

CARACTERIZAÇÃO DAS INCLUSÕES FLUIDAS
DAS ESMERALDAS COLOMBIANAS

FERNANDO HELÍ ROMERO ORDÓÑEZ

IG/USP (PÓS-GRADUAÇÃO)

ROSA MARIA DA SILVEIRA BELLO, RAINER A. SCHULTZ-GÜTTLER, DARCY PEDRO SVISERO

IG/USP

As jazidas de esmeralda colombianas estão localizadas na parte central da Cordilheira Oriental da Colômbia, nas regiões do Guavio e do território Vásquez-Yacopí. Essas mineralizações, de idade terciária, estão associadas a rochas sedimentares marinhas do Cretáceo Inferior, tipo folhelho negro.

As esmeraldas ocorrem em bolsões, nódulos e lentes, freqüentemente relacionados a veios de calcita e brechas de falha em folhelhos carbonosos, siltitos e rochas carbonáticas.

Existem muitos problemas relacionados à gênese das mineralizações tanto no que se refere à idade, à origem e à composição dos fluidos mineralizantes, como aos mecanismos de transporte e deposição do berílio.

Na tentativa de fornecer alguma contribuição para o esclarecimento dos aspectos genéticos desses depósitos, foram realizados estudos detalhados, envolvendo a microtermometria, espectroscopia micro-Raman e microscopia eletrônica de varredura, em inclusões fluidas das jazidas de Muzo, Pacho, Yacopí, Chivor e Coscuez.

À temperatura ambiente, as esmeraldas apresentam inclusões fluidas trifásicas e polifásicas, compostas por quantidades variáveis de soluções salinas, $\text{CO}_2(\text{l})$ e $\text{CO}_2(\text{g})$, com pequenas proporções de N_2 , podendo conter uma ou mais fases sólidas. Em muitos casos, as inclusões fluidas contêm proporções volumétricas de 75% de solução aquosa salina, aproximadamente 10-15% de $\text{CO}_2(\text{g})$, menos de 3% de $\text{CO}_2(\text{l})$ e 12-20% de halita e/ou silvita, como minerais de saturação. Em várias inclusões, estes também podem ser constituídos por calcita.

Os resultados dos estudos permitiram definir os fluidos mineralizantes como soluções quentes (temperatura acima de 360°C), de densidade relativamente elevada ($>1,10\text{-}1,20\text{g/cm}^3$), contendo CO_2 e N_2 .

As medidas microtermométricas mostraram inclusões fluidas com homogeneização parcial marcada pelo desaparecimento da fase vapor em temperaturas na faixa entre 180 e 240°C , antes da homogeneização total, caracterizada pelo desaparecimento dos cristais de halita ou silvita, que ocorreu entre 300 e 360°C , embora algumas inclusões não tenham se homogeneizado até 400°C . Esses resultados confirmam os dados apresentados por Ottaway et al. (1986) sobre Muzo e os de Giuliani et al. (1992) sobre Coscuez, mas não os de Kozłowski et al. (1986) para Somondoco ($430/470^\circ\text{C}$).

Quanto à composição do fluido original, identificou-se, pela microtermometria, a existência do CO_2 , muitas vezes com valores de temperatura de fusão inferiores à $-56,6^\circ\text{C}$, referente ao ponto triplo desse componente puro, indicando a presença de outros voláteis associados, tendo sido detectado, no caso da maioria das jazidas, o N_2 , por meio da espectroscopia micro-Raman.

O estudo da fase aquosa das inclusões fluidas mostrou serem estas altamente salinas, do tipo Na-Ca-Cl, sendo o Cl⁻ o íon dominante. A presença desses componentes, ao lado do íon K⁺, foi também confirmada pela microscopia eletrônica de varredura através da análise dos produtos resultantes da evaporação das soluções aquosas saturadas, obtidos com a abertura das inclusões. Os dados ainda sugeriram a presença de Al³⁺, Mg²⁺, e K⁺, sendo, provavelmente, o cálcio, o magnésio e o alumínio, os responsáveis pelos baixos valores das temperaturas do ponto eutético das soluções que variaram de -66 a -48°C ; também podem estar presentes sulfetos e carbonatos.

A concentração total de sais, em termos equivalentes à porcentagem em peso do NaCl, determinada, de modo aproximado, pelas temperaturas de dissolução dos sólidos de saturação, variou em torno de 37 a 44%. Numa melhor aproximação, embora ainda com imprecisões dadas pela presença do CO_2 , também foram determinadas as salinidades a partir das temperaturas de fusão do gelo e de dissolução da halita e da silvita, utilizando-se os sistemas $\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ e $\text{CaCl}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$, investigados experimentalmente por Vanko et al. (1988) e por Bergman & Kuznetsova (1959), respectivamente. Através desse processo foram obtidos valores na faixa entre 30,0 e 38,4% em peso de NaCl e entre 2,1 e 12,0 % em peso de CaCl_2 , quando considerado o primeiro sistema, e, no, segundo caso, entre 45,0 e 48,6% em peso de KCl e entre 9,4 e 14,5% em peso do CaCl_2 .

