266. Rio de Janeiro.
- HASUI, Y.; F.F.M. de ALMEIDA e B.B. de BRITO NEVES (1978). As Estruturas Brasilianas. An.XXX Congr.Bras.Geol., (6): 2423-2435. Recife.
- HASUI, Y.; C.da R.CARNEIRO e C.A. BISTRICHI (1978). Os Granitos e Granitóides da Região de Dobramento Sudeste nos Estados de São Paulo e Paraná. An.XXX Congr.Bras.Geol., (6):2594-2608. Recife.
- KAUL.P.F.T.; R.S.ISSLER e C.de W.BONOW (1979). Probabilidade de Estrutura Arqueana na Região de Pien-Antonina-Serra Negra, Folha SG.22, Curitiba. Min.Met., p.34-43. Rio de Janeiro.
- LEDENT, D. e P.PASTEELS (1968). Détermination de l'Age des Roches Post-Tectoniques du Sud-Est du Brésil. Ann.Soc.Geol.Belg., Tome 91, Fasc. II. Bruxelas.
- LEONARDOS, O.H. (1938). Ferro no Paraná. Min.Agric., DNPM-SFPM, bol. nº 25, 65 p. Rio de Janeiro.
- MAACK, R. (1961). Sobre a Ocorrência de Granitos Alcalinos no Estado do Paraná e sua Posição dentro das Fases Orogenéticas Algonquianas. Bol.Univ.Fed.Par., Geol.nº 4, 52 p. Curitiba.
- MARINI, O.J.; R.A.FUCK e E.TREIN (1967). Intrusivas Básicas Jurássico-Cretáceas do Primeiro Planalto do Paraná, in "Geologia do Pré-Devoniano e Intrusivas Subsequentes da Porção Oriental do Estado do Paraná". Bol.Par.Geoc., 23/25:307-324. Curitiba.
- PITTSBURGH PACIFIC COMPANY (1964). Iron Ore Property Of Minas de Antonina S/A., Antonina, Paraná, Brazil. Report of July, 1964. Reprinted December, 1966. 45 p. Hibbing, Minnesota, USA.

- RUBERTI, E. e C.B. GOMES (1977). Mineralogia Química e Petrologia dos Anfibólitos da Região de Morretes-Antonina(PR). Rev.Bras. Geoc., 7(5):325-348. Rio de Janeiro.
- RUELLAN, F. (1945). Interpretação Geomorfológica da Serra do Mar no Paraná. 103a. Tertúlia do Cons.Nac.Geogr., Bol.Geogr.25:81-82. Rio de Janeiro.
- WERNICK, E. e F.PENALVA (1978). Contribuição ao Conhecimento das Rochas Granitóides do Sul do Brasil. Rev.Bras.Geoc., 8(3):113-133. Rio de Janeiro.
- WERNICK, E.; Y.HASUI e B.B. de BRITO NEVES (1978). As Regiões de Dobramento Nordeste e Sudeste. An. XXX Congr.Bras.Geol., 6:2493-3507. Recife.
- WERNICK, E. (1979). O Magmatismo Granitóide das Regiões de Dobramento Nordeste e Sudeste. Univ.Est.Paul. Júlio de Mesquita Filho UNESP. Inst.Geoc. e C.Exatas, Dep.Min.Rec.Min., 17 p. (inédito). Rio Claro.
- (1979-b). Arqueano no Brasil: Tentativa de uma Síntese. An.Acad.Bras.Ciênc., 51(2): 287-307. Rio de Janeiro.

