

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE METALOGÊNESE E GEOQUÍMICA

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA E GEOQUÍMICA DAS LITOLOGIAS
NA MINA DE OURO DA FAZENDA MARIA PRETA
NO GREENSTONE BELT DO RIO ITAPICURU, BAHIA

EDISON DURVAL RAMOS CARVALHO

Dissertação apresentada como condição
parcial para a obtenção do Título
de Mestre em Geociências.

*Este exemplar corresponde a redação final
da tese defendida por Edison Durval Ramos Carvalho
e aprovada pela comissão julgadora em 2.4.91.*

Orientador: Prof. Dr. Asit Choudhuri

Asit Choudhuri

3770
C253c

13650/BC

CAMPINAS, MARÇO DE 1991

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

Comissão Julgadora

Asit Choudhary

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

RESUMO

Uma das minas de ouro do greenstone belt do Rio Itapicuru é a da Fazenda Maria Preta. As rochas predominantes nesta área são vulcânicas félsicas e metassedimentos, bem como localmente ocorrem basaltos e dioritos.

Com o exame petrográfico e geoquímico foi possível definir quatro tipos litológicos: 1. Basalto com piroxênios alterados para anfibólios e clorita e plagioclásios epidotizados com textura subofítica; 2. Andesitos ácidos com alguns piroxênios anfibolitizados e cloritizados, plagioclásio, pouca sericita e quartzo, com texturas microgranular intersertal até porfirítica; 3. Dacitos com plagioclásios muito sericitizado e quartzo bipiramidal, bastante límpido, com texturas microgranular, traquitóide, porfirítica e micrográfica. O quarto grupo definido essencialmente pela geoquímica, é constituído por riolitos, com plagioclásio e quartzo com texturas microgranular, traquitóide e micrográfica.

O tratamento dos dados geoquímicos, aliado as informações petrográficas podem indicar a possibilidade de duas fontes magmáticas para a geração das rochas acima citadas. A primeira de natureza básica e a segunda intermediária a ácida, geradas a partir de plumas basálticas, na base de uma crosta siálica, provavelmente a partir de um rifteamento.

O metamorfismo caracterizado como de baixo grau, com paragêneses típicas de fácies xisto verde, apresenta uma fase hidrotermal superposta. Esta fase hidrotermal deve ser responsável pela mineralização aurífera que ocorreu em função da presença de

fluidos ricos em CO₂, H₂O, K₂O e H₂S, que juntos ao cisalhamento ductil N - S, foram os responsáveis pela concentração das mineralizações auríferas.

ABSTRACT

One of the gold mines of the Rio Itapicuru greenstone belt in Bahia, is the Fazenda Maria Preta mine. The main rock types there are felsic volcanics and metasediments besides a few occurrences of basalts and diorites.

On the basis of petrographic and geochemical study, it was possible to define 4 groups of rocks: 1. Basalt with altered pyroxenes to amphibole and chlorite and epidotized plagioclase with subophitic texture. 2. Acid andesites with some chloritized and amphibolitized pyroxenes, plagioclase, few sericite and quartz, with porphyritic, intersertal and microgranular texture. 3. Dacites with sericitized plagioclase and bipyramidal, very clear quartz, with micrographic, porphyritic, trachytic and microgranular texture. The fourth group defined by geochemistry consists of rhyolites with plagioclase and quartz with micrographic, trachytic and microgranular texture.

The geochemical data linked with petrographic information shows that there may have been two magmatic sources for the generation of the rocks studied. The first one of basaltic composition and the second acid intermediate composition possibly generated from basaltic plumes at the base of the sialic crust at the time of rifting.

The metamorphism in the area is low grade, the rocks having typical parageneses of greenschist facies, later overprinted by a hydrothermal phase with fluids rich in CO₂, H₂O, K₂O and H₂S, which may have caused the gold mineralization that occurred

associated with the ductile shear zone (N - S) affecting the rocks in the study area.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente gostaria de manifestar meus agradecimentos a Docegeo - BA e ao seu corpo técnico, pelas discussões geológicas e pelo apoio logístico recebido durante a realização das etapas de campo e na confecção das seções delgadas.

Também a FAP (Fundação de Apoio a Pesquisa) da UNICAMP por ter concedido as passagens para realização das etapas de campo.

Agradeço ainda, ao laboratório de Geoquímica do IG - UNICAMP nas pessoas da responsável Jacinta Enzweiler, a técnica Nádia Regina Vidal e sua auxiliar Maria Aparecida Silva Almeida, pela realização das análises químicas.

Entre as pessoas que mais diretamente contribuíram para a realização deste trabalho, agradeço ao meu orientador, professor Asit Choudhuri pela presença sempre amigável e incentivadora; à Roberto Perez Xavier pelo apoio nas fases iniciais do trabalho e leitura dos textos; aos amigos do IG - UNICAMP, em especial a Edilene Pereira Gomes pelo seu apoio em determinadas fases deste trabalho

INDICE

TÍTULO DO CAPÍTULO	PÁGINA
INTRODUÇÃO	01
FISIOGRAFIA E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	04
METODOLOGIA	05
GEOLOGIA REGIONAL	08
GREENSTONE BELT DO RIO ITAPICURU	11
DOMÍNIO SEDIMENTAR (DS)	15
DOMÍNIO VULCÂNICO FÉLSICO (DVF)	15
DOMÍNIO VULCÂNICO MÁFICO (DVM)	17
SILLS GABRÓIDES	18
DOMOS GRANITO-GNAISSICOS	18
GEOLOGIA LOCAL	21
PETROGRAFIA	29
METASSEDIMENTOS	29
ROCHAS VULCANOCLÁSTICAS	32
ANDESITOS ÁCIDOS	32
DACITOS	37
DIORITOS	39
BASALTOS	44
METAMORFISMO	44
GEOQUÍMICA	50
APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS DADOS	52
METALOGÊNESE	72
CONCLUSÃO	79
BIBLIOGRAFIA	82

Tabela 01: Resumo da composição mineralógica e textural das amostras analisadas para elementos maiores na mina de ouro da Fazenda Maria Preta.....	anexo
Tabela 02: Valores (em %) das análises químicas para óxidos de elementos maiores das litologias da Mina de ouro da Fazenda Maria Preta.....	anexo
Tabela 03: Valores de CIPW para óxidos de elementos maiores respectivos às amostras da tabela 02.....	anexo
Mapas 01, 02,03: Geologia do alvo Antas (01, 02, 03), Mina de ouro da Fazenda Maria Preta.....	anexo

FIGURA 01: Regiões, sistemas e faixas de dobramentos e cratons relacionados (Schobbenhaus et al 1984) com evidência para o Craton do São Francisco e suas faixas e locação do Greenstone Belt do Rio Itapicuru.....	10
FIGURA 02: Greenstone Belt do Rio Itapicuru na porção NE do craton do São Francisco e seu contexto regional (Pires et al 1976 in Kishida, 1979).....	12
FIGURA 03: Detalhe da figura 02 - Mapa geológico do greenstone belt do Rio Itapicuru e locação do Alvo Antas (mina de ouro da fazenda Maria Preta)(Davison et al, 1987, modificado pelo autor).....	13
FIGURA 04: Perfil esquemático do comportamento em profundidade das litologias do Alvo Antas.....	23
FIGURA 05: Zoneografia metamórfica da porção média do greenstone belt do Rio Itapicuru (Silva, 1987).....	46
FIGURA 06: Diagrama SiO ₂ x Alcalis (Na ₂ O + K ₂ O) e SiO ₂ x K ₂ O como uma extensão do primeiro (Gill, 1981).....	53
FIGURAS 07 e 08: IS (Índice de solidificação de Kuno) respectivamente para SiO ₂ , Al ₂ O ₃	55
FIGURAS 09 e 10: IS (Índice de solidificação de Kuno) respectivamente para FeO*, MgO.....	58
FIGURAS 11 e 12: IS (Índice de solidificação de Kuno) respectivamente para CaO e Na ₂ O.....	60
FIGURAS 13 e 14: IS (Índice de solidificação de Kuno)	

respectivamente para K ₂ O e TiO ₂	62
FIGURAS 15 e 16: IS (Índice de solidificação de Kuno) respectivamente para P ₂ O ₅ e MnO.....	63
FIGURA 17: Diagrama FeO* x MgO onde são plotados as linhas de evolução magmática de Thingmuli (Toleítica), Cascades (calco-alcalina) e a composição média dos basaltos do Greenstone Belt do Abitibi (McGeehan et al 1980) comparadas com a evolução do Alvo Antas (mina da Fazenda M. Preta) e algumas análises do greenstone belt do Rio Itapicuru como um todo.....	65
FIGURA 18: Diagrama AFM com as análises químicas plotadas.....	67
FIGURAA 19: Diagrama SiO ₂ x Alcalis com os campos estabelecidos Alcalino e Subalcalino e as análise químicas plotadas.....	68
FIGURA 20: Diagrama Na ₂ O + K ₂ O x Na ₂ O/K ₂ O (Myashiro, 1977) com o campo de espilitização definido, onde são plotadas 6 análises de rochas basálticas realizadas por este autor e 53 análises de rochas basálticas realizadas no greenstone belt do Rio Itapicuru por Glória (1987).....	69
FIGURA 21: Diagrama MgO x CaO (Humphris et al 1978) onde são estabelecidos os campos de rochas típicas de dorsais meso-oceânicas, de rochas alteradas e de rochas básicas continentais. Foram plotadas as análises de rochas básicas realizadas por este autor, por Glória (1987) e de diques básicos das Guianas (Choudhuri, (inédito).....	71

FOTO 01: Rochas piroclásticas do D.V.F.....	16
FOTO 02: Basaltos com "pillo" lavas - Rio Itapicuru.....	17
FOTO 03; Domo de Ambrósio englobando "pedaços" de gnaisses..	19
FOTO 04: Domo de Ambrósio englobando "pedaços" de gnaisses..	19
FOTO 05: Visão Geral da área do alvo Antas (mina de ouro da Fazenda Maria Preta).....	22
FOTO 06: Metassedimentos finos (pelitos) entrecortados por venulações quartzosas.....	30
FOTO 07: Intercalação de metassedimentos finos (pelitos) e grosseiros (psamíticos).....	31
FOTO 08: Agregados de cloritas e carbonatos com formas retangulares e prismáticas, muito semelhante as de minerais máficos.....	36
FOTO 09: Dacitos com quartzo bipiramidal.....	36
FOTO 10/11: Rochas dacíticas com crescimento das sericitas em forma de rede nas bordas dos plagioclásios e desenvolvimento de texturas micrográficas.....	41
FOTO 12: Dacitos com veios quartzô-feldspáticos.....	42
FOTO 13: Matriz dacítica com minerais deformados que - assemelham-se a minerais opacos em função de suas formas - prismáticas, retangulares e losangulares.....	42
FOTO 14: Porções de rocha basáltica (manchas) envolta por uma matriz dacito-riolítica.....	43

FOTO 15: Dioritos com plagioclásios algo carbonáticos
cloritas, quartzo, clinzoisita com textura porfirítica a
glomeroporfirítica.....43

INTRODUÇÃO

Com os trabalhos realizados por Anhaeusser et al (1969) Viljoen et al (1969), Goodwin et al (1970) entre outros, a conceituação de greenstone belt pode ser apresentada como remanescentes supracrustais em cratons antigos, predominantemente arqueanos. Estas supracrustais seriam representadas por seqüências vulcano-sedimentares, onde as rochas vulcânicas seriam predominantemente máficas, com o desenvolvimento de séries Komatiíticas, toleíticas e calcoalcalinas. Os sedimentos apresentam-se imaturos, com uma expressiva contribuição química e vulcânica, apresentando bruscas mudanças no caráter de sedimentação de fácies pelítico arcossiano, grauváquico, conglomerático e químico (Formações Ferríferas Bandadas). Estas seqüências supra-crustais são invadidas por domos coalescentes de rochas plutônicas de composição tonalítica a quartzo monzonítica e mais raramente granítica e sienítica com bordas de textura gnaissica e núcleos mais homogêneos.

Os greenstone belts no mundo inteiro apresentam-se como preciosas fontes de mineralizações auríferas, sulfetos maciços, amianto, níquel, cromo. Como exemplos, têm-se as existentes no Canadá, Austrália, África do Sul, Zimbawue, Índia e outros países. Esta situação fez com que os mesmos se transformassem em alvo de estudos mais profundos ligados a sua gênese e formação, além do fato de serem extremamente importantes para o entendimento dos processos de evolução crustal.

No que se refere ao Brasil, esta estruturação foi encontrada pela primeira vez na Bahia por Mascarenhas (1973) e Fe-

dreira (1975), o qual foi chamado de Greenstone Belt do Rio Itapicuru (Almeida et al., 1984). Também o Grupo Rio das Velhas em Minas Gerais foi interpretado por Almeida (1976), Schorscher, (1975, 1976) e Fiores (1977), como sequências do tipo greenstone belt, o qual se constitui em um importante sítio de exploração aurífera que remonta desde o século passado. Deste período em diante têm-se encontrado muitas sequências vulcano-sedimentares consideradas do tipo greenstone belt de idades arqueana e proterozóico inferior, com mineralizações essencialmente de Au, Ni, Fe, Cu, etc.

O greenstone belt do Rio Itapicuru, situado na porção centro-norte do Craton do São Francisco, (figura 01), apresenta-se, hoje, como um importante sítio de mineralizações auríferas, com três minas em franca atividade (Fazenda Brasileiro, Maria Preta e CBPM).

Dentro do contexto acima referido, destaca-se a Fazenda Maria Preta (Alvo Antas), que representa uma pequena porção do Greenstone Belt do Rio Itapicuru (figura 03), onde este trabalho foi realizado direcionando-se essencialmente a caracterização litológica do ponto de vista petrográfico, (paragênese, mineralogia, textura) metamórfico, geoquímico (análises para elementos maiores) e metalogenético, visando classificar as rochas vulcânicas e definir melhor a composição, o que é de fundamental importância para o melhor entendimento dos processos que atuaram sobre as rochas e que possibilitaram a ocorrência das mineralizações.

A definição dos objetivos acima colocados, justificam-se em função do fato de que os trabalhos realizados até o presen-

te momento no greenstone belt, como um todo, ou voltam-se a questões regionais ligadas a Geologia Estrutural (Matos, 1988; Silva, 1990); controle de mineralização em Fazenda Brasileiro (Teixeira, 1984, 1990; Reinhardt, 1990); Geoquímica (Silva, 1983, 1987, 1990; Leite, 1990); Geologia Regional (Kishida, 1979), ou as questões pontuais como estudo de inclusões fluidas na Mina de Fazenda Brasileiro (Xavier, 1987), além de trabalhos em andamento relacionados aos metassedimentos; não tendo sido realizado nenhum trabalho de detalhe como o proposto para a Mina de ouro da Fazenda Maria Preta (Alvo Antas).

A petrografia destas rochas revela domínios vulcânicos como Basalto, Andesito Ácido, Dacito-Riolítico e Tufo, aglomerados e sedimentos de natureza essencialmente grauváquica, além de corpos de natureza intrusiva como dioritos, quartzo-dioritos e gabro-dioritos. Todas estas litologias, normalmente, estão submetidas a acentuado efeito de alteração hidrotermal, gerando feições como sericitização, carbonatização, epidotização, que dificultam em muito o reconhecimento das rochas originais.

Com relação à geoquímica que tratou da caracterização dos elementos maiores das rochas vulcânicas e intrusivas, é possível estabelecer uma classificação semelhante à petrográfica, ou seja, Basalto, Andesito Ácido, Dacito e Riolito e Diorito, Quartzo-Diorito e Gabro-Diorito.

No que concerne à petrologia e metalogênese, os dados petrográficos e geoquímicos do Alvo Antas e do Greenstone Belt, como um todo, foram comparados com outros greenstone belt do mundo discutindo-se o provável ambiente geotectônico para a formação

do mesmo, além da questão da mineralização aurífera, associada a filonitos carbonosos (vulcano-clásticas) metassedimentos, andesitos ácidos e dacitos, na maioria das vezes, hospedadas em veios de quartzo, pouco carbonáticos, embrechíticos, junto com sulfetos.

FISIOGRAFIA E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

O greenstone belt do Rio Itapicuru como um todo, situa-se entre os paralelos 1014 e 1130 sul e meridianos 3815 e 3930 oeste, compreendendo uma área de aproximadamente 3000 km², contendo como cidades principais a de Serrinha ao sul e a de Santa Luz ao norte, localizadas no nordeste do Estado da Bahia.

De forma geral, o relevo apresenta-se plano-ondulado, devendo ser destacada a ocorrência de serras estreitas, alinhadas no sentido norte-sul.

O tipo de clima que caracteriza a região é semi-árido quente com índices pluviométricos não superiores a 800 mm anuais, concentrando-se as chuvas durante o verão.

O Rio Itapicuru com seus afluentes Rio do Peixe e Carriacá, com padrões dendríticos de baixa densidade constituem a rede hidrográfica da bacia.

Especificamente a mina de ouro da Fazenda Maria Preta (Alvo Antas), localiza-se ao longo da latitude 1100 sul e longitude 3915 oeste, ao sul do Rio Itapicuru, representando uma área de 3 km².

METODOLOGIA

Os critérios adotados para a realização desta pesquisa envolveram, em sua primeira fase, um levantamento bibliográfico, que reuniu todos os dados (artigos, teses, mapas) sobre a região. Este levantamento permitiu uma compreensão regional do local onde pretendia-se efetuar a dissertação.

Em uma segunda etapa, fez-se um trabalho de campo com duração de vinte dias, onde procedeu-se ao reconhecimento do greenstone belt do Rio Itapicuru, voltando-se a seguir para o alvo Antas (mina de ouro da Fazenda Maria Preta), com estudo de suas trincheiras e observação e descrição de furos de sonda. Neste momento, iniciou-se a coleta de amostras para a realização da seção delgada e posterior escolha para análises químicas.

Concomitantemente ao trabalho de campo, fez-se uma pesquisa bibliográfica nos escritórios da Docegeo-Bahia, para a obtenção de mapas, descrições de trincheiras e testemunhos, relacionados à mina da Fazenda Maria Preta (alvo Antas)..

Como critérios adotados para coleta de amostras, estabeleceu-se que as mesmas deveriam estar o menos alteradas possível (carbonatização, cloritização, epidotização, presença de veios de quartzo), pois o objetivo inicial do trabalho é estudar a petrografia original das litologias. As coletas foram feitas de modo que a mina da Fazenda Maria Preta fosse razoavelmente coberta, sendo variáveis as distâncias entre os pontos de amostragem, em função da alteração presente nas rochas.

Após esta fase de campo, os técnicos da Docegeo iniciaram a confecção de seções delgadas nos laboratórios da Docegeo-Belo Horizonte. Com o término da confecção das seções delgadas, iniciou-se um trabalho sistemático de descrição e caracterização das mesmas, em um microscópio binocular de pesquisa para LR-LT - Axophot.

Uma segunda etapa de campo, também com a duração de 20 dias, foi realizada visando o estudo com maior detalhe da mina e a coleta de amostras de testemunho de sonda, finalizando esta fase.

Com procedimento semelhante ao anterior referente à realização das seções delgadas, procedeu-se a descrição das lâminas e escolha das mesmas para análises químicas de elementos maiores, realizadas no laboratório de Geoquímica do IG - UNICAMP.

O critério utilizado para escolha das amostras das rochas vulcânicas e subvulcânicas para análises químicas foi basicamente o tipo de litologia encontrada, sua representatividade e menor grau de alteração, a partir da observação em microscópio. É importante destacar que a alteração acima citada refere-se aos processos de sericitização, carbonatização, epidotização e geração de veios de quartzo que se acham nas zonas de cisalhamento e proximidades.

A preparação das amostras foi feita nos laboratórios do IG - UNICAMP pelo autor e colaboradores, com moagem inicial no britador, uma segunda moagem no almofariz de ágata e peneiramento de 200 Mash, com posterior quarteamento e coleta de 0,5g de cada amostra para realização das análises químicas.

As análises químicas realizadas foram essencialmente para elementos maiores como SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, Fe₂O₃, FeO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, MnO, P₂O₅, H₂O, perda ao fogo, perfazendo um total de 19 análises.

As análises químicas para Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, MnO foram realizadas através do aparelho de espectrofotometria de absorção atômica - Varian, modelo Gemini 1475. A metodologia para a realização destas análises envolve o ataque da amostra com HF e HClO₄ e posterior dissolução do resíduo em HCl, diluído a um volume final de 250 ml. Após este tratamento, procede-se a leitura nos λ de ressonância de cada um dos elementos.

Com relação à determinação de SiO₂, TiO₂, P₂O₅ e FeO, usa-se a espectrofotometria de UV/visível - microns B.382. A determinação de SiO₂ envolve o ataque da amostra com NaOH para fusão da mesma. Após esta fase, realiza-se a adição de molibdato (conforme método de Shapiro e Brannock, como descrito por Jeffery (1975), p. 411) para a formação de complexos, realizando-se a leitura em λ de ressonância em torno de 650 nm.

A determinação de TiO₂ realiza-se a partir do ataque da amostra com HF e HClO₄ e posterior dissolução do resíduo em HCl, diluído a um volume final de 250 ml. Após a formação de um complexo amarelo com peróxido de hidrogênio (método de Jeffery op. cit., p. 464) procede-se a leitura em λ de ressonância de 420 nm.

O P₂O₅ determina-se de maneira semelhante ao TiO₂, após a formação de complexo com molibdato e redução com ácido ascórbico (Jeffery op. cit., p. 381) com a realização da leitura em λ de

ressonância de 830 nm.

Com relação ao FeO, procede-se ao ataque da amostra com HF e H₂SO₄ na presença de orto-fenantrolina. Esta forma um complexo alaranjado com o Fe e a determinação é realizada conforme descrito por Jeffery (op. cit.), p. 283.

Determinações de perda ao fogo ocorrem em uma mufla à temperatura de 950° C, com aquecimento durante uma hora. As determinações de H₂O foram obtidas em estufas a temperaturas de 105° C, com aquecimento durante duas horas.

GEOLOGIA REGIONAL

O craton do São Francisco (Almeida, 1977) ocupa em grande parte a porção leste do Brasil, situado na quase totalidade do Estado da Bahia, estendendo-se aos Estados de Minas Gerais, Sergipe, Pernambuco e Goiás (figura 01). Trata-se de uma unidade geotectônica estabilizada no arqueano, contornada ao norte pela Faixa Sergipana, a sul e sudeste pelas Faixas Sudeste e Araçuaí, respectivamente, e a oeste pelo Cinturão Brasília (Schobbenhaus et al., 1984).

Segundo Barbosa (1970), no embasamento da parte central do craton, ocorrem dois conjuntos metamórficos maiores. O primeiro, conhecido como Grupo Caraíba, é formado por rochas gnáissico-granodioríticas a adamelíticas e migmatíticas (metatexitos e diatexitos), encerrando corpos intrusivos de caráter básico ultrabásico e mais raramente ácidos, além de sequências sedimenta-

res e vulcano-sedimentares em geral de baixo grau metamórfico. O segundo conjunto denominado de Complexo Granulítico de Jequié (Cordani, 1973) e Faixa Atlântica (Mascarenhas, 1975) é constituído por rochas granulíticas caracterizadas por Oliveira et al (1982) como de natureza enderbítica a charnoquítica. Segundo Almeida (1979), esta faixa foi totalmente estruturada no final do Arqueano entre 2,9 e 2,7 b.a., sendo parcialmente remobilizada durante o ciclo transamazônico.

A cobertura do Craton do São Francisco é constituída por rochas sedimentares pouco intercaladas com vulcânicas, representadas pelos Supergrupo Espinhaço e São Francisco, de idades respectivamente proterozóico médio e superior; além de sedimentos fanerozóicos da Bacia do Parnaíba a noroeste, Bacias do Recôncavo e Tucano-Jatobá a nordeste. Ocorrem ainda coberturas tabulares da bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, Formação Barreiras, além de sedimentos aluvionares, eólicos e costeiros ainda inconsolidados. (Inda et al., 1978 in Silva, 1983).

Com relação às sequências vulcano-sedimentares de baixo grau metamórfico, encravadas no conjunto gnaissico-migmatítico do embasamento do craton, Mascarenhas (1973) sugere que algumas destas seriam do tipo greenstone belt, entre as quais Contendas-Mirante, Brumado, Urandi e Boquira, nas porções centro-oeste e sul do Estado da Bahia. Nas porções norte-nordeste estariam Campim, Colomin e Rio Itapicuru; este último é o mais estudado e melhor caracterizado.