Os dados obtidos sugerem que as soluções mineralizantes poderiam ter se originado a partir de águas conatas marinhas acumuladas junto aos sais precipitados nas bacias sedimentares, os quais originaram os corpos evaporíticos existentes na parte central da Cordilheira Oriental. Segundo Ordóñez (1993), o berílio poderia ter provindo da lixiviação das rochas do embasamento, devido à circulação dessas soluções até níveis profundos, através de falhamentos

relacionados a eventos tectônicos do Cretáceo ou Terciário. As altas salinidades das inclusões fluidas e a presença de minerais de Pb, Zn, Ag, e Cu nas formações sedimentares que contêm as mineralizações de esmeralda, parecem indicar misturas das soluções originais com águas sulfuradas e carbonatadas, provenientes de níveis mais elevados, e interações com as rochas encaixantes, levando-as a adquirir as composições determinadas neste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGMAN, A.G.; KUZNETSOVA, A. 1959 The solubility diagram for the ternary system H₂O-KCl- CaCl₂ from the temperature of complete freezing to 300°C. *Russ. j. Inorg. Chem.*, 4(1): 80-84.
- GIULIANI, G.; SHEPPARD, M.F.; CHEILLETZ, A.; RODRÍGUEZ, C. 1992 Contribution de l'étude des phases fluides et de la géochimie isotopique 18O/16O, 13C/12C à la genèse des gisements d'émeraude de la Cordillère Orientale de la Colombie. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 314: 269-274.
- KOZŁOWSKI, A.; METZ, P.; ESTRADA, H.A.J. 1986 Emeralds from Somondoco, Colombia: Chemical composition, fluid inclusion and origin. *N. Jb. Min. Abh.*, 159: 23-49.
- ORDÓÑEZ, F.H.R. 1993 Mineralogia, inclusões fluidas e gênese de esmeraldas das jazidas de Chivor Coscuez, Muzo, Pacho e Yacopí, Colômbia. São Paulo, 134p. (Dissertação de Mestrado, USP) (inédito).
- OTTAWAY, T.L.; WICKS, F.J.; SPOONER, E.T.C. 1986 Characteristics and origin of the Muzo emerald deposits, Colombia. *Fluid Incl. Res.*, 19: p. 322.
- VANKO, A.D.; BODNAR, R.J.; STERNER, S.M. 1988 Synthetic fluid inclusions: VIII. Vapor-saturated halite solubility in part of the system NaCl-CaCl₂-H₂O, with application to fluid inclusions from oceanic hydrothermal system. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 52: 2451-2456.

* Auxílio CNPq, Processo nº 303872/85-3(RN)

CONSIDERAÇÕES SOBRE AS MUDANÇAS DE FASE DURANTE A CRIOMETRIA DAS INCLUSÕES AQUO-NITRO-CARBÔNICAS: O EXEMPLO DA MINA DE SÃO BENTO, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG

KAZUO FUZIKAWA E JAMES VIEIRA ALVES

CDTN - CENTRO DE DESENV. DA TECNOL. NUCLEAR, B.H., MG

MARCOS A. PIMENTA

UFMG - DEPART. DE FÍSICA, B.H., MG

LYDIA M. LOBATO

UFMG - INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, B.H., MG

INTRODUÇÃO

As inclusões fluidas do tipo 1 (Alves et al., 1992) são bifásicas, constituídas por uma fase aquosa de baixa salinidade (equiv. a ~ 6% em peso de NaCl), e outra nitro-carbônica (NC) de densidade variável. Esta última ocupa de 1 a 15% do volume da inclusão. Sua composição de CO₂ + CH₄ + N₂ e traços de HS⁻ foi determinada por microtermometria e espectroscopia Raman.

Essas inclusões apresentam inúmeras transições de fase durante a criometria, e a correta interpretação das mesmas pode, em alguns casos, ser complexa. A descrição do processo e as interpretações apresentadas podem ser de utilidade para os que lidam com sistemas similares, visto que a ocorrência desse tipo de fluido é comum em muitos ambientes geológicos.

CRIOMETRIA E INTERPRETAÇÃO

- 1) Ao se iniciar a criometria a primeira transição de fase que ocorreu foi a heterogeneização da fase NC a temperaturas > -25°C. Ela ocorre num estado duplamente metaestável (Diamond, 1992), visto que à essa temperatura a água deveria estar no estado sólido e o gelo em contacto com a fase NC deveria ter formado compostos clatratos desses gases. Deixando-se aquecer a partir desse momento, mediu-se temperatura de homogeneização dessa fase NC (Th_{NC}) que variava no intervalo de -18 a +13°C. Essas eram as inclusões classificadas como 1b, 1c e 1d (Alves et al., 1992). Essas temperaturas indicam uma densidade equivalente a 1,00 - 0,86 g/cm³ de CO₂. As isócoras correspondentes indicam como pressão de formação dessas inclusões e de seu ambiente geológico valores de 1,8 a 2,9 Kb (Roedder, 1984; Fig. 8.8).
- 2) Nesse processo de resfriamento, nas inclusões do subtipo 1a (Alves et al., 1992) ocorre o congelamento da fase aquosa antes de ocorrer a heterogeneização. Obviamente, nesse caso a Th_{NC} não poderá ser obtida e a densidade respectiva ser indicada. Poder-se-ia apenas ter a indicação do valor mínimo que seria de 1,07 g/cm³ e a pressão mínima de 3,5 Kb (Roedder, 1984; Fig. 8.7 e 8.8). Nas inclusões que tinham sofrido heterogeneização o congelamento da água provoca o desaparecimento súbito da bolha de vapor da fase NC, ou pelo menos a sua contração em função do aumento volumétrico da água após o congelamento. A tentativa da obtenção da temperatura de fusão do gelo (Tf_g) é infrutífera, visto que durante o aquecimento ocorrerá a formação de clatratos. Os valores das Tf_g que, eventualmente, forem observáveis fornecerão salinidades irreais, superiores aos verdadeiros (Collins, 1979; Fuzikawa, 1982). Nesses casos podem ser utilizadas as temperaturas de fusão dos clatratos (Tf_{clatr}) que no presente caso indicaram salinidade equivalente a ~6% em peso de NaCl (Tf_{clatr} = +7,5°C) em inclusões com CO₂ puro (Collins, 1979). Outras inclusões