

ESTUDO PRELIMINAR DOS FLUIDOS ASSOCIADOS AOS CORPOS DE
SULFETO MACIÇO DO DEPÓSITO AURÍFERO MINA III, CRIXÁS, GO

PAULO DE TARSO FERRO DE OLIVEIRA FORTES - CNPq/GRM-IG-UnB
GASTON GIULIANI - ORSTOM/CRPG-CNRS, Nancy, França

RESUMO- Estudos preliminares de inclusões fluidas presentes em quartzo de ganga nos corpos de sulfeto maciço da Zona Superior de minério do depósito aurífero Mina III, revelaram a presença de fluidos com características bastante distintas. Diversos tipos de inclusões fluidas foram identificados: tipo S (multifásica aquo-carbônica), M₁ (monofásica carbônica), LI₁ (bifásica aquo-carbônica), LI₂ (bifásica aquo-carbônica), M' (monofásica aquosa), L + V (bifásica aquosa), M₃ (monofásica "carbônica"), LI₃ (bifásica aquo-"carbônica") e M₄ (monofásica carbônica). As informações obtidas até o momento sugerem origem metamórfica para os fluidos, com importante participação de fluidos derivados de rochas sedimentares.

CONTEXTO GEOLÓGICO- O depósito aurífero Mina III localiza-se aproximadamente três quilômetros a sul da cidade de Crixás, no Estado de Goiás. Está situado na sequência vulcano-sedimentar arqueana metamorfizada do "Greenstone Belt" de Crixás, definido por Saboia (1979), na região de contato entre rochas meta vulcânicas básicas e metassedimentares, respectivamente, das Formações Rio Vermelho e Ribeirão das Antas definidas por Saboia et al. (1981), Grupo Crixás (Jost & Oliveira, 1991) (figs. 1 e 2).

Duas zonas mineralizadas principais estão presentes: Zona Superior e Inferior (Yamaoka & Araújo, 1986, 1988).

Processos de alteração hidrotermal dos tipos carbonatização, sericitização, sulfetação e silicificação foram reconhecidos e assumidos como posteriores ao pico do metamorfismo de fácies epidoto-anfibolito (Thomson, 1986; Thomson & Fyfe, 1990).

A Zona Superior de minério consiste de corpos irregulares de sulfeto maciço (arsenopirita, pirrotita, calcopirita) associados a xistos sericíticos, xistos clorítico-granatíferos e xistos magnetitíferos em sequência de mármore Fe-dolomíticos e xistos clorítico-carbonáticos. A zona Inferior de minério está associada à ocorrência de veio de quartzo concordante encaixado em xistos carbonosos (fig. 3). Ambas as zonas mineralizadas têm origem epigenética e estão controladas estruturalmente por lineação paralela a sub-paralela ao eixo de dobras semi-recumbentes assimétricas geradas por cisalhamento simples progressivo em regime dúctil. A percolação de fluidos hidrotermais de provável origem metamórfica promoveu retro-metamorfismo nas rochas mais deformadas, situando-as em condições de fácies xisto-verde (Fortes, 1991; Fortes & Nilson, 1991).

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 37 5 57 ex 1

15 AVR. 1993

Cote : B

INCLUSÕES FLUIDAS- As inclusões fluidas associadas aos corpos de sulfeto maciço foram identificadas em grãos de quartzo que, juntamente com plagioclásio, biotita, sericita e carbonato, representam os principais minerais de ganga. Nas amostras estudadas a arsenopirita predomina sobre a pirrotita, exibindo granulação média a grosseira e formas idio a hipidioblásticas. O quartzo ocorre geralmente entre os grãos de arsenopirita, apresentando-se recristalizado, com extinção ondulante e contornos irregulares.

PETROGRAFIA- Nove tipos de inclusões fluidas foram identificados:

- tipo S: multifásicas aquo-carbônicas saturadas (Vg=10-30%, Vl=80-40%, Vs=10-30%), com fases sólidas representadas por halita e mais raramente silvita e sólidos anisotrópicos, tamanho de 5 a 50 μm , formas alongadas, sub-arredondadas ou retangulares, coloração clara e dispostas segundo micro-fraturas restritas aos limites dos grãos de quartzo ou mais raramente isoladas.
- tipo M₁: monofásicas carbônicas, tamanho de 5 a 50 μm , formas sub-arredondadas, por vezes cristal negativo, coloração escura e dispostas segundo micro-fraturas restritas aos limites dos grãos de quartzo ou mais raramente isoladas.
- tipo LI₁: bifásicas aquo-carbônicas (Vg=40-60%, Vl=40-5%, Vs=0-5%), ocasionalmente com sólidos anisotrópicos, tamanho de 20-40 μm , formas em geral alongadas, por vezes cristal negativo, coloração escura e dispostas segundo micro-fraturas restritas aos limites dos grãos de quartzo ou mais raramente isoladas.
- tipo LI₂: bifásicas aquo-carbônicas (Vg=40-60%, Vl=60-35%, Vs=0-5%), não raro com sólidos anisotrópicos, tamanho de 6-36 μm , formas sub-arredondadas ou cristal negativo, coloração escura e dispostas segundo micro-fraturas não muito bem definidas ou agrupadas em "campos" restritos.
- tipo M': monofásicas aquosas, tamanho de 6-12 μm , formas arredondadas ou alongadas e irregulares, coloração clara e dispostas segundo micro-fraturas restritas aos limites dos grãos de quartzo.
- tipo L + V: bifásicas aquosas (Vg=10-20%, Vl=90-80%), tamanho de 6-24 μm , formas muito irregulares e alongadas, coloração clara e dispostas segundo micro-fraturas restritas aos limites dos grãos de quartzo.
- tipo M₃: monofásicas "carbônicas", tamanho de 6-24 μm , formas sub-arredondadas ou alongadas, coloração escura e dispostas segundo micro-fraturas não restritas aos limites dos grãos de quartzo.
- tipo LI₃: bifásicas aquo-"carbônicas" (Vg=60-40%, Vl=40-60%), tamanho de 6-36 μm , formas geralmente alongadas ou retangulares, coloração clara e dispostas segundo micro-fraturas não restritas aos limites dos grãos de quartzo.
- tipo M₄: monofásicas carbônicas, tamanho de 6-12 μm , formas em geral sub-arredondadas, coloração escura e dispostas segundo micro-fraturas não restritas aos limites dos grãos de quartzo.

