



**TOPÁZIO IMPERIAL DAS MINAS DO VERMELHÃO E JJC, OURO PRETO, MG:
ESTUDOS DE INCLUSÕES FLUIDAS E CONSIDERAÇÕES GENÉTICAS**

Almeida A.C.S.^{1,*}, Bello R.M.S.², Gandini A.L.^{1,**}

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

²Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências

E-mail: *ariscris@degeo.ufop.br, gandini@degeo.ufop.br, **rosabell@usp.br

ABSTRACT

Petrographic studies of fluid inclusions of the imperial topaz from Vermelhão and JJC mines, Ouro Preto, Minas Gerais State, permitted to group them in two different types: primary three-phase inclusions, with regular shapes, and pseudosecondary two-phase inclusions, with regular and irregular shapes, both of them with varied orientations. Microthermometric analyses showed that the mineralizing solution was composed by CO₂-bearing fluids, in which the eutectic temperature suggested the presence of Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, and, possible, Al³⁺ ions in solution. The minimal trapping temperature and pressure of the primary fluid inclusions, and consequently of the topaz formation in the Vermelhão and JJC mines, determined by the microthermometric results, were 410°C/4,930bar and 412°C/5,240bar, respectively. The pseudosecondary inclusions presented lower T-P values (300°C/2,650bar) than the primary ones. The small differences between primary inclusions in both deposits suggested that the topaz crystals were formed after the hydrothermal fluids at slightly distinct P-T conditions. Based on the reported results and on the genetic models described in the literature, we could propose two hypotheses for the imperial topaz genesis. The first may be related to the uplifting of the deposits, which occurred by thrust faults and folding with west vergence, during the Brasiliano orogeny. The other one would be related to the normal faults (horsts and grabens) occurred during the Cretaceous. Both of them would explain the relatively high pressures obtained, that could also be responsible for the formation of OH-rich topaz, a distinctive feature of the Ouro Preto deposits.

RESUMO

O estudo petrográfico das inclusões fluidas do topázio imperial das minas do Vermelhão e JJC, Ouro Preto, Minas Gerais, permitiu seu agrupamento em dois tipos distintos: inclusões primárias (trifásicas), de contornos regulares, e inclusões pseudo-secundárias (bifásicas) de contornos regulares e irregulares, ambas com orientações diversas. As análises microtermométricas mostraram que o fluido mineralizante é composto essencialmente por CO₂ e soluções aquosas salinas cujas temperaturas eutéticas sugeriram a presença dos íons Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ e, possivelmente, Al³⁺. A temperatura e pressão mínima de aprisionamento das inclusões fluidas primárias, e conseqüentemente, de formação do topázio imperial das minas do Vermelhão e JJC, determinados pelos resultados microtermométricos foram de 410°C/4.930bar e 412°C/5.240bar, respectivamente, enquanto que nas pseudo-secundárias os valores desses parâmetros são inferiores (300°C/2.650bar). As pequenas diferenças nas características das inclusões primárias das duas minas sugerem que os cristais de topázio foram formados, a partir dos fluidos hidrotermais, em condições de P e T ligeiramente distintas. As análises dos dados microtermométricos, aliadas aos modelos apresentados na literatura, permitiram a proposição de duas hipóteses para o gênese do topázio imperial das minas estudadas. A primeira, relacionada ao soerguimento dos depósitos

do Vermelhão e JJC, mais profundos, para níveis estruturais mais rasos, por meio de falhas de empurrão e dobramentos com vergência para oeste, ocorridos durante o evento Brasileiro, e a segunda, a falhamentos normais, do tipo horsts e grabens, que ocorreram durante o Cretáceo. Essas duas hipóteses explicariam as pressões relativamente elevadas obtidas, as quais também teriam sido responsáveis pela formação do topázio rico em (OH)⁻, característico das minas de Ouro Preto.

Palavras-chave: topázio imperial, Ouro Preto, inclusões fluidas, microtermometria.

INTRODUÇÃO

O estudo das inclusões fluidas no topázio imperial das minas do Vermelhão e JJC, Ouro Preto (MG), foi desenvolvido visando complementar os dados existentes sobre outras jazidas e/ou ocorrências da região e contribuir para um maior entendimento da gênese desses depósitos.

A gênese do topázio imperial ainda é motivo de muitas controvérsias, apesar dos vários trabalhos executados na região. Olsen (1971) relaciona as mineralizações de topázio a processos pneumatolíticos/hidrotermais de uma fase pré-metamórfica, enquanto que Pires *et al.* (1983) sugerem que elas estariam vinculadas ao pico de metamorfismo de baixo grau que afetou a região. Adicionalmente, Ferreira (1983, 1991), estudando a mina do Vermelhão sob o ponto de vista geológico-estratigráfico, correlaciona as mineralizações de topázio imperial a um hidrotermalismo associado à última fase do vulcanismo ácido, que afetou o Quadrilátero Ferrífero, no final do Cretáceo e/ou início do Terciário. Gandini (1994), estudando diversas minas da região, sugere que a gênese do topázio estaria ligada a um processo hidrotermal desvinculado de um metamorfismo regional ou local. Morteani *et al.* (2002) sugerem que a cristalização do topázio estaria relacionada a fluidos metamórficos ricos em flúor originados num evento tectonotermal durante o Brasileiro (± 600 Ma).

Os cristais de topázio imperial ocorrem em rochas dolomíticas totalmente alteradas dos grupos Itabira e Piracicaba, do Supergrupo Minas (Quadrilátero Ferrífero). Nessas rochas, o topázio encontra-se inserido em geodos e veios caulinizados, centimétricos a decimétricos, que não apresentam uma

direção preferencial (Ferreira, 1987 e 1991). Nos veios caulinizados, observa-se também a presença de especularita, muscovita, rutilo e florencita (Ferreira, 1991; Gandini, 1994).

