

# BIO-OXIDAÇÃO DE MINÉRIO DE ZINCO COM POSTERIOR EXTRAÇÃO DE METAIS PRECIOSOS POR CIANETAÇÃO.

## JOÃO ALEXANDRE DE OLIVEIRA

Aluno de Graduação de Engenharia de Bioprocessos,  
7º período, UFRJ

Período PIBIC/CETEM: Agosto de 2012 a Julho de 2013,  
joaoalexandre26@hotmail.com

## LUIS GONZAGA SANTOS SOBRAL

Orientador, Eng. Químico, PhD.

Lsobral@cetem.gov.br

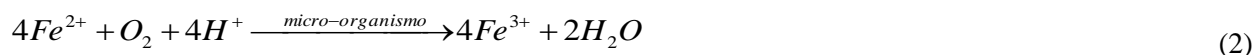
## DÉBORA MONTEIRO DE OLIVEIRA

Orientadora, Bióloga, M.Sc.

dmonteiro@cetem.gov.br

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho descreve o estudo de bio-extração de zinco a partir de seu sulfeto mineral presente em minério primário de zinco que também contém, dentre outros elementos químicos, chumbo (Pb), ouro (Au) e prata (Ag). Foi empregada a rota biohidrometalúrgica, com o objetivo de extrair o zinco, elevando o teor dos metais preciosos contidos no minério que, quando da continuidade do estudo, serão recuperados por cianetação. A bio-oxidação de minério de zinco é um processo que propicia a oxidação do sulfeto mineral de zinco pela ação de micro-organismos acidófilos, quimio-litotróficos e capazes de oxidar compostos de ferro II e compostos reduzidos de enxofre (MOUSAVI, 2008). As Equações 1, 2 e 3 mostram as reações envolvidas na oxidação biológica do sulfeto de zinco (SARIRICHI, 2012).



## 2. OBJETIVOS

Extrair de zinco, encontrado em minério primário, pelo processo bio-oxidativo para posterior recuperação dos metais nobres através da cianetação.

## 3. METODOLOGIA

Nesse estudo foi utilizada uma amostra de minério primário de zinco com granulometria situada entre 0,105 e 0,149 mm. O conteúdo de Zn no referido minério é de 1,7% e os sulfetos, identificados através da técnica de Difração de Raios-X, são esfalerita (ZnS), galena (PbS) e pirita (FeS<sub>2</sub>).

O experimento foi conduzido em escala de bancada, em frascos *Erlenmeyers* contendo solução de sais básicos do meio de cultura MKM (OLSON, 2003) diluído e 10% m/v de minério. Após a adição do minério, o pH da suspensão foi ajustado para 1,7 e, em seguida, foi feita a adição do inóculo microbiano (consórcio constituído pelos micro-organismos *Acidithiobacillus ferrooxidans* (cepas S e LR), *Acidithiobacillus thiooxidans* (cepa FG-01) e *Leptospirillum ferrooxidans* (cepa ATCC53992). Preliminarmente, à execução do teste de biolixiviação, foi realizada a adaptação dos micro-organismos ao minério através da técnica de subculturas sucessivas na qual aumentou-se, gradativamente, a concentração de minério nos cultivos, à medida que se reduzia a concentração de fonte solúvel de Fe<sup>2+</sup> e fonte de enxofre (S<sup>0</sup>). Dessa forma, selecionou-se, a cada novo cultivo, a parte da população microbiana adaptada à condição ambiental imposta.

Os frascos *Erlenmeyers* foram mantidos sob agitação orbital de 150 rpm, numa temperatura de  $30\pm 1^{\circ}\text{C}$  por 9 dias. Durante todo o período de duração do experimento, foram realizadas medições de potencial de oxidação-redução e de pH, que era ajustado para a faixa 1,6 – 1,8, com solução de ácido sulfúrico 5M, sempre que necessário. A perda de água, por evaporação, foi estimada pela perda de massa e compensada pela adição de água deionizada em pH 1,8.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após 9 dias de experimento extraiu-se, através do bio-processo, 41,76% do zinco contido na amostra mineral. A Figura 1 apresenta a cinética de extração de Zn. O consumo de ácido foi equivalente a 48,75 kg de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  por tonelada de minério.