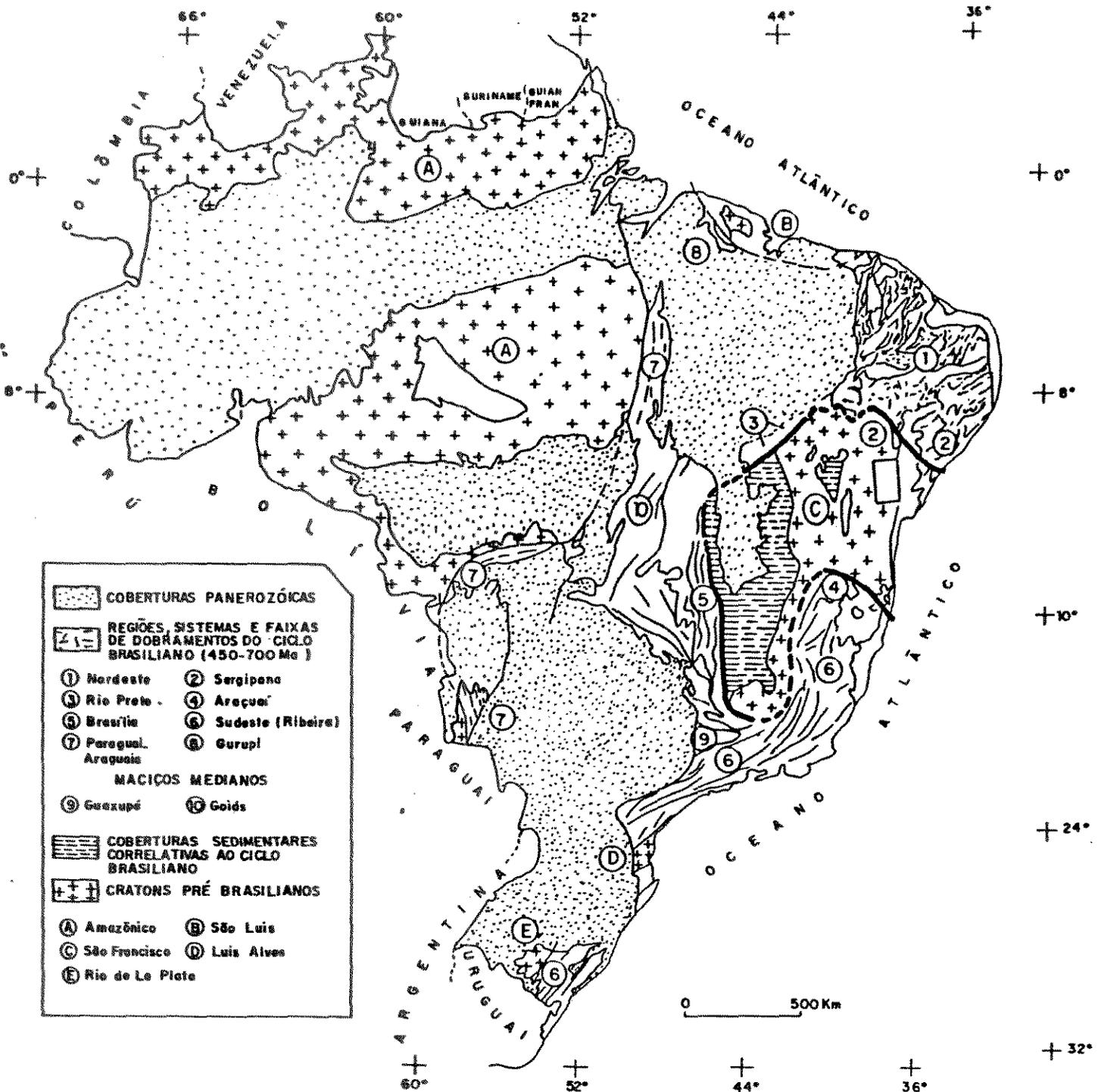


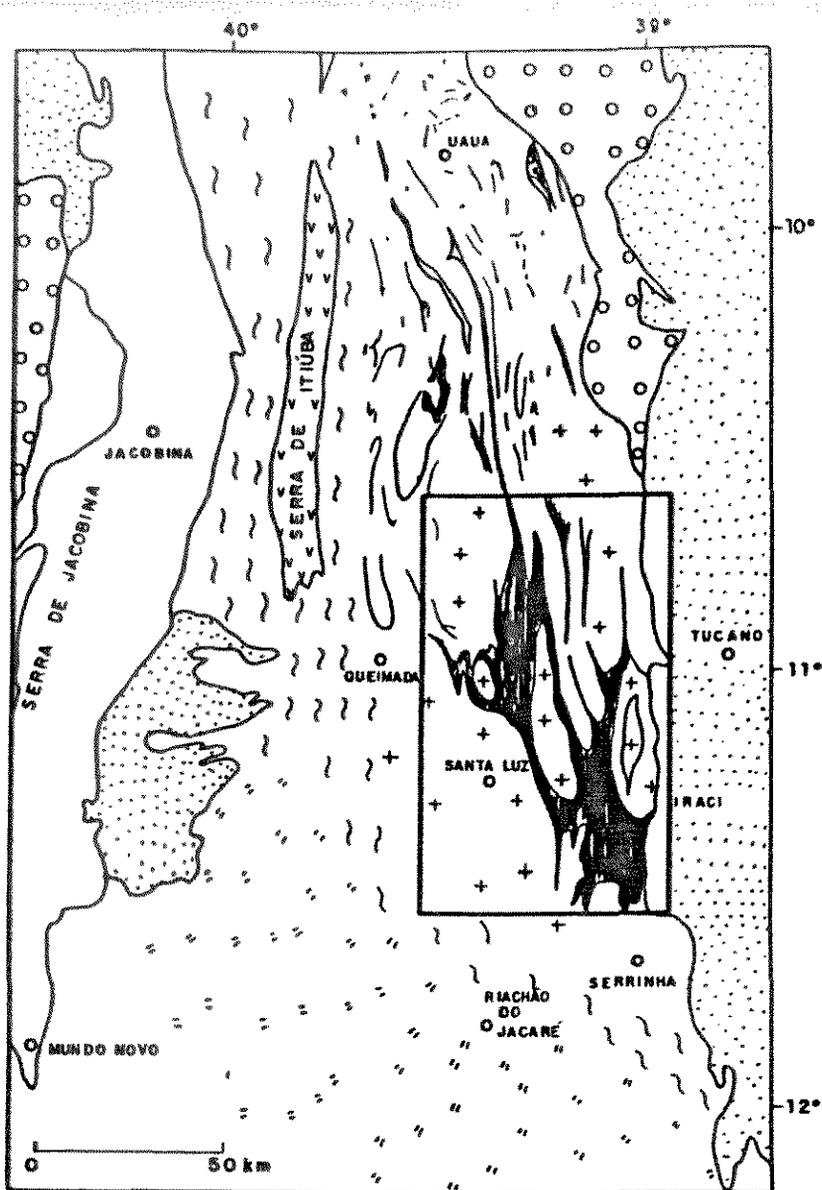
FIGURA 01

Regiões, sistemas e faixas de dobramentos e cratons relacionados (Schobbenhaus et al 1984) com evidência para o Craton do São Francisco e suas faixas e locação do Greenstone Belt do Rio Itapicuru.

GREENSTONE BELT DO RIO ITAPICURU

O Greenstone Belt do Rio Itapicuru localizado a norte de Feira de Santana, ocupa a porção nordeste do Craton do São Francisco, contornado a oeste pelo Grupo Jacobina, a leste pela Bacia Sedimentar de Tucano e a sul pelos granulitos de Jequié (figura 02). Ocorre como uma grande estrutura de forma ovóide, onde dominam os terrenos gnaissico-migmatíticos na periferia e os terrenos granito-greenstone no núcleo, com as sequências vulcano-sedimentares, circundando os domos graníticos (Kishida, 1979).

Os trabalhos anteriores realizados na região (Kishida, op. cit. ; Silva, 1983. ; Davison et al. ,1987) dividem a sequência de rochas vulcano-sedimentares em três domínios (DS: Domínio Sedimentar, DVF: Domínio Vulcânico Félsico e DVM: Domínio Vulcânico Máfico), os quais serão descritos a seguir, além dos corpos intrusivos e considerações sobre o embasamento (figura 03).

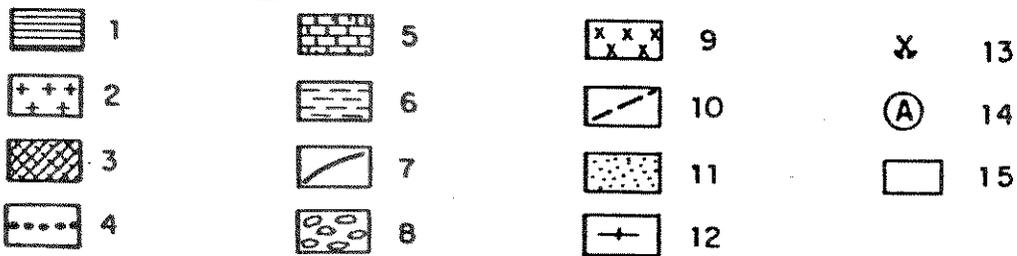
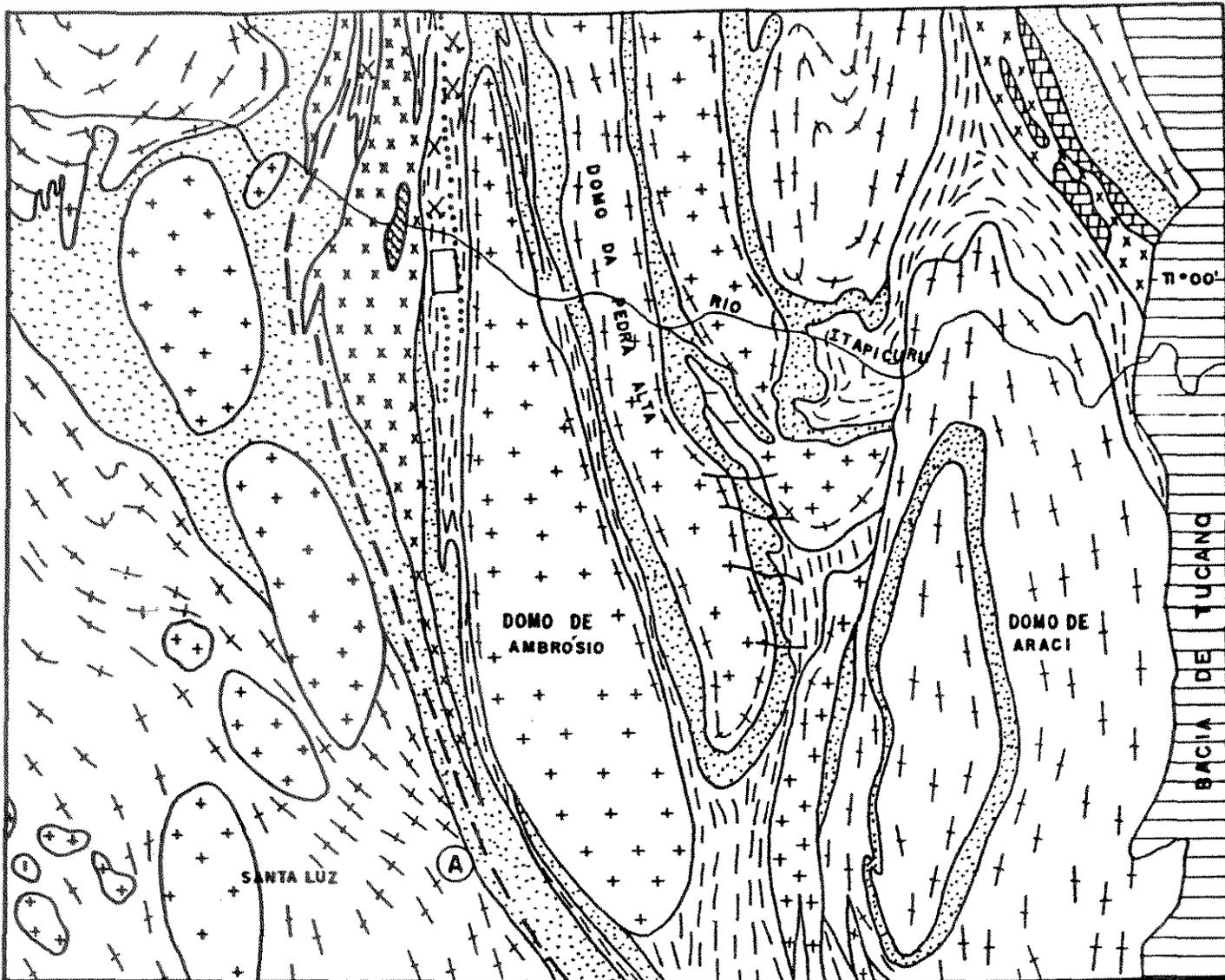


LEGENDA

-  Sedimentos fanerozóicos de cobertura
-  Sedimentos Pré-Cambrianos de cobertura
-  Grupo Jacobina
-  Terrenos Granulíticos
-  Terrenos gnaissico-migmatíticos
-  Gnaisses sieníticos
-  Terrenos granito greenstone

FIGURA 02

Greenstone Belt do Rio Itapicuru na porção NE do Craton do São Francisco e seu contexto Regional (Pires et al 1976 in Kishida, 1979)



ESCALA
0 10
km

FIGURA 03

Detalhe da figura 02 - Mapa geológico do greenstone belt do Rio Itapicuru e localização do Alvo Antas. (Davison et al., 1987, modificado pelo autor).

- LEGENDA: 1- Sedimentos Mesozóicos - Bacia de Tucano
- 2- Granitos Tectônicos tardios, principalmente
- 3- Dioritos
- 4- Sills gabróides
- 5- Metadolomitos
- 6- Metasiltitos e metapelitos
- 7- Formação ferrífera bandada e cherts
- 8- Metaconglomerados e meta-arcóseos
- 9- Metavulcânicas calcoalcalinas (andesitos, ácidos, dacitos, riolitos - lavas, tufo e aglomerados).
- 10- Metapelitos e sedimentos químicos
- 11- Basaltos toleíticos
- 12- Granitos deformados e gnaisses
- 13- Minas de Ouro
- 14- Depósitos de ouro e ocorrências
- 15- Alvo Antas (mina de ouro da Faz. M. Preta)

DOMÍNIO SEDIMENTAR (DS)

Os principais tipos de rochas neste domínio são psamitos de granulacão fina e pelitos, ritmicamente bandados com estratificação plano-paralela. Períodos de baixo fluxo de sedimentação clástica são marcados pela presença de cherts laminados, jaspelitos, BIF e sedimentos ricos em manganês (gonditos com essartita e quartzo). Esta sequência é interpretada como turbiditos distais de derivação vulcânica com intercalação de sedimentos químicos.

DOMÍNIO VULCÂNICO FÉLSICO (DVF)

Apresenta-se como um domínio irregular, gradando lateralmente para o DVM ou DS. Representa em torno de 25% das litologias que compõem o greenstone belt (Corpo Técnico da Docegeo)

O edifício vulcânico félsico tem uma extensão norte-sul de 30 Km. Os aglomerados (apresentando bombas de até 2 m ao longo do leito do Rio Itapicuru) são rodeados por tufos mais finos (com placas de sericita e clorita na matriz fortemente orientadas) e lavas andesíticas maciças ou xistosas (foto 01). Andesitos esfelíticos ocorrem localmente, possivelmente produto de imiscibilidade magmática ocorrida antes da extrusão (Silva op. cit. in Davison et al, op. cit.).

Os clastos dos tufos são fragmentos de lavas andesíticas a dacíticas, plagioclásio fraturado, cristais de quartzo e shards de vidro vulcânico; enquanto os sedimentos epiclásticos

ocorrem através do domínio com textura e mineralogia similar aos tufos finos. Camadas de chert indicam baixas taxas de deposição sedimentar, ocorridas entre erupções vulcânicas

Foram identificados dentro deste domínio, dois afloramentos com formas elipsóides de 1,0 Km de extensão por 200 m de largura com rochas serpentinizadas que apresentam afinidade komatiítica (Silva 1983).



FOTO 01

Rochas piroclásticas (tufos) do DVF. (Domínio Vulcânico Félsico)

DOMÍNIO VULCÂNICO MÁFICO (DVM)

Baseando-se nos levantamentos de campo realizados pelo corpo técnico da Docegeo, o DVM ocupa aproximadamente 60% da área do greenstone belt, localizado principalmente nas zonas marginais

dos domínios, em contato com granitóides e gnaisses.

O principal litotipo é basalto maciço, localmente com textura variolítica, "pillow" lavas (foto 02), brechas de fluxo, etc. Ocorrem intercalações de sedimentos químicos e clásticos finamente granulados, cherts, formações ferríferas e xistos pelíticos localmente carbonosos. Segundo Davison et al (1987) estas litologias sugerem um ambiente de bacia imersa, com pouco fluxo de sedimentos clásticos, mas com alta efusão de basaltos subaquosos em condições de águas tranquilas à profundidade média. Condições tanto de oxidação como redução, são testemunhadas pela intercalação de formações ferríferas fácies óxido e argilas carbonosas com menor sulfeto maciço.

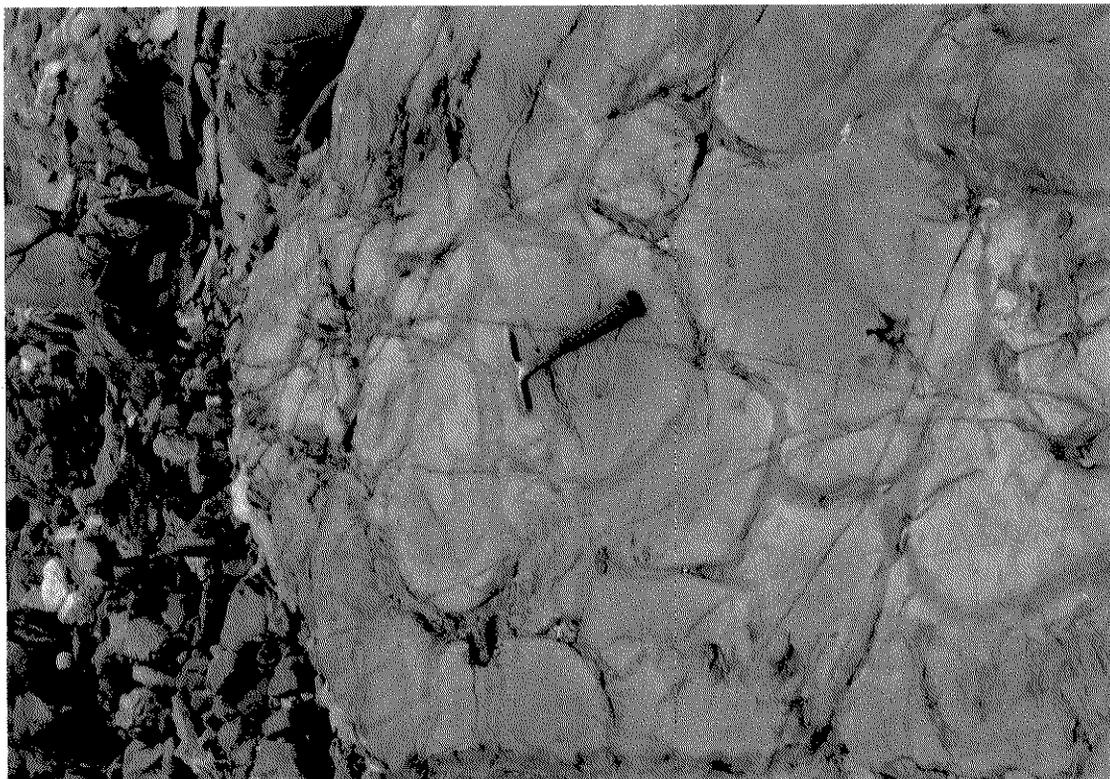


FOTO 02

Basaltos com "pillow" lavas encontrados no Rio Itapicuru

SILLS GABRÓIDES

São sítios preferenciais para mineralizações auríferas, quando associados a zonas de cisalhamento e veios de quartzo. Ocorrem principalmente no contato DVF-DS, especialmente na mina de ouro da Fazenda Brasileiro (Teixeira, 1984)..

DOMOS GRANITO-GNAISSICO

O Domo de Ambrósio é o maior corpo intrusivo de natureza granodiorítica que ocorre na sequência do greenstone belt (figura 03). As litologias variam de tonalitos a granito-gnaissicas, ocorrendo notáveis concentrações de pegmatitos ricos em turmalinas, próximo ao contato com o greenstone belt (Davison et al , op. cit.).

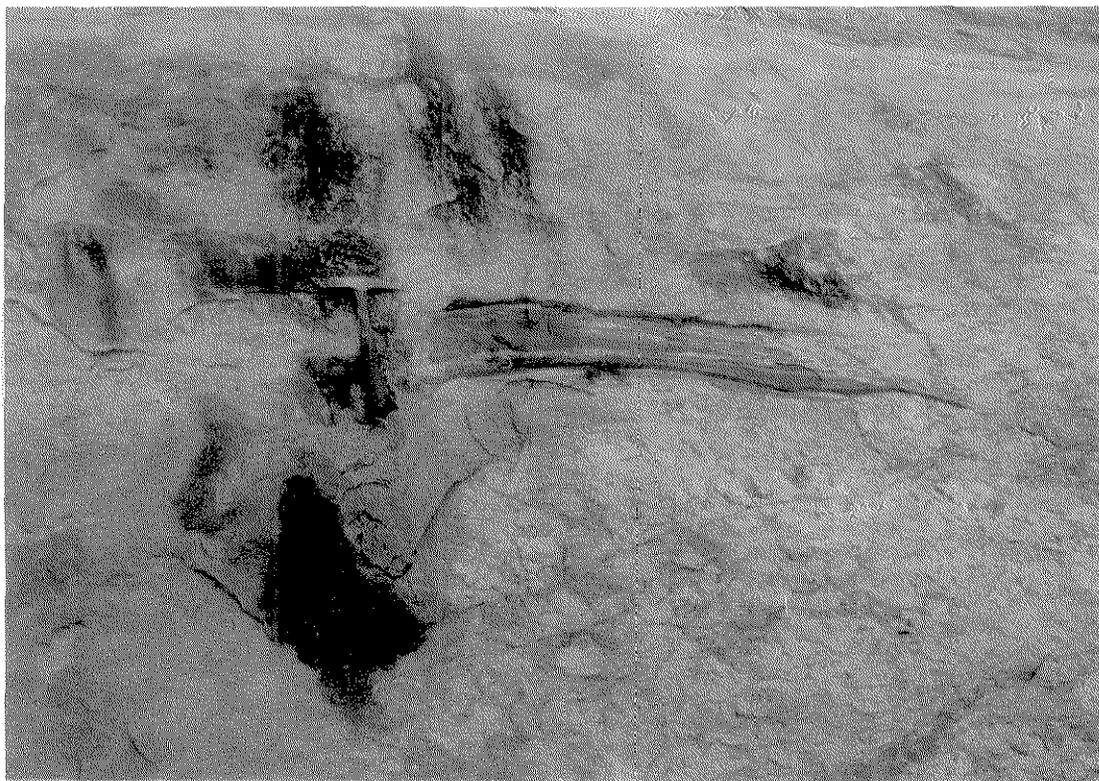
Segundo Matos et al (1987) o Domo de Ambrósio é um corpo intrusivo, que contém xenólitos gnaissicos que seriam "pedaços" de crosta inferior, englobados durante a ascensão do magma granítico (fotos 03 e 04). Entre os vários argumentos para o carácter intrusivo do domo estão os fatos de que os núcleos dos granitos apresentam-se com textura ígnea e são fracamente deformados; xenólitos das rochas encaixantes são encontrados nas margens dos domos graníticos deformados. Ainda segundo este autor, os pegmatitos ricos em turmalina nas margens do domo (contato superior) são típicos de líquidos enriquecidos em voláteis de estágio tardio nas intrusões graníticas; pois se os pegmatitos fossem produzidos por fusão parcial devido ao "shear heating" de um embasamento granítico, não haveria razão óbvia para que a fusão

parcial fosse tão rica em boro, pois a turmalina não foi identificada nos granitos dos gnaisses.



FOTOS 03 E 04

Domo de Ambrósio bastante deformado englobando "pedaços" de rocha gnaissica.



Os Domos de Pedra Alta e Nordestina (figura 03) consistem de características e litologias similares, como a intrusão de Ambrósio.

Ainda ocorrem corpos granitóides (granodioríticos) tardios, menores, os quais são claramente intrusivos na sequência, não apresentando textura de deformação e presumidos como tardi-tectônicos. Nenhuma evidência inequívoca para embasamento existe; entretanto, o Complexo Gnaissico de Santa Luz, o qual situa-se a sudoeste do Greenstone Belt do Rio Itapicuru, é interpretado como embasamento síalico para a sequência supracrustal (figura 03). Aqui, o contato entre os gnaisses bandados e o greenstone belt não tem sido observado diretamente, mas afloramentos de pelitos, situados 50 m sobre os gnaisses, não mostram metamorfismo de contato. Além disto há uma forte discordância estrutural entre o bandamento gnaissico e a clivagem nos pelitos, sugerindo que a deformação nos gnaisses pode ser mais antiga.

Uma outra evidência indireta para o embasamento síalico pré-existente, inclui os megaxenólitos dos gnaisses bandados nas bordas, altamente deformadas, do Domo de Ambrósio, o qual tem sido datado, através do método U/Pb em zircões, apresentando valores em torno de 2930 ± 32 ma (Gáal et al, 1987).

Como últimas considerações sobre o greenstone belt do Rio Itapicuru, é importante dizer que principalmente em seu setor norte, ocorrem zonas de cisalhamento com orientação N-S, onde desenvolveu-se uma foliação que mergulha em média 60 para oeste, contendo também uma lineação N-S de mergulho suave. Para as porções sul desta sequência, a foliação passa a ter orientação E-W,

com mergulho de 40 em média para sul e lineação E-W, também de mergulho suave.