As inclusões fluidas dos tipos S, M₁ e LI₁ ocorrem geralmente associadas (foto 1) e podem ser classificadas como pseudo-secundárias (Roedder, 1984). As inclusões fluidas do tipo LI₂ (foto 2) também podem ser classificadas como pseudo-secundárias, assim como as dos tipos M' e L + V, que ocorrem associadas (foto 3). Não foi possível determinar a relação cronológica entre estes tipos de inclusões fluidas.

As inclusões fluidas dos tipos M₃ e LI₃ ocorrem associadas (foto 4) e assim como as do tipo M₄ (foto 5), podem ser classificadas como secundárias (Roedder, 1984).

MICROTERMOMETRIA- Os estudos microtermométricos indicaram temperatura de fusão do CO₂ para os tipos S (n=7), M₁ (n=21), LI₁ (n=49), LI₂ (n=68) e M₄ (n=48), com maior concentração na faixa de -56,9 a -57,2°C sugerindo que a fase carbônica tenha outros gases dissolvidos em quantidades subordinadas (tais como CH₄, N₂, C₂H₆ e H₂S). Deve-se ressaltar que boa parte das inclusões fluidas tipo S e algumas tipo LI₁, assim como todas as dos tipos M₃ e LI₃, não tiveram sua fase carbônica congelada até temperaturas próximas de -180°C, sugerindo que sejam muito ricas em N₂ e/ou CH₄. Todos estes tipos de inclusões fluidas tiveram homogeneização do CO₂ na fase líquida.

As inclusões fluidas tipo S apresentaram temperatura de eutético (n=18) com maior concentração em torno de -48,9°C, indicando a presença de outros sais dissolvidos, como MgCl₂ e CaCl₂, o que é corroborado pela fusão do gelo (n=37) com valor em torno de -14,8°C e fusão de hidrato (n=24) a +7,0°C. A temperatura de dissolução da halita (n=48) tem maior concentração em torno +285°C, indicando salinidade média por volta de 34% em peso de NaCl equivalente. A temperatura de homogeneização total (fase líquida) (n=27) teve valor de maior concentração em torno de +330°C (fig. 4).

As inclusões fluidas dos tipos LI₁ apresentaram valores de fusão do clatrato (n=5) em torno de +8,3°C, indicando salinidade por volta de 5% em peso de NaCl equivalente, enquanto que as do tipo LI₂ valores de temperatura de fusão do gelo (n=3) a -2°C, com salinidade de 8,5%. As temperaturas de homogeneização total para as inclusões fluidas tipo LI₁ ficaram entre +250 e +350°C (n=7) e as do tipo LI₂ +250°C (n=1) (fig. 4).

As inclusões fluidas tipo L + V apresentaram temperatura de fusão do gelo (n=13) com maior concentração em torno de -5°C, indicando salinidade de 11% em peso de NaCl equivalente, e temperatura de homogeneização total (n=13) por volta de 150°C na fase líquida (fig. 4).

MICROSSONDA RAMAN- A análise, através de microsonda Raman, das fases carbônicas das inclusões fluidas tipo S revelou a presença de CO₂ (87,22%), CH₄ (9,43%) e N₂ (3,35%), enquanto que para o tipo LI₁ foi detectada a presença de CO₂ (94,58%), CH₄ (2,00%) e N₂ (3,42%) e também CH₄ (50,87%), N₂ (48,19%), H₂S (0,29%) e C₂H₆ (0,65%).

DISCUSSÃO- A origem dos corpos de sulfeto maciço da Zona Superior de minério não está ainda clara. Apesar de associados a rochas interpretadas como produto de alteração hidrotermal de meta-basaltos (xistos sericíticos e xistos clorítico-carbonáticos), a presença de rochas ricas em ferro (xistos clorítico-granatíferos e xistos magnetitíferos) sugere também origem a partir de metassedimentos ferríferos. A forma e geometria irregulares dos corpos e a granulação grosseira da arsenopirita sugerem origem epigenética para os mesmos, a partir de processos de sulfetação, especialmente arsenopiritização.

