

SENSIBILIDADE TL DO QUARTZO COMO POTENCIAL GEOTERMÔMETRO

André Oliveira Sawakuchi¹, Regina DeWitt², Frederico Meira Faleiros³

¹Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, andreos@usp.br; ²Radiation Dosimetry Laboratory (Oklahoma State University), USA; ³CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

Introdução

O quartzo (SiO₂) é mineral comum de rochas ígneas e metamórficas crustais e se cristaliza em um amplo intervalo de temperatura e pressão (até 2400°C e 40 kbar). A termoluminescência (TL) do quartzo tem sido intensamente estudada nas últimas décadas (Krbetschek et al., 1997). A TL corresponde à emissão de luz por materiais previamente expostos à radiação ionizante e estimulados por calor. A TL relaciona-se à impurezas e defeitos no retículo cristalino do quartzo. A incorporação de impurezas (ex. Al³⁺ e Ti⁴⁺) e formação de defeitos no quartzo é controlada pela sua temperatura de cristalização (Wark and Watson, 2006; Preusser et al., 2009). Esta relação permitiria o uso da TL para estimativas de temperaturas de cristalização do quartzo. Este estudo avalia a correlação entre a sensibilidade TL (intensidade de luz emitida para determinada dose de radiação ionizante) de amostras de quartzo e suas temperaturas de cristalização estimadas por métodos independentes. Foram utilizadas amostras de quartzo extraído de veios hidrotermais e xisto da Zona de Cisalhamento Ribeira. As temperaturas de cristalização destas amostras foram estimadas por microtermometria de inclusões fluidas e química mineral (Faleiros et al., 2007; Faleiros et al., 2010). A descrição mais detalhada dos resultados obtidos neste estudo foram apresentadas em Sawakuchi et al. (2011).

Materiais e métodos

As temperaturas e pressões de cristalização das amostras de quartzo utilizadas neste estudo são apresentadas na Tabela 1.

O sinal TL natural das amostras de quartzo foi eliminado por meio de exposição à luz solar por 3 a 5 hs. Posteriormente, as amostras foram irradiadas com dose de 0,5 Gy de radiação beta. Curvas TL foram obtidas com estímulo a temperaturas de até 500°C, sob taxa de 5°C/s. A irradiação e medidas TL foram executadas em sistema Risø DA-15 TL/OSL equipado com filtro U-340 (290-370 nm) e fonte de radiação beta ⁹⁰Sr/⁹⁰Y (taxa de dose = 104mGy/s). Foram utilizadas 3 alíquotas de mesmo volume por amostra. A sensibilidade TL foi calculada a partir da integral da curva TL no intervalo entre 200 e 400°C (temperatura de estimulação).

Temperaturas de cristalização vs. sensibilidade TL

As curvas TL de cada amostra apresentam formas variáveis. Isto se deve à presença de impurezas ou defeitos distintos nos cristais de quartzo. Apesar das curvas TL serem caracterizadas por diversos componentes gerados pela sobreposição de picos em temperaturas distintas, destacam-se os componentes nos intervalos de temperatura de estimulação 90-110°C e 200-400°C (Figura 1).

Os componentes TL dos intervalos 90-110°C e 200-400°C apresentam aumento de intensidade com o incremento da temperatura

de cristalização do quartzo. No entanto, o componente 90-110°C é instável e apresenta decaimento espontâneo (David & Sunta, 1985). Por este motivo, avaliou-se a sensibilidade do componente TL no intervalo 200-400°C. O aumento da sensibilidade TL na região 200-400°C com o incremento da temperatura de cristalização do quartzo é aproximadamente linear (Figura 2). Destaca-se que esta relação linear é restrita às temperaturas de cristalização das amostras estudadas, ou seja, entre 209°C e 633°C.

Sensibilidade TL como geotermômetro

Apesar do caráter exploratório deste estudo, os resultados obtidos indicam influência significativa da temperatura de cristalização sobre a sensibilidade TL do quartzo. Supõe-se que a sensibilidade TL seja controlada pela quantidade e tipos de defeitos intrínsecos (vacâncias de Si e O) e extrínsecos (substituição de Si^{4+} por Al^{3+} , Ti^{4+} , Ge^{4+} , etc.), cuja formação é dependente da temperatura de cristalização do quartzo. No entanto, estudos adicionais são necessários para avaliar esta relação.

A relação linear entre a temperatura de cristalização e a sensibilidade TL apresenta uso potencial como geotermômetro. Geotermômetro baseado na TL do quartzo seria vantajoso pelo amplo espectro de ocorrência do quartzo nas rochas ígneas e metamórficas e pela facilidade, rapidez e baixo custo instrumental para realização das medidas TL. Geotermômetro baseado em quartzo pode ainda ser vantajoso para materiais como quartzitos, cuja homogeneidade mineralógica pode dificultar a aplicação de outros métodos de geotermometria.

Agradecimentos

Este trabalho teve o apoio financeiro da FAPESP (processos: 2006/54649-4, 2007/54889-8 e 2009/52270-6).

