

TERMOGRAVIMETRIA E ANÁLISE TÉRMICA DIFERENCIAL EM ESMERALDAS DAS JAZIDAS DE CAPOEIRANA E BELMONT (MG)

GEYSA ANGELIS ABREU MACHADO^a, ADÉLIA MARIA LIMA DA SILVA^a
AND HANS DANIEL SCHORSCHER^a

^a Departamento de Mineralogia e Petrologia - Instituto de Geociências - USP
Rua do Lago, 562, Cidade Universitária. São Paulo - SP. CEP 05508-900
e-mail: geysa@usp.br

^b Departamento de Química Fundamental - Instituto de Química - USP
Av. Prof. Lineu Prestes, 748, Cidade Universitária. São Paulo - SP. CEP 05508-900
e-mail: amlsilva@quim.iq.usp.br

SYNOPSIS. - Machado, G.A.A., Silva, A.M.L. da & Schorscher, H.D. 1998. Thermogravimetry and differential thermal analysis of emeralds from the Capoeirana and Belmont mines (MG). *An. Assoc. Bras. Quím.*, 47(4), 338-341.

ABSTRACT

Thermogravimetry and differential thermal analysis are applied to various fields of mineral science. The present work illustrates the importance of the application of thermal analysis in the study of emeralds for the determination of water contents and thermal behavior. Genetically different emerald samples were investigated in this study.

Keywords: Emerald, Thermogravimetry, Differential thermal analysis.

(Recebido em 10/09/98. Aceito para publicação em 15/10/98)

INTRODUÇÃO

A esmeralda é uma variedade verde de berilo, $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$, formada através da interação de fluidos ricos em berílio relacionados a granitos, com rochas metaultramáficas ricas em crômio. Sua estrutura cristalina consiste de anéis de tetraedros SiO_4 e BeO_4 ligados a octaedros AlO_6 . Os anéis de SiO_4 estão empilhados formando uma série de canais estruturais (C.E.), abertos, paralelos ao eixo "c" do retículo cristalino. Moléculas de água e CO_2 e íons de metais alcalinos podem ser aprisionados nestes canais. A água aprisionada pode ser de dois tipos: (a) *tipo I*, em coordenação estrutural, com orientação dos eixos H-H dos dipolos paralela ao eixo "c" do cristal; (b) *tipo II*, em coordenação eletrolítica, com os eixos H-H dos dipolos perpendiculares ao eixo "c" do cristal, pela ação do campo elétrico dos íons alcalinos associados (Figura 1) [1-2]. A água pode, ainda, ocorrer como "inclusões fluidas" (I.F.), representando pequenas porções de fluidos inclusos durante a cristalização das esmeraldas.

Machado [3] caracterizou, por espectroscopia de absorção na região do infravermelho, amostras de esmeraldas de diferentes associações genéticas (xistos, veios de quartzo e pegmatóides), determinando qualitativamente água do *tipo II* com álcalis associados e, subordinadamente, água do *tipo I*.

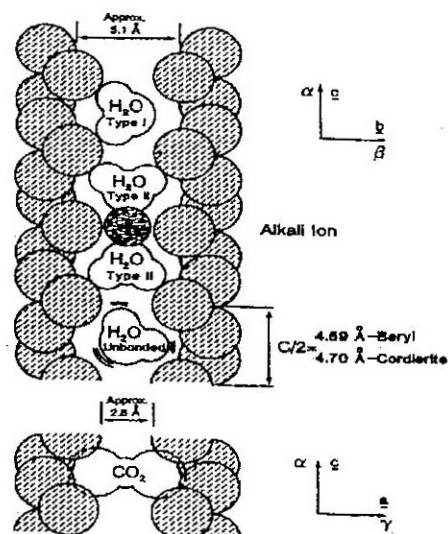


FIG. 1 - Seção transversal esquemática do canal estrutural da esmeralda, mostrando os dois tipos de água e a posição dos íons alcalinos, associados a água do Tipo II, nas partes mais estreitas do canal, segundo Aines & Rossman [2].