O estudo das inclusões fluidas é extremamente importante, pois permite a determinação das condições físico-químicas reinantes durante a cristalização ou recristalização do mineral, ou ainda, durante eventos posteriores à sua formação (Roedder, 1984; Fuzikawa, 1985), podendo, desse modo, fornecer maiores esclarecimentos sobre a gênese do topázio.

MATERIAIS E MÉTODOS

A petrografia e o mapeamento das inclusões fluidas foram realizados por meio de microscópio petrográfico Leitz Wetzlar, utilizando-se ocular de 10x e objetivas de 3,5x, 10x, 25x e 32xUT-50 disponíveis no DEGEO/EM/UFOP e no IGc/USP. Para as análises microtermométricas foram utilizadas platinas de resfriamento/aquecimento da marca CHAIXMECA (Poty *et al.*, 1976), modelo MTM 85, dos Laboratórios de Inclusões Fluidas do DEGEO/EM/UFOP, do IGc/USP e do CDTN/CNEN/BH.

INCLUSÕES FLUIDAS

As características morfológicas e petrográficas das inclusões fluidas foram determinadas a partir da análise de 20 regiões selecionadas de 45 lâminas polidas em ambas as faces, provenientes de 20 cristais de topázio imperial das minas estudadas.

Foram identificadas, principalmente, inclusões alongadas, de contornos regulares, com formas prismáticas ou de canalículos aciculares, constituindo cristais negativos, com orientações paralelas ou inclinadas

em relação ao eixo c do cristal hospedeiro. São também freqüentes inclusões de contornos irregulares, muitas vezes com prolongamentos na direção do eixo c do topázio, com orientações semelhantes às anteriores. Foram observadas inclusões primárias, ocorrendo de modo isolado ou agrupadas em determinadas regiões do cristal, e pseudo-secundárias, dispostas em fraturas intracristalinas cicatrizadas. Ainda estão presentes inclusões distribuídas em fraturas cicatrizadas mais tardias, aparentemente transgranulares, sugerindo uma origem secundária. À temperatura ambiente, as inclusões podem ser bifásicas, trifásicas ou polifásicas, as últimas contendo um ou mais sólidos aprisionados. Uma propriedade marcante do topázio das minas do Vermelhão e JJC, e que as diferencia das demais minas da região de Ouro Preto, é a presença, freqüente, dessas fases sólidas, que podem ser isotrópicas e anisótropas, no interior das inclusões fluidas (Gandini, 1994; Bello *et al.*, 1996; Morteani *et al.*, 2002). A determinação da composição das inclusões fluidas pelo método de espectroscopia de absorção no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), mostrou que elas são constituídas predominantemente por H₂O e CO₂, contendo algumas quantidades de CH₄.

DADOS MICROTERMOMÉTRICOS

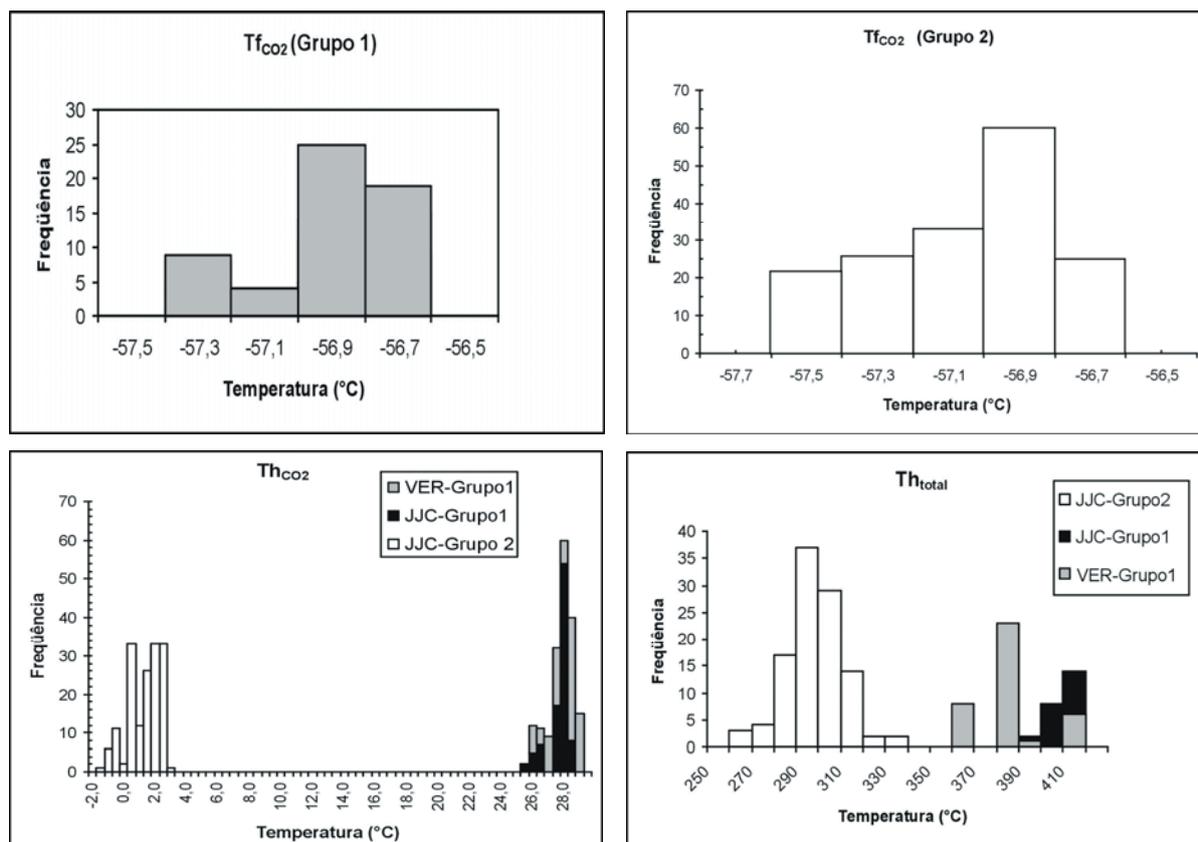
Na mina do JJC, as inclusões fluidas analisadas foram divididas em dois grupos, em função de sua origem (primárias e pseudo-

