

# BIO-EXTRAÇÃO DE NÍQUEL A PARTIR DE REJEITO GERADO DURANTE O PROCESSAMENTO DE MINÉRIO PRIMÁRIO

## **Diogo de Oliveira Padrão**

Aluno de Graduação em Química, 8º período, FTESM  
Período PIBIC/CETEM: agosto de 2011 a julho de 2012,  
dpadrao@cetem.gov.br

## **Luiz Gonzaga Santos Sobral**

Orientador, Eng. Químico, PhD.  
Lsobral@cetem.gov.br

## **Débora Monteiro de Oliveira**

Coorientadora, Bióloga, MSc.  
dmonteiro@cetem.gov.br

## **1. INTRODUÇÃO**

Convencionalmente, os minérios primários de níquel são beneficiados por operações e processos unitários para a produção final de um concentrado constituído por sulfetos minerais que, após ser submetido ao processo pirometalúrgico (*Flash Smelt*) se obtém o metal impuro que, em um processo posterior, é eletrorefinado para a produção do metal com elevada pureza. Como consequência desse tipo de processamento, ocorre a geração de grandes massas de rejeito de minério, constituído, basicamente, por minerais que compõem a ganga mineral, como silicatos e, ainda, sulfetos minerais que não foram flotados. O presente estudo aborda o emprego de processo biotecnológico, mais especificamente a biolixiviação, na extração de níquel a partir de rejeito do processamento do minério primário. Através dessa rota tecnológica é possível disponibilizar, em solução, o níquel e os outros constituintes metálicos presentes nesse tipo de material mineral como ferro (Fe), cobre (Cu), magnésio (Mg) e cobalto (Co) (WATLING, 2008).

## **2. OBJETIVO**

Extrair níquel a partir de rejeito do processamento industrial de minério primário de níquel utilizando consórcio microbiano constituído pelas espécies bacterianas *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Acidithiobacillus thiooxidans* e *Leptospirillum ferrooxidans* em ensaios realizados na escala de bancada.

## **3. METODOLOGIA**

### **3.1. Amostra Mineral**

A amostra mineral utilizada no estudo é um rejeito do processamento industrial de minério primário de níquel com granulometria situada entre 0,020 e 0,074 mm. Os sulfetos minerais, identificados por Difração de Raios-X, são pirrotita ( $\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$ ), pentlandita ( $\text{Fe,Ni}_9\text{S}_8$ ), violarita ( $\text{(Fe,Ni)}_3\text{S}_4$ ) e traços de calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ). O teor de níquel é de 0,3%.

### **3.2. Experimentos de biolixiviação**

Os experimentos foram conduzidos em frascos *Erlenmeyers* com capacidade para 250 mL,

contendo 10 g de rejeito de minério de níquel e 100 mL de suspensão constituída por inóculo microbiano e meio de cultura MKM - *Modified Kelly Medium* (OLSON, 2003) diluído cuja composição é:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ : 0,08 g.L<sup>-1</sup>;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ : 0,08 g.L<sup>-1</sup>;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ : 0,008 g.L<sup>-1</sup>. A relação sólido/líquido de 10% m/v, foi escolhida por ser amplamente utilizada em estudos de biolixiviação em sistemas agitados, já que trabalhos prévios demonstraram ser essa uma relação adequada para sistemas agitados e não contribuir para a morte celular por cisalhamento (ROMERO, *et al.*, 2003). O pH da solução foi ajustado em 1,8 com solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5M.

O inóculo microbiano foi adicionado numa relação de 10% v/v, isto é, nos frascos inoculados foram adicionados 90 mL de solução MKM diluída e 10 mL de consórcio de micro-organismos cuja população se encontrava na ordem de  $10^7$  cels.mL<sup>-1</sup>. No ensaio controle foi adicionado apenas 100 mL de solução, 10% m/v de rejeito e não foram adicionados micro-organismos. A presença de células nos frascos durante todo o período de experimento foi verificada, periodicamente, através da observação direta em microscópio óptico com o auxílio de uma câmara de contagem (câmara de *Thoma*). À exceção do ensaio denominado controle, os ensaios foram conduzidos em triplicata.

Após inoculação, os frascos *Erlenmeyers* foram incubados em mesa agitadora Nova Ética Incubadora 430, sob agitação orbital de 150 rpm, numa temperatura de  $30 \pm 1^\circ\text{C}$  por um período de tempo de 21 dias. Durante todo o período de duração dos ensaios, foram realizadas medições de potencial de oxi-redução e de pH, que era ajustado para a faixa 1,6 – 1,8, com solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5M, sempre que necessário. Trabalhou-se com amostras não esterilizadas procurando, dessa forma, estabelecer condições próximas à realidade quando da aplicação industrial. A perda de água, por evaporação, foi estimada pela perda de massa e compensada pela adição de água.