O presente trabalho tem por objetivo determinar o teor de água nos C.E. e nas I.F. de esmeraldas, bem como avaliar a estabilidade térmica destes minerais, por Termogravimetria/Termogravimetria Derivada e Análise Térmica Diferencial (TG/DTG-DTA). Na literatura existem artigos excelentes que relatam o uso das técnicas termoanalíticas no estudo de propriedades físicas e químicas de argilas e outros minerais [4-8], sem, no entanto, fazer referências às esmeraldas/ berilos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras de Esmeraldas

Fragmentos de cristais centimétricos de esmeraldas, de diferentes ambientes petrogenéticos, tais como xistos, veios de quartzo e veios pegmatóides, das jazidas de Capoeirana e Belmont (MG) foram selecionados e submetidos a moagem em cadinhos de cerâmica até granulometria silte ($< 0,062 \text{ mm} - 2 \mu\text{m}$).

Os códigos relatados no artigo são:

- . EX = esmeraldas de xistos (BE-08 e G-260);
- . EVQ = esmeraldas de veios de quartzo (B-21 e NE-34);
- . EVP = esmeraldas de veios pegmatóides (NE-31-01, 02 e 06);
- . C.E. = canais estruturais;
- . I.F. = inclusões fluidas.

Termogravimetria/Termogravimetria Derivada - Análise Térmica Diferencial (TG/DTG-DTA)

As curvas TG/DTG-DTA foram obtidas em sistema SDT 2960 da TA Instruments, sob atmosfera estática, no intervalo de temperatura de 25 a 1100°C , utilizando-se razão de aquecimento igual a $10^\circ\text{C min}^{-1}$, massas de amostras da ordem de 14 a 20 mg e $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ altamente sinterizada como material de referência (na quantidade de $\sim 18 \text{ mg}$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As composições isotópicas da água da esmeralda de diferentes associações foram medidas diretamente da água preservada como I.F. e nos C.E. do mineral (Machado et al., em preparação). A água liberada durante o aquecimento apresentou duas composições isotópicas distintas: abaixo de 800°C (sendo considerada como água derivada das I.F.) e acima de 800°C (sendo considerada como a água de formação, contida nos C.E. da esmeralda). Os teores de água obtidos por estas

análises foram de, aproximadamente, 0,05 a 0,16 % para a água das I.F. e de 1,08 a 2,16 % para a água dos C.E. Estes resultados serão, no que se segue, comparados com os dados deste trabalho, obtidos por TG/DTG-DTA.

O comportamento térmico das esmeraldas de xistos (EX), de veios de quartzo (EVQ) e de veios pegmatóides (EVP), não mostraram diferenças significativas nas curvas TG/DTG-DTA (Figuras 2-7).

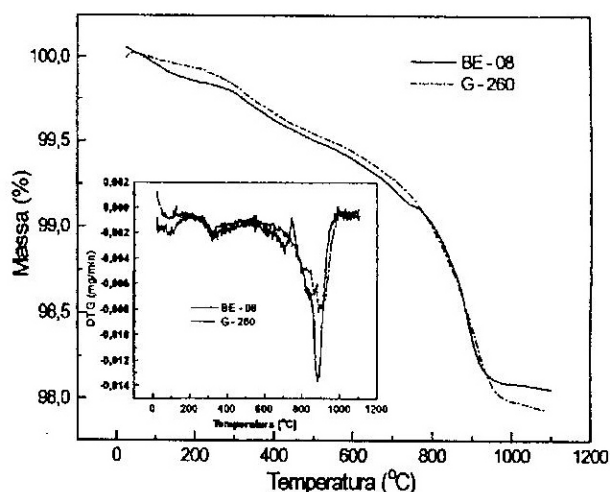


FIG. 2 - Curvas TG de esmeraldas de xistos (insert DTG).

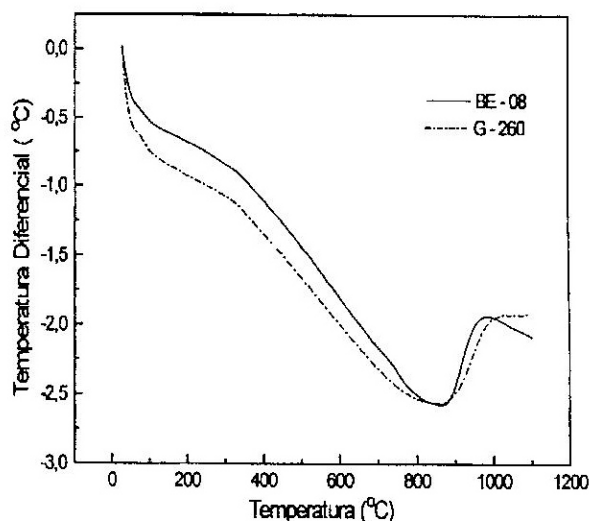


FIG. 3 - Curvas DTA de esmeraldas de xistos.

