

BIO-OXIDAÇÃO DE MINÉRIO AURÍFERO PRIMÁRIO COMO ETAPA PRÉVIA PRÉ-OXIDATIVA PARA POSTERIOR EXTRAÇÃO DO OURO CONTIDO

AD OLIVEIRA¹, L SOBRAL¹, N BELLO¹, A CUNHA²

¹ Centro de Tecnologia Mineral, CETEM/MCTI.

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química.

E-mail para contato: sobrallui@gmail.com, andriela.norberto7@gmail.com

RESUMO – *A presença de sulfetos minerais, tais como pirita, calcopirita etc., acarreta problemas no que diz respeito ao processo de extração do ouro contido, independentemente da rota extrativa praticada, tais como a cianetação, a utilização de tiosulfato etc., pois tais sulfetos consomem os reagentes utilizados na extração desse metal, acarretando, ainda, problemas operacionais devido ao aumento da força iônica durante os processos extrativos, pois impacta diretamente na solubilidade do agente oxidante, ou seja, o oxigênio dissolvido. Dessa forma, o processo pré-oxidativo em estudo visa bio-oxidar os sulfetos minerais supramencionados diminuindo, substancialmente, o consumo dos agentes lixiviantes do ouro presente.*

1 INTRODUÇÃO

A bio-oxidação é caracterizada por ser um pré-tratamento aos minérios e concentrados refratários, onde são utilizados microrganismos que tem a função de oxidar os sulfetos minerais e, assim, liberar o ouro, que se encontra encapsulado na estrutura desses minerais, para a sua posterior solubilização via utilização da cianetação ou pelo uso do tiosulfato (KAKSONEN *et al.*, 2014).

De acordo com Rodrigues (2016), inúmeras espécies de microrganismos com habilidade de oxidar Fe^{2+} já foram identificadas taxonomicamente, ao exemplo das bactérias *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Leptospirillum ferrooxidans* e *Acidithiobacillus thiooxidans* etc. Esses microrganismos são frequentemente utilizados em estudos de biolixiviação e bio-oxidação de minérios. (BRIERLEY, 2010; RODRIGUES, 2015; TAO & DONGWEI, 2014; WATLING, 2006)

No processo de bio-oxidação de sulfetos minerais, os microrganismos são os responsáveis pela geração do agente oxidante no sistema reacional (*i.e.*, os íons Fe^{3+}) a partir da oxidação de íons ferrosos (*i.e.*, Fe^{2+}) que podem ser adicionados ao sistema tanto na forma solúvel ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) ou insolúvel (pirita - FeS_2). Dessa maneira, o objetivo desse trabalho é

realizar estudo de bio-oxidação de minério aurífero, como rota pré-oxidativa dos sulfetos minerais presentes para a posterior extração de ouro por processos químicos e eletrolíticos.

