

CARACTERIZAÇÃO DAS INCLUSÕES FLUIDAS DOS TOPÁZIOS IMPERIAIS DA REGIÃO DE OURO PRETO, MG

A.L.Gandini¹
R.M.S.Bello²
K.Fuzikawa³
D.P.Svisero²
C.M.Ferreira¹

RESUMO

Um grande número de inclusões fluidas de dimensões, orientações e morfologias variadas, bifásicas à temperatura de 25°C, ocorre no topázio imperial da região de Ouro Preto.

Estudos microtermométricos desses vários tipos de inclusões mostraram que elas são constituídas essencialmente por soluções aquosas e CO₂; possuem, ainda, salinidades e temperaturas mínimas de formação semelhantes, quaisquer que sejam suas morfologias e orientações.

Os dados obtidos sugerem que a formação das inclusões, em cada agrupamento, foi concomitante, ou em etapas de condições de P e T levemente distintas. No entanto, em grupos distintos de inclusões fluidas, foram observadas características próprias, sugerindo uma interação entre os fluidos e as rochas encaixantes. Todavia, não deve ser descartada a influência dos eventos pós-cristalização nos fluidos originais.

ABSTRACT

Optical investigation revealed a great number of fluid inclusions in the imperial variety of topaz that occurs at several localities around Ouro Preto, Minas Gerais, Brazil. The inclusions are biphasic at 25°C and display several patterns of morphology,

¹Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais.

²Departamento de Mineralogia e Petrologia, Instituto de Geociências/USP, São Paulo.

³Comissão Nacional de Energia Nuclear, Belo Horizonte.

orientation, and dimensions. Microthermometric studies revealed that the inclusions are filled mainly with aqueous solutions and CO₂. Moreover, for all the morphological types of inclusion, temperatures of formation are always similar. The data also suggest that all the inclusions developed simultaneously or under very similar conditions of PT. On the other hand, distinct group of inclusions display peculiar characteristics suggesting some sort of interaction between the fluids and the country rock. Finally, one should bear in mind the influence of post-crystallization events on the composition and thermodynamic properties of the original fluid inclusions.

INTRODUÇÃO

Desde a época de SORBY (1858), que estabeleceu as bases de uma geotermometria pelo aquecimento das inclusões fluidas, a microtermometria tem sido o método específico mais freqüentemente utilizado no estudo dessas mesmas inclusões. Esse método consiste em determinar as temperaturas de mudanças de fase dos componentes das inclusões quando submetidas a baixas e altas temperaturas (POTY et al., 1976; HOLLISTER & CRAWFORD, 1981). Isso é realizado através de uma platina, adaptada a um microscópio petrográfico comum, que permite o resfriamento da amostra até -180°C e seu aquecimento até 600°C. Com os valores das temperaturas assim obtidos, podem ser determinadas as composições, densidades e salinidades dos fluidos e suas temperaturas e pressões de aprisionamento, que constituirão dados importantes para a caracterização das condições físico-químicas reinantes durante os processos de cristalização ou recristalização do mineral hospedeiro (HOLLISTER, 1981; ROEDDER, 1984; FUZIKAWA, 1985).

Observa-se, desse modo, que o estudo das inclusões fluidas constitui ferramenta importante para a compreensão das condições de cristalização e da origem dos minerais que as contêm. Por isso objetivou-se neste trabalho a caracterização dessas inclusões quanto aos modos de ocorrência e morfologia que, ao lado de dados microtermométricos já obtidos, poderão permitir um melhor entendimento da gênese dos topázios de Ouro Preto.

Dados microcalorimétricos preliminares das inclusões fluidas das jazidas de Capão do Lana e Caxambu, encontram-se em GANDINI et al. (1990). No presente trabalho são discutidos detalhadamente os aspectos morfológicos e os modos de ocorrência das inclusões fluidas dessas duas jazidas e de outras ocorrências da região de Dom Bosco e Boa Vista (Fig. 1); além disso, são apresentados dados e resultados microtermométricos adicionais sobre as inclusões fluidas da jazida de Capão do Lana.