Com o desenvolvimento desta foliação cisalhante N-S, provavelmente ocorreu a colocação sintectônica dos domos granito-gnaissico (Ambrósio, Pedra Alta e Nordestina), razoavelmente posicionados e foliados com orientação N-S.

GEOLOGIA LOCAL

Como uma região que se constitui em uma importante zona de mineralização aurífera, com uma área de não mais que 3 Km², temos o alvo Antas (foto 05), atualmente mina de ouro da Fazenda Maria Preta. (Mapas 01,02,03), realizado pelo corpo Técnico da Docegeo - BA), constituindo a área de enfoque deste trabalho. Esta região faz parte do Greenstone Belt do Rio Itapicuru (figura 03), tendo como principais domínios o DVF e o DS, segundo classificação de Kishida (1979), Silva (1983) e Davison et al (1987). Dentro desta classificação, os principais litotipos que se apresentam são andesitos ácidos, dacitos, riolitos, corpos intrusivos de natureza diorítica e metassedimentos de natureza pelítica-psamítica, grauváquicos a turbidíticos e vulcanoclásticas carbonosas. Tais litotipos foram submetidos a processos de metamorfismo, alteração hidrotermal e deformação (geração de zonas de cisalhamento), os quais dificultam em muito o reconhecimento da mineralogia e composição química original, gerando litotipos carbonatizados, sericitizados e cloritizados, com maior ou menor intensidade.



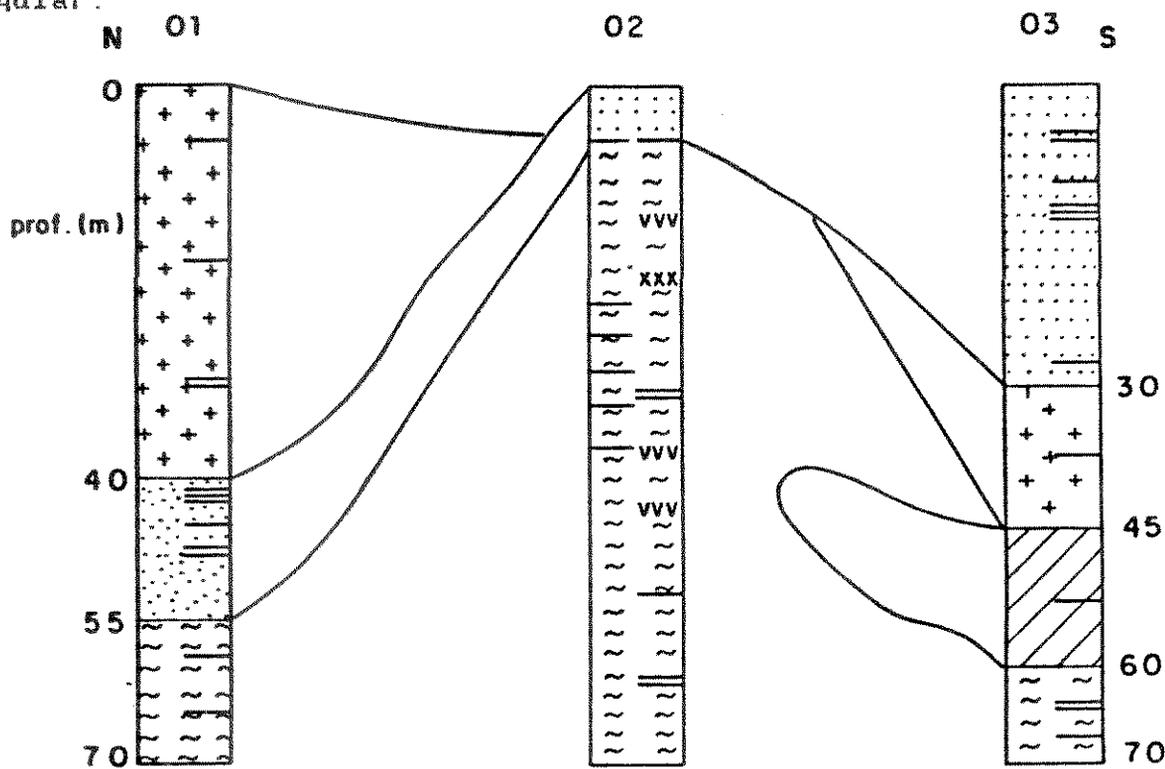
FOTO 05

Visão geral da área do alvo Antas, atualmente mina de ouro da Fazenda Maria Preta.

Dentro do contexto acima colocado, será realizada a caracterização dos principais litotipos da mina da Fazenda Maria Preta, (Alvo Antas), bem como suas relações de continuidade em profundidade, a partir de observações de furos de sonda, nos alvos 01, 02 e 03. Para isto, elaborou-se uma coluna padrão para cada alvo, interligadas entre si (figura 04). Em seguida, proceder-se-á a descrição de forma geral dos processos de deformação (Cisalhamento Ruptil/Ductil) que atuaram de forma tão intensa e que provavelmente foram, junto com os fluidos envolvidos, os responsáveis pelos processos de brechação das litologias, geração de veios de quartzo, bem como pelas mineralizações associadas.

O mapeamento das litologias revela que, em média, os metassedimentos e rochas vulcano-clásticas constituem 40% da

área, os andesitos ácidos 23%, os dacitos 14%, corpos de natureza diorítica 16% e as brechas de litogias e veios de quartzo 7% (Corpo Técnico da Docegeo). Com relação às feições características destas litologias, os metassedimentos são representados predominantemente por grauvascas, pelitos, psamitos, etc. Apresentam-se foliados com a geração de um bandamento característico, onde, em alguns casos, é possível observar o acamamento reliquiar.



LEGENDA

	Dacito		Zona Mineralizada
	Metassedimento		Veios de quartzo
	Andesito		Brecha Sedimentar
	Diorito		Tufos andesito-dacítico
			Brecha andesito-dacítica

FIGURA 04

Perfil esquemático do comportamento em profundidade das litologias do Alvo Antas.

As litologias de granulação fina (pelitos), mais ou menos carbonosas ou ferruginosas ocorrem como bandas de até 1 cm de espessura, bem orientadas e paralelas, que alternam camadas claras (sericíticas) e escuras (carbonosas) ou avermelhadas (ferruginosas). Esta litologia ocorre intercalando-se com sedimentos psamíticos mais grosseiros, de natureza quartzo-feldspática-carbonática, onde é possível a observação de estruturas do tipo acamamento gradacional. Como exemplo de tal situação tem-se o furo de sonda 15 de Antas 1 (mapa 01), onde observam-se nos testemunhos, lentes finas (pelitos) acinzentadas, ferruginosas intercalando-se com sedimentos de granulação mais grosseira, constituído essencialmente de quartzo, feldspato e carbonatos.

No furo 19 de Antas 01 é observada a seguinte alternância de metassedimentos: Da base para o topo têm-se metassedimentos finos (pelitos) carbonosos e sericíticos, com bandas milimétricas que tornam-se gradualmente penetrados por veios quartzo-carbonáticos; novamente aparecem os pelitos carbonosos, seguidos por um material mais grosseiro, ainda pelítico, com fragmentos de até 2 cm, quartzosos e orientados de acordo com a foliação dominante, voltando a aparecer os metapelitos finos e carbonosos. Toda esta sequência corresponde a um intervalo de aproximadamente 30 m.

No furo 18 de Antas 01, observam-se arenitos finos (psamitos) de coloração amarelada com fragmentos (microvenulações), provavelmente produtos de colocação sintectônica de material quartzo-carbonático deformado e orientado segundo a foliação cisalhante. Estes fragmentos chegam a atingir 4 cm e são predomi-

nantemente quartzosos. Tanto nas cotas superiores como inferiores desta sequência, ocorrem metassedimentos pelíticos, mais ou menos carbonosos intercalados aos arenitos finos acima citados, com a ocorrência de estruturas do tipo acamamento gradacional.

Principalmente ao longo do Alvo Antas 02 (mapa 02), é comum a intercalação de lentes centimétricas de metassedimentos pelíticos carbonosos com os andesitos, algo tufáceos, também carbonosos, ambos normalmente impregnados de pirita e arsenopirita.

No que se refere aos andesitos ácidos, quando mais compactos, não submetidos a processos de brechação, apresentam-se com coloração verde-escura, com predominância de material clorítico a sericítico. Quando bandados e cisalhados com desenvolvimento de uma xistosidade, apresentam-se friáveis, untosos com coloração verde acizentada constituídos basicamente de cloritas, talco e sericita, além de ser possível observar níveis mais claros com predominância de material clorítico a sericítico, níveis amarronzados com material carbonático e níveis mais escuros de material carbonáceo.

Nos alvos 01 e 02 observa-se material fino de composição andesítica, com textura tufácea, onde os fragmentos têm dimensões que podem chegar a 5 cm com composição de andesitos ácidos, dacitos e quartzos. Estes tufos podem ocorrer intercalados às demais litologias anteriormente citadas, sendo possível esta constatação ao longo de vários furos de sonda, onde aparecem predominantemente associados aos metassedimentos, estando deformados em função do cisalhamento que afetou a região..

Com relação aos dacitos, são rochas de coloração cinza a creme esbranquiçada, têm aspecto bastante homogêneo, com granulação muito fina, mostrando impregnação de sulfetos (pirita, arsenopirita), (Xavier, in prep.) de forma não muito acentuada, ocorrendo principalmente ao longo dos alvos 01 e 03.

Os dioritos são litologias que apresentam-se com granulação fina a média com coloração marrom esbranquiçada, ocorrendo apenas na porção Sul da área (alvo 03).

Dentro do proposto na parte inicial deste capítulo, com relação à continuidade das litologias em profundidade, (figura 04) temos o Alvo Antas 01 (Mapa 01, Furo de Sonda Padrão 01) que é caracterizado predominantemente por dacitos e metassedimentos e apenas localmente, na porção Sul por andesitos ácidos, além de veios de quartzo, junto a brechas de material dacítico e metassedimentos carbonosos, sulfetados onde normalmente há a mineralizações associadas.

Os dacitos em profundidade chegam a atingir 40 m de espessura, ocorrendo em quase todo Antas 01, onde as cotas mais profundas estão na parte Norte da área; não se apresentam apenas no extremo Sul, onde aparecem os andesitos. Normalmente ocorrem intercalados com metassedimentos.

O metassedimentos chegam a apresentar até 30 m de espessura e intercalam-se com os dacitos e andesitos (às vezes com aspecto tufáceo) respectivamente nas porções ao Norte e Sul, com espessuras médias de 15 m.

Ao dirigir-se para o Alvo Antas 02, porção pouco mais ao Sul, os andesitos passam a ser predominantes ao longo dos per-

fis, onde têm-se intercalações de metassedimentos predominantemente carbonáceos, às vezes ferruginosos, de espessura métrica.

Na maioria das vezes os andesitos podem ser reconhecidos como clorita carbonato sericita xisto; em outras situações (furos 20, 21, 12 do alvo 02), têm-se aglomerados vulcânicos, rochas piroclásticas, tufos carbonáceos, com fragmentos que chegam a 8 cm, de natureza andesítica, brechados, silicificados, carbonatizados, normalmente com presença de sulfetos do tipo arsenopirita (Xavier, Comunicação Verbal). As mineralizações estão predominantemente associadas a este contexto.

Para as regiões no extremo Sul da área (alvo 03), tem-se uma predominância de metassedimentos, seguidos por corpos intrusivos de natureza diorítica e em menor quantidade andesitos e dacitos. Nas porções superiores, os metassedimentos apresentam espessuras médias em torno de 30 m, intercalando-se com dacitos e andesitos, respectivamente com espessuras de 15 m e indeterminada, pois chega-se ao final do furo.

Em direção às porções inferiores têm-se os corpos intrusivos de natureza diorítica, com espessuras médias em torno de 15 m, intercalando-se com metassedimentos e andesitos.

Quanto às mineralizações, ocorrem predominantemente associadas aos metassedimentos com brechações e penetração de vários tipos de elementos semelhantes aos descritos para os Alvos anteriores. A observação da figura 04 poderá referendar toda descrição acima realizada.

Cumprindo o último objetivo proposto na parte inicial deste capítulo proceder-se-á à descrição dos processos deforma-

cionais (Cisalhamento Dúctil/Rúptil), bem como a presença de fluidos a ele associado. O cisalhamento dúctil que afetou a região tem orientação N-S, com a foliação mergulhando em média 40° para W, ocorrendo estruturas típicas de cisalhamento dúctil, onde os indicadores cinemáticos são boudins, lineação mineral, foliação S/C, seixos rotacionados, etc.

Merece destaque o fato de que as litologias desta região podem ter sido deformadas em níveis crustais dentro do limite Dúctil/Rúptil e ou as rochas apresentam diferentes níveis de competência com relação ao cisalhamento. Entre os vários locais onde esta situação se verifica, tem-se o alvo 02, onde andesitos ocorrem intensamente fraturados, de maneira irregular, entrecortando a foliação dominante. De maneira semelhante, os dacitos na porção Sul da área, (alvo 03), apresentam-se com feições semelhantes de fraturamento. Os metassedimentos apresentam-se de forma semelhante, com a ocorrência de fraturas preenchidas por veios, venulações e bolsões rompendo uma foliação previamente existente.

Com relação às características deste fraturamento, este apresenta-se com dimensões de milímetros a metros, sendo preenchidos predominantemente por material quartzoso e ou carbonático, (foto 06) mais ou menos carbonosos, ou ferruginosos. Ainda com relação à ocorrência destas fraturas, tem-se a geração de veios, venulações e bolsões que dão à rocha um aspecto brechóide, inclusive com a geração de cavidades de sulfetos e ou carbonatos. Em alguns furos de sonda da parte central de Antas (alvo 02), a brechagem foi tão intensa que as venulações englobam fragmentos da

rocha encaixante, ou seja, do próprio andesito. Esta situação se repete com relação aos dacitos. Ainda é importante salientar que, nos casos apresentados acima, o processo de brechação é realmente caracterizado, mas existem outros casos onde tem-se apenas uma incipiente ocorrência de veios quartzosos, pouco carbonáticos, de dimensões milimétricas, dando à rocha um aspecto de rede de pescaria (furo 19,20 - alvo 03), onde é possível a observação da foliação original.

Como consideração final, cabe enfatizar que, o grosso das mineralizações, dentro da mina da Fazenda Maria Preta, ocorrem associadas às rochas vulcano-clásticas, de natureza andesito-dacito, muito carbonosos e com sulfetos.

PETROGRAFIA

METASSEDIMENTOS

De forma geral, os metassedimentos ocorrem alternando bandas centimétricas a milimétricas (foto 07), de natureza pelítico-psamítica, ora carbonáceos, ora ferruginosos, interdigitando-se, ou com acamamento gradacional. Este material de natureza pelítico-psamítica, essencialmente constituído de sericita e clorita com quartzo muito fino nas porções pelíticas, apresenta uma variedade muito grande de fragmentos, tendo como os mais abundantes o quartzo e o feldspato, sendo o primeiro bastante anguloso e algo deformado, enquanto os feldspatos apresentam-se com hábito prismático com geminação polissintética e alguma carsbald

com bordas bastante sericitizadas, podendo estar ou não deformados, inclusive a geminação. Entre os fragmentos pouco menos frequentes, têm-se limonita, goetita e opacos com formas retangulares, possivelmente representando minerais máficos transformados. Ainda como fragmentos bem menos frequentes têm-se fragmentos de chert carbonosos de dimensões submilimétrica a milimétricas, com alguns quase totalmente recristalizados; presença de fiapos de sedimentos carbonosos, muscovita e biotita verde.

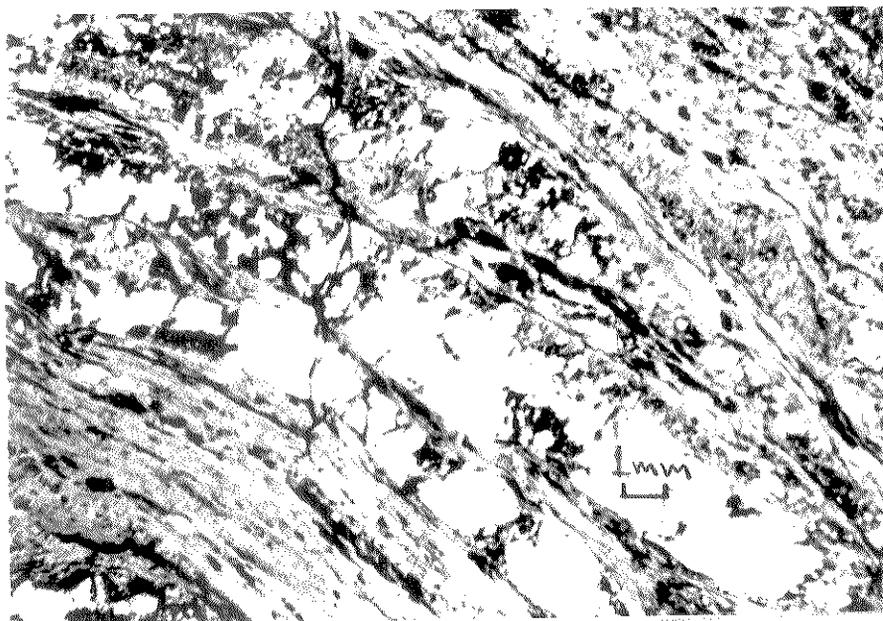


FOTO 06

Metassedimentos finos (pelitos) entrecortados por venu-
lações quartzosas.

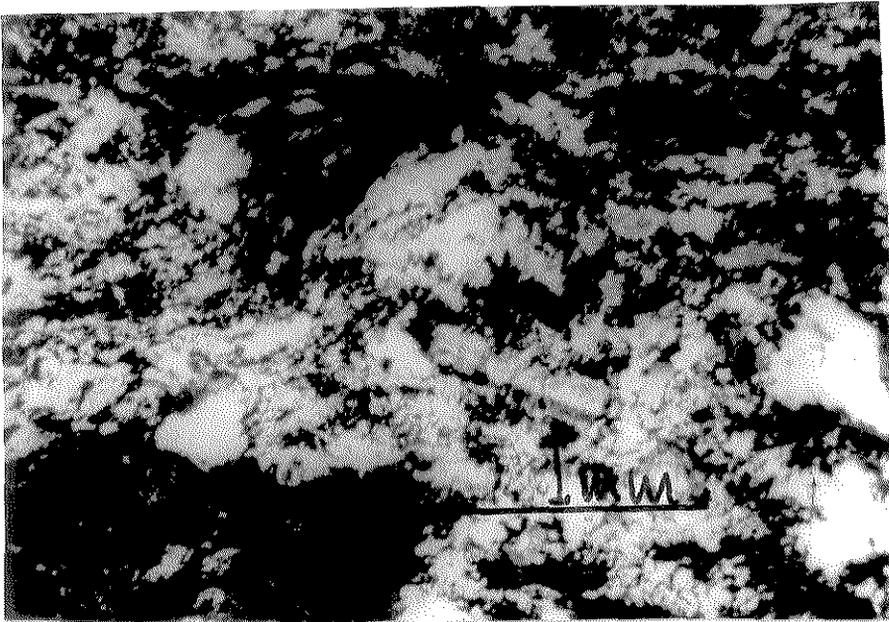


FOTO 07

Intercalação de metassedimentos finos (pelitos) e grosseiros (psamíticos).

Em algumas situações como no furo 15 de Antas 01, observa-se uma base grosseira com matriz de quartzo, feldspato, clorita com fragmentos irregulares de composição diversa e topo bem fino com sericita, clorita, muscovita bem orientada com níveis algo ferruginosos (goetitizados) ou carbonosos. Tal fato caracteriza uma grauvaça lítica com fragmentos de rochas que são pedaços de monocristais de origem vulcânica (quartzosos sem terminações euhedrais, sem arredondamento, sem esfericidade). Além disto, nota-se a presença de alguns níveis com sedimentação epiclástica, ou seja, com enriquecimento em máficos em contato com níveis mais sericíticos e cloríticos com microgrãos de quartzo orientados, possivelmente representando um vidro de composição dacítica.

No furo de sonda 19 do alvo 03 observa-se uma matriz de quartzo bem fino, sericita, algo carbonácea com fragmentos de

quartzo e rutilo bastante angulosos. Este fato deve significar que tais fragmentos foram pouco transportados e que a origem dos rutilos deve estar associada aos andesitos ácidos, pois este mineral só é encontrado neste tipo de litologia.

ROCHAS VULCANOCLÁSTICAS

As rochas vulcanoclásticas ocorrem dentro da mina como lapili tufos e aglomerados carbonosos, com uma matriz fina de sericita e quartzo (furo de sonda número 11 do alvo 03), onde os fragmentos são predominantemente de quartzo e plagioclásios geminados e sericitizados com formas angulares e medindo em média 0,7 mm. Ocorrem ainda alguns fragmentos de chert e líticos de dacitoriolito.

Foram observados ainda, aglomerados com uma matriz rica em cloritas, opacos goetitizados, transformados a partir de minerais máficos, e quartzo (matriz típica de andesitos ácidos), com fragmentos de quartzo, cloritas limonitizadas e cinzas vulcânicas félsicas muito finas com quartzo e plagioclásio bem fininho. Um exemplo deste fato, ocorre no furo 21 de Antas 02 (mapa 02).

ANDESITOS ÁCIDOS

Respondendo por uma porção significativa do Alvo Antas, estão os andesitos, os quais ocorrem intercalados a dacitos e riolitos e metassedimentos. A análise macroscópica revela uma rocha de granulação fina, com foliação levemente desenvolvida e co-

loração cinza a cinza-esverdeada. Assim eles se destacam dos dacitos, que são leucocráticos, esbranquiçados nos furos de sonda e nos perfís do Rio Itapicuru, onde nem sempre as diferenças são tão óbvias.

A caracterização petrográfica revela uma rocha com matriz rica em plagioclásio, clorita, pouco quartzo e acessórios como epidoto (clinozoisita), rutilo, além de opacos como leucoxênio, goetita, pirita e arsenopirita, apresentando granulação muito fina a fina dispostos em uma textura que varia de microgranular intersertal a porfirítica até glomeroporfirítica. . Onde a deformação é mais intensa, têm-se a geração de texturas lepdoblásticas.

Tal litologia apresenta como feições dominantes e talvez mais importantes processos de alteração que transformam minerais primários, em ordem decrescente de intensidade em carbonato, clorita, albita sericita e epidoto. Nas lâminas estudadas é claramente perceptível a transformação de plagioclásios, muitas vezes com a geminação polissintética preservada, para carbonatos do tipo ankerita (Xavier, 1989, comunicação pessoal) que ocorrem com formas subhedrais a euhedrais. Ainda mais comumente, observa-se bolsões irregulares carbonáticos que dão a lâmina um aspecto nebuloso, que obscurece a textura geral da rocha. Nas regiões onde a carbonatização é mais intensa e também o cisalhamento, têm-se a presença de muitos opacos de granulação fina, que chegam a formar agregados.

Com relação ao processo de cloritização (furo de sonda número 10 de Antas 02), nota-se massas ricas das mesmas substi-

tuindo algum tipo de mineral máfico (piroxênios, anfibólios), cujos contornos dos grãos destacam-se frequentemente pelas formas losangulares, retangulares e em prismas compridos (foto 12). As cloritas podem ainda, ocorrer preenchendo fraturas de plagioclásio, ou mesmo como observado no furo 20 de Antas 02, serem muito finas, aparecendo intersticialmente em meio a plagioclásios grandes e bem formados

A sericitização de forma geral é menos intensa, sendo observada a partir de alguns plagioclásios, onde aparece em suas porções mais externas, ou mesmo preenchendo fraturas e formando microfibras que dispõem-se de forma irregular, ou algo paralela a foliação geral,

Apenas em alguns locais, observa-se a formação de epidoto (clinozoisita) a partir da transformação dos plagioclásios

O quartzo apresenta-se com granulação fina, bastante límpido e de forma geral não muito deformado, ocorrendo essencialmente como constituinte da matriz, não sendo observado como fenocristal

No que concerne a ocorrência de fenocristais nota-se que os mesmos podem ser de dois tipos. O primeiro de minerais máficos alterados para clorita e opacos e o segundo de plagioclásios.

A presença de opacos com dimensões médias de 1 mm com formas variadas (losangular, prismático), as vezes deformados, leva a suspeita de que os mesmos seriam fenocristais alterados de minerais máficos como piroxênios e anfibólios (foto 08), sendo responsáveis em média por 10% da rocha. Os fenocristais de pla-

gioclásios apresentam-se com dimensões em torno de 1 mm, sendo responsáveis em média por 25% da rocha, com formas subhedrais e geminação polissintética. Observa-se também concentração de plagioclásios, dispostos de forma radial, gerando uma textura glomeroporfirítica..

Com relação a composição média destas litologias, os plagioclásios ocorrem em 40% da rocha, as cloritas em 25%, opacos em 12% , quartzo em 13%, epidoto e pirita em 3% e rutilo e arsenopirita em 2%.

