



Student Chapter – USP NEWS

Society of Economic Geologists

Magnetita como ferramenta petrogenética na gênese de depósitos

Um dos pilares da exploração mineral está na geoquímica. Broughm et al., 2017), além da comparação da assinatura química de depósitos (e.g. depósitos IOCG por Huang et al., 2019).

Esta forma, a magnetita se mostra uma excelente ferramenta petrogenética, que pode levar a novas descobertas sobre a origem de depósitos minerais, assim como melhor entendimento da evolução de sistemas complexos, em especial os que envolvem mistura de fontes e sobreposição de eventos, com diferentes tipos e gerações de magnetitas associadas.

Um traço presentes nos minerais podem ser determinados por um conjunto de técnicas avançadas como microsonda eletrônica de varredura (MEV), espectrometria de massa com plasma acoplado a um sistema de ablação a laser (LA-ICP-MS) e microsonda eletrônica (EPMA). Todas essas análises são importantes para a caracterização de um depósito mineral e seus respectivos vetores e *fingerprints* para o auxílio na busca por outros depósitos minerais similares, tanto em *brownfields* (região ao entorno de depósitos minerais já descobertos, com melhor conhecimento e potencial conhecido) como em *greenfields* (regiões ainda pouco exploradas, fronteiras na pesquisa mineral). Recentemente, minerais como magnetita, apatita, granada, turmalina, clorita e anfibólio estão ganhando destaque como boas ferramentas petrogenéticas na caracterização da assinatura química na gênese de depósitos minerais, pois possuem elementos discriminantes que se apresentam como bons indicadores de condições físico-químicas para a formação de diferentes tipos de depósitos.

A magnetita (Fe_3O_4 , Fig.1 A) é um dos óxidos mais abundantes na Terra e é muito usada em estudos geofísicos devido a sua propriedade magnética (ímã verdadeiro). Mineralogicamente, pertence ao grupo do espinélio ($Fd3m$, AB_2O_4) e apresenta grande resistência ao intemperismo e transporte. Durante a sua formação ocorrem substituições em seus sítios cristalográficos de elementos como Mg, Zn, Ni, Mn, Fe^{2+} , Al, Cr, Fe^{3+} , V^{4+} e Ti^{4+} promovendo uma relação complexa de soluções sólidas parciais e completas entre os minerais do grupo (e.g. ulvoespinélio, hercenita, cromita, galaxita, gahnita, frankilinita, jacobsita, espinélio; Nadoll et al., 2014). Esses elementos que são incorporados nas substituições ocorrem entre 10 ppm a mais de 1000 ppm e apresentam variações sistemáticas que tornam possível a utilização dos mesmos como indicadores geoquímicos (Nadoll et al., 2014).

Tal como abordado na revisão de Nadoll et al. (2014), a magnetita, seja de origem ígnea, metamórfica, diagenética ou hidrotermal, ocorrendo em fases abundantes ou de forma acessória, é uma fase mineral promissora no estudo de uma ampla gama de depósitos minerais, incluindo: BIF (*Banded Iron Formation*, Fig.1 B), *skarns* (ferrícos, cálcicos e magnesianos), depósitos tipo pórfiro, IOCG (Iron Oxide Copper-Gold), IOA (Iron Oxide-Apatite), Climax, VMS (Volcanogenic Massive Sulfide) e veios mineralizados em Ag-Pb-Zn. A caracterização da composição química da magnetita, pode fornecer importantes parâmetros físico-químicos, como de fugacidade de oxigênio (fO_2), temperatura e pressão através de *proxys* de tamponamento, fração molar de Fe e Mg e fatores de fracionamento isotópico. Usualmente, também é associada com a geoquímica de outros minerais presentes no depósito, como é o caso da apatita em depósitos do tipo IOCG e IOA (Fig.1, C e D), por exemplo. O estudo petrográfico da magnetita em si também é muito importante para a integração dos resultados, como padrões de crescimento, inclusões, alteração, deformação, oxidação e exsolução de outras fases minerais, que atestam a evolução do sistema. Diagramas discriminantes (Fig.1, E e F) para o ambiente de formação de magnetita são utilizados nestes estudos (Dupuis e Beaudoin et al., 2011; Dare et al., 2014; Nadoll et al., 2014; Deditius et al., 2018;