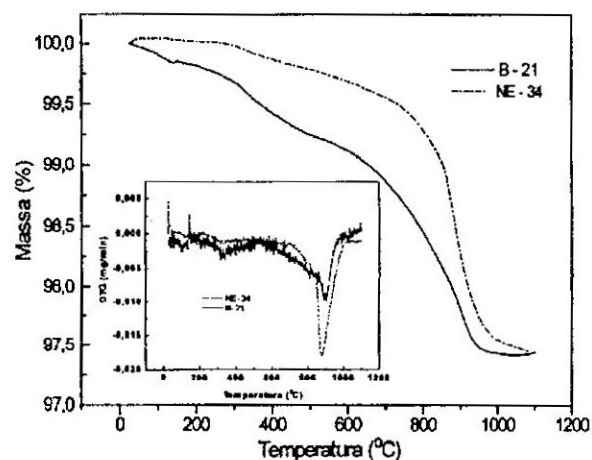


FIG. 4 - Curvas TG de esmeraldas de veios de quartzo (insert DTG).

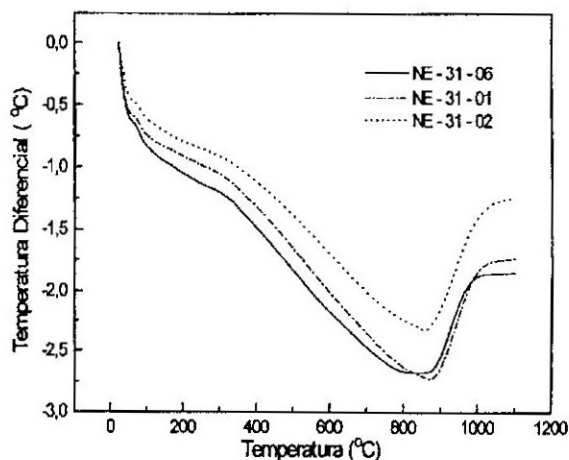


FIG. 7 - Curvas DTA de esmeraldas de veios pegmatóides.

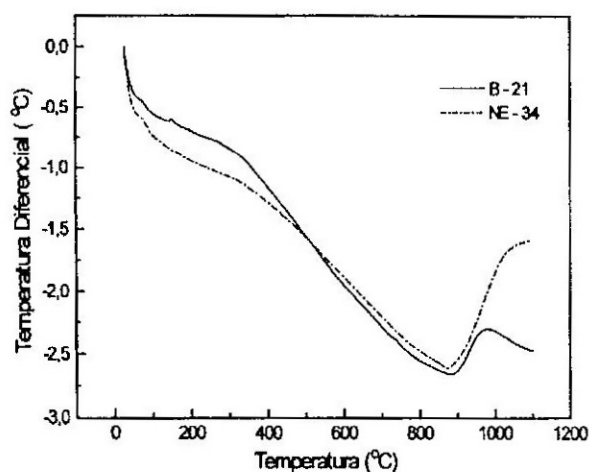


FIG. 5 - Curvas DTA de esmeraldas de veios de quartzo.

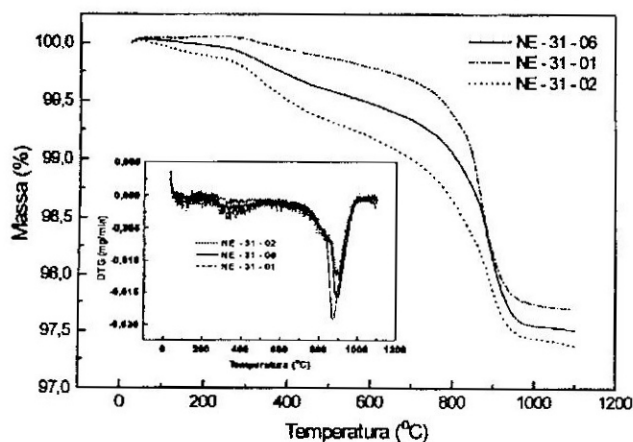


FIG. 6 - Curvas TG de esmeraldas de veios pegmatóides (insert DTG).