O TOPÁZIO IMPERIAL DA REGIÃO DE OURO PRETO

As ocorrências de topázio imperial da região de Ouro Preto, MG (Fig. 1), são

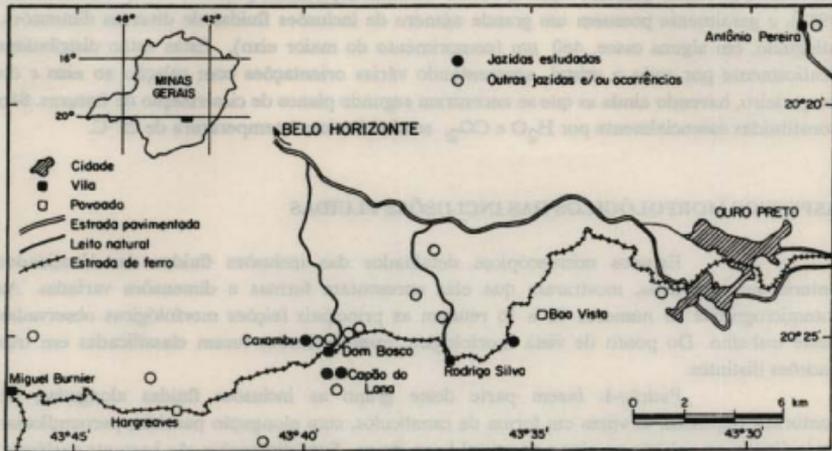


Figura 1 - Localização geográfica das jazidas de Capão do Lana, Cazambu e outras ocorrências de topázio imperial da região de Ouro Preto, MG (baseado no mapa da Prefeitura do Município de Ouro Preto, MG, 1980).

conhecidas na literatura geológica desde a segunda metade do século passado (GORCEIX, 1881). Apesar do caráter único desses depósitos, do potencial considerável verificado no decorrer desses anos, e da alta qualidade gemológica do topázio, os trabalhos focalizando a gênese são relativamente escassos, e os poucos existentes, são controversos. Informações gerais sobre a mineralogia e a geologia da região podem ser encontradas em OLSEN (1971), PIRES (1983), KELLER (1983), FERREIRA (1983, 1987), FERREIRA (no prelo) e CASSEDANNE (1989).

O topázio imperial de Ouro Preto ocorre sob a forma de cristais prismáticos terminados, sendo raros os exemplares biterminados. Apesar de ocorrer em agregados e fragmentos, predominam os tipos idiomórficos constituídos de um prisma rômboico vertical, com dois prismas rômboicos horizontais. As dimensões variam desde alguns milímetros até 20 cm aproximadamente, predominando a faixa em torno de 1 a 5 cm. A cor, uma das propriedades mais notáveis desses topázios varia de amarelo dourado a vermelho conhaque com tonalidades transicionais entre esses dois tipos. O topázio é extraído de uma rocha alterada de coloração castanha avermelhada escura, sem vestígios da rocha original. Relações de campo sugerem que a Formação Fecho do Funil do Super Grupo Minas seja a encaixante dos depósitos, mas não há dados sobre a época de formação do topázio.

Esses topázios englobam algumas fases sólidas, tais como hematita,

carbonato, goethita, quartzo, topázio, rutilo, caolinita e pirofilita (PIRES, 1983; FERREIRA, 1983), e geralmente possuem um grande número de inclusões fluidas de diversas dimensões, atingindo, em alguns casos, 460 μm (comprimento do maior eixo). Estas estão distribuídas praticamente por todo o cristal, apresentando várias orientações com relação ao eixo e do hospedeiro, havendo ainda as que se encontram segundo planos de cicatrização de fraturas. São constituídas essencialmente por H_2O e CO_2 , sendo bifásicas à temperatura de 25°C.