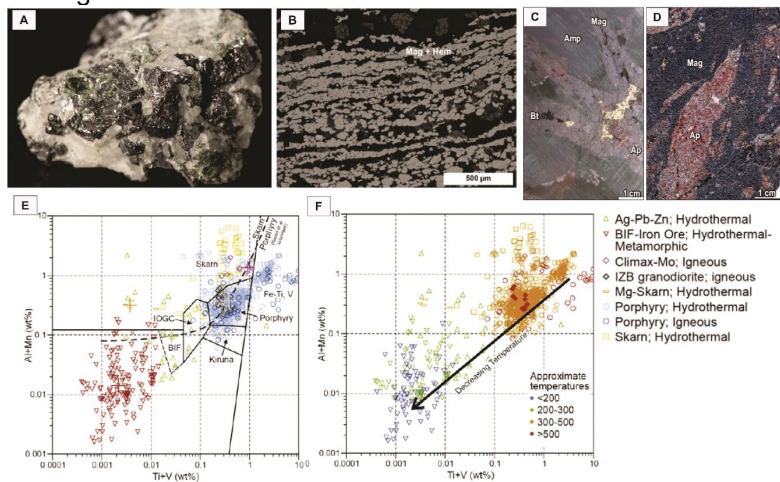


Figura 1. (A) Amostra macroscópica de mineral de magnetita (Fonte: Coleção didática IGC-USP); (B) Microbandamento em lâmina petrográfica de magnetita em BIF, Marra Mamba Iron Formation, Austrália (Fonte: Nadoll et al., 2014); (C e D) Ocorrência de corpos brechados por magnetita no depósito IOA, Great Bear Magmatic Zone, Canadá (Fonte: Corriveau, Montreuil & Potter, 2016); (E e F) Assinatura química de diferentes magnetitas indicada por diagramas discriminantes (Fonte: Nadoll et al., 2014).

BIBLIOGRAFIA

Broughm, S. G., Hanchar, J. M., Tornos, F., Westhues, A., & Attersley, S. (2017). Mineral chemistry of magnetite from magnetite-apatite mineralization and their host rocks: examples from Kiruna, Sweden, and El Laco, Chile. *Mineralium Deposita*, 52, 1223-1244.

Corriveau, L., Montreuil, J. F., & Potter, E. G. (2016). Alteration facies linkages among iron oxide copper-gold, iron oxide-apatite, and affiliated deposits in the Great Bear magmatic zone, Northwest Territories, Canada. *Economic Geology*, 111(8), 2045-2072.

Dare, S.A., Barnes, S.J., Beaudoin, G., Méric, J., Boutroy, E., Potvin-Doucet, C., 2014. Trace elements in magnetite as petrogenetic indicators. *Mineralium Deposita*, 49(7), 785–796.

Deditius, A. P., Reich, M., Simon, A. C., Suvorova, A., Knipping, J., Roberts, M. P., ... & Saunders, M. (2018). Nanogeochemistry of hydrothermal magnetite. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 173, 1-20.

Deditius, A. P., Reich, M., Simon, A. C., Suvorova, A., Knipping, J., Roberts, M. P., ... & Saunders, M. (2018). Nanogeochemistry of hydrothermal magnetite. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 173, 1-20.

Dupuis, C., & Beaudoin, G. (2011). Discriminant diagrams for iron oxide trace element fingerprinting of mineral deposit types. *Mineralium Deposita*, 46, 319-335.

Huang, S.-W., Boutroy, E., Makvandi, S., Beaudoin, G., Corriveau, L., De Toni, A.F., 2019. Trace element composition of iron oxides from IOCG and IOA deposits: relationship to hydrothermal alteration and deposit subtypes. *Mineralium Deposita*

Materiais Didáticos IGC USP: Magnetita: <https://didatico.igc.usp.br/minerais/oxidos-hidroxidos/magnetita/> (Acessado em Maio de 2023).

Nadoll, P., Mauk, J. L., Leveille, R. A., & Koenig, A. E. (2015). Geochemistry of magnetite from porphyry Cu and skarn deposits in the southwestern United States. *Mineralium Deposita*, 50, 493-515.