

ASPECTOS DA MINERALIZAÇÃO DE Zn SUPERGÊNICA NÃO-SULFETADA DO DEPÓSITO DE FLORIDA CANYON, NA AMAZÔNIA PERUANA

Saulo Batista de Oliveira¹ (saulo.oliveira@ymetais.com.br), Caetano Juliani² (cjuliani@usp.br), Lena Virginia Soares Monteiro² (lena.monteiro@usp.br)

¹ Votorantim Metais, ² Instituto de Geociências - USP, Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia

INTRODUÇÃO

Os depósitos e ocorrências sulfetadas de Zn-Pb e não sulfetadas de Zn do distrito de Bongará, Departamento Amazonas, no norte do Peru tem sido alvo de diversos trabalhos de exploração mineral nos últimos anos (Wright *et al.*, 2010, Pennigton *et al.*, 2014). As ocorrências mais conhecidas são Rio Cristal e San Jose (Boni & Mondillo, 2015) que possuem mineralização não-sulfetada predominante. O depósito mais representativo da região em termos de extensão espacial e tonelagem é Florida Canyon cujas mineralizações sulfetadas foram estudadas por Basuki *et al.* (2008) e Basuki & Spooner (2009). As mineralizações sulfetadas são predominantemente *stratabound*, hospedadas nas rochas carbonáticas da Bacia Pucará, de idade Triássica a Jurássica. Este trabalho enfoca as mineralizações supergênicas de Zn associadas as mineralizações sulfetadas primárias do depósito de Florida Canyon, geradas entre Paleógeno e Quaternário.

CONTEXTO GEOLÓGICO

As mineralizações zinco-plumbíferas do depósito de Florida Canyon estão hospedadas em rochas carbonáticas da base do Grupo Pucará, que ocorre sobre o embasamento gnáissico Pré-Cambriano do Complexo Marañon. Segundo Rosas *et al.* (2007), a Bacia Pucará é uma bacia pós-*rift sag* que se desenvolveu durante o final do Triássico e início do Jurássico numa estrutura alongada NNW, com a espessura do pacote sedimentar diminuindo em direção ao continente. As sequências sedimentares representativas da fase *rift* são arenitos e conglomerados arcoseanos continentais e rochas vulcânicas do Grupo Mitu de idade permiana a triássica. Ainda segundo Rosas *et al.* (2007), as unidades sedimentares da bacia são estratigraficamente subdivididas em três partes, quais sejam: i) carbonatos plataformais em suas porções superior (Formação Condorsinga) e ii) inferior (Formação Chambará); e iii) uma fácies intermediária de águas profundas, com menor aporte sedimentar (Formação Aramachay), que resultou em uma camada argílica regional rica em matéria orgânica. A Formação Chambará é formada por calcários finos betuminosos, depositados em ambiente marinho aberto, com leitos de evaporitos. A Formação Aramachay é constituída por folhelhos betuminosos e arenitos, *cherts* e sedimentos fosfáticos, depositados em ambiente estuarino profundo, com circulação restrita. A Formação Condorsinga é formada por calcários bioclásticos e *chert* (argilosos a arenosos) e folhelhos de fácies mais rasa do que os ambientes das duas formações anteriores, provavelmente representando um evento regressivo (INGEMMET, 1995). Recobrimdo a sequência do Grupo Pucará estão os sedimentos continentais da Formação Goyllarisquizga.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram selecionadas 36 amostras de sondagem, representativas dos diferentes tipos de mineralizações, ao longo de todo depósito para confecção de seções polidas para descrição ao microscópio ótico e análises por difração de raios X, realizadas por F.A. Ingenieros E.I.R.L, em Lima, Peru.

Para estudos quantitativos da mineralogia foram selecionadas 65 amostras de sondagem também cobrindo as variedades mineralógicas e texturais das mineralizações ao longo do depósito. O estudo mineralógico foi realizado em microscópio eletrônica de varredura (MEV). As amostras foram metalizadas com carbono e analisadas em microscópio FEI, Quanta 600 FEG, com *software* analisador automatizado (MLA – *Mineral Liberation Analyser*) acoplado e sistema de microanálise por EDS Espirit Bruker (20Kve), no Centro de Microscopia da Universidade Federal de Minas Gerais (CM-UFG), Brasil. As análises mineralógicas e associações minerais realizadas consideraram tanto contraste de número atômico como a composição química de cada fase (imagens de elétrons retro-espalhados e espectros de raios X característicos por EDS, modo GXMAP. As imagens digitais obtidas foram processadas para determinação da composição mineralógica quantitativa modal.