Assumindo-se que as inclusões fluidas pseudo-secundárias (tipos S, M₁, LI₁, LI₂, M' e L + V) estejam relacionadas à mineralização, a evolução dos fluidos parece bastante complexa. A ocorrência de inclusões fluidas saturadas (tipo S) associadas a não-saturadas (tipos M₁ e LI₁) pode significar mistura de fluidos diferentes (aprisionamento heterogêneo) ou desmisturação de um único fluido inicial (imiscibilidade). A presença de diferentes tipos de inclusões fluidas pseudo-secundárias parece sugerir que tenha havido a percolação penecontemporânea de diferentes tipos de fluidos.

Os fluidos de alta salinidade, atípicos em depósitos singenéticos vulcânico-exalativos (Spooner, 1981), podem ter sido gerados através do metamorfismo de rochas carbonáticas de origem sedimentar ou mesmo de níveis evaporíticos (Crawford, 1981a) ou ainda de processos retro-metamórficos (Crawford et al., 1979), apesar de uma possível contribuição ter sido aventada por Giuliani et al. (1991).

Os fluidos aquo-carbônicos de relativa baixa salinidade podem ter-se originado a partir da liberação de H₂O e CO₂ durante o metamorfismo, através de descarbonatação de rochas carbonáticas impuras e/ou reações de oxidação de matéria carbonosa (Crawford, 1981b). A presença de N₂ e principalmente C₂H₆ sugere contribuição sedimentar para os fluidos (Roedder, 1984).

O transporte do ouro deu-se provavelmente sob a forma de cloro e tio-complexos, com importante participação de arsênio. A ocorrência de ouro incluso ou em fraturas de sulfetos (arsenopirita e pirrotita) e silicatos (quartzo e granada), sugere vários estágios de deposição. A diminuição de temperatura e mudanças nas condições de pH, aS₂, aHCl, fO₂ e fCO₂ dos fluidos foram provavelmente os fatores responsáveis pela deposição do ouro. A fonte do ouro não pode ser determinada com segurança, mas provavelmente está associada às rochas meta-básicas e metassedimentares (xistos carbonosos e metassedimentos ferríferos (?)), não devendo ser descartada a possibilidade de estágio(s) de pré-enriquecimento em ouro.

AGRADECIMENTOS- O primeiro autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de pesquisa na categoria Desenvolvimento Científico Regional. Os autores agradecem à Mineração Serra Grande Ltda., em especial ao engenheiro Lúcio Cardoso e ao geólogo Walter Yamaoka, pelo acesso à área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Crawford, M.L. 1981a. Phase Equilibria in Aqueous Fluid Inclusions. In: SHORT COURSE IN FLUID INCLUSIONS: APPLICATION TO PETROLOGY. Calgary, 1981. Short Course Handbook, vol. 6, Min. Assoc. Canada. p. 75-100.
- Crawford, M.L. 1981b. Fluid Inclusions in Metamorphic Rocks-Low and Medium Grade. In: SHORT COURSE IN FLUID INCLUSION APPLICATION TO PETROLOGY. Calgary, 1981. Short Course Handbook, vol. 6, Min. Assoc. Canada. p.157-181.
- Crawford, M.L.; Filer, J.; Wood, C. 1979. Saline Fluid Inclusions Associated with Retrograde Metamorphism. Bull. Mineral., 102: 562-568.
- Fortes, P.T.F.O. 1991. Geologia do Depósito Aurífero Mina III, Crixás, Goiás. Brasília, IG-UnB. 194 p. (Diss. de Mestrado no. 68) (inédito).
- Fortes, P.T.F.O. & Nilson, A.A. 1991. Geologia do Depósito Aurífero Mina III, Crixás, Goiás. In: SIMP. GEOL. CENTRO-OESTE, 3. Cuiabá, 1991. Anais...Cuiabá, SBG. p. 1-14.
- Giuliani, G.; Fortes, P.T.F.O.; Nilson, A.A.; Dardenne, M.A.; Olivo, G.R.; Ronchi, L.H.; Santos, M.M.; Marini, O.J. 1991. Contrasting Archean-Proterozoic-hosted gold deposit types and associated gold-bearing fluids. In: SOURCE, TRANSPORT AND DEPOSITION OF METALS. Nancy, 1991. Proc... 25 Years SGA Anniversary Meeting, Rotterdam, Balkema. p. 665-668.
- Jost, H. & Oliveira, A.M. 1991. Stratigraphy of the Greenstone Belts, Crixás Region, Goiás, Central Brazil. Journ. South American Earth Sciences, 4 (3): 201-214.
- Kuyumjian, R.M. 1981. Geologia e Mineralizações Auríferas do "Greenstone Belt" da Faixa Crixás, GO. Brasília, Depto. Geoc.-UnB. 72 p. (Tese de Mestrado no. 17) (inédito).
- Roedder, E. 1984. Fluid Inclusions. In: REVIEWS IN MINERALOGY, vol. 12, Min. Soc. America. 644 p.
- Saboia, L.A. 1979. Os "Greenstone Belts" de Crixás e Goiás, GO. Goiânia, SBG. p. 43-72 (Bol. Informativo, no. 9).
- Saboia, L.A.; Teixeira, N.A.; Castro, J.H.G.; Teixeira, A.S. 1981. Geologia do "Greenstone Belt" de Crixás (GO) e suas Implicações Geotectônicas. In: SIMP. SOBRE O CRATON DE SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS. Salvador, 1981. Anais...Salvador, SBG. Parte II, p.39-50.
- Spooner, E.T.C. 1981. Fluid Inclusion Studies of Hydrothermal Ore Deposits. In: SHORT COURSE IN FLUID INCLUSIONS: APPLICATION TO PETROLOGY. Calgary, 1981. Short Course Handbook, Vol. 6, Min. Assoc. Canada. p. 287-304.
- Thomson, M.L. 1986. Petrology of the Crixás Gold Deposit, Brazil: Evidence for Gold Associated with Hydrothermal Alteration Subsequent to Metamorphism. In: GOLD 86 SYMP., Toronto, 1986. Proc...Amsterdam, Balkema. p. 284-296.
- Thomson, M.L. & Fyfe, W.S. 1990. The Crixás Gold Deposit, Brazil: Thrust-Related Postpeak Metamorphic Gold Mineralization of Possible Brasiliano Cycle Age. Econ. Geol., 85 (5): 928-942.
- Yamaoka, W.N. & Araújo, E.M. 1986. Mineralização de Ouro da "Mina" III. In: CONG. BRAS. GEOL., 34. Goiânia, 1986. Ro-