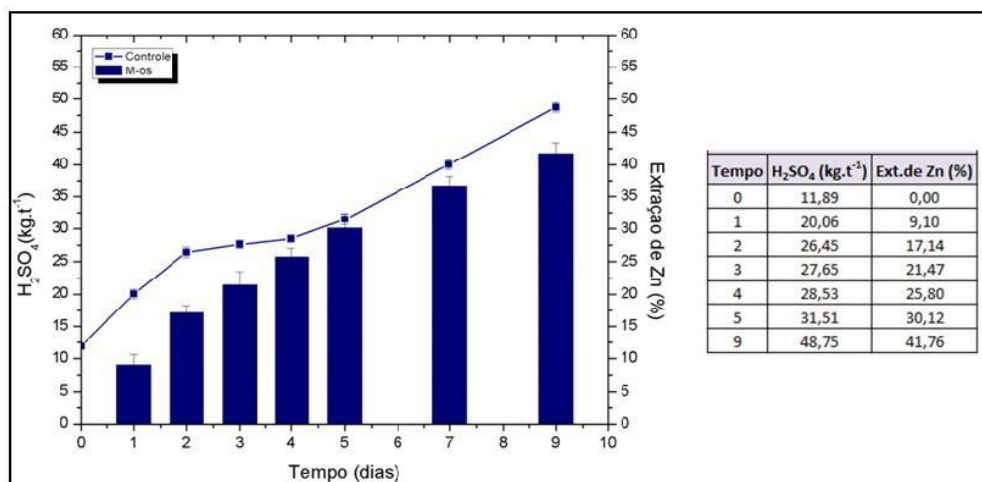


Figura 1. Extração de zinco vs. consumo de ácido sulfúrico nos experimentos de biolixiviação.

A Figura 2a apresenta a variação de pH durante o período de realização dos experimentos. Como já era previsto, houve a necessidade de realizar ajustes de pH através da adição de volume suficiente de ácido sulfúrico 5M para reduzi-lo até a faixa 1,7 – 1,8. Nota-se que o ensaio controle e o ensaio inoculado apresentaram comportamento semelhante.

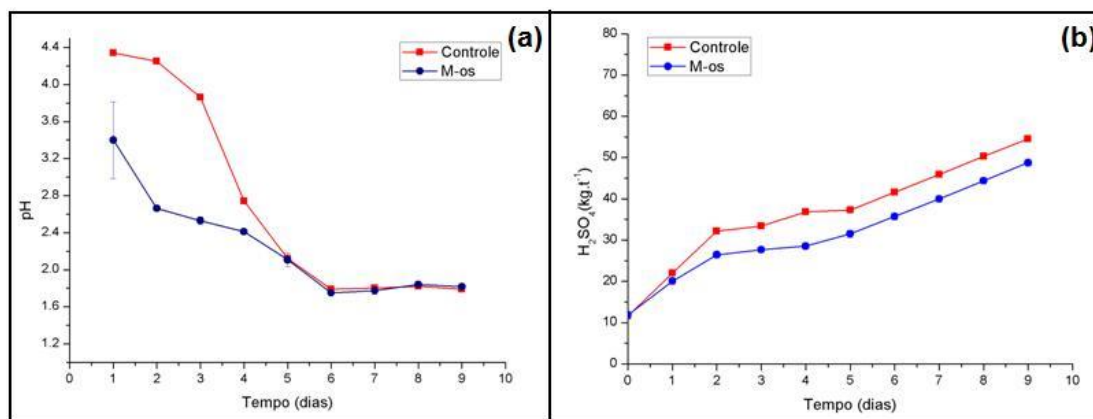


Figura 2. Variação de pH (a) e consumo de ácido sulfúrico (b) nos experimentos de biolixiviação.