ASPECTOS MORFOLÓGICOS DAS INCLUSÕES FLUIDAS

Estudos microscópicos detalhados das inclusões fluidas das localidades anteriormente citadas, mostraram que elas apresentam formas e dimensões variadas. As fotomicrografias de números 01 a 16 reúnem as principais feições morfológicas observadas neste trabalho. Do ponto de vista morfológico, essas inclusões foram classificadas em três padrões distintos.

Padrão-I: fazem parte deste grupo as inclusões fluidas alongadas, de contornos regulares, às vezes em forma de canáliculos, com alongação paralela, perpendicular ou inclinada em relação ao eixo e do cristal hospedeiro. Suas dimensões são bastante variáveis, estando o comprimento do maior eixo compreendido principalmente entre 4 e 160 μm , predominando as de tamanho intermediário a superior. Ocorrem dispersas através do cristal e/ou agrupadas em determinadas regiões, formando um ou mais núcleos de concentração (Fotomicrografias 01, 02, 03 e 04).

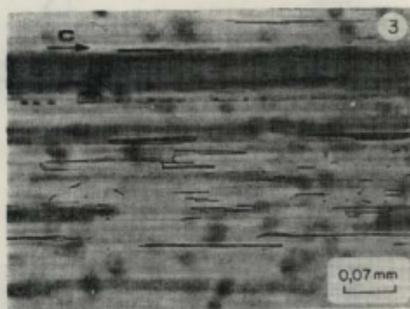
Padrão-II: são inclusões fluidas de contornos irregulares com orientações e dimensões semelhantes às anteriores, onde algumas das feições observadas sugerem que sua forma atual seja resultante da dissolução preferencial controlada por certas direções cristalográficas (essencialmente ao longo do eixo e dos planos de clivagem). Destacam-se entre estas, as que possuem uma série de prolongamentos predominantemente orientados ao longo da direção do eixo e do topázio, e as que apresentam morfologias características, como as inclusões em forma de pente ou com aspectos escalonados (Fotomicrografias 01, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10 e 11). Em outras situações, as inclusões irregulares não possuem as feições descritas acima, e ocorrem predominantemente de maneira aleatória, apresentando uma certa orientação, em geral inclinadas em relação ao eixo e do cristal (Fotomicrografia 02). Deve ser ainda ressaltado, que algumas inclusões irregulares observadas apresentam feições indicativas de escape de fluidos ("leakage") e de estrangulamento ("necking down"), sugerindo, portanto, a ocorrência de modificações posteriores ao aprisionamento (Fotomicrografias 12, 13 e 14).

Padrão-III: inclusões fluidas de formas relativamente regulares, equidimensionais ou levemente alongadas, geralmente menores que as anteriores, com dimensões médias de 10 μm , podendo ser inferiores a 4 μm . Ocorrem distribuídas ao longo de planos de cicatrização de fraturas, conchoidais ou não, limitadas ao interior dos cristais, o que sugere tratar-se de inclusões pseudo-secundárias (Fotomicrografias 05, 09, 15 e 16).



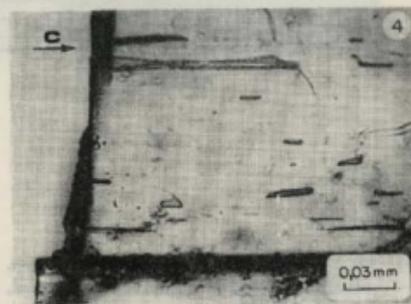
Fotomicrografia 1 - Inclusões fluidas (IF) alongadas, paralelas ao eixo c do topázio, com contornos predominantemente regulares, ao lado de algumas inclusões irregulares.

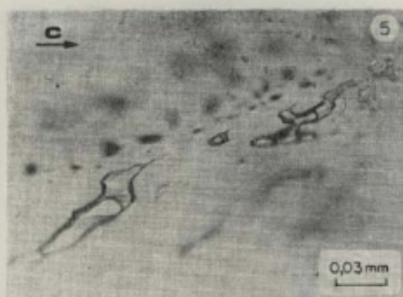
Fotomicrografia 2 - IF alongadas de contornos regulares, isoladas e paralelas ao eixo c do cristal. No canto inferior direito, inclusões irregulares, distribuídas aleatoriamente.