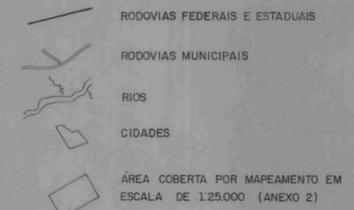


CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

IDADE	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	SÍMBOLO	CARACTERIZAÇÃO TECTONO-ESTRUTURAL	LITOLÓGIAS
HOLOCENO	INDIVISO	Q	COBERTURA SEDIMENTAR INCONSOLIDADA	DEPÓSITOS CONTINENTAIS E MARINHOS INDIFERENCIADOS: PEDIMENTOS, COLÚVIOS, ALÚVIOS, AREIAS-SILTES-ARGILAS DE BAÍA E PLANÍCIE COSTEIRA.
PLEISTOCENO	Fm. GUABIROTUBA	Q	COBERTURA SEDIMENTAR CONSOLIDADA	CONGLOMERADOS, ARCÓSIOS, ARGILITOS.
MESOZÓICO	Fm. SERRA GERAL		INTRUSIVAS BÁSICAS DE PLATAFORMA	DIQUES DE DIABÁSIO E DIORITO PÓRFICO.
EOPALEOZOÍCO	Fm. GUARATUBINHA	VS	SEQUÊNCIA VULCANOSEDIMENTAR PÓS TECTÔNICA (MOLASAS).	RIOLITOS, DACITOS, ANDESITOS, PIROCLÁSTICAS, CONGLOMERADOS, ARCÓSIOS, SILTITOS.
	1) GRACIOSA 2) ANHANGAVA 3) MARUMBI 4) S. DA IGREJA 5) S. DA PRATA 6) AGUDOS 7) M. REDONDO	GI	SUÍTE INTRUSIVA PÓS-TECTÔNICA	GRANITOS ALCALINOS A SUBALCALINOS, BIOTÍTICOS, ISÓTROPOS, DIFERENCIADOS. CONTATOS: IÓNEOS OU TECTÔNICOS.
PRÉ-CAMBRIANO	INDIVISO	GA	GRANITÓIDES DE ANATEXIA	BIOTITA-GRANITOS DE TENDÊNCIA CALCO-ALCALINA, GNAÍSSICOS. CONTATOS: GRADACIONAIS COM OS MIGMATITOS.
		SR	SEQUÊNCIA RETROMETAMÓRFICA	QUARTZITOS COM MAGNETITA, XISTOS CLORÍTICOS E MAGNESIANOS.
		EM	EMBASAMENTO METAMÓRFICO	MIGMATITOS, ANFIBOLITOS, GNAÍSSOS, QUARTZITOS, CHARNOQUITOS.



CONVENÇÕES TOPOGRÁFICAS



BASE: REDUÇÃO XEROGRAFICA DE FOLHAS TOPOGRÁFICAS DO S.G.E., (1968-70). ESCALA ORIGINAL 1:50.000.
 GEOLOGIA: COMPILAÇÃO DE MAPAS GEOLÓGICOS DA COMISSÃO DA CARTA GEOLÓGICA DO PARANÁ (1967-1970) E CORDANI-GIRARDI (1967), ESCALAS ORIGINAIS 1:50.000 E 1:70.000.
 MODIFICAÇÕES ACRESCENTADAS A PARTIR DE INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS DE RADAR SEMS-1000, NA ESCALA 1:250.000, E VERIFICAÇÕES DE CAMPO.

ESCALA 1:125.000

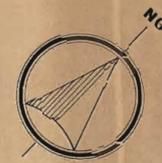
MINEROPAR
Minérios do Paraná S.A.

MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DO PROJETO FERRO

ANEXO 1

GEOL. EDIR E. ARIOLI
CREA Nº 17.969 - 8ª R.

MINEROPAR
BIBLIOTECA



CONVENÇÕES

ESTRATIGRÁFICAS

- | | | |
|-------|-----|---|
| Qal | Qpd | — ALUVIÕES, DEPÓSITOS MARINHOS, PEDIMENTOS |
| Mdb | Mdp | — DIABÁSIO, DIORITO PÓRFIRO |
| p-εmg | | — MIGMATITOS HETEROGÊNEOS (M), ANFIBOLITOS(A) |
| p-εqt | | — QUARTZITO MAGNÉTICO COM INTERCALAÇÕES DE QUARTZO-CLORITA-
— XISTO, QUARTZO-BICLITA-XISTO E GNAISSE |
| p-εxm | | — XISTOS MAGNESIANOS |

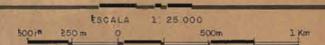
ESTRUTURAIS

- 32 — PONTO DE CONTROLE
- — — — — CONTATO DEFINIDO
- — — — — CONTATO APROXIMADO
- — — — — FRATURA / FALHA FOTOINTERPRETADA
- 80° — ATITUDE DE FOLIAÇÃO METAMÓRFICA
- — — — — FLANCO INVERTIDO DE DOBRA RECUMBENTE
- 50° — EIXO DE CRENULAÇÃO
- — — — — EIXO APROXIMADO DE SINCLINAL
- — — — — EIXO APROXIMADO DE ANTICLINAL RECUMBENTE
- — — — — LINEAMENTOS ESTRUTURAIS

TOPOGRÁFICAS

- — — — — ESTRADAS PAVIMENTADAS
- — — — — CAMINHOS
- ⊠ — EDIFICAÇÕES
- — BRITADOR
- — — — — CURSOS D'ÁGUA
- — — — — ÁREA PESQUISADA PELA PITTSBURGH PACIFIC CO.

1980



MINEROPAR

Minerais do Paraná S.A.

MAPA GEOLÓGICO DOS DEPÓSITOS

DE FERRO DE ANTONINA

VS-B

ANEXO 2

DESENHO
MARCIA



MINEROPAR
BIBLIOTECA
Rua 1000, Fone 011-88