



ABREU

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE METALOGÊNESE E GEOQUÍMICA

*Da página 36 até 85 estão montadas erradas, i.e.  
de ponta cabeça*

**ESTUDO DAS MINERALIZAÇÕES AURÍFERAS  
FILONIANAS DA REGIÃO DA CIDADE DE DIAMANTINA/MG**

FRANCISCO ROBÉRIO DE ABREU

*Este exemplar corresponde  
à redação final da tese  
defendida por Francisco  
Robério de Abreu e aprovada  
pela comissão julgadora  
em 12/07/91.*

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

*Alfonso Schrank*

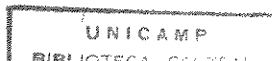
Orientador: Prof. Dr. Alfonso Schrank *f*

*9107164/BC*

Campinas, junho de 1991

Ab76e

14183/BC



Comissão Julgadora

*João Duarte*

*Jorge Silva Ballester*

*Jorge Silva Ballester*

Para  
Giordano, Maria Rita, Silvana,  
Rogério, Lília e Ricardo de Abreu

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que auxiliaram direta ou indiretamente a realização deste trabalho e em especial:

- aos geólogos Marcos B. Hartmann (MINERE Engenharia), Geraldo G. V. dos Santos (Paulo Abib Engenharia), Pedro A. Almeida Abreu (CGE/IGC/UFMG), Luiz G. Knauer (IGC/UFMG), Sônia M. Knauer e Rogério R. da Silva (CGE/IGC/UFMG), pelo incentivo, apoio logístico, dados novos, discussões e companhia de campo;

- ao professor Alfonso Schrank (DMG/IG/UNICAMP), pela orientação;

- ao Dr. Nuno Machado (GEOTOP/UQAM) e a todo o "staff" do Laboratório de Geocronologia do Royal Ontario Museum, pela orientação durante a realização do estágio no laboratório;

- a professora Jacinta Enzweiler (DMG/IG/UNICAMP), pela orientação durante as análises químicas de rochas realizadas no Laboratório de Geoquímica do IG/UNICAMP;

- ao físico Dailto Silva (IG/UNICAMP) e a engenheira química Maria A. Pasquoali (FEC/UNICAMP), pelas análises de inclusões fluídas;

- ao professor Lisandro P. Cardoso (IFGW/UNICAMP), pela confecção dos difratogramas de raios-x ; e

- ao Otíniel do Beco, pela companhia na localização e reconhecimento de galerias antigas da região de Diamantina.

## ÍNDICE

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....                                    | 1  |
| 1.1 Apresentação / Objetivos .....                     | 1  |
| 1.2 Localização e Acesso .....                         | 2  |
| 1.3 Metodologia .....                                  | 3  |
| 2. QUADRO GEOLÓGICO REGIONAL .....                     | 7  |
| 3. GEOLOGIA DA REGIÃO DA CIDADE DE DIAMANTINA-MG ..... | 23 |
| 3.1 Histórico .....                                    | 23 |
| 3.2 Estratigrafia / Litologias .....                   | 27 |
| 3.3 Deformação .....                                   | 37 |
| 3.4 Mineralizações .....                               | 53 |
| 3.4.1 Principais Ocorrência .....                      | 53 |
| 3.4.2 Alteração Hidrotermal .....                      | 62 |
| 3.4.3 Controles .....                                  | 64 |
| 3.4.4 Idade .....                                      | 68 |
| 3.4.5 Inclusões Fluídas .....                          | 69 |
| 4. DISCURSSÃO E CONCLUSÕES .....                       | 75 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                    | 80 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 01 - Localização e acesso à cidade de Diamantina-MG .....                                                                                                | 2  |
| FIGURA 02 - Cráton do São Francisco. ....                                                                                                                       | 8  |
| FIGURA 03 - Mapa Geológico da Serra do Espinhaço Meridional. ....                                                                                               | 9  |
| FIGURA 04 - Isocrônas de referência para exposições do embasamento do Supergrupo Espinhaço. ....                                                                | 11 |
| FIGURA 05 - Estratigrafia simplificada do Supergrupo Rio Paraúna. ....                                                                                          | 11 |
| FIGURA 06 - Diagrama concórdia para duas frações de zircões de um metariólito do Supergrupo Espinhaço da região de Conceição do Mato Dentro. ....               | 14 |
| FIGURA 07 - Diagrama concórdia para frações de zircões de rochas granitóides do complexo de Gouveia e de um metariólito do Supergrupo Rio Paraúna. ....         | 16 |
| FIGURA 08 - Diagrama concórdia para frações de zircões de um metariólito do Supergrupo Rio Paraúna da região de Ouro Fino. ....                                 | 17 |
| FIGURA 09 - Diagrama concórdia para frações de zircões de uma rocha metaígneia do Supergrupo Espinhaço da região de Conceição do Mato Dentro. ....              | 18 |
| FIGURA 10 - Diagrama concórdia para frações de zircões de uma rocha metaígneia do Supergrupo Espinhaço da região do Serro. ....                                 | 18 |
| FIGURA 11 - Diagrama concórdia para frações de zircões e badaleítas de um metadiabásio pórfiro intrusivo no Supergrupo Espinhaço da região de Pedro Lessa. .... | 19 |
| FIGURA 12 - Diagrama concórdia para frações de zircões de uma rocha metaígneia do "Grupo Macaúbas" da região de Desembargador Otoni. ....                       | 19 |
| FIGURA 13 - Diagrama concórdia para frações de zircões e titanitas de um migmatito do complexo Gnáissico-Garanítico da região de Senhora do Porto. ....         | 20 |
| FIGURA 14 - Mapa Geológico de Região de Diamantina (MG). ....                                                                                                   | 26 |
| FIGURA 15 - Mapa Geológico da Região da Cidade de Diamantina / MG. ....                                                                                         | 28 |
| TABELA I - Análises químicas novas de rochas filíticas. ....                                                                                                    | 30 |
| FIGURA 16 - Mapa Estrutural I. ....                                                                                                                             | 38 |
| FIGURA 17 - Diagrama de contorno de pólos da xistosidade das rochas filíticas. ....                                                                             | 39 |
| FIGURA 18 - Diagrama de contorno para pólos da xistosidade das rochas quartzíticas. ....                                                                        | 40 |

|                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 19 - Diagrama de contorno para pólos de acamamento das rochas quartzíticas. ....                                                                                                     | 41 |
| FIGURA 20 - Diagrama para pólos da lineação de alongamento. ....                                                                                                                            | 42 |
| FIGURA 21 - Mapa Estrutural II. ....                                                                                                                                                        | 45 |
| FIGURA 22 - Veios de quartzo injetados segundo a xistosidade de rochas filíticas. ....                                                                                                      | 47 |
| FIGURA 23 - Seção composta da Mina das Mil Oitavas. ....                                                                                                                                    | 50 |
| FIGURA 24 - Diagrama de pólos para eixos de dobras. ....                                                                                                                                    | 50 |
| FIGURA 25 - Diagrama de contorno para pólos de clivagem de crenulação. ....                                                                                                                 | 52 |
| FIGURA 26 - Diagrama de contorno para pólos da lineação de crenulação. ....                                                                                                                 | 52 |
| FIGURA 27 - Principais Ocorrências Auríferas. ....                                                                                                                                          | 54 |
| FIGURA 28 - Perfil de detalhe de parte da porção basal da Unidade fl-2 aflorante na Mina das Mil Oitavas. ....                                                                              | 58 |
| FIGURA 29 - Zonas de alteração individualizadas num veio mineralizado. ....                                                                                                                 | 63 |
| FIGURA 30 - Histogramas mostrando a variação das temperaturas de fusão do CO <sub>2</sub> , temperaturas do eutético, temperatura de fusão do gelo, temperatura de fusão de clatratos. .... | 72 |
| TABELA II - Análise química das inclusões fluidas pelo método o "Quench-leach". ....                                                                                                        | 74 |
| FIGURA 31 - Histogramas mostrando a variação das temperaturas de homogeneização do CO <sub>2</sub> e de homogeneização total. ....                                                          | 74 |

## ÍNDICE DE FOTOS

|                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOTO 01 - Filito esverdeado com texturas bandadas típicas de filitos hematíticos. ....                                                           | 29 |
| FOTO 02 - Intercalações centimétricas entre níveis de filitos argilosos e níveis de sericita-filitos esverdeados. ....                           | 32 |
| FOTO 03 - Quartzito com estratificações plano paralelas. ....                                                                                    | 32 |
| FOTO 04 - Amostra de filito hematítico com cristais ripiformes de feldspato substituídos por sericita. ....                                      | 34 |
| FOTO 05 - Quartzito com estratificações cruzadas acanaladas. ....                                                                                | 35 |
| FOTO 06 - Xistosidade de uma amostra de sericita-filito. ....                                                                                    | 40 |
| FOTO 07 - Lineação de alongamento marcada pela alinhamento de óxidos de ferro sobre a xistosidade. ....                                          | 42 |
| FOTO 08 - Mobilizado sigmoidal de quartzo sacaroidal concordante com a xistosidade. ....                                                         | 43 |
| FOTO 09 - Veio de quartzo encaixado na superfície de contato entre quartzitos da unidade qz3 e filitos da unidade fl3. ....                      | 46 |
| FOTO 10 - veio de quartzo perpendicular à xistosidade. ....                                                                                      | 46 |
| FOTO 11 - Bolsão lenticular de filito dentro de um veio de quartzo. ....                                                                         | 47 |
| FOTO 12 - Veio de quartzo encaixado em quartzito mostrando um crescimento de cristais perpendicular à parede do veio. ....                       | 48 |
| FOTO 13 - Galeria de pesquisa escavada em filitos argilosos. ....                                                                                | 53 |
| FOTO 14 - Foto aérea da região da cidade de Diamantina com a localização da Mina das Mil Oitavas, da Mina do Cazuza e do Morro da Grupiara. .... | 56 |
| FOTO 15 - Vista da Mina das Mil Oitavas. ....                                                                                                    | 56 |
| FOTO 16 - Vista da parede norte da Mina das Mil Oitavas. ....                                                                                    | 57 |
| FOTO 17 - Detalhe do contato brusco entre os filitos argilosos da Unidade fl-2 e quartzitos friáveis da Unidade qz-2. ....                       | 57 |
| FOTO 18 - Veio de quartzo de espessura métrica encaixado em filitos da Unidade fl-2 no Morro da Grupiara. ....                                   | 61 |
| FOTO 19 - Vista panorâmica da Mina do Cazuza. ....                                                                                               | 61 |
| FOTO 20 - Veio de caulinita e quartzo mostrando um halo de alteração hidrotermal. ....                                                           | 63 |
| FOTO 21 - Veio mineralizado constituído por quartzo e caulinita. ....                                                                            | 66 |

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOTO 22 - Caulinita com hematita especular e rutilo. ....                              | 66 |
| FOTO 23 - Concentrado de peneira com ouro em pepitas na porção central. ....           | 67 |
| FOTO 24 - Cristais octaédricos de ouro nativo. ....                                    | 67 |
| FOTO 25 - Veio de quartzo com sericita e especularita. ....                            | 68 |
| FOTO 26 - Inclusões primárias com contornos de cristal negativo. ....                  | 71 |
| FOTO 27 - Inclusões secundárias distribuídas ao longo de uma fratura cicatrizada. .... | 71 |

## RESUMO

Através da datação, pelo método U/Pb, de amostras de várias das unidades constituintes da Serra do Espinhaço Meridional pode-se determinar com mais precisão que: (1) o Complexo de Gouveia e o Supergrupo Rio Paraúna foram gerados no Arqueano e sofreram um forte retrabalhamento durante o Evento Transamazônico; (2) os limites mínimos para o início e o fim da sedimentação do Supergrupo Espinhaço correspondem, respectivamente, a  $1711 \pm 8/-4$  Ma e  $906 \pm 2$  Ma; (3) o Grupo Macaúbas iniciou sua deposição no máximo a  $906 \pm 2$  Ma; (4) parte das litologias tradicionalmente incluídas no Grupo Macaúbas correspondem a fatias tectônicas de rochas pertencentes ao Supergrupo Espinhaço e (5)  $512 \pm 5$  Ma é a melhor estimativa para a idade da deformação das unidades aflorantes na borda SE do Cráton do São Francisco, gerada por uma tectônica de caráter tangencial a qual se associam as mineralizações auríferas filonianas da região da cidade de Diamantina.

As mineralizações auríferas da região da cidade de Diamantina estão hospedadas numa sequência constituída por uma intercalação entre quartzitos puros de granulação médias e filitos hematíticos em diferentes estágios de argilização hidrotermal, pertencente à Formação São João da Chapada do Supergrupo Espinhaço. Estas mineralizações auríferas estão confinadas a veios de quartzo e caulinita e brechas de matriz caulinitica encaixadas nas porções basais dos pacotes de filitos hematíticos argilizados. Estes veios e brechas mineralizados

foram gerados por fraturamento hidráulico e são tardios ao cisalhamento responsável pela geração da xistosidade e da lineação de alongamento presentes nas rochas encaixantes.

Através do estudo de inclusões fluídas pode-se caracterizar os fluídos responsáveis pela geração destas mineralizações como soluções aquo-carbônicas, com salinidade por volta de 10 % eq NaCl, depositadas a uma temperatura mínima de 250°C.

Uma idade brasileira para estas mineralizações pode ser determinada através da datação, pelo método U/Pb, de uma fração de rutilo associada a veios mineralizados.

Estas mineralizações mostram características muito peculiares, o que impossibilita enquadrá-las entre as mineralizações filonianas típicas. Apesar destas dificuldades pode-se propor, em caráter preliminar que os fluídos responsáveis pelas mineralizações tenham sido gerados por reações de desvolatilização, consequentes da inversão de isothermas causadas pela tectônica tangencial de idade Brasileira.

## ABSTRACT

U/Pb age datings of samples from several units of the southern Serra do Espinhaço support the following conclusions: (1) the Gouveia Complex and the Rio Paraúna Supergroup originated in the Archaean and have been reworked during the Transamazonian Event; (2) the minimum ages for the beginning and the end of the Espinhaço Supergroup sedimentation are respectively  $1711 \pm 4$  Myr and  $906 \pm 2$  Myr; (3) the minimum ages for the beginning of the deposition of the Macaúbas Group is  $906 \pm 2$  Myr ago; (4) some of the rocks that have been previously ascribed to the Macaúbas Group are tectonic slices of the Espinhaço Group; and (5) the age of  $512 \pm 5$  Myr is the best estimate for the deformation of the units that crop out on the Southeastern edge of the São Francisco Craton, which in turn has resulted through tangential tectonics to which the gold mineralizations of the Diamantina region are associated.

The gold mineralization at Diamantina are hosted by a sequence of interbedded, medium-grained, pure quartzites and argillaceous hematitic phyllites of the São João da Chapada Formation (Espinhaço Supergroup). These mineralizations occur in quartz-kaolinite veins and in breccias, with kaolinitic matrix, at the base of the argillaceous hematitic phyllites. The gold-bearing veins and breccias have originated by hydraulic fracturing during the waning stage of shearing that affected the country rocks.

Fluid inclusion studies reveal that gold has been

transported by  $H_2O$ - $CO_2$ -rich solutions, with 10 % wt NaCl, deposited at a minimum temperature of 250°C.

The mineralization are of Brasiliano age according to U/Pb dating on rutile associated with the veins.

The gold mineralization displays unusual characteristics such as the paragenesis, hydrothermal alteration and the veins structural setting rendering them impossible to be included in the common lode type. Nevertheless, it is preliminary suggested that the gold-bearing fluids may have been produced by devolatilization reactions in response to likely inverse isotherms caused by The Brasiliano tangential tectonics.

## RESUMÉ

Au moyen des datations, par la méthode U/Pb, sur des échantillons de plusieurs unités stratigraphiques de la Serra do Espinhaço Méridionale, il a été possible de déterminer, avec plus de Précision, que: (1) le Complexe du Gouveia et le Supergroupe du Rio Paraúna ont été développés à l'Archéen et ont subi, pendant l'Évènement Trásamazonique, un fort rétravaillement tectonique, (2) les limites minima pour le début et la fin de la sédimentation du Supergroupe Espinhaço sont établies, respectivement, à  $1711 \pm 4$  Ma et  $906 \pm 2$  Ma; (3) au plus, le début de la sédimentation du Groupe Macaúbas s'est faite à  $906 \pm 2$  Ma; (4) une certaine partie des lithologies traditionnellement attribuées au Groupe Macaúbas sont des lambeaux tectoniques qui appartiennent au Supergroupe Espinhaço et (5) l'âge de  $512 \pm 5$  Ma est la meilleure estimation pour l'âge de la déformation des unités qui affleurent sur la bordure SE du Craton du São Francisco; cette déformation a été engendrée par une tectonique tangentielle, à laquelle les minéralisations filoniennes d'or de la région de la ville de Diamantina sont associées.

Les minéralisations d'or de la région de la ville de Diamantina sont logées dans une séquence, appartenant à la Formation São João da Chapada du Supergroupe Espinhaço et constituée par des intercalations entre des quartzites purs, de granularité moyenne et des schistes à sericite et hématite, soumis à des différents stades d'argilisation hydrothermale. Ces

minéralisations d'or sont confinées à des veines du quartz et de la caulinite et à des brèches à matrice caulinique, le tout étant encaissé dans les portions basales des paquets des sericite schistes à hématite argilisées. Ces veines et brèches, mineralisées ont été formées par un processus de fracturation hydraulique et sont tardives par rapport au cisaillement, lui même responsable par le développement de la schistosité et de la linéation d'allongement empreintées sur les roches hôtes. Par l'étude des inclusions fluides on a pu caractériser les fluides responsables par la génération de las minéralisations comme étant des solutions aquo-carbonniques, avec une salinité au tour de 10% eq NaCl et déposées à une température minima de 250°C.

Une âge Brésillienne pour ces minéralisations a pu être déterminé par la datation, par la méthode U/Pb, d'une fraction du rutile associée aux veines mineralisées.

Ces minéralisations montrent des caractéristiques assez particulières, ce qui empêche de les encadrer entre les minéralizations filonniennes typiques. En dépit des difficultés, on peut proposer, en caractériser préliminaire, que les fluides responsables par les minéralisations ont été générés par des réactions de dévolatilisation, résultant de l'inversion des isothermes, causée par la tectonique tangentielle d'âge Brésillienne.

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Apresentação / Objetivos**

A realização de mapeamentos geológicos e o levantamento de perfis de reconhecimento em várias regiões da Serra do Espinhaço Meridional, entre agosto de 1985 e março de 1988, e a análise dos dados publicados sobre a geologia da região de Diamantina revelou-nos que, embora houvesse sido executado um grande número de levantamentos geológicos na Serra do Espinhaço Meridional, possibilitando um detalhamento estratigráfico das unidades constituintes da mesma, as mineralizações auríferas existentes haviam sido abordadas apenas superficialmente. Esta relativa falta de informações sobre tais mineralizações refletia o enfoque prioritariamente estratigráfico adotado na maioria dos trabalhos executados na região o que, naquele momento, inviabilizava a realização de trabalhos de síntese e análise integrada de dados que possibilitasse a caracterização tipológica das mesmas.

O presente trabalho foi dedicado, portanto, ao estudo detalhado das mineralizações auríferas filonianas da região da cidade de Diamantina-MG e tem como objetivos posicionar estas mineralizações dentro do quadro evolutivo da região e determinar quais os processos envolvidos na gênese das mesmas.

## 1.2 Localização e Acesso

A Serra do Espinhaço corresponde a um conjunto montanhoso alinhado meridianamente que se estende por cerca de 1000 Km desde a porção central do Estado de Minas Gerais até o Norte do Estado da Bahia. A cidade de Diamantina situa-se na porção meridional da Serra do Espinhaço, no Estado de Minas Gerais, distando cerca de 290 Km da capital Belo Horizonte (fig. 01). O acesso a Diamantina por estradas de asfalto, à partir de Belo Horizonte, inicia-se pela BR-040, na qual segue-se 174 Km até o trevo rodoviário Brasília/Curvelo, deste trevo segue-se pela BR-135 50 Km até Curvelo, de Curvelo segue-se mais 126 Km pela BR-367 até Diamantina.

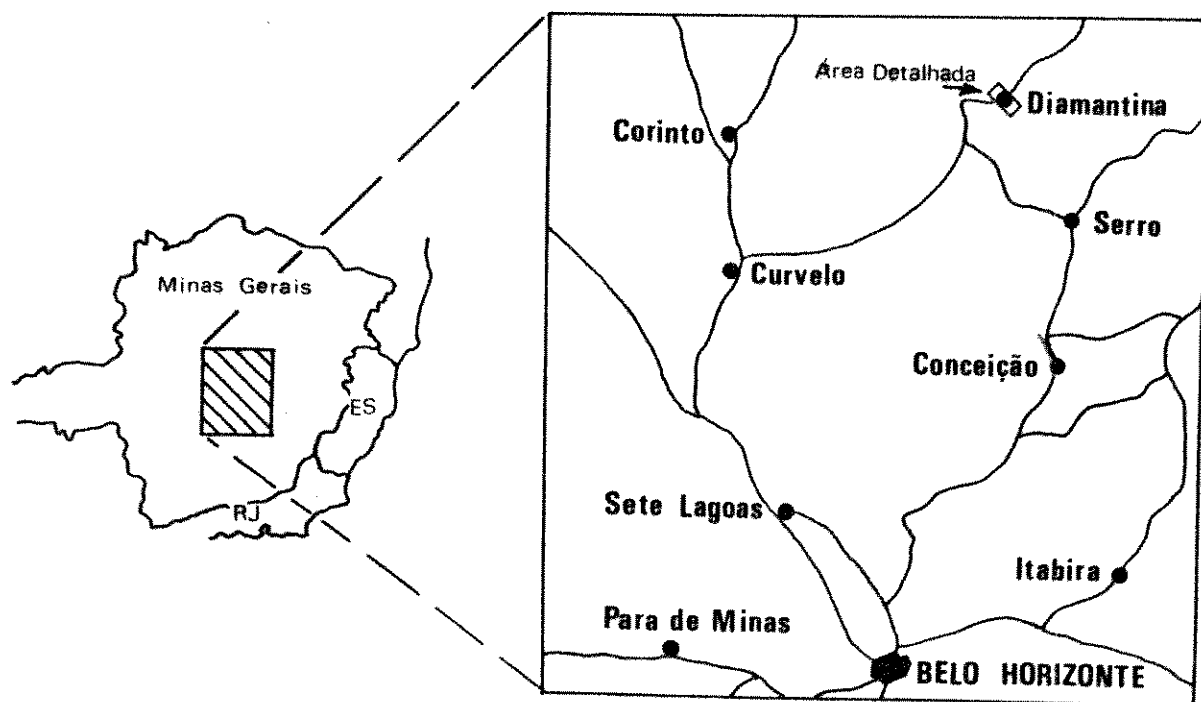


FIGURA 01 - Localização e acesso à cidade de Diamantina-MG

### 1.3 Metodologia

Para se estabelecer que metodologia seria mais adequada ao desenvolvimento do trabalho proposto foi necessário o levantamento e análise de dados publicados, em trabalhos anteriores, sobre a geologia da região de Diamantina e uma avaliação destes dados através de um reconhecimento de campo. Feito isto, ficou claro que para se atingir os objetivos desejados teria-se de alcançar as seguintes metas: (1) Determinar os controles das mineralizações auríferas filonianas da região da cidade de Diamantina-MG ; (2) caracterizar estruturalmente os veios mineralizados e enquadrá-los no contexto tectônico regional; (3) determinar a idade destas mineralizações; (4) estimar a temperatura de precipitação do material dos veios mineralizados; e (5) refinar o quadro geocronológico da região. Levando-se em conta a infra-estrutura disponível determinou-se que para se alcançar as metas estabelecidas seria necessário a realização das seguintes atividades:

- Uma revisão bibliográfica que envolvesse o levantamento dos dados disponíveis na literatura sobre a geologia da região de Diamantina e sobre o quadro geológico da Serra do Espinhaço Meridional, completando os conhecimentos adquiridos anteriormente;

- O mapeamento geológico/estrutural na escala 1:25.000 da região da cidade de Diamantina, que cobriu finalmente uma área de aproximadamente 808 hectares e foi realizado num período de 5 meses entre julho e novembro de 1989;

- O reconhecimento e estudo das ocorrências auríferas da área mapeada;

- A observação de galerias antigas e o levantamento de perfis de detalhe (escala 1:100) nas ocorrências mais importantes e nas áreas onde as relações entre os veios e as estruturas de suas encaixantes estavam melhor expostas;

- Determinação da idade das mineralizações auríferas associadas a veios da região de Diamantina e das idades de magmatismo e metamorfismo de várias das unidades constituintes da Serra, tendo sido possível realiza-las pelo método U/Pb;

- Trabalhos de laboratório em que foram necessários: descrições petrográficas, análises químicas, estudo de inclusões fluídas e identificação de minerais por difratometria de raios-x;

As datações pelo método U/Pb foram obtidas durante um estágio no laboratório de geocronologia do "Royal Ontario Museum" realizado entre novembro de 1988 e maio de 1989, sob a orientação do Dr. Nuno Machado. Este estágio foi uma das atividades incluídas no "Program of Characterization of Metallogenic Provinces in Brazil" (projeto CIDA), que correspondeu a um programa de determinação de idades geocronológicas em várias das províncias metalogenéticas brasileiras, patrocinado pela "Canadian International Development Agency - CIDA" e coordenado pelos Professores W.S. Fyfe (University of Western Ontario) e A. Schrank (UNICAMP). Durante este estágio foram obtidas idades U/Pb de frações de zircão, titanita e badaleíta de amostras selecionadas de várias das unidades da Serra do Espinhaço Meridional (parcialmente publicadas em resumos por Machado &

Abreu-Bentivi; 1989 e Machado et al.; 1989) e de uma fração de rutilo associada aos veios mineralizados da região de Diamantina. As frações minerais datadas foram extraídas das amostras de rocha usando-se as técnicas de separação mineral descritas em Corfu et al. (1985) e selecionadas seguindo os critérios propostos por Krough (1982). A dissolução das frações analisadas e a separação química de U e Pb dos zircões seguiram as técnicas descritas por Krough (1973) e a separação destes elementos nas frações dos demais minerais foi efetuada segundo as técnicas propostas por Corfu & Stott (1986). As razões isotópicas foram medidas num espectrômetro de massa VG354 e a regressão linear e os interceptos foram calculados usando-se os métodos propostos por Davis (1982).

As análises químicas de rochas foram realizadas no Laboratório de Geoquímica do IG/UNICAMP, sob a supervisão da Professora Jacinta Enzweiler. Foram determinados: Si, Al,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , Mg, Ca, Na, K, Ti, Mn, P,  $\text{H}_2\text{O}^-$  e a perda ao fogo. As amostras analisadas foram processadas seguindo-se a metodologia rotineira usada no laboratório, utilizando-se Espectrometria de Absorção Atômica para a determinação de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{total})$ , MgO, CaO,  $\text{K}_2\text{O}$ , MnO e Espectro-Colorimetria para a determinação de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ , e  $\text{P}_2\text{O}_5$ . As determinações de perda ao fogo foram realizadas por aquecimento das amostras durante 1 hora a  $950^\circ\text{C}$  e as de  $\text{H}_2\text{O}^-$  por aquecimento durante 2 horas a  $105^\circ\text{C}$ .

O estudo de inclusões fluídas em material de veios foi realizado utilizando-se as técnicas microtermométricas descritas

em Fuzikawa (1985) e Xavier (1987) e o método "Quench Leach", de análise indireta, seguindo-se o processo descrito por Hummel (1989). Os dados microtermométricos foram obtidos no Laboratório de Petrografia do IG/UNICAMP pelo físico Dailto Silva e as análises "Quench Leach" foram realizadas no Laboratório do Quartzo da FEC/UNICAMP pela Engenheira Química Maria Augusta Pasquali.

Os Difrátogramas de raios-x realizados para a identificação de minerais foram obtidos com tubo de cobre, varredura de 10 a 60°, velocidade angular de 1°/min e velocidade do papel de 10 mm/min. O processamento das amostras analisadas e a interpretação dos resultados obtidos foram realizados no Laboratório de Cristalografia do IFGW/UNICAMP sob a orientação do professor Lisandro P. Cardoso.

O volume é dividido, a seguir, em três partes: Quadro Geológico Regional (2), Geologia da Região da Cidade de Diamantina (3) e Discussões e Conclusões (4). No item 2 é abordado o contexto geológico da Serra do Espinhaço Meridional levando-se em consideração as novas idades U/Pb obtidas, no item 3 são tratados a geologia, a deformação, os controles, a alteração hidrotermal, as inclusões fluidas e a idade das mineralizações auríferas filonianas da região da cidade de Diamantina. No item 4 são, finalmente, integrados e discutidos os resultados obtidos.