Fotomicrografia 3 - IF alongadas na forma de canais, paralelos ao eixo c do cristal.

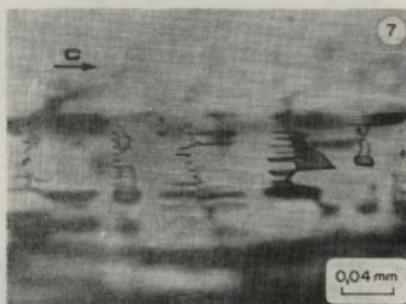
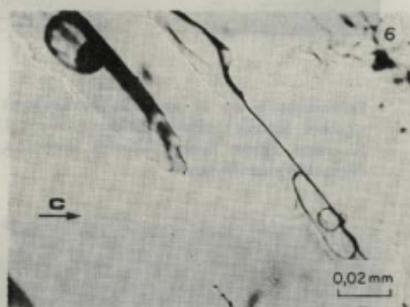
Fotomicrografia 4 - IF inclinadas ao lado de algumas perpendiculares à clivagem basal do topázio.





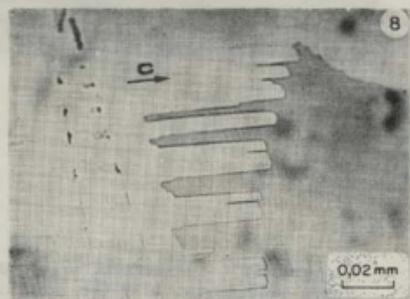
Fotomicrografia 5 - IF inclinadas em relação ao eixo c. Observa-se, em um nível inferior, uma fratura de cicatrização com IF menores.

Fotomicrografia 6 - IF inclinadas em relação ao eixo c e com bordas serrilhadas e alongadas na direção c.



Fotomicrografia 7 - IF com prolongamentos paralelos ao eixo c (forma de pente).

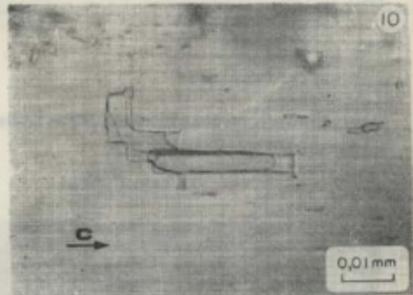
Fotomicrografia 8 - IF recortadas com prolongamentos perpendiculares à clivagem basal, sugerindo dissolução.



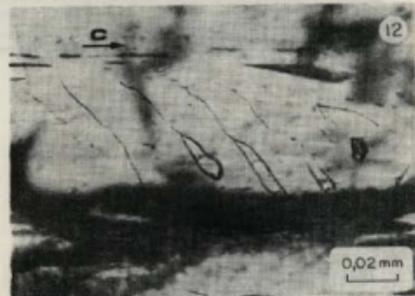
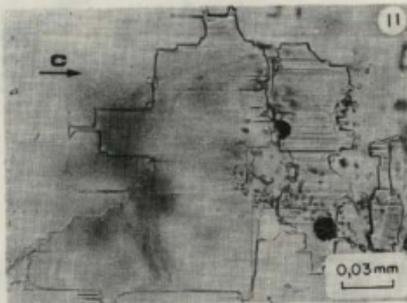


Fotomicrografia 9 - IF escalonada inclinada em relação ao eixo c. No nível inferior, fratura conchoidal de cicatrização.

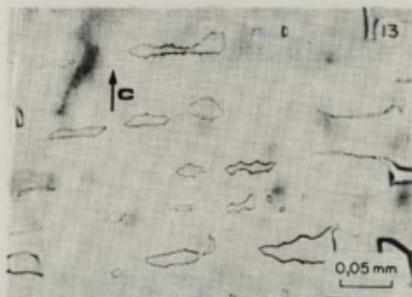
Fotomicrografia 10 - IF escalonada de contornos controlados pelas direções cristalográficas do topázio.



