

1. INTRODUÇÃO

As operações de flotação e floculação são utilizadas tradicionalmente na separação seletiva de minerais, estas operações utilizam reagentes comerciais de tipo anfipático que modificam as propriedades da superfície mineral e facilitam sua separação. Alguns destes reagentes podem ser de custo elevado ou podem ser ineficientes para a separação seletiva de minerais de baixo teor (Torem e Casqueira, 2003; Pearse, 2005; Fuerstenau, 1999; Namita e Natarajan, 1999; Sharma e Hunumantha, 2003).

Paralelamente ao emprego de reagentes convencionais, algumas das últimas pesquisas no processamento mineral estão dirigidas para produção de novos reagentes para flotação. O desenvolvimento de novos reagentes é um tema de grande interesse na atualidade e as pesquisas estão dirigidas para a procura de reagentes que sejam de baixo custo, altamente seletivos e seguros para o meio ambiente, sem necessidade de modificação substancial do fluxograma industrial de beneficiamento (Fuerstenau,1999).

O emprego de compostos de origem biológica como amido, goma guar, dextrina e caboximetilcelulose (assim como amilose, amilopectina e glicose) têm sido estudados no processo de flotação de minerais de quartzo, pirita galena, esfarelita, entre outros (Liu et al, 2000; Pavlovic e Brandão, 2003). Estes polissacarídeos têm na sua estrutura grupos funcionais similares aos empregados tradicionalmente na flotação mineral, tornando-os altamente seletivos além de biodegradáveis

Com o desenvolvimento da biotecnologia nos últimos anos, tem-se verificado que os microorganismos possuem em suas paredes macromoléculas tais como polímeros, proteínas, enzimas e ácidos orgânicos que poderiam cumprir as mesmas funções dos reagentes convencionais de beneficiamento mineral (Deo e Natarajan, 1997). Estas macromoléculas têm afinidade com diferentes sistemas minerais modificando assim às propriedades da superfície (Chandaphara et al, 2006). O emprego de microorganismos no processo de separação mineral pode ser então chamado de Bioprocessamento.

Alguns microrganismos em função da presença de grupos funcionais de polímeros, carboidratos, proteínas e ácidos micólicos presentes em sua parede celular conferem aos mesmos propriedades que os tornam capazes de atuar como biorreagentes (Van der Wal, 1997). Estes grupos podem interagir com a superfície mineral e conferir-lhe características anfipáticas da mesma maneira que os reagentes usados tradicionalmente no processamento mineral (Mesquita et al, 2003). Alguns microrganismos têm sido usados como biorreagentes para a separação de alguns sistemas minerais. A Tabela 1 mostra alguns exemplos.

Tabela 1: Microrganismos empregados em diferentes sistemas minerais.

Sistema Mineral	Microrganismo	Função do Biorreagente	Referencia Bibliográfica
Flotação de calcita / hematita corindon quartzo.	<i>Bacillus polymyxa</i>	Depressor para Corindon Quartzo	Namita Natarajam 1997
Floculação de finos de hematita	<i>Mycobacterium phei</i>	Agente Floculante	Dubel et al., 1992
Hematita /quartzo	<i>Bacillus polymyxa</i>	Depressor para hematita	Dubel et al., 1992
Hematita / quartzo	<i>Rhodococcus opacus</i>	Coletor para hematita	Mesquita 2000
Dolomita / apatita	<i>Mycobacterium phei</i> , <i>Bacillus subtilis</i>	Depressor para dolomita	Sheng, Smith, Arps 2001
Pirita de óxidos minerais (pirita, quartzo, pirita, calcita)	<i>Bacillus polymyxa</i>	Depressor para hematita	Patra Natarajam 2003
Pirita, calcopirita, sulfeto de cobre.	<i>Acidithiobacillus ferroxidans</i>	Coletor de sulfeto de cobre	Hosseini, et al 2005
Pirita / calcopirita	<i>Acidithiobacillus ferroxidans</i> , <i>Acidibacillus thiooxidans</i>	Coletor para galena	Natarajan Das, 2003

Sharma e Hunumnatha (2003) definiram e resumiram os fatores que afetam o Bioprocessamento Mineral. Dentro do Bioprocessamento temos os processos de biobeneficiamento e a biolixiviação para a separação de minerais empregando microrganismos. O Diagrama 1 representa a classificação feita pelos autores assim como fatores importantes que devem ser considerados.

A biolixiviação tem sido empregada para o tratamento de cobre, urânio e rochas de ouro refratário, entre outras. Neste processo, os microrganismos são capazes de solubilizar os metais de interesse desde a rocha pela oxidação dos minerais. A biolixiviação é muito efetiva porém o processo geralmente é lento.

