

## PECULIARIDADES NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS MINERAIS EM GRANULITOS DE ALTA TEMPERATURA

Julia Belandrino Rusig

Renato de Moraes

Universidade de São Paulo

jubelarus@usp.br

### Objetivos

Esta pesquisa teve como principal objetivo investigar a composição química de minerais presentes em granulitos, nos quais observamos desde temperaturas do início da fácies - em torno de 800 °C - até as condições de temperatura ultra-alta - acima de 900 °C, e, possivelmente, estabelecer os parâmetros composicionais que distinguem os pares de granada e piroxênios de temperaturas normais da fácies granulito, daqueles pares de temperatura ultra-alta, em rochas que não apresentam paragêneses diagnósticas.

### Métodos e Procedimentos

Em um primeiro momento, foi realizado levantamento e compilação de dados da literatura, com enfoque em dados de química mineral de granada e piroxênios presentes em granulitos da *Nappe* Socorro-Guaxupé obtidos em artigos, dissertações de mestrado e teses de doutorado. Os dados disponíveis foram, em seguida, tabelados e as fórmulas estruturais dos piroxênios foram calculadas de acordo com o método indicado por Spear (1993), com  $\text{Fe}^{+3}$  calculado por balanço de cargas, visando obter uma padronização dos dados coletados. Estes cálculos foram realizados por meio do *software* AX de Tim Holland, disponível em seu site. Posteriormente, foi realizada a distribuição do conteúdo de cátions recalculados nos sítios catiônicos existentes na fórmula estrutural geral dos piroxênios de acordo com o estabelecido por Robinson (1980).

Em um segundo momento, uma série de gráficos baseados nos possíveis vetores de troca (Spear, 1993) foram realizados, com o objetivo de identificar tendências composicionais exclusivas dos minerais formados sob condições de temperaturas ultra-altas. Além disso, também foram realizados histogramas dos elementos, de acordo com o seu conteúdo nos diferentes sítios catiônicos, com o intuito de explorar e comparar as composições químicas de orto- e clinopiroxênio, bem como suas divergências e analisar possíveis tendências de preenchimento dos sítios de acordo com as distintas condições de pressão e temperatura das amostras estudadas.

No caso da granada, sua fórmula estrutural foi novamente calculada por meio do *software* AX de Tim Holland e, devido a sua menor variedade e complexidade de sítios catiônicos, realizou-se o cálculo de seus membros-finais. Em seguida, diagramas ternários foram elaborados, com o intuito de discernir padrões composicionais de cada amostra.

### Resultados

No caso do ortopiroxênio, as substituições (ou vetores de troca) que mais apresentaram tendência nítida – a partir dos diagramas binários – foram: a substituição de Tschermak ( $\text{Al}^{\text{VI}}\text{Al}^{\text{IV}}\text{Mg}_{-1}\text{Si}_{-1}$ ), o vetor de troca  $\text{FeMg}_{-1}$  – comum na maioria dos minerais que incorporam Fe e Mg - e o vetor  $\text{CaFe}_{-1}$ .

Para o clinopiroxênio, as duas primeiras substituições citadas anteriormente -  $\text{Al}^{\text{VI}}\text{Al}^{\text{IV}}\text{Mg}_{-1}\text{Si}_{-1}$  e  $\text{FeMg}_{-1}$  – também apresentaram maior

tendência. Contudo, as trocas  $\text{Al}^{\text{IV}} - \text{Al}^{\text{VI}}$  - no qual as amostras que apresentam as maiores temperaturas calculadas (granada granulito) se encontram na extremidade direita enquanto as de menor temperatura (granulitos félsicos) se encontram à esquerda - e Ca-Na, também se demonstraram significantes.

Em relação à granada, de forma geral, temos que as amostras exibem uma tendência Fe-Mg – com exceção da FSR036y – demonstrando uma proporção de grossulária relativamente semelhante (Fig. 1). O conteúdo de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  é relativamente baixo, acarretando porcentagens ínfimas de uvarovita.