Referências

- David, M., Sunta, C.M. 1985. Quartz dosimeter for archaeological dating. *Nuclear Tracks and Radiation Measurements* 10, 625-629.
- Faleiros, F.M., Campanha, G.A.C., Bello, R.M.S., Fuzikawa, K. 2007. Fault-valve action and vein development during strike-slip faulting: an example from the Ribeira Shear Zone, Southeastern Brazil. *Tectonophysics* 438, 1-32.
- Faleiros, F.M., Campanha, G.A.C., Bello, R.M.S., Fuzikawa, K. 2010. Quartz recrystallization regimes, c-axis texture transitions and fluid inclusion reequilibration in a prograde greenschist to amphibolite facies mylonite zone (Ribeira Shear Zone, SE Brazil). *Tectonophysics* 485, 193-214.
- Krbetschek, M.R., Göetze, J., Dietrich, A., Trautmann, T. 1997. Spectral information from minerals relevant for luminescence dating. *Radiation Measurements* 27 (5/6), 695-748.
- Preusser, F., Chitambo, M.L., Götze, T., Martini, M., Ramseyer, K., Sendezera, E.J., Susino, G.J., Wintle, A.G. 2009. Quartz as a natural luminescence dosimeter. *Earth-Science Reviews* 97, 184-214.
- Sawakuchi, A.O., DeWitt, R., Faleiros, F.M. 2011. Correlation between thermoluminescence sensitivity and crystallization temperatures of quartz: potential application in geothermometry. *Radiation Measurements* 46, 51-58.
- Wark, D.A., Watson, E.B. 2006. TitanQ: a titanium-in-quartz geothermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 152, 743-754.

Tabela 1. Temperaturas e pressões de cristalização das amostras estudadas.

Amostra	Temperatura (°C)	Pressão (kbar)
F-5	209 ±15	0,5-2,0
F-200	218,0 ±1,6	0,3-0,7
F-49	318,7 ±1,2	0,5-1,7
F-254	360,1 ±1,3	0,5-1,3
F-45	397,6 ±1,4	1,3-2,2
M-214C	633 ±27	5,2-7,4

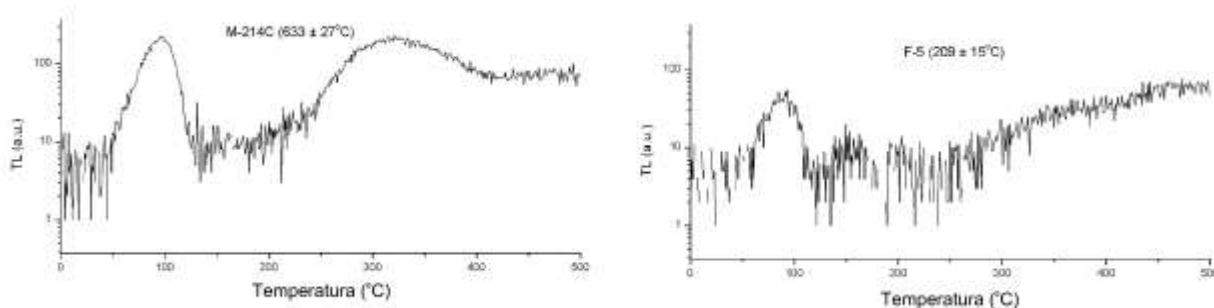


Figura 1. Curvas TL obtidas para as amostras F-5 e M-214C. Notar o aumento da intensidade TL da amostra F-5 ($T_c = 209 \pm 15^\circ\text{C}$) para a amostra M-214C ($T_c = 633 \pm 27^\circ\text{C}$). T_c = Temperatura de cristalização. TL em unidades arbitrárias (a.u.).

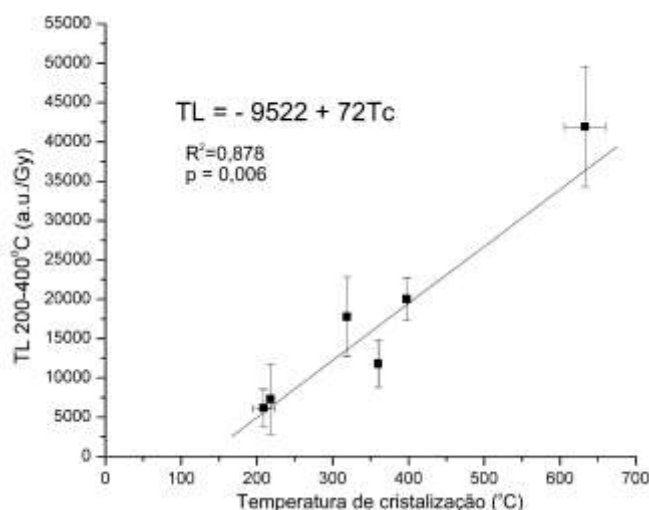


Figura 2. Correlação entre a sensibilidade TL da região 200-400°C e temperaturas de cristalização do quartzo. As barras de erro da sensibilidade TL correspondem ao desvio padrão das medidas de 3 alíquotas. $TL = -9522(\pm 4376) + 72(\pm 13) T_c$ ($R^2 = 0,878$, $p = 0,006$). A sensibilidade TL é apresentada em unidades arbitrárias (a.u.) normalizadas pela dose de radiação beta administrada (0,5 Gy).