teiro de Excursões Técnico-científicas...Goiânia, SBG. p. 77-78.

Yamaoka, W.N. & Araújo, E.M. 1988. Depósito de Ouro "Mina" III, Crixás, Goiás. In: DNPM/CVRD. Princ. Dep. Min. do Brasil, vol. III, cap. XXXIV, p. 491-498. Brasília, DF.

FIG. 1 - ESBOÇO GEOLÓGICO DO "GREENSTONE BELT" DE CRIXÁS

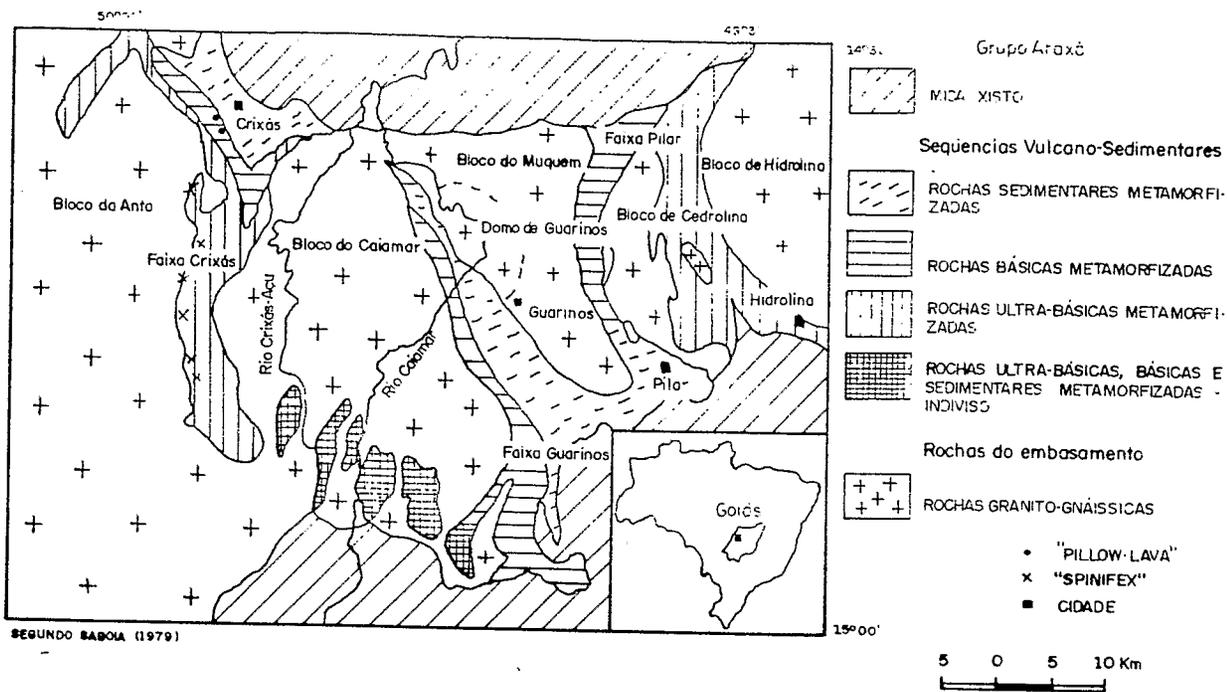


FIG. 2 - MAPA GEOLÓGICO DA FAIXA CRIXÁS

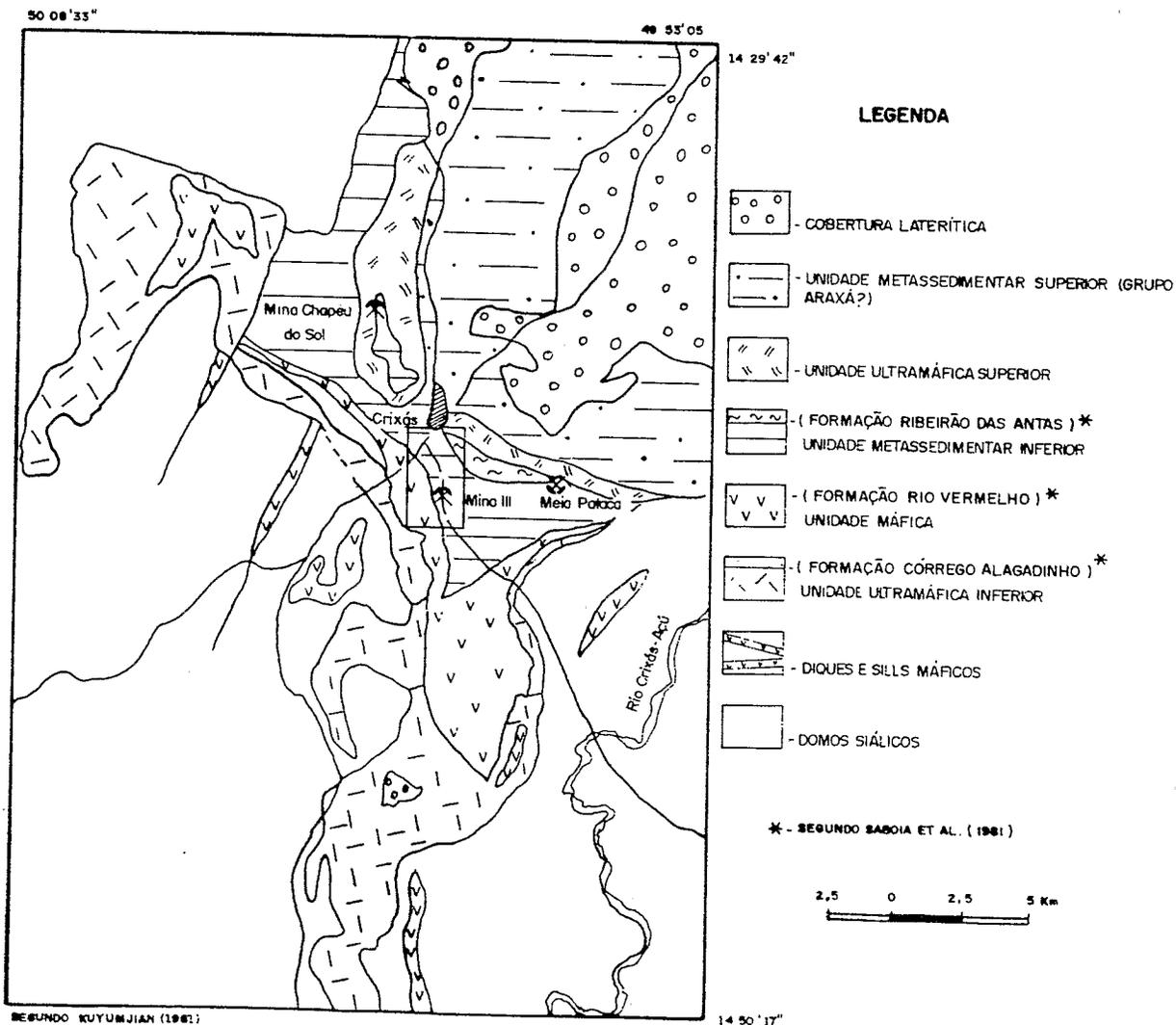
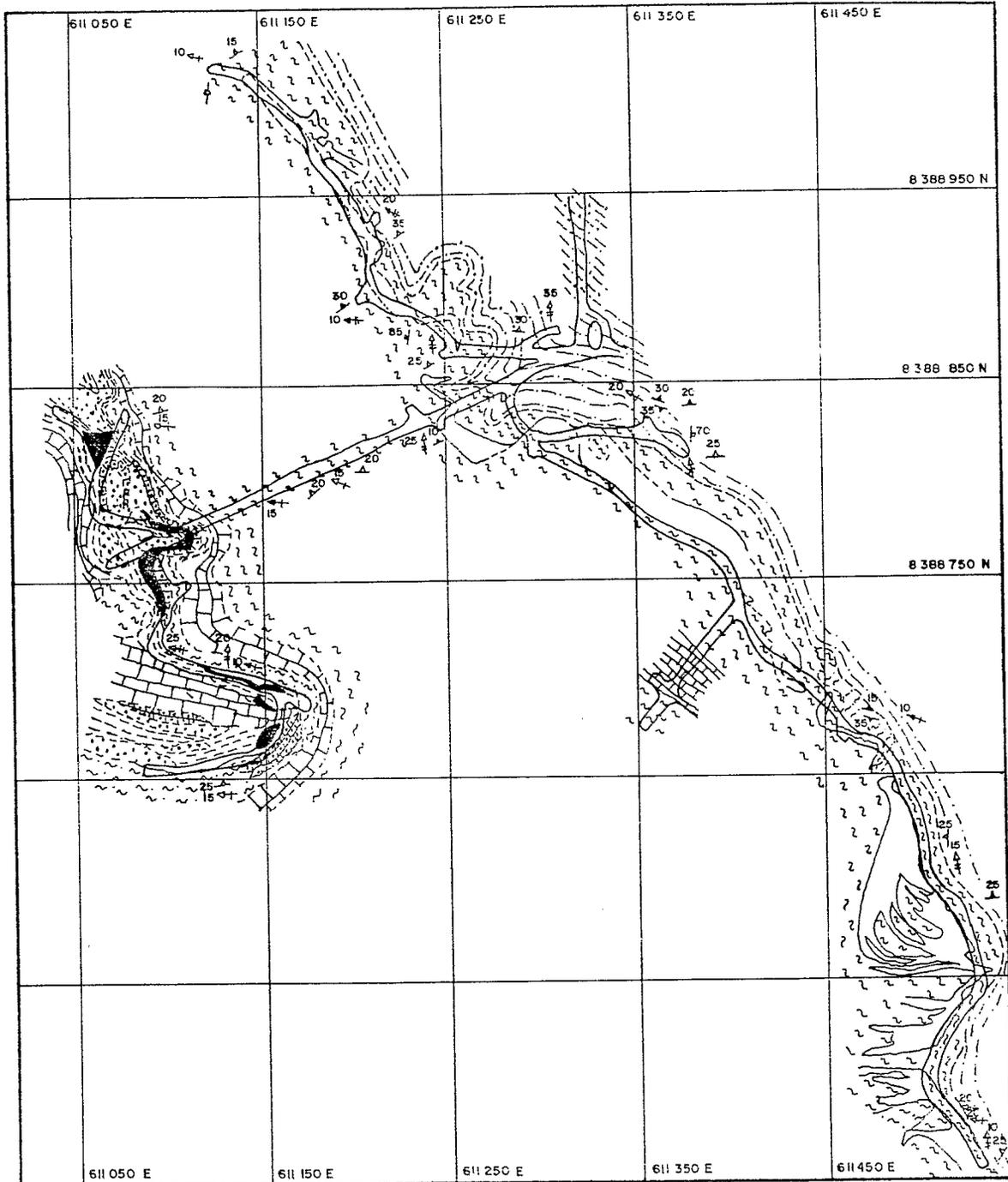


