

1798370

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS FLUIDOS MINERALIZANTES DO PEGMATITO PONTE DA RAIZ, DISTRITO PEGMATÍTICO DE SANTA MARIA DE ITABIRA, MINAS GERAIS**

**Newman Carvalho, D.T. De**

Universidade Federal de Espírito Santo, Departamento de Geomogia

daniela@degeo.ufop.br

**Bello, R.M.S**

Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, São Paulo, Brasil

rosabell@usp.br

**Gandini, A.L**

Universidade federal de Ouro Preto, Departamento de Geologia, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil

gandini@degeo.ufop.br

**Newman, J.A**

Universidade Federal de Espírito Santo, Departamento de Geomogia

newman@degeo.ufop.br

**RESUMO:**

O Pegmatito Ponte da Raiz encontra-se localizado na porção leste do Estado de Minas Gerais, na Província Pegmatítica Oriental do Brasil, Distrito Pegmatítico de Santa Maria de Itabira. Este trabalho descreve as características físico-químicas de 10 amostras de berilo (variedades água-marinha e heliodoro). As características físico-químicas do fluido mineralizante foram obtidas a partir dos estudos microtermométricos das inclusões fluidas presentes nos cristais. Os dados de FTIR permitiram a identificação dos componentes fluidos CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>O dos tipos I e II. As amostras de berilo contêm um grande número de inclusões fluidas trifásicas, sendo mais rara a ocorrência de inclusões monofásicas, bifásicas e polifásicas. Apresentam origens primária, pseudo-secundária e secundária, compostas preferencialmente de soluções aquo-carbônicas. A partir dos dados microtermométricos foi possível caracterizar uma evolução do fluido mineralizador dos cristais de berilo, partindo de sistemas de salinidade mais alta que contêm Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, além de Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, para sistemas com Al<sup>3+</sup>, Zn<sup>+</sup> y Ca<sup>2+</sup>, evoluindo para fluidos de menor salinidade e mais enriquecidos em CO<sub>2</sub>, con Al<sup>3+</sup>, Zn<sup>+</sup> y Li<sup>+</sup>.

**PALAVRAS CHAVE:** Inclusões Fluidas, Berilo, Pegmatito, Microtermometria

**ABSTRACT**

The *Ponte da Raiz* pegmatite is situated in the eastern part of the State of Minas Gerais, Eastern Brazilian Pegmatite Province, Pegmatitic District of Santa Maria de Itabira. This work shows the physicochemical characteristics of 10 beryl samples (varieties aquamarine, and heliodor). The physicochemical characteristics of mineralizing fluids were determined by microthermometric studies of the fluid inclusions in those crystals.. FTIR data permitted the characterization of the fluid components, as CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and H<sub>2</sub>O types I and II. The beryl crystals contain a great number of three-phase inclusions and rarely one-phase, two-phase, multiphase inclusions, which are primary, pseudo-secondary and secondary in origin,

composed basically of aquocarbonic solutions. By means of the microthermometric data, it was possible to characterize a physicochemical evolution for the fluids, ranging from higher salinity systems, containing  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Fe}^{3+}$  to  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^+$  and  $\text{Ca}^{2+}$  bearing systems, and finally to lower salinity  $\text{CO}_2$  richer fluids, with  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^+$  and  $\text{Li}^+$ .

**KEYWORDS:** Fluid Inclusions, Beryl, Pegmatite, Microtermometry

## **INTRODUÇÃO**

O Pegmatito Ponte da Raiz localiza-se à aproximadamente 5km da cidade de Santa Maria de Itabira, às margens do Rio Tanque, porção oriental de Minas Gerais, na Província Pegmatítica Oriental do Brasil compondo junto com uma série de outros corpos pegmatíticos o Distrito Pegmatítico de Santa Maria de Itabira. O acesso à região é feito partindo de Belo Horizonte pela BR-120, até a cidade de Santa Maria de Itabira e por estradas vicinais.

Com o objetivo de caracterizar a evolução físico-química dos fluidos mineralizantes, foram estudadas as inclusões fluidas (10 a 45  $\mu\text{m}$ ) de 10 cristais de berilo (água-marinha e heliodoro) provenientes do Pegmatito Ponte da Raiz, por meio da observação de um total de 250 inclusões. Para tal foram utilizadas duas técnicas analíticas distintas. As análises de FTIR foram realizadas em um espectrômetro *Bomem/Hartmann & Braun*, já os estudos petrográficos e microtermométricos das inclusões fluidas foram realizados em microscópios petrográficos binoculares da marca Leitz Wetzlar, com oculares de 10x e 25x e objetivas de 3,5x, 10x e 32x/UT50 acoplados à platinas da marca CHAIXMECA.