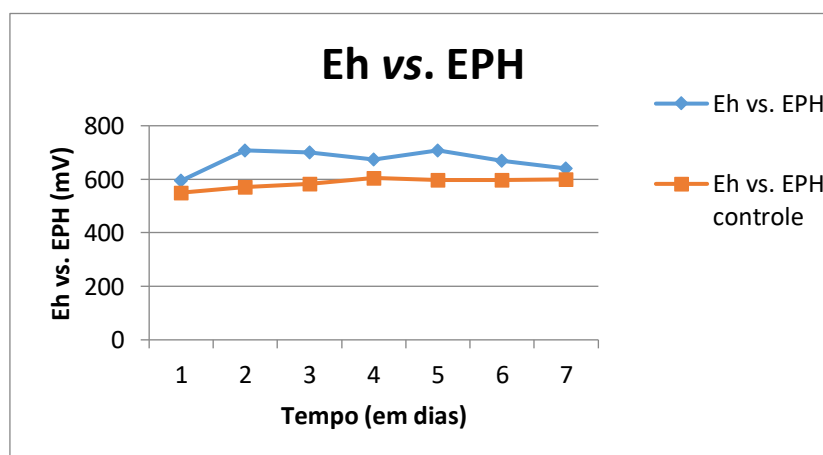
2 METODOLOGIA

Os ensaios de bio-oxidação foram conduzidos em duplicatas, em 12 frascos Erlenmeyers contendo sais inorgânicos como fonte de nutrientes: i) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 80,0 mg.L^{-1} ; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 80,0 mg.L^{-1} ; K_2HPO_4 8,0 mg.L^{-1} , pH 1,8; ii) Cultivos de *Leptospirillum ferrooxidans* e *Acidithiobacillus ferrooxidans*, previamente aclimatados; e iii) minério aurífero abaixo 150 mesh/105 micrômetros (*i.e.*, sulfetos minerais, a exemplo da pirita (FeS_2), calcopirita (CuFeS_2) e pentlandita ($\text{Fe,Ni}_9\text{S}_8$). Os frascos foram incubados sob temperatura de 35°C e agitação orbital de 150 rpm. Ao longo do processo, que foi realizado num período de 72 horas, foram feitos o monitoramento do potencial redox e medições de pH, que foi ajustado para 1,8, sempre que necessário, pela adição de solução de H_2SO_4 5M. Foram utilizados frascos de sacrifício e, após o término do tempo de cada ensaio, o sobrenadante era filtrado e feita a análise da concentração de ferro e de sulfato. A partir da disponibilização de sulfato na solução, calculou-se o percentual de oxidação de sulfeto ao longo do processo e, ao final, uma amostra representativa do sólido remanescente foi submetida a uma análise por difração de raios-x (*i.e.*, DRX) para a devida identificação da presença dos sulfetos remanescentes. Foi preparado um controle positivo, o qual não teve adição dos microrganismos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

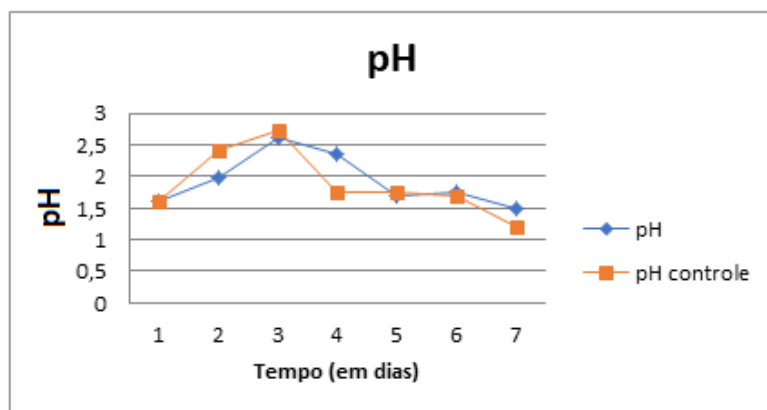
A Figura 1 mostra a variação do potencial redox ao longo do processo. Pode ser observado que o potencial aumenta, gradativamente, indicando a evolução do processo oxidativo. Durante o processo, ocorre o aumento da concentração de ferro total devido à oxidação dos sulfetos minerais que contém ferro em suas estruturas, isto é, pirita (FeS_2), pirrotita ($\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$), arsenopirita (FeAsS) e calcopirita (CuFeS_2). As flutuações nas concentrações das espécies iônicas de ferro (dados não mostrados) promoveram a variação do potencial redox ao longo do experimento.

Figura 1: Variação do potencial redox durante o processo pré-oxidativo.



