

# BIO-EXTRAÇÃO DE COBRE A PARTIR DE REJEITO DE MINÉRIO INTEMPERIZADO

## COPPER BIOEXTRACTION OUT OF WEATHERED ORE TAILING

**Ingrid Gomes Silva**

Aluna de Graduação de Ciências Biológicas,  
3º período, Centro Universitário Estadual da Zona Oeste (UEZO)  
Período PIBITI/CETEM: Janeiro de 2019 a julho de 2019  
ingrid.gs998@gmail.com

**Luis Gonzaga Santos Sobral**

Engenheiro Químico, PhD.  
Orientador

### RESUMO

Este estudo avalia o potencial de uso de ácido sulfúrico biogênico na lixiviação de um rejeito de minério intemperizado de cobre, com 0,64% de cobre ocorrendo como brochantita,  $\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$  e malaquita,  $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ . A amostra desse rejeito foi adicionada a uma fase aquosa em um erlenmeyer contendo enxofre elementar hidrofílico e micro-organismos oxidantes de enxofre e o conjunto colocado em um agitador orbital. Até onde pudemos observar, a extração do cobre começou assim que a bio-oxidação do enxofre elementar deu início, o que foi verificado pela aferição frequente do pH do meio e mudança visível de cor do lixiviado, uma espécie de azul pálido. A quantidade de enxofre elementar utilizada foi de 6,67 kg/t desse rejeito. Para comparação, inicialmente uma amostra do rejeito não inoculado, sem adição de  $\text{S}^0$ , foi lixiviado com uma solução ácida mantida em pH 2,0 com ácido sulfúrico. Como tal estudo está apenas começando, estimamos que a taxa e extensão da biolixiviação de cobre serão definitivamente proporcionais à quantidade de  $\text{S}^0$ .

**Palavras chave:** biolixiviação, lixiviação sulfúrica, bio-oxidação de enxofre, biolixiviação de cobre.

### ABSTRACT

This study examines the potential for use of biogenic sulphuric acid for leaching of a weathered copper ore tailing with 0.64% of copper occurring as brochantite,  $\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$ , and as malachite,  $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ . The tailing sample was added to an aqueous phase in an Erlenmeyer containing hydrophilic elemental sulphur and sulphur oxidizing microorganisms and the flask placed on an orbital shaker. As far as we could observe, the copper extraction started as soon as the elemental sulphur bio-oxidation started, which was verified by the frequent measurement of the pH of the medium and visible change of colour of the leachate, a kind of pale blue. The amount of elemental sulphur used was of 6.67 kg  $\text{S}^0$ /t of such tailing. For comparison, an uninoculated tailing, with no added  $\text{S}^0$ , was leached with an acid solution maintained at pH 2.0 with sulphuric acid. As such study is just begun, we estimate that the rate and extent of copper bioleaching will definitely be proportional to the amount of added  $\text{S}^0$ .

**Keywords:** bioleaching, sulphuric acid leaching, bio-oxidation of sulphur, copper bioleaching.

## 1. INTRODUÇÃO

A biooxidação de minérios e concentrados de sulfetos minerais é praticada em escala industrial em reatores agitados e em pilhas (BRIERLEY e BRIERLEY, 2013). A contribuição microbiológica para a oxidação desses sulfetos é resultado do elevado potencial redox da solução gerado devido à biooxidação de íons ferrosos (geralmente derivado, principalmente, da oxidação da pirite) em íons férricos em pH inferior a 2.

Por outro lado, muito poucos trabalhos têm sido realizados na lixiviação de espécies minerais solúveis em ácido sulfúrico biogênico. O ácido é produzido de forma mais eficiente biologicamente através da oxidação do enxofre elementar por *Acidithiobacillus thiooxidans* e *At. caldus*, que crescem de forma eficiente em temperaturas de 30°C e 45°C, respectivamente. Esses microorganismos utilizam o enxofre elementar como fonte de energia, oxidando-o a sulfato sob condições aeróbicas, com o oxigênio como receptor de elétrons (reação 1).



Esta reação produz 530 kJ de calor por mole de S<sup>0</sup> oxidado a sulfato e uma tonelada de ácido sulfúrico por 327 kg de S<sup>0</sup> oxidado (WEST-SELLS, et al., 2007).

A produção biológica *in situ* de ácido sulfúrico pode começar com o condicionamento de S<sup>0</sup> com uma solução bacteriana para facilitar a fixação de micro-organismos e o molhamento das partículas de enxofre hidrofóbico, seguido de aglomeração com o minério (BRUYNESTEYN, 2004 e MONTEIRO D., 2017). Usando essa abordagem, testes em coluna com minério de cobre Zeldivar da Barrick (0,68% Cu) mostraram que o ácido poderia ser produzido pela biooxidação do enxofre elementar adicionado (WEST-SELLS et al., 2007). Até 75% do ácido sulfúrico normalmente adicionado na aglomeração foi substituído por S<sup>0</sup> e não pareceu inibir a lixiviação de Cu mesmo em colunas tão altas quanto 5,1 m.