O processo térmico ocorreu em três etapas principais, evidenciadas por picos nas curvas DTG em $\sim 150^{\circ}\text{C}$ (água livre), $\sim 300^{\circ}\text{C}$ (água das I.F.) e $\sim 900^{\circ}\text{C}$ (água dos C.E.). As curvas DTA para todas as amostras evidenciaram um pico endotérmico largo, no intervalo de 100 a 1100°C (com máximo em $\sim 860^{\circ}\text{C}$), relativo ao processo de liberação de toda a água contida nas esmeraldas.

Os teores de água de umidade (água livre), das inclusões fluidas (I.F.) e dos canais estruturais (C.E.), dos três tipos genéticos de esmeraldas, determinados por TG/DTG-DTA, são apresentados na Tabela 1. Considerando que a força de aprisionamento e retenção da água nas esmeraldas cresce na ordem, água livre < água intersticial < água coordenada e, com base nos picos das curvas DTG, foram adotados os seguintes intervalos de temperatura para os cálculos de perda de massa: de 25 a 200°C para água livre (umidade), de 200 a 500°C para água das I.F. e de 500 a 1100°C para água dos C.E. (água coordenada).

As curvas TG indicaram perdas de massa de $\sim 1,95$ a $2,56\%$ como somatórias da desidratação das I.F. e dos C.E.. Em média, as esmeraldas de xistos perderam $1,52\%$, as de veios de quartzo $2,08\%$ e as de veios pegmatóides $2,07\%$ de água acima de 500°C , considerada, principalmente, dos C.E. Esses teores estão dentro da faixa daqueles obtidos pelas análises isotópicas.

TABELA 1

Dados termoanalíticos da água nas esmeraldas das Jazidas de Capoeirana e Belmont (MG).

ESMERALDAS	AMOSTRAS	TG		DTA	
		% ÁGUA Livre	% ÁGUA I.F.	% ÁGUA C.E.	T _p (°C)
XISTOS	G-260	0,06	0,38	1,57	864
	BE-08	0,14	0,37	1,46	859
VEIOS DE QUARTZO	B-21	0,18	0,57	1,81	870
	NE-34	-	0,21	2,35	871
VEIOS	NE-31-01	-	0,13	2,20	871
PEGMATÓIDES	NE-31-02	0,12	0,58	1,92	867
	NE-31-06	0,02	0,39	2,09	857

Água: Livre (DT = 25 - 200°C); Inclusões fluidas, I.F. (DT = 200 - 500°C); Canais estruturais, C.E. (DT = 500 - 1100°C); T_p: temperatura de pico na curva DTA.

CONCLUSÕES

A água de importância para a gênese das mineralizações ocorre, nas esmeraldas, como "inclusões fluidas" (IF) e nos canais estruturais (C.E.). A água nos C.E. representa uma pequena porção do fluido original, a partir do qual o mineral se formou; a água das I.F. pode sofrer contaminações posteriores e, assim, não necessariamente, indica a composição do fluido original. Determinados por TG/DTG-DTA, os teores de água das I.F. e dos C.E., associados a outros dados termodinâmicos e metalogenéticos (tais como temperatura, quimismo e pressão parcial de fluidos no meio mineralizante, entre outros), poderão contribuir para a melhor compreensão da formação desse valioso mineral-gema e seus depósitos. A relação de proporcionalidade direta, simples, entre a pressão total na formação do mineral e seus teores de água nos C.E., conforme às vezes aceita na literatura, não foi verificada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelas bolsas concedidas, à Verônica Gabriel dos Santos pelo apoio técnico, à Maria de Fátima Vitória de Moura pelas sugestões e ao LATIG-IQ-USP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. WOOD, D. L. & NASSAU, K. 1968. American Mineralogist, 53, 777.
2. AINES, R.D. & ROSSMAN, G.R. 1984. American Mineralogist, 69, 319.
3. MACHADO, G. A. A. 1994. Dissertação de Mestrado, DMP/IG/USP.
4. LE CHATELIER, H. 1887. Bull. Soc. Franc. Mineral. Cryst., 10, 204.
5. PAULIK, F. & ARNOLD, M. 1993. J. Thermal Anal., 39, 1079.
6. STOCH, L. 1997. J. Thermal Anal., 48, 121.
7. ABDEL-REHIM, A. M. 1997. J. Thermal Anal., 48, 177.
8. DE, K., GERTH, K., BÜCHEL, G. & HARTMANM, E. 1997. J. Thermal Anal., 48, 73.