Fotomicrografia 11 - IF com evidência de dissolução preferencial segundo direções cristalográficas do topázio.

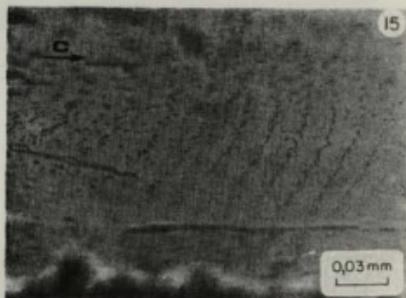
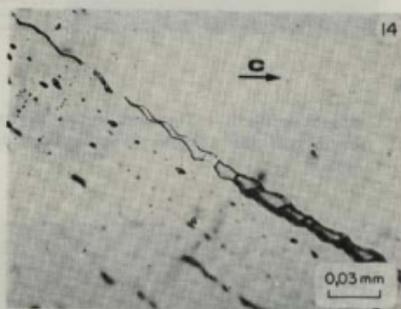


Fotomicrografia 12 - IF irregular e inclinada, mostrando feições de escape de fluido (leakage).



Fotomicrografia 13 - IF irregulares com feições de estrangulamento (necking down).

Fotomicrografia 14 - IF alongada com feições típicas de estrangulamento (necking down).



Fotomicrografia 15 -Fratura de cicatrização com uma sucessão de níveis de IF pequenas e regulares.

Fotomicrografia 16 - Fratura de cicatrização de aspecto curvo, reunindo inclusões de dimensões variadas.



DADOS MICROTERMOMÉTRICOS

Com o objetivo de caracterizar as condições físico-químicas dos fluidos, importantes para o entendimento da natureza e da seqüência dos processos geológicos envolvidos (HOLLISTER & CRAWFORD, 1981; WEISBROD et al., 1976; ROEDDER, 1984), foram realizadas várias determinações microtermométricas de inclusões fluidas selecionadas da jazida de Capão do Lana. A discussão e a interpretação detalhada desses dados, bem como de outros que ainda estão sendo obtidos, serão objetivo de futura publicação (GANDINI et al., em preparação).

Após serem devidamente caracterizadas e selecionadas, as inclusões fluidas não portadoras de feições indicativas de escape foram agrupadas, de acordo com a sua orientação em relação ao eixo *c* do cristal, em quatro tipos distintos, a saber:

- tipo-A: inclusões fluidas paralelas ao eixo *c* (contornos regulares e irregulares);
- tipo-B: inclusões fluidas de contornos regulares e irregulares, inclinadas em relação ao eixo *c* do topázio;
- tipo-C: inclusões de contornos irregulares, dispostas de modo aleatório através do cristal;
- tipo-D: inclusões distribuídas ao longo de planos de cicatrização de fraturas limitadas ao interior dos cristais.

Para cada um desses tipos, estudados separadamente, foram medidas as temperaturas de fusão (T_f) e homogeneização (T_h) das fases presentes, por meio da platina de resfriamento/aquecimento, e determinadas as composições ($H_2O + CO_2$), salinidades (em equivalentes da porcentagem em peso de NaCl), as densidades do CO_2 (d_{CO_2}) e as densidades totais das inclusões (d_{total}), com base nos trabalhos de NICHOLLS & CRAWFORD (1985) e COLLINS (1979). Os dados relativos a aproximadamente 400 inclusões fluidas dos tipos A, B e C, pertencentes a 16 cristais distintos, encontram-se na Tabela 1.

As inclusões do tipo-D apresentaram comportamentos semelhantes com relação a $T_f_{CO_2}$ e $T_h_{CO_2}$. Entretanto, os dados existentes ainda não são suficientes para interpretações mais precisas e serão discutidos com mais detalhes em publicações posteriores.