A espécie *A. thiooxidans* desempenha a atividade de oxidar o enxofre elementar (S<sup>0</sup>) e, como resultado, produz ácido sulfúrico, que auxilia na manutenção do sistema reacional na faixa ácida desejada.

## 2. OBJETIVO

Realizar estudo da bioextração de cobre a partir de rejeitos de minério intemperizado/oxidado de cobre com produção biológica *in situ* de ácido sulfúrico pela bio-oxidação de enxofre elementar utilizando o micro-organismo *Acidithiobacillus thiooxidans*.

## 3. METODOLOGIA

Uma cultura microbiana pura de *At. thiooxidans* (FG01) isolada, inicialmente, do efluente ácido de uma mina de urânio (GARCIA JR., 1991), foi mantida em agitador orbital a 30°C em meio MKM modificado contendo enxofre elementar como fonte de energia (1% p/v). Esse meio contém 0,4g/L de sulfato da amônio, 0,4g/L de sulfato de magnésio hepta-hidratado e 0,04g/L de di-hidrogeno fosfato de potássio. O pH do meio MKM foi ajustado em 2,0 com solução de ácido sulfúrico 5M. O número de células microbianas em solução foi determinado por microscopia com contraste de fase usando a câmara de Thoma. Uma massa de 10g do rejeito em estudo foi adicionada ao volume de solução contendo o meio de cultivo juntamente com o enxofre elementar.

A amostra do rejeito mineral contém 0,64% de Cu, conforme determinado por análise de absorção atômica após digestão ácida de uma amostra combinada (Taylor e Reisman, 2000). O cobre ocorreu como brocantita de Cu<sub>4</sub>SO<sub>4</sub>(OH)<sub>6</sub> e malaquita Cu<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(OH)<sub>2</sub>, determinado por difração de raios-X (DRX).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes de bio-extração de cobre, a partir do rejeito do minério intemperizado, estão sendo realizados e se estenderão até a total solubilização do cobre contido. Amostras estão sendo retiradas, com a periodicidade estabelecida para, oportunamente, aferirmos a eficiência de extração. Até o presente momento, o que está sendo realizado é o monitoramento de pH, para se aferir a continuidade da geração de ácido sulfúrico, fruto da bio-oxidação do enxofre elementar adicionado ao meio reacional, visto que não está sendo possível a realização das análises das alíquotas retiradas. Essas alíquotas estão sendo mantidas em frascos de Teflon<sup>®</sup> para posterior análise. Entretanto, o que pode ser observado, com o tempo de experimento, é uma intensificação da coloração da solução, com essa característica da presença de íons cúpricos (*i.e.*, Cu<sup>2+</sup> de cor azulada).

#### 5. CONCLUSÕES

Como observado, o cobre está sendo extraído do rejeito mineral em estudo pelo ácido sulfúrico produzido a partir da bio-oxidação de enxofre elementar pelo micro-organismo oxidante de enxofre adicionado ao meio reacional. Certamente, a quantidade de enxofre adicionada está diretamente relacionada ao processo extrativo do cobre visto que o ácido sulfúrico gerado advém de sua oxidação pelos referidos micro-organismos. Futuramente será possível definir, com o advento dos resultados analíticos, a efetividade do processo extrativo e a quantidade adequada de enxofre elementar a ser utilizado no início de novos experimentos.

#### 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica, ao CETEM pela oportunidade e realização das atividades, aos meus orientadores Dr. Luis Gonzaga Santos Sobral e Débora Monteiro de Oliveira, e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

#### 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRIERLEY, C.L., Brierley, J.A., 2013. Progress in bioleaching: part B: Applications of microbial processes by the minerals industries. Appl. Microbiol. Biotechnol. 97, 7543-7552.

BRUYNESTEYN, A., 2004. Process for leaching acid-consuming ores. U.S. patent appl. no. US2004/0131520 A1, July 8, 2004.

GARCIA, Jr. O., 1991. Isolation and purification of *Thiobacillus ferrooxidans* and *Thiobacillus thiooxidans* from some coal and uranium mines of Brazil. Rev. Microbiol., São Paulo, 22, 1-6.

OLIVEIRA, Débora Monteiro. **Produção biológica de ácido sulfúrico na lixiviação de minério intemperizado de cobre.** 2017. 129 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (Brasil).

WEST-SELLS, P.G., Bouffard, S.C., Tshilombo, A.F., Bruynesteyn, A., 2007. Acid generation by in-situ sulfur biooxidation for copper heap leaching, pp. 323-334 in Cu 2007, vol. IV, (Book 1) The John Durrizac International Symposium On Copper Hydrometallurgy, P.A. Riveros, D.G. Dixon, M.J. Collins, eds., Toronto, Canada.