## 2. QUADRO GEOLÓGICO REGIONAL

Os terrenos arqueanos e proterozóicos aflorantes na Serra do Espinhaço Meridional estão enquadrados, segundo Almeida (1977), na faixa de dobramentos Araçuaí da Província Mantiqueira, unidade geotectônica que bordejia a leste e sudeste o Cráton do São Francisco (fig. 02). Apesar da existência de algumas controvérsias o modelo estratigráfico regional tradicionalmente mais aceito (fig. 03) inclui as unidades abaixo descritas:

- **Complexo de Gouveia.** Esta unidade, que aflora principalmente na porção central da Serra numa faixa que distribui-se da região de Gouveia até as proximidades de Conceição do Mato Dentro (fig. 03), é constituída por uma complexa associação entre granitos (predominantes), migmatitos e gnaisses, à qual se incorporam frequentes injeções pegmatíticas (quartzo-feldspáticas) e raros corpos anfibolíticos. Petrograficamente (cf. Hoffmann, 1981 1983) a composição dos granitóides do Complexo de Gouveia é muito homogênea, predominando termos monzograníticos e granodioríticos. As litologias do Complexo de Gouveia segundo Fogaça et al. (1984) mostram-se retrometamorfisadas e localmente cisalhadas. O metamorfismo retrógrado causou a saussuritização e sericitização dos feldspatos, a neo-formação de albita, a geração de epidoto e a transformação de minerais máficos para lorita. O cisalhamento foi responsável pela geração de zonas miloníticas constituídas por protomilonitos, milonitos, blastomilonitos e

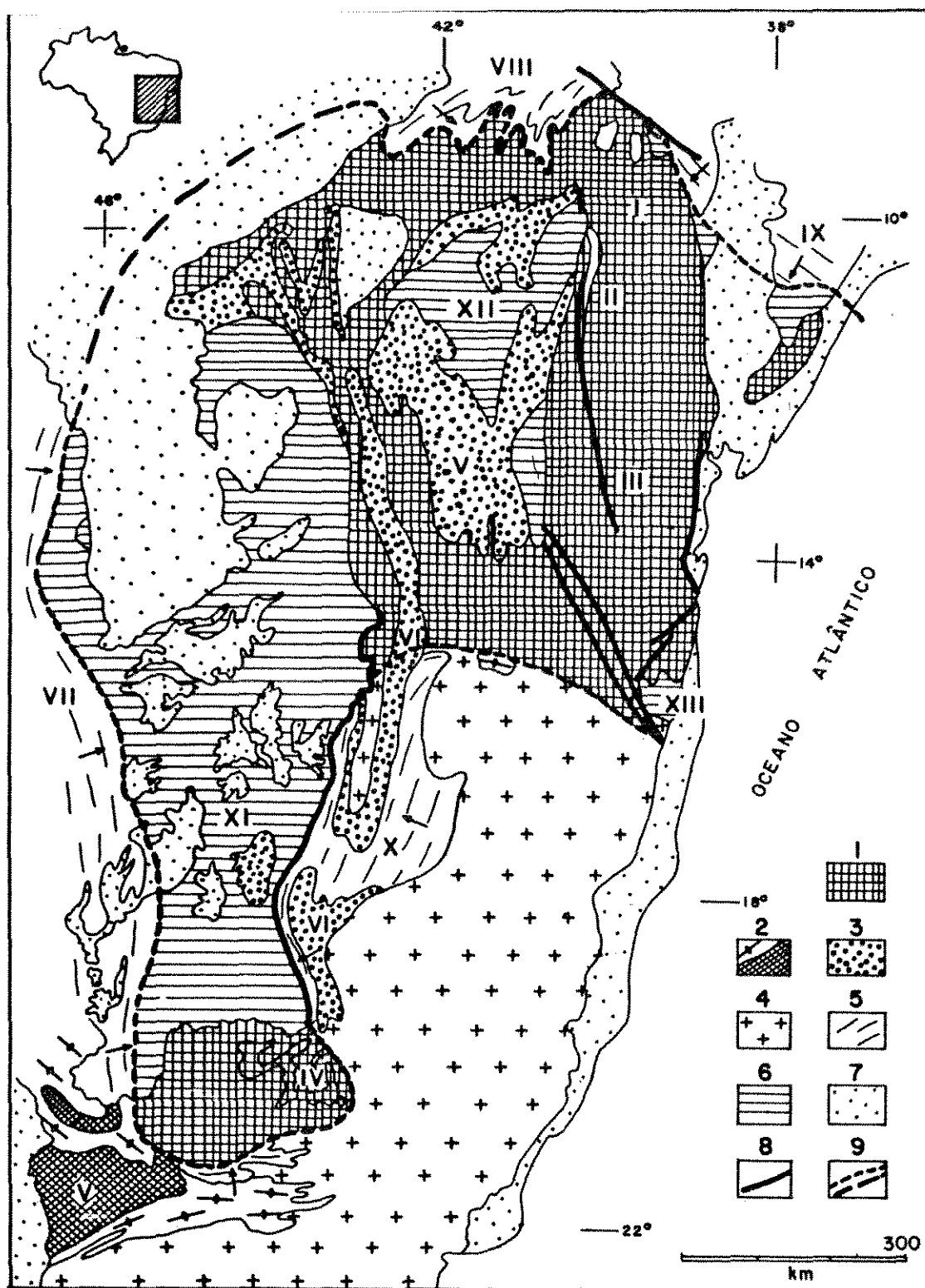


FIGURA 02 - Cráton do São Francisco (Almeida et al., 1978 : in Schobbenhaus et al., 1984). 1 - Áreas pré-Transamazônicas e Transamazônicas não diferenciadas: Complexo Caraíba (I), Grupo Jacobina (II), Complexo Jequié (III), Quadrilátero Ferrífero (IV). 2 - Faixa dobrada Uruaçu e maciço de Guaxupé (V), 3 - Faixa Espinhaço e coberturas relacionadas na Chapada Diamantina (VI), 4 - Áreas Transamazônicas rejuvenescidas durante o Brasiliano, 5 - Unidades Brasileiras: Faixa de Dobramentos Brasília (VII), Região de Dobramentos Nordeste (VIII), Faixa de Dobramentos Sergipana (IX), Faixa de Dobramentos Araçuaí (X). 6 - Coberturas Sedimentares correlativas ao ciclo Brasiliano: Grupo Bambuí nas bacias do São Francisco (XI), Salitre-Jacaré (XII) e Rio Pardo (XIII). 7 - Coberturas Sedimentares Fanerozóicas. 8 - Falhamentos maiores. 9 - Limite do Cráton.

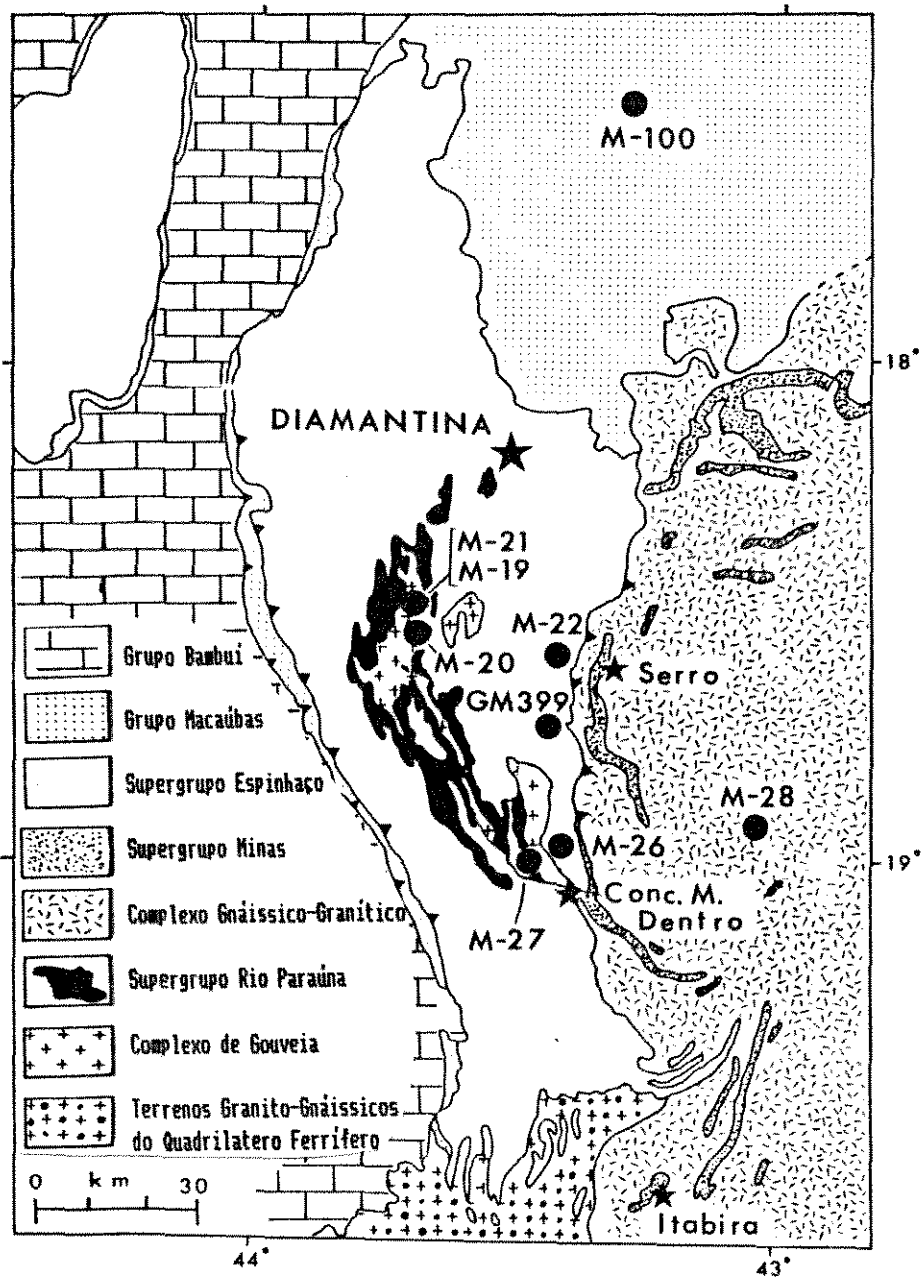


FIGURA 03 - Mapa Geológico da Serra do Espinhaço Meridional (adaptado de Pflug et al., 1980). Os círculos negros correspondem às datações U/Pb feitas através do "Projeto CIDA".

filonitos, onde sempre estão presentes veios de quartzo com espessura variando entre 2 e 60 cm.

As idades Rb/Sr obtidas para rochas do Complexo de Gouveia por Brito Neves et al. (1979) definiram, precariamente, que as mesmas foram geradas no Arqueano, a cerca de 2.8 Ga, e sofreram um forte retrabalhamento durante o ciclo Transamazônico a 1800 +/- 70 Ma (fig. 04).

- Supergrupo Rio Paraúna. Segundo Fogaça et al. (1984) o Supergrupo Rio Paraúna representa vestígios descontínuos de uma sequência do tipo "Archaean Greenstone Belt" metamorfisados no facies xisto verde médio a superior. Esta unidade aflora principalmente na região central da Serra (fig. 03) onde distribui-se como: (1) fatias imbricadas tectonicamente no Complexo de Gouveia ou (2) estreitas faixas entre o Complexo de Gouveia e o Supergrupo Espinhaço.

Fogaça et al. (1984) subdividiram o Supergrupo Rio Paraúna nos Grupos Pedro Pereira e Costa Sena (fig. 05). O Grupo Pedro Pereira comporta duas unidades, uma Máfica-Ultramáfica (xistos verdes e corpos ultramáficos) e uma Vulcano-Sedimentar (metavulcânicas máficas e ácidas, formações ferríferas, talco xistos, quartzo xistos e quartzo-sericita xistos). O Grupo Costa Sena reúne as Formações Barão do Guaicuí (quartzo-mica xistos, raras intercalações de metavulcânicas e quartzo sericita xistos com horizonte lenticulares de quartzitos) e Bandeirinha (quartzitos com lentes de conglomerados polimíticos).

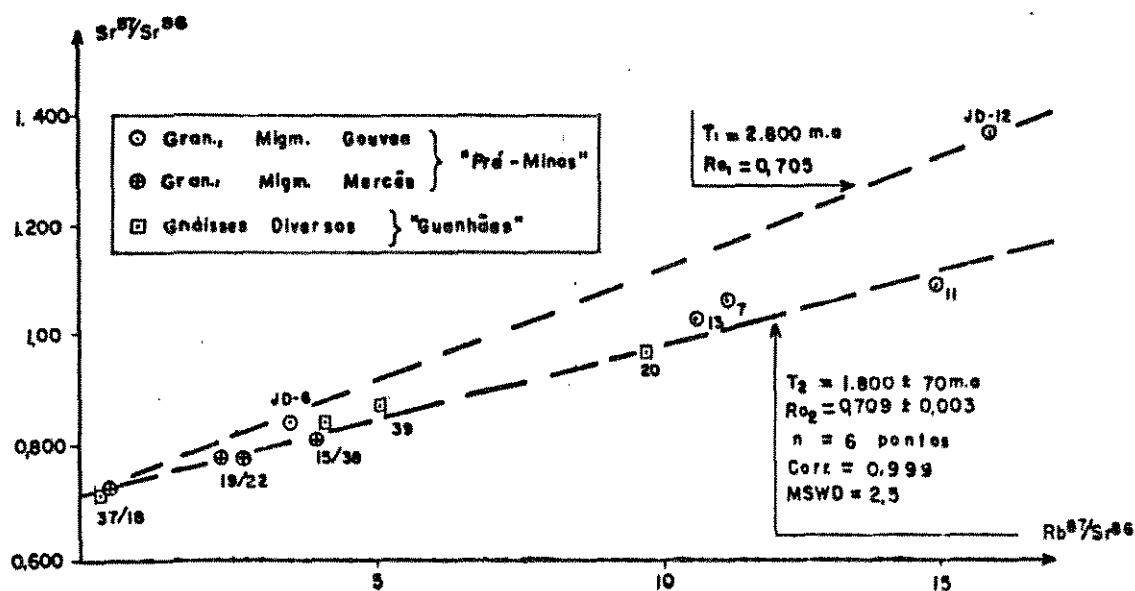


FIGURA 04 - Isocronas de referência para exposições do embasamento do Supergrupo Espinhaço. (Brito Neves et al., 1979).

| SUPERGRUPO  | GRUPO                                | FORMAÇÃO                   | LITOLOGIAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ESCALA SIMPLIFICADA | ESPESSURA       |
|-------------|--------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|
| RIO PARAÚNA | COSTA ZENA                           | BANDEIRINHA                | <ul style="list-style-type: none"> <li>QUARTZITOS Puros e micáceos c/ estrat. cruzadas.</li> <li>QUARTZITOS GROSSEIROS, GZTOS MICÁCEOS c/ CIANITA.</li> <li>METACONGLOMERADO POLIMITICO.</li> <li>QUARTZITOS ROSCOS, QUARTZITOS PERMULGOSOS.</li> <li>PROTOQUARTZITOS, QUARTZITOS MICÁCEOS COM ZELOS.</li> </ul>                                                                |                     | 100 m<br>180 m  |
|             |                                      | SARÃO DO GUAICUI           | <ul style="list-style-type: none"> <li>PROTOQUARTZITOS, QUARTZOS XISTOS COM ZELOS.</li> <li>MICA-QUARTZOS XISTOS COM CIANITA, METATUFOS ÁCIDOS.</li> <li>SERICITA XISTOS, SERICITA-QUARTZOS XISTOS, QUARTZOS XISTOS, METAVULCANITOS ÁCIDOS.</li> <li>SERICITA XISTOS, SERICITA-QUARTZOS XISTOS, XISTOS VERDES, METATUFOS BÁSICOS.</li> </ul>                                    |                     | 300 m<br>1000 m |
|             | DISCORDÂNCIA EROSIVA E ANGULAR (1:1) |                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                     |                 |
|             | PEDRO PEREIRA                        | UNIDADE VULCANO-SEDIMENTAR | <ul style="list-style-type: none"> <li>METATUFOS, METAVULCANITOS ÁCIDOS.</li> <li>FORMAÇÃO PERMULGOSA BARBADA E SERICITA XISTOS.</li> <li>SERICITA XISTOS, SERICITA-QUARTZOS XISTOS PERMULGOSOS, FORMAÇÕES PERMULGOSAS BARBADAS E METACONGLOMERADOS.</li> <li>METAVULCANITOS ÁCIDOS (RILITOS E RIOLITOS), METABÁSICAS, NÍVEIS PIROCLASTICOS, METATUFOS E ITABIRITOS.</li> </ul> |                     | 0 m<br>100 m    |
|             |                                      | UNIDADE ULTRAMÁFICA        | <ul style="list-style-type: none"> <li>XISTOS VERDES.</li> <li>METABÁSICAS E METATUFOS BÁSICOS.</li> <li>TALCO XISTOS, TALCO-CLORITA XISTOS, TALCO-CLORITA SERPENTINITOS.</li> </ul>                                                                                                                                                                                            |                     | 0 m<br>150 m    |
|             | EMBASAMENTO CRISTALINO               |                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                     |                 |

FIGURA 05 - Estratigrafia simplificada do Supergrupo Rio Paraúna (Fogaça et al., 1984).

- Supergrupo Espinhaço. Famoso por seus depósitos diamantíferos o Supergrupo Espinhaço corresponde a uma pilha de metassedimentos, predominantemente siliclásticos, metamorfisados dentro do facies xisto-verde. Esta unidade, então denominada de Facies Diamantina da Série Minas, foi subdividida por Pflug (1968) em oito formações, que da base para o topo foram denominadas de: Formação São João da Chapada (quartzitos), Formação Sopa-Brumadinho (quartzitos, filitos e metaconglomerados diamantíferos), Formação Galho do Miguel (quartzitos), Formação Santa Rita (metassiltitos), Formação Córrego dos Borges (quartzitos), Formação Córrego Bandeira (metassiltitos e filitos), Formação Córrego Pereira (quartzitos), e Formação Rio Pardo Grande (metassiltitos e metargilitos).

A ocorrência de depósitos diamantíferos na Formação Sopa-Brumadinho tem levado muito pesquisadores a realizar estudos sedimentológicos e estratigráficos das porções basais do Supergrupo Espinhaço. Destes estudos destacam-se, pela abrangência regional, a subdivisão das Formações São João da Chapada e Sopa-Brumadinho em seis níveis informalmente denominados de A, B, C, D, E e F (Scholl & Fogaca, 1979) e a compartimentação interna da Formação Sopa-Brumadinho em associação de litofácies (Ulhein & Garcia, 1987).

Nas formações basais do Supergrupo Espinhaço (São João da Chapada e Sopa-Brumadinho) são frequentes intercalações de rochas metaígneas representadas por metariolitos, xistos verdes e filitos hematíticos. Os metariolitos são de ocorrência restrita à borda leste da Serra, onde a deformação e o metamorfismo foram

suficientes para obliterar suas relações originais de contato com as encaixantes, assim como, por vezes, suas texturas e estruturas primárias, o que pode dificultar, em alguns casos a caracterização segura destas rochas como lavas ou intrusivas hipabissais. Os filitos hematíticos são rochas densas, de coloração cinza escura e constituídas quase que exclusivamente por sericita/muscovita e hematita. Apesar da composição química incomum, uma origem ígnea para estas rochas pode ser bem caracterizada pela presença de texturas ígneas reliquias, pela geometria de vários de seus corpos ou por suas relações de contato com as encaixantes (Derby, 1900; Scholl & Fogaça, 1979 e Knauer, 1990).

A primeira determinação geocronológica de uma rocha pertencente ao Supergrupo Espinhaço deve-se a Brito Neves et al. (1979) que dataram, pelo método U/Pb, um metariorólito de região de Conceição do Mato Dentro e obtiveram para o mesmo uma idade de cristalização de 1770 Ma (fig. 06).

A maior parte das formações do Supergrupo Espinhaço são recortadas por intrusões de corpos (sills, plugs e diques) de rochas metabásicas que precederam à deformação dos metassedimentos do Supergrupo Espinhaço. Estas rochas estão retrometamorfisadas e mostram localmente (nas bordas dos corpos ou e em estreitas faixas internas) uma xistosidade bem desenvolvida. Vários corpos de rocha metabásica foram datados pelo método K/Ar (Brito Neves et al., 1979 e Teixeira et al., 1985) mas, como era de se esperar, devido à retenção de Argônio, os resultados obtidos não são muito confiáveis.

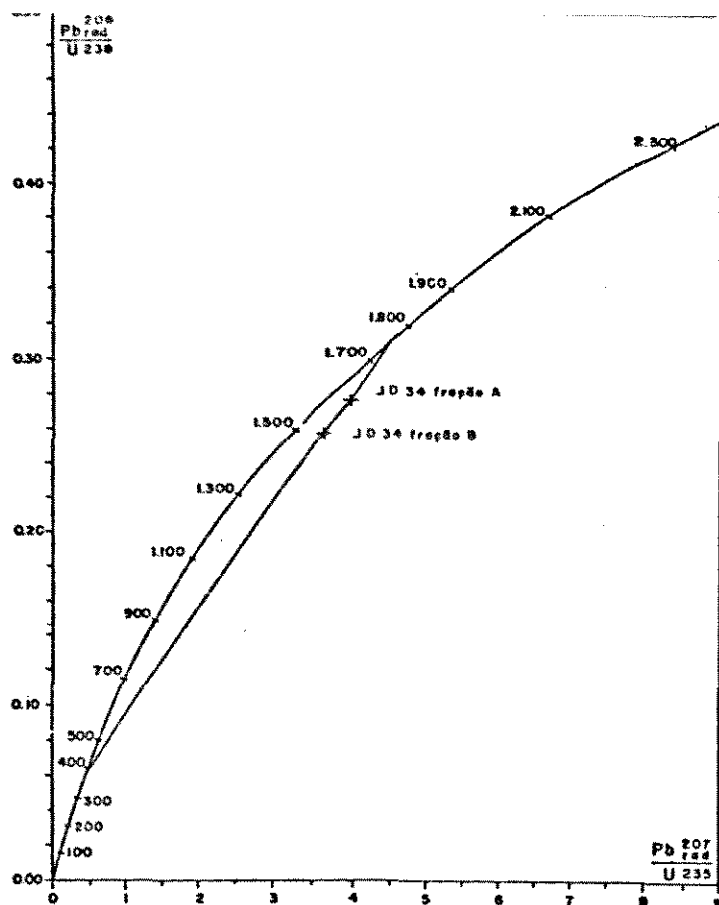


FIGURA 06 - Diagrama concórdia para duas frações de zircões de um metariólito do Supergrupo Espinhaço da região de Conceição do Mato Dentro (Brito Neves et al., 1979).

- Supergrupo Minas. Incluem-se nesta unidade, originalmente definida no Quadrilátero Ferrífero (Derby, 1906; Dorr et al., 1957 e Ladeira et al., 1983), as formações ferríferas e metassedimentos associados (quartzitos, filitos e quartzo-mica-xistos) aflorantes na borda leste da Serra, onde apresentam-se sempre como cunhas em contato tectônico, através de falhas de cavalgamento, com as demais unidades.

- Grupo Macaúbas. Segundo Pflug & Renger (1973) o Grupo Macaúbas corresponde a uma sequência predominantemente metassedimentar constituída por quartzitos, diamictitos, metassiltitos, filitos, mica-xistos e quantidades subordinadas de rochas metaígneas (xistos-verdes e riolitos pórfiros) que, onde os contatos não são tectônicos, repousa em discordância erosiva sobre os metassedimentos do Supergrupo Espinhaço.

**Complexo Gnáissico-Granítico.** Esta unidade, definida por Almeida & Litwinski (1984) para designar parte dos terrenos aflorantes a leste da Serra do Espinhaço Meridional, corresponde a um conjunto heterogêneo que inclui rochas de médio a alto grau geradas no Arqueano (predominantes), fragmentos de "greenstone belts", rochas originadas à partir de metassedimentos proterozóicos e granitóides de vários tipos e idades.

Como se pode observar, o quadro acima exposto fundamenta-se basicamente em relações de campo, correlações regionais com unidades definidas no Quadrilátero Ferrífero e em alguns dados geocronológicos pouco precisos. Um refinamento deste quadro foi possível através da determinação de idades isotópicas pelo método U/Pb em frações minerais (zircão, titanita e badaleíta) de rochas de várias das unidades acima descritas. Estas idades, apresentadas a seguir, foram obtidas durante estágio realizado no Laboratório de Geocronologia do "Royal Ontario Museum", conforme metodologia relatada no item 1, páginas 4 e 5.

Do Complexo de Gouveia foram datadas três frações de zircões de rochas granitóides, da região de Gouveia (pontos 19 e 21 da figura 03), que forneceram uma discórdia com interceptos superior e inferior de respectivamente  $2859 \pm 14$  e  $1844 \pm 15$  Ma (fig. 07).

Do Supergrupo Rio Paraúna foram datadas duas amostras de metariolitos, uma da região de Pedro Pereira (ponto 20 da

figura 03) e outra da região de Ouro Fino (ponto 27 da figura 03). Três frações de zircões da primeira amostra forneceram uma discórdia com intercepto superior em  $2971 \pm 16$  Ma e inferior em  $1844 \pm 15$  Ma (fig. 07), enquanto que os zircões da segunda amostra produziram uma discórdia com intercepto superior em  $2049 \pm 3/-2$  Ma (fig. 08).

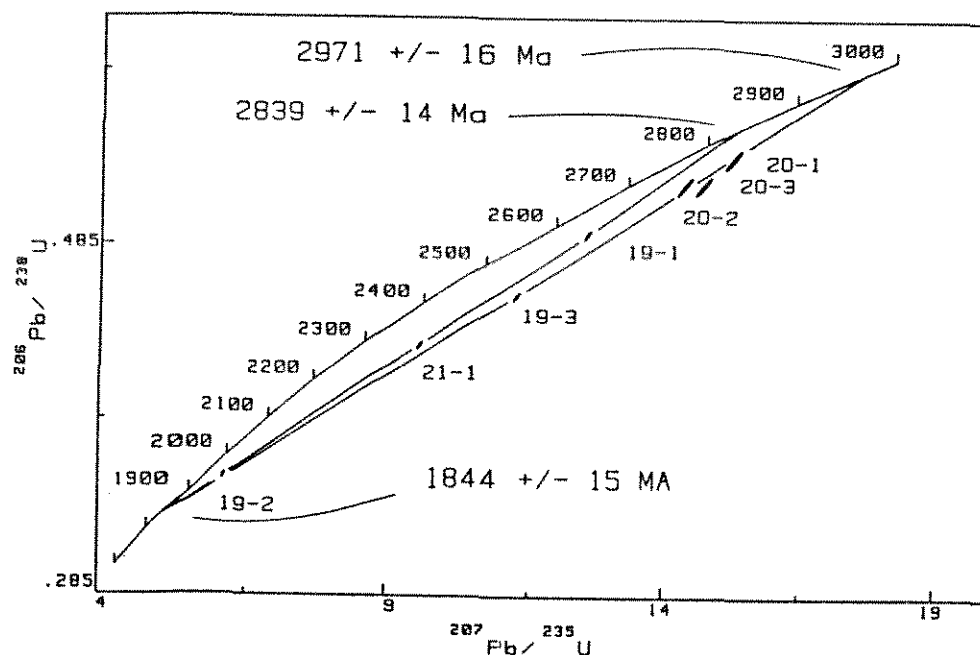


FIGURA 07 - Diagrama concórdia para frações de zircões de rochas granitóides do complexo de Gouveia (pontos 19 e 21 na figura 03) e de um metariolito do Supergrupo Rio Paraúna (ponto M-20 na figura 03).

Do Supergrupo Espinhaço foram datadas duas rochas metaígneas ácidas, uma da região de Conceição do Mato Dentro e outra da região do Serro (pontos M-26 e GM399, figura 03). A rocha da região de Conceição do Mato Dentro mostrou zircões com núcleos antigos e sobrecrecimentos prismáticos. Três frações destes sobrecrecimentos definiram uma discórdia com intercepto superior em  $1711 \pm 8/-4$  Ma (fig. 09). Três frações de zircões da

amostra da região do Serro forneceram uma discordância com intercepto superior em  $1715 \pm 2$  Ma (fig. 10).