FIG. 3 - MAPA GEOLÓGICO DO NÍVEL 150 DA MINA III



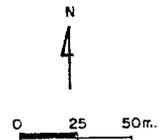
SEGUNDO FORTES & NILSON (1991)

LEGENDA

- GRANADA-SERICITA-CLORITA QUARTZO XISTO.
- QUARTZO
- CARBONATO-SERICITA-QUARTZO XISTO CARBONOSO.
- ROCHA-CARBONÁTICA DOLOMÍTICA COM BIOTITA
- CLORITA-GRANADA XISTO
- SULFETO MACIÇO
- SERICITA XISTO

- ROCHAS CARBONÁTICAS DOLOMÍTICAS
- SERICITA-CARBONATO-CLORITA QUARTZO-XISTO.
- L₂ CREN
- L₃ CREN
- L_{1/2} CREN
- F_{1/2}
- S₂

- S₁
- FRATURA
- FRATURA VERTICAL
- CONTATO GEOLÓGICO INFERIDO
- CONTATO GEOLÓGICO OBSERVADO
- GALERIAS (ELEVÇÃO MÉDIA = 250 m)
- N 70 W / 15
- PLUNGE PARA PROJEÇÃO



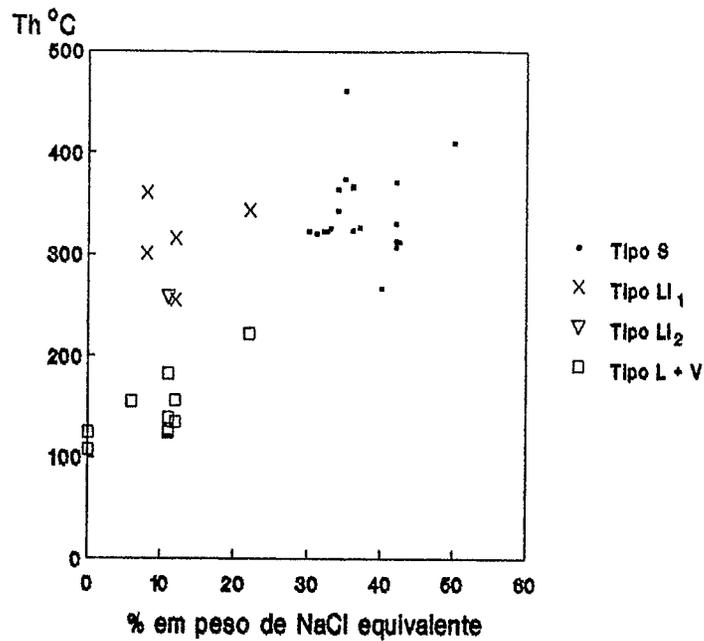


Fig. 4- Gráfico de % em peso de NaCl equivalente x temperatura de homogeneização total para as inclusões fluidas tipos S, LI₁, LI₂ e L + V.