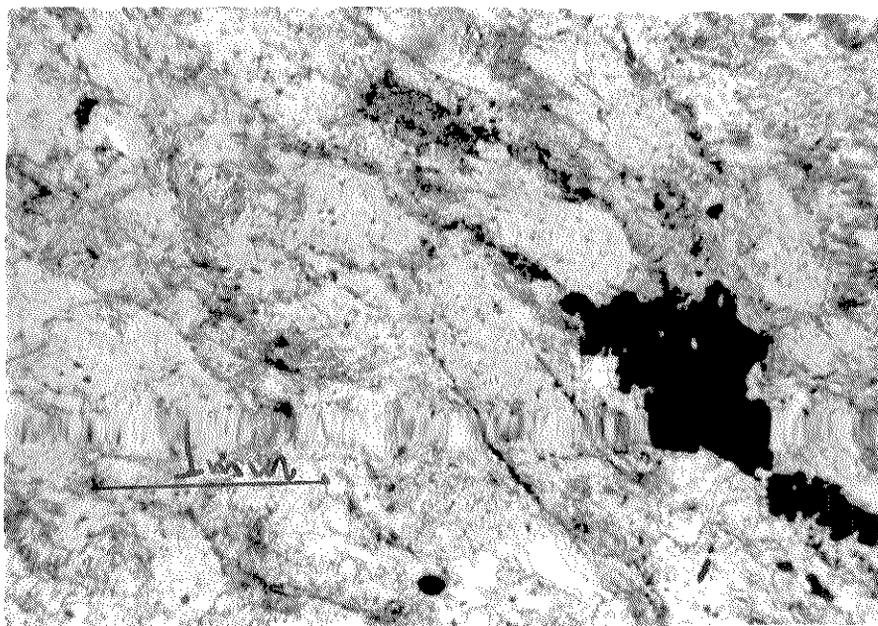


FOTO 08

Agregados de cloritas e carbonatos com formas retangulares e prismáticas, muito semelhante as de minerais máficos.

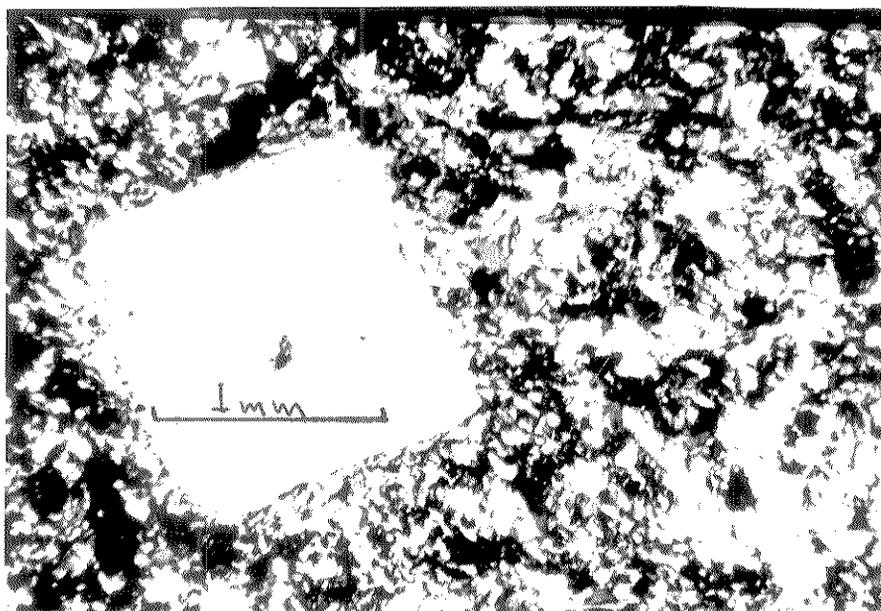


FOTO 09

Dacitos com quartzo bipiramidal, com nicóis cruzados

DACITOS

Compondo uma porção significativa do Alvo Antas (mapas 01,02,03), ocorrem rochas de natureza dacito/riolítica, as quais ocorrem intercaladas com os andesitos ácidos e metassedimentos descritos anteriormente. Macroscopicamente apresentam-se com aspecto isotrópico, algo homogêneo a levemente orientado, com coloração cinza a creme esbranquiçado. Tais feições são razoavelmente persistentes ao longo da área em questão, sendo obliteradas onde os processos de alteração e deformação fazem com que a rocha adquira um aspecto brechóide, com a ocorrência de veios e venulações de natureza quartzo-carbonática.

A petrografia revela uma matriz constituída de plagioclásios, quartzo bastante límpido e sericita, que se constituem em uma textura microgranular, traquitóide de granulação fina, com as ripinhas de plagioclásio razoavelmente orientada segundo o que deva ser uma orientação de fluxo da lava.

Estas rochas, na maioria das vezes desenvolvem textura microporfirítica, onde ocorrem fenocristais de quartzo, plagioclásio e provavelmente anfibólio (hornblenda-clorita), medindo em média 0,6 mm, corroídos e embaiados na matriz dacito-riolítica. Os fenocristais de quartzo, onde não deformados, apresentam formas bipiramidais, (foto 09) enquanto nos plagioclásios com formas prismáticas, observa-se a geminação polissintética. Onde a deformação é mais intensa, os fenocristais de quartzo apresentam-se com extinção ondulante, que pode variar de fraca a forte, e os de plagioclásio tem sua geminação contorcida. A porcentagem média destes fenocristais no total da rocha varia de 6 a 8% para o

quartzo e de 4 a 5% para os plagioclásios. Ainda com relação as texturas, foram observadas texturas micrográficas, onde plagioclásio e quartzo aparecem intercrescidos (fotos 10 e 11).

Como um dos minerais acessórios têm-se os carbonatos que ocorrem como produto de alteração de plagioclásio, aparecendo inclusive em veios junto ao quartzo em algumas situações, onde os grãos de carbonatos apresentam-se muito bem formados, euhedrais, romboédricos (foto 120). Os demais minerais acessórios observados à partir da transformação do plagioclásio são epidoto e provavelmente clorita.

Entre os minerais opacos temos pirita em maior quantidade (2%) (foto 13), goetita (1%) e ilmenita (1%), os dois últimos provavelmente produto da alteração de minerais máficos. Em situações onde a deformação é intensa, a presença de concentrações de opacos com formas torcidas, dificulta o seu reconhecimento como pirita ou alteração de minerais máficos.

A concentração de sericitas nesta rochas é variável e dispõem-se aleatoriamente. Em alguns casos ocorrem subordinadamente como microfexes que cortam com angulo médio de 45 graus, a textura traquitóide dominante. Nos casos onde o fraturamento da rocha é maior, as sericitas ocorrem em forma de rede, crescendo essencialmente nas bordas dos plagioclásios (fotos 10, 11)

Algumas situações interessante ocorrem (foto 14), onde têm-se uma matriz dacito-riolítica semelhante a descrita até agora, contendo concentrações (xenólitos) que se apresentam como manchas de material máfico constituído de hornblenda goetitizada transformando-se em biotita e clorita; além de grãos subhedrais

de plagioclásio.

Uma estimativa modal da composição dos dacitos revela 35% de plagioclásio, 40% de quartzo, 15% de sericita, 3% de carbonatos, 2% de pirita, 2% de clorita, 1% de epidoto, 1% de goetita e 1% de ilmenita.

DIORITOS

Apresenta-se de forma geral com uma matriz de plagioclásio (35%), clorita verde (26%) (alteração de minerais máficos), quartzo (22%) e epidoto (6%) intercrescidos, além de acessórios como carbonatos (5%), apatita (2%), titanita (1%), biotita (1%) e opacos (2%) como ilmenita e leucoxênio com formas esqueléticas ainda preservando sua textura ígnea.

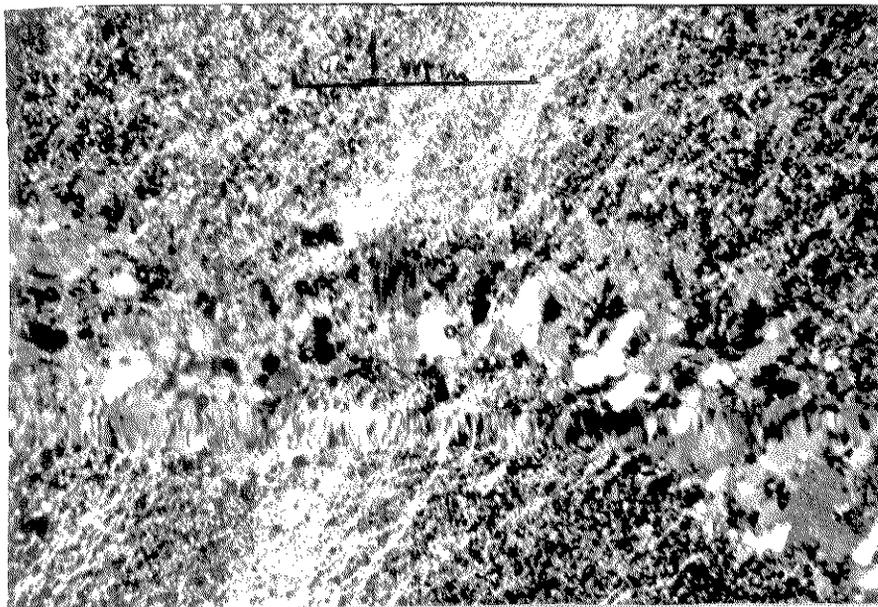
Os plagioclásios apresentam-se bem formados e são grandes (em torno de 1 mm), aparecem intercrescidos com quartzo, sendo pouco ou nada saussuritizados. Em algumas situações apresentam-se como manchas em uma matriz transformada para clorita e epidoto (Foto 15).

As texturas apresentam-se como porfiríticas a glomero-porfiríticas, com arranjos radiais dos plagioclásios, ou ainda com os minerais mais ou menos aleatórios gerando uma textura granular (foto 27).

Alguns dioritos observados ao longo do greenstone belt como um todo, apresentam-se com bastante quartzo, podendo ser interpretado como um diferenciado do corpo, originando um quartzo diorito.

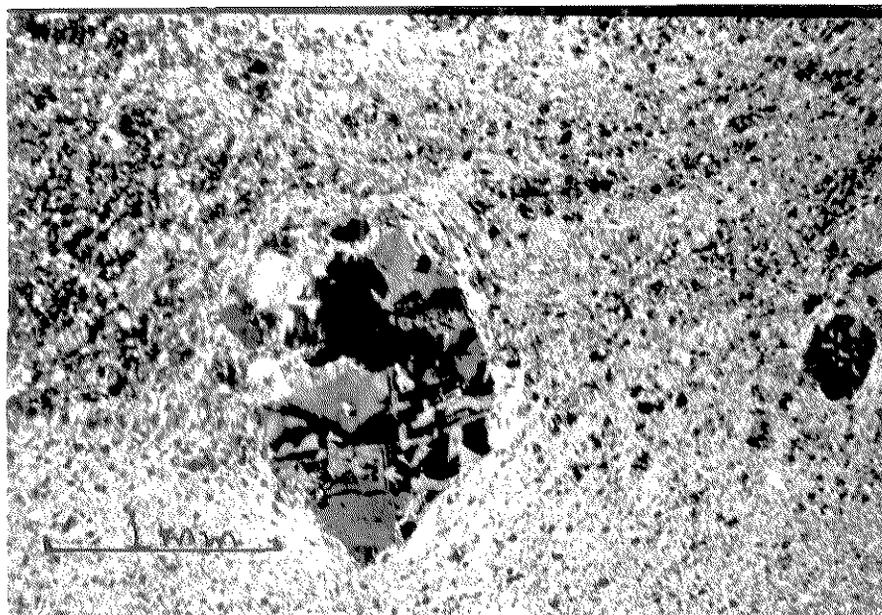
É observado ainda, ao longo do greenstone belt alguns dioritos como na trincheira número 03 de Antas 02, onde tem-se anfibólios enormes, bastante pálidos, ricos em magnésio, cloritizados e carbonatizados com suas texturas preservadas, com terminações de piroxênios e clivagem interna de anfibólios.

Estes dioritos apresentam no máximo 10% de quartzo, sendo muito ricos em anfibólios e plagioclásio, com cristais bem formados e granulação grosseira, com micro veios de carbonatos cortando os anfibólios. Os opacos presentes são ilmenitas e leucóxênio. Apresentam-se no geral, com texturas bastante cataclásticas e fragmentárias. Poderia tratar-se de um cumulado ou um porfirito gabro diorítico.



FOTOs 10/11

Rochas dacíticas com crescimento das sericitas em forma de rede nas bordas dos plagioclásios e desenvolvimento de texturas micrográficas.



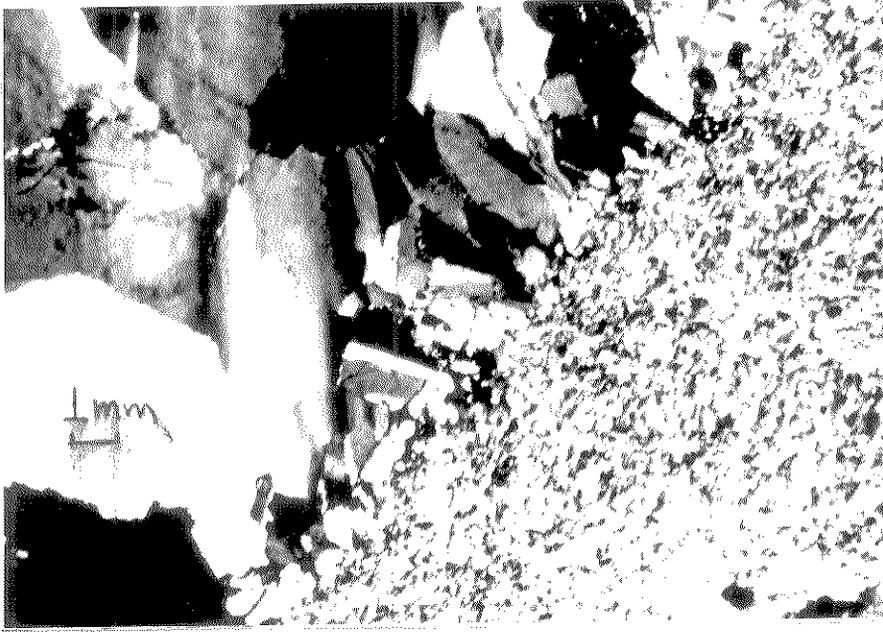


FOTO 12

Dacitos com veios quartzo-feldspáticos; com nicóis cruzados.

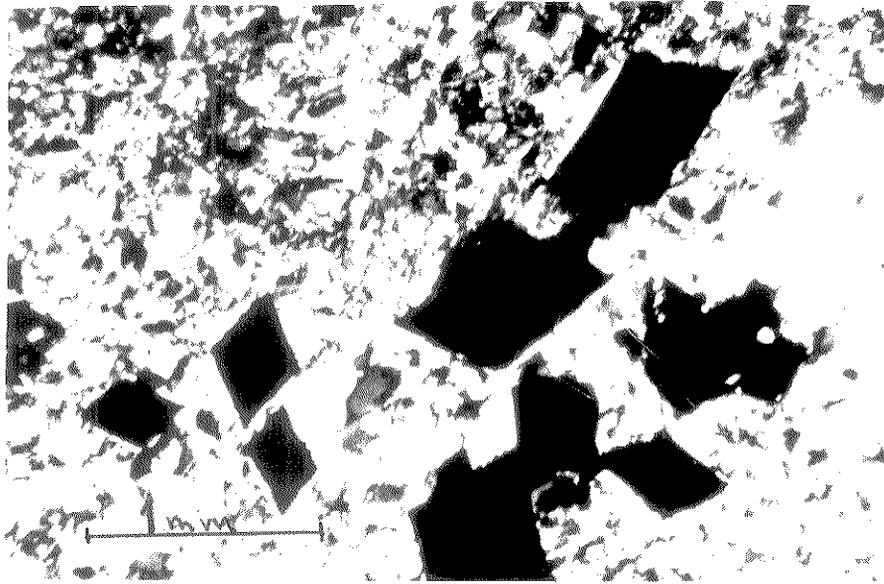


FOTO 13

Matriz dacítica com minerais deformados que assemelham-se a opacos em função de suas formas prismáticas, losangulares e retangulares; com nicóis cruzados.

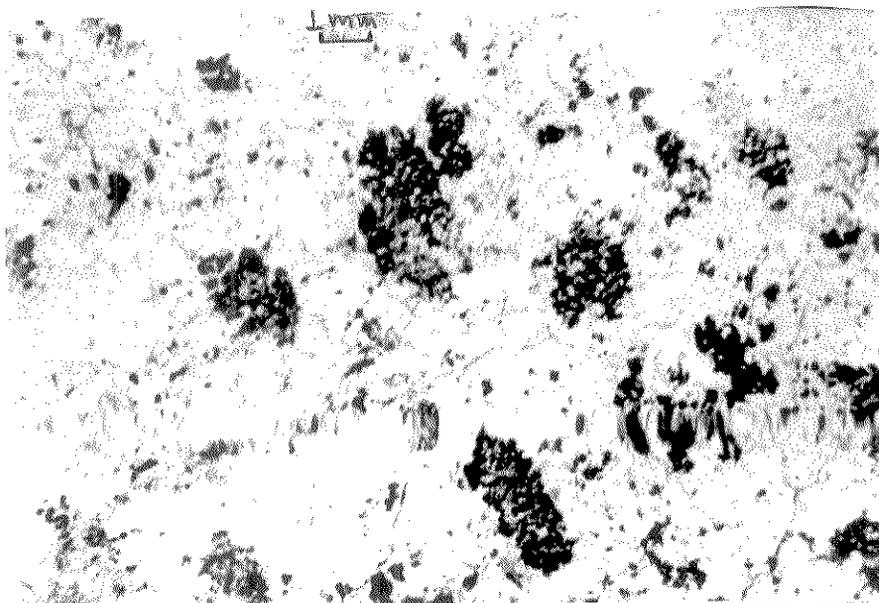


FOTO 14

Porções de rocha basáltica (manchas) envolta por uma matriz dacito-riolítica.

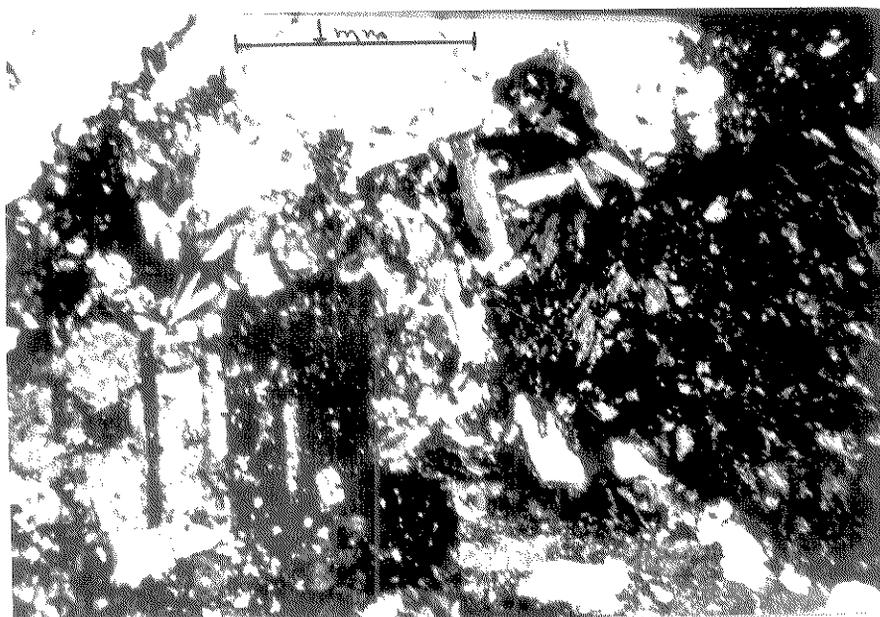


FOTO 15

Dioritos com plagioclásios algo carbonáticos, cloritas, quartzo, clinozoisita com textura porfirítica a glomeroporfirítica; com nicóis cruzados.

BASALTOS

Apresenta-se com granulação fina e mineralogia rica em plagioclásios (40%), piroxênios (10%) transformados para cloritas (28%) e opacos como ilmenita (2%), titanita (2%), magnetita (2%) e leucoxênio (1%), além de clinozoisita (4%) e titanita (3%).

A matriz apresenta-se essencialmente como um agregado de plagioclásio mais piroxênios e cloritas em uma textura porfirítica a glomeroporfirítica, onde os plagioclásios apresentam-se com crescimento radial.

O Intercrescimento de cloritas e opacos, normalmente apresentando formas retangulares pode indicar que os mesmos foram gerados a partir da alteração de minerais máficos como piroxênios e anfibólios. Do mesmo modo, alguns carbonatos ocorrem substituindo plagioclásios e piroxênios com formas retangulares e prismáticas.

Os plagioclásios podem se apresentar sericitizados junto a clorita, epidoto e pouco carbonato.

METAMORFISMO

Com as informações extraídas da literatura, a partir dos trabalhos realizados por Anhaeusser et al (1969), Myaashiro (1971), Boyle (1979), Condie (1981) entre outros, pode-se concluir que os grenstone belts são sequências vulcano-sedimentares que apresentam acentuado gradiente térmico, nas proximidades de suítes granitóides, onde o metamorfismo varia rapidamente, chegan-

do a atingir fácies anfibolito, mas tendo claramente o predomínio do fácies xisto verde e geralmente afetada por cisalhamento intenso.

Esta situação ocorre de maneira semelhante no que concerne ao greenstone belt do Rio Itapicuru. Os trabalhos realizados por Silva (1983, 1987) definem três eventos metamórficos principais, aos quais chamou: evento metamórfico hidrotermal (M1), evento metamórfico (M2) e evento metamórfico de contato (M3).

A realização de um perfil ao longo da porção média do greenstone belt do Rio Itapicuru (figura 05, Silva 1987) mostra claramente o zoneamento metamórfico existente (M2 e M3). O evento metamórfico regional (M2) é caracterizado predominantemente pelo fácies xisto verde, que aproximando-se dos corpos intrusivos, sejam eles gabróides ou graníticos, transicionam para o fácies epidoto-anfibolito até anfibolito. No contato com os corpos intrusivos desenvolve-se o fácies hornblenda-hornfels, que representa o metamorfismo de contato (M3).

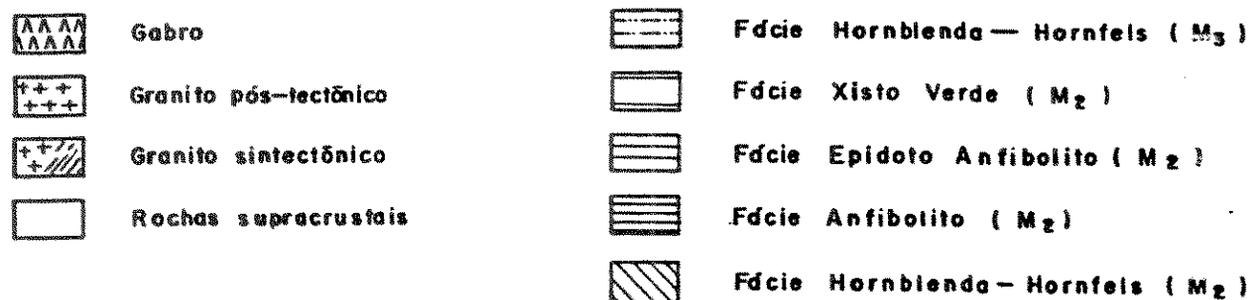
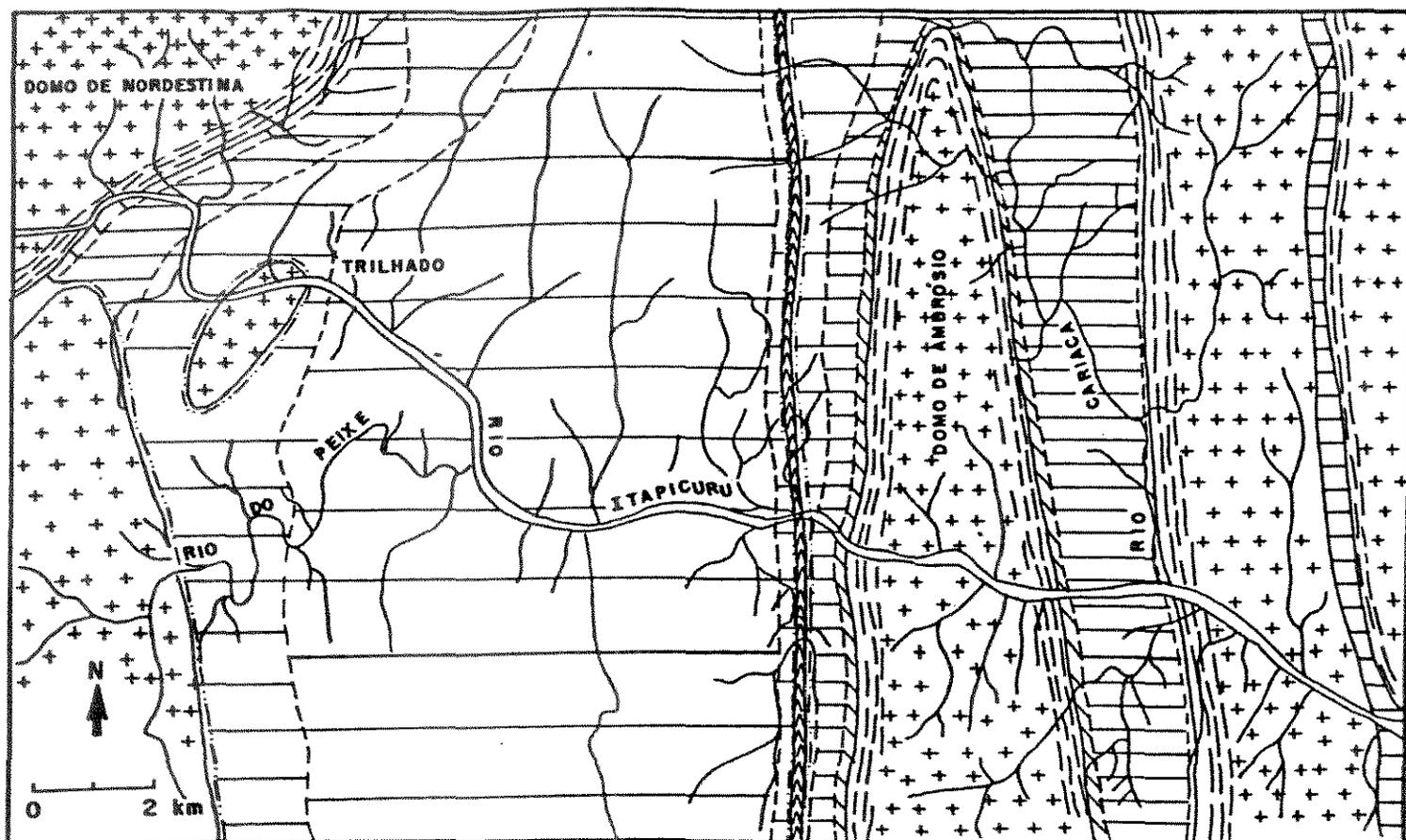


FIGURA 05

Zoneografia metamórfica da porção média do greenstone belt do Rio Itapicuru (Silva, 1987).