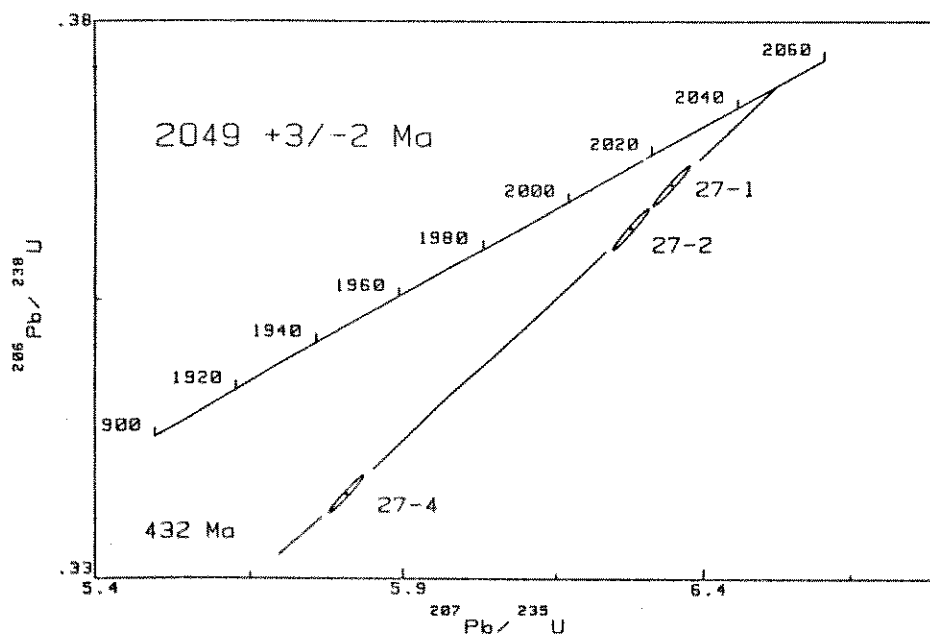


FIGURA 08 - Diagrama concordância para frações de zircões de um metariolito do Supergrupo Rio Paraúna da região de Ouro Fino (ponto M-27 na figura 03).

De um corpo de metadiabásio pórfiro da região de Pedro Lessa (ponto M-22, figura 03), intrusivo em metassedimentos do no Supergrupo Espinhaço foram datadas duas frações de badaleíta e uma de zircão que forneceram uma idade concordância de  $906 \pm 2$  Ma (fig. 11).

De um corpo metaígneo ácido da região de Desembargador Otoni (ponto M100, fig. 03), incluído no Grupo Macaúbas por Schrank et al. (1978) foram datadas três frações de zircão. Estas frações, que correspondem a sobrecrecimentos prismáticos de ótima qualidade, definiram uma discordância com intercepto superior em  $1752 \pm 2$  Ma (fig. 12).

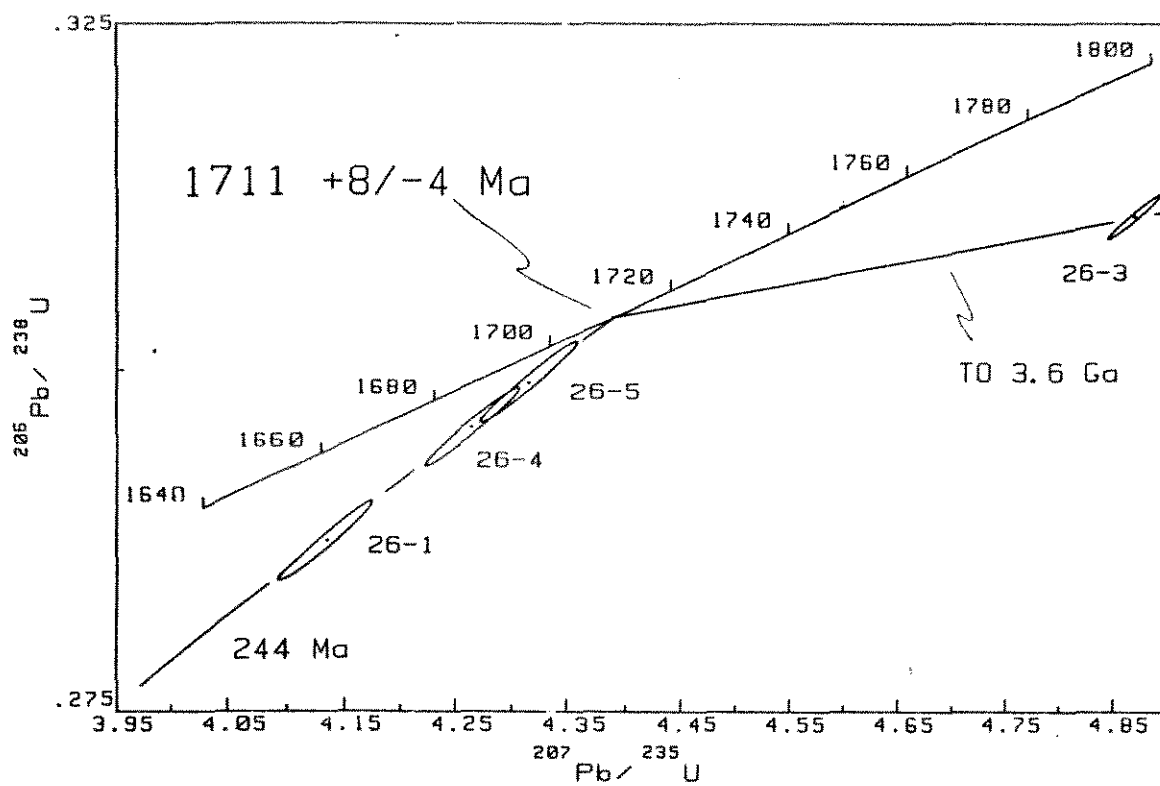


FIGURA 09 - Diagrama concórdia para frações de zircões de uma rocha metaígneia do Supergrupo Espinhaço da região de Conceição do Mato Dentro (Ponto M-26 na figura 03).

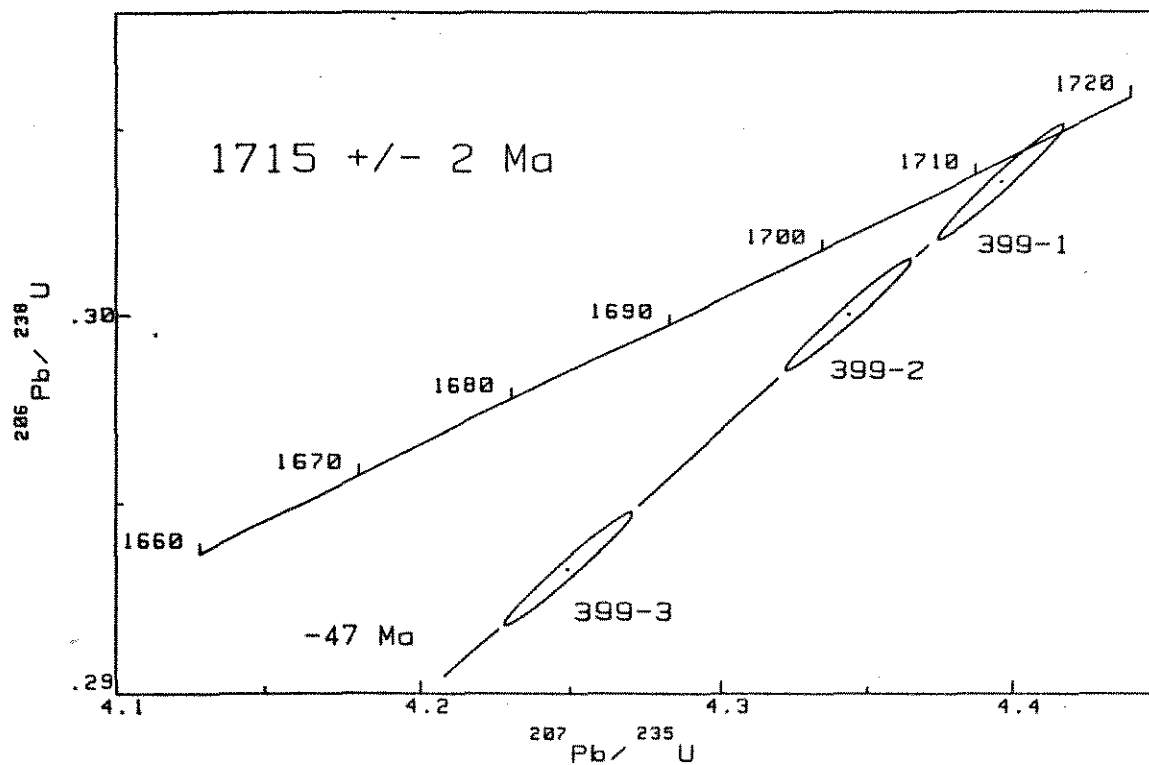


FIGURA 10 - Diagrama concórdia para frações de zircões de uma rocha metaígneia do Supergrupo Espinhaço da região do Serro (Ponto GM399 na figura 03).

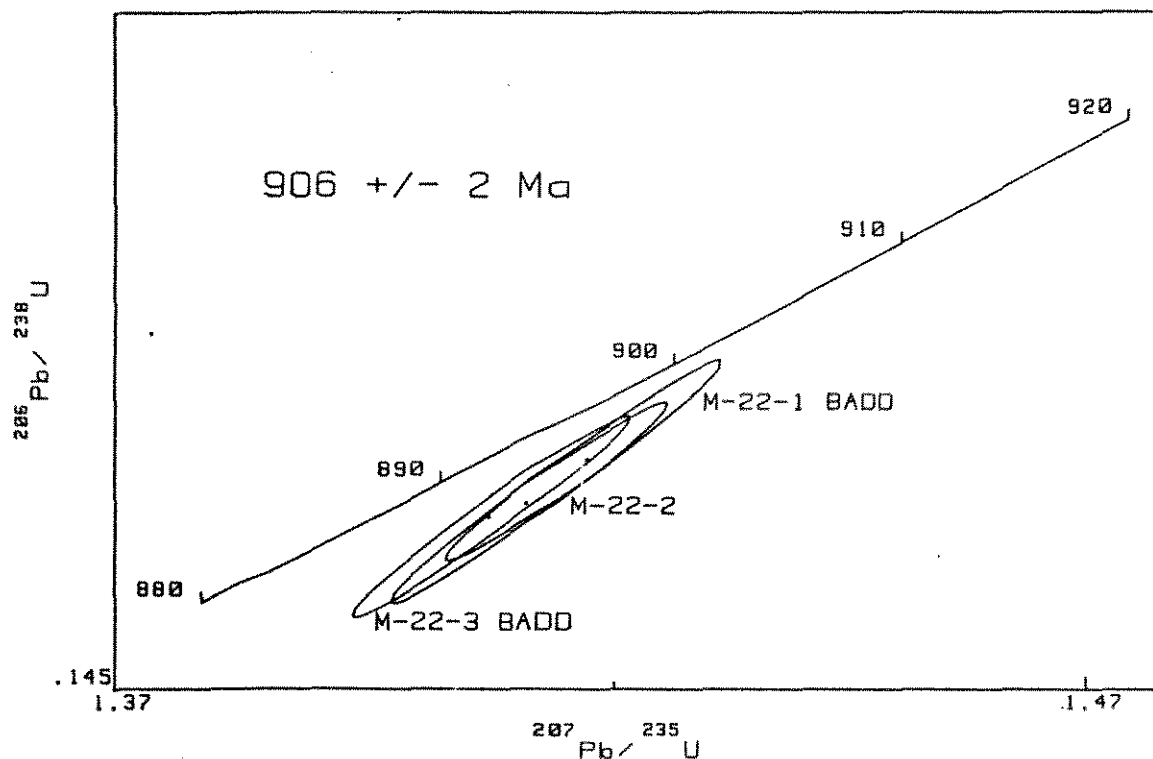


FIGURA 11 - Diagrama concórdia para frações de zircões e badaleítas (BADD) de um metadiabásio pórfiro intrusivo no Supergrupo Espinhaço da região de Pedro Lessa (Ponto M-22 na figura 03).

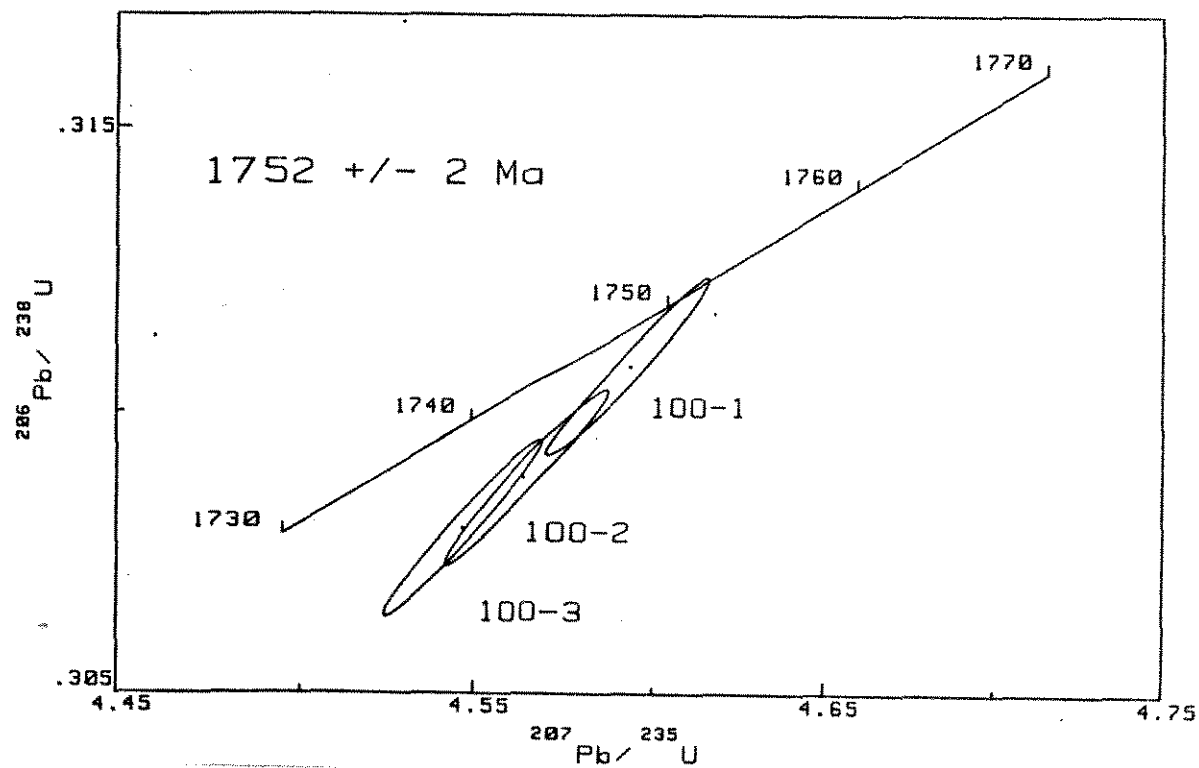


FIGURA 12 - Diagrama concórdia para frações de zircões de uma rocha metaígneia do "Grupo Macaúbas" da região de Desembargador Otoni (Ponto M-100 na figura 03).

Do Complexo Gnáissico-Granítico foram datadas duas frações de sobrecrecimentos de zircão e uma de titanita de um migmatito da região de Senhora do Porto (ponto M-100, fig. 03), que forneceram uma idade concordante de  $512 \pm 5$  Ma (fig. 13).

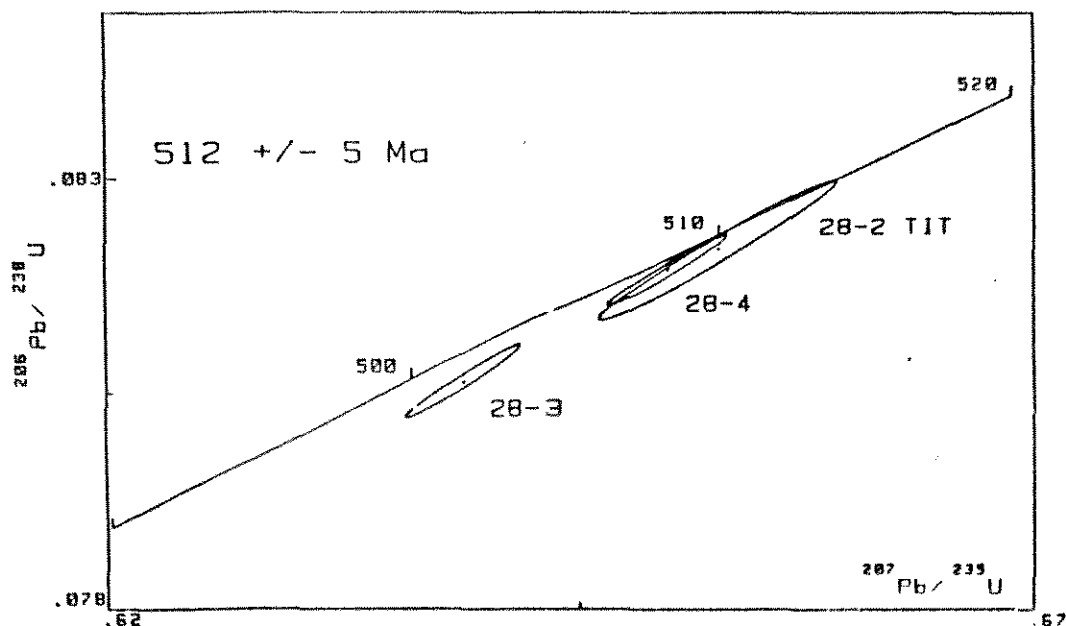


FIGURA 13 - Diagrama concórdia para frações de zircões e titanitas (TIT) de um migmatito do complexo Gnáissico-Granítico da região de Senhora do Porto (Ponto M-28 na figura 03).

Embora o estudo geocronológico ainda não tenha sido totalmente concluído, o que impossibilitou a publicação integral dos dados obtidos, com as novas idades U/Pb acima apresentadas pode-se considerar que:

- as rochas do Complexo de Gouveia foram geradas no Arqueano ( $2839 \pm 15$  Ma) e sofreram um forte retrabalhamento durante o evento Transamazônico ( $1844 \pm 15$  Ma);

- pelo menos parte das litologias do Supergrupo Rio Paraúna foram geradas, assim como as rochas do Complexo de Gouveia, durante o Arqueano ( $2971 \pm 16$  Ma) e sofreram um forte

retrabalhamento durante o evento Transamazônico (1844  $\pm$  15 Ma);

- o limite superior para o início da deposição do Supergrupo Espinhaço situar-se entre 1711  $\pm$  8/-4 Ma e 1715  $\pm$  2 Ma;

- a idade da metabásica da região de Pedro Lessa (906  $\pm$  2 Ma) pode ser adotada como limite superior para a deposição do Supergrupo Espinhaço e limite inferior para a deposição do Grupo Macaúbas, visto que as mesmas não recortam litologias da última unidade;

- parte das litologias hoje cartografadas como pertencentes ao Grupo Macaúbas na realidade correspondem a intercalações tectônicas, através de falhas de cavalgamento, de fatias de rochas pertencentes ao Supergrupo Espinhaço, como demonstrado pela idade obtida na metaígneia ácida da região de Desembargador Otoni; e, finalmente,

- a idade de 512  $\pm$  5 Ma obtida no migmatito do Complexo Gnáissico-Granítico, da região de Senhora do Porto, serve como melhor estimativa para a idade da tectônica de caráter tangencial que deformou o Supergrupo Espinhaço e as demais unidades aflorantes na borda leste do Cráton do São Francisco.

Destas considerações, as que mais de perto interessam ao presente estudo são: os limites inferior e superior para a deposição do Supergrupo Espinhaço e a idade da deformação do mesmo. Estas idades são fundamentais para que se possa

posicionar as mineralizações auríferas filonianas da região da cidade de Diamantina , que encontram-se encaixadas em litologias da porção basal do Supergrupo Espinhaço, dentro do contexto geológico evolutivo da Serra do Espinhaço Meridional.

### 3. GEOLOGIA DA REGIÃO DA CIDADE DE DIAMANTINA-MG

#### 3.1 - Histórico

Os primeiros comentários sobre a ocorrência de mineralizações auríferas associadas a veios de quartzo na região de Diamantina e arredores foram publicados nos trabalhos pioneiros de Eschwege (1822 ; 1833). Após estes trabalhos as mineralizações filonianas da região de Diamantina foram citadas, ou sucintamente descritas, por vários autores cujos trabalhos abordavam superficialmente a geologia da região de Diamantina ou tratavam de outros temas relacionados às atividades de mineração aurífera naquela região (Felicio dos Santos, 1868; Derby, 1899; Moraes & Guimarães, 1930; Moraes et al., 1937 e Gonçalves, 1978).

Deve-se a Eberle & Rieper (1968) o primeiro mapa geológico em escala regional (1:100.000) que incluiu a região de Diamantina. Estes autores, além de reconhecerem a existência de vários tipos de veios de quartzo na região, observaram que grande parte dos veios de quartzo mineralizados em ouro apresentavam-se quase sempre concordantes com a rocha encaixante.

Chaves & Ulhein (1985) apresentaram o primeiro mapa geológico em escala de semi-detálhe para região da cidade de Diamantina e arredores. No esquema lito-estratigráfico então proposto às unidades pré-cambrianas individualizadas foram incorporadas as Formações Barão do Guaicuí e Bandeirinha do Supergrupo Rio Paraúna e São João da Chapada e Sopa-Brumadinho (Níveis D e E) do Supergrupo Espinhaço. As Formações Barão do Guaicuí e Bandeirinha corresponderiam respectivamente a

quartzo-mica-xistos com cianita e lazulita e a quartzitos micáceos a puros, laminados ou maciços, de coloração branca a rosa. A Formação São João da Chapada incluiria quartzitos, micáceos ou puros, com estratificações cruzadas de pequeno a médio porte e raras intercalações decimétricas de filitos. O Nível D, no qual estariam encaixadas as mineralizações auríferas filonianas, seria constituído por filitos de coloração cinzenta, prateada, avermelhada ou esverdeada, quartzosos, às vezes enriquecidos em ferro ou ainda grafitosos com intercalações de quartzitos de até cinco metros de espessura. O Nível E reuniria quartzitos brancos de granulometria fina a grosseira, com intercalações métricas de filitos e quartzitos conglomeráticos. Neste esquema, que em linhas gerais segue o modelo estratigráfico regional adotado por Scholl & Fogaça (1979) e Fogaça et al. (1984), as inúmeras ocorrências de filito hematítico foram consideradas como pequenos "plugs", sills e diques.

Chaves (1987) revendo a estratigrafia das regiões de Sopa-Guinda e Diamantina-Biribiri propôs várias modificações no esquema estratigráfico de Chaves & Ulhein (1985) para a região de Diamantina. Neste novo modelo estratigráfico as unidades anteriormente incorporadas às formações Barão de Guaicuí e Bandeirinha do Supergrupo Rio Paraúna foram consideradas como porções milonitizadas de unidades pertencentes ao Supergrupo Espinhaço; os pacotes anteriormente integrados aos níveis D e E da Formação Sopa-Brumadinho foram incluídos respectivamente nas Associações de Litofácies Inferior e Média seguindo o esquema de compartimentação estratigráfica regional proposto por Garcia &

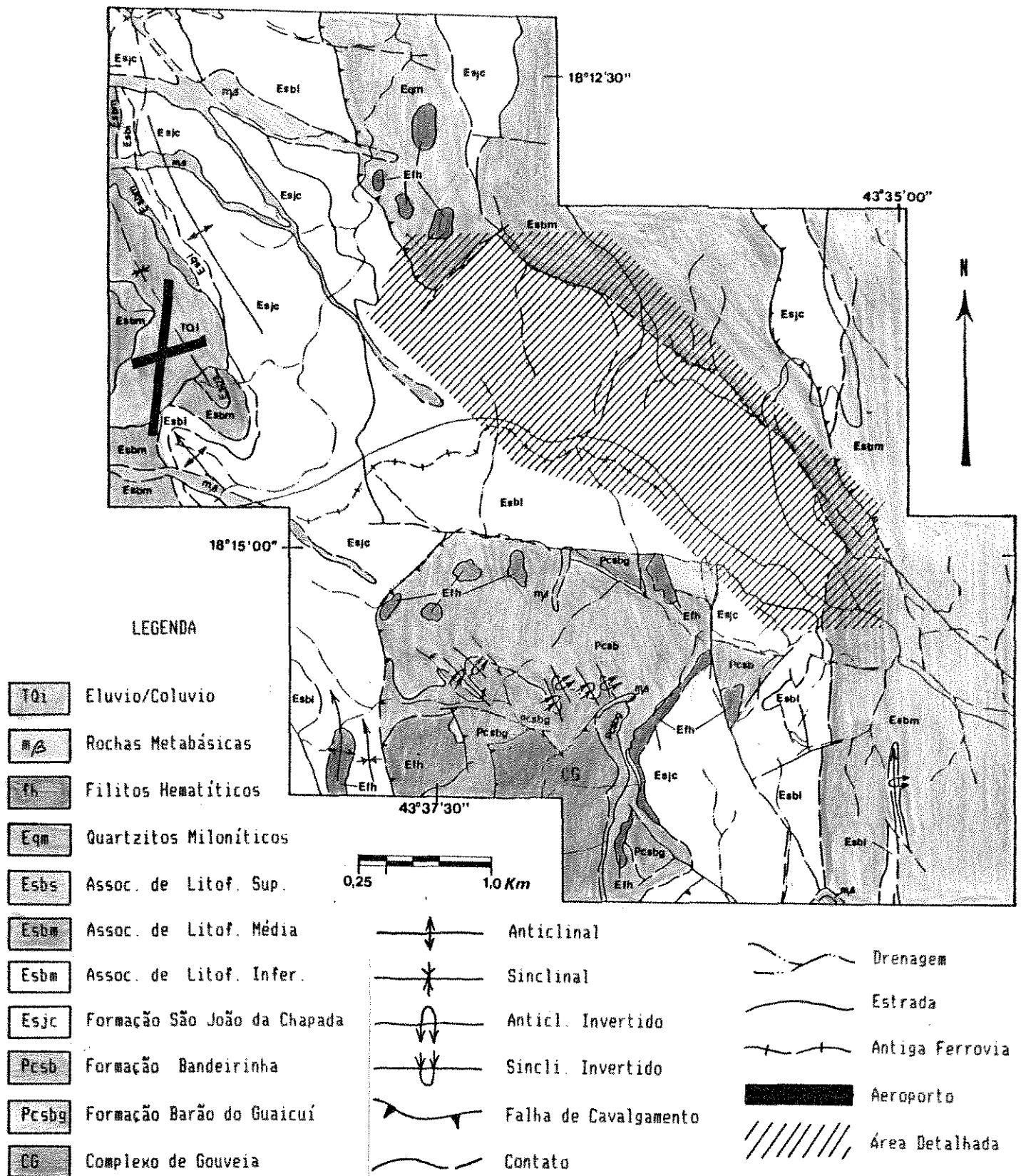
Ulhein (1987) para a Formação Sopa-Brumadinho e as ocorrências de filito hematítico foram reunidas sob a denominação de Suíte Intrusiva de Biribiri.

Além dos esquemas estratigráficos acimaectônica tangencial regionalmente caracterizada por Herrgesel & Pflug (1986) e Almeida-Abreu et al. (1986).

Os dados de mapeamento de semi-detalle publicados sobre região de Diamantina e Arredores estão sintetizados no mapa geológico mostrado na figura 14. Este mapa foi compilado a partir dos mapas geológicos na escala 1:25.000 executados por professores e estagiários/bolsistas do Centro de Geologia Eschweectônica tangencial regionalmente caracterizada por Herrgesel & Pflug (1986) e Almeida-Abreu et al. (1986).

Os dados de mapeamento de semi-detalle publicados sobre região de Diamantina e Arredores estão sintetizados no mapa geológico mostrado na figura 14. Este mapa foi compilado a partir dos mapas geológicos na escala 1:25.000 executados por professores e estagiários/bolsistas do Centro de Geologia Eschwege (Scholl & Fogaça, 1981; Freitas & Farias, 1982; Chaves et al., 1985 e Silveira & Pessoa 1987) e dos mapas de integração apresentados por Chaves & ulhein (1985) e Chaves (1987).

Figura 14- Mapa Geológico de Região de Diamantina(MG)  
(compilado à partir dos mapas parciais apresentados por: Scholl & Fogaça, 1981; Freitas & Farias, 1982; Chaves et al., 1985; Chaves & Ulhein, 1985; Silveira & Pessoa, 1987 e Chaves, 1987).



### 3.2 Estratigrafia / Litologias

O mapeamento de semi-detalle na escala 1:25000 realizado na região da cidade de Diamantina e arredores (fig. 15) possibilitou a individualização de sete unidades informais de mapeamento dentro de parte do pacote considerado por Chaves (1987) como pertencente à Associação de Litofácies Inferior da Formação Sopa-Brumadinho (fig. 14). Estas unidades correspondem a uma alternância entre quatro pacotes de rochas quartzíticas e três níveis de rochas filíticas, abaixo descritos em detalhe:

A Unidade qz-1 reúne quartzitos puros, friáveis, de granulometria fina\média, finamente laminados ou com estratificações plano-paralelas. Esta unidade geralmente está recoberta por depósitos coluviais e sua individualização só foi possível na porção NW da área estudada onde existe, em parte, um mapeamento geológico de detalhe na escala 1:2.000 (Santos, 1989).