As flutuações de pH observadas se devem, basicamente, à composição do minério, pois ele possui grande quantidade de espécies minerais constituintes da ganga, que são consumidoras de ácido (silicatos) e, por outro lado, pelo consumo de prótons ( $\text{H}^+$ ) no processo de lixiviação dos sulfetos minerais, já que as reações de oxidação dos sulfetos envolvem o consumo de ácido (VILCÁEZ, SUTO e INOUE, 2008).

Ao comparar o consumo de ácido entre os ensaios controle e o ensaio contendo micro-organismos (Figura 2b), percebe-se que, embora estivesse ocorrendo a dissolução dos sulfetos presentes no minério, o teor reduzido não contribuiu para a geração de ácido em quantidade suficiente para manter o pH do sistema reacional dentro da faixa ácida necessária para o processo de biolixiviação. Após 9 dias de processo o

consumo de ácido foi equivalente a 54,57 kg de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por tonelada de minério no ensaio controle (lixiviação química convencional) e 48,75 kg.t<sup>-1</sup> no ensaio contendo micro-organismos. Nesse mesmo período foram extraídos 10,59% de zinco no ensaio controle e 41,76% de zinco no ensaio inoculado (Figura 3a).

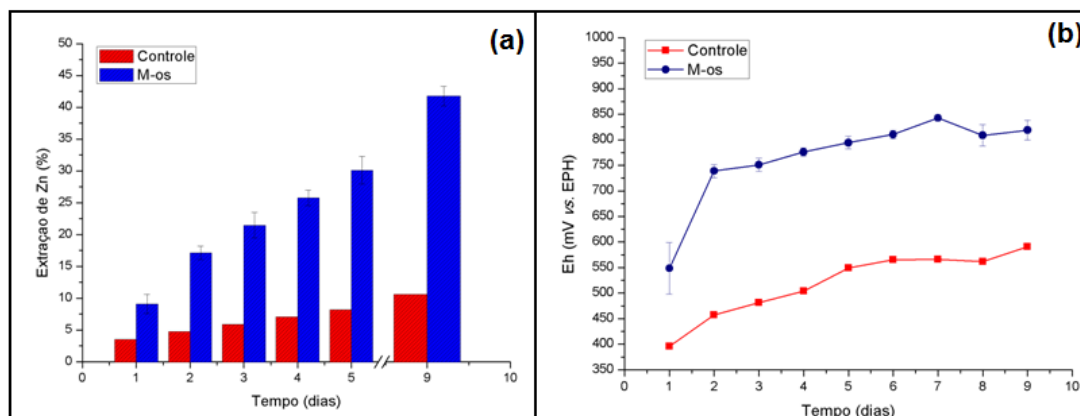
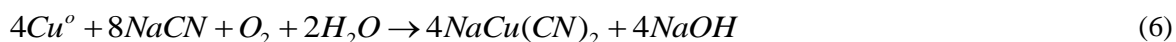
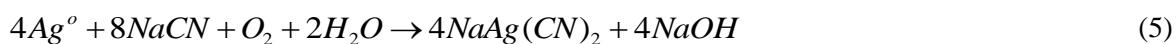
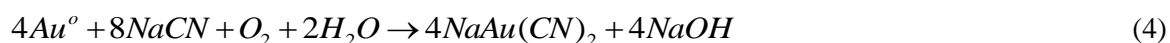


Figura 3. Extração de zinco (a) e variação de potencial de oxi-redução (b) nos experimentos de biolixiviação.

A Figura 3b mostra a variação de potencial de oxi-redução que corrobora os resultados observados de extração de zinco (Figura 3a). No ensaio controle, o potencial se manteve inferior ao ensaio inoculado durante todo o período de experimento. Nesse caso, a variação do potencial é devida à ação do ácido sulfúrico na solução aerada. A presença de micro-organismos determinou a elevação do potencial de oxi-redução, nos primeiros dias de experimento, para valores superiores a 700 mV vs. EPH e se mantiveram elevados até o final do experimento.

