

BIOLIXIVIAÇÃO DE MINÉRIO PRIMÁRIO DE NÍQUEL POR *ACIDITHIOBACILLUS FERROOXIDANS* -LR

Patrícia Morgado Vaz

Aluno de Graduação de Engenharia de Bioprocessos,

5º período, UFRJ.

Período PIBIC/CETEM : setembro de 2013 a julho de 2014

pvaz@cetem.gov.br

Ellen Cristine Giese

Orientador, Química, D.Sc.

egiese@cetem.gov.br

Débora Monteiro Oliveira

Co-Orientador, Bióloga, M.Sc.

dmonteiro@cetem.gov.br

1. INTRODUÇÃO

Os metais de base, como o ferro, cobre, níquel e zinco, são bens minerais de grande importância dentro do cenário mineralógico do Brasil. O progressivo desenvolvimento tecnológico cria uma demanda cada vez maior por estes elementos e acaba por provocar um esgotamento das reservas com elevados teores desses metais, tornando-se necessária a extração dos metais de base a partir de minérios de baixos teores e de rejeitos.

A biolixiviação é uma alternativa para tal processo extrativo, já que, além de possibilitar a recuperação desses bens minerais, é um processo com baixos custos de investimento e operacionais. Neste processo, um grupo de micro-organismos acidófilos e quimiotróficos realizam a dissolução de sulfetos minerais possibilitando a obtenção dos metais de interesse. A biolixiviação pode ser realizada com culturas puras ou mistas; porém, os resultados com consórcios microbianos têm sido mais vantajosos, pois esses micro-organismos atuantes nos processos de lixiviação coexistem no ambiente, fato que nos aproxima, em termos operacionais, às condições de campo. (OLIVEIRA *et al.*, 2010; SOBRAL *et al.*, 2010; LIMA *et al.*, 2012).

A maior eficiência dos processos de lixiviação microbiana está condicionada a diversos fatores, tais como disponibilidade de CO₂ e de O₂, temperatura, concentração celular, tamanho de partícula, pH, potencial de oxi-redução, entre outros, que uma vez monitorados e controlados, podem viabilizar a implementação desse bioprocessos como rota tecnológica de extração de metais a partir de uma determinada amostra mineral.

2. OBJETIVOS

Avaliar a eficiência da lixiviação microbiana do minério primário de níquel (MPNi) pela bactéria *Acidithiobacillus ferrooxidans* -LR em frascos agitados e em comparação com o uso de um consórcio microbiano em colunas.

3. METODOLOGIA

3.1 Amostra Mineral

Após os procedimentos de britagem, moagem e homogeneização de um minério primário de níquel (MPNi), separou-se a fração entre 100-150 mesh para realização da caracterização tecnológica simplificada e experimentos em frascos agitados; e a fração de 9 mesh (~2mm) para os experimentos em colunas.

As análises feitas por espectrometria de absorção atômica revelaram os teores de Ni (0,29%), Fe (11,9%) e Co (219 mg.kg⁻¹). A análise anterior de MEV/EDS detectou que o Ni se encontra na forma do mineral pentlandita [(NiFe)₉S₈] (SOBRAL & OLIVEIRA, 2013).

3.2. Experimentos de biolixiviação em frascos agitados

Para o preparo do inóculo, a bactéria mesófila *Acidithiobacillus ferrooxidans* -LR foi cultivada a 30 °C em meio TK (TUOVINEN & KELLY, 1973) [(NH₄)₂SO₄: 0,5g.L⁻¹; K₂HPO₄: 0,5g.L⁻¹; MgSO₄.7H₂O: 0,5g.L⁻¹; FeSO₄.7H₂O: 1,5g.L⁻¹] com pH ajustado para 1,8 com solução de H₂SO₄ 5M. Os frascos Erlenmeyer de 250ml, contendo 50ml de meio de cultivo e 1,0x10⁷ células, foram incubados por 72 horas à 150rpm.

A adaptação dos micro-organismo ao substrato mineral foi realizada através de três cultivos sucessivos de 72h a 30 °C em meio TK com 5g de MPNi. Os experimentos de biolixiviação foram conduzidos em frascos Erlenmeyer de 500mL contendo 10mL do inóculo, 180 mL de meio MKM diluído (Modified Kelly Medium; OLSON, 2003) [(NH₄)₂SO₄: 0,08g.L⁻¹; MgSO₄.7H₂O: 0,08g.L⁻¹; K₂HPO₄: 0,008g.L⁻¹, com pH ajustado para 1,8] e 20 g de MPNi (relação sólido/líquido de 10% m/v) durante 30 dias. Os testes foram realizados em duplicata e comparados com um ensaio controle sem adição de inóculo (controle abiótico).