A Unidade fl-1 reúne sericita-filitos prateados, sericita-filitos esverdeados e sericita-filitos argilosos de coloração ocre, distribuídos numa faixa de direção NW/SE na porção NW da área estudada. Estas rochas são constituídas por sericita, óxidos de ferro e minerais argilosos, mostram contatos gradativos entre si, possuem uma xistosidade muito fina e penetrativa, e com frequência, exibem texturas bandadas, difusas e reliquias (foto 01) semelhantes às descritas, por Schöll & Fogaça (1981) e Knauer (1990), como típicas de filitos hematíticos. A análise química de uma destas rochas, um

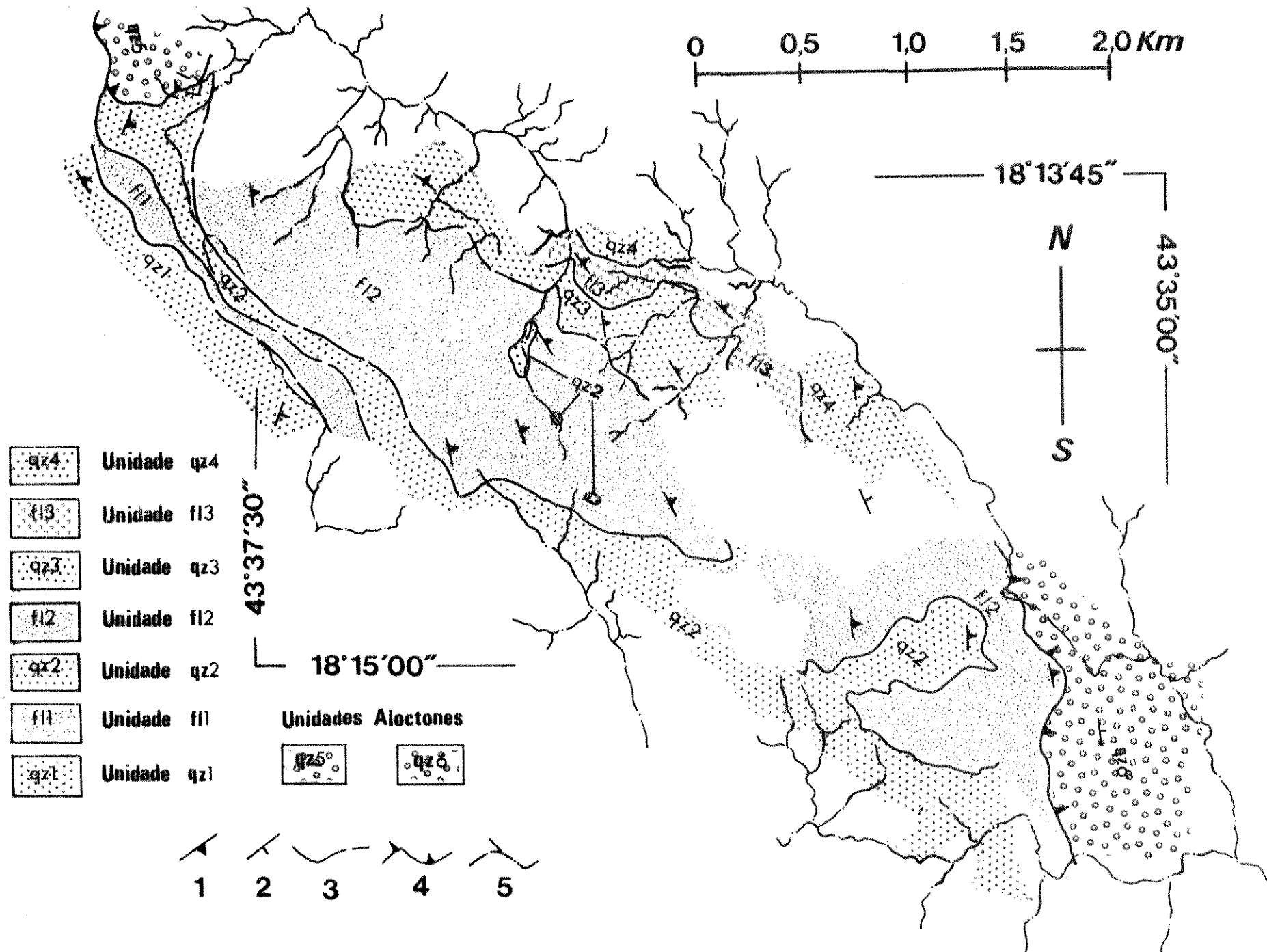


FIGURA 15

Mapa Geológico da Região da Cidade de Diamantina / MG

(1) vectoriedade (2) acamamento (3) contato (4) falha de cavalgamento,

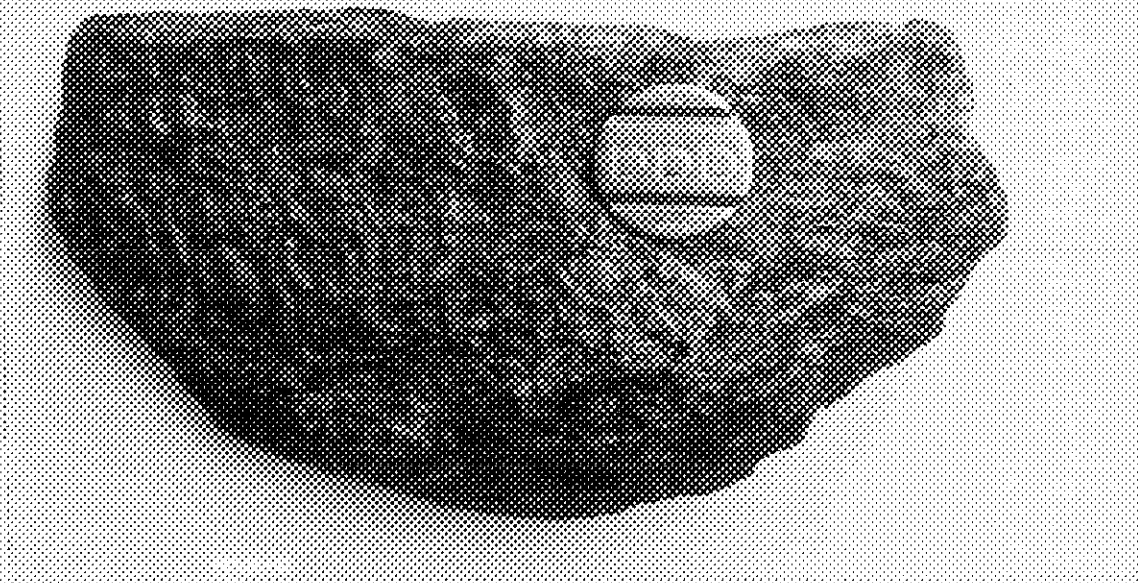


FIG. 01 - Filito esverdeado com texturas bandadas típicas de filitos hematíticos (Unidade 11).

sericita-filito de coloração esverdeada (amostra IZ-196, Tabela 1), forneceu valores que permitem enquadrá-la no grupo de Filitos Hematíticos típicos segundo a classificação geoquímica proposta por Knauer (1990). Este grupo reúne filitos hematíticos de origem ígnea, com 30 a 40 % de  $SiO_2$  e sempre mais de 3 % de  $TiO_2$ , peculiares da Serra do Espinhaço Meridional e, segundo Knauer (op. cit.), sem exemplos similares na bibliografia internacional.

A Unidade qz-2 é constituída predominantemente por quartzitos puros, mal selecionados, compactos, de granulometria média-grossa e com estratificações plano-paralelas. Estão presentes em menor quantidade quartzitos micáceos, quartzitos miloníticos de coloração rosada, quartzitos ferruginosos, brechas

quartzíticas e quartzitos extremamente friáveis. Estas litologias distribuem-se continuamente desde a porção SE até as proximidades do limite NW da área mapeada. Esta distribuição continua através de toda a área possibilitou a utilização da Unidade qz-2 como um marcador litológico estratigráfico, auxiliando na individualização cartográfica das demais unidades.

| Amostra                        | TZ-196 | TZ-197 | TZ-198 | TZ-199 | TZ-200 | TZ-201 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 36.4   | 35.7   | 34.5   | 36.5   | 35.7   | 36.7   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 23.4   | 24.3   | 24.4   | 23.4   | 24.2   | 22.5   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16.1   | 20.6   | 22.8   | 22.3   | 21.7   | 20.7   |
| FeO                            | 1.90   | 0.30   | 0.23   | 0.32   | 0.53   | 0.26   |
| MgO                            | 3.87   | 0.74   | 0.66   | 0.33   | 0.65   | 1.16   |
| CaO                            | 0.06   | 0.01   | 0.03   | 0.02   | 0.02   | 0.03   |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.14   | 0.26   | 0.39   | 0.33   | 0.38   | 0.23   |
| K <sub>2</sub> O               | 7.62   | 8.66   | 7.70   | 8.14   | 8.49   | 8.62   |
| P.F.                           | 4.91   | 3.23   | 3.34   | 3.17   | 3.23   | 3.37   |
| H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>  | 0.23   | 0.06   | 0.07   | 0.07   | 0.08   | 0.20   |
| TiO <sub>2</sub>               | 4.82   | 5.01   | 4.94   | 5.27   | 5.12   | 6.06   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.19   | 0.05   | 0.06   | 0.05   | 0.06   | 0.32   |
| MnO                            | 0.05   | 0.01   | 0.04   | 0.02   | 0.03   | 0.03   |
| TOTAL                          | 99.69  | 98.93  | 99.16  | 99.02  | 100.19 | 100.18 |

TABELA I - Análises químicas novas de rochas filíticas pertencentes às Unidades fl1 (amostra TZ-196) e fl2 (amostras TZ-197, 198, 199, 200, 201) - (análises realizadas no Laboratório de Geoquímica do IG/UNICAMP).

A Unidade fl-2 corresponde a um pacote de sericita-filitos argilosos de coloração predominantemente ocre. Estas rochas exibem granulação e xistosidade muito finas, mostram com frequência texturas típicas de filitos hematíticos e são constituídas predominantemente por sericita, minerais argilosos

e óxidos de ferro em proporções muito variadas. A variação na proporção entre os constituintes principais gera diferentes termos composicionais, tais como: filitos argilosos, sericita-filitos argilosos, sericita-filitos com níveis de argila, sericita filitos com caulinita, sericita-filitos com concentrações locais de caulim e óxido de ferro, sericita-filitos com hematita e filitos hematíticos. De maneira geral os termos mais argilosos predominam na porção basal da unidade e em direção ao topo há um enriquecimento gradual de sericita e óxidos de ferro. Embora esta seja a distribuição geral das litologias dentro da unidade podem ocorrer intercalações milimétricas, centimétricas e métricas de termos mais sericíticos em porções mais argilosas e vice-versa (foto 02). Todas estas litologias distribuem-se segundo uma faixa descontínua de direção NW\SE cujo segmento central encontra-se recoberto por parte da zona urbana de Diamantina, sendo suas exposições mais completas: (1) as dos cortes da estrada para Araçuaí, no trecho entre a entrada para vila da Andrade Gutierrez e o trevo do DER; (2) as dos cortes da antiga estrada de ferro; (3) as das paredes da cata das Mil Oitavas e (4) as de galerias antigas espalhadas por vários pontos da cidade.

A Unidade qz-3 é composta predominantemente por quartzitos micáceos, de granulometria média, friáveis e com estratificações plano paralelas (foto 03). Estes quartzitos mostram com frequência intercalações de horizontes filíticos de coloração acinzentada ou esverdeada, de espessuras centimétricas

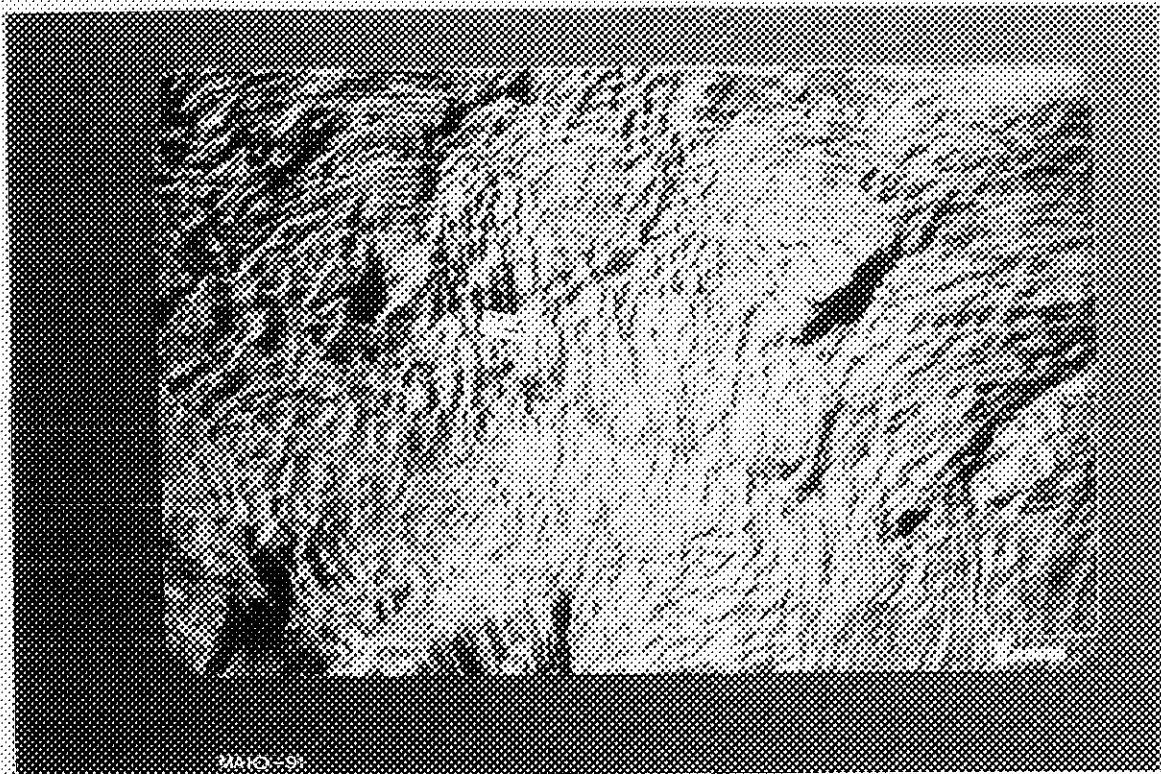


FOTO 82 - Intercalações centimétricas entre níveis de filitos argilosos e níveis de sericitofilitos esverdeados (Unidade fl2)



FOTO 83 - Quartzito com estratificações plano paralelas (Unidade x23)

a métricas e, mais raramente, níveis de quartzitos mal selecionados, com grânulos ou seixos de quartzo rolado. Esta unidade foi individualizada somente na porção central da área mapeada onde ocorre segundo uma faixa de direção NW\SE cujas extremidades acham-se encobertas por depósitos coluviais ou por parte da zona urbanizada da cidade.

A Unidade fl-3 engloba uma série de muscovita-sericita-filitos de coloração variando entre tons de verde (filitos esverdeados) e cinza (filitos hematíticos). Os filitos esverdeados são os termos predominantes e mostram contatos gradativos, às vezes em forma de chama, com os filitos hematíticos. Estas rochas são constituídas predominantemente por sericita e óxidos de ferro e, apesar da xistosidade fina e bem desenvolvida, apresentam com frequência relictos de texturas ígneas substituídas por sericita tais como nódulos, níveis milimétricos de sericita e fantasmas de feldspatos ripiformes (foto 04). Esta unidade distribui-se na porção central da área segundo uma pequena faixa de direção NW\SE, cujos segmentos meridional e setentrional acham-se recobertos respectivamente por parte da zona urbana de Diamantina e por depósitos alúvio-coluviais. Suas melhores exposições são as dos cortes da estrada para Araquai.

Foram feitas análises químicas de 5 amostras de rochas da Unidade fl-3. Quatro delas são de sericita-filitos de coloração esverdeada (amostras TZ-197, TZ-198, TZ-199, TZ-200) e a restante corresponde a um filito hematítico de coloração acinzentada (amostra TZ-201). Os resultados obtidos, mostrados

na tabela I, permitiram caracterizar geoquimicamente estas rochas como Filitos Hematíticos Típicos, de acordo com a classificação proposta por Knauer (1970) para os Filitos Hematíticos de origem ígnea que afloram na Serra do Espinhaço.

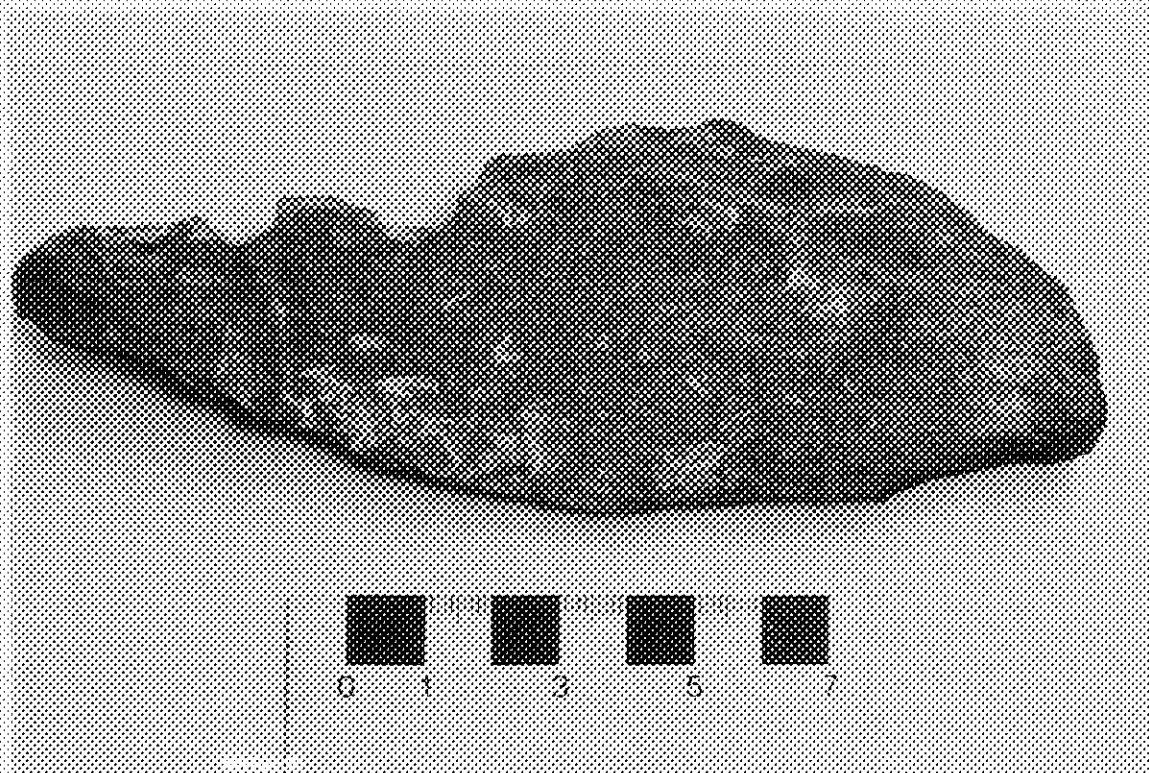


FIG. 04 - Amostra de filito hematítico com cristais rasiformes de feldspato substituídos por sericita (Unidade #13).

A Unidade qz-4 reúne quartzitos micáceos, friáveis, de granulometria fina\média, com estratificações plano-paralelas e cruzadas tabulares. Estas rochas apresentam frequentes intercalações de lentes e níveis, com espessuras centimétricas, de filitos esverdeados e localmente mostram-se recristalizadas (textura sacaroidal). A unidade encontra-se quase que totalmente recoberta por depósitos de alúvios e colúvios e suas melhores exposições são as dos cortes de estrada próximos ao trevo para Biribiri.

Além das unidades acima descritas foram individualizadas, na área mapeada, mais duas unidades quartzíticas denominadas de qz-5 e qz-6. Estas unidades pertencem, respectivamente, aos pacotes cartografados por Chaves (1987) como Associação de Litofácies Média da Formação São-Brumadinho e Unidade Xisto-milonítica. A Unidade qz-5 distribui-se na porção SE da área mapeada, onde reúne quartzitos brancos, friáveis, mal selecionados, com estratificações cruzadas acanaladas (foto 05) e quartzitos miloníticos. A Unidade qz-6 é constituída por quartzitos micáceos bastante recristalizados e com uma foliação milonítica muito penetrativa, que afloram na extremidade NW da área investigada.

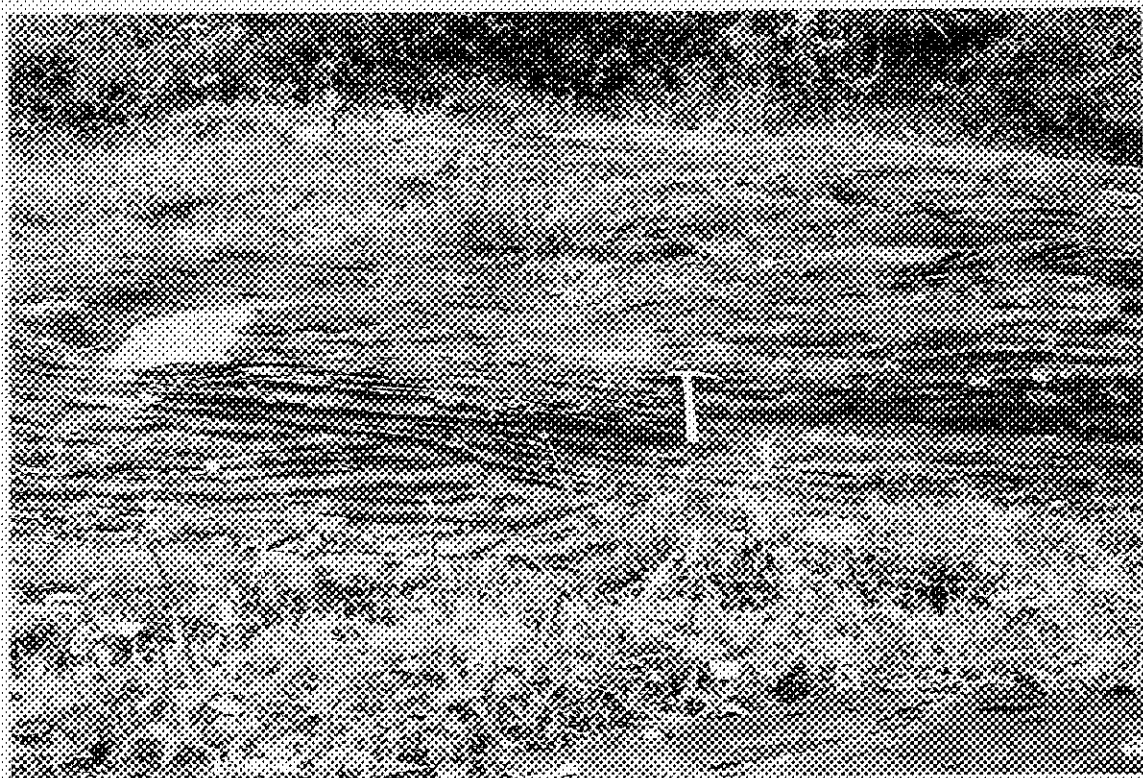


FOTO 05 - Quartzito com estratificações cruzadas acanaladas (Unidade qz-5).

Os contatos entre as unidades individualizadas dentro da Associação de Litofácies Inferior são bruscos, paralelos e localmente marcados por zonas de veios de quartzo. Já os contatos entre estas unidades e as Unidades qz-5 e qz-6 são discordantes e mantidos através de falhas de cavalgamentos.

### 3.3 - Deformação

As principais feições tectônicas, em escala de mapa, identificadas na área estudada foram as falhas de cavalgamento que truncam as extremidades da faixa, de direção NW/SE, onde distribuem-se as unidades de mapeamento individualizadas dentro da Associação de Litofácies Marinho Inferior da Formação Sopa-Brumadinho (figs. 15 e 16). Estas falhas estão orientadas na direção N/S, com mergulhos para E e vergência para W. No campo são marcadas por mudanças litológicas e estruturais bruscas e por uma forte foliação milonítica na base dos pacotes transportados.

Em escala de afloramento foram individualizados três conjuntos distintos de estruturas tectônicas. Estes conjuntos, adiante descritos em detalhe, provavelmente foram formados em sequência progressiva dentro de uma mesma fase de movimentos.

O primeiro conjunto de estruturas reúne: a xistosidade, a foliação milonítica, a lineação de alongamento e os mobilizados sigmoidais de quartzo. A xistosidade ( $S_n$ ) é preferencialmente mais penetrativa e de distribuição mais regular nas unidades constituídas por rochas filíticas e nas intercalações sericíticas presentes nas unidades quartzíticas. Nas unidades filíticas,  $S_n$  está orientada preferencialmente na direção NW/SE com mergulhos para NE (figs. 16 e 17), localmente

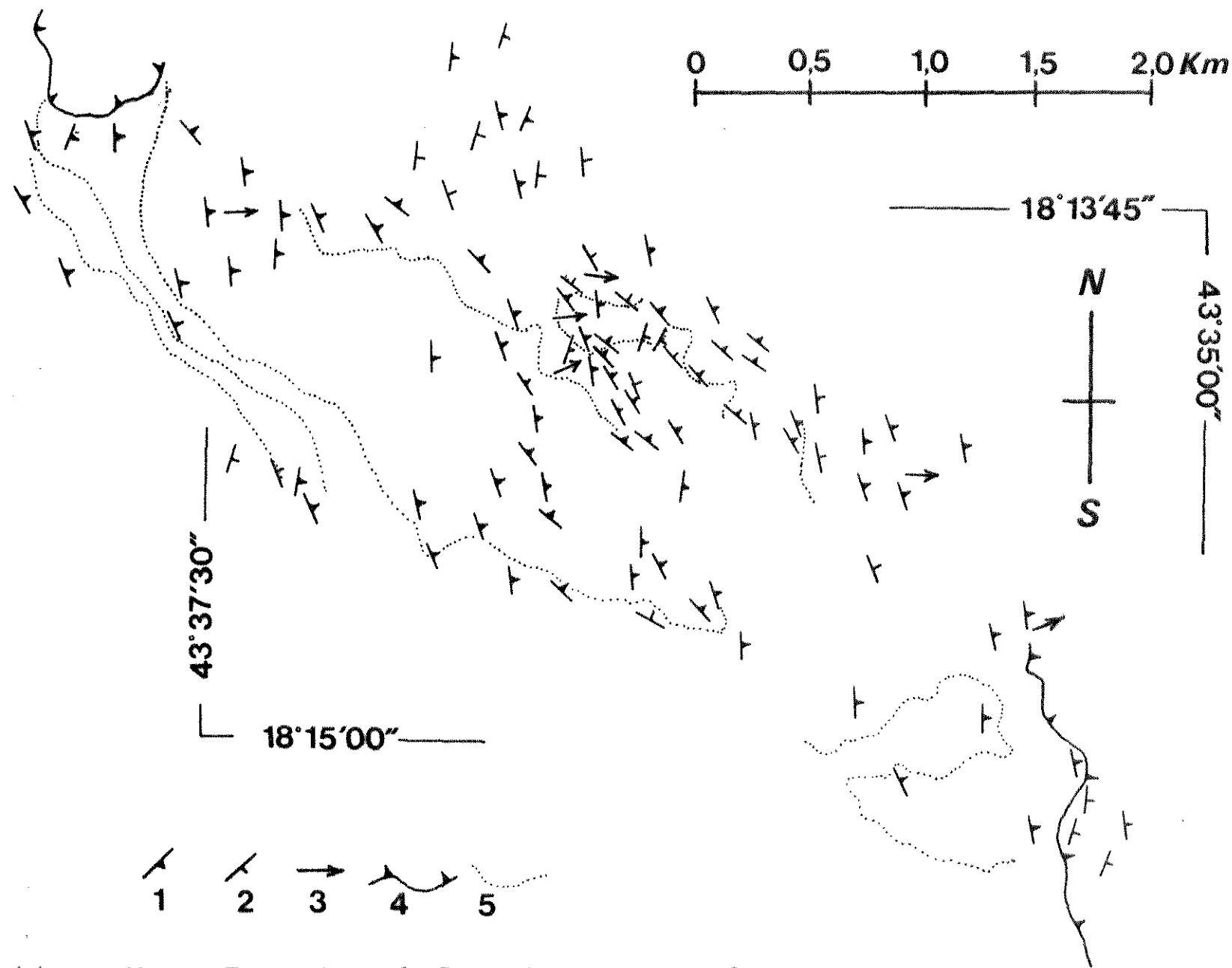


FIGURA 16 - Mapa Estrutural I - (1) xistosidade, (2) acamamento, (3) lineação de alongamento, (4) falha de cavalgamento e (6) contato.