Cabe ressaltar que, preliminarmente à realização do experimento, o consórcio constituído pelas três espécies de micro-organismos foi submetido ao processo de adaptação que ocorreu através do crescimento, a partir de subculturas sucessivas, nas quais, a cada nova propagação, diminuía-se a concentração de  $\text{S}^\circ$  e de fonte solúvel de  $\text{Fe}^{2+}$  enquanto se aumentava a concentração de rejeito mineral no cultivo até que fosse atingida a relação sólido/líquido de 10% m/v.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1a apresenta os resultados, em percentual de extração de níquel, onde se observa que entre o 7º e o 14º dia houve um incremento na extração, mostrando que, com a atuação dos micro-organismos mesófilos, foi possível obter, nas condições estabelecidas, uma extração de níquel de 75,2 %. No ensaio onde não foi adicionado micro-organismos (controle), que pode ser comparado à lixiviação química convencional, a extração máxima de níquel foi de 27,6%. Esse resultado acena para a efetividade do processo biológico, que é corroborado pela elevação do potencial de oxi-redução no mesmo período do ensaio no qual foi adicionado micro-organismos (Figura 1b).

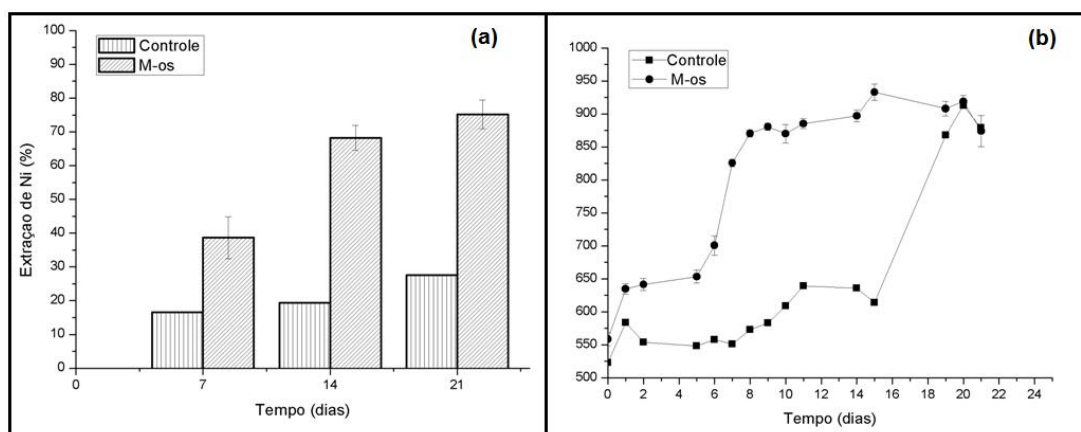


Figura 1. Extração de níquel nos ensaios inoculado e controle (a) e variação do potencial de oxidação-redução.

Segundo Bhatti *et.al.* (2012) o potencial redox, nos sistemas de biolixiviação, é determinado pela relação entre as concentrações das espécies iônicas de ferro ( $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$ ), isto é, oxidação dos íons ferrosos, indicada pela elevação do potencial de oxidação-redução, é um indício da dissolução dos sulfetos minerais que contém ferro e, conseqüentemente, da solubilização do metal de interesse. Na variação do potencial de oxidação-redução, mostrado na Figura 2, nota-se que no ensaio controle, o potencial se manteve inferior ao ensaio inoculado durante quase todo o 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 oxidação-redução, nos primeiros cinco dias de experimento, para valores superiores a 650 mV vs. EPH e se mantiveram elevados até o final do experimento, isto é, até o 21º dia.

A Figura 3 apresenta a variação de pH durante o período de duração do experimento. Houve a necessidade de realizar ajustes de pH através da adição de solução 5M de ácido sulfúrico para reduzi-lo até 1,6. Durante o processo ocorreram flutuações que são indesejadas para a adequada atividade dos micro-organismos inoculados. A elevação do pH e o consumo de ácido mais intenso nos primeiros dias de experimento já eram esperadas visto que trata-se de um rejeito de minério primário; logo, há uma grande quantidade de silicatos e outros minerais que reagem, quimicamente, com o  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