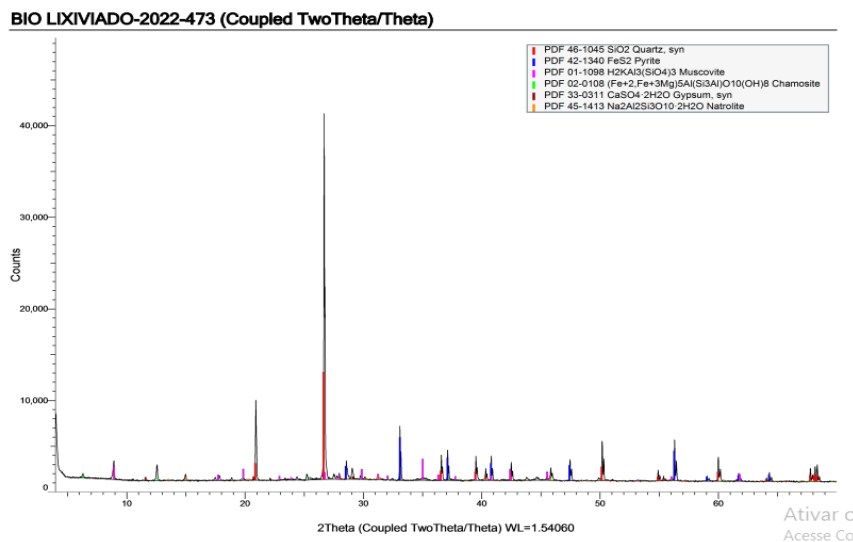
Nota-se que ocorreu uma elevação do pH nas primeiras 24 horas; contudo, esse parâmetro não atingiu valor superior a 3 (Figura 2). Essa elevação do pH está diretamente relacionada à reação do ácido sulfúrico com as espécies mineralógicas componentes da ganga do minério (*i.e.*, minerais acessórios, tais como sílica, óxidos de ferro etc.) que reagem facilmente com o ácido sulfúrico. Foi realizada a adição de ácido sulfúrico nos três primeiros dias, sendo adicionado o equivalente a 39 quilos de ácido por tonelada de concentrado.

Figura 2: Variação de pH ao longo do tempo de ensaio.



A realização do processo de bio-oxidação, como pré-tratamento do minério aurífero, antes do processo de cianetação, teve como objetivo reduzir os teores dos sulfetos presentes, que são cianicidas, visando tornar o processo de cianetação mais custo-efetivo. O difratograma da Figura 3 mostra uma redução substancial do teor de pirita, principal sulfeto mineral presente. Entretanto, essa redução do teor de pirita pode ser, ainda, mais expressiva com a extensão do tempo do processo bio-oxidativo.

Figura 3- Análise por DRX para a identificação dos sulfetos minerais ainda presentes após processo pré-oxidativo.



4 CONCLUSÃO

Com a realização dos experimentos de bio-oxidação *in vitro* dos sulfetos minerais presentes no minério aurífero estudado, com geração biotecnológica *in situ* de íons Fe^{3+} no sistema reacional, conclui-se que existe a possibilidade de sua aplicação como etapa pré-oxidativa que antecede aos processos de lixiviação do ouro contido no minério supramencionado. Contudo, essa rota biotecnológica necessita de estudos mais aprofundados, considerando, dentre outros parâmetros, o emprego de outras cepas bacterianas e a condução de experimentos de modo contínuo.

5 REFERÊNCIAS

- BRIERLEY C, Biohydrometallurgical prospects. *Hydrometallurgy*. v.104, p.324-8, 2010.
- KAKSONEN A, MUDUNURU B, HACKL R, The role of microorganisms in gold processing and recovery - a review. *Hydrometallurgy*. 2014.
- RODRIGUES M, et al., Bioleaching of fluoride-bearing secondary copper sulphides: Column experiments with *Acidithiobacillus ferrooxidans*. *Chemical Engineering Journal*, 2016.
- RODRIGUES,MLM.Biolixiviação de cobre com Micro-organismos Mesófilos e Termófilos Moderados: Sulfetos Secundários Contendo Flúor e Placas de Circuito Impresso. REDEMAT, UFOP, p. 116, 2015.
- TAO H, DONGWEI L, Presentation on Mechanisms and Applications of Chalcopyrite and Pyrite Bioleaching in biohydrometallurgy- A Presentation. *Biotechnology Reports*, 2014.
- WATLING H, The bioleaching of sulphide minerals with emphasis on copper sulphides—A review. *Hydrometallurgy*, v.84, p81-108, 2006.