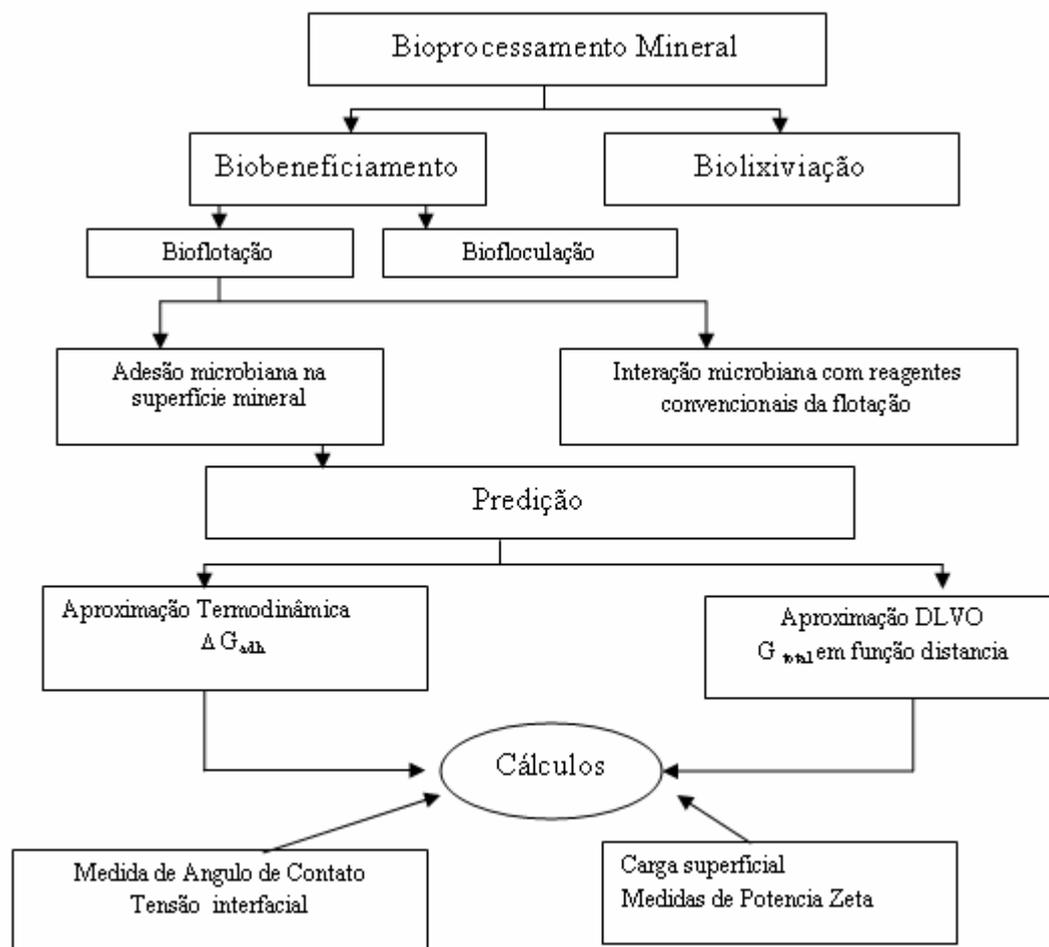


Diagrama 1: Fatores que afetam o Biobeneficiamento e sua predição (Sharma e Hunumantha Rao, 2003).

O processo chamado de Biobeneficiamento é uma técnica que emprega microrganismos na separação seletiva do mineral. Este é um processo rápido que envolve modificações nas propriedades da superfície do mineral mediante a adesão microbiana. Neste processo, os microrganismos atuam como biorreagentes do tipo coletores ou de modificadores que transformam a superfície hidrofílica do mineral em um composto com características hidrofóbicas, facilitando assim, a separação mineral nas operações convencionais de flotação e/ou floculação (Sharma e Hunumantha, 2003).

Na Bioflotação, os microrganismos atuam como reagentes, coletores ou modificadores viabilizando a separação do constituinte mineral. Na Biofloculação, os

microrganismos atuam como floculantes permitindo a sedimentação do material de interesse.

No biobeneficiamento mineral, a ação dos microrganismos como biorreagentes pode ser estudada como a adesão seletiva das células microbianas na superfície do mineral; ou pela interação do microrganismo com os reagentes químicos tradicionais empregados nos processos de beneficiamento. Atualmente os estudos estão focados em compreender somente os fenômenos de adesão do microrganismo sobre a superfície mineral. (Poortiga, 2002; Smith, 2006)

Na Bioflotação e Biofloculação é importante estudar as propriedades superficiais do microrganismo e sua interação com a superfície mineral. Propriedades como a carga superficial e hidrofobicidade do microrganismo, e tensão de energia interfacial assim como a presença e configuração de polímeros na parede celular ajudam no desenvolvimento de teorias para prever as energias de interação envolvidas na adesão de microrganismos sobre a superfície mineral. Teorias como Derjaguin - Landau - Verwey - Overbeek (DLVO) e Derjaguin – Landau - Verwey - Overbeek estendida (X-DLVO) assim como aproximações termodinâmicas são usadas com este propósito.