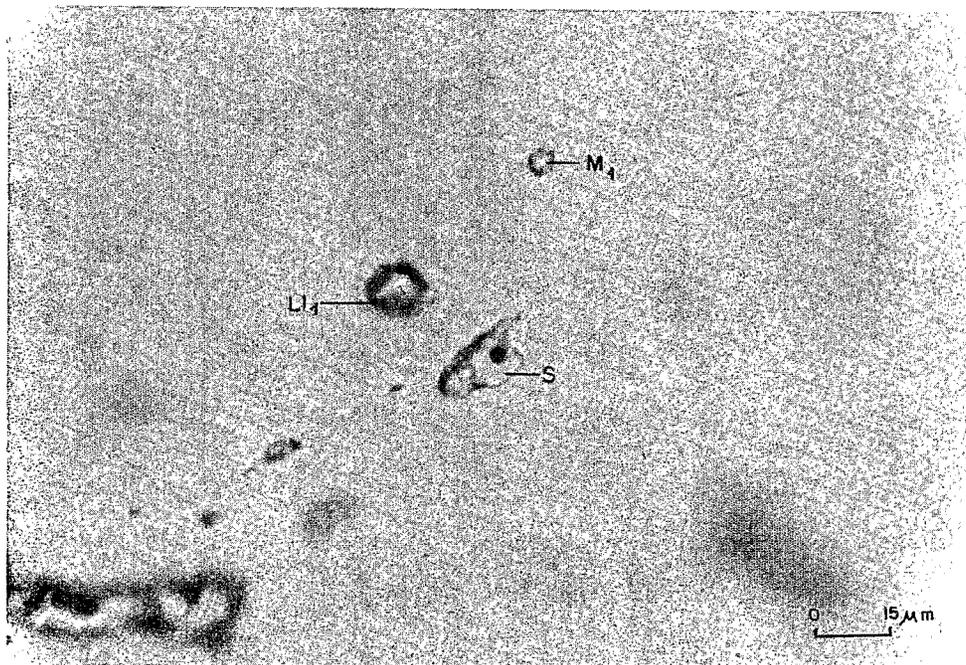


Foto 1- Fotomicrografia de inclusões fluidas tipo S, M₁ e LI₁.

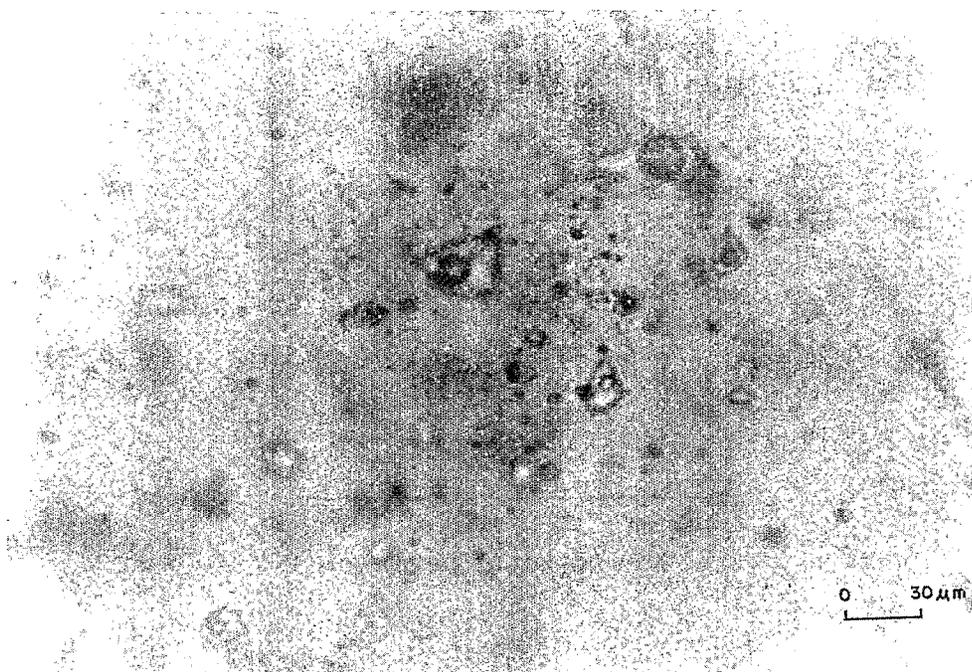


Foto 2- Fotomicrografia de inclusões fluidas tipo LI₂.