Após término do processo bio-oxidativo do minério de zinco, visando, primeiramente, a extração do zinco contido, o resíduo remanescente continha micro-partículas de uma solução sólida constituída, basicamente, de ouro, prata e cobre. O teor de ouro, inicialmente presente no minério original, quantificado pela técnica de ensaio por fusão (*fire assay*) foi de 4 ppm (4 g.t<sup>-1</sup>). Entretanto, esse teor se elevou para 7 ppm (7 g.t<sup>-1</sup>) em considerando a extração de zinco alcançada nos nove dias de processo bio-oxidativo praticado. Esse resíduo finamente dividido foi inicialmente neutralizado, pela adição de cal (CaO), e submetido ao processo de cianetação em frasco erlenmeyer agitado com concentração inicial de cianeto de 0,5 g.L<sup>-1</sup> em pH de no mínimo 10,5. As reações, a seguir, descrevem a dissolução dos metais na solução sólida referida anteriormente.



Utilizando o consórcio de micro-organismos mesófilos foi possível extrair 41,76% de zinco a partir de minério primário com um consumo de ácido equivalente a 48,75 kg de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por tonelada de minério, consumo esse que, certamente, será inferior quando da realização desse processo na escala de produção, pois será utilizada uma faixa granulométrica de 3 a 6 mm com conseqüente extensão do tempo de lixiviação e, com isso, se alcançar extrações mais elevadas;

Com a continuidade do processo bio-extrativo, estima-se elevar a extração de zinco e, com isso, aumentar o teor de metais preciosos remanescentes na fase sólida para a posterior extração desses metais por cianetação. Para a realização do processo de cianetação será necessário proceder à neutralização da fase sólida, com a utilização de cal (CaO), e utilizar, em seguida, uma solução de cianeto de sódio (em pH de no mínimo 10,5).

## 5. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Luis Sobral e a pesquisadora Débora Monteiro que me guiou na pesquisa, aos amigos do laboratório 3 do Serviço de Processos Metalúrgicos e Biotecnológicos do CETEM e ao CNPq pela bolsa oferecida.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KAEWKANNETRA P.; GARCIA-GARCIA F.J.; CHIU T. Y. Bioleaching of zinc from gold ores using *Acidithiobacillus ferrooxidans*, **International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials**, v. 16, p. 368-374, 2009.

MOUSAVI S.M., JAFARI A., YAGHMAEI S., VOSSOUGH M., R. ROOSTAAZAD, Bioleaching of low-grade sphalerite using a column reactor, **Hydrometallurgy**, v. 82, p. 75–82, 2006.

MOUSAVI S.M.; YAGHMAEI S.; VOSSOUGH M.; ROOSTAAZAD R.; JAFARI A.; EBRAHIMI M.; CHABOK O. H.; TURUNEN I. The effects of Fe(II) and Fe(III) concentration and initial pH on microbial leaching of low-grade sphalerite ore in a column reactor. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 2840–2845, 2008;

OLSON, G. J.; BRIERLEY, J. A.; BRIERLEY C. L., Bioleaching review part B: Progress in bioleaching: applications of microbial processes by the minerals industries **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 63, p. 249–257, 2003;

SARIRICHI T., AZAD R. R., ARABIAN D., MOLAIE A., NEMATI F., On the optimization of sphalerite bioleaching; the inspection of intermittent irrigation, type of agglomeration, feed formulation and their interactions on the bioleaching of low-grade zinc sulfide ores, **Chemical Engineering Journal**, v. 187, p. 217– 221, 2012;

VILCÁEZ J., SUTO K., INOUE C., Bioleaching of chalcopyrite with thermophiles: Temperature–pH–ORP dependence, **International Journal of Mineral Processing**, v. 88, p. 37–44, 2008;