3.3. Experimentos de biolixiviação em colunas

Os inóculos de *A. ferrooxidans* -LR e *Lepstopirillum ferrooxidans* foram preparados, separadamente, de acordo com o descrito no item 3.2. O inóculo de *Acidithiobacillus thiooxidans* consistiu em frascos Erlenmeyer de 250mL contendo 50ml de meio de cultivo TK sem sulfato ferroso, com adição de enxofre elementar (10g.L⁻¹) e pH ajustado para 2,8. Os frascos foram mantidos sob agitação de 150rpm a 30°C durante 7 dias. Para a imobilização de *A. ferrooxidans* -LR, frascos Erlenmeyer de 500mL contendo 20g de pérolas de vidro e 200mL de meio TK foram inoculados com 1,0x10⁷ células. Os frascos foram mantidos sob agitação constante a 150rpm (30 °C) durante 12 dias, sendo os meios de cultivo renovados três vezes durante este período, até o total recobrimento das pérolas por células microbianas.

Os experimentos de biolixiviação foram conduzidos em colunas de vidro (20 x 5 cm) com capacidade de 125mL. As colunas foram preenchidas com 120g de MPNi e assim distribuídas: coluna A, controle abiótico; coluna B, consórcio bacteriano; coluna C, células imobilizadas de *A. ferrooxidans* -LR; e coluna D, com células imobilizadas de *A. ferrooxidans* -LR e MPNi inoculado com *L. ferrooxidans* e *A. thiooxidans*. As colunas foram inoculadas mantendo a proporção de 1,2x10⁸ células para cada grama de MPNi. As colunas foram recirculadas com 500mL de meio MKM diluído na vazão de, aproximadamente, 6,0mL/min e o pH da solução foi ajustado, periodicamente, para o valor de 1,8.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Biolixiviação do MPNi em frascos agitados

A bactéria autotrófica e acidófila *A. ferrooxidans* tem sido amplamente aplicada em processos de dissolução de sulfetos minerais por promover a geração de íons férrico,

principais agentes oxidantes responsáveis pela extração dos metais de base das amostras minerais de interesse (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

No presente trabalho, buscou-se avaliar a capacidade de extração de níquel de MPNi em frascos agitados por células de *A. ferrooxidans* -LR adaptadas à presença deste minério. De acordo com a Figura 1a, pode-se observar que após 30 dias de processo contínuo, a extração de Ni foi de 39,1%, representando um incremento de quase 60% em relação ao controle abiótico (extração de Ni de 24,6%), no qual o micro-organismo avaliado não foi inoculado, demonstrando a ação da *A. ferrooxidans* -LR sobre a solubilização do metal de interesse. Quando as células de *A. ferrooxidans* -LR foram adaptadas à presença de MPNi, através de cultivos sucessivos em menores concentrações da amostra mineral (Figura 1b), a extração de Ni iniciou-se mais rapidamente (em aproximadamente 14 dias de experimento), alcançando um platô até os 30 dias de condução do experimento, com uma média de extração de 58,4% entre o 16º e o 30º dias. O controle abiótico apresentou o mesmo perfil, com média de extração de 36,2%.

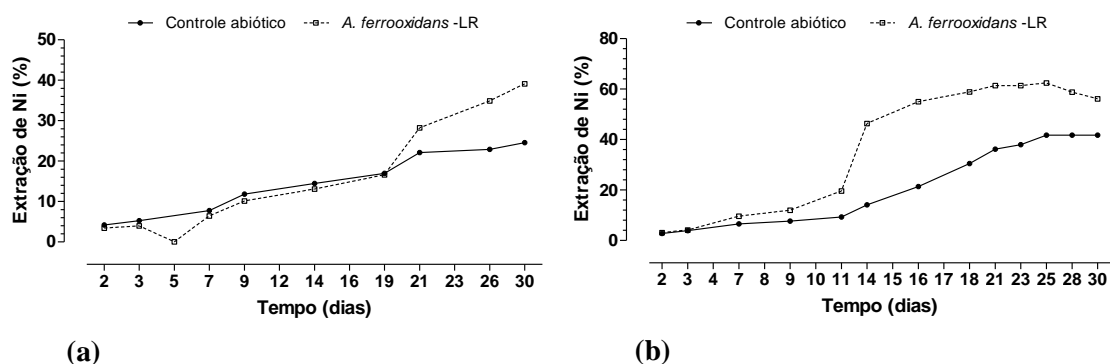


Figura 1: Extração de níquel nos ensaios em frascos agitados com a presença de células não adaptadas (a) e adaptadas (b) de *Acidithiobacillus ferrooxidans* -LR.

