

BIOFLOTAÇÃO DE HEMATITA E QUARTZO

Estudos Preliminares

Cristiane Andrade de Lima

Bolsista de Inc. Científica, Eng. Química, UERJ

Luciana Maria Souza de Mesquita

Orientadora, Eng.^a Química, MSc.

RESUMO

A interação entre uma linhagem bacteriana e amostras minerais de hematita e quartzo foi estudada através de experimentos envolvendo medidas de potencial zeta, medidas de ângulo de contato, e ensaios de microflotação em tubo de Hallimond

modificado. Os resultados obtidos demonstraram uma forte interação entre as células microbianas e as partículas minerais, principalmente a hematita, que apresentou alterações significativas nas suas propriedades de superfície.

1. INTRODUÇÃO

Os desenvolvimentos em biotecnologia vem demonstrando que a utilização de microorganismos em processos como a biolixiviação e em operações unitárias de tratamento de resíduos oriundos da indústria metalúrgica são viáveis (1). Estudos recentes vem apontando uma nova área de aplicação de microrganismos no setor mineral, a bioflotação. A bioflotação seria um processo de flotação, no qual, microrganismos atuariam como reagentes, coletores ou modificadores, viabilizando a separação seletiva de um constituinte mineral de interesse de