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Pelos dados apresentados na Tabela 1, observa-se que as inclusões fluidas dos vários tipos morfológicos de amostras de Capão do Lana são constituídas essencialmente por CO_2 e H_2O , havendo apenas quantidades subordinadas de outros componentes voláteis dissolvidos na fase carbônica, responsáveis pelo ligeiro decréscimo nas $T_f_{CO_2}$. As salinidades das soluções aquosas, obtidas a partir das temperaturas de fusão de clatratos (T_{fCl}), também são bastante semelhantes, independentemente do tipo morfológico e das orientações das

Tabela 1 - Dados microtermométricos de inclusões fluidas de topázios imperiais da jazida de Capão do Lana, Ouro Preto, MG.

Tipos de Inclusão	Grupos distintos de amostras	Th _{CO₂} (°C)	V _{CO₂} / V _{TOTAL}	d _{CO₂} (g/cm ³)	d _{TOTAL} (g/cm ³)
A					
Ti _{CO₂} = (-56,6)-(-57,0) °C					
Ti _{Cl} = 6-8 °C	1	9,6-10,4	0,52	0,86	0,958-0,940
salinidade = 4-8 eq. % peso do NaCl	2	12,0-12,8	0,40	0,84	0,967-0,944
Th _{TOTAL} = 270-300 °C	3	21,6-22,4	0,18	0,75	1,006-0,986
B					
Ti _{CO₂} = (-56,6)-(-57,8) °C					
Ti _{Cl} = 5-7 °C	1	9,6-10,4	0,43	0,86	0,969-0,947
salinidade = 6-9 eq. % peso do NaCl	2	12,0-12,8	0,44	0,84	0,966-0,945
Th _{TOTAL} = 270-300 °C	3	21,6-22,4	0,24	0,75	0,987-0,969
C					
Ti _{CO₂} = (-56,6)-(-57,4) °C					
Ti _{Cl} = 5-8 °C	1	9,6-10,4	0,53	0,86	0,945-0,938
salinidade = 4-9 eq. % peso do NaCl	2	13,6-14,4	0,38	0,83	0,967-0,951
Th _{TOTAL} = 270-300 °C	3	21,6-22,4	0,20	0,75	1,000-0,980

inclusões. A sobreposição dos valores das temperaturas de homogeneização total (Th_{total} = 270 °C - 300 °C) mostra que as temperaturas de formação dos diversos tipos de inclusão foram as mesmas.

Foi constatado, ainda, que ocorrem variações dos picos de maiores frequências de Th_{CO₂} e das médias de V_{CO₂} / V_{total} (relações volumétricas) em diferentes grupos de amostras, sendo que em um dado grupo esses valores variam de modo bem menos acentuado, quaisquer que sejam os tipos morfológicos e orientações das inclusões com relação ao eixo c. Esses fatos sugerem que em cada grupo de amostras o aprisionamento das inclusões dos tipos A, B e C foi concomitante. Por outro lado, as variações nos grupos distintos dão margem às seguintes interpretações: 1 - modificações nas características dos fluidos, condicionadas às suas interações com a rocha encaixante, portadora de quantidade variável de carbonatos; 2 - aprisionamento de inclusões fluidas em etapas de condições distintas de P e T (inclusões fluidas de várias gerações); 3 - evolução do fluido associada a eventos pós-cristalização. Pelos estudos até agora realizados, a primeira hipótese mostra ser a mais razoável, uma vez que explicaria as diferenças nas proporções de CO₂ por grupos de amostras e, conseqüentemente, nas suas respectivas densidades.