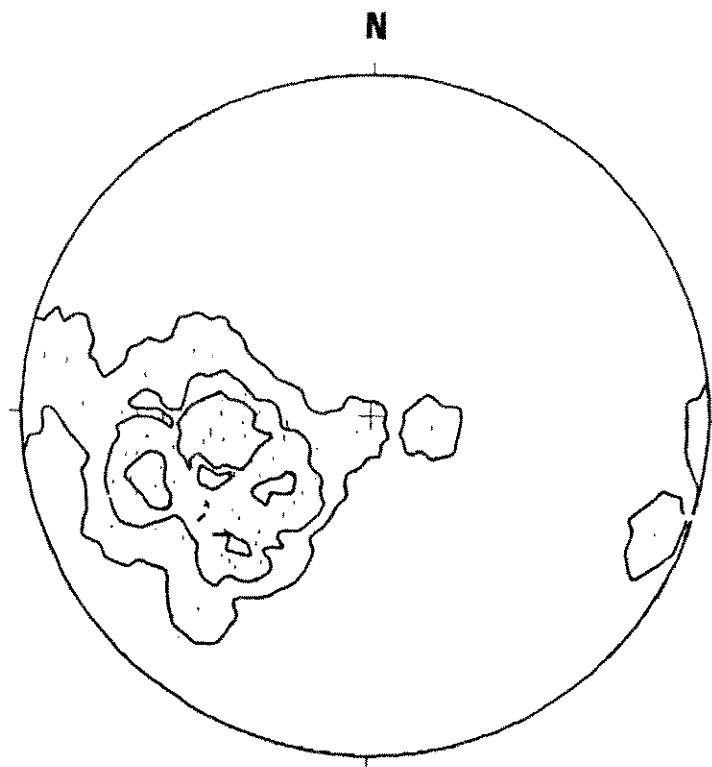


FIGURA 17 - Diagrama de contorno de pólos da xistosidade ( $S_n$ ) das rochas filíticas.

mostra-se anastomosada, sigmoidal ou boudinada, e em lâmina delgada é muito fina e definida pelo alinhamento de minerais tabulares com granulação menor que 15 microns (foto 06). Nas rochas quartzíticas, que no geral mostram-se bem preservadas da deformação,  $S_n$  só se desenvolveu nos termos mais micáceos, onde é pouco penetrativa, muito heterogênea e sub-paralela ao acamamento (figs. 16, 18 e 19). Nos quartzitos mais puros a única feição tectônica planar dúctil presente é a foliação milonítica ( $S_m$ ) encontrada em "shear bands" de espessuras centimétricas onde podem ser observadas superfícies S e C de Berthe et al. (1979) mostrando variadas relações angulares. A Lineação de alongamento ( $L_a$ ) é pouco penetrativa e desenvolveu-se sobre as superfícies de  $S_n$  e  $S_m$  orientando-se, preferencialmente,

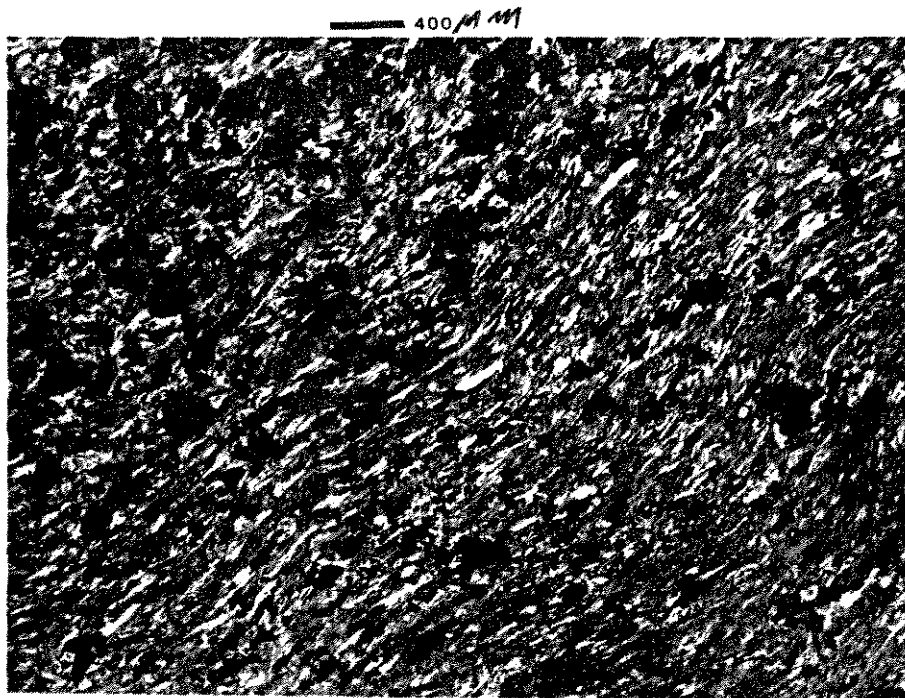


FOTO 06 - Xistosidade (Sn) de uma amostra de sericita-filito esverdeado pertencente a unidade f1-3.

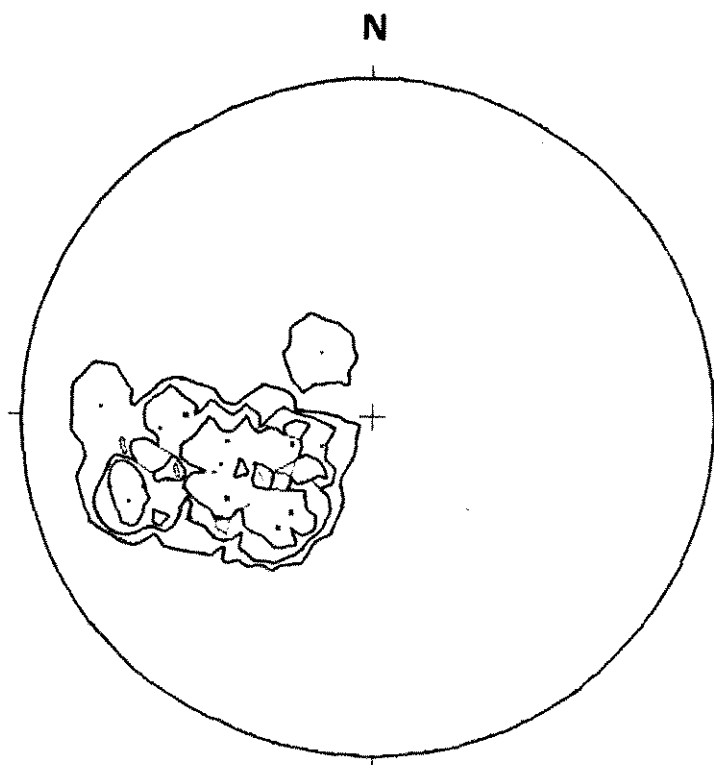


FIGURA 18 - Diagrama de contornos para pólos da xistosidade (Sn) das rochas quartzíticas.

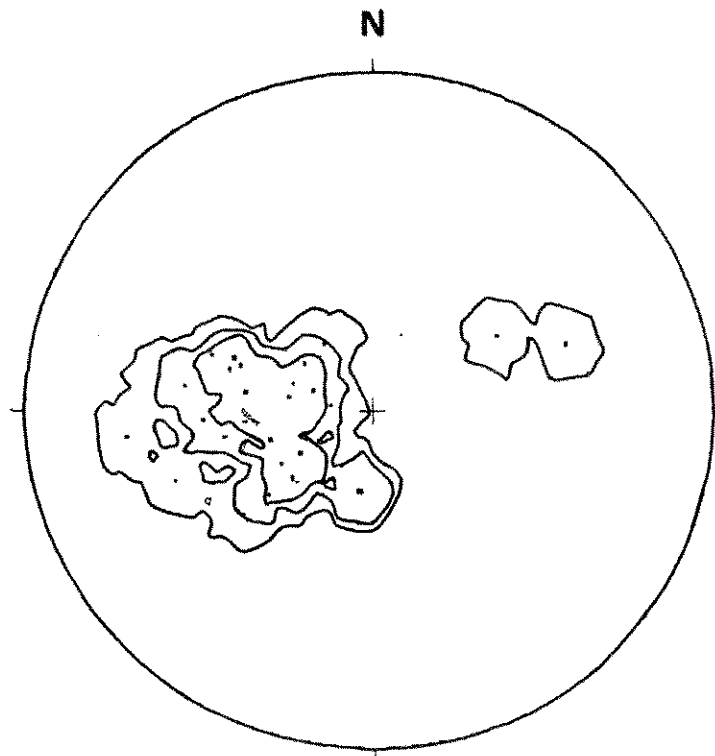


FIGURA 19 -Diagrama de contorno para pólos de acamamento das rochas quartzíticas.

entre os azimutes  $N70^{\circ}$  e  $N110^{\circ}$  (figs. 16 e 20). Nas rochas quartzíticas  $L_a$  é materializada pelo alongamento dos grãos de quartzo ou pelo crescimento orientado dos minerais micáceos. Já nas rochas filíticas  $L_a$  é marcada pelo alongamento de nódulos de sericita ou pelo alinhamento de óxido de ferro (foto 07). Os mobilizados sigmoidais de quartzo ocorrem encaixados nas rochas filíticas, onde mostram-se concordantes com a xistosidade. Estes mobilizados tem geometria lenticular, são de dimensões centimétricas, possuem textura sacaroidal e quando observados em cortes paralelos a  $L_a$  e perpendiculares a  $S_n$  mostram-se sistematicamente assimétricos com cauda alta para W (foto 08).

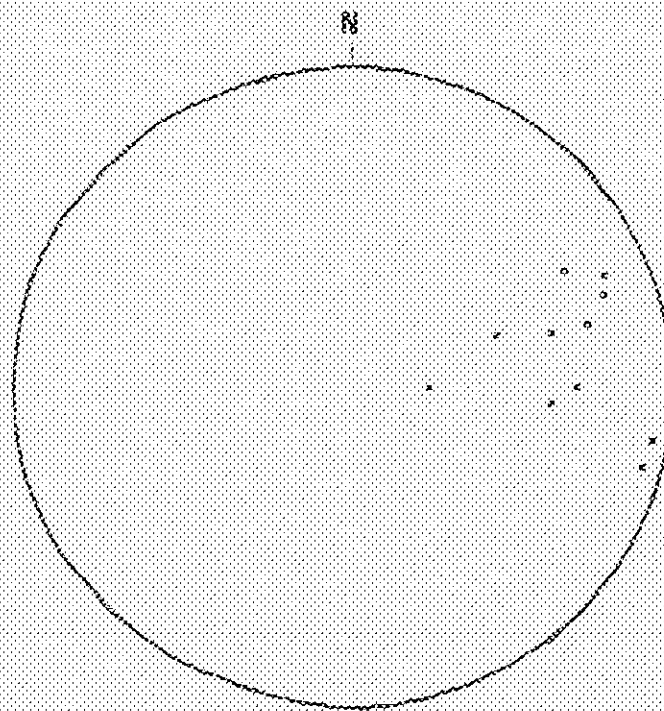


FIGURA 26 - Diagrama para polos da lineação de alongamento (La).



FOTO 27 - Lineação de alongamento marcada pelo alinhamento de óxidos de ferro sobre a heterogeneidade de um filito argiloso da unidade Fl-2.

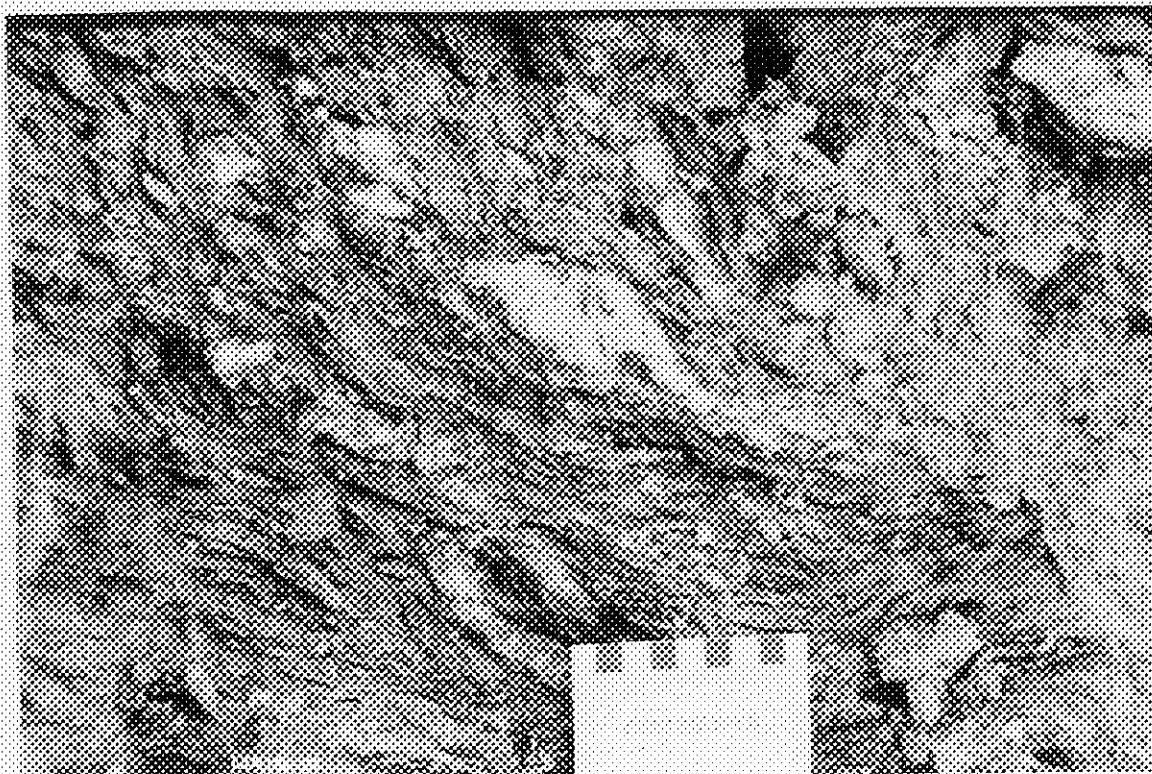


FOTO 08 - Mobilizado sigmoidal de quartzo sacaroídal concordante com a viscosidade

A análise cinemática deste primeiro conjunto de estruturas revelou que estas feições tectônicas foram geradas em regime dúctil, por mecanismos de cisalhamento simples, num processo contínuo de deformação. A assimetria sistemática dos mobilizados sigmoidais de quartzo e sigmoidais de foliação e as variadas relações angulares entre as superfícies S e C caracterizam a não-coaxialidade e a heterogeneidade da deformação. A análise destas estruturas também permite definir que durante a geração das mesmas o sentido preferencial do transporte tectônico foi de E para W, aproximadamente paralelo à direção da lineação de alongamento, o que é plenamente compatível com a tectônica tangencial, de caráter regional, caracterizada na borda SE do Cráton do São

Francisco (Herrgesell & Pflug , 1985; Hartmann, 1985; Oliveira 1986 e Almeida-Abreu et al., 1986).

O segundo conjunto de estruturas reúne típicas feições de preenchimento de cavidades representadas por veios e brechas. Os veios tem como principais constituintes minerais o quartzo e a caulinita ou a sericita e distribuem-se preferencialmente nas proximidades e nos contatos entre o topo das unidades quartzíticas e a base das unidades filíticas (fig. 21). Nestes contatos podem ocorrer : (1) veios tabulares de espessura centimétrica encaixados na própria superfície de contato (foto 09), (2) veios em forma de cunhas com dimensões centimétricas injetados nos quartzitos e (3) zonas locais de "stockworks" com espessura na ordem de dezenas de centímetros. Os veios presentes nas rochas filíticas são predominantemente de geometria tabular, orientam-se preferencialmente entre NW-SE e N-S e possuem espessuras que variam entre centimétricas e métricas. Estes veios normalmente recortam a xistosidade em ângulos variados (foto 10) e mesmo os injetados segundo a foliação, que mostram um aspecto geral de concordância, possuem contatos claramente discordantes (figs. 22). Quando os veios "concordantes" com a xistosidade tem espessura métrica são frequentes, no interior dos mesmos, bolsões lenticulares de filitos orientados com as mesmas atitudes da xistosidade das rochas encaixantes (foto 11). Os veios de quartzo que recortam as rochas quartzíticas são tabulares, geralmente de espessura milimétrica e localmente podem mostrar um crescimento de cristais (foto 12) das paredes em direção ao centro, podendo até

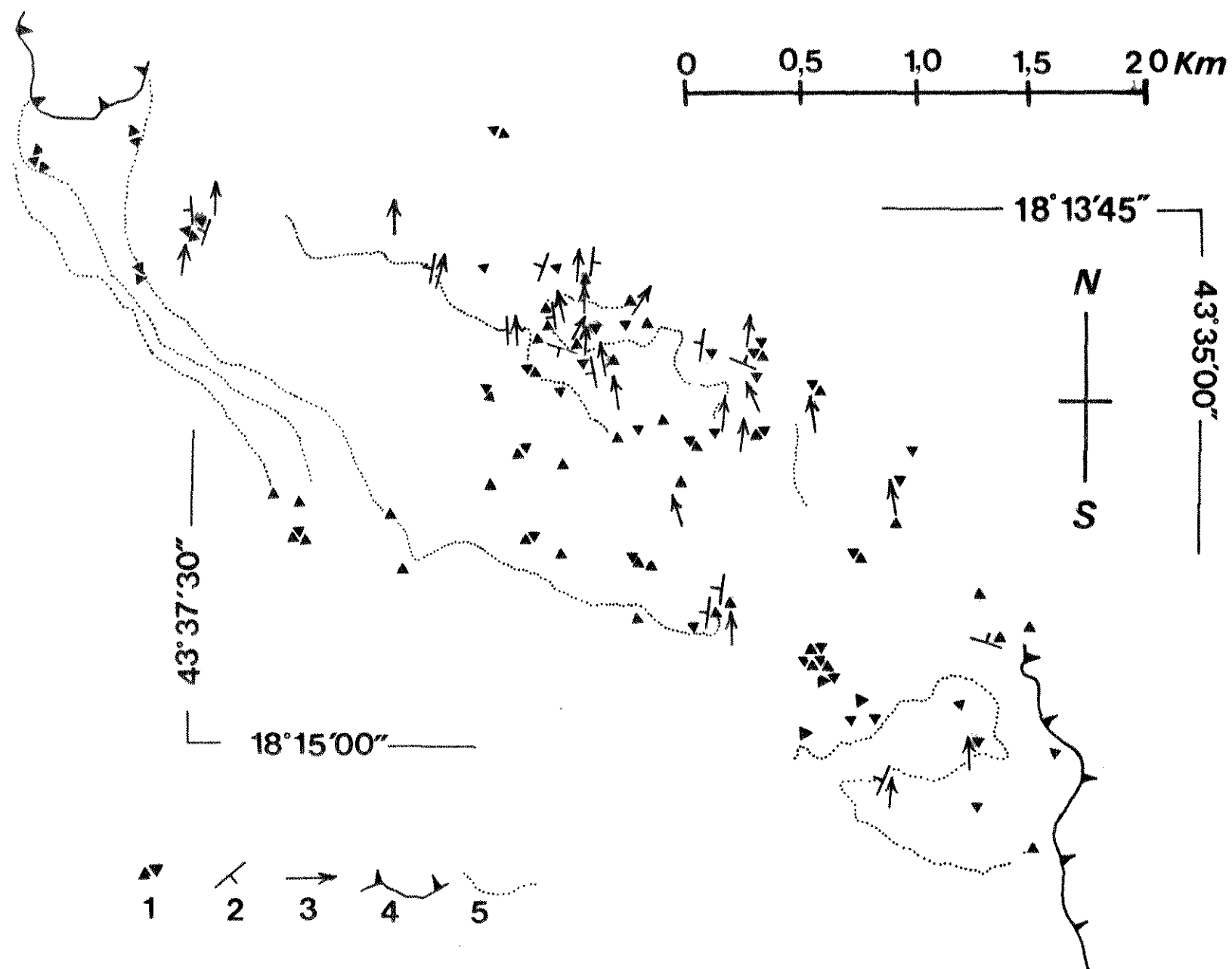


FIGURA 21 - Mapa Estrutural II - (1) veio, (2) clivagem de crenulação, (4) lineação de crenulação, (5) falha de cavalgamento, (6) contato.

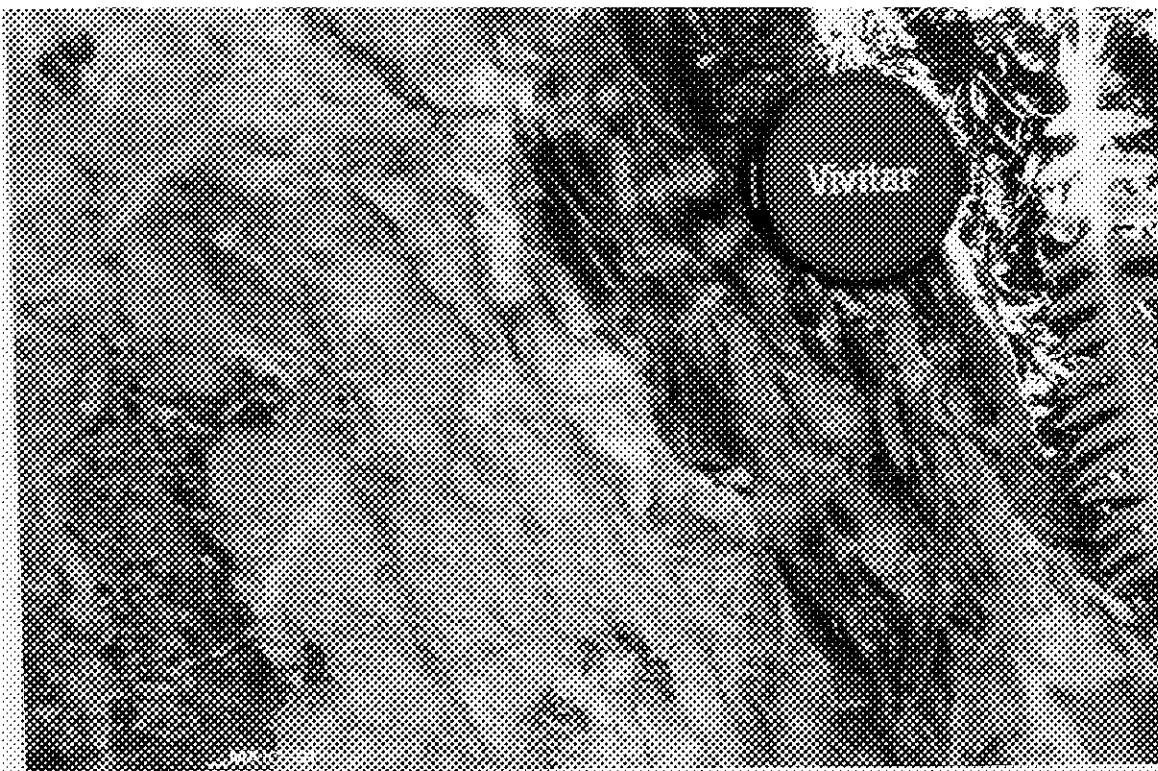


FOTO 9 - Vaso de quartzo encravado na superfície de contato entre quartzitos da unidade 223 e filitas da unidade 212.



FOTO 10  
veio de quartzo perpendicular à  
xistocidade encravado na base da  
unidade 212.

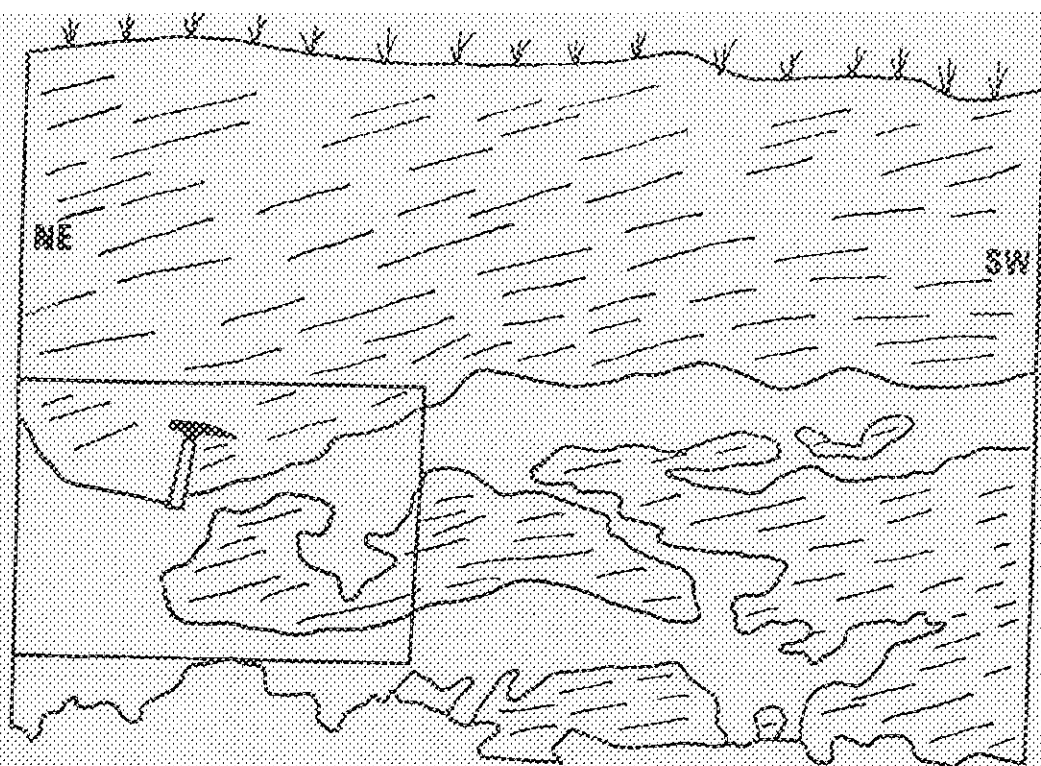


FIGURA 22 - Veios de quartzo injetados segundo a visibilidade de rochas filíticas pertencentes a unidade #15.

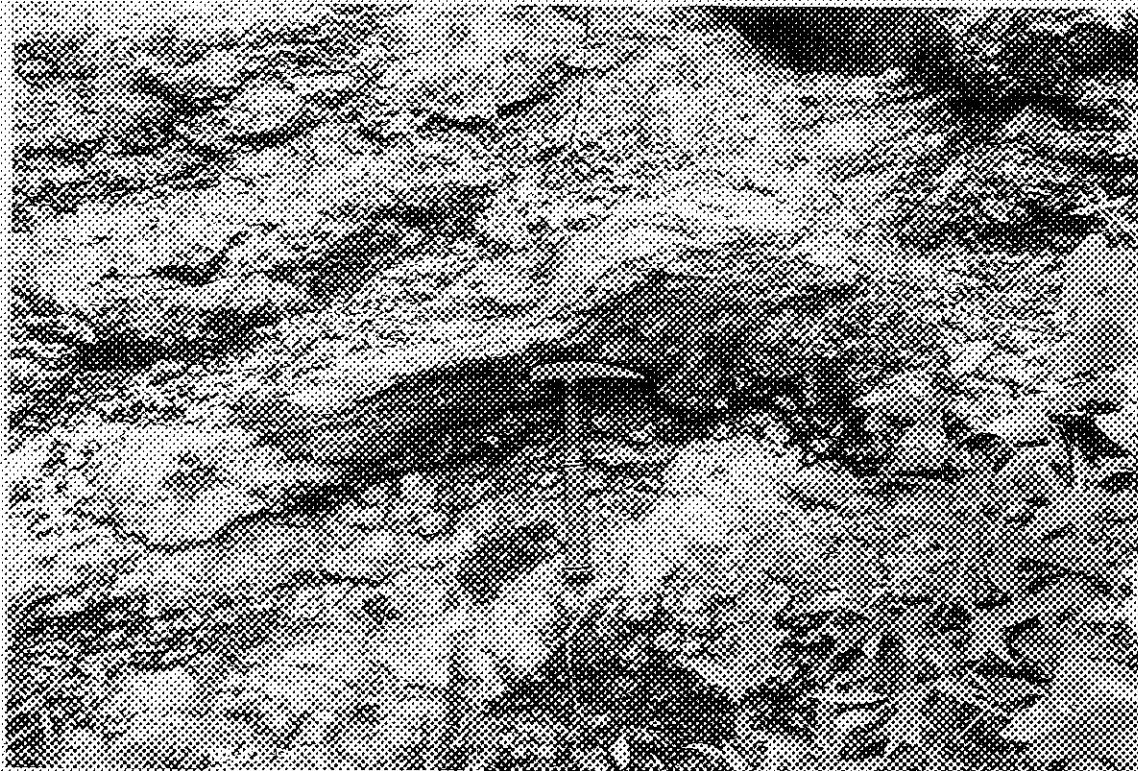


FOTO 22 - Bolsão lenticular de filita dentro de um veio de quartzo.



FOTO 12 - Veia de quartzo encaixada em quartzito da unidade 023 mostrando um crescimento de cristais perpendicular à parede do veio.

haver a formação de drusas quando os veios são de espessura centimétrica. As brechas são de ocorrência restrita às proximidades dos contatos entre o topo dos pacotes quartzíticos e a base dos pacotes filíticos, tem espessuras centimétricas e constituem-se de fragmentos da rocha encaixante (quartzito ou filito) angulosos e de dimensões mil a centimétricas distribuídos numa matriz composta por caulinita e quartzo.