## **O PEGMATITO PONTE DA RAIZ**

Geologicamente o Pegmatito Ponte da Raiz encontra-se encaixado discordantemente em rochas gnáissicas Arqueanas pertencentes ao Grupo Guanhães (2.652  $\pm$  199Ma.) (Marciano 1995). Este apresenta 100m de comprimento por 5 a 10m de espessura. Possui forma tabular, exibindo ainda algumas ramificações com orientações discordantes em relação à encaixante

Trata-se de um pegmatito do tipo zonado simples, apresentando como característica marcante a transição abrupta entre as zonas marginal e intermediária.

Os cristais de berilo ocorrem na zona intermediária e nos corpos de substituição. Apresentam-se, geralmente, translúcidos com coloração azul a azul-esverdeada e raramente amarelada. Os 10 cristais de berilo estudados possuem dimensões que variam de 3,0 a 10,0 cm de comprimento e 1,5 a 6,0 cm de espessura, sendo que 5 apresentam hábito prismático hexagonal com terminação em pinacóide.

## **ESTUDOS PETROGRÁFICOS DAS INCLUSÕES FLUIDAS**

Em geral, as inclusões fluidas presentes nos cristais de berilo amostrados apresentam morfologias irregulares predominantes sobre as regulares (cristais negativos).

As inclusões fluidas primárias distribuem-se segundo orientações paralelas e perpendiculares em relação ao eixo c do mineral hospedeiro, sendo observadas ainda

inclusões com orientação aleatória. Verifica-se ainda, a ocorrência de inclusões fluidas distribuídas ao longo de fraturas de cicatrização, o que sugere uma origem pseudo-secundária e/ou secundária. As inclusões primárias ocorrem mais raramente, predominando em alguns cristais analisados. É comum a presença de estruturas de escape e estrangulamento, bem como o efeito “chuva” nos cristais de água-marinha. Adicionalmente é possível observar a ocorrência de fases sólidas representadas por cristais de coloração castanho-avermelhada, verde, amarela e azulada, sendo, provavelmente, placas de mica provenientes da rocha encaixante.

À temperatura ambiente predominam a ocorrência de inclusões fluidas trifásicas  $[H_2O_{(l)}-CO_{2(l)}-CO_{2(v)}]$  distribuídas ao longo das fraturas de cicatrização. Observa-se ainda inclusões bifásicas aquocarbônicas (l-v), com  $CO_2$  já homogeneizado; estas quando apresentam uma fase sólida tornam-se trifásicas (l-v-s<sub>1</sub>) e quando possuem mais de uma fase sólida tornam-se multifásicas (l-v-s<sub>1</sub>-s<sub>2</sub>). As proporções volumétricas entre as fases líquida e vapor variam de 10 a 75%.

### CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO MINERALIZANTE

Foram registradas as temperaturas de fusão e homogeneização das fases presentes e determinadas as composições químicas das soluções aquosas, por meio das temperaturas de eutético (Te). A salinidade expressa em equivalente da porcentagem em peso de NaCl resultou das medidas da temperatura de fusão do clatrato (Tcl). A análise dos valores de Te, Tcl, da temperatura de homogeneização do  $CO_2$  ( $Th_{CO_2}$ ) e total ( $Th_{total}$ ) permitiram identificar a ocorrência de 3 grupos distintos de inclusões fluidas. Os parâmetros  $d_{CO_2}$ ,  $X_{CO_2}$  y  $d_{fluido}$  foram obtidos por meio da utilização dos programas do pacote CLATHRATES de Bakker (2003) (Tabela 1).

**Tabela 1 – Dados microtermométricos e parâmetros obtidos para as inclusões fluidas das amostras de berilo do Pegmatito Ponte da Raiz.**

Classificação	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Origem	primárias	pseudo-secundárias	secundárias
Forma	cristal negativo, tubular, regular	tubular, regular	irregular, ameboidal
Dimensão	10 a 30 $\mu m$	20 a 40 $\mu m$	20 a 50 $\mu m$
Fases (25°C)	trifásicas y bifásicas	Trifásicas	bifásicas
Distribuição	aleatórias y // al eixo c	alinhasas direções indefinidas	fraturas irregulares
Te	-36 a -29°C	-46 a -41°C	-83 a -78°C
Tf <sub>CO<sub>2</sub></sub>	-56,6°C	-56,7°C	-56,8°C
Tcl	6°C	7°C	9,0°C
Th <sub>CO<sub>2</sub></sub>	31,1°C	25,1°C	17,1°C
d <sub>CO<sub>2</sub></sub>	0.117045g/cm <sup>3</sup>	0.120803g/cm <sup>3</sup>	0.128734g/cm <sup>3</sup>
X <sub>CO<sub>2</sub></sub>	0.027444	0.139501	0.209511
Th <sub>total</sub>	310 a 470°C	300 a 410°C	200 a 250°C
Salinidade	7,15% peso NaCl eq.	5,35% peso NaCl eq.	1,6% peso NaCl eq.
d fluido	0.885346g/cm <sup>3</sup>	0.905030g/cm <sup>3</sup>	0.922790g/cm <sup>3</sup>