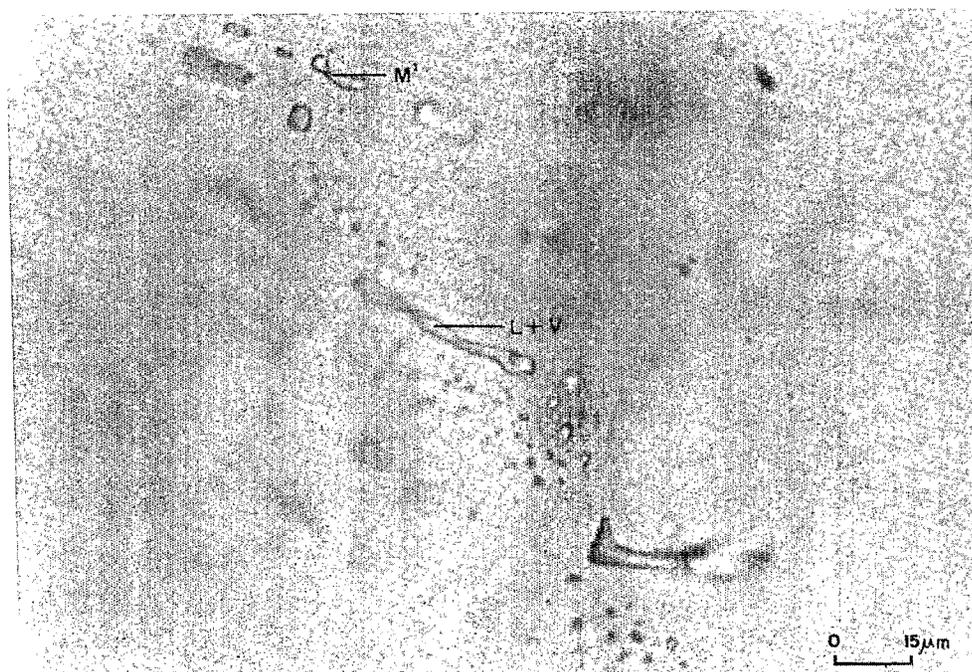


Foto 3- Fotomicrografia de inclusões fluidas tipo M' e L + V

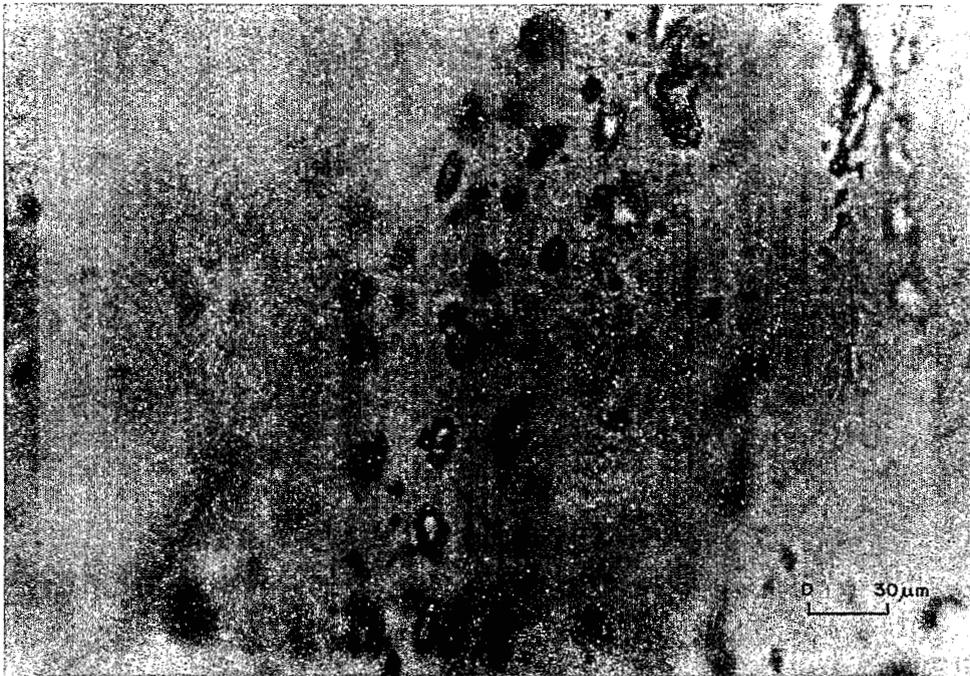


Foto 4- Fotomicrografia de inclusões fluidas tipo M_3 e LI_3 .

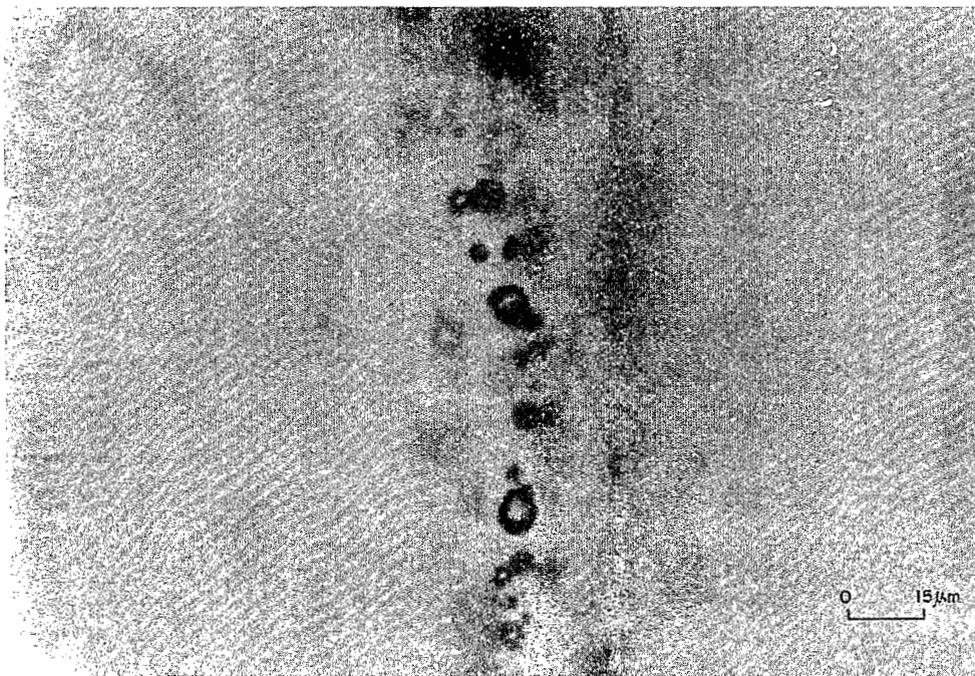


Foto 5- Fotomicrografia de inclusões fluidas tipo M_4 .