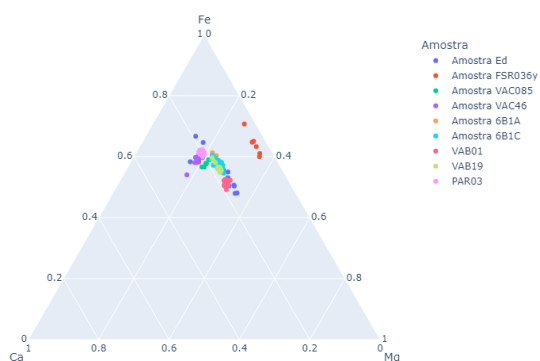


Figura 1: Diagrama ternário da composição de granada

## Conclusões

Para o ortopiroxênio, obtivemos que – principalmente para os granulitos félsicos – as maiores temperaturas estimadas para as condições de metamorfismo entre as amostras coletadas estão associadas a um maior conteúdo de Al total, inclusive, no sítio tetraédrico. Outra observação se dá a respeito do conteúdo de Mg e  $\text{Fe}^{+2}$ , uma vez que uma maior temperatura aparenta estar associada a um conteúdo mais alto de Mg e, por consequência, mais baixo de  $\text{Fe}^{+2}$ .

Para o clinopiroxênio, novamente, observamos que o conteúdo de Al total tende a aumentar juntamente à temperatura, de acordo com o diagrama binário  $\text{Al}^{\text{IV}} \times \text{Al}^{\text{VI}}$ . No que se refere ao diagrama binário Fe x Mg, apesar da substituição  $\text{FeMg}_{-1}$  demonstrar uma tendência considerável, sua interpretação quanto a possíveis relações com a temperatura é mais difícil.

Acerca da granada, concluiu-se que quanto maior a temperatura, mais rica em Mg se torna sua composição (Fig. 1), estando de acordo com o observado para o ortopiroxênio.

## Referências Bibliográficas

- Del Lama, E.A., Zanardo, A., Oliveira, M.A.F. & Morales, N. 2000. Exhumation of high-pressure granulites of the Guaxupé Complex, Southeastern Brazil. *Geological Journal* 35, 231 - 249.
- Motta, R, G. 2018. Formação, transformação e evolução da crosta continental inferior: Investigando o Orógeno Brasília Meridional. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo (USP). São Paulo. (15/22355-0)
- Negri, F.D., & Oliveira, M.A. (2005). Geoquímica e geotermometria dos granulitos máficos associados às rochas supracrustais da extremidade meridional do domínio socorro, região de São Francisco Xavier, SP. *Brazilian Journal of Geology*, 35, 591-602.
- Rocha, B. C., Moraes, R., Möller, A., Cioffi, C. R., Jercinovic, M.J. 2017. Timing of anatexis and melt crystallization in the Socorro-Guaxupé Nappe, SE Brazil: insights from trace element composition of zircon, monazite and garnet coupled to U-Pb geochronology. *Lithos*, 277: 337-355.
- Robinson, P. 1980. The composition space of terrestrial pyroxenes - internal and external limits. In C. T. Prewitt, ed., *Pyroxenes*, Mineral. Soc. Amer. Rev. Mineral. 7, 419-494.
- Spear, F.S. 1993. *Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths*. Mineralogical Society of America Monograph. Chelsea, Michigan. p 799.
- Tavares, F. M. Evolução geotectônica da região de Santa Rita do Sapucaí, MG. , 2008. Dissertação (Mestrado em Geologia)-Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- Vinagre, R. 2014. O Batólito Serra da Água Limpa, Parte do Arco Magmático da Nappe Socorro-Guaxupé, Faixa Brasília Meridional. IX, 271p.; 29,7 cm (Instituto de Geociências-UFRJ. Dr., Curso de Pós-Graduação em Geologia, 2014).