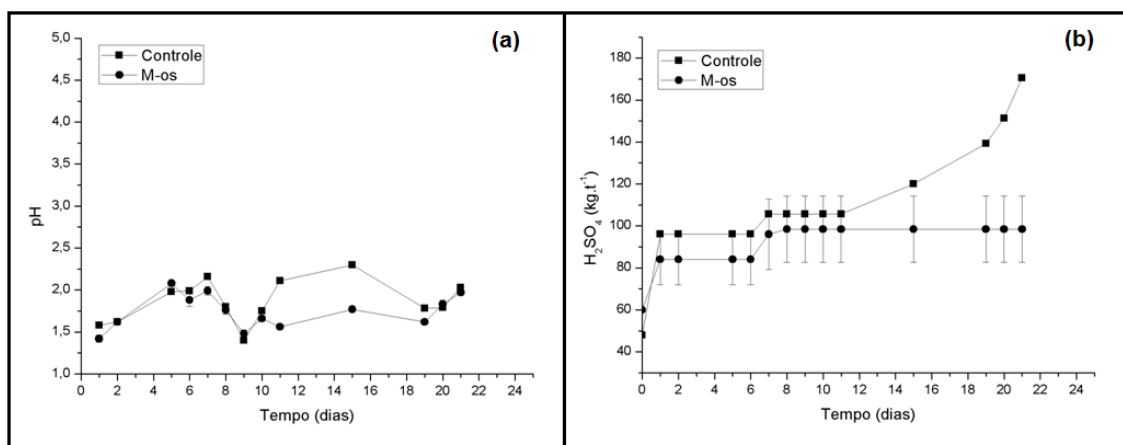


Figura 2. Variação de pH (a) e consumo de ácido sulfúrico (b) no experimento de biolixiviação.

Na Figura 2a observa-se o consumo de ácido sulfúrico no decorrer dos experimentos. No ensaio inoculado foi necessário adicionar ácido sulfúrico no sistema reacional até o 8º dia de processo para realizar o ajuste do pH. Ocorreu, nesse caso, o consumo de ácido sulfúrico equivalente a 98,44 kg de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  por tonelada de rejeito para extração de 75,2% de níquel. No ensaio denominado controle, que se compara à lixiviação química convencional, não houve estabilização do pH sendo necessário realizar o ajuste até o final do experimento, período no qual foi contabilizado o consumo de ácido sulfúrico equivalente a 170,47 kg de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  por tonelada de rejeito e um percentual de extração de níquel de 27,6%.

## 5. CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados conclui-se que:

- ✓ As linhagens de *A. ferrooxidans*, de *A. thiooxidans* e de *L. ferrooxidans* se mostraram capazes de promover a dissolução dos sulfetos de níquel presentes no rejeito de minério de níquel em estudo;

- ✓ Foi extraído, ao final de 21 dias de processo de bio-extrativo, 75,2% de níquel à custa de um consumo de ácido sulfúrico equivalente a 98,44 kg de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por tonelada de rejeito;

## 6- COMENTÁRIOS FINAIS

O elevado consumo de ácido supramencionado, como já comentado, se deve à reatividade dos minerais da ganga desse rejeito mineral. Entretanto, estima-se que tal processo bio-extrativo possa ser modificado quando da utilização do minério primário, matéria prima na obtenção do concentrado de flotação, como rocha suporte, sendo esse revestido (*coating*) com esse rejeito com baixo teor em níquel e, então, realizar a bio-lixiviação do aglomerado mineral obtido. Isso significa que além de extrair o níquel contido no rejeito ocorrerá, também, uma bio-fragilização da rocha suporte (minério primário de níquel). Nesse processo de fragilização algo de níquel é disponibilizado em solução, resultado da atuação dos micro-organismos em uso, e o minério remanescente tem o seu índice de trabalho (*work index-WI*) sensivelmente diminuído. Essa diminuição do *WI* representa uma diminuição nos custos de energia para a cominuição desse material para posterior produção de novos concentrados de flotação. Por final, faz-se necessário comentar que é possível fragilizar a rocha suporte supracitada pela utilização de novas técnicas de processamento mineral, a exemplo do HPGR (*high pressure grinding rolls*) e fragmentação eletro-dinâmica (*Electro-dynamic fragmentation*) que propiciam a geração de microfissuras nas partículas minerais facilitando, conseqüentemente, a penetração dos micro-organismos e agentes químicos oxidantes (Fe<sup>3+</sup>) acelerando, em muito, o processo bio-oxidativo.

## 6. AGRDECIMENTOS

Ao PIBIC/CNPq pela bolsa concedida, ao CETEM pela disponibilidade da infraestrutura laboratorial, à COAM pela realização das análises químicas, aos amigos do laboratório de biohidrometalurgia (CPMA/CETEM), em especial a Flávia Homero e Rômulo Oliveira pelo auxílio no monitoramento do experimento, à Débora Monteiro e ao meu orientador Luis Sobral pelo apoio e incentivo durante a iniciação à pesquisa científica.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BHATTI T. M., BIGHAM J. M., VUORINEN A., TUOVINEN O.H., Chemical and bacterial leaching of metals from black schist sulfide minerals in shake flasks, **International Journal of Mineral Processing**, v. 110, p. 25–29, 2012;

OLSON, G.J.; CLARK, T. R., Bioleaching of molybdenite, **Hydrometallurgy** v. 93, p. 10–15, 2008;

ROMERO, R., MAZUELOS, A., PALENCIA, I., CARRANZA, F., Copper recovery from chalcopyrite concentrates by the BRISA process, **Hydrometallurgy**, v. 70, p. 205–215, 2003;

WATLING, H.R. The bioleaching of nickel-copper sulfides. **Hydrometallurgy**, v. 91, p 70-88, 2008.