secundárias), número de fases e proporções volumétricas de CO₂. O primeiro (Grupo 1) consiste de inclusões fluidas primárias, trifásicas, compostas por CO₂(l), CO₂(g) e H₂O, cuja razão volumétrica VCO₂/Vtotal, à 20°C, é igual 0,3. O segundo (Grupo 2) consiste de inclusões fluidas pseudo-secundárias bifásicas, distribuídas ao longo de trilhas ou fraturas cicatrizadas internas ao mineral, compostas por CO₂ e H₂O, com uma razão volumétrica VCO₂/Vtotal igual a 0,8 à 20°C. Na mina do Vermelhão, não foi possível a separação dos diferentes grupos de inclusões, uma vez que foram apenas observadas inclusões primárias (Grupo 1). Para cada grupo foram medidas as temperaturas de fusão e homogeneização das fases presentes e determinadas as composições químicas, em termos de frações molares dos componentes, as salinidades, as densidades do CO₂ e as densidades totais dos fluidos (Tabela 1).

As temperaturas de fusão do CO₂ (TfCO₂) obtidas para as inclusões fluidas primárias do topázio dessas duas minas variaram de -57,4 a -56,6°C, com maior concentração de valores entre -57,0 e -56,6°C. As inclusões pseudo-secundárias da mina JJC, apresentaram variações semelhantes de TfCO₂ (-57,6 e -56,6°C), porém com quantidades significativas de medidas situadas nas temperaturas mais baixas (Quadro 1). A existência de valores inferiores à -56,6°C é indicativa da presença de outros

Tabela 1: Dados microtermométricos de inclusões fluidas primárias (Grupo 1), em topázio das minas do Vermelhão e JJC, e pseudo-secundárias (Grupo 2) da mina de JJC, Ouro Preto, MG.

	Vermelhão Grupo 1	Jazida JJC Grupo 1	Jazida JJC Grupo 2
TfCO ₂ (°C)	(- 57,4) - (- 56,6)	(- 57,4) - (- 56,6)	(- 57,6) - (- 56,6)
Tfg (°C)	(- 15,5) - (- 1,5)	(- 17,0) - (- 5,1)	-----
Tfcl (°C)	-----	-----	6,6 - 11,6
ThCO ₂ (°C)	26,0 - 29,1	25,6 - 28,7	- 1,5 - 30
Th _{total} (°C)	370 - 412	391 - 415	262 - 333
dCO ₂ (g/cm ³)	0,64 - 0,68	0,65 - 0,68	0,91 - 0,93
x d _{total} (g/cm ³)	0,96 - 0,99	1,01	0,9
X _{H2O}	0,775 - 0,809	0,768 - 0,887	0,376 - 0,445
X _{NaCl}	0,067 - 0,096	0,087 - 0,114	0,004 - 0,012
X _{CO2}	0,115 - 0,139	0,019 - 0,118	0,544 - 0,619



Quadro 1: Histogramas de freqüências de medidas das TfCO₂, ThCO₂ e Thtotal das inclusões fluidas primárias (Grupo 1), em topázio das minas do Vermelhão e JJC, e pseudo-secundárias (Grupo 2) da mina de JJC, Ouro Preto, MG.

voláteis dissolvidos na fase carbônica, entre eles o CH₄, obtido por FTIR. As temperaturas do ponto eutético (Te), quando observadas, apresentaram-se invariavelmente baixas, situando-se entre -54,0 e -50,2°C (Vermelhão) e entre -55,2 e -45,7°C (JJC). Esses valores sugerem a existência dos íons Ca²⁺, Mg²⁺ e Na⁺ (Borizenko, 1978; Crawford, 1981; Oakes *et al.*, 1990), ou também do Al³⁺ (Linke, 1965) que, possivelmente, estariam presentes nos fluidos envolvidos na formação do topázio imperial. O sistema CaCl₂ – MgCl₂ – NaCl – H₂O estaria corroborado pela presença de cristais anisótipos, provavelmente carbonatos, inseridos, em muitos casos, nas inclusões fluidas no topázio dessas minas. A adição do Al³⁺, ao sistema mencionado, também é uma possibilidade, devido a existência de caulinita nos veios mineralizados. Além disso, esse sistema também estaria de acordo com a paragênese mineral das encaixantes desses depósitos, que são formadas por filitos e mármore

dolomíticos, sendo as prováveis fontes dos fluidos.

A salinidade das soluções aquosas, em termos equivalentes à porcentagem em peso de NaCl, foi determinada a partir das temperaturas de fusão do gelo (Tfg) para as inclusões fluidas primárias das minas do Vermelhão e JJC, uma vez que nestas não foram observados clatratos (Tabela 1). Os intervalos de maior freqüência das Tfg variaram de -15,5 a -1,5°C e de -17,0 a -5,1°C, no caso das inclusões das minas do Vermelhão e JJC, respectivamente. Considerando-se os valores mais freqüentes das Tfg, foram obtidas, a partir do programa BULK (Bakker, 2003), salinidades situadas entre 11 e 16% em peso do NaCl equivalente (Vermelhão) e de 15 a 19% em peso do NaCl equivalente (JJC). As inclusões fluidas pseudo-secundárias (Grupo 2) apresentaram menores salinidades (1,54 a 4,09% em peso do NaCl equivalente), obtidas a partir das temperaturas de fusão do clatrato