As relações de contato e angulares entre feições tectônicas do primeiro e segundo conjunto de estruturas, demonstram claramente que as feições de preenchimento de cavidade, reunidas no segundo conjunto de estruturas, foram geradas após o desenvolvimento, por cisalhamento simples, das estruturas do primeiro conjunto. A análise de geometria e fábrica

destas feições de preenchimento revela que as mesmas foram formadas por fraturamento hidráulico instantâneo, ou seja, estas feições foram geradas quando a pressão de fluido ( $P_f$ ) excedeu à pressão de confinamento ( $\sigma_3$ ) por uma quantidade maior ou igual à "tenacidade" da rocha ("tensile strength" - T), o que provocou desagregação do meio por fraturamento. Esta situação, segundo Kerrich (1989), pode ser representada pela expressão  $\sigma_3 - P_f \leq T$ . A orientação preferencial entre NW-SE e N-S das feições geradas por fraturamento hidráulico indica que as mesmas, provavelmente, se desenvolveram sob a influencia de um campo de esforços com a mesma orientação (mas menor intensidade) do campo responsável pela geração das estruturas do primeiro conjunto, caracterizando o fraturamento hidráulico como tardio dentro do contexto de cisalhamento simples responsável pela geração do primeiro conjunto de estruturas.

O terceiro conjunto de estruturas agrupa os dobramentos, a clivagem de crenulação e as lineações de crenulação/corrugamento que afetam a xistosidade das rochas filíticas. Os dobramentos são de escala centimétrica à métrica e, embora tenham geometria muito variada e intimamente relacionada a veios e zonas de veios de quartzo (fig. 23), mostram eixos orientados preferencialmente em torno da direção N/S (fig. 24) e planos axiais com mergulhos para E ou W com ângulos variando desde subverticais até suaves (fig. 23). A Clivagem de Crenulação mostra um desenvolvimento discreto, possui uma distribuição muito

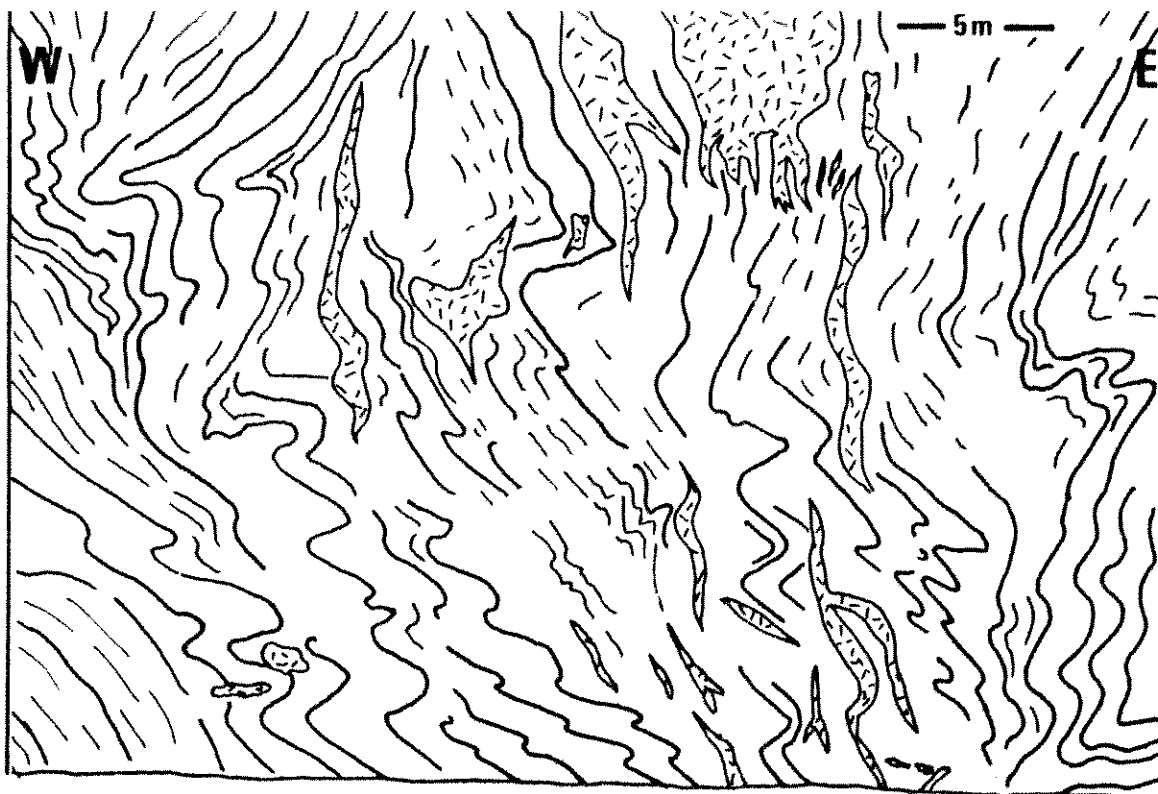


FIGURA 23 - Seção composta da Mina das Mil Oitavas mostrando a variação nos mergulhos dos planos axiais das dobras e a associação espacial entre as dobras e os veios. (parcial e modificada de Santos et al., 1989).

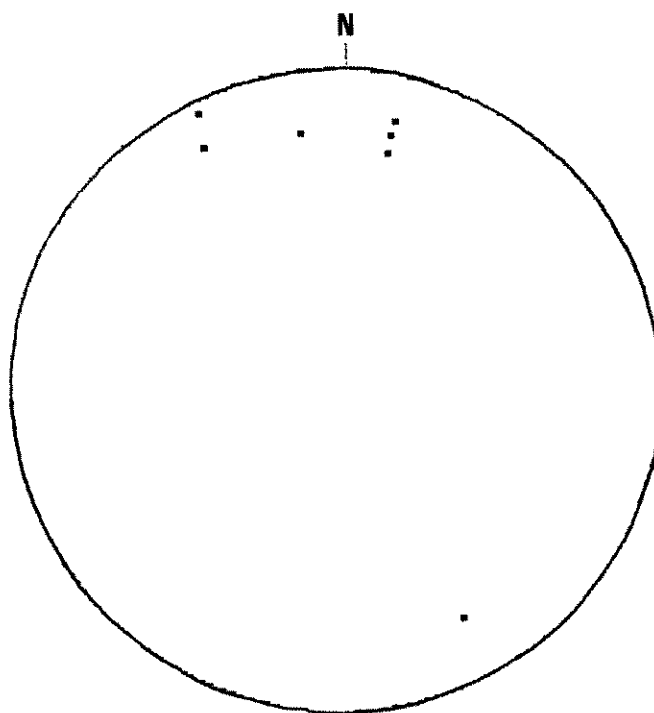


FIGURA 24 - Diagrama de pólos para eixos de dobras.

heterogênea, está intimamente associada aos veios de quartzo e aos dobramentos e orienta-se preferencialmente na direção NNE/SSW com mergulhos entre  $40^{\circ}$  e  $60^{\circ}$  para WNW (figs. 21 e 25). Além de estar associada a dobras e veios de quartzo nas unidades filíticas, a crenulação pode ainda ocorrer em lentes filíticas no interior das rochas quartzíticas. As Lineações de Crenulação/Corrugamento distribuem-se irregularmente, são mais frequentes nas proximidades dos veios de quartzo ou nas zonas axiais dos dobramentos e orientam-se em torno da direção N/S geralmente com mergulhos suaves para N (figs. 21 e 26).

As dobras e crenulações que compõem este terceiro conjunto de estruturas mostram uma íntima associação espacial com as feições de preenchimento de cavidades reunidas no segundo conjunto de estruturas. A associação entre estas estruturas e as relações geométricas entre as mesmas revelam que as estruturas geradas por fraturamento hidráulico perturbaram os planos de cisalhamento simples, permitindo a geração de zonas locais com predomínio de cisalhamento puro. Dentro destas zonas de cisalhamento puro houve o encurtamento das feições planares criadas por cisalhamento simples, o que gerou deflexões transversais à direção dos esforços tectônicos, ou seja, foram geradas dobras e crenulações da xistosidade perpendiculares à direção da lineação de alongamento.

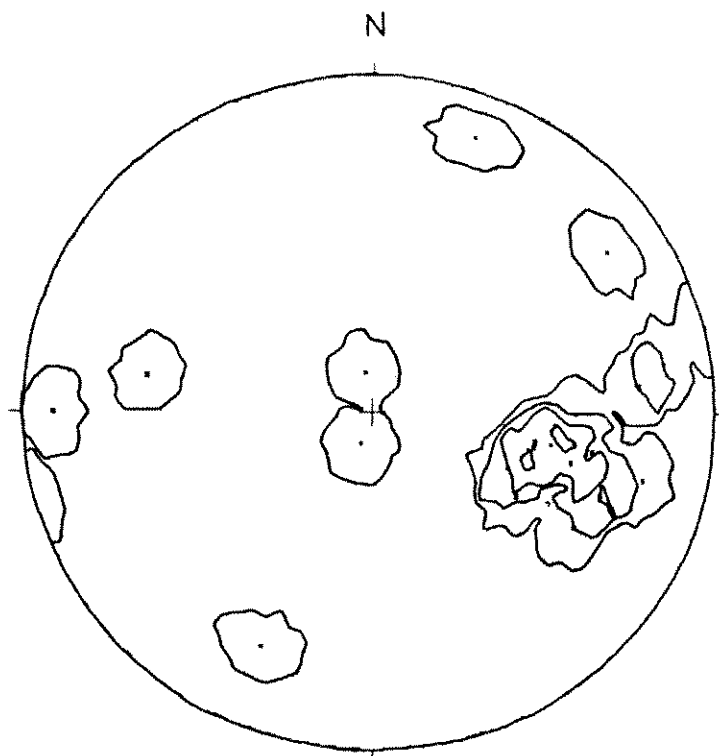


FIGURA 25 - Diagrama de contorno para pólos de clivagem de crenulação.

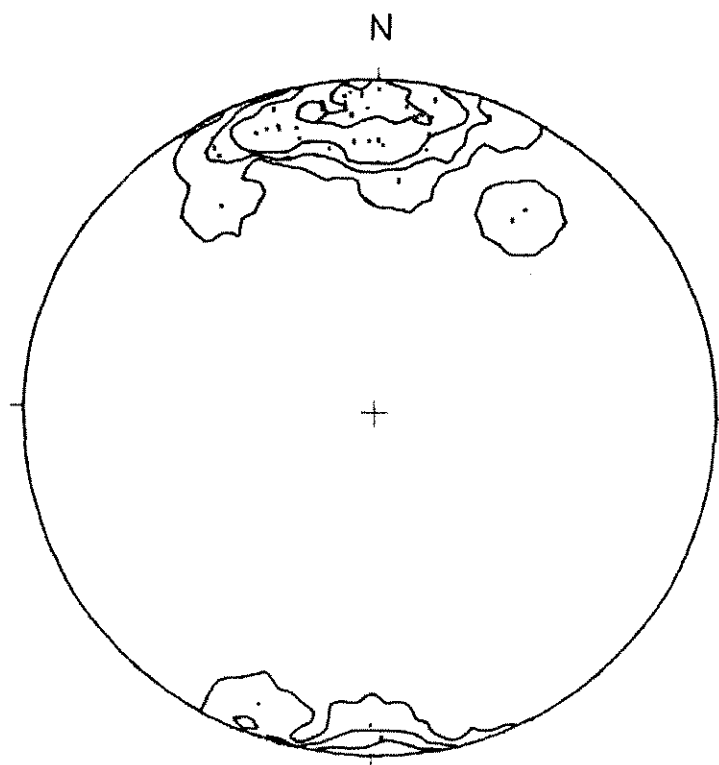


FIGURA 26 - Diagrama de contorno para pólos da lineação de crenulação.

### 3.4 Mineralizações

#### 3.4.1 Principais Ocorrências

Junto ao mapeamento geológico de semi-detulhe efetuado na região da cidade de Diamantina e arredores foi realizado o cadastramento das principais ocorrências auríferas (fig. 27). Estas ocorrências são denunciadas pela existência de antigas galerias de prospecção e/ou exploração (foto 13). Várias escavações superficiais de pequeno porte e pequenas minas a céu aberto. Após o reconhecimento de todas as ocorrências catalogadas, a Mina das Mil Cisternas foi selecionada, devido às suas melhores condições de afloramento, como área-alvo para a execução de levantamentos mais detalhados e mais diretamente ligados às mineralizações.



FOTO 13 - Galeria de pesquisa escavada em filitos argilosos da Unidade 11-3.

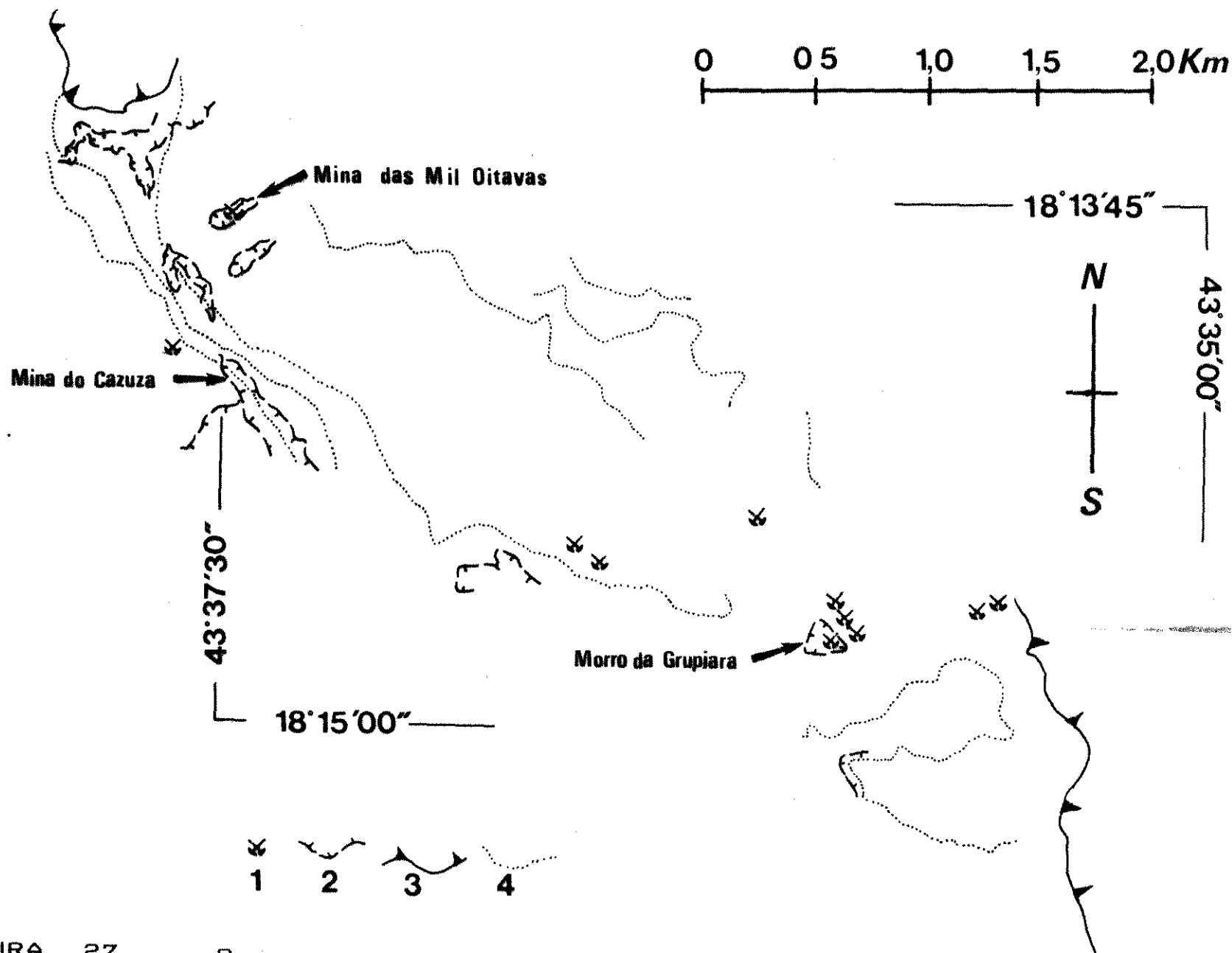


FIGURA 27 - Principais Ocorrências Auríferas - (1) galeria antiga, (2) escavação superficial, (3) falha de cavalgamento, (4) contato

A Mina das Mil Oitavas corresponde a uma escavação a céu aberto, de direção ENE/WSW, medindo cerca de 110 m de comprimento por aproximadamente 60 m de largura localizada na porção NW da área investigada (fig. 27, fotos 14 e 15). Nas paredes da mina estão expostos filitos argilosos da Unidade fl-2 e no piso aflora um quartzito friável (completamente recristalizado) pertencente à Unidade qz-2 (foto 16). O contato entre estas litologias é brusco (foto 17) e marcado por zonas de veios. O levantamento de perfis de detalhe, na escala 1:100, de parte da porção basal aflorante da Unidade fl-2, permitiu a individualização de vários horizontes litologicamente diferenciáveis (fig. 28). Estes horizontes, da base para o topo, correspondem a :

horizonte A - Filito argiloso de coloração rosa, com porções de filito cinza, recortado por veios de quartzo e caulinita geralmente discordantes da foliação.

horizonte B - Filito cinza escuro localmente argiloso. Este horizonte tem espessura muito irregular, em alguns pontos é descontínuo e em outros pode atingir cerca de 40 cm.

horizonte C - Filito argiloso de coloração ocre-alaranjada mostrando porções de filito em tons cinza semelhantes aos do horizonte B.

horizonte D - Sericita filito esverdeado com níveis argilosos milimétricos de coloração ocre concordantes com a xistosidade. Este horizonte tem espessura métrica e localmente apresenta bolsões de filitos argilosos de geometria lenticular associados a veios de quartzo e argila.



FOTO 14 - Foto aérea da região da cidade de Brumantina com a localização da Mina das Mil Oitavas (MO), da Mina do Fazenda (Fz) e do Morro da Brupiera (Bru).



FOTO 15 - Vista da Mina das Mil Oitavas.



FOTO 16

Vista da parede norte da Mina das Mil Oitavas, onde se observa o contato entre filitos argilosos da Unidade fl-2 e o quartzito frível da Unidade qz-2.

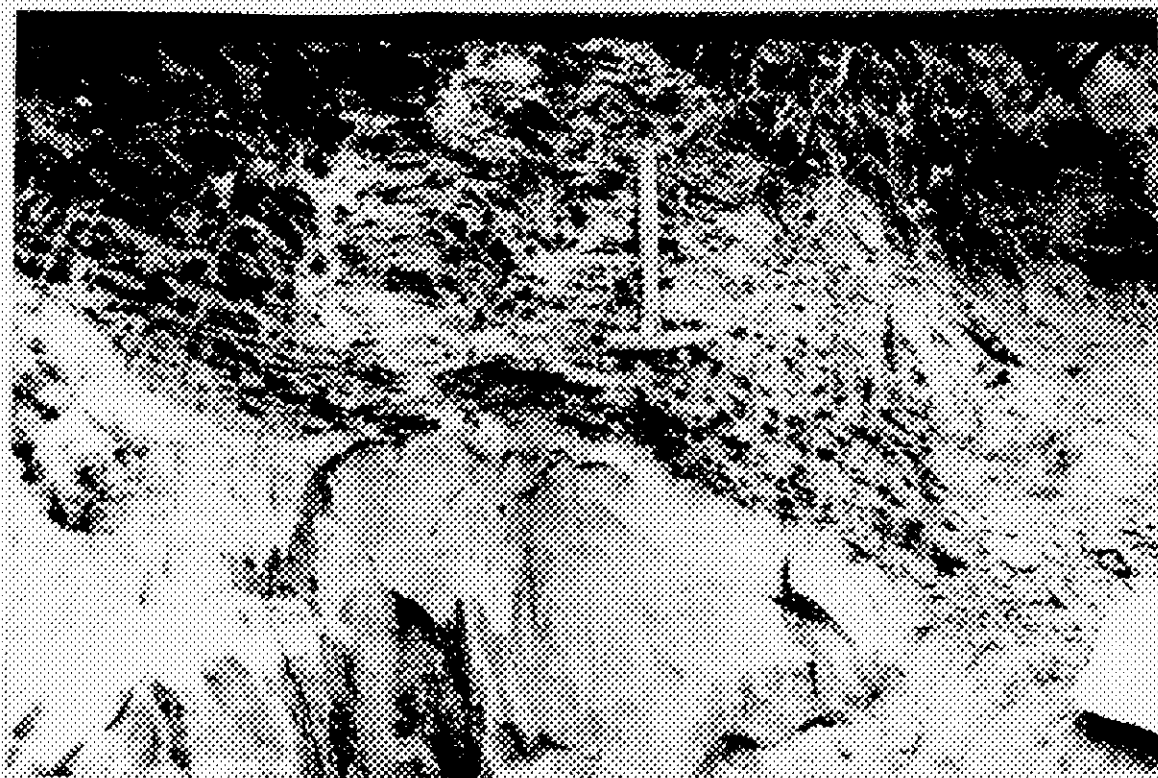


FOTO 17 - Detalhe do contato brusco entre os filitos argilosos da Unidade fl-2 e quartzitos fríveis da Unidade qz-2 exposto na parede norte da Mina das Mil Oitavas.

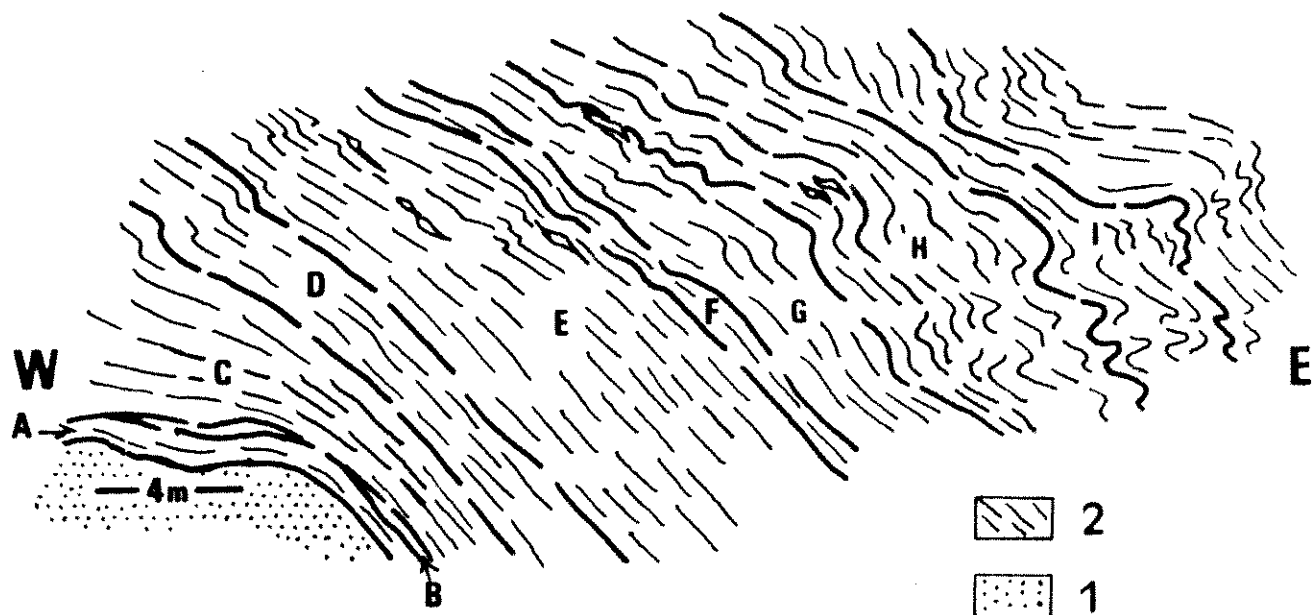


FIGURA 28 - Perfil de detalhe de parte da porção basal da Unidade fl-2 aflorante na Mina das Mil Oitavas. (1) Quartzito da Unidade qz-2, (2) Filito da Unidade fl-2 e (A, B, C, D, E, F, G, H e I) Horizontes litológicos individualizados descritos no texto. - Montado sobre base na escala 1:100 levantada por Santos (1989).

horizonte E - Filito com coloração variando, da base para o topo, de verde a cinza. Este horizonte mostra mobilizados sigmoidais de quartzo sacaroidal concordantes com a xistosidade e localmente porções argilosas de coloração ocre.

horizonte F - Sericita filito de coloração cinza clara, localmente com níveis argilosos milimétricos.

horizonte G - Sericita filito argiloso de coloração ocre com níveis mais sericíticos de coloração acinzentada.

horizonte H - Intercalação entre sericita filito acinzentado e sericita-filito argiloso ocre com filmes ferruginosos sobre a foliação. Neste horizonte estão presentes veios de quartzo e caulinita de dimensões mili/centimétricas que

recortam a foliação.

horizonte I - Sericita filito argiloso de coloração ocre com filmes ferruginosos sobre a foliação e intercalações de sericita-filitos com espessuras variando entre alguns milímetros e 3 centímetros.

Acima do horizonte I a Unidade fl-2 é constituída por filitos argilosos com quantidades muito variáveis de minerais argilosos e sericita e por porções restritas de filitos hematíticos. Estas rochas mostram-se localmente recortadas por veios de quartzo e caulinita (ou somente quartzo) aos quais se associam dobramentos de escala métrica e crenulações irregularmente espaçadas.

Estes horizontes individualizados na base de Unidade fl-2, apesar de mostrarem-se bem distintos no perfil onde foram reconhecidos, não são regularmente distribuídos por toda a mina, e de maneira mais abrangente o que realmente se nota é que, as proporções de minerais argilosos nos filitos diminui da base para o topo do pacote e aumenta em direção aos veios de quartzo e caulinita.

As mineralizações auríferas estão associadas a veios, a zonas de veios e a brechas de fraturamento hidráulico que encontram-se preferencialmente hospedadas no horizonte A da base da Unidade fl-2. Os veios são constituídos predominantemente por quartzo e caulinita. As brechas possuem uma matriz caulinítica onde estão dispersos fragmentos de filito argiloso.

Além da Mina das Mil Oitavas, podem ser consideradas como ocorrências importantes o Morro da Grupiara e a Mina do Cazuza. O Morro da Grupiara é uma elevação localizada na região central da cidade (fig. 27, foto 14), onde podem ser encontradas várias escavações superficiais de pequeno porte e algumas galerias. No topo do morro, em uma área de aproximadamente 22 ha, e nas galerias estão expostos veios de quartzo (predominantes) e veios de quartzo e caulinita, de espessuras métricas, encaixados em filitos da Unidade fl-2 (foto 18). As galerias e escavações distribuem-se preferencialmente sobre os veios de quartzo e caulinita, que possuem como minerais acessórios rutilo e turmalina. A Mina do Cazuza corresponde a uma escavação a céu aberto de direção NW/SE, medindo cerca de 620 m de comprimento por, em média, 80 m de largura, localizada na porção W da área mapeada (fig. 27, fotos 14 e 19). Os dados disponíveis sobre a Mina do Cazuza, obtidos através de perfis de reconhecimento, revelam que: (1) a mina foi aberta sobre o contato entre as unidades qz-1 e fl-1, (2) os quartzitos do topo da Unidade qz-1 são bastante friáveis e (3) os filitos da Unidade fl-1 são recortados por veios de quartzo e caulinita. Embora esta seja a maior escavação a céu aberto encontrada na área estudada, não foram realizados levantamentos de detalhe, pois a mina está desativada há vários anos e sua porção mais profunda, onde havia lavra, encontra-se completamente assoreada.



FOTO 18 - Veio de quartzo de espessura métrica encaixado em filitos da Unidade 21-2 no Morro da Graziara.

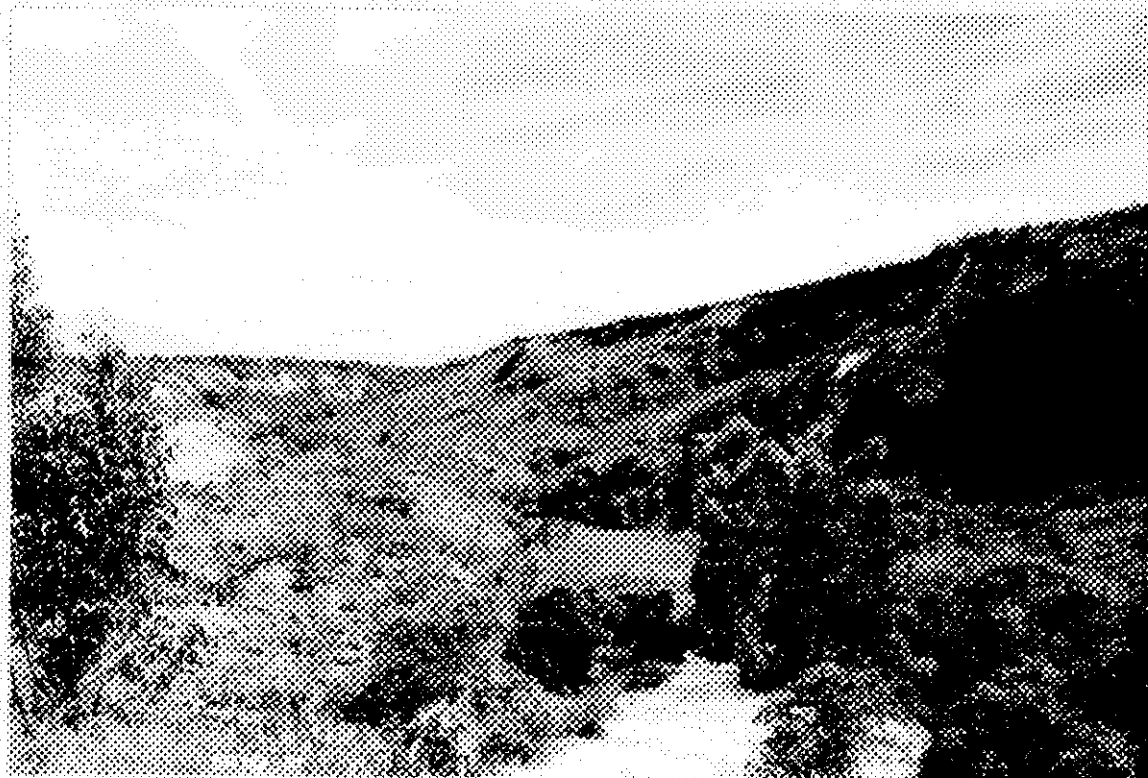


FOTO 19 - Vista panorâmica da Mina do Caruzo.