Cabe ressaltar que existe uma limitação do método MEV-MLA para separação das fases willemita (Zn_2SiO_4) e hemimorfita ($Zn_4Si_3O(OH)_2$) sendo ambos identificados como “silicato de zinco” indiferenciadamente. No entanto, nas análises microscópica e de difração de raios X não foi identificada a presença willemita sendo assumido que toda identificação de “silicato de zinco” como sendo hemimorfita neste estudo.

RESULTADOS DE DISCUSSÃO

A assembleia mineralógica identificada para mineralização primária sulfetada é de esfalerita, galena, marcassita e pirita, para as rochas hospedeiras calcita e dolomita predominantemente, e quartzo subordinado. As mineralizações supergênicas são formadas basicamente por smithsonita e hemimorfita, além de cerussita, anglesita e goethita em pequeno volume.

As mineralizações supergênicas em Florida Canyon são do tipo *direct replacement* predominantemente e do tipo *wall-rock replacement* subordinadamente, segundo a classificação de Sangameshwar & Barnes (1983), revisada por Hitzman *et al.* (2003). Smithsonita e hemimorfita ocorrem como produto da oxidação da mineralização sulfetada primária *in situ*, restando, por vezes as texturas originais da esfalerita. A galena, por ser mais estável durante a alteração, pode ocorrer totalmente preservada e, às vezes, com bordas de cerussita e anglesita. Quando a mineralização não ocorre na adjacências dos corpos mineralizados (*wall-rock replacement*) a mineralogia é de smithsonita e hemimorfita.

Takahashi (1960) determinou os campos de estabilidade da paragênese comum destes tipos de depósitos (smithsonita, hemimorfita e hidrozinca) experimentalmente simulando condições supergênicas quando do contato destes minerais com água meteórica (a temperatura aproximada de 25 °C e pressão de 1 atm) (Fig. 1). A conversão de smithsonita para hidrozinca é controlada por pH e pressão parcial de dióxido de carbono. Takahashi (1960)

demonstra que em climas áridos hidrozinco predomina em relação a smithsonita em superfície, com esta relação sendo invertida em profundidade. Para climas úmidos Takahashi (1960) demonstra que hidrozinco não é abundante, predominando smithsonita. Hemimorfita é estável em condições de pH mais baixos que hidrozinco e smithsonita, não sendo esperada sua formação em condições climáticas de pH próximo ao neutro (Hitzman *et al.*, 2003). Ou seja, para formação de hemimorfita são necessárias condições suficientemente mais ácidas para atingir e manter pH mais baixos, normalmente atingidas quando na presença de grande quantidade de sulfetos de ferro que geram maior quantidade de ácido sulfúrico (Sangameshwar & Barnes, 1983).

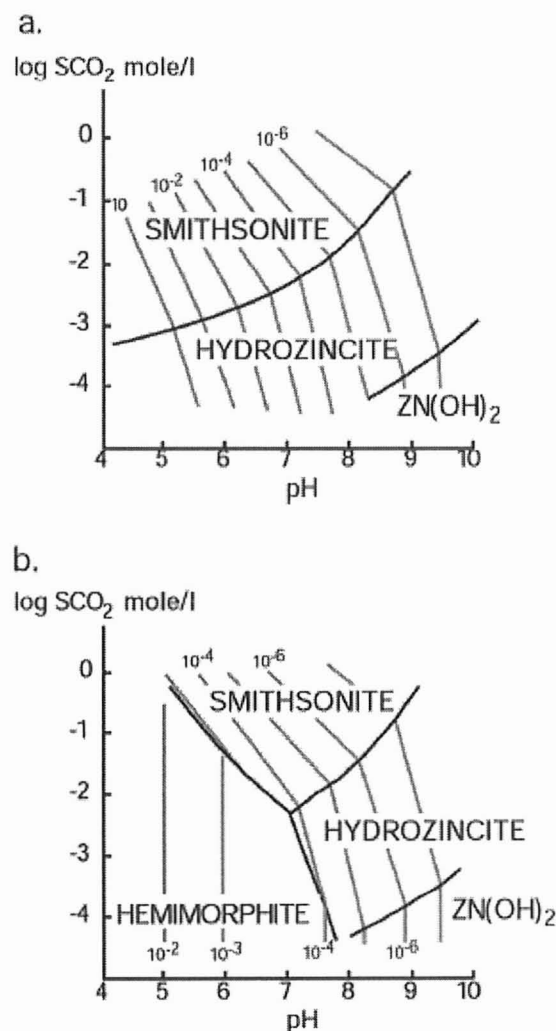


Figura 1 – Campos de estabilidade de minerais em depósitos supergênicos de zinco (Takahashi, 1960 e Hitzman *et al.*, 2003). As curvas são de concentração de Zn em moles/litro em solução para temperaturas de aproximada de 25 °C e pressão de 1 atm. A) campos de estabilidade de smithsonita e hidrozinco. B) campos de estabilidade de smithsonita, hemimorfita e hidrozinco.