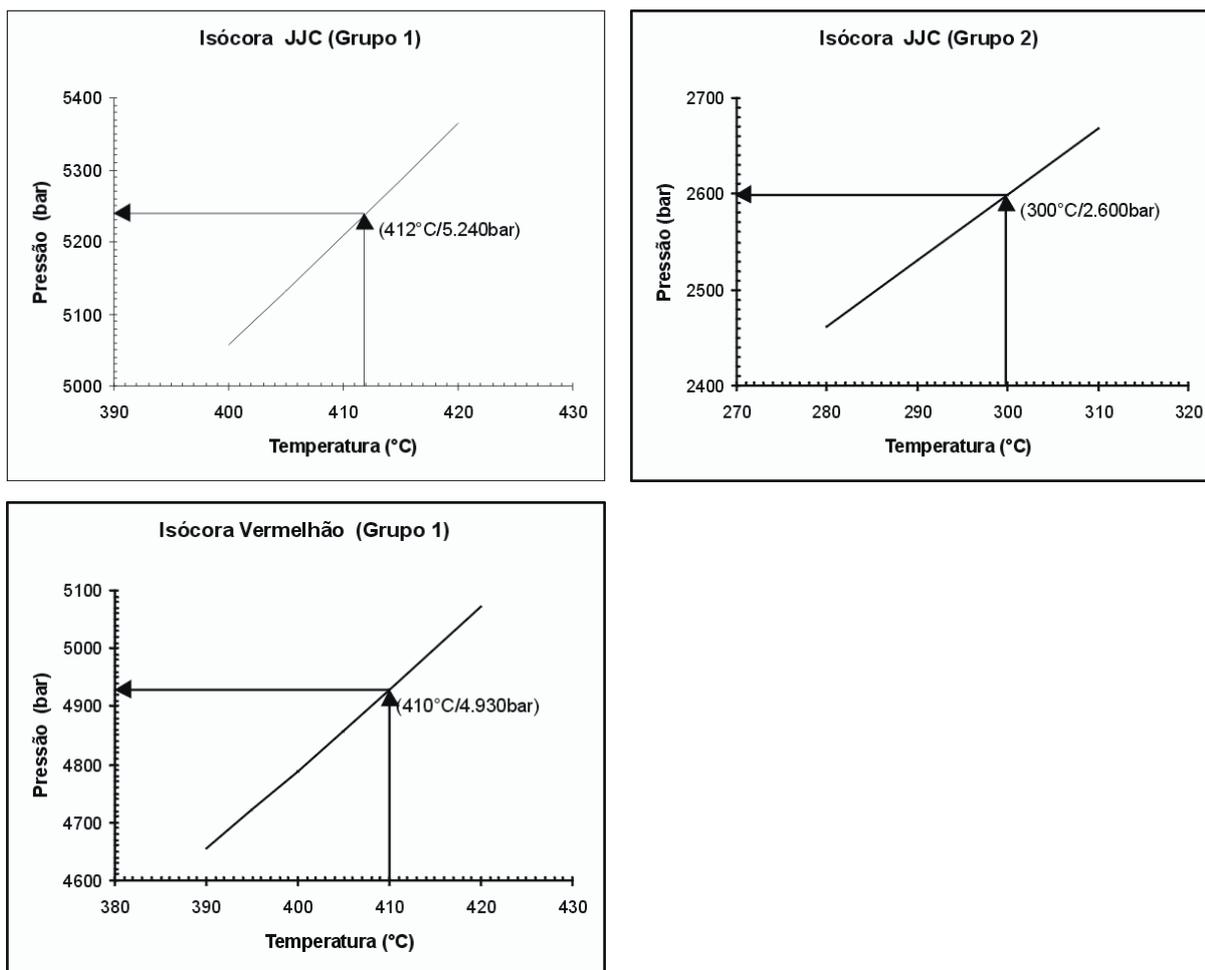
(T_{fcl}), que variaram principalmente de 6,6 a 11,6°C (Tabela 1), utilizando-se o programa DENSITY proposto por Bakker (2003). Em todas as inclusões fluidas, primárias e pseudo-secundárias, presentes nos cristais de topázio das duas jazidas estudadas, o CO₂ sofreu homogeneização para o estado líquido. A temperatura de homogeneização do CO₂ (ThCO₂) foi utilizada para a determinação das densidades desse componente em cada caso, a partir do programa BULK desenvolvido por Bakker (2003). As medidas relativas a ThCO₂ (Tabela 1) situaram-se entre 26,0 e 29,1°C (Tabela 1 e Quadro 1), para a mina do Vermelhão, e são indicativas de densidades de CO₂ (dCO₂) variando entre 0,64 e 0,68g/cm³ (Tabela 1). No caso da mina do JJC, os dois grupos de inclusões apresentaram valores de ThCO₂ bastante distintos (Tabela 1 e Quadro 1): nas inclusões fluidas do grupo 1, o CO₂ sofreu homogeneização em uma faixa de temperaturas de 25,6 a 28,7°C (dCO₂ de 0,65 a 0,68g/cm³), enquanto que nas inclusões do grupo 2, o CO₂ homogeneizou em temperaturas que variaram de -1,5 a 3,0°C (dCO₂ de 0,91 a 0,93g/cm³). Estas últimas são também as que apresentam maiores frações molares de CO₂ (Tabela 1). Deve ainda ser destacado, que nas amostras desse último grupo, a homogeneização do CO₂ ocorreu em temperaturas inferiores que as de fusão do clatrato (T_{fcl}), o que torna os valores das ThCO₂, obtidos durante o aquecimento contínuo a partir das baixas temperaturas e, conseqüentemente, das dCO₂, não significativos. Assim sendo, para a obtenção das verdadeiras dCO₂, houve a necessidade de determinar as ThCO₂ reais na condição metaestável de ausência de clatratos, conforme discutido em Diamond (1992). As temperaturas de homogeneização total (T_{htotal}) dos dois grupos de inclusões apresentaram valores bastante distintos. Nas inclusões do Grupo 1, as T_{htotal} variaram de 370 a 412°C, com maior freqüência ao redor de 380°C, na mina do Vermelhão, e de 391 a 415°C, com concentração de medidas em torno de 410°C, em JJC, tendo a homogeneização ocorrido, em todos os casos, pela contração da fase CO₂. Nas