O evento metamórfico de alteração hidrotermal (M₁) é definido por Silva (1983) como o primeiro tipo de metamorfismo ocorrido no greenstone belt e desenvolve paragêneses espilíticas com clorita, albita, calcita, quartzo, epidoto, hematita e leuco-

xênio, essencialmente a partir de basaltos.

No estudo realizado por este autor na Mina Fazenda Maria Preta (Alvo Antas), o exame petrográfico das litologias, permitiu caracterizar um evento metamórfico (M2) de fácies xisto verde e um evento de hidrotermalismo posterior superposto, associado ao cisalhamento e mineralização.

Estes eventos serão discutidos a partir da observação de paragêneses, texturas e possíveis reações desenvolvidas nos basaltos, andesitos ácidos, dioritos e dacitos.

No evento metamórfico (M2), as reações com os basaltos podem assim ser apresentadas: piroxênio + plagioclásio + CO₂ + H₂O = anfibólio + albita + clorita + clinozoisita + sericita + carbonatos + opacos (ilmenita, titanita, magnetita, leucoxênio) com texturas que variam de porfiríticas a glomeroporfiríticas. O intercrescimento de cloritas e opacos (ilmenita, magnetita e leucoxênio), normalmente com formas retangulares, pode indicar que os mesmos foram gerados às expensas de minerais máficos como piroxênios e anfibólios. Do mesmo modo, alguns carbonatos ocorrem substituindo plagioclásios e piroxênios com formas prismáticas e retangulares.

Com relação aos andesitos ácidos, eles podem ser definidos como tendo as seguintes reações: plagioclásio + piroxênio + quartzo + CO₂ + H₂O = clorita + carbonato + albita + clinozoisita + sericita + rutilo + opacos (leucoxênio, goetita, pirita)) com feições que variam de microgranular intersertal a porfirítica até glomeroporfirítica.

A formação de massas de cloritas substituindo integralmente minerais máficos (piroxênios, anfibólios) com formas típicas e a formação de epidotos à partir dos plagioclásios podem confirmar que os efeitos do metamorfismo são de baixo grau, de fácies xisto verde.

De maneira semelhante, os dioritos podem ter sua mineralogia estabelecida a partir das seguintes reações: plagioclásio + piroxênio + quartzo + CO₂ + H₂O = anfibólio + clorita + albita + carbonato + epidoto + biotita + apatita + titanita + opacos (ilmenita, leucoxênio), este último com sua textura ígnea preservada.

A partir da transformação dos plagioclásios (foto 15) pode-se perceber um processo de saussuritização (formação de cloritas, epidoto e início de sericitas) em uma textura que varia de porfirítica a glomeroporfirítica. Ainda no tocante aos dioritos, uma evidência de fácies xisto verde de metamorfismo, pode ser inferida a partir de anfibólios enormes, cloritizados e carbonatizados, com textura preservada, com terminações de piroxênios e clivagem interna de anfibólios.

Com relação aos dacitos as transformações mais prováveis devem ter ocorrido a partir de plagioclásio + quartzo + CO₂ + H₂O + K₂O - sericita + carbonatos + cloritas com preservação das texturas (micrográfica, traquitóide).

Nos sedimentos, as transformações mais notórias são a formação de sericitas a partir de psamitos e o aparecimento de muscovitas e cloritas às expensas de sedimentos grauváquicos.

Estas parecem ser as transformações ocorridas durante o metamorfismo regional de fácies xisto verde.

Como mencionado acima, embora Silva (1983) tenha definido um processo de alteração hidrotermal (M1), o mesmo não fica evidente na mina da Fazenda Maria Preta, pois todas as litologias foram submetidas ao metamorfismo de fácies xisto verde. Com este trabalho, parece ser possível caracterizar este processo nas litologias do Domínio Vulcânico Félsico (DVF), como sendo posterior ao evento metamórfico de fácies xisto verde, e fazendo parte da área mineralizada, onde foi feito este estudo.

As observações petrográficas realizadas em andesitos ácidos, mostram com muita frequência, bolsões irregulares carbonáticos que dão a lâmina um aspecto nebuloso, obscurecendo a textura e paragênese metamórfica da rocha e normalmente concentrando opacos de granulação fina que chegam a formar agregados.

Além destes fatos, tem-se a formação de cloritas, preenchendo fraturas de plagioclásios ou mesmo serem muito finas e aparecendo intersticialmente em meio a plagioclásios grandes e bem formados.

A sericitização de forma geral é menos intensa nos andesitos ácidos, mas aparecem preenchendo fraturas nos plagioclásios e formando microfexes, que dispõem-se de forma irregular, ou algo paralela a foliação geral.

Especialmente nos dacitos, a concentração de sericitas é muito considerável. Em alguns casos, ocorrem como microfexes que cortam com 45 graus a textura traquitóide dominante. Onde o fraturamento é maior, as sericitas ocorrem em forma de rede,

crecendo essencialmente nas bordas dos plagioclásios.

Com relação aos dacitos, as evidências para hidrotermalismo, também estão na obliteração de texturas, onde a rocha adquire um aspecto brechóide, com o aparecimento de veios e venulações quartzo-carbonáticas.

Uma outra questão são o fraturamento e brechação de minerais como plagioclásios e piroxênios e crescimento ao longo dos mesmos de minerais como carbonatos, cloritas, sericita, pirita, arsenopirita, e ocorrências de veios de quartzo e ou carbonatos que podem evidenciar processos de brechação hidráulica à partir dos fluidos tardios, como postulado por Cameron e Hatori (1987) e casos semelhantes em zonas de mineralizações auríferas.

A partir das observações acima apresentados, como a mineralogia e as transformações texturais, presença de sulfetos, seria possível inferir que os fluidos associados ao cisalhamento ductil e também muito provavelmente responsáveis pelas mineralizações são ricos em CO_2 , H_2O , SiO_2 , K_2O , e também H_2S .

GEOQUÍMICA

As análises químicas realizadas na mina da Fazenda Maria Preta estão relacionadas principalmente com o DVF, o qual é constituído predominantemente por andesitos ácidos, dacitos e riolitos que são os principais representantes das rochas vulcânicas que existem na área. Ocorrem ainda alguns corpos intrusivos de natureza diorítica e basaltos ao longo da região.

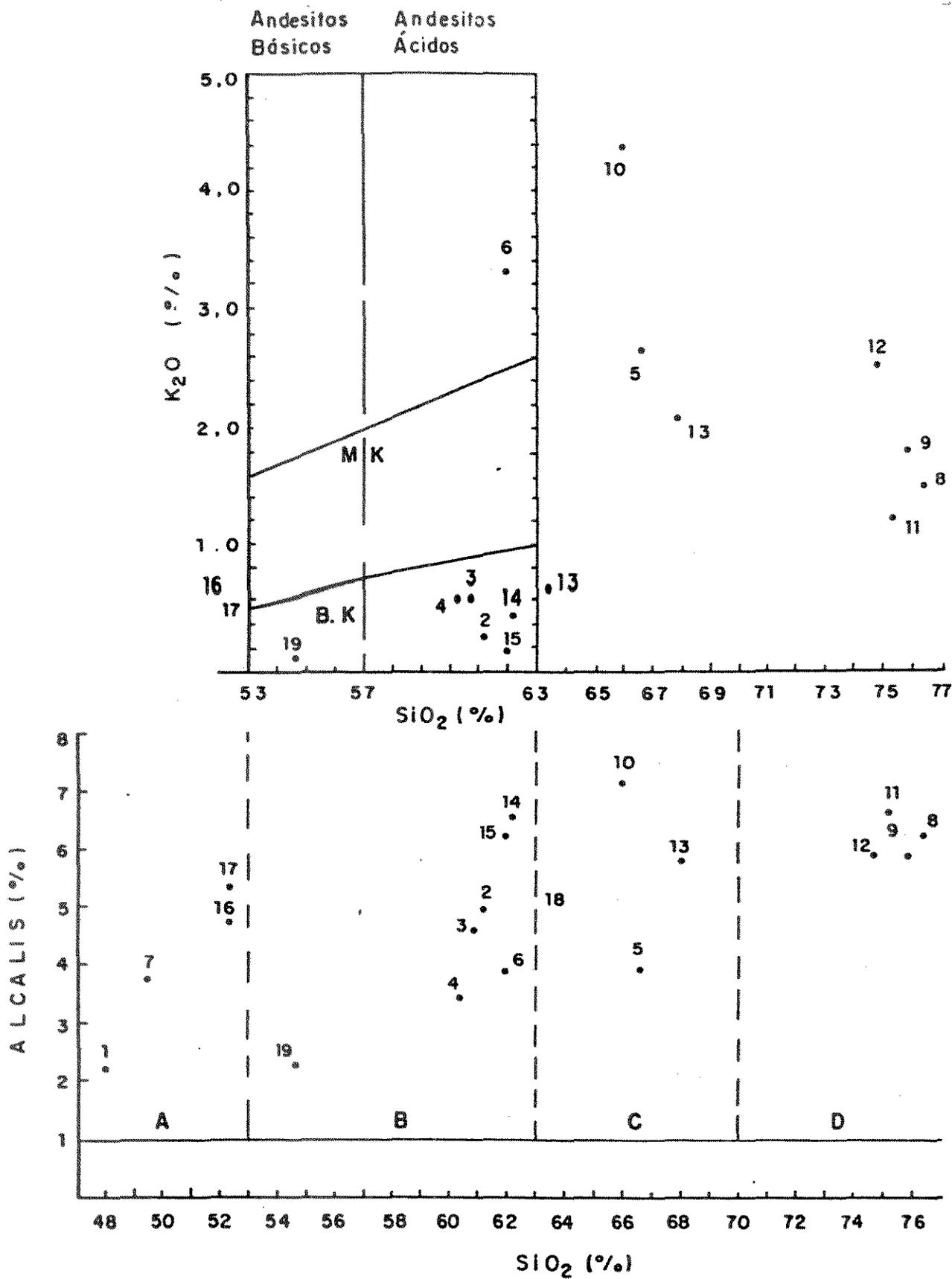
Estas litologias, bem como outras do greenstone belt como um todo, foram tratadas em análises de elementos maiores (SiO_2 , TiO_2 , Fe_2O_3 , FeO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , MnO , P_2O_5 , H_2O , perda ao fogo), perfazendo um total de 19 análises distribuídas da seguinte forma: 2 basaltos, 4 dioritos, 6 andesitos ácidos, 3 dacitos, 4 riolitos. De todas estas análises, 2 basalto, 3 andesitos e 4 dioritos correspondem a sequência do greenstone belt fora da mina da Fazenda Maria Preta.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS DADOS

Para efeito de discussão e avaliação dos dados obtidos, procedeu-se a classificação das litologias baseando-se no diagrama Alkali/Sílica de Macdonald e Katsura (1964) e a classificação de rochas vulcânicas segundo Gill (1981); onde agrupa-se as rochas da seguinte forma: entre 43 e 53% de sílica estão os basaltos, de 53 a 63% estão os andesitos, de 63 a 70% estão os dacitos e entre 70 e 77% estão os riolitos (figura 06). Esta classificação foi utilizada, objetivando-se definir os principais tipos de litologias encontradas na mina da Fazenda Maria Preta

A partir da observação da figura 06, percebe-se que as amostras analisadas agrupam-se da seguinte maneira: dentro do campo dos basaltos tem-se os pontos 1, 7, 16, 17, enquanto os de números 2, 3, 4, 6, 14, 15, 19 ocorrem no intervalo dos andesitos; os números 5, 10, 13, 18 são dacitos e os demais 8, 9, 11, 12 são riolitos. Visando simplificar estes grupos serão chamados respectivamente de grupos A, B, C, D.

Algumas considerações devem ser feitas com relação aos grupos A e B. Dentro do grupo A, as amostras 16 e 17 petrograficamente são dioritos, enquanto no grupo B a amostra 19 pode ser classificada como gabro diorito e a amostra 18 como quartzo diorito.



FÍGURA 06

Diagrama SiO₂ x Alcalis (Na₂O + K₂O) e SiO₂ x K₂O como uma extensão do primeiro (Gill, 1981).

Como uma extensão do gráfico Alkali/Sílica (Gill, 1981) é apresentado o gráfico K_2O/SiO_2 , onde a maioria dos andesitos podem ser classificados como de baixo potássio e de natureza ácida (figura 06), o que confirma o fato das amostras escolhidas para análise química estarem pouco submetidas aos processos de alteração hidrotermal.

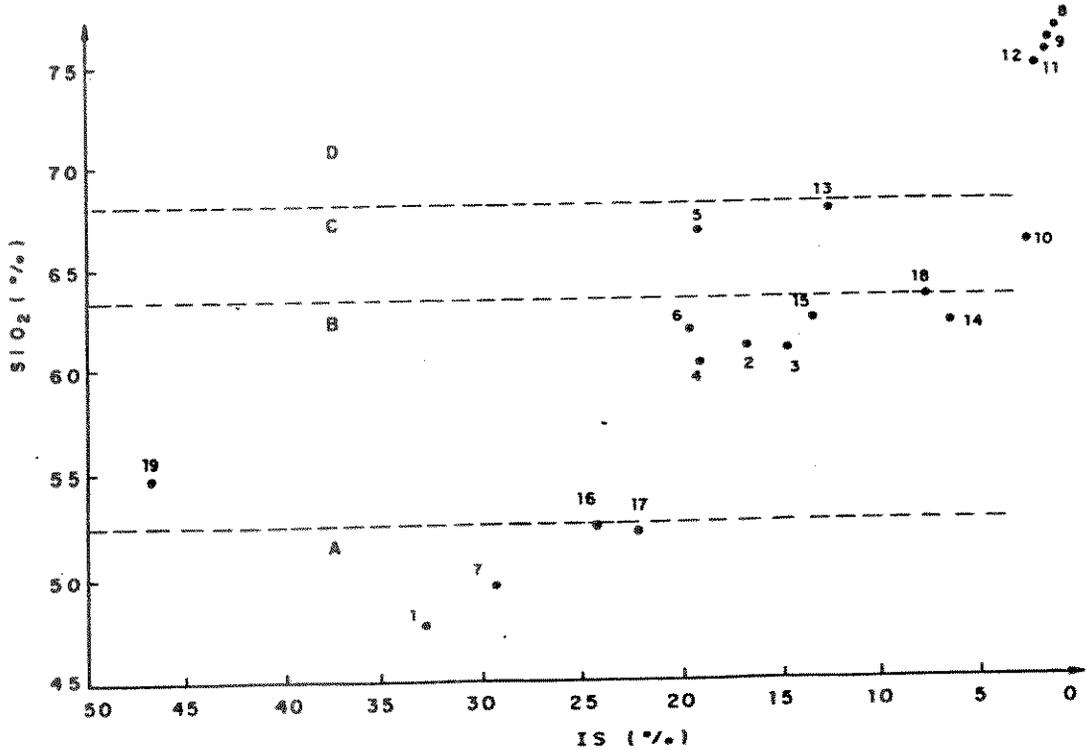
Deve ser destacado que o ponto 6 do grupo B, apresenta teores mais altos de K_2O , o que petrograficamente pode ser confirmado com evidências de sericitização de plagioclásios.

Todas estas análises, bem como algumas realizadas por outros autores, serão aqui tratadas em vários tipos de diagramas, visando uma discussão e interpretação do ponto de vista genético; objetivando sempre integrar a informação química com a informação petrográfica.

Como uma maneira de se interpretar os dados analíticos, procedeu-se ao tratamento das análises de elementos maiores em relação ao índice de Solidificação de Kuno (IS) que é representado como $100 MgO/MgO + FeO + Fe_2O_3 + Na_2O + K_2O$. Este tratamento foi feito visando entender o comportamento das litologias durante a evolução magmática a partir dos resultados obtidos com as análises químicas para elementos maiores.

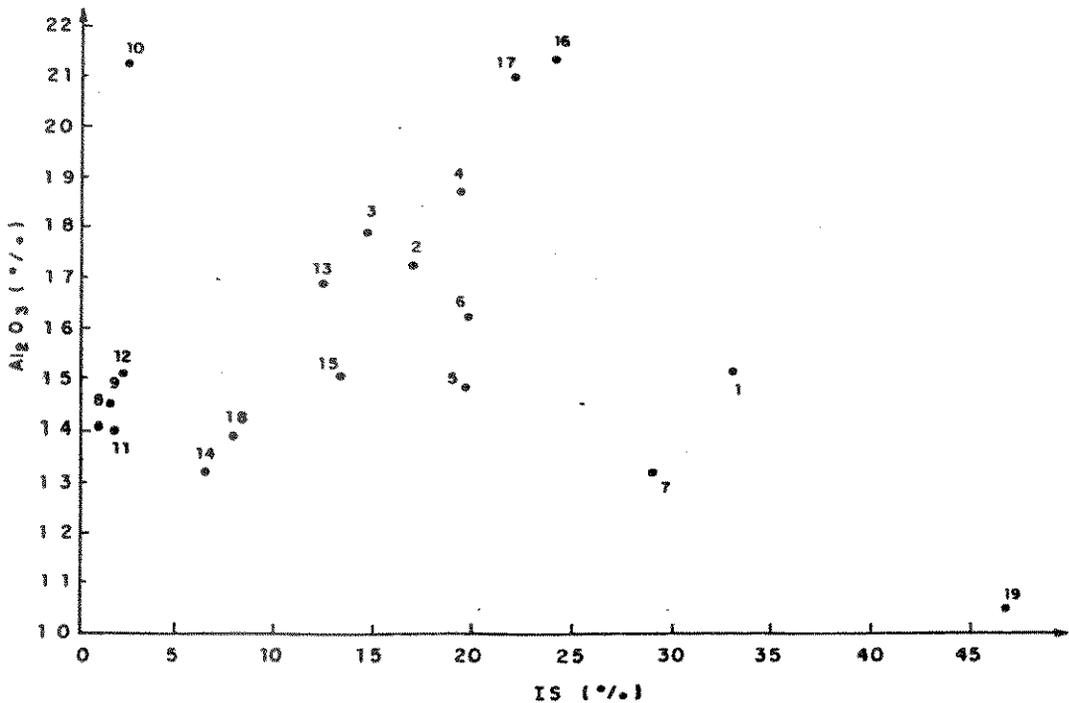
O primeiro gráfico a ser discutido é de SiO_2/IS (figura 07), onde percebe-se claramente os quatro campos caracterizados no gráfico Alkali/Sílica. O campo de letra A com um índice de solidificação variando de 32,5 a 22,5% talvez pudesse indicar que o magma original já apresentava-se evoluído. Seguindo na figura tem-se o aparecimento do grupo B (andesitos ácidos) com índice

de diferenciação entre 20 e 13%. Ainda como termos ainda mais diferenciados temos o grupo C (dacitos) com índices entre 21 e 2,5% e o grupo D (riolitos) com índices entre 2,5 e 1,0%.



FIGURAS 07 e 08

IS (Índice de solidificação de Kuno) respectivamente para SiO₂ e Al₂O₃.



Dentro deste gráfico, algumas questões podem ainda ser levantadas. Se forem consideradas apenas as rochas vulcânicas do grupo A (ponto 1 e 7), percebe-se que o intervalo existente de SiO₂ até o grupo B (ponto 4) varia de 50 até 61%, ou seja de 11%, enquanto o índice de solidificação de Kuno (IS) varia de 28 a 18% respectivamente, com um intervalo de 10%. Este "gap" na concentração de SiO₂ e IS, aliado as informações petrográficas (matriz basáltica envolvendo matriz dacítica) podem indicar fontes de magmas diferentes para a geração das rochas vulcânicas máficas e félsicas.

O ponto 14 do grupo B é um andesito extremamente ácido, o que deve explicar seu IS mais baixo que os demais pontos do grupo B. O ponto 19, que segundo a classificação adotada, também pertence ao grupo B é de um corpo intrusivo de composição gabbro diorítica, provavelmente pouco diferenciado (alto IS), justificando sua posição no gráfico.

O gráfico Al₂O₃/IS (figura 08) apresenta-se especialmente enriquecido em Al₂O₃ nas amostras 16, 17 do grupo A, onde a petrografia revela porções ricas em plagioclásio, com textura glomeroporfirítica. Com relação aos demais grupos, a quantidade de Al₂O₃ tende a diminuir com a diminuição de plagioclásio e aumento de quartzo na lâmina de maneira gradativa para os grupos B, C e D. Neste gráfico os grupos B e C apresentam-se aglutinados, o que pode ser justificado pela composição mineralógica relativamente próxima das litologias. O ponto 10 (grupo C) é rico em plagioclásio, justificando seu alto Al₂O₃. Os pontos 1 e 7 - grupo A, apresentam concentrações de Al₂O₃ compatíveis com basaltos to-

leíticos (Kuno, 1968).

Com relação ao gráfico FeO^*/IS nota-se um maior teor no grupo A e menor no grupo B (figura 09). Este fato é facilmente correlacionável com a petrografia, pois percebe-se maior ocorrência de piroxênios e anfibólios, além de opacos como ilmenita, titanomagnetita, magnetita, goetita nas rochas do grupo A que são os basaltos; enquanto nos andesitos do grupo B, a composição predominante é de plagioclásios com poucos minerais ferromagnesianos (vide petrografia). Neste gráfico é perceptível um enriquecimento maior dos pontos 14, 15 e 19 do grupo B e 18 do grupo C, possivelmente referentes a composição da própria rocha.

Uma análise comparativa pode ser feita entre os gráficos de IS com FeO^* , MgO , Al_2O_3 e CaO (FIGURAS 09,10,08,11), onde é possível obter as seguintes informações: As análises que apresentam-se mais enriquecidas em FeO^* e MgO são as que ocorrem com maior enriquecimento em piroxênios (grupo A), enquanto as amostras mais enriquecidas em Al_2O_3 (grupo B, C) são as que contém maior concentração de plagioclásios. Da mesma forma o CaO , apresenta-se mais enriquecido nos grupo A e B; ou seja, nos grupos menos diferenciados, mais ricos em piroxênios e plagioclásios; e mais pobre nos grupos C e D, que são mais diferenciados, apresentando um enriquecimento gradativo em minerais félsicos, essencialmente quartzo que ocorre inicialmente como componente da matriz (andesitos ácidos) e em seguida também como fenocristais nos dacitos e riolitos.

