

## A Itatijuca Biotech e a técnica de biolixiviação

A missão da Itatijuca é realizar processamento mineral sustentável e fornecer tecnologia baseada em biotecnologia e química verde, para o tratamento de minérios, rejeitos e efluentes de difícil gestão.

Uma técnica que dominamos e utilizamos é a biolixiviação. Essa técnica é conhecida pela indústria e já bem documentada. Mas, apesar da técnica estar descrita em diversas fontes, aplicá-la não é algo trivial, sendo necessário um conhecimento profundo do processo e de todas as suas variáveis, pois a calibragem e eficiência do mesmo depende de diversos fatores, como o minério a ser processado, demais ocorrências na área, o microorganismo utilizado, pH, temperatura, nutrientes, etc..

Explicando em termos leigos, lixiviar é dissolver, e a lixívia é o suco resultante dessa dissolução. Biolixiviação é uma técnica biotecnológica para a geração dessa lixívia.

Os especialistas da Itatijuca dominam essa técnica, alguns com décadas de experiência no uso da mesma. Em seguida descrevemos a técnica em maiores detalhes.

## Processo de beneficiamento mineral por via biotecnológica, utilizando a biolixiviação em tanques ou em pilhas.

### Introdução

O processo descrito nesse documento visa a recuperação de metais, principalmente cobre, presentes em minérios e rejeitos sulfetados ou ferrosos, além de metais possivelmente presentes em efluentes industriais. O processo utiliza microorganismos oxidantes de compostos sulfetados e ferrosos como as bactérias *Thiobacillus Ferrooxidans* e a *Thiobacillus Thiooxidans*. O processo envolve principalmente três etapas: a preparação do material de onde será recuperado o cobre e/ou outros metais, a etapa de contato do material com os microorganismos oxidantes para a geração de uma solução de lixívia contendo Ácido Sulfúrico e os metais presentes no material solubilizado e a etapa de separação dos metais contidos na solução de lixívia.

A técnica visa principalmente a recuperação do Cobre, de minérios e rejeitos de calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), covelita ( $\text{CuS}$ ), calcocita ( $\text{CuS}_2$ ), bornita ( $\text{Cu}_5\text{Fe}$ ), enargita ( $\text{Cu}_5\text{AsS}$ ), e de compostos sulfetados de cobre em geral.

O cobre é um dos metais mais importantes para a indústria, aparecendo na natureza também sobre a forma de óxidos, hidróxidos e carbonatos.

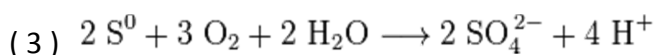
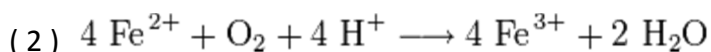
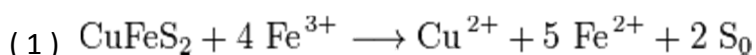
Sulfetos de cobre-ferro não são facilmente dissolvidos em ácidos e bases, e por esse motivo as vias de ataque químico tradicionalmente utilizados na indústria não são

efetivas, levando à predominância da pirometalurgia como forma de tratamento desses minérios. A extração do cobre por via pirometalúrgica é um processo reconhecidamente danoso para o meio ambiente, com um consumo relativamente alto de energia e alta geração do gás SO<sub>2</sub>, que é um gás poluente e de liberação para o ambiente altamente regulada na maioria dos países do mundo. O processo pirometalúrgico também exhibe outros dois problemas: a produção do altamente tóxico trióxido de arsênico – caso o material tenha arsênico, e a geração de gases contendo zinco – caso o material contenha zinco. O processo biotecnológico descrito nesse documento contorna esses problemas, tornando-o atraente como alternativa ao processamento de minérios e rejeitos de cobre.

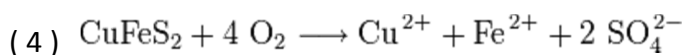
Sabe-se que determinados microrganismos - como os já citados *Thiobacillus Ferrooxidans* e *Thiobacillus Thiooxidans* - sob condições ácidas, podem solubilizar o cobre através da conversão do sulfeto de cobre no ânion cobre e no cátion sulfato. Para que essa conversão ocorra, é necessário que haja oxigênio em abundância na reação. Esta técnica biotecnológica pode ser usada à temperatura ambiente ou ligeiramente acima dela, e à pressão atmosférica. Sob condições controladas, até 50g/l de cobre podem ser extraídos em solução. A técnica não é seletiva para o cobre, também solubilizando outros metais como, por exemplo, o ferro, zinco, níquel e cobalto. Estes metais podem ser extraídos, o que pode ser economicamente viável caso os teores sejam altos o suficiente.