inclusões do Grupo 2 da mina de JJC, a homogeneização ocorreu pela expansão da fase CO₂ em temperaturas variando de 262 a 333°C, com maiores quantidades de valores situados ao redor de 280 a 315°C (Tabela 1 e Quadro 1).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos a partir do tratamento e interpretação dos dados microtermométricos mostraram que as inclusões dos Grupos 1 e 2, além de apresentarem origens, distribuições espaciais e concentrações distintas, também possuem diferentes propriedades físico-químicas. As T_{htotal}, que representam as temperaturas mínimas de aprisionamento das inclusões, e os demais parâmetros obtidos pelos estudos microtermométricos, permitiram a determinação das densidades dos fluidos existentes durante a cristalização do topázio e, também, de suas composições em termos das frações molares dos principais constituintes (Tabela 1), por meio do programa BULK (Bakker, 2003). Observa-se na Tabela 1 que as inclusões pseudo-secundárias do Grupo 2 aprisionaram fluidos mais ricos em CO₂ e que apresentam as menores salinidades e densidades.

A partir dos valores médios das densidades dos fluidos presentes nas inclusões dos dois grupos foram construídas as respectivas isócoras nos diagrama P-T (Quadro 2), por meio das equações de estado de Anderko & Pitzer (1993 a, b) e Duan *et al.* (1995) consideradas no programa ISOC (Bakker, 2003). Nesses diagramas, foram determinadas as pressões mínimas de aprisionamento, considerando-se as T_{htotal} médias em cada caso. Desse modo, foram obtidas as seguintes condições mínimas de temperatura e pressão: 410°C/4.930bar e 412°C/5.240bar, para o aprisionamento das inclusões fluidas primárias das minas do Vermelhão e JJC, respectivamente, e 300°C/2.600bar, para as inclusões fluidas pseudo-secundárias da mina JJC. As



Quadro 2: Isócoras médias das inclusões fluidas em topázio das minas do Vermelhão e JJC, determinadas a partir das equações propostas por Anderko & Pitzer (1993 a, b) e Duan *et al.* (1995), consideradas no programa ISOC de Bakker (2003).

inclinações distintas das isócoras refletem a diferença nas densidades das inclusões dos dois grupos.

Os parâmetros obtidos a partir do estudo microtermométrico das inclusões do Grupo 1, primárias, constituem uma aproximação das condições existentes durante a própria cristalização do topázio. As inclusões pseudo-secundárias do Grupo 2, por outro lado, representam alguma etapa na evolução dessas soluções, ainda durante a cristalização do mineral, com um maior aporte de CO₂ provavelmente proveniente de reações de decarbonatação, tendo fornecido condições mínimas de aprisionamento representadas por temperaturas e pressões mais baixas.

É importante mencionar que inclusões primárias em topázio de outras jazidas da

região (Capão do Lana, Caxambu e Boa Vista) mostraram evidências de terem sido aprisionadas a partir de fluidos imiscíveis em temperaturas situadas ao redor do ponto crítico do sistema H₂O – NaCl – CO₂, isto é, próximo ao topo da curva solvus (Gandini, 1994; Gandini *et al.*, 1992; Bello *et al.*, 1995; Bello *et al.*, 1996; Morteani *et al.*, 2002), permitindo a determinação mais precisa das condições reais de aprisionamento. Por outro lado, no caso das jazidas do Vermelhão e JJC, as inclusões foram aprisionadas a partir de um sistema homogêneo de fluidos, isto é, em temperaturas superiores às da curva solvus do sistema e, por isso, possibilitando apenas a obtenção das condições mínimas de formação, representadas pelas T_{htotal} e pressões determinadas nos diagramas isocóricos.

CONCLUSÕES

Os resultados microtermométricos mostram a presença de fluidos aquo-carbônicos, em alguns casos relativamente ricos em CO₂, podendo conter Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ e, possivelmente, Al³⁺, nas soluções aquosas. Essas características, aliadas às paragêneses das encaixantes e dos veios mineralizados, parecem apontar para fluidos de origem metamórfica, que podem ter sido originados por reações de decarbonatação e desidratação das rochas mencionadas. Essas reações, sugeridas pelas variações nas frações molares de H₂O e CO₂ (Tabela 1), poderiam ter ocorrido durante algum episódio tectonotermal recorrente, de modo semelhante ao discutido por Morteani *et al.* (2002), para as minas de Caxambu e Capão do Lana, embora estudos adicionais sejam necessários para uma conclusão mais fundamentada.

Objetivando determinar a evolução dos fluidos mineralizantes das diversas minas de topázio, compararam-se os dados microtermométricos das inclusões fluidas das minas do Vermelhão e JJC com aqueles referentes às minas do Capão do Lana, Caxambu e Boa Vista (Gandini *et al.*, 1992; Gandini, 1994; Bello *et al.*, 1995; Bello *et al.*, 1996; Morteani *et al.*, 2002). Esses estudos mostraram a presença de grupos de inclusões com características diferenciadas, em cada depósito, que sugerem uma variação nas condições P-T durante o aprisionamento dos fluidos e, portanto, a formação de diferentes cristais de topázio, que deve ter ocorrido em mais de um estágio. As variações aproximadas das condições P-T de aprisionamento obtidos para aquelas jazidas, a partir dos dados dos autores mencionados, encontram-se na Tabela 2, onde podem ser observados intervalos

de temperaturas e pressões de 230 a 320°C e de 1.800 a 3.400bars, respectivamente, considerando-se os três depósitos estudados. Adicionalmente, estudos realizados por Morteani *et al.* (2002), a partir de dados de inclusões fluidas, geotermometria de isótopos de oxigênio e considerações sobre os campos de estabilidade de minerais incluídos no topázio (caolinita, pirofilita e carbonatos), indicaram que esse mineral foi cristalizado em condições de T e P ao redor de 360°C e 3.500bar, respectivamente. De qualquer modo, observou-se que as jazidas do Vermelhão e JJC apresentaram intervalos de P e T mínimas de aprisionamento bastante superiores em relação às demais (Tabela 2). Esses resultados são também coerentes com as condições de aprisionamento a partir de fluidos imiscíveis, nas minas de Caxambu, Capão do Lana e Boa Vista, e a partir de fluidos originalmente homogêneos, nos casos de Vermelhão e JJC. As minas distam entre si de, aproximadamente, 15km e estão situadas numa posição altimétrica similar. Situam-se em um alinhamento E-W na parte central do Sinclinal Dom Bosco (Figura 1), cuja estrutura é marcada por falhamentos e dobramentos vergentes para oeste (Chemale Jr. *et al.*, 1991).