Os valores de Te das inclusões primárias, pertencentes ao grupo 1, sugerem a presença de sistemas aquosos com  $Na^+$ ,  $K^+$ , podendo conter  $Fe^{2+}$  e  $Fe^{3+}$ , apresentando

salinidade de 7,15%,  $T_{fCO_2}$  de  $-56,6^{\circ}C$ ,  $T_{hCO_2}$  de  $31,1^{\circ}C$  e  $T_{htotal}$  variando entre  $310$  a  $470^{\circ}C$ . Nas inclusões pseudo-secunárias do grupo 2, os registros de Te sugerem um provável sistema aquoso enriquecido em  $Na^+$ ,  $K^+$  e  $Ca^{2+}$ , podendo conter  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  e  $Al^{3+}$ , apresentando salinidade de 5,35%,  $T_{fCO_2}$  de  $-56,7^{\circ}C$ ,  $T_{hCO_2}$  de  $25,1^{\circ}C$  e  $T_{htotal}$  variando entre  $300$  a  $410^{\circ}C$ . Desse modo, as Te das inclusões dos grupos 1 e 2 sugerem uma evolução na direção do enriquecimento em cálcio. As inclusões secundárias pertencentes ao grupo 3, apresentaram valores de Te indicativos de soluções aquosas enriquecidas em  $Al^{3+}$ ,  $Zn^+$  e  $Li$ , apresentando salinidade de 1,6%,  $T_{fCO_2}$  de  $-56,8^{\circ}C$ ,  $T_{hCO_2}$  de  $17,1^{\circ}C$  e  $T_{htotal}$  variando entre  $200$  a  $250^{\circ}C$ , resultando em um fluido mais desenvolvido e mais enriquecido em álcalis.

As variações das condições de temperatura e pressão mínimas de formação dos cristais sugerem que tais inclusões foram aprisionadas em condições variáveis, fato evidenciado pelos picos de maior frequência para as temperaturas de homogeneização e suas respectivas pressões que são de  $470^{\circ}C$  e  $4.080bar$  (grupo 1), de  $380^{\circ}C$  e  $3.00bar$  (grupo 2) e de  $250^{\circ}C$  e  $2.385bar$  (grupo 3).

Os resultados obtidos indicam que existe uma evolução das soluções que geraram os cristais, que vai de altas a baixas salinidades, com enriquecimento em álcalis cálcio e  $CO_2$ , concordante com a diferenciação do pegmatito descrita por Marciano 1995, que podem ser decorrentes de variações locais nas composições dos fluidos, que poderiam ser responsáveis pelo zonamento geoquímico interno do mesmo.

A análise dos espectros de FTIR mostram a predominância da  $H_2O$  tipo I (bandas  $3.690$ ,  $3.590$  e  $1.630\text{ cm}^{-1}$ ) sobre as do tipo II (bandas  $3.660$  y  $1.540\text{ cm}^{-1}$ ), ocorrendo ainda dentro dos componentes fluidos, o  $CO_2$ , ( $2.354$  y  $2.329\text{ cm}^{-1}$ ) e, mais raramente, o  $CH_4$  ( $2.796\text{ cm}^{-1}$ ). Os espectros de FTIR, ainda comprovam a abundância de inclusões fluidas trifásicas compostas por dois líquidos imiscíveis [ $H_2O_{(l)}-CO_{2(l)}-CO_{2(v)}$ ], uma vez que evidenciam a alta presença de  $CO_2$ , conforme descrito por Newman Carvalho *et al.* (2005).

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bakker, R.J., 1997. Clathrates: computer programs to calculate fluid inclusion V-X properties using clathrate melting temperatures. *Computers & Geosciences* 23: 1-18.
- Marciano, V.R.P.R.O. (1995). O Distrito Pegmatítico de Santa Maria de Itabira, Minas Gerais: mineralogia, geoquímica e zoneografia. São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 216p.
- Newman Carvalho, D.T. de; Gandini A.L.; Bello R.M.S. e Fernandes M.L.S. 2005. Caracterização Morfológica das Inclusões Fluidas no Berilo do Pegmatito Lavra da Generosa, Campo Pegmatítico de Sabinópolis, Minas Gerais. *In: 9° Simp. Geol. Sud. Niterói, SBG – MG, Anais*, abstract 099.