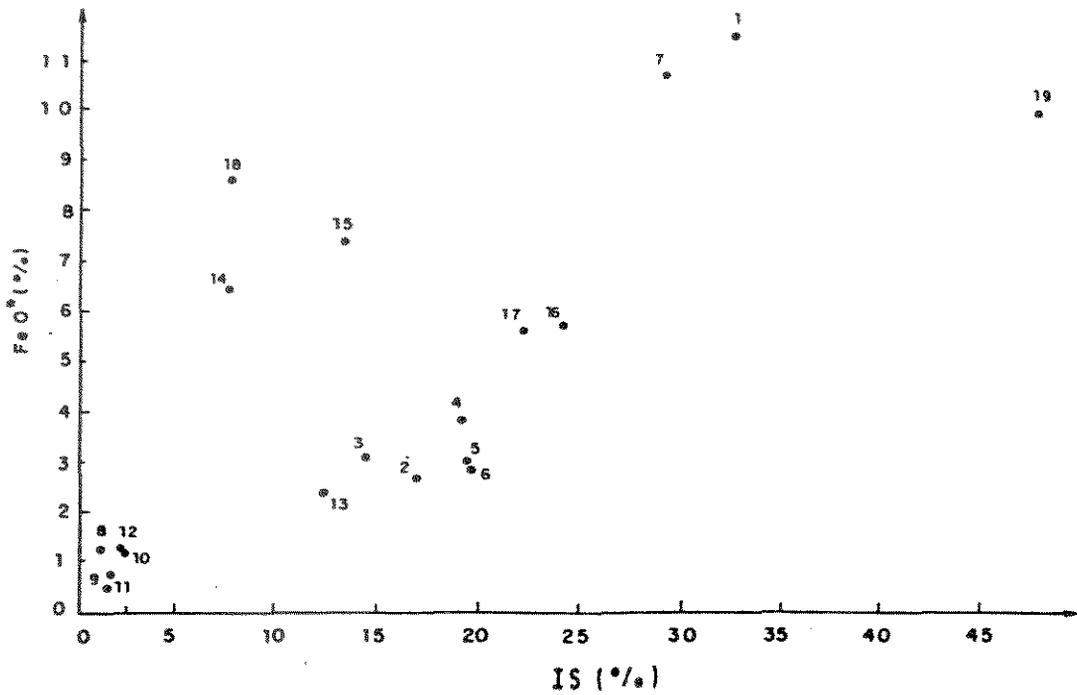
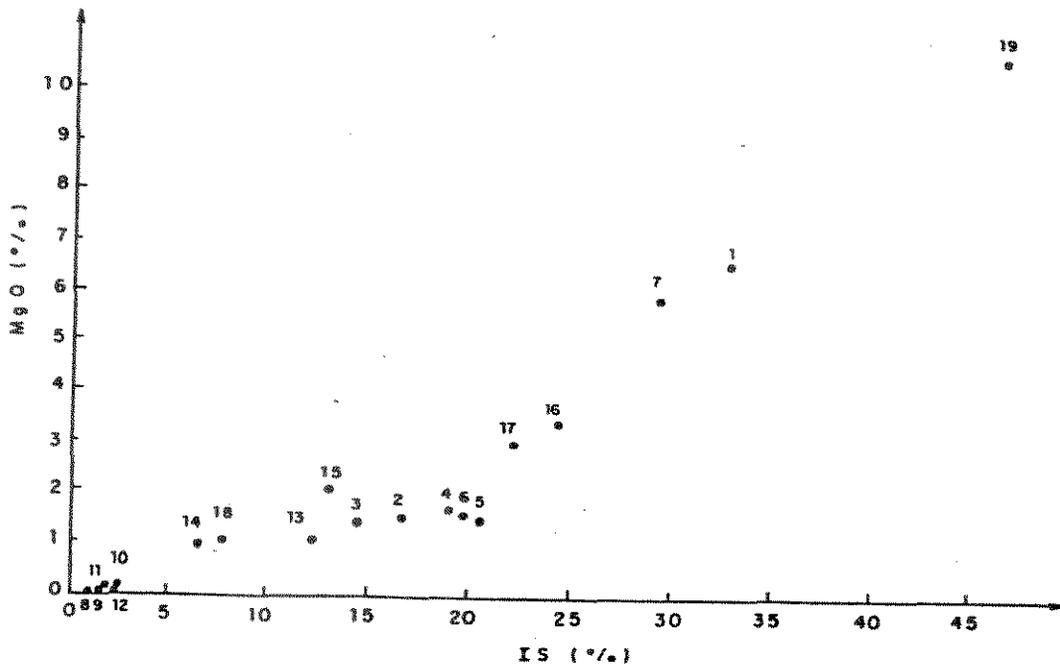


FIGURA 09 e 10

IS: índice de Solidificação de Kuno (1968), respectivamente para FeO* e MgO



Com relação aos alcalis Na₂O, K₂O (figuras 12,13), nota-se que no caso do grupo A, o Na₂O apresenta-se com maior concentração numa relação diretamente proporcional ao CaO e inversamente ao K₂O que é baixíssimo. O grupo B apresenta-se de forma semelhante ao primeiro, com a consideração de que o CaO não é tão alto. Exceção seja feita ao ponto 06 que apresenta-se pobre em Na₂O e rico em K₂O. No grupo C a situação se inverte com alta concentração de K₂O e baixa de Na₂O e CaO. No grupo D o CaO é evidentemente muito baixo, sendo possível estabelecer uma relação que mostra um aumento inversamente proporcional de K₂O em relação ao Na₂O.

Os fatos apresentados acima com relação aos alcalis podem, quando comparados a petrografia, trazer algumas informações. O grupo A do ponto de vista petrográfico, apresenta-se pouco alterado, com seus piroxênios e plagioclásios ainda razoavelmente preservados, levando a compreensão de que o alto CaO e Na₂O, estariam relacionados pelo menos em parte a rocha original, além da baixíssima concentração de K₂O que é muito compatível com basalto toleíticos de forma geral.

Com relação ao grupo B, a situação é semelhante, onde a rocha ainda esta sendo preservada da alteração, exceção seja feita ao ponto 06 que apresenta-se com alta concentração de K₂O, o que é confirmado pela lâmina petrográfica que mostra-se com processos incipientes de sericitização.

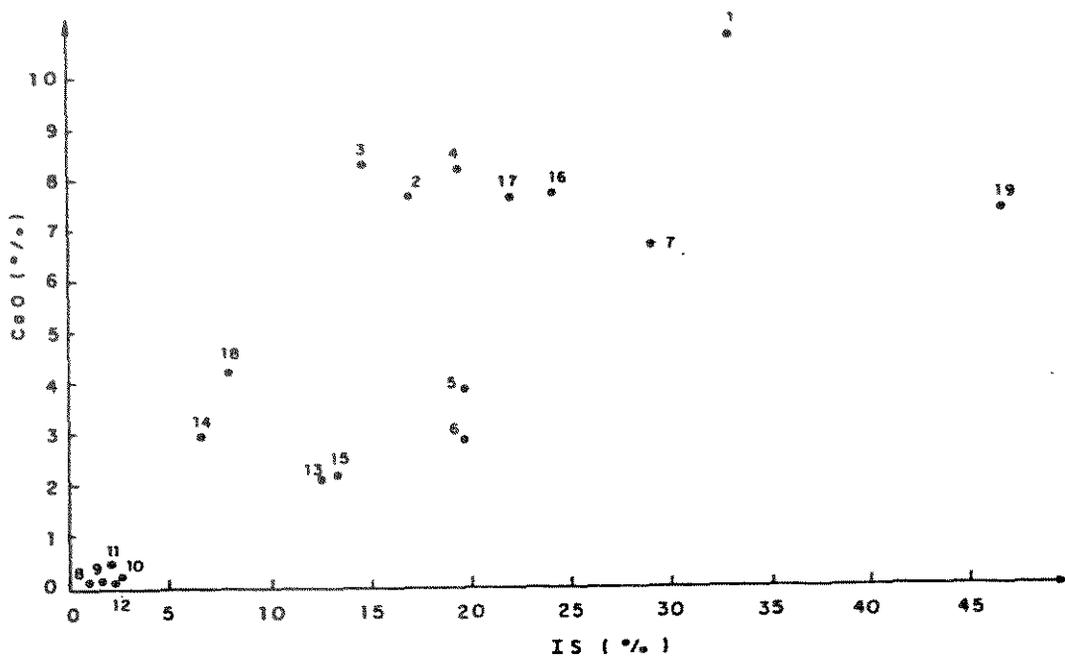
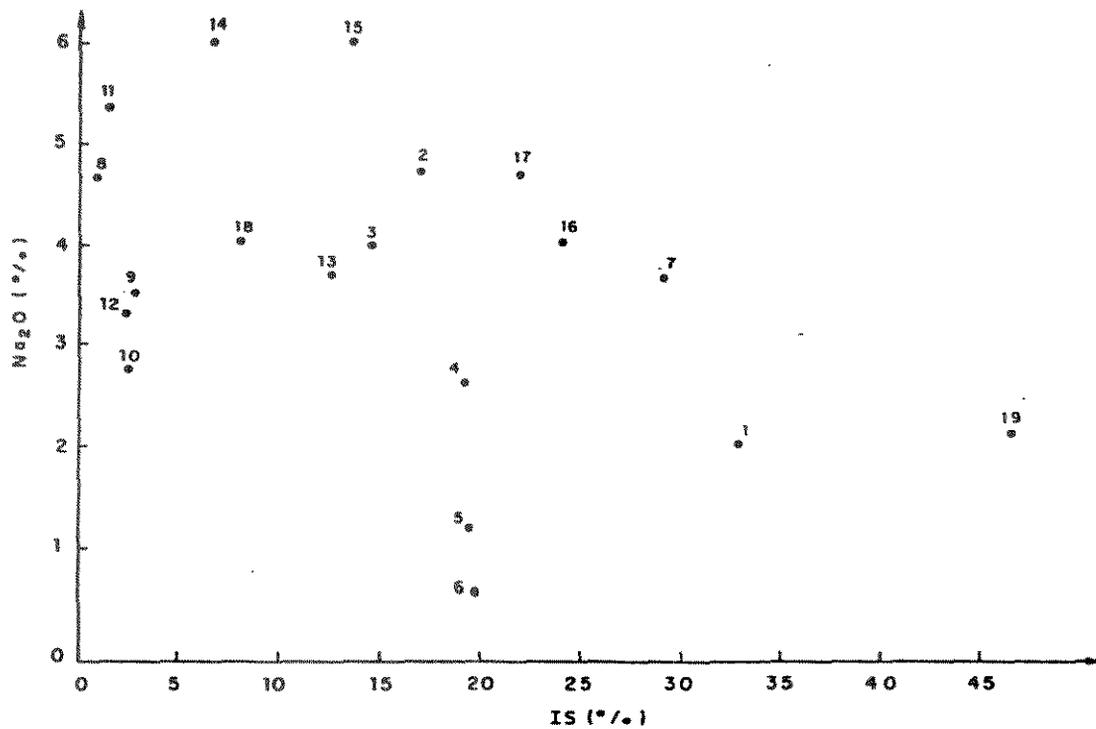


FIGURA 11 e 12

IS: índice de Solidificação de Kuno (1968), respectivamente para CaO e Na₂O.



O grupo C mostra que o K_2O é fruto de alteração hidrotermal (entrada de K_2O com sericitização, essencialmente de plagioclásios) e que a baixa concentração de Na_2O e ainda menor de CaO é o simples reflexo da composição normal desta rocha que é de natureza dacítica.

Com relação ao grupo D de natureza riolítica, nota-se que dentro do mesmo há uma inversão na concentração de K_2O e Na_2O , ou seja onde o K_2O é alto, o Na_2O é baixo. Aparentemente não é possível explicar baseando-se na petrografia, mas de forma geral para todas as rochas analisadas é possível que o CaO esteja totalmente relacionado a rocha original, enquanto o Na_2O estaria parcialmente relacionado à rocha original e parcialmente aos processos de alteração, enquanto o K_2O seria quase totalmente associado aos processos de alteração hidrotermal (sericitização).

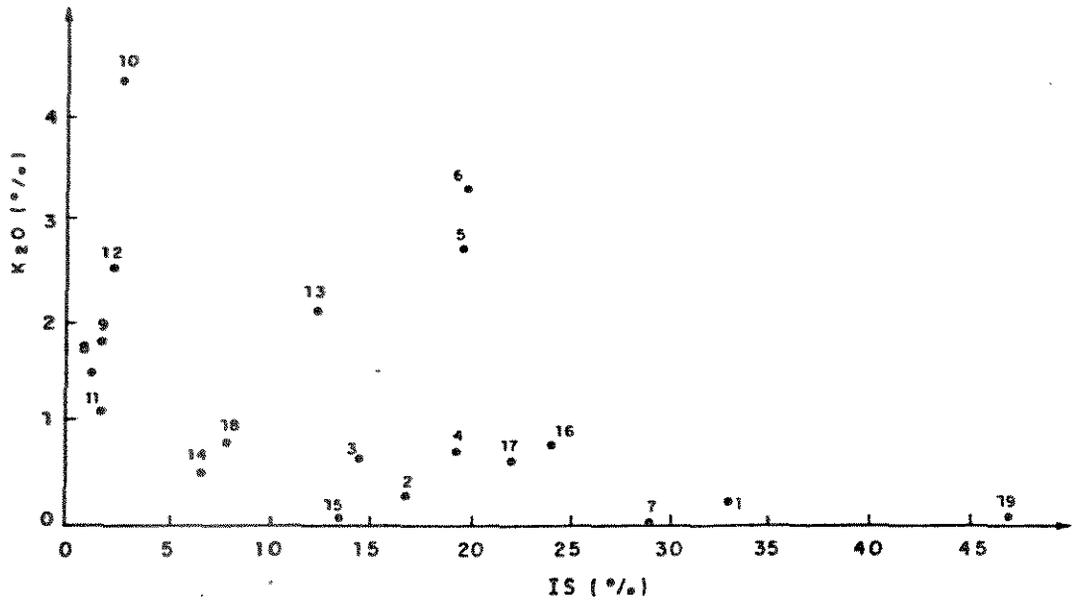
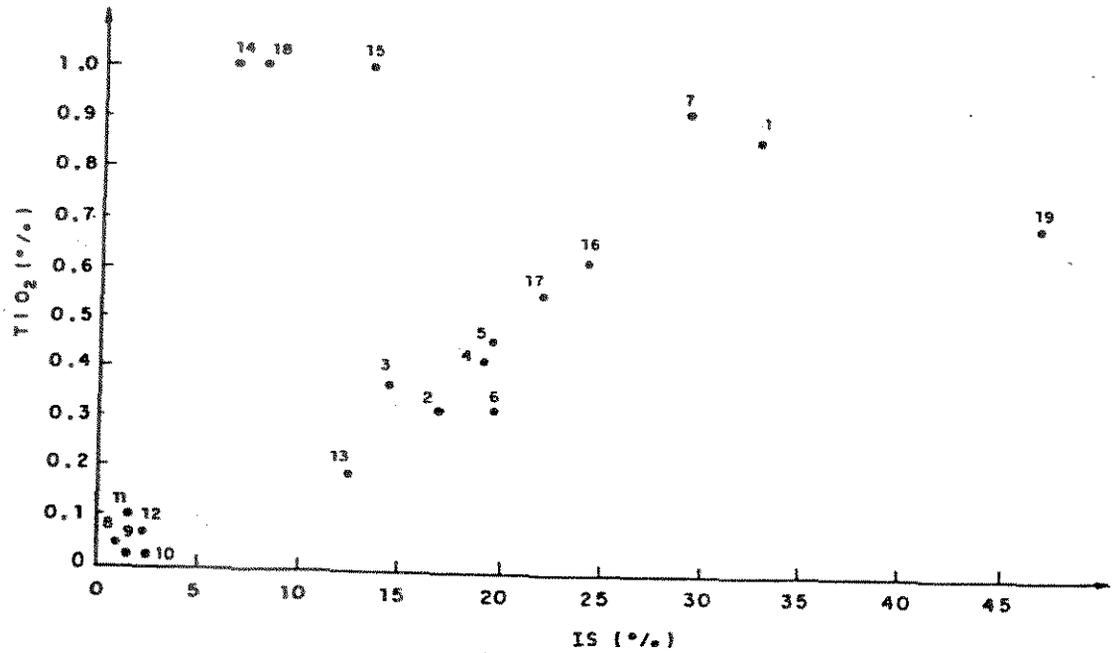
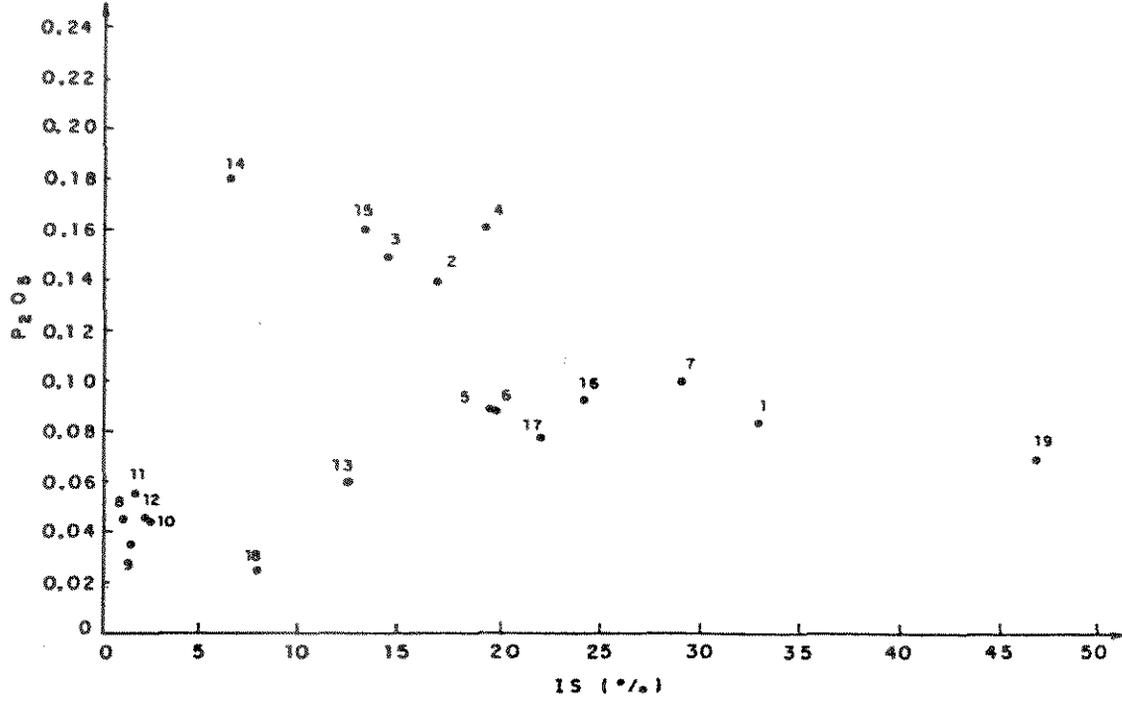


FIGURA 13 e 14

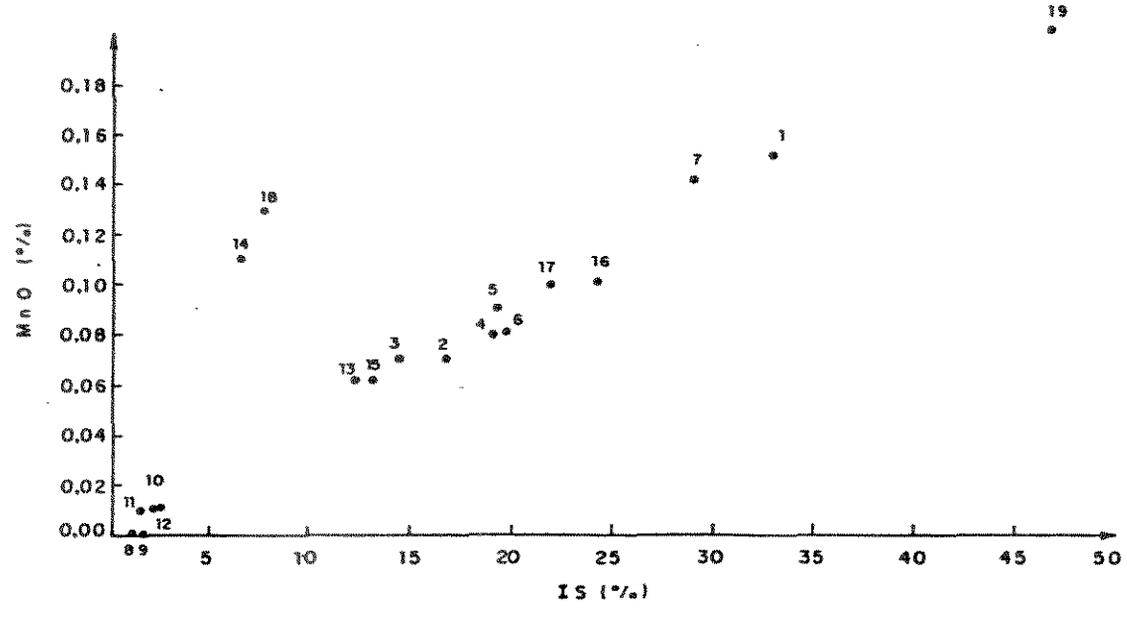
IS: índice de Solidificação de Kuno (1968) respectivamente para K₂O e TiO₂.





FÍGURA 15 e 16

IS: índice de Solidificação de Kuno (1968), respectivamente para P2O5 e MnO.



Com relação aos demais óxidos, o TiO_2 (figura 14) apresenta-se com maiores valores nos basaltos e nos tipos de dioritos, não apresentando valores significativos nos demais tipos de litologias.

Da mesma forma o P_2O_5 (figura 15) apresenta concentrações muito baixa, tendo maiores concentrações em andesitos-dioritos.

O MnO apresenta um trend de diferenciação bastante retilíneo com menor quantidade nas rochas com maior diferenciação (figura 16).

Em função do acima exposto com relação a evolução apresentada por estas litologias, pode-se melhor discutir sua gênese a partir do gráfico FeO/MgO (figura 17), onde MacGeehan e Maclean (1980) plotam os trend de diferenciação de Thingmuli (toleito), Cascades (calco-alcálico) e comparam suas análises com a composição média de basaltos do greenstone belt do Abitibi. Através desta figura é destacado que a aparente evolução calco-alcálica das litologias do Abitibi poderiam estar associada não a processos de diferenciação magmática, mas sim aos de alteração hidrotermal. As análises de elementos maiores para o alvo Antas (mina de ouro da Fazenda M. Preta) e greenstone belt do Rio Itapicuru como um todo, foram plotadas no referido gráfico com o objetivo de se estabelecer uma comparação e provocar uma discussão.

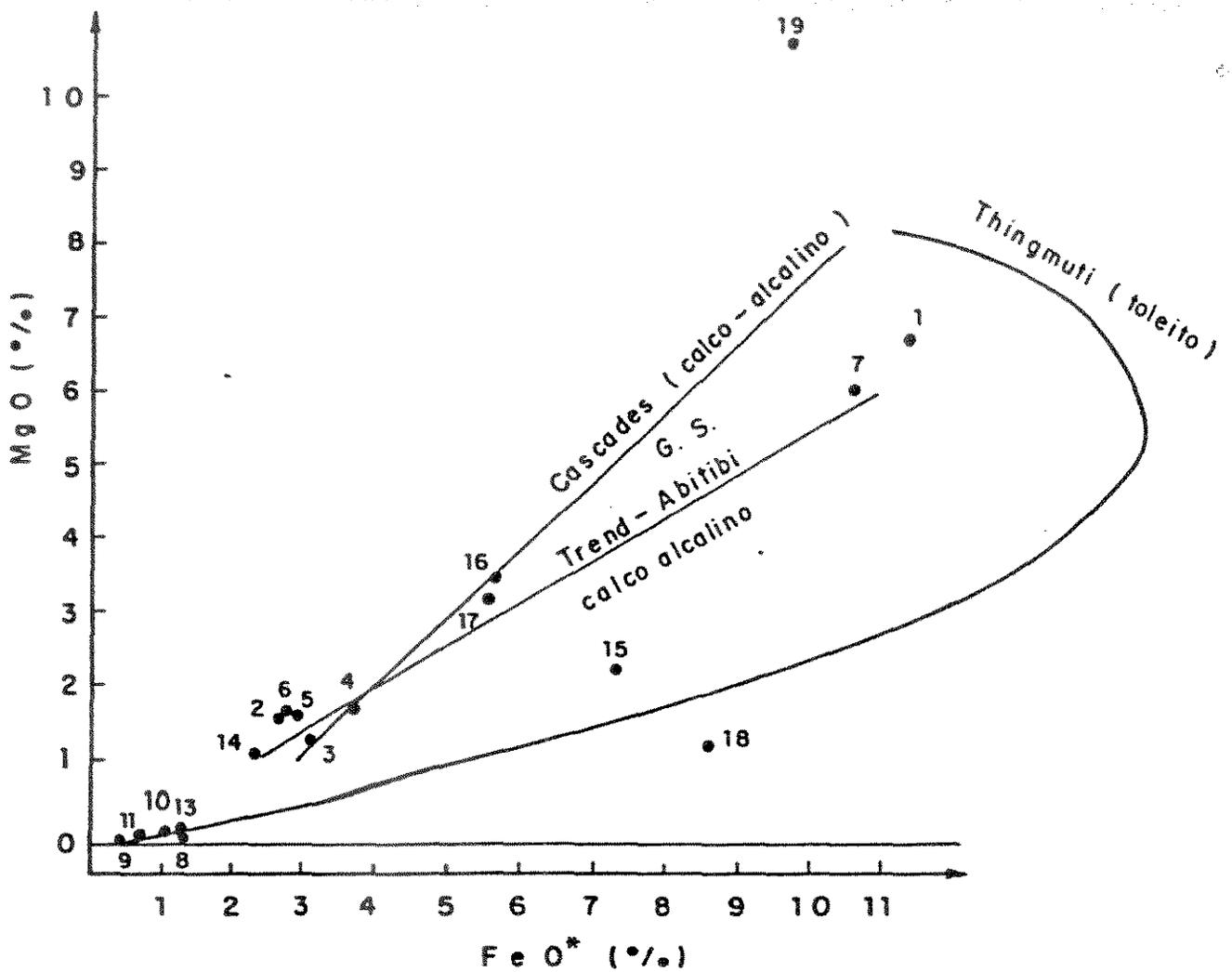


FIGURA 17

Diagrama FeO* x MgO onde são plotados as linhas de evolução magmática de Thingmuli (Toleítica), Cascades (calco-alcalina) e a composição média dos basaltos do Greenstone Belt do Abitibi (MacGeehan et al 1980) comparadas com a evolução do Alvo Antas e algumas análises do Greenstone Belt do Rio Itapicuru como um todo.