Dentro desse contexto as diferenças nos dados de P e T estão coerentes com os modelos tectônicos para o Sinclinal Dom Bosco. Duas hipóteses, não mutuamente excludentes, podem ser aventadas. A primeira estaria relacionada ao soerguimento dos depósitos do Vermelhão e JJC, originalmente mais profundos, para níveis estruturais mais rasos, por meio de falhas de empurrão e dobramentos com vergência para oeste, ocorridos durante o evento Brasileiro. A outra hipótese estaria relacionada a falhamentos

Tabela 2: Intervalos de temperaturas e pressões de aprisionamento das inclusões fluidas em topázio das minas alinhadas de oeste para leste: Caxambu, Capão do Lana e Boa Vista (Gandini *et al.*, 1992; Gandini, 1994; Bello *et al.*, 1995; Bello *et al.*, 1996; Morteani *et al.*, 2002) e Vermelhão/JJC (Almeida, 2004); neste último caso os valores são representativos das condições mínimas de aprisionamento. (GR1= Grupo 1).

Mina	T(°C)	P(bar)
Caxambu (CX)	270 – 320	1.900 – 2.700
Capão do Lana (CL)	280 – 310	1.800 – 3.400
Boa Vista (BV)	230 – 320	1.800 – 3.000
Vermelhão(VE) / JJC (Grupo 1)	410 – 412	4.930 – 5.240

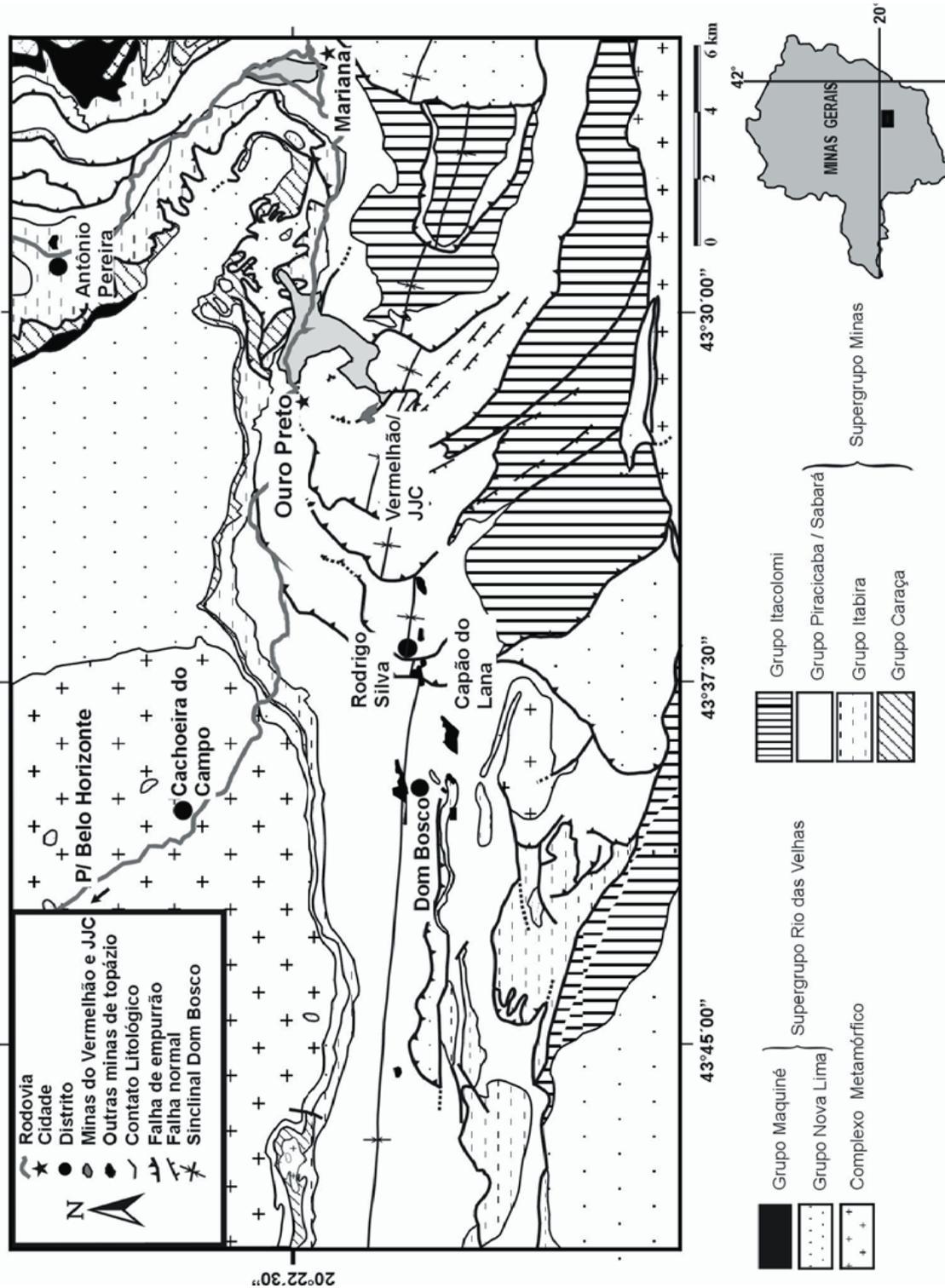


Figura 1: Mapa geológico do Sinclinal Dom Bosco e localização das minas do Caxambu, Capão do Lana e Boa Vista (Gandini, 1994) e Vermelhão e JJC (Almeida, 2004), com indicação do perfil geológico interpretado na figura 2.

normais, do tipo horsts e grabens (Santos, 1998), que ocorreram durante o Cretáceo (Figura 2).