### 3.4.2 Alteração hidrotermal

A alteração hidrotermal associada às mineralizações é caracterizada pela existência de halos de argilização em torno dos veios mineralizados e pela argilização penetrativa dos pacotes filíticos que hospedam estes veios.

Os halos de argilização em torno dos veios são simétricos, possuem espessuras diretamente proporcionais às dimensões dos veios aos quais estão associados e mostram uma diminuição gradativa na intensidade da alteração no sentido veio encaixante. O estudo detalhado do halo de alteração de um veio de quartzo e caulinita, de dimensões decimétricas, possibilitou a individualização (em afloramento) de quatro zonas de alteração (foto 20, fig. 29). As zonas individualizadas possuem espessuras centimétricas, mostram passagens transicionais de uma para outra e são constituídas, do veio para encaixante, respectivamente por: (I) filito de coloração creme recortado por vênulas de argila avermelhada; (II) filito acinzentado com vênulas de quartzo e argila; (III) filito de coloração ocre-alaranjada com porções esverdeadas e (IV) filito esverdeado com porções ocre-avermelhadas. A identificação da composição mineralógica de cada uma destas zonas, por difratometria de raios-x, revelou que todas elas são constituídas predominantemente por caulinita, sericita e óxidos de ferro em proporções variadas e que da borda do veio em direção à rocha encaixante não alterada, há um empobrecimento contínuo de caulinita em relação à sericita.

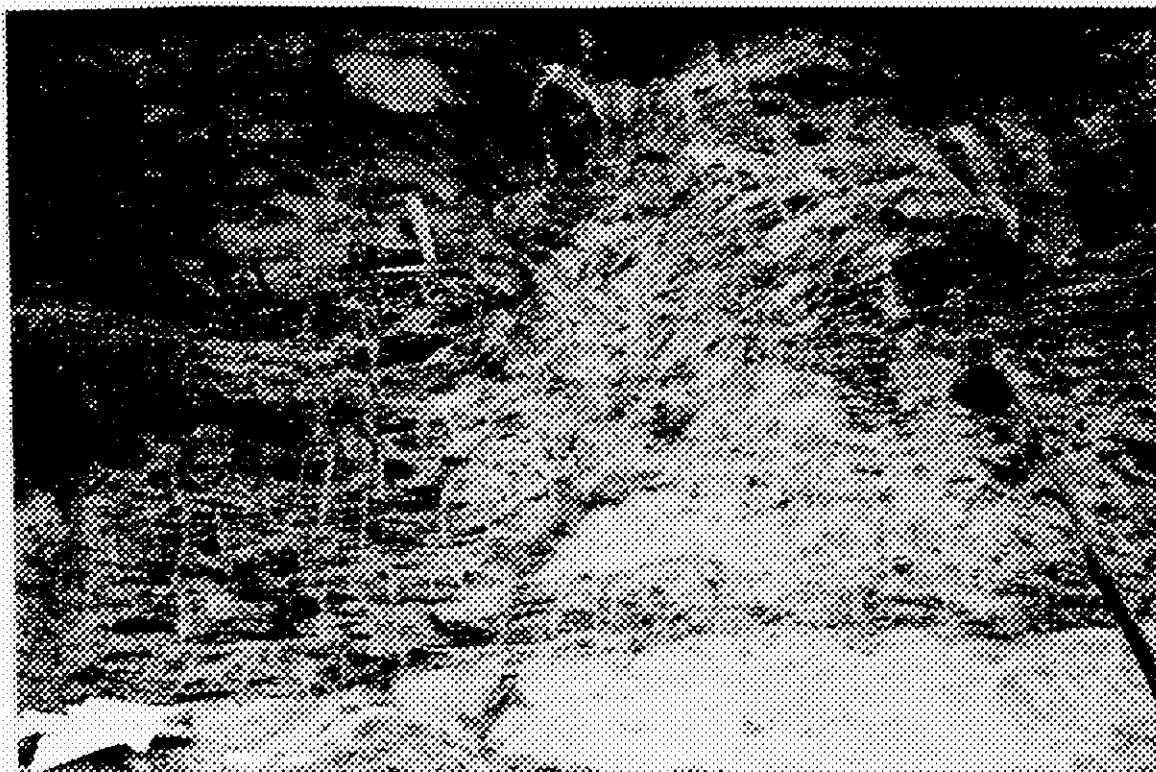


FOTO 20 - Veio de caulinita e quartzo mostrando um halo de alteração hidrotermal.

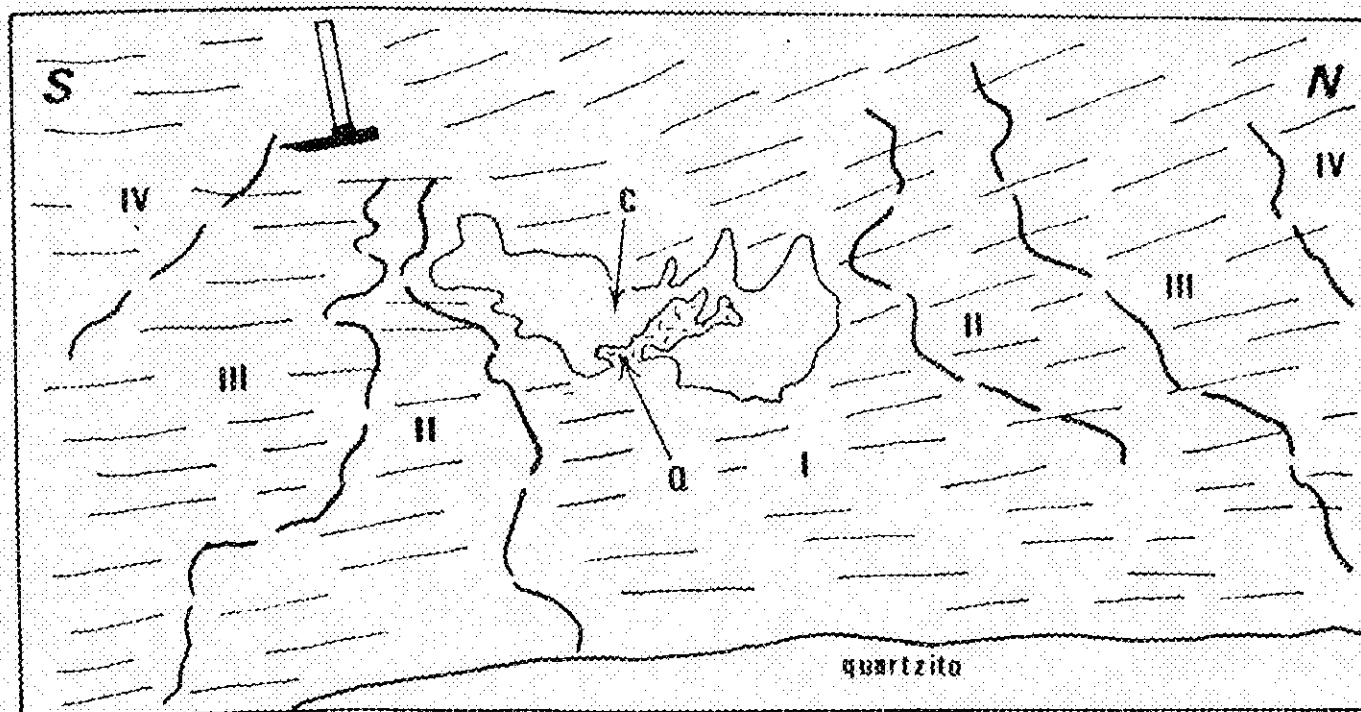


FIGURA 29 - Zonas de alteração individualizadas no veio da fotografia acima. (c) caulinita, (q) quartzo, (I, II, III, IV) zonas de alteração descritas no texto.

A argilização penetrativa dos pacotes filíticos é mais intensa nas porções basais, onde estão hospedados a maioria dos veios mineralizados, e diminui em direção ao topo, onde podem ocorrer restos de filitos não alterados. Embora esta seja a distribuição geral da alteração dentro dos pacotes filíticos mineralizados, bolsões cauliníticos associados a halos de alteração de veios isolados são frequentes nas porções mais sericíticas.

Esta argilização foi responsável pela transformação de rochas originalmente constituídas a base de sericita e óxidos de ferro (filitos hematíticos) em rochas compostas predominantemente por caulinita e sericita. A distribuição espacial desta nova assembléia, intimamente relacionada a distribuição dos veios e brechas mineralizados, caracteriza a alteração hidrotermal como tardia em relação ao contexto metamórfico deformacional da região.

#### 3.4.3 Controles

As mineralizações auríferas estão confinadas aos veios e brechas gerados por fraturamento hidráulico, encaixados nas porções basais dos filitos argilosos das unidades fl-1 e fl-2, logo acima ou no próprio contato com unidades quartzíticas. Estas mineralizações ocorrem como bolsões descontínuos, de geometria muito irregular, associados às zonas onde a argilização foi mais intensa. Os veios mineralizados possuem

normalmente dimensões de milimétricas a centimétricas, embora excepcionalmente alguns cheguem a medir mais de um metro de espessura. Estes veios mostram estrutura compacta e apresentam como minerais de ganga mais importantes o quartzo e a caulinita (fotos 20 e 21). O quartzo é normalmente de coloração cinza clara e mais raramente branca ou fumê, forma agregados de granulação grosseira e geralmente mostra-se bastante fraturado. A caulinita é de coloração branca ocre ou avermelhada e mostra-se maciça ou em agregados de palhetas milimétricas. Outros minerais de ganga frequentes são hematita especular e rutilo (foto 22). As brechas só ocorrem raramente, possuem dimensões centimétricas e são constituídas por uma matriz caulinitica de coloração geralmente avermelhada na qual estão imersos fragmentos angulosos de filito argiloso com diâmetros em torno de 1 cm. O mineral de minério, tanto dos veios como das brechas, é o ouro nativo, que sempre está associado a caulinita e pode ocorrer como cristais octaédricos que chegam a atingir cerca de 0,5 cm de diâmetro (fotos 23 e 24). Os veios de quartzo com sericita e especularita injetados na Unidade fl-3 (foto 25), assim como os veios de quartzo encaixados nas unidades quartzíticas, apesar de abundantes, não estão associadas à ocorrências de ouro conhecidas. Também podem ser considerados estéreis os mobilizados sigmoidais de quartzo sacaroidal presentes em todas às unidades filíticas.



FOTO 21 - Veia mineralizada constituída por quartzo e caulinita.



FOTO 22 - Caulinita com hematita especular e rutílio.



FOTO 23 - Concentrado de poeira com ouro em pepitas no porão central.

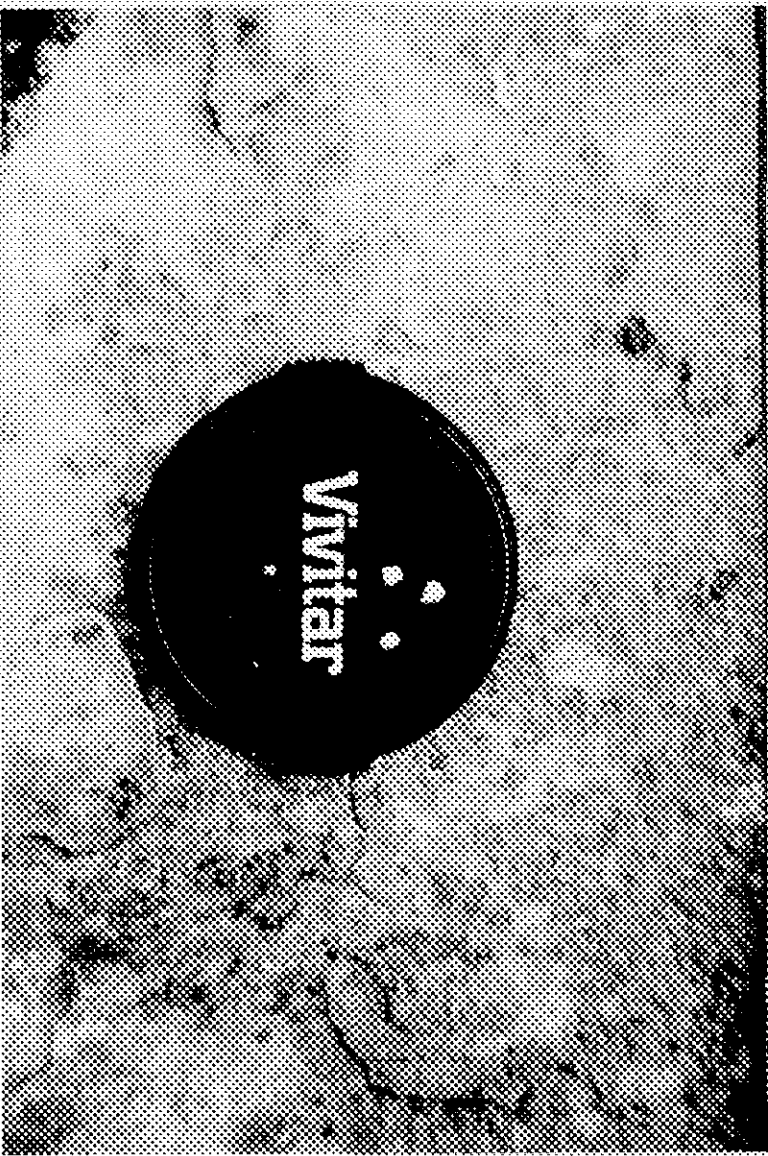


FOTO 24 - Capa de garrafa contendo ouro nativo.

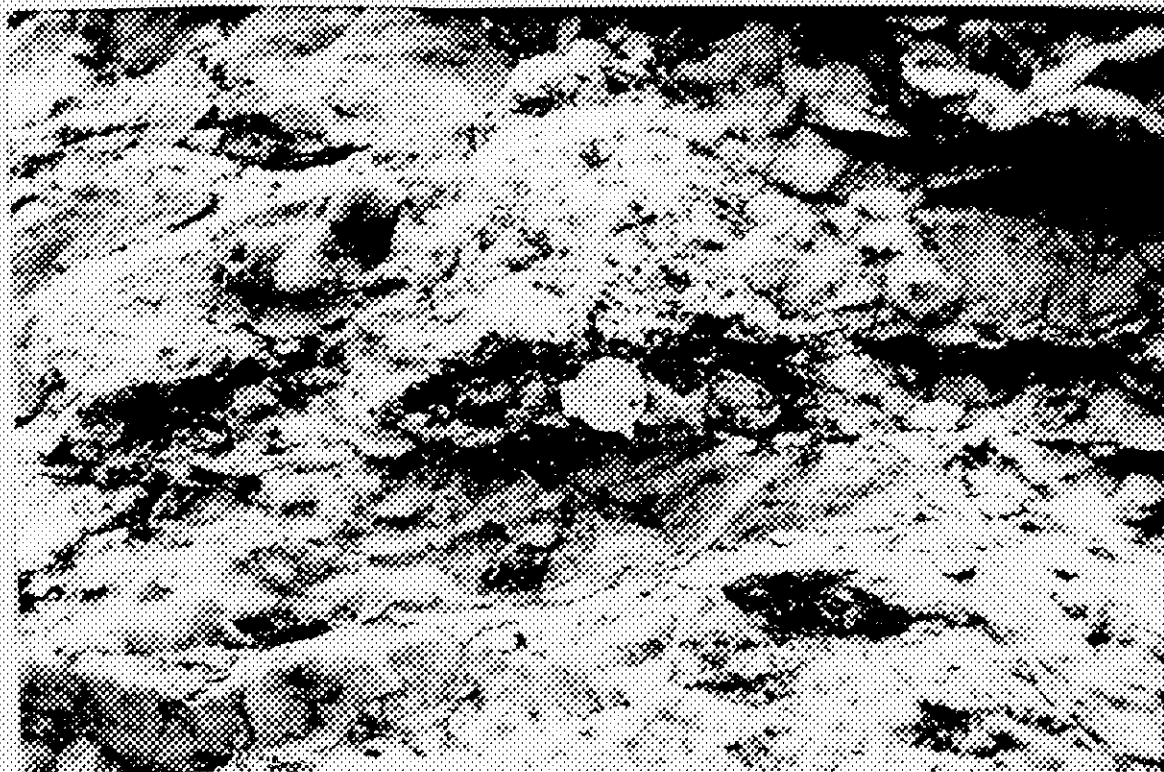


FOTO 25 - Vaso de quartzo com sericita e zepelurita injetado num filito da Unidade #1-3.

#### 3.4.4 Idade

A idade da mineralização foi obtida pela datação de uma fracção de rutilo associada à ocorrência da Mina das Mil Oitavas. A fracção de rutilo datada foi separada do concentrado de minerais pesados de um filito argiloso, recortado por veios mineralizados, pertencente à porção basal da Unidade #1-2. A datação foi efectuada durante estágio no laboratório de geocronologia do "Royal Ontario Museum", seguindo as técnicas analíticas descritas por Krogh (1973; 1982), Corfu et al. (1983) e Corfu & Stott (1986) e utilizando o programa de regressão linear proposto por Davis (1982). A idade obtida de 636 Ma apresentou um erro, muito elevado, de cerca de 20 %.

atribuível a baixa concentração de urânio e à alta quantidade de chumbo comum (Pb-204) presentes na amostra. Embora o erro apresentado seja elevado esta idade pode ser utilizada, pelo menos, para posicionar a mineralização como de idade brasileira, o que se compatibiliza plenamente com as relações de campo observadas e com o quadro geológico/geocronológico regionalmente estabelecido.

#### 3.4.5 Inclusões Fluídas

Para o estudo de inclusões fluídas foram selecionadas três amostras provenientes da Mina das Mil Oitavas. Duas amostras são de quartzo de veios, mineralizados, constituídos por quartzo e caolinita, encaixados na porção basal da Unidade fl-2. A terceira amostra é de um veio de quartzo encaixado em quartzitos friáveis da Unidade qz-3 logo abaixo do contato com a Unidade fl-2.

Os dados microtermométricos foram obtido através do equipamento da CHAIXMECA modelo M-85, calibrado utilizando-se CO<sub>2</sub> puro (calandra) e outras substâncias recomendadas pelo fabricante. O resfriamento foi realizado utilizando-se nitrogênio líquido e o aquecimento deu-se a uma taxa de 0,5°C/min. Foram determinadas as seguintes temperaturas de transição de fases: (1) temperatura de fusão do CO<sub>2</sub>, (2) temperatura do eutético, (3) temperatura de fusão do gelo, (4) temperatura de fusão de clatratos, (5) temperatura de homogeneização do CO<sub>2</sub> e (6) temperatura de homogeneização total.

O estudo morfológico das inclusões feito em lâminas delgadas bipolidas, com cerca de 0,06 mm de espessura, revelou a existência de inclusões primárias e secundárias. As inclusões primárias são aquo-carbônicas e a temperatura ambiente (25°C) constituem-se por três fases ( $H_2O$ (líquido),  $CO_2$ (líquido),  $CO_2$ (vapor)). O volume ocupado pelo  $CO_2$  varia de 10 a 50% do volume total das inclusões, mas na maioria dos casos é de cerca de 30%. Estas inclusões distribuem-se aleatoriamente e apresentam-se, em sua maioria, com contornos de cristal negativo e com dimensões variando de 30 a 200 microns (foto 26). As inclusões secundárias podem ser aquosas ou aquo-carbônicas. As aquosas são bifásicas ( $H_2O$ (líquido) -  $H_2O$ (vapor)) com volume da fase vapor ocupando menos de 20% do volume total, exibem-se com formas irregulares, possuem dimensões variando entre 2 e 10 microns e ocorrem ao longo de fraturas cicatrizadas (foto 27). As aquo-carbônicas são bifásicas ( $H_2O$ (líquido) -  $CO_2$ (líquido)) a temperatura ambiente (25°C), ocorrem associadas as inclusões aquosas, mostram-se com formas em cristais negativos e possuem dimensões em torno de 15 microns.

As temperaturas de fusão do  $CO_2$  determinadas variam entre -56.7 e -56.6°C (fig. 30-I), indicando que a fase vapor presente nas inclusões aquo-carbônicas é constituída por  $CO_2$  praticamente puro. As temperaturas da primeira fusão do gelo (eutético) distribuem-se numa faixa entre -24 e -22°C (fig. 30-II). Estes valores, segundo Shepherd et al. (1985), indicam a presença de  $Na^+$  e  $K^+$  nas fases líquidas, o que foi

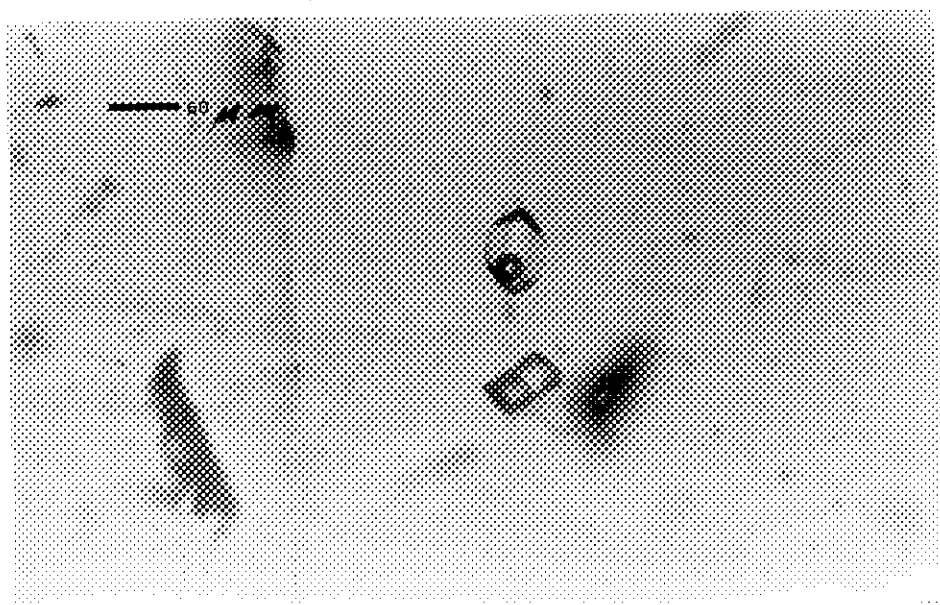


FOTO 26 -- Inclusões primárias com contornos de cristal negativo.

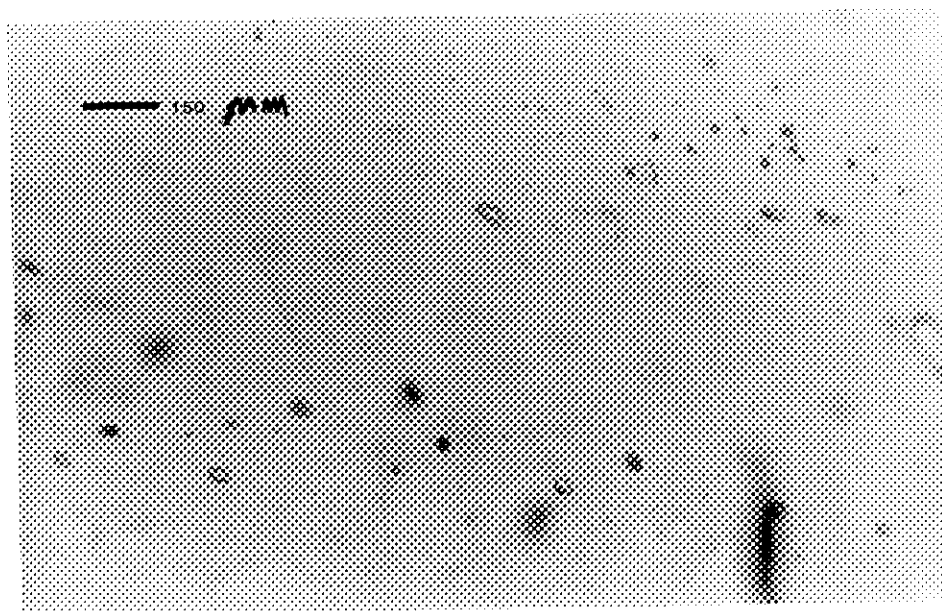


FOTO 27 - Inclusões secundárias distribuídas ao longo de uma fratura cicatrizada.

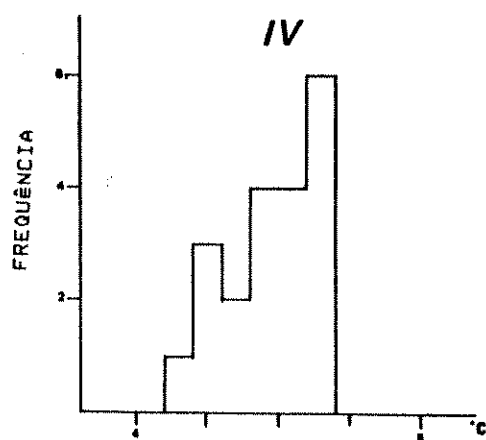
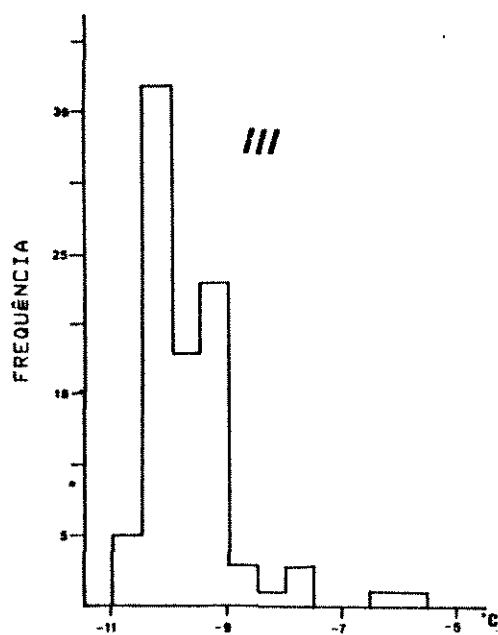
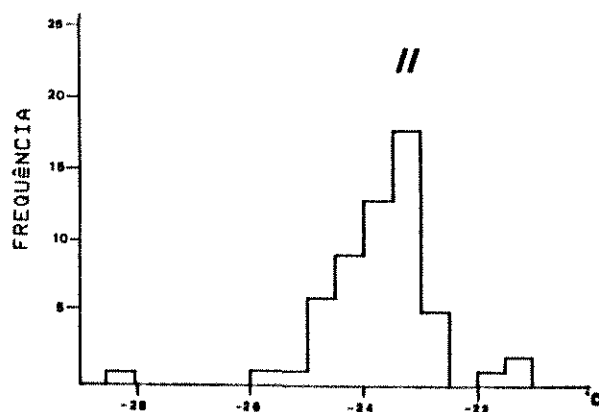
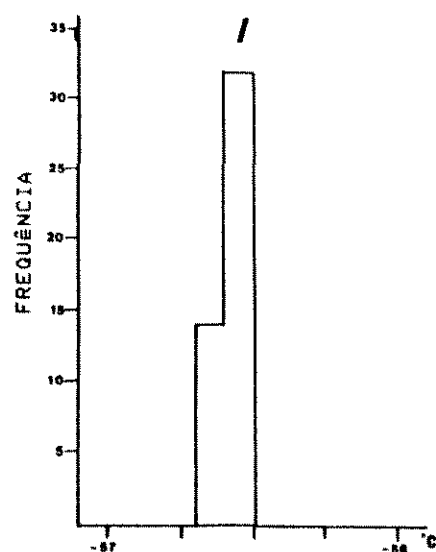


FIGURA 30 - Histogramas mostrando a variação das temperaturas de fusão do  $\text{CO}_2$  (I), temperaturas do eutético (II), temperatura de fusão do gelo (III), temperatura de fusão de clatratos (IV).

confirmado pelas análises de "Quench-leach" (tabela II). As temperaturas de fusão do gelo das inclusões aquosas concentram-se entre  $-10,3$  e  $-9,0^{\circ}\text{C}$  (fig. 30-III). A salinidade em termos de equivalente da porcentagem em peso de NaCl (eq % NaCl), para estas temperaturas corresponde, segundo Potter et al. (1978,) a cerca de 13 eq % NaCl. As temperaturas de fusão de clatratos das inclusões aquo-carbônicas situam-se entre  $4,2$  e  $4,7^{\circ}\text{C}$  (fig. 30-IV). A salinidade para estas temperaturas corresponde segundo Bozzo et al. (1973) e Collins (1979), a cerca de 10.0 eq % NaCl. Esta diferença entre os valores da salinidade, segundo Hollister & Crawford (1981), pode estar relacionada a presença de pequenas quantidades de  $\text{CO}_2$  nas inclusões aquosas. As temperaturas de homogeneização do  $\text{CO}_2$ , sempre para uma fase líquida, concentram-se em torno de  $30^{\circ}\text{C}$  para as inclusões primárias e de  $23^{\circ}\text{C}$  para as inclusões secundárias (fig. 31-I). Usando-se estes valores pode-se estimar, através da equação de Angus (Hollister & Crawford, 1981), densidades de  $\text{CO}_2$  correspondentes a  $0,8$  e  $1,0 \text{ g/cm}_3$ . As temperaturas de homogeneização total concentram-se em três intervalos: o primeiro entre  $115$  e  $140^{\circ}\text{C}$ , com picos em  $130^{\circ}\text{C}$ ; o segundo entre  $150$  e  $175^{\circ}\text{C}$  com pico em  $165^{\circ}\text{C}$ ; e o terceiro entre  $220$  e  $250^{\circ}\text{C}$  com pico em  $235^{\circ}\text{C}$  (fig. 31-II). Estas temperaturas revelam a presença de três eventos de aprisionamento de fluídos nos veios mineralizados e indicam que estes veios foram gerados a uma temperatura mínima de  $250^{\circ}\text{C}$ .

| Amostra | Massa(g) | Concentrações em ppm |       |       |       |       |       |       |       |
|---------|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|         |          | Na                   | K     | Ca    | Mg    | Li    | Mn    | Fe    | Al    |
| TZ-166  | 26,38    | 1,708                | 1,630 | 0,079 | 0,004 | 0,025 | 0,000 | 0,000 | 0,148 |
| TZ-179  | 36,59    | 1,364                | 1,157 | 0,172 | 0,015 | 0,015 | 0,000 | 0,000 | 0,091 |
| TZ-180  | 29,46    | 1,078                | 0,647 | 0,426 | 0,021 | 0,014 | 0,000 | 0,000 | 0,164 |

TABELA II - Análise química das inclusões fluídas pelo método o "Quench-leach". (Realizadas no laboratório do quartzo da FEC/UNICAMP).