Os processos de "diferenciação" tanto de Cascades, como dos basaltos do Abitibi, comparado com as litologias da mina da Fazenda Maria Preta e adjacências parecem mostrar que é possível haver duas fontes magmáticas. A primeira fonte (basáltica) seria representada pelos pontos 1 e 7 do grupo A e pontos 16 e 17, 18 e 19 que representariam diferenciados tardios e intrusivos (dioritos).

A segunda fonte seria de um magma intermediário que evoluiria para termos ácidos (andesitos ácidos - dacitos - riolitos).

Esta interpretação parece ser razoável, uma vez que a distribuição dos pontos na figura 17 não evidencia diferenciação a partir de uma única fonte, nem tão pouco processos de alteração hidrotermal; pois de maneira geral pode se dizer que há 3 agrupamentos de pontos (1 e 7), (16 e 17), (2,3,4,5,6,8,9,10,11,12,13,14)

Por outro lado o diagrama AFM, caracteriza dois campos distintos (figura 18), pois alguns pontos de rochas basálticas (1 e 7), diorítica (18 e 19) e apenas um dacito (14) ocorrem no campo dos toleitos, caindo todos os demais, na área abrangida pelas litologias de natureza calco-alcalina. Este contexto talvez possa indicar dois fontes diferentes para a geração de magmas. Uma de natureza basáltica toleítica e outra de natureza intermediária calcoalcalina.

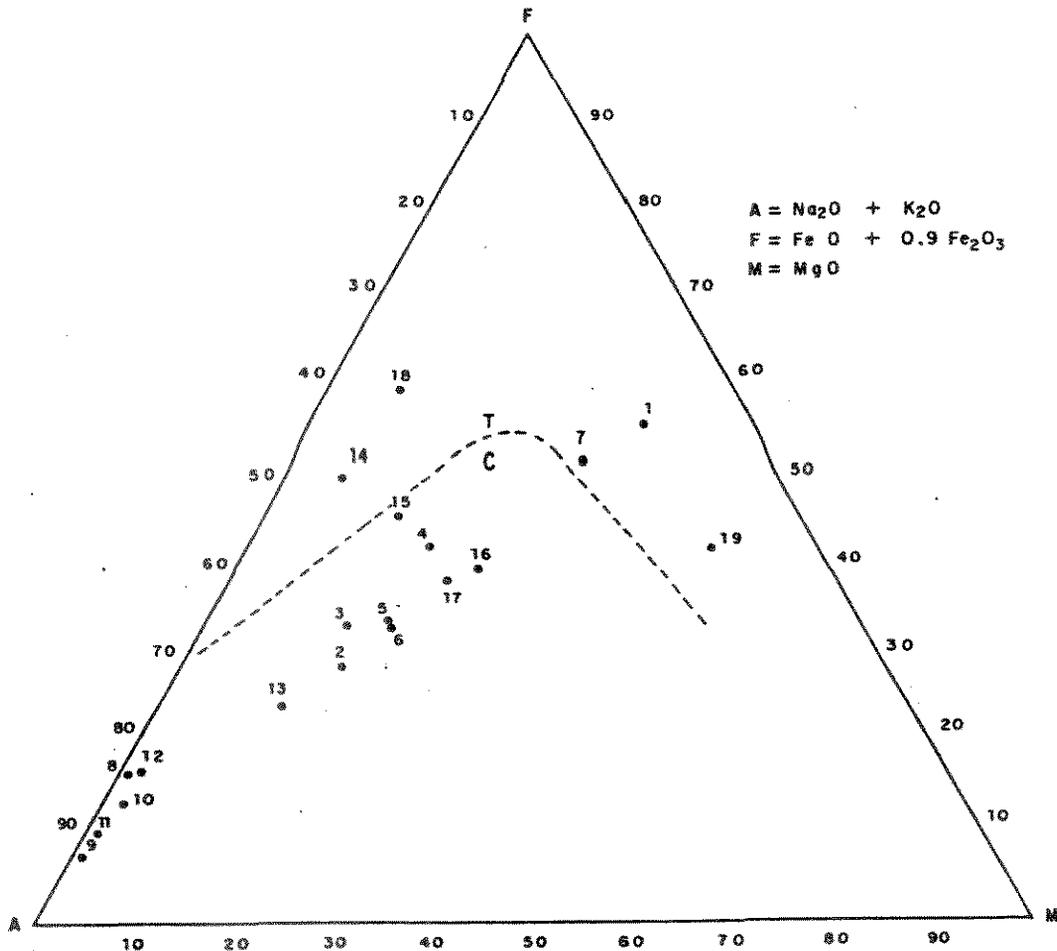


FIGURA 18

Diagrama AFM com as análises químicas plotadas.

Com relação a processos de alteração (espilitização), quando as análises químicas são plotadas no gráfico Alkali/Sílica com campos estabelecidos em calco-alcálico e subalcalino (figura 19), ocorrem integralmente no campo subalcalino, revelando pouco ter havido processos de espilitização sobre as mesmas.

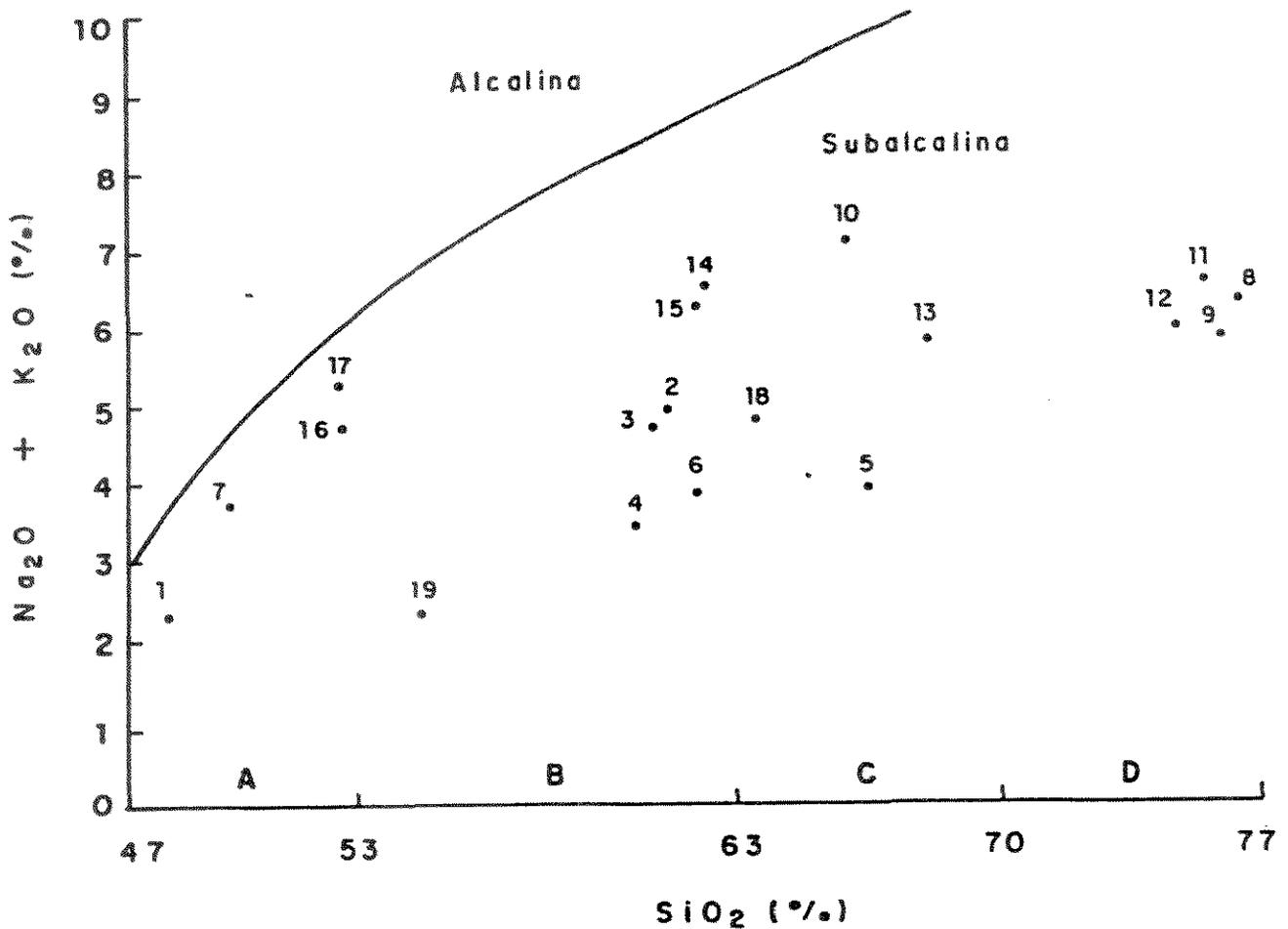


FIGURA 19

Diagrama SiO₂ x Alcalis com os campos estabelecidos Alcalino e Subalcalino, com as análises químicas plotadas.

Ainda com relação a espilitização ou não das litologias, foram plotadas no diagrama Na₂O/K₂O/Na₂O+K₂O (Myashiro, 1977), as análises de 2 rochas basálticas e 4 dioritos realizadas por este autor e 53 análises realizadas por Glória (1988) (figura 20). Este gráfico revela claramente que não há processos de espilitização associados a estas rochas. Aliado a este fato têm-se as observações petrográficas que mostram os plagioclásios deformados, fraturados e alterados (sericitização, carbonatização), mas não recristalizados, limpinhos como se fossem novos, que ocorreria no caso de albitização devido a espilitização

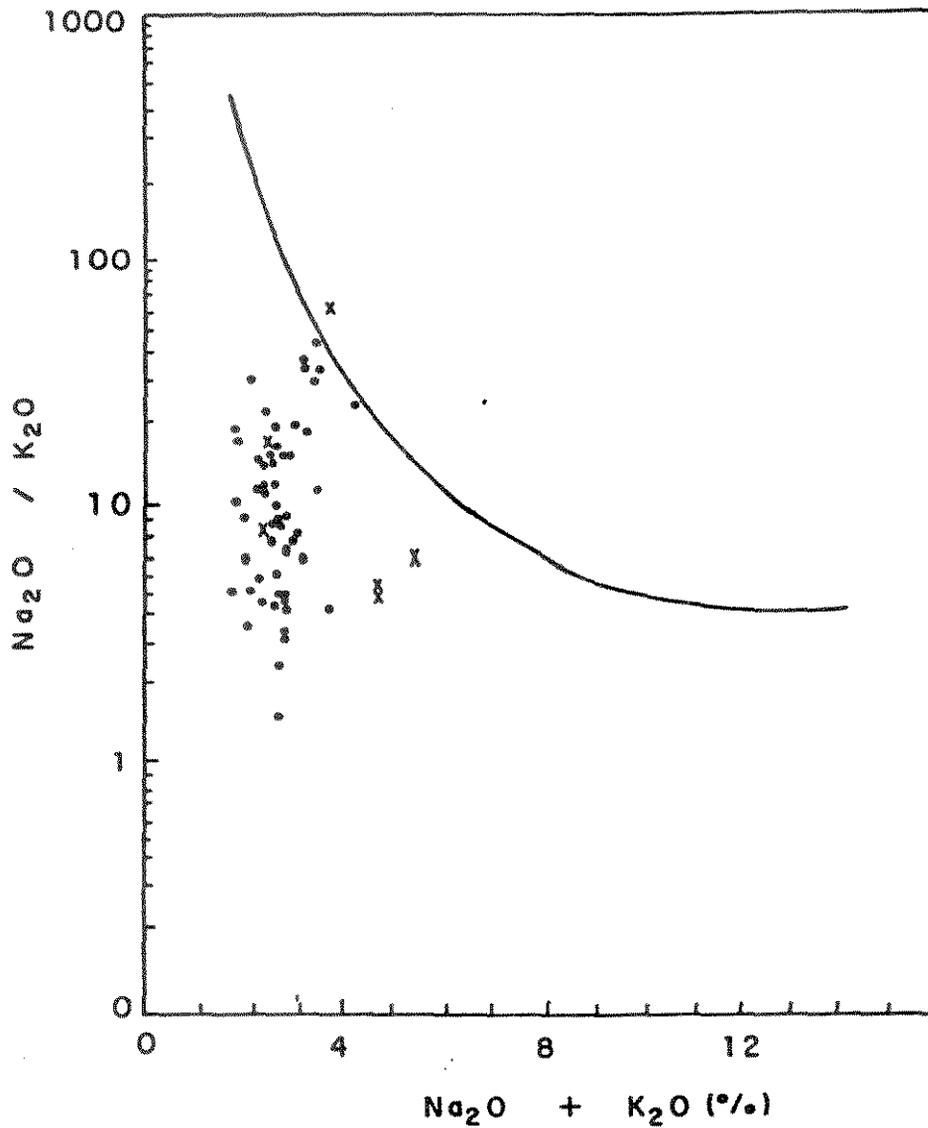


FIGURA 20

Diagrama $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \times \text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ (Myashiro, 1977) com o campo de espilitização definido, onde são plotadas 6 análises de rochas basálticas realizadas por este autor, 53 análises de rochas basálticas realizadas no greenstone belt do Rio Itapicuru por Glória (1987). Legenda: x análises do autor

. análise Glória, (1987)

O gráfico CaO/MgO (figura 2f) foi realizado com objetivo de caracterizar o grau de alteração onde rochas basálticas ocorrem. Nota-se que tanto as análises realizadas dentro deste trabalho, como as realizadas por Glória (1987) no greenstone belt do Rio Itapicuru e outras realizadas em diabásios não metamorfizados das Guianas, caem em um campo bem definido, que poderia caracterizar um ambiente de rift continental. Uma pequena parte dos pontos (10%) caem dentro do campo das Dorsais Meso-Oceânicas. Este contexto possibilita a elaboração da idéia de que estes basaltos estariam associados a ambientes de rift continental, semelhante aos dos basaltos das Guianas ou até mesmo dos basaltos da Bacia do Paraná. No entanto para afirmar tal hipótese, são necessários estudos de maior detalhe que incluam análises de elementos traços

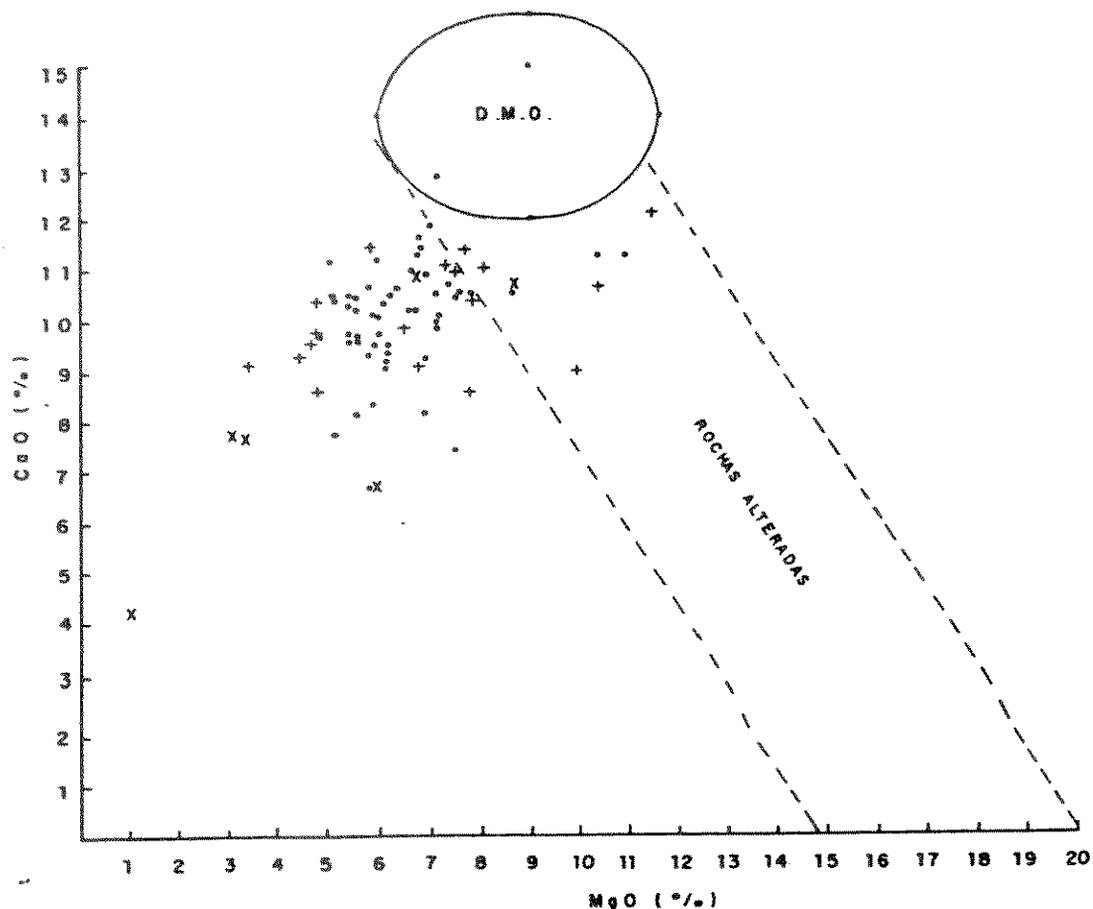


FIGURA 21

Diagrama MgO x CaO (Humphris et al 1978) onde são estabelecido os campos de rochas típicas de dorsais meso-oceânicas, de rochas alteradas e de rochas básicas continentais. Foram plotadas as análises de rochas básicas realizadas por este autor, por Glória (1987) e de diques básicos das Guianas (Choudhuri, inédito). Legenda: x análise do autor, . Glória (1987), + diques básicos

Foram realizados ainda, cálculos de CIPW (tabela 03 em anexo), para as 19 análises químicas realizadas., visando apresentar os dados da composição normativa das litologias junto com os dados obtidos à partir da descrição petrográfica resumidos na tabela 01.

Todas estas questões serão tratadas com maior profundidade no capítulo sobre Metalogênese, onde será apresentada uma hipótese para a origem das mineralizações que necessariamente envolverá a questão em apreço.

METALOGÊNESE

O conhecimento geológico atual revela que grande parte das mineralizações auríferas em todo mundo, estão associadas a sequências arqueanas vulcano-sedimentares do tipo Greenstone Belt (Canada, Africa do Sul, Austrália, Brasil, etc) (Condie, 1981).. Estas mineralizações podem aparecer hospedadas a diversos níveis e natureza litológica dentro da coluna estratigráfica, ou até mesmo em corpos intrusivos, hospedadas predominantemente em veios de quartzo algo carbonáticos, inseridas dentro de um contexto de zonas de cisalhamento dúctil. As mineralizações podem ainda ocorrer em BIF (Formações Ferríferas Bandadas) ou de forma disseminada, associadas a litologias da sequência vulcano-sedimentar. Todo este quadro de mineralizações pode ocorrer associado a sulfetos (pirita, arsenopirita, calcopirita) e também em muitos casos tem-se a presença de sedimentos carbonosos balizando ou direta-

mente associados as mineralizações (Boyle, 1987).

De maneira semelhante no greenstone belt do Rio Itapicuru, as mineralizações auríferas ocorrem associadas a diversos tipos litológicos, predominantemente em um arcabouço de zonas de cisalhamento ductil. Na área em questão existem atualmente três minas em franca atividade e várias ocorrências que são alvos de pesquisa.

A primeira mina chama-se Fazenda Brasileiro e localiza-se na porção sul do greenstone belt, próximo a cidade de Serra-nha. Segundo Teixeira (1984), Souza (1986) é constituída por um corpo máfico (gabro-anortosítico) que intrude rochas basálticas toleíticas com níveis intercalados de pelitos, cisalhados segundo direção leste - Oeste. A mineralização ocorre como corpos de minérios estratificados, tendo ouro disseminado acompanhado de sulfetos e óxidos metálicos depositados ao longo da zona de cisalhamento (preferencialmente lentes de anortositos silicificados). Pode-se ainda ter a mineralização sob a forma de ouro nativo, disseminado em veios de quartzo e carbonatos e stockworks de zonas silicificadas.

Nas mina de ouro da Fazenda Maria Preta (Alvo Antas), objeto deste estudo e em área contígua, a mina da Companhia Bahiana de Pesquisa Mineral (CBPM); a mineralização esta associada as zonas de cisalhamento ductil, N-S, em veios de quartzo de até 1 m de largura e em venulações quartzo-carbonáticas nas paredes das rochas. Segundo Xavier (in prep.) estas rochas são filonitos carbonosos derivados da deformação de rochas vulcanoclásticas em zonas de cisalhamento ductil. Em rochas mais competentes como da-

citados, andesitos ácidos ou mesmo dioritos a mineralização aurífera esta associada com uma rede pervasiva de venulações com aspecto brechóide.

Com relação as ocorrências de mineralizações auríferas, Souza et al (1986) define três trends.

O primeiro denominado trend Riacho do Saco - Mari - Pannels, localizado 3 Km a este da mina da Fazenda Maria Preta, tem as ocorrências associadas ao contato de metagabros com metassedimentos, com o ouro em veios de quartzo e ao longo das zonas alteradas hidrotermalmente nas rochas encaixantes.

O segundo chamado trend Cariacá, localizado a este do Domo de Ambrósio, apresenta anomalias de ouro, associadas a metassedimentos em contato com granitóides (Domo de Ambrósio) e formações ferríferas bandadas.

O ultimo trend denomina-se Mandacaru, localiza-se no extremo leste do greenstone e apresenta ocorrências associadas a metassedimentos aluminosos sobrepostos a basaltos.

A discussão dos processos de formação das rochas, sua transformação e as mineralizações associadas da mina de ouro da Fazenda Maria Preta, como de qualquer parte do greenstone belt, deve ser abordada de maneira a envolver todo o contexto regional. Dentro desta idéia algumas questões serão levantadas, objetivando a elaboração de um ambiente tectônico condicionante para o aparecimento do greenstone belt, bem como a geração dos fluidos, seu papel na transformação mineralógica, textural, química e sua relação com a mineralização. Este modelo deverá basear-se em observações de campo, petrográficas e geoquímicas.

Como uma questão inicial têm-se as observações petrográficas realizadas em rochas dacito-riolíticas que revelam situações atípicas para a solidificação de lavas em superfície. Este fato é revelado por estas litologias apresentarem fenocristais de quartzo e plagioclásio com até 3 mm, e agrupamento de fenocristais, além do desenvolvimento de texturas micrográficas, indicando que houve tempo suficiente para a germinação, crescimento e cristalização no cotético Qz-Or-Ab-An antes da extrusão. Esta constatação aliada ao fato de terem sido reconhecidos em várias lâminas material de composição basáltica com plagioclásio, hornblenda, clorita, biotita, envolvidos ou englobado, (ocorrendo como manchas ou como microxenólitos) pela rocha de composição dacito-riolítica, além das características dos gráficos analisados no capítulo de geoquímica, tem levado a algumas suposições.

Uma possibilidade aventada, neste estudo, para o aparecimento do greenstone belt do Rio Itapicuru, seria que o mesmo tivesse evoluído a partir da geração de plumas basálticas na base de uma crosta siálica, não muito espessa, que favorecesse o aparecimento de um rift

O rift funcionaria como conduto através do qual o magma basáltico ascenderia e provocaria a fusão das rochas siálicas que gerariam as correspondentes vulcânicas de natureza dacito-riolítica.

Os derrames ocorreriam inicialmente com as lavas basálticas em um ambiente subaquático atestado pela ocorrência de "pillow" lavas, variolitos. Estes derrames aconteceriam durante um certo tempo antes que começassem a ocorrer derrames de nature-

za andesito-dacito-riolítica. Esta situação é colocada desta maneira porque entre os dois tipos de derrames houve um certo intervalo onde o magma de natureza intermediária a félsica podem cristalizar-se parcialmente em profundidade (textura micrográfica, veios quartzo feldspáticos, fenocristais), antes de ascender à superfície, onde houve uma certa mistura com as lavas basálticas (manchas de composição basáltica em uma matriz dacito-riolítica).

Uma outra questão que merece destaque é o fato de que nos metassedimentos não foram encontrados fragmentos de rocha basáltica, ou seja, períodos de quiescência de vulcanismo, com erosão e sedimentação só ocorreram quando toda a pilha vulcânica basáltica já estava formada e sendo sobreposta pelas vulcânicas de natureza félsica. Este fato fez com que os basaltos fossem protegidas dos processos erosivos subsequentes, que geraram os metassedimentos de natureza grauváquica com variedade de fragmentos oriundos apenas das vulcânicas de natureza intermediário-félsica.