A partir dos dados microtermométricos e das paragêneses presentes nos veios e nas encaixantes, pode-se considerar que as reações responsáveis pela cristalização do topázio podem envolver a caulinita, ou mesmo minerais de berílio. As pressões relativamente elevadas obtidas estão de acordo com as hipóteses aventadas acima

e com a própria composição do topázio de Ouro Preto, que é normalmente enriquecido em (OH)-.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Laboratórios de Inclusões Fluidas do DEGEO/EM/UFOP, IGc/USP e CDTN/CNEN/BH. Ariana C. S. Almeida agradece ao CNPq e a FAPEMIG, pelos subsídios fornecidos para a divulgação desse trabalho.

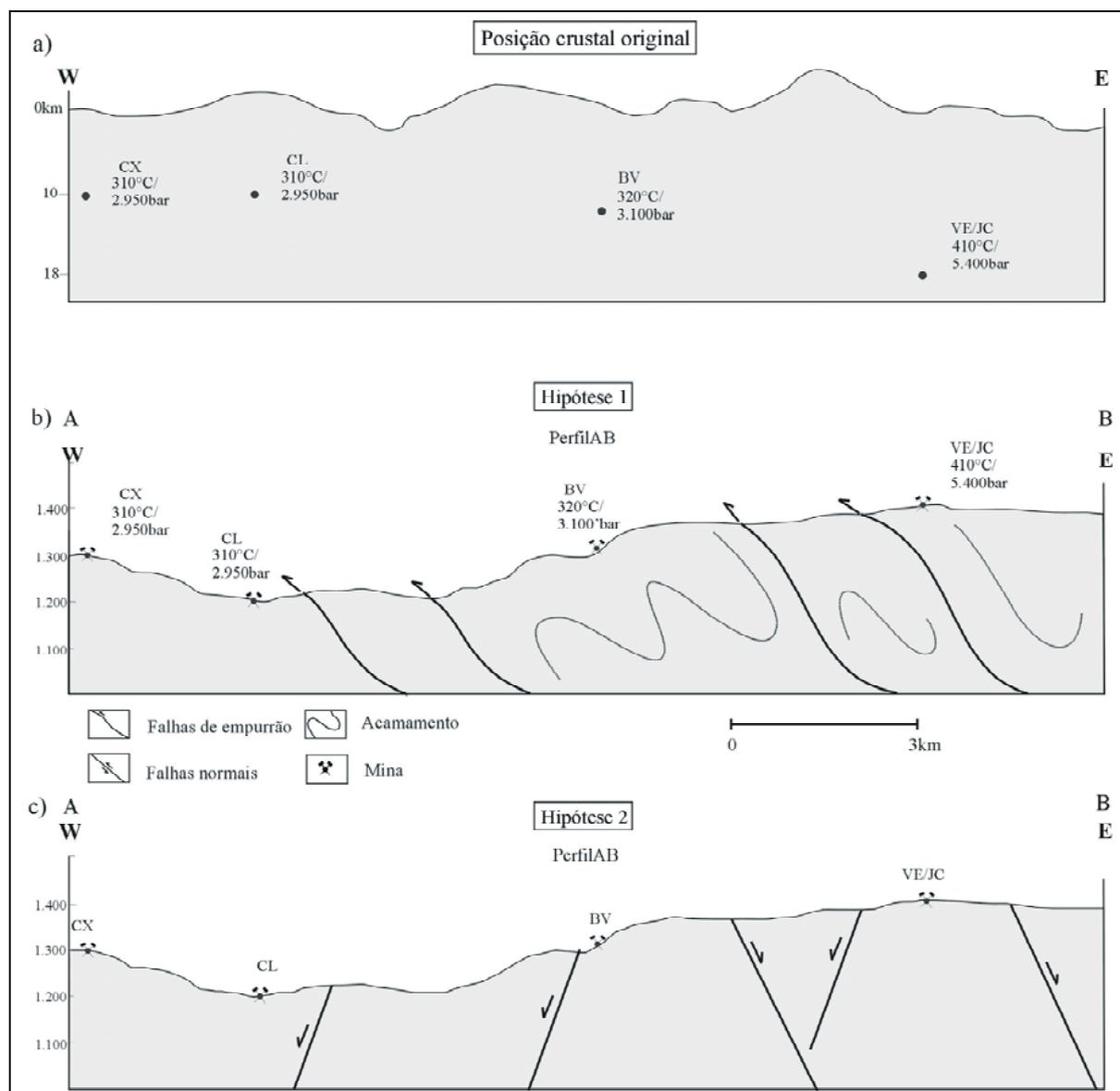


Figura 2: Perfis geológicos esquemáticos, ao longo de uma seção WE (AB) do Sinclinal Dom Bosco (Supergrupo Minas) mostrando o posicionamento crustal original (a) e as duas hipóteses genéticas consideradas (b, c). A figura ilustra as diferenças entre os resultados microtermométricos (pressão e temperatura) obtidos para as minas do Vermelhão e JJC (VE/JC) (Almeida, 2004) e aqueles referentes às minas do Caxambu (CX), Capão do Lana (CL) e Boa Vista (BV) (Gandini *et al.*, 1992; Gandini, 1994; Bello *et al.*, 1995; Bello *et al.*, 1996; Morteani *et al.*, 2002).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.C.S. (2004) Estudos químico-mineralógicos e microtermométricos do topázio imperial das minas do Vermelhão e JJC, Ouro Preto, Minas Gerais. *Contrib. Ci. Terr.*, 12: 116p, (Série M).
- ANDERKO, A. & PITZER, K.S. (1993a) Equation-of-state representation of phase equilibria and volumetric properties of the system NaCl-H₂O above 573°K. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 57(8): 1657-1680.
- ANDERKO, A. & PITZER, K. S. (1993b) Phase equilibria and volumetric properties of the systems KCl-H₂O and NaCl-KCl-H₂O above 573°K; equation of state representation. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 57(20): 4885-4897.
- BAKKER, R.J. (2003) Package FLUIDS 1. Computer programs for analysis of fluid inclusion data and for modelling bulk fluid properties. *Chem. Geol.*, 194: 3-23.
- BELLO, R.M.S.; GANDINI, AL.; FUZIKAWA, K.; SVISERO, D.P. (1995) Estudo microtermométrico de inclusões fluidas do topázio imperial da Jazida de Boa Vista, Ouro Preto, MG. *Rev. Esc. Minas*, 49(2): 111-116.
- BELLO, R.M. S.; FUZIKAWA, K.; GANDINI, A. L.; VALARELLI, J.V.; SVISERO, D.P. (1996) Fluid inclusion microtermometry of imperial topaz from Capão do Lana deposit, Ouro Preto, Minas Gerais, Brazil. *An. Acad. Bras. Ci.*, 68(1): 91-102.
- BORIZENKO, A.S. (1978) Study of the salt composition of solutions of gas-liquid inclusions in minerals by the criometric method. *Sov. Geol. Geophys. (Geologiya i Geofizika)*, 18(8): 11-19.
- CHEMALE JR., F.; ROSIÉRE, C.A.; ENDO, I. (1991) Evolução tectônica do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Rev. Pesqui.*, 18(2): 104-127.
- CRAWFORD, M.L. (1981) Phase equilibria in aqueous fluid inclusions. In: L.S.Hollister and M.L. Crawford (Editors). *Short Course in Fluid Inclusions: Applications to Petrology.* Mineralogical Association of Canada, Galary, p. 75-100.