No depósito Florida Canyon predomina a ocorrência de smithsonita em relação a hemimorfita, em razão aproximada de 3:1 estando ausente ou ainda não identificada a presença de hidrozinco. Assim, esta paragênese pode ser utilizada como indicativo das

condições climáticas de quando se deu a formação destes depósitos supergênicos de zinco, mostrando que, provavelmente, se tratava de um clima úmido devido ao predomínio de smithsonita e em porções com maiores concentrações de pirita e marcassita foi possível a precipitação de hemimorfita indicando ambiente de pH mais reduzido.

CONCLUSÕES

A partir de estudos de mineralogia quantitativa e qualitativa, texturais e de paragênese foi possível determinar a assembleia mineralógica da mineralização não-sulfetada do depósito Florida Canyon, formada predominantemente por smithsonita com hemimorfita subordinada. Esta paragênese supergênica pode ser utilizada como indicativo paleo-climático sugerindo um clima úmido durante a formação deste depósito entre Paleógeno e Quaternário na Amazônia Peruana.

REFERÊNCIAS

- Basuki, N. I., Taylor, B. E., & Spooner, E. T. C. 2008. Sulfur isotope evidence for thermochemical reduction of dissolved sulfate in Mississippi Valley-type zinc-lead mineralization, Bongara area, northern Peru. *Economic Geology*, 103(4), 783-799.
- Basuki, N. I., & Spooner, E. T. C. 2009. Post-Early Cretaceous Mississippi Valley-type Zn-Pb Mineralization in the Bongara Area, Northern Peru: Fluid Evolution and Paleo Flow from Fluid Inclusion Evidence. *Exploration and Mining Geology*, 18(1-4), 25-39.
- Boni, M., & Mondillo, N. 2015. The “Calamines” and the “Others”: The great family of supergene nonsulfide zinc ores. *Ore Geology Reviews*, 67, 208-233.
- Hitzman, M. W., Reynolds, N. A., Sangster, D. F., Allen, C. R., & Carman, C. E. (2003). Classification, genesis, and exploration guides for nonsulfide zinc deposits. *Economic Geology*, 98(4), 685-714.
- Instituto Geologico Minero y Metalurgico (INGEMMET). 1995. Geologia de Los Cuadrangulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolivar: Instituto Geologico Minero y Metalurgico, Boletin 56 Serie A. Carta Geologica Nacional, Peru, 1995, 390 p.
- Pennigton, J. B., Sheerin, C., Miller, J. B., Hunt, W., Gilbertson, J. 2014. SRK Consulting (U.S.), Inc. NI 43-101 Technical Report, (145 pp.).
- Rosas, S., Fontboté, L., & Tankard, A. 2007. Tectonic evolution and paleogeography of the Mesozoic Pucará Basin, central Peru. *Journal of South American Earth Sciences*, 24(1), 1-24.
- Sangameshwar, S. R., & Barnes, H. L. 1983. Supergene processes in zinc-lead-silver sulfide ores in carbonates. *Economic Geology*, 78(7), 1379-1397.
- Takahashi, T. 1960. Supergene alteration of zinc and lead deposits in limestone. *Economic Geology*, 55(6), 1083-1115.
- Wright, C., 2010. Rio Cristal Resources Corp., Bongará Zinc Project (Peru). NI 43-101 Technical Report, (102 pp.).

SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA
14ª AMAZÔNIA

**RECURSOS MINERAIS DA AMAZÔNIA E
SUAS IMPLICAÇÕES SOCIOECONÔMICAS**
27 DE SETEMBRO A 1º DE OUTUBRO de 2015 | MARABÁ-PA

ANAIIS

ISBN 978-85-88692-10-7



9 788588 692107

PROMOÇÃO & REALIZAÇÃO:



**NÚCLEO
NORTE**

PATROCINADORES:



PETROBRAS

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

APOIO:



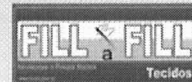
UNIFESSPA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDOESTE DO PARÁ



**Prefeitura
de Marabá**



Grupo Zucatti



Organização do CD:
Débora Nascimento da Silva
Jorge Luis Sousa Rocha
Raiane da Silva Sousa