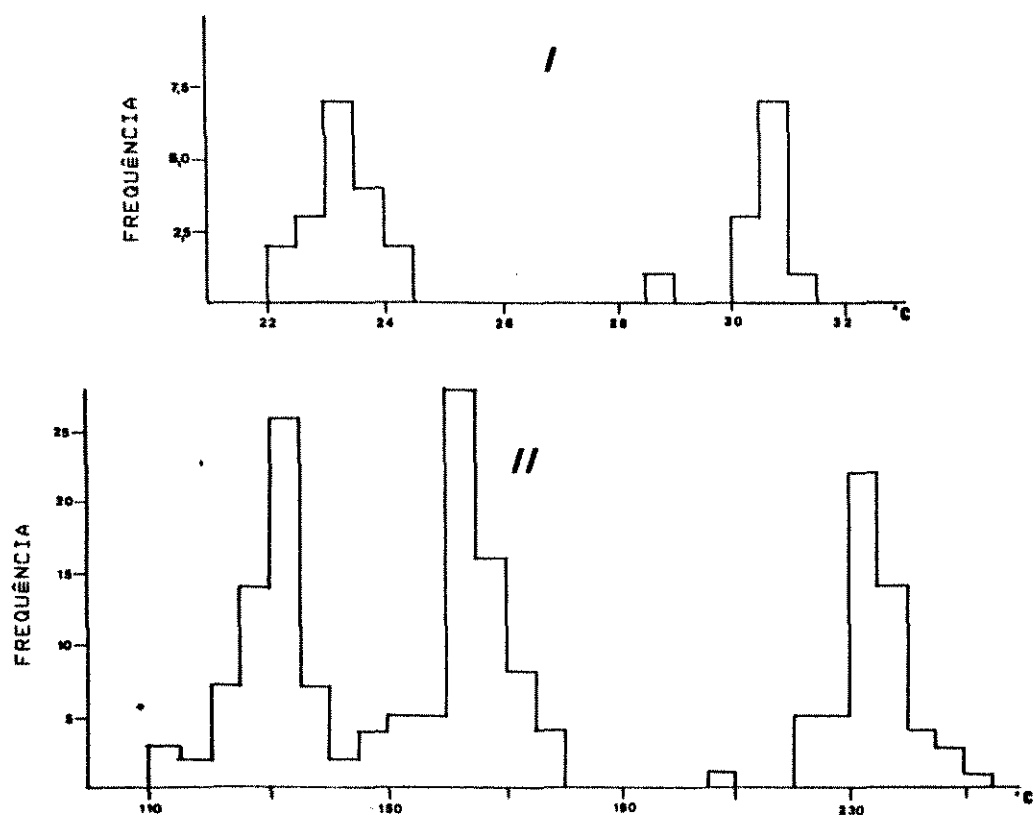


FIGURA 31 - Histogramas mostrando a variação das temperaturas de homogeneização do CO<sub>2</sub> (I) e de homogeneização total (II).

#### 4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

As novas idades U/Pb obtidas em rochas de várias das unidades constituintes da Serra do Espinhaço Meridional possibilitaram um refinamento do quadro geológico evolutivo dos terrenos pré-cambrianos da região. Através da interpretação destas novas idades, pode-se considerar, com mais precisão, que:

- o Complexo de Gouveia e o Supergrupo Rio Paraúna iniciaram sua evolução durante o arqueano por volta de 2,8 Ga e sofreram um forte retrabalhamento em torno de 1,8 Ga durante o Evento Transamazônico, à semelhança da evolução dos terrenos granito-greenschist aflorantes no Quadrilátero Ferrífero, a sul da Serra do Espinhaço ;

- o início da sedimentação do Supergrupo Espinhaço tem como limite inferior a idade do retrabalhamento do embasamento pré-Espinhaço (1,8 Ga) e superior a idade do magmatismo ácido de sua porção basal (1,7 Ga);

- pode-se adotar a idade de  $906 \pm 2$  Ma, obtida num corpo de rocha metabásica intrusivo em litologias do Supergrupo Espinhaço, como limite superior para a sedimentação do Supergrupo Espinhaço e inferior para a deposição do Grupo Macaúbas;

- pelo menos parte das rochas metaígnas e metassedimentos associados, catalogados como pertencentes ao Grupo Macaúbas, na verdade, correspondem a fatias de rochas do Supergrupo Espinhaço intercaladas tectonicamente no Grupo

Macaúbas através de falhas de cavalgamento, como demonstrado pela idade de  $1752 \pm 2$  Ma obtida no metamagmatito ácido da região de Desembargador Otoni anteriormente (Schrack et al., 1978) previamente considerado pertencente ao Grupo Macaúbas; e

- A idade de  $512 \pm 5$  Ma, obtida em migmatitos do Complexo Gnaissico-Granítico, serve como melhor estimativa de idade para a tectônica de caráter tangencial, responsável pela deformação das litologias do Supergrupo Espinhaço e demais unidades aflorantes na borda sudeste do Cráton do São Francisco. A esta deformação estão associadas as mineralizações auríferas filonianas da região da cidade de Diamantina, que encontram-se hospedadas em litologias pertencentes ao Supergrupo Espinhaço.

Como resultado do mapeamento geológico/estrutural da sequência onde estão hospedadas as mineralizações auríferas filonianas da região da cidade de Diamantina pode-se determinar que a mesma é constituída por uma intercalação entre quatro pacotes de rochas quartzíticas e três de rochas filíticas, informalmente denominados unidades qz-1, fl-1, qz-2, fl-2, qz-3, fl-3 e qz-4. As unidades qz-1, qz-2, qz-3 e qz-4 são constituídas por quartzitos puros, de granulação média, com estratificações plano-paralelas ou cruzadas de pequeno porte. As unidades fl-1, fl-2 e fl-3 são constituídas por filitos hematíticos em diferentes estágios de alteração hidrotermal. Esta associação entre quartzitos e filitos hematíticos é típica da formação São João da Chapada, para qual já está bem caracterizada

regionalmente uma deposição em ambiente fluvial com vulcanismo sin-sedimentar (cf. Knauer, 1990).

A argilização hidrotermal dos filitos hematíticos foi provavelmente o que levou Chaves & Ulhein (1985) e Chaves (1987) a considerar que as mineralizações auríferas filonianas da região de Diamantina estariam hospedadas em metassedimentos pelíticos depositados em ambiente marinho raso pertencentes a Associação de Litofácies Marinho Inferior da Formação Sopa-Brumadinho.

Além da individualização das unidades acima relacionadas o mapeamento geológico/estrutural realizado possibilitou determinar que as mineralizações auríferas filonianas da região da cidade de Diamantina estão confinadas a veios de quartzo e caulinita e a brechas de matriz caulinítica, encaixados nas porções basais dos pacotes de filitos hematíticos argilizados hidrotermalmente (unidades fl-1 e fl-2). A análise da geometria e fábrica destes veios e brechas mineralizados revelou que estas feições de preenchimento de cavidade foram geradas por fraturamento hidráulico, tardio em relação ao contexto de cisalhamento simples, o qual foi responsável pela geração da xistosidade e da lineação de alongamento presentes nos filitos encaixantes. A distribuição das mineralizações, preferencialmente na base dos pacotes filíticos argilizados, e a diminuição da intensidade da argilização em direção ao topo destes pacotes, demonstram que o fraturamento hidráulico foi induzido por um acúmulo local de fluídos, abaixo de cada pacote filítico. A desagregação do meio ocorreu quando a pressão do

fluido acumulado excedeu à pressão de confinamento por uma quantidade maior ou igual à tenacidade ("tesile strength") dos filitos. As fraturas produzidas foram preenchidas por material precipitado do próprio fluido, gerando então, os veios e brechas mineralizados. A argilização hidrotermal, que mostra uma estreita associação com os veios e brechas mineralizados, foi responsável pela transformação de rochas originalmente constituídas por sericita e hematita (filitos hematíticos) em rochas compostas por caulinita, sericita e óxidos de ferro em proporções variadas. A distribuição espacial desta nova assembléia, intimamente relacionada à distribuição dos veios e brechas mineralizados, caracteriza a alteração hidrotermal como tardia em relação ao contexto metamórfico-deformacional da região.

Com o estudo de inclusões fluídas do material dos veios pode-se caracterizar o fluido responsável pelas mineralizações como soluções aquo-carbônicas, com salinidade por volta de 10 eq % NaCl e depositada a uma temperatura mínima de 250°C.

A idade destas mineralizações foi determinada através da datação, pelo método U/Pb, de uma fração de cristais de rutilo associado a veios mineralizados da Mina das Mil Oitavas. A idade obtida de 620 Ma apresentou um erro analítico de 20% , que apesar de muito elevado, permite associar, grosseiramente, as mineralizações à tectônica tangencial, responsável pela deformação regional.

As características das mineralizações auríferas filonianas da região de Diamantina, acima descritas, não permitem enquadrá-las entre os depósitos de ouro filonianos típicos: depósitos do tipo "lode" de terrenos Arqueanos (Boyle, 1979; Roberts, 1988; Colvine et al., 1988 e Groves et al., 1991) e depósitos do tipo cordilheirano (Boyle, 1979; Panteleyev, 1988; Berger & Berthke, 1986 e Kerrich, 1989). Esta peculiaridade impossibilita um estudo comparado com outros depósitos bem conhecidos. Apesar destas dificuldades a interpretação dos dados obtidos e a análise do contexto geológico regional, onde destacam-se a tectônica de cavalgamentos e a ausência de magmatismo sin a tardi-tectônico, permite propor, em caráter preliminar, que os fluídos associados às mineralizações foram gerados por reações de desvolatilização durante o reequilíbrio térmico dos pacotes cavalgados, consequente da inversão de isothermas causadas pela tectônica de cavalgamento. Este mecanismo de geração de fluídos tem sido proposto para várias outras áreas do mundo, onde existem mineralizações auríferas associadas a cinturões de cavalgamento (Goldfarb, 1986 ; Thompson, 1987; Landefeld, 1988; Kerrich, 1989; Wilson & Parry, 1990 e Kerrich & Wymann 1990).

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M. de - 1977 - "O Craton do São Francisco". Rev. Bras. Geoc. 7(4) : 349-364, São Paulo.
- ALMEIDA, F. F. M. de & LITWISKI, N. - 1984 - "Provincia Mantiqueira - Setor Setentrional". in: Almeida & Hasui (1984). pp 282 - 307, São Paulo.
- ALMEIDA-ABREU, P. A.; FERNANDES, P.C.O.; KNAUER, L.G.; HARTMANN, M.B.; DONATO, M.T.R. e SCHORSCHER, H.D. - 1986 - "Elementos da Zona de Cisalhamento Dúctil da Borda Oriental da Serra do Espinhaço, Minas Gerais". XXXIV Cong. Bras. Geol., Anais 2: 1219-1236, Goiânia.
- BERGER, B.R. & BETHKE, P.M. - 1986 - "Geology and Geochemistry of Epithermal Systems". SOCIETY OF ECONOMIC GEOLOGISTS, Reviews in Economic Geology, vol. 2. 298 p.
- BERTHÉ, D.; CHOUKROUNE, F. e SEGOUZO P. - 1979 - "Ortognaiss, Mylonite and Non-coaxial Deformation of Granites: The Example of The South Armorican Shear Zone". J. Struc. Geol. 1: 31-42.
- BRITO NEVES, B.B.; KAWASHITA, K.; CORDANI, V.G. e DELHAL, J. - 1979 - "A Evolução Geocronológica da Cordilheira do Espinhaço: dados novos e integrações". Rev. Bras. Geoc. 9(1): 71-85. São Paulo.
- BOYLE, R. W. - 1979 - "The Geochemistry of Gold and its Deposits". Geological Survey of Canada, Bulletin 280, 548 p.
- BOZZO, A.T.; CHEN, J.R.; and BARDUHU, A.J. - 1973 - "The Properties of the Hydrates of Chlorine and Carbon Dioxide". in: Delyannis, A. and Delyannis, E. 4th Intern. Symp. on Fresh Water From The Sea, 3, pp. 437-451.
- CHAVES, M.L.S.C. - 1987 - "Novas Contribuições à Geologia da Região de Diamantina, Minas Gerais". in: 49 Sim. Geol. Minas Gerais". Anais, pp. 72-87, Belo Horizonte.
- CHAVES, M.L.S.C. & ULHEIN, A. - 1985 - "Dados Preliminares Sobre a Geologia e Mineralizações do Distrito Aurífero de Diamantina, MG". in: 39 Simp. Geol. Minas Gerais. Anais, pp. 264-275, Belo Horizonte.
- CHAVES, M.L.S.C.; DOSSIN, I.A.; ULHEIN, A. e ALVARENGA C.J.S. - 1985 - "Relatório Geológico da Quadricula de Sopa". DNPM/CPRM/CGE. Rela. inédito, 62 pp., Diamantina.
- COLLINS, P.L.F. - 1979 - "Gas Hydrates in CO<sub>2</sub> - Bearing Fluids and The Use of Freezing Data For Estimation of Salinity. Econ. Geol., 74: 1435-1444.

- COLVINE, A. C.; FYON, J. A.; HEATHER, K. B.; MARMONT, S.; SMITH, P. M. and TROOP, D. E. - 1988 - "Archean Lode Gold Deposits in Ontario". Geological Survey, Miscellaneous Paper 139, 136 p.
- CORFU, F.; KROUGH, T. E. and AYRES, L. D. - 1985 - "U-Pb Zircon and Sphene Geochronology of a Composite Archean Granitoid Batholith, Fouvourable Lake Area, Northwestern Ontario". Can. J. Earth Sci. 22, 1436-1451.
- CORFU, F. & STOTT, G. M. - 1986 - "U-Pb Ages for Late Magmatism and Regional Deformation in The Shebondowan Belt, Superior Province, Canada". Can. J. Earth Sci. 23, p. 1075-1082.
- DAVIS, D.W. - 1982 - "Optimum Linear Regression and Error Estimation Applied to U/Fb Data". Can. Journ. Earth Sci., 19: 2141-2149.
- DERBY, O. A. - 1899 - "On The Association of Argillaceous Rocks With Quartz Veins in Brazil". Am. J. Sci., N. Haven.
- DERBY, O. A. - 1900 - "Notes on Certains Schists of the Gold and Diamond Regions of Eastern Minas Gerais, Brazil. Amer. J. Sci., Ser. 4, X: 207-216. N. Haven.
- DERBY, O. A. - 1906 - "The Serra do Espinhaço Brazil" J. Geol., 14: 372-401, Chicago.
- DORR II, J. V. N.; GAIR, J.E.; POMERANE, J.B. e RYNEARSON, G.A. - 1957 - "Revisão da Estratigrafia PréCambriana do Quadrilátero Ferífero". DNPM/DFPM, avulso 81, 31 pp., Rio de Janeiro.
- EBERLE, W. & RIEPER, M.C. - 1968 - "Folha Diamantina - Escala 1:100.000". DNPM/GEOEXPLORAÇÕES, Rel. Interno, 60 pp., Rio de Janeiro.
- ESCHWEGE, W.L.v. - 1822 - "Geognostisches Gemolde von Brasilien und Wahrscheinliches Muttergestein de Diamanten". Lourdes Industrie-Comptoir, 44pp., Weimar.
- ESCHWEGE, W.L.v. - 1833 - "Pluto Brasiliensis". Comp. Ed. Nac., Tradução (1944), 377 + 496 pp., São Paulo.
- FOGAÇA, A. C. C.; ALMEIDA-ABREU, P. A. e SCHORSCHER, R. D. - 1984 - "Estratigrafia da Sequência Supracrustal da Porção Mediana-Central da Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais". in: XXXIII Cong. Bras. Geolo., Anais 6 : 2654-2667, Rio de Janeiro.
- FELICIO DOS SANTOS, J.F. - 1868 - "Memorias do Distrito diamantino da Comarca do Serro Frio". Tipografia americana, Rio de Janeiro, 438p.
- FREITAS, M.A.C. e FARIAS, D. - 1982 - "Mapeamento Geológico da Porção Oeste da Quadrícula de Extração". UNIFOR / C. G.

Eschwege, Rel. Grad., 70 pp., Diamantina.

FUJIKAWA, K. - 1985 - "Inclusões Fluidas: Métodos Usuais de Estudo e Aplicações". In: Boletim Especial do Núcleo de Minas Gerais - Contribuições à Geologia e à Petrologia. Belo Horizonte, CBMM, 1985. p. 29-49.

GOLDFARB, R.; LEACH, D.L.; MILLER, M.L. and PICKTHORN, W.J. - 1986 - "Turbidite-Hosted Gold Deposits. Geology, Metamorphic Setting and Genetic Constraints of Epigenetic Lode-Gold Mineralization, Within the Cretaceous Valdez Group, South-Central Alaska". Geol. Assoc. Canada Special Paper 32, p. 87-105.

GONÇALVES, E. - 1978 - "Ouro na Serra do Espinhaço - Minas Gerais". In: CONGRE. BRAS. GEOL., 30, Recife, Resumos..., SBG, p. 322.

GROVES, D.I.; BARLEY, M.E.; CASSIDY, K.C.; HARGEMANN, S.G.; HO, S.E.; HRONSKY, J.M.A.; MIKUCKI, E.J.; MUELLER, A.G.; McNAUGHTON, N.J. DERRING, C.S. and RIDLEY, J.R. - 1991 - "Archean Lode-Gold Deposits: The Products of Crustal-Scale Hydrothermal Systems". In: Ladeira, E.A. ed. Brasil Gold '91, Balkema, Rotterdam. p. 299-306.

HARTMANN, M. B. - 1985 - "Caracterização da Tectônica Tangencial e Estudo da Deformação em Metavulcânicas Ácidas - Serra do Sapó, MG". UFRN, Rel. int., 25 pp., Natal.

HERRGESELL, G. & PFLUG, R. - 1986 - "The Thrust Belt of The Southern Serra do Espinhaço, Minas Gerais Brazil". Zbl. Geol. Palaont., Teil I 9/10: 1405-1414, Stuttgart.

HOFFMANN, C. - 1981 - "HIL - Square Testing of Zircon Populations from an Archean Granite - Greenstone Terrain, Minas Gerais, Brazil". N. J. Min. Abh., 140 : 202-220, Stuttgart.

HOFFMANN, C. - 1983 - "The Archean Peraluminous Gouveia Granite, Its Structure, Geochemistry and Phase Petrology". N. J. Min. Abh. 146(C2): 151-169, Stuttgart.

HOLLISTER, L.S. & CRAWFORD, M.L. - 1981 - "Short Course In Fluid Inclusions: Applications to Petrology". Miner. Assoc. of Canada, 6 = 304 pp.

HUMMEL, D. C. A. - 1989 - "Defeitos e Impurezas em Quartzo e Purificação por Processos de Lixiviação. Tese de Mestrado, FEC/UNICAMP, Campinas, 225 pag.

KERRICH, R. W. - 1989 - "Geodynamic Setting and Hydraulic Regimes Shear Zones Hosted Mesothermal Gold Deposits". in: Mineralization and Shear Zones, Edited by: J.T. Brunsell. Short Course Notes, Volume 6, GAC/MAC, Montréal.

- KERRICH, R. W. & WYMAN, D. - 1990 - "Geodynamic Setting of Mesothermal Gold Deposits : An Association With Accretionary Tectonic Regimes". *Geology*, V. 18, p 882-885.
- KNAUER, L. G. - 1990 - "Evolução Geológica do Pré-Cambriano da Porção Centro-Leste da Serra do Espinhaço Meridional e Metalogênese Associada". UNICAMP, Tese de mestrado, Campinas.
- KROUGH, T. E. - 1973 - "A Low Contamination Method For Hydrothermal Decomposition of Zircons and Extraction of U and Pb for Isotopic Age Determinations". *Geoch. Cosmoch. Acta*, 37: 485-494.
- KROUGH, T.E. - 1982 - "Improved Accuracy U-Pb Ages by the Creation of More Concordant Fractions Using an Air Abrasion Technique". *Geoch. Cosmoch. Acta*, 46,: 637-649.
- LADEIRA, E. A. - 1985 - "Metalogenese do Ouro na Mina de Morro Velho e no Distrito de Nova Lima, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil". CBMM-SBG/MG, Bol. Especial "Contribuição à Geologia e à Petrologia", pp. 95-151, Belo Horizonte.
- LANDEFELD, L. A. - 1988 - "The Geology of The Mother Lode Gold Belt, Sierra Nevada Foothills Metamorphic Belt, California". In: GOODE, A. D. T. & BOSMA, L.I. eds. Bicentennial Gold'88. Extended Abstracts, p.167-172.
- MACHADO, N. & ABREU-BENTIVI, F. R. de - 1989 - "Preliminary U-Pb Data on The Evolution of The Proterozoic Espinhaço Orogen in Minas Gerais, Brazil". Abstracts, GAC/MAC, annual meeting. Montréal.
- MACHADO, N.; SCHRANK, A.; ABREU, F.R. de; KNAUER, L. G. e ALMEIDA-ABREU, P.A. - 1989 - "Resultados Preliminares da Geocronologia U/Pb na Serra do Espinhaço Meridional". In 59. Simp. Geol. Minas Gerais, Anais. pp. 171-174, Belo Horizonte.
- MORAES, L.J. de e GUIMARÃES, D. - 1928 - "Geologia da Região Diamantífera do Norte de Minas Gerais". Acad. Bras. Ciên., Anais 2: 153-186, Rio de Janeiro.
- MORAES, L.J. de; BARBOSA, D.; LISBOA, J.M.A. e LACOURT, F. -1937- "Geologia Econômica do Norte de Minas Gerais". DNPM/SFPM, Bol. 19: 1-138, Rio de Janeiro.
- OLIVEIRA, O. A.B. de - "As Falhas de Impulso e Suas Implicações na Estratigrafia e Metalogênese do Quadrilátero Ferrífero". in: XXIV Cong. Bras. Geol., Anais 5: 15pp., Goiânia.
- PANTELEYEV, A. - 1988 - "A Canadian Cordilleran Model for Epithermal Gold-Silver Deposits". In: ROBERTS, R. G. & SHEAHAN, P. A. eds. Ore Deposits Models. Geoscience Canada, Reprint Series 3, p. 31-44.

- PFLUG, R. - 1968 - "Obsevações Sobre a Estratigrafia da Série Minas na Região de Diamantina, Minas Gerais". DNPM/DGM, Not. prel. Est. 142: 1-20, Rio de Janeiro.
- PFLUG, R. & RINGER, F. - 1973 - "Estratigrafia e Evolução Geológica da Margem SE do Cráton Sãofranciscano". in: XXVII Cong. Bras. Geol., Anais 2: 5-19, Aracajú.
- PFLUG, R.; HOPPE, A. e BRICHITA, A. - 1980 - "Paleogeografia do Pré-Cambriano na Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil". in: "Nuev. Rev. Invest. Geoc. Alem, Dotin. pp. 33-40, Bopvard.
- POTTER, - 1978 - "Freezing Point Depression of Aqueous Sodium Chloride Solutions". Econ. Geolo., 73, 284-285.
- ROBERTS, R. G. - 1988 - "Archean Lode Gold Deposits". In: ROBERTS, R. G. & SHEAHAN, P. A. eds. Ore Deposits Models. Geoscience Canada, Reprint Series 3, p. 1-19.
- SANTOS, G. G. V. - 1989 - "Relatório de Pesquisa da Área da Mina das Mil Oitavas". Paulo Abib Engenharia, Relatório Interno.
- SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; DERZE, G. R. E ASMUS, H. E. - 1984 - "Geologia do Brasil: Texto Explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da área Oceânica Adjacente Incluindo Depósitos Minerais, Escala 1:2.500.000". Brasília, DNPM. 501 p.
- SCHOLL, W.U. & FOGAÇA, A.C.C. - 1979 - "Estratigrafia da Serra do Espinhaço na Região de Diamantina (MG). In: 19 Simp. Geol. Minas Gerais, Anais. pp. 55-73, SBG - Belo Horizonte.
- SCHOLL, W.U. & FOGAÇA, A.C.C. - 1981 - "Geologia das Quadrículas de Guinda e Gouveia". DNPM / CPRM / C. G. ESCHWEGE, Rel. Interno, 63 pp., Diamantina.
- SCHRANK, A.; DOURADO, B. C. V. e BIONDI, J. C. - 1978 - "Estudo Preliminar dos Metavulcanitos do Grupo Macaúbas na Região do Alto Jequitinhonha, Minas Gerais". in XXX Cong. Bras. Geol., Anais 3: 1323-1335, Recife.
- SHEPHERD, T. J.; RANKIN, A.H.; ALDERTON, D.H.M. - 1985 - "Practical Guide to Fluid Inclusions studies", Blackie, Glasgow.
- SILVEIRA, J.S. & PESSOA, G. - 1987 - "Geologia da Porção Centro leste da Quadrícula de Diamantina (MG). Rel. Final de Grad., UFC / C. G. ESCHWEGE, Diamantina.
- TEIXEIRA, W.; FONCECA, A.C.; PONPEU, G.; PADILHA, A.V.; ZAPAROLLI, L. H.; KAWASHITA, K. E KHOURY, M. C. - 1985 - "Esboço da Evolução Geotectônica da Parte Sul do Cráton do São Francisco: Uma Interpretação com Base nos Dados Rb/Sr, K/Ar, Pb/Pb e Traços de Fissão". In: 39 Simp. Geol. Minas Gerais, Anais. pp. 28-44, SBG - Belo Horizonte.

- THOMPSON, A. B. - 1987 - "Some Aspects of Fluid Motion During Metamorphism". Journal of The Geological Society, London, Vol. 144, p. 309-312.
- ULHEIN, A. & GARCIA, A. J. V. - 1987 - "Estratigrafia, Sedimentologia e Tectônica do Supergrupo Espinhaço na Região de Presidente Kubstschek, MG". in: Simp. Sist. Depos. Pré-Cambriano, Anais, pp. 97-111, Ouro Preto.
- WILSON, P. N. & PARRY - 1990 - "Mesozoic Hydrothermal Alteration Associated With Gold Mineralization in Mercur District, Utah". Geology, V. 18 p. 886-889.
- XAVIER, R. P. - 1987 - "Estudo de Inclusões Fluídas na Mina de Ouro Fazenda Brasileiro - Greenstone Belt do Rio Itapicuru, Bahia". Dissertação de Mestrado, IGUSP, São Paulo, 142 pag.