- DIAMOND, L.W. (1992) Stability of CO₂ clathrate hydrate + CO₂ liquid + CO₂ vapour + aqueous KCl – NaCl solutions. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 56: 273-280.
- DUAN, Z.; MÖLLER, N.; WEARE, J.H. (1995) Equations of state for the NaCl-H₂O-CO₂ system: prediction of fase equilibria and volumetric properties. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 59: 2869-2882.
- FERREIRA C.M. (1983) Vulcanismo ácido no Quadrilátero Ferrífero e sua relação com algumas ocorrências e/ou depósitos minerais. In: *Simp. Geol. Minas Gerais, 2*, Belo Horizonte, SBG, Anais, 3:128-133.
- FERREIRA C.M. (1987) Geologia da jazida de topázio do Morro de Saramenha. *Rev. Esc. Minas, UFOP*, 40(3): 15-17.
- FERREIRA, C.M. (1991) Topázio de Ouro Preto, Minas Gerais. In: C. Schobbenhaus, E.T. de Queiroz, C.E.S. Coelho. *Principais depósitos minerais do Brasil. DNPM/CPRM, Brasília*, 4: 303-308.
- FUZIKAWA, K. (1985) Inclusões fluidas: Métodos usuais de estudo e aplicações. In: SBG, Núcleo de Minas Gerais, *Contribuições à Geologia e Petrologia, Boletim Especial*, p. 29-44.

- GANDINI, A.L. (1994) Mineralogia, inclusões fluidas e aspectos genéticos do topázio imperial da região de Ouro Preto, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 212p.
- GANDINI, A.L.; BELLO, R.M.S.; FUZIKAWA, K.; SVISERO, D.P.; FERREIRA, C.M.; VALARELLI, J.V. (1992) Estudos microtermométricos de inclusões fluidas em topázios imperiais da jazida de Caxambu, Ouro Preto – MG. *Rev. Esc. Minas*, 45(1/2): 191-193.
- LINKE, W.F. (1965) Solubilities of inorganic and metal organic compounds. *Am. Chem. Soc.*, 1914p.
- MORTEANI, G.; BELLO, R.M.S.; GANDINI, A.L.; PREINFALK, C. (2002) P, T, X conditions of crystallization of Imperial Topaz from Ouro Preto (Minas Gerais, Brazil): Fluid inclusions, oxygen isotope thermometry and phase relations. *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.*, 82: 455-466.
- OAKES, C.S.; BODNAR, R.J.; SIMONSON, J.M. (1990) The system NaCl - CaCl₂ - H₂O. 1. The ice liquidus at 1atm total pressure. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 54: 603-610.
- OLSEN, D.R. (1971) Origin of topaz deposits near Ouro Preto, Minas Gerais, Brazil. *Econ. Geol.*, 66(4): 627-631.
- PIRES, F.R.M.; FREITAS, C.O.; PALERMO, N.; SARCIÁ M.N.G. (1983) Geologia e gênese dos depósitos de topázio do Distrito de Ouro Preto - Minas Gerais. In: *Simp. Geol. Minas Gerais*, 2, SBG, Anais, 3: 283-296.
- POTY, B.; LERO, J.; JACHIMOWICZ, L. (1976) Um nouvel appareil pour la mesure des températures sous le microscope: l'installation de microthermométrie Chaixmeca. *Bull. Soc. Fr. Mineral. Cristal.*, 99:182-186.
- ROEDDER, E. (1984) Fluid inclusions. *Rev. Mineral*, 12: 1-644.
- SANTOS, M.C. (1998) Gênese dos corpos argilosos do Morro Caxambu e da Mina do Vermelhão, Sinclinal Dom Bosco, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 176p.

(Footnotes)

¹To whom the correspondence should be sent: ariscris@degeo.ufop.br