

## 5 Conclusões e Recomendações para trabalhos futuros

### 5.1. Conclusões

Neste trabalho foi avaliada a eletroflotação como processo de separação de dois minerais cassiterita e quartzo na fração fina, com tamanho de partícula entre 15 e 13  $\mu\text{m}$ ; juntamente com o uso de células de *Rhodococcus opacus* como potencial biorreagente na flotação destes minerais. Assim, diante os resultados obtidos, pode-se concluir que:

Mediante a curva de crescimento, foi verificado que para o meio de cultura YMA em pH de 7,2, 250 rpm de agitação e 28 °C de temperatura, o final da fase exponencial estabeleceu-se entre o período de 25 a 48 horas iniciais da curva de crescimento bacteriano. Assim, para os posteriores ensaios o tempo de cultivo deste microrganismo foi fixado em 48 h.

A espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier foi utilizada para identificar os grupos funcionais presentes na parede celular, as bandas de absorvância foram relacionados à presença de ácidos graxos, (grupos  $\text{CH}$ ,  $\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_3$ ), proteínas ( $\text{NH}$ ,  $\text{NH}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ) e polissacarídeos ( $\text{COOH}$  e  $\text{CONH}$ ). Finalizando a caracterização das células microbianas, curvas de potencial zeta foram levantadas para identificar a carga e ponto isoelétrico de *R. opacus*. Consequentemente, foi determinado que o microrganismo possui carga negativa em quase toda a faixa de pH (PIE = 2,4).

Após a interação, foram identificadas certas mudanças nas superfícies dos minerais, as quais foram apresentadas mediante curvas de potencial zeta, espectros de infravermelho e medições de ângulo de contato. Assim, os resultados revelaram mudanças na carga dos minerais, a presença de grupos funcionais próprios dos microrganismos e um aumento considerável no valor de ângulo do contato, relacionado à hidrofobicidade (de 0° até 84° no caso da

cassiterita e de 0° até 72° no caso do quartzo), indicando uma forte interação *R.opacus*-superfície mineral.

Os ensaios de adesão confirmaram a maior afinidade da bactéria pela cassiterita do que pelo quartzo, sendo a maior adesão de 90 mg células secas/g de mineral de cassiterita entre pH 2,0 e 3,0 e concentração inicial de bactéria de 900 mg/L. No caso do quartzo os melhores resultados de adesão foram de 50 mg células secas/g de mineral no mesmo valor de pH e concentração inicial de bactéria.

Foram determinados também, no caso da cassiterita, uma apreciável dependência do pH e da concentração inicial de células na adesão. Já para o quartzo, o pH, foi o parâmetro de maior influência. O equilíbrio na adesão foi atingido em tempos curtos, sendo menores de 10 min para ambos os minerais.

Antecedendo os testes de eletroflotação, medições do tamanho de bolhas geradas eletroliticamente foram realizadas. As variáveis de maior influência foram a densidade de corrente e concentração de células *R. opacus*. Assim, o tamanho médio de bolhas foi em torno de 45 µm sem a presença do microrganismo e de 15 µm na presença da bactéria, (200 mg/L). Este comportamento está relacionado com o decréscimo da tensão superficial da solução devido as propriedades de tensoativas da bactéria.

No caso da produção de bolhas, foi verificado um aumento nos valores de pH e densidade de corrente, que produziram um maior número de bolhas. Este comportamento foi explicado, já que existe uma maior geração de H<sub>2</sub> em solução alcalina, enquanto a densidade de corrente o aumento na produção de bolhas é coerente com a lei de Faraday.

Nos ensaios de eletroflotação, flotabilidade de 60% foi conseguida na cassiterita a pH 5,0 e em torno de 30 % no caso do quartzo em toda a faixa de pH analisada. O aumento na densidade de corrente produz um ligeiro incremento na flotabilidade, enquanto que a concentração de células não apresentou efeito apreciável.

Finalmente, testes de flotabilidade de uma mistura cassiterita-quartzo foram realizados nas melhores condições de operação encontradas (tais como pH 5,0, concentração de células 50 mg/L e densidade de corrente de 57,1 mA/cm<sup>2</sup>), os

resultados mostram que é possível obter recuperações de cassiterita em torno de 68% com teores em torno de 58%.

Pelo apresentado neste trabalho é possível a recuperação de cassiterita na fração fina de tamanho dos minerais pelo processo de eletroflotação, fazendo uso de *R. opacus* como biocoletor/bioespumante.

## **5.2. Recomendações para trabalhos futuros**

Recomenda-se realizar trabalhos futuros nos seguintes aspectos:

Aprofundar os estudos de biobeneficiamento de minerais, usando a bactéria *R. opacus* numa escala maior, considerando a utilização em conjunto com reagentes químicos convencionais, visando uma maior recuperação e seletividade na eletroflotação.

Sugere-se, ainda realizar trabalhos referentes à extração e concentração de biosurfatantes, sintetizados por células de *R. opacus*. Isto poderia potencializar as propriedades deste biorreagente e maximizar o biobeneficiamento mineral.

Referente ao processo de eletroflotação:

Estudos de passivação ou ativação dos eletrodos, devido à presença de células bacterianas deveriam ser feitos juntamente com novos projetos de células de eletroflotação para a realização de testes em maior escala. Estudos de flotação verdadeira e arraste sob a influência dos parâmetros, tais como, densidade de corrente, e tamanho de partícula seriam necessários para otimizar a seletividade entre os minerais.

Finalmente, dado à complexidade do processo de nucleação das bolhas tanto na superfície do eletrodo quanto no seio da solução, este poderia ser beneficiado pela presença de sólidos (possíveis sítios de nucleação) no sistema. A agitação poderia introduzir um elemento convectivo para o transporte de gás dissolvido. Todos estes fatores precisam ser melhor compreendidos antes da concepção de uma célula de eletroflotação.