AGRADECIMENTOS

Os autores desejam expressar seus agradecimentos a TIMCIL (Topázio Imperial Mineração, Comércio e Indústria Ltda.) pelas inúmeras amostras fornecidas; ao Sr. Flávio Machado de Souza Carvalho do IG/USP, pelo auxílio no tratamento dos dados microtermométricos; à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) por permitir a obtenção de algumas medidas de aquecimento; ao CNPq pelo auxílio prestado a um dos autores (Rosa Maria da Silveira Bello) através de Bolsa de Pesquisa (Proc. 303872/85-3) e, finalmente, aos Profs. José Vicente Valarelli do IG/USP e Júlio Cesar Mendes do DEGEO/EM/UFOP pela inestimável ajuda prestada em várias fases deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASSEDANNE, J.P. (1989) Famous minerals localities: the Ouro Preto topaz mines. **The Mineralogical Record**, 20(3): 221-233.
- COLLINS, P.L.F. (1979) Gas hydrates in CO₂-bearing fluids and the use freezing data form estimation of salinity. **Economic Geology**, 74(6): 1435-1444.
- FERREIRA, C.M. (1983) Vulcanismo ácido no Quadrilátero Ferrífero e sua relação com algumas ocorrências e/ou depósitos minerais. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 2., Belo Horizonte, 1983. **Anais**. Belo Horizonte, SBG. Boletim 3, p.128-133.
- FERREIRA, C.M. (1987) Geologia da jazida de topázio do Morro de Saramenha. **REM Revista da Escola de Minas**, 40(3):15-17.
- FERREIRA, C.M. - Topázio de Ouro Preto: principais características geológicas das ocorrências. In: Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Principais depósitos minerais do Brasil**. Brasília, DNPM. v. 4 (no prelo).
- FUJIKAWA, K. (1985) Inclusões fluidas: métodos usuais de estudo e aplicações. In: **Contribuições à Geologia e Petrologia**. Belo Horizonte, SBG/CBMM, p. 29-44.
- GANDINI, A.L.; SVISERO, D.P.; BELLO, R.M.S.; CARVALHO, F.M.S.; VALARELLI, J.V. (1990) Inclusões fluidas de topázios imperiais das jazidas de Capão do Lana e Caxambu, Ouro Preto, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., Natal, 1990. **Boletim de Resumos**. Natal, SBG, p. 227-228.
- GORCEIX, H. (1881) Estudo geológico das jazidas de topázio da Província de Minas Gerais, Brasil. **Anais da Escola de Minas de Ouro Preto**, 1:15-18.

- HOLLISTER, L.S. (1981) Information intrinsically available from fluid inclusions. In: HOLLISTER, L.S. & CRAWFORD, M.L. (eds.) **Fluid Inclusions: applications to petrology**. Calgary, Mineralogical Association of Canada, p. 1-12. (Short course handbook, v.6).
- HOLLISTER, L.S. & CRAWFORD, M.L. (1981) **Fluid Inclusions: applications to petrology**. Calgary, Mineralogical Association of Canada. 304p. (Short course handbook, v.6).
- KELLER, P.C. (1983) The Capão topaz deposits, Ouro Preto, Minas Gerais, Brazil. **Gems & Gemology**, 19(1): 12-20.
- NICHOLLS, J. & CRAWFORD, M.L. (1985) Fortran Programs for calculation of fluid properties from microthermometric data on fluid inclusions. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 11(5): 614-645.
- OLSEN, D.R. (1971) Origin of topaz deposits near Ouro Preto, Minas Gerais, Brazil. **Economic Geology**, 66(4): 627-631.
- PIRES, F.R.M. (1983) Geologia e gênese dos depósitos de topázio do Distrito de Ouro Preto, Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 2., Belo Horizonte, 1983. **Anais**. Belo Horizonte, SBG. Boletim 3, p. 283-296.
- POTY, B.; LEROY, J.; JACHIMOWICZ, L. (1976) Un nouvel appareil pour la mesure des températures sous le microscope: l'installation de microthermométrie Chaixmeca. **Bulletin de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie**, 99(2/3): 182-186.
- ROEDDER, E. (1984) Fluid inclusions. **Reviews in Mineralogy**, 12:1-644.
- SORBY, H.C. (1858) On the microscopic structure of crystals, indicating the origin of mineral and rocks. **The Quarterly Journal of the Geological Society of London**, 14(1): 453-500.
- WEISBROD, A.; POTY, B.; TOURET, J. (1976) Les inclusions fluides in géochimie-petrologie: tendances actuelles. **Bulletin de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie**, 99(2/3): 140-152.

Recebido em 29/08/1991.

Aprovado em 17/09/1991.