Neste momento as atividades vulcânicas explosivas começaram a ocorrer (lapili-tufos, bombas, - presentes no leito do Rio Itapicuru), em função das lavas félsicas serem mais fluidas, ricas em gases e menos densas que as lavas basálticas. Estes ciclos de vulcanismo/erosão/sedimentação continuaram até o final de todo o episódio da construção da pilha vulcano-sedimentar, pois observa-se em muitos furos de sonda, níveis não muito espessos de rochas vulcânicas piroclásticas, intercaladas.

Aparentemente este modelo deve ter evoluído para a geração de zonas de cisalhamento dúctil que poderiam estar associa-

das aos processos de geração e evolução do próprio rift gerador do vulcanismo, juntamente com a pressão de carga da própria pilha vulcano-sedimentar. Estas zonas de cisalhamento apresentam um carácter predominantemente ductil. Isto pode ser evidenciado através da intensa foliação (S - C), lineação mineral, sombras de pressão em porfiroblastos de pirita e extinção ondulante em quartzo. Deve ser considerado ainda, a existência de um regime ruptil, provavelmente de ação mais subordinada, onde tem-se a geração de fraturas que normalmente são preenchidas por carbonatos, quartzo e ou sulfetos, com formas irregulares (brechação em forma de redes), com dimensões variáveis. Estas fraturas podem ter sido geradas em função da ação reológica de rochas mais competentes, em relação ao cisalhamento ductil, ou ainda serem frutos de brechação hidráulica, a partir dos fluidos percolantes através das rochas (Cameron e Hatori, 1987).

Uma possibilidade que deve ser levantada é a geração das fraturas a partir da ação integrada tanto do comportamento reológico das litologias, como da percolação dos fluidos.

Um dos objetivos deste trabalho é apresentar uma idéia sobre as características dos fluidos discutidos no capítulo sobre metamorfismo, bem como seu papel para a mineralização aurífera.

Estudos de inclusões fluidas e espectroscopia Ramam desenvolvidos por Xavier (1987, in prep.) em veios de quartzo aurífero, tanto na Mina de Fazenda Brasileiro como na Maria Preta, demonstraram que os fluidos são predominantemente aquo-carbônicos. Tais fluidos devem ter agido intensamente na pilha vulcânica

ao longo das zonas de cisalhamento ductil, transformando a mineralogia original das litologias como piroxênios e anfibólios para cloritas, carbonatos e sericitas e plagioclásios para carbonatos e sericitas, além de serem albitizados.

Xavier (in prep.) demonstra que fluidos oxidantes como H₂O, CO₂, CH₄, N₂, na mina de Fazenda Maria Preta, ocorrem associados a veios de quartzo e estão presentes durante o cisalhamento, que em contato com a matéria orgânica dos sedimentos carbonosos (de origem biogênica) propicia um ambiente redutor, com queda da fugacidade do oxigênio do fluido. Este fato permite a deposição do ouro que estava sendo transportado pelos fluidos.

Ainda Xavier (in prep.) mostra que a deposição do ouro na Fazenda Maria Preta, ocorreu nos estágios finais de cisalhamento ductil em temperaturas que variam de 360 a 420^o C e 2 a 4,1 Kb.; ocorrendo como inclusões em arsenopirita e pirita com pirrotita e esfalerita associada ou menos comumente como ouro livre hospedado por clorita e mica branca ou quartzo de veio.

Também Reinhardt et al (1990) considera que para o caso da Fazenda Brasileiro, o principal evento associado a deposição do ouro, ocorreu após o evento de cisalhamento dúctil com introdução de veios de quartzo associado com albitização, presença de pirita e arsenopirita disseminadas e ouro.

Dentro desta discussão, Teixeira et al (1990) demonstra que a deposição do ouro na mina de Fazenda Brasileiro, é o produto da interação das rochas encaixantes (metagabros) com fluidos de baixa salinidade, com H₂O, CO, CH₄, Na, S e ouro, que percola através das zonas permeáveis desenvolvidas nos estágios finais de

deformação.

Kerrick et al (1986), Kerrich (1990), Roberts (1987) consideram que todo este processo de movimentação dos fluidos e alteração hidrotermal ocorreria através das zonas de cisalhamento ductil que funcionariam como conduto para fluxo de fluidos e deposição do ouro.

Quanto a origem dos fluidos, para a área em estudo, mina da Fazenda Maria Preta, tornam-se necessários estudos mais avançados, não sendo objetivo deste trabalho defini-los. Seria razoável, no entanto, considerá-los como originários da diferenciação final de um magma dacito-riolítico rico em CO₂, H₂O, SiO₂, K₂O, H₂S

Trabalhos como o de Cameron e Hatori (1987) consideram que as fontes para os fluidos são bastante discutíveis, se originários de águas meteóricas, do metamorfismo, da própria água do mar; entretanto, mostram que a fonte mais provável seja à partir de magmas félsicos oxidados.

Segundo Kerrich et al (1990) e Jemielita et al (1990), consideram que os fluidos, bem como as mineralizações associadas, podem resultar de diferentes processos, ocorrendo em diferentes períodos na evolução de um greenstone.

CONCLUSÃO

Como proposta de trabalho, pretendeu-se realizar, para a mina de ouro da Fazenda Maria Preta, a caracterização petrográ-

fica e geoquímica, bem como discutir o metamorfismo e dar um enfoque metalogenético para o greenstone belt do Rio Itapicuru como um todo, utilizando-se dos dados obtidos pelo autor e da bibliografia.

Com a petrografia e geoquímica foi possível caracterizar quatro tipos de rochas vulcânicas (basaltos, andesitos ácidos, dacitos e riolitos) e localmente corpos intrusivos de natureza diorítica, além de sedimentos de natureza pelito-psamítica grauváquicos ou não, pouco transportados. No que se refere as rochas vulcano-clásticas, tem-se a presença de lapili-tufos e aglomerados.

O Greenstone Belt do Rio Itapicuru, provavelmente evoluiu à partir de plumas basálticas na base de uma crosta siálica que começa a sofrer um processo de rifteamento, permitindo a ascensão do magma basáltico. O contato do mesmo com a crosta siálica faz com que esta comece a sofrer fusão. Os derrames iniciais são de natureza essencialmente basáltica, não havendo interrupções do ciclo, ou seja períodos de quiescência do vulcanismo com erosão e sedimentação só ocorrerem quando os derrames de natureza siálica começaram a ocorrer.

Os derrames de natureza siálica (andesito ácido, dacito, riolito) começam a ascender a superfície, misturando-se com magmas basálticos, depois de terem tido tempo suficiente para começarem a cristalizar-se em profundidade. A partir deste instante as atividades vulcânicas explosivas, poderiam começar a ocorrer em função das próprias características da natureza do vulcanismo.

É razoável considerar o Greenstone Belt do Rio Itapicuru-

ru, como tendo duas fontes (básica e intermediária a acida) e que processos de diferenciação a partir de uma única fonte magmática, não são as possibilidades mais adequadas para explicar a natureza das litologias encontradas.

Na mina de ouro da Fazenda Maria Preta (Alvo Antas) processos de alteração hidrotermal ocorreram posteriormente ao evento de metamorfismo regional, (facies xisto verde). Este processo de alteração hidrotermal, obliterou texturas, transformou paragéneses e contem fluidos ricos em CO_2 , H_2O , SiO_2 , K_2O , H_2S , que devem ser os responsáveis pelo transporte e deposição do ouro.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M. de -1977- O craton do São Francisco, Revista Brasileira de Geociências 7 (4): p. 349-464
- -1979- O Craton do Paramirim e suas relações com o do São Francisco. In Simpósio sobre a Geologia do Craton do São Francisco e de suas faixas marginais, Salvador, SBG/SME.
- ALMEIDA, F.F. de; HASUY, Y. -1984- O pré-cambriano do Brasil. Ed. Edgar Blucher.
- ANHAEUSSER, C.R.; MASON, R.; VILJOEN, M.J.; VILJOEN, R.P. -1969- A Reappraisal of Some Aspects of Precambrian Shield Geology. Geol. Soc. Am. Bull, 80 (11): p. 2175-2200.
- BARBOSA, O. -1970- Geologia econômica de parte da região do médio Rio São Francisco, nordeste do Brasil. Boletim DNPM, RJ, n. 143, 97 p.
- BARNES, H.L -1979- Solubilities of Ore Minerals. In Geochemistry of Hidrotermal Ore Deposits. ED. Wiley Interscience 2^o ed, New York. 798 p.
- BOYLE, R.W. -1987- Gold history and genesis of deposits. ed. Van Nostrand Reinhold. New York. 676 p. il.
- CAMERON, E.M. -1989- Archean gold: Relation to granulite formation and redox zoning in the crust. In Geology v. 16. p. 109 -112.
- CAMERON, E.M.; HATORI, K. -1987- Archean Gold Mineralization and oxidized Hidrotermal Fluids. In Economic Geology v. 42 p. 1177 - 1191.

- CHOUHDURI, A. -Inédito- Análises Químicas de diques básicos das Guianas.
- CONDIE, K.C. -1981- Archean Greenstone Belt. ed. Elsevier. Amsterdam. 434 p..
- CORDANI, V.G. -1973- Evolução Geológica Pré-Cambriana da Faixa Costeira do Brasil entre Salvador e Vitória (tese de doutoramento). Inst. Geoc. USP, São Paulo, SP.
- COX, K.G.; BELL, J.D.; PANKHURST, R.J. -1979- The Interpretation of Igneous Rocks. Ed. George Allen and Unwin. London, Boston, Sidney.
- DAVISON, I.; TEIXEIRA, J.B.G.; SILVA, M.G.; NETO, M.B.R.; MATOS, F.M.V. -1987- Rio Itapicuru Greestone Belt, Bahia, Brasil, Structure and Stratigraphic Outline - paper submitted to Pre cambrian Research.
- GAL, G.; TEIXEIRA, J.G.B.; SILVA, L.J.H.; DEL SILVA, M.G. -1987- New U-Pb data from granitoids, reflecting Early Proterozoic Crustal Evolution in northeast Brasil. Paper presented to the Intern. Symp. on Granites and Assoc. Mineralization (ISGAM), Salvador, Bahia, Brazil.
- GILL, J.B. -1981- Orogenic Andesite and Plate Tectonics. Ed. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg. New York. 390 p.
- GOODWIN, A.M.; RIDLER, R.H. -1970- The Abitibi Orogenic Belt In BAER, A.J.- Symposium on Basins and Geosynclines of the Canadian Shield. Geol. Survey of Canada. (Paper 70-40) 24 p..
- HUMPHRIS, S.E.; THOMPSON, -1978- Hidrotermal alteration of oceanic basalts by seawater. Geochim. Cosmochim. Acta 42, p. 107-125.

- INJÁ, H.A.V. e BARBOSA, J.F. -1978- Mapa Geológico do Estado da Bahia, Escala 1:1.000.000, SME/CPM.
- JEFFERY, P.G. -1975- Chemical methods of rock analysis. Pergamon Press, 2. ed..
- JEMIELITA, R.A.; DAVIS, D.W.; KROGH, T.E. -1990- U-Pb evidence for Abitibi gold mineralization postdating greenstone magmatism and metamorphism. In Nature v. 346 p. 831 - 834.
- KERRICH, R. -1986- Fluid infiltration into fault zones: chemical, isotopic and mechanical effects. In Pageoph, 124 (1/2) p. 225 - 268.
- KERRICH, R.; WYMAN, D. -1990- Geodynamic setting of mesothermal gold deposits: An association with accretionary tectonics regimes. In Geology, v. 18, p. 882 - 885.
- KISHIDA, A. -1979- Caracterização geológica e geoquímica das sequências vulcano-sedimentares do médio Rio Itapicuru, Bahia. Dissertação de mestrado, UFBA, 98 p..
- KUNO, H. -1968- Differentiation of basaltic magma. In H. H. Hess e A. Poldevaart eds; Basalts. (int. publishers,) New York v. 2 p. 623 - 688.
- LEITE, C.M.M.; RANGEL, P.A.; CARVALHO, M.P. -1990- Caracterização química e mineralógica da mineralização aurífera em vulcânicas félsicas da faixa Mansinha do greenstone belt do Rio Itapicuru. In Boletim de resumos do XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia. Natal, R.G.N. p. 117.
- MACDONALD, G.A. e KATSURA, T. -1964- Chemical composition of Hawaiian lavas. In Journal of Petrology v. 5 p. 82 - 133.

- MACGEEHAN, P.J.; MACLEAN, W.H. -1980- Tholeiitic basalt-rhyolite magmatism and massive sulphide deposits at Matagami, Quebec. In. Nature v. 283.
- MACGEEHAN, P.J.; MACLEAN, W.H. -1980- An Archean Sub-seafloor geothermal system calc-alkali trends and massive sulphide genesis. In Nature v. 286.
- MASCARENHAS, J.F. -1973- A geologia do centro-leste do Estado da Bahia. In XXVIII Congr. Bras. Geol., Aracaju - SE v. 2 p. 35 - 66.
- MASCARENHAS, J.F. -1975- Projeto Bahia - Geologia da Folha de Senhor do Bonfim. Relatório final. Salvador, CPRM, vol. I, convênio DNPM/CPRM.
- MATOS, F.M.V.; DAIVSON, I. -1987- Basement or intrusion? The Ambrósio Dome, Rio Itapicuru Greenstone Belt, Bahia, Brazil In Rev. Bras. Geoc. 17(4): p. 442-449.
- MIYASHIRO, A. -1975- Classification, characteristics and origin of ophiolites. In Jour. Geol. v. 83, p. 249 - 281.
- OLIVEIRA, E.F.; LIMA, M.I.C.; CARMO, U.F. do; WERNICK, E. -1982- The Archean granite terrain from east Bahia, Brazil In Revista Brasileira de Geociências, vol. 12(1-3) p. 356-358.
- PEDREIRA, A.J. -1975- Modelo geológico para o desenvolvimento do embasamento cristalino no centro leste do Estado da Bahia, Brasil. Relatório inédito, 8 p. .
- PIRES, A.B. -1977- Geologia do Distrito Manganífero de Consequinho Lafaiete, MG. Instituto de Geociências UFRJ. tese de mestrado 344p..

- PIRES, A.B. -1977a- Genetic affinities between layered complexes and Tholeiitic basalts (inédito).
- PIRES, A.B.; PORTELA, A.C.P.; SANTOS, E.L.; INDA, H.A.V. -1974- Projeto rochas básicas e ultrabásicas de Euclides da Cunha, relatório final vol. Ia - Secretaria de Minas e Energia do Estado da Bahia/PROSPEC.
- PIRES, A.B.; RIBEIRO, A.; BARBOSA, M.L.M. -1990- Distribuição do greenstone belt Barbacena na região de São João Del Rei, Minas Gerais. In XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia. Natal, R.G. N. v. 6, p. 2941 - 2951.
- REINHARDT, M.C.; DAVISON, I. -1990- Structural and litologic Controls on gold deposition in the shear zone - hosted Fazenda Brasileiro mine, Bahia, State, northeast Brazil. In Economic Geology v. 85, p. 952 - 967.
- ROBERTS, R.G.; -1987- Ore Deposit Models. Archean Gold Deposits. In Geoscience Canada. v. 14, p. 37 - 52.
- SCHORSCHER, H.D. -1976- Polimetamorfismo do Pré-Cambriano na Região de Itabira, M.G., Brasil. In Bol. Esp. do XXIX Congr. Bras. de Geologia Ouro Preto. v.1 p. 194 - 195.
- SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. de A. -1984- A evolução da plataforma Sul Americana no Brasil e suas principais concentrações minerais In Geologia do Brasil. MME/DNPM, Escala 1:2.500.000, p. 9 - 53
- SILVA, M.G. -1983- A sequência vulcano-sedimentar do médio Rio Itapicuru, Bahia: caracterização petrográfica, considerações petrogenéticas preliminares e zoneografias metamórficas. Dissertação de Mestrado, UFBA, 88 p.

- SILVA, M.G. -1987- Geochemie, Petrologie und tektonische Entwicklung eines proterozoischen Grünsteingürtels: Rio Itapicuru, Bahia, Brasilien. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Geowissenschaftlichen Fakultät der Freiburg i Br. 161 p.
- SILVA, F.C.A. -1990- Análise de deformação nos meta-aglomerados da zona de cisalhamento aurífera da Fazenda Canto - porção sul do greenstone belt do Rio Itapicuru - Ba. In XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia. Natal, R.G.N. v. 5, p. 2208 - 2213.
- SILVA, M.G. -1990- Modelamento geoquímico das rochas basálticas do Rio Itapicuru - Ba. In Boletim de resumos do XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia. Natal, R.G.N. p. 196.
- TEIXEIRA, J.B.G. -1984- Geologia e Controles da Mineralização Aurífera em Fazenda Brasileiro - Serrinha - BA. Dissertação de Mestrado em Geociências. Univ. Fed. da Bahia, 89 p.
- TEIXEIRA, J.B.G.; SILVA, M.G.; COSTA, V.R.; OLIVEIRA, M.A.; FRATIN, O.; TELES, P.J.; VIANA, I.A.; GAMA, H.B. -1982- Rio Itapicuru Greenstone Belt (Serrinha Region) With Faixa Weber gold deposits and Serra da Jacobina gold bearing metasedimentary sequence. Intern. Symp. on Archean and Early Proterozoic Geol. Evolution and Metal., Salvador Excursions Guidebook, 118p - 88.
- TEIXEIRA, J.B.C.; KISHIDA, A.; MARIMON, M.F.C.; XAVIER, R.P.; MCREATH, I. -1990- The Fazenda Brasileiro Gold Deposit, Bahia: Geology, hidrotermal alteration and Fluid inclusions studies. In Economic Geology v. 85, p. 990 - 1009.
- XAVIER, R.P. -1987- Estudos das Inclusões Fluidas na Mina de Ouro Fazenda Brasileiro Greenstone Belt do Rio Itapicuru BA. Dis

sertação de Mestrado na Área de concentração Mineralogia e Petrologia. Inst. Geoc. - USP.

XAVIER, R.P.; FOSTER, R.P. -in prep.- The role of carbonaceous shear bands in fluid-flow and gold precipitation in the Fazenda Maria Preta mine, Bahia north-east Brazil. 9 p..

VILJOEN, M.J.; VILJOEN, R.P. -1969- The geology and geochemistry of the lower ultramafic unit of the Onverwacht Group and a proposed new class of igneous rocks. Special publication of Geological Society of South Africa (upper mantle Symposium) p. 55 -85.

Nº AMOSTRAS	NOME	TEXTURAS	MINERALOGIA
01,07	Basalto	Porfirítica e glomeroporfirítica	Plagioclásio, piroxênio, clorita, clinzoisita, titanita, ilmenita, magnetita, leucóxênio
02,03,04,06 14,15	Andesitos Ácidos	microgranular, intertortal e porfirítica até glomeroporfirítica traquitóide	plagioclásio, clorita, quartzo, carbonatos, clinzoisita, rutilo, ilmenita, magnetita
05,10,13, 08,09,11,12	Dacitos Riolitos	microgranular, traquitóide, microporfirítica, micrográfica, fenocristais de quartzo com formas bipiramidais	plagioclásio, quartzo, sericita, carbonato, clinzoisita, clorita, magnetita, ilmenita
16,17,18,19	Dioritos	Porfirítica a glomeroporfiríticas. Arranjo madial dos plagioclásios; granular - dimensão média dos grãos 1mm	plagioclásio, clorita, quartzo, carbonatos, clinzoisita, apatita, biotita, magnetita, ilmenita

Tabela 1 - Resumo da Composição Mineralógica e Textural das amostras analisadas para elementos maiores na Mina de Ouro da Fazenda Maria Preta.

AMOSTRA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
SiO ₂	47,90	61,20	60,80	60,40	66,60	62,00	49,50	76,40	75,90	66,00
Al ₂ O ₃	15,10	17,30	17,90	18,70	14,90	16,30	13,20	14,10	14,50	21,30
Fe ₂ O ₃	2,46	1,04	1,05	1,09	---	0,27	1,71	1,21	0,41	1,03
FeO	9,15	1,77	2,15	2,82	2,95	2,59	9,02	0,20	0,14	0,23
MgO	6,79	1,57	1,33	1,74	1,66	1,66	5,96	0,09	0,09	0,22
CaO	10,83	7,69	8,39	8,21	3,84	2,80	6,63	0,14	0,14	0,24
Na ₂ O	2,02	4,71	4,04	2,69	1,21	0,61	3,70	4,71	4,04	2,79
K ₂ O	0,24	0,28	0,60	0,72	2,70	3,31	0,06	1,50	1,80	4,39
P.F.	3,17	2,24	2,28	2,58	6,11	8,77	9,53	1,29	1,43	2,91
H ₂ O ⁻	0,07	0,01	0,02	0,08	0,33	0,48	0,09	0,13	0,22	0,08
TiO ₂	0,86	0,32	0,37	0,42	0,46	0,33	0,92	0,05	0,04	0,04
P ₂ O ₅	0,08	0,14	0,15	0,16	0,09	0,09	0,10	0,05	0,04	0,05
MnO	0,17	0,07	0,07	0,08	0,09	0,08	0,14	---	---	0,01
TOTAL	98,84	98,34	99,14	99,68	100,93	99,28	100,56	99,86	98,74	99,28
AMOSTRA	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
SiO ₂	75,30	74,80	68,00	62,20	62,00	52,50	52,30	63,40	54,70	
Al ₂ O ₃	14,00	15,10	16,90	13,20	15,10	21,40	21,00	13,90	10,60	
Fe ₂ O ₃	0,54	1,06	0,14	4,37	2,21	2,30	1,91	1,89	1,22	
FeO	0,29	0,33	2,19	3,65	5,34	3,60	3,81	6,92	8,68	
MgO	0,11	0,18	1,16	1,00	2,15	3,40	3,15	3,16	10,70	
CaO	0,42	0,14	2,03	2,93	2,10	7,69	7,68	4,20	7,34	
Na ₂ O	5,39	3,36	3,71	6,05	6,05	4,04	4,71	4,04	2,19	
K ₂ O	1,20	2,50	2,10	0,48	0,18	0,75	0,66	0,78	0,12	
P.F.	1,37	1,85	3,93	4,17	2,61	3,43	4,09	2,79	3,41	
H ₂ O ⁻	0,12	0,17	0,05	0,13	0,06	0,05	0,32	0,02	0,17	
TiO ₂	0,11	0,07	0,19	1,03	1,02	0,62	0,55	1,09	0,69	
P ₂ O ₅	0,06	0,05	0,06	0,18	0,16	0,09	0,08	0,24	0,07	
MnO	0,01	0,01	0,06	0,11	0,06	0,10	0,10	0,13	0,20	
TOTAL	98,92	99,51	100,52	99,50	99,04	99,97	99,76	100,54	100,09	

TABELA 2 - Valores (em %) das análises químicas para óxidos de elementos maiores das litologias da Mina de Duro da Fazenda Maria Preta.

AMOSTRA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Quartzo	0,61	16,40	16,81	21,10	36,58	35,68	1,42	42,95	45,18	32,25
Ortoclássio	1,42	1,65	3,55	4,26	15,96	19,56	0,35	8,86	10,64	25,94
Albita	17,09	39,86	34,19	22,76	10,24	5,16	31,31	39,86	34,19	23,61
Anortita	31,43	25,24	20,94	36,83	18,47	13,31	19,23	0,40	0,47	0,90
Diopsídio	17,07	9,50	9,61	2,35			10,74			
Hiperstênio	21,79	0,44	1,19	6,91	8,96	8,27	23,43	0,22	0,22	0,55
Magnetita	3,57	1,51	1,52	1,58		0,39	2,48	0,51	0,35	0,67
Ilmenita	1,63	1,63	0,70	0,80	0,87	0,63	1,75	0,09	0,07	0,07
Apatita	0,19	0,32	0,35	0,37	0,21	0,21	0,23	0,10	0,08	0,10
Calcita					3,22	6,84		4,58	5,74	11,63
Hematita								0,86	0,17	0,57
Plagioclássio	An 65	An 39	An 46	An 62	An 64	An 72	An 38	An 01	An 01	An 04

AMOSTRA	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Quartzo	38,45	45,25	30,79	18,46	15,95	3,00	0,03	22,87	7,29
Ortoclássio	7,09	14,77	12,41	2,84	1,06	4,43	3,90	4,61	0,71
Albita	45,61	28,43	31,39	51,19	51,19	34,19	39,86	34,19	18,53
Anortita	1,71	0,39	9,68	7,44	9,37	37,55	34,21	17,49	18,74
Diopsídio				4,82			2,76	1,53	13,98
Hiperstênio	0,27	0,45	6,59	1,73	11,76	12,34	11,20	11,71	34,03
Magnetita	0,65	0,91	0,20	6,34	3,20	3,33	2,77	2,74	1,77
Ilmenita	0,21	0,12	0,36	1,96	1,94	1,18	1,04	2,05	1,31
Apatita	0,13	0,11	0,14	0,42	0,37	0,21	0,18	0,56	0,16
Calcita	3,21	6,72	4,90		1,52	0,18			
Hematita	0,09	0,43							
Plagioclássio	An 04	An 01	An 24	An 13	An 15	An 52	An 46	An 34	An 50

TABELA 3 - Valores da CIPW para óxidos de elementos maiores respectivas as amostras da tabela 2.