### **Biolixiviação em tanques**

O processo de biolixiviação em tanques pressupõe o contato contínuo, em meio agitado, dos microorganismos com o material a ser biolixiviado. As bactérias oxidam os sulfetos do material seguindo o seguinte processo – no caso, utilizando como exemplo a oxidação da calcopirita:



Com a equação química global:



Antes de entrar em contato com as bactérias, o material precisa ser britado, para que o tamanho das partículas seja adequado, garantindo a eficiência do processo. Outra etapa intermediária que pode ser realizada no pré-tratamento do material é a concentração por flotação, sendo que nesse caso o material que será biolixiviado consistirá na polpa de flotação, também chamada de concentrado de flotação.

Tipicamente o processo é realizado em reatores químicos especiais, revestidos em aço inoxidável 304L, para garantir que não haverá corrosão durante o processo. Os reatores são alimentados com o material e também com ácido sulfúrico, para que seja fornecido um ambiente onde essas bactérias possam viver, com pH entre 1 e 2. Com o material dentro do reator, é necessária a agitação constante, por um período de aproximadamente 7 dias. É necessário, seguindo o modelo previsto pela equação 4, que durante todo o processo haja abundância de ar no interior do reator, para que haja oxigênio suficiente.

O processo bacteriano de oxidação é altamente exotérmico, o que significa que é necessário o controle de temperatura, para que a mesma não ultrapasse os 60° C. O controle de temperatura pode ser realizado utilizando-se de um sistema de troca de calor na camisa do reator ou então com a injeção de ar com temperatura controlada.

No processo como um todo, nota-se também a necessidade da construção de um tanque para o cultivo das bactérias. Nesse tanque de cultivo, que contém uma solução de ácido sulfúrico com as bactérias, são periodicamente adicionados micronutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio, além do CO<sub>2</sub>, de onde as bactérias tirarão o carbono, para a constituição da própria biomassa.

Após o tempo de residência dentro do reator de aproximadamente 7 dias, o material terá sido lixiviado, e a solução de lixivia (que no momento então consiste em microorganismos, ácido sulfúrico e metais solubilizados), se contiver teores suficientes do metal de interesse solubilizado, será enviada para a etapa de separação e purificação dos metais.

### **Biolixiviação em pilhas**

A biolixiviação em pilhas é um processo que funciona com os mesmos princípios descritos anteriormente para a biolixiviação em tanques agitados.

Para que o material seja passível de ser lixiviado biologicamente, uma etapa de preparação se faz necessária, onde o material será britado até a fração granulométrica adequada (que deve ser definida de acordo com o minério, com o metal que deseja ser extraído e com os tipos de bactérias que serão utilizados). Após a preparação, o material será utilizado para a construção de pilhas que são encapadas utilizando geomembranas, para evitar a contaminação do solo com os metais solubilizados e com o ácido sulfúrico que será gerado pelas bactérias.

Por essas pilhas circulará uma solução de ácido sulfúrico – meio onde vivem os microorganismos utilizados, que em conjunto com o consumo bacteriano dos sulfetos presentes no material, atuará na solubilização dos metais de interesse. A circulação dessa solução é realizada em circuito fechado, ou seja, a solução de ácido sulfúrico é constantemente recirculada pela pilha, até que o teor de metal solubilizado no ácido seja suficiente para a recuperação do metal.

Como os processos de lixiviação bacteriana são exotérmicos, é necessário, como no processo em tanques, o controle da temperatura em que os processos ocorrem, sendo a temperatura ideal entre 40 graus e 60 graus Celsius. Esse controle de temperatura pode ser realizado de diversas formas, como através da temperatura do ar que é injetado na pilha ou mesmo através da temperatura da solução circulante.

Os micro e macronutrientes necessários para o crescimento bacteriano, mencionados no item anterior desse documento, devem ser aspergidos sobre a pilhas por meio de tubos. O controle e modelagem do fluxo desses nutrientes são de extrema importância para o funcionamento satisfatório do processo.

No processo de biolixiviação em pilhas, as principais diferenças em relação ao processo realizado em tanque agitado, são:

- Tempo de residência do material no processo (7 dias para tanques agitados e de 8 a 12 meses em pilhas);
- Custo energético (muito maior no caso dos tanques, por exigir a agitação constante e quase ininterrupta da polpa);
- Área necessária (na biolixiviação em pilhas, uma grande área é necessária para a construção das pilhas e dos tanques de inoculação de bactérias).

## Conclusão

A missão da Itatijuca é realizar processamento mineral sustentável e fornecer tecnologia baseada em biotecnologia e química verde, para o tratamento de minérios, rejeitos e efluentes de difícil gestão.

Nossos especialistas dominam e utilizam a técnica de biolixiviação, possuindo uma experiência e conhecimento profundos do processo e de todas as suas variáveis.