4.2. Biolixiviação do MPNi em colunas

A concentração celular na pilha de biolixiviação é um fator importante a ser considerado para eficiência do bioprocesso. De maneira geral, os micro-organismos utilizados fazem parte de um consórcio formado por gêneros e espécies bacterianas diferentes, que foram inoculados através de um processo de aglomeração das células microbianas com a amostra mineral (OLSON *et al.*, 2003; OLIVEIRA *et al.*, 2010). No presente trabalho, buscou-se avaliar o uso de células imobilizadas de *A. ferrooxidans* -LR como inóculo de colunas de biolixiviação, assim como comparar o uso desta cepa concomitantemente com outras espécies bacterianas.

O perfil da extração de níquel, nas diferentes condições avaliadas, pode ser observado na Figura 2. Em torno de 4,0% de Ni foi solubilizado no controle abiótico, enquanto que nas demais condições avaliadas, a extração do metal de interesse girou em torno dos 18%. Não houve diferença significativa na extração de níquel nos experimentos conduzidos na presença do consórcio bacteriano formado por *A. ferrooxidans* -LR, *L. ferrooxidans* e *A. thiooxidans*, sendo que adição destes dois últimos favoreceu a extração do metal de interesse.

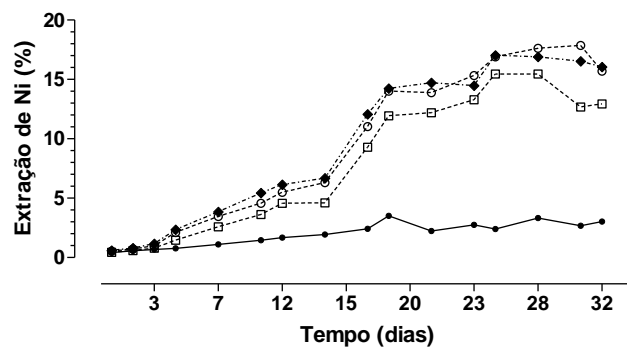


Figura 2: Extração de níquel nos ensaios em colunas. Controle abiótico (●); consórcio bacteriano (◆); células imobilizadas de *A. ferrooxidans* -LR (□); e células imobilizadas de *A. ferrooxidans* -LR e MPNi inoculado com *L. ferrooxidans* e *A. thiooxidans* (○)

5 CONCLUSÕES

A adaptação das células de *A. ferrooxidans* -LR mostrou-se eficiente na redução do tempo necessário para extração de níquel, aumentando a sua extração em 60% em comparação com o teste controle. O uso de células imobilizadas, como inóculo das colunas de biolixiviação, apresentou a mesma eficiência que o método convencional, sendo promissor para aplicação em maior escala, uma vez que reduz os custos com preparo de inóculo, transporte e aglomeração.

6 AGRADECIMENTOS

Ao PIBIC/CNPq pela bolsa; ao CETEM pela oportunidade; ao Dr. Luis Sobral pelas sugestões; às orientadoras Dra. Ellen Giese e Msc. Débora Oliveira pela atenção e auxílio constantes no desenvolvimento do trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIMA, R. B.; LEITE, S. G. F.; PEREIRA, G. S. F.; AMARAL, I. C.; SOBRAL, L. G. S. Bio-lixiviação de concentrado de flotación de sulfuros de cobre en sistema de reaccion en barcada utilizando microorganismos mesófilos y termófilos. **Dyna** (Medellín), v.172, p 133-140, 2012.

OLIVEIRA D. M.; SÉRVULO E. F. C.; SOBRAL L. G. S.; PEIXOTO G. H. C. **Biolixiviação: utilização de microrganismos na extração de metais**. Série de Tecnologia Ambiental. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. 38p.

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.

SOBRAL L. G. S.; OLIVEIRA D. M.; PEIXOTO G. H. C. **Biohydrometallurgical Processes: A practical approach**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. 324p.

SOBRAL, L. A.; OLIVEIRA, D. M. Biolixiviação de minério de níquel com baixo teor nesse metal. In: **XX Jornada de Iniciação Científica**. Rio de Janeiro, Brasil:CETEM/MCTI, 2013.

TUOVINEN, O. H.; KELLY, D. P. Studies on the growth of *Thiobacillus ferrooxidans*: I. Use of membrane filters and ferrous iron agar to determine viable numbers, and comparison with $^{14}\text{CO}_2$ -fixation and iron oxidation as measures of growth. **Archives of Microbiology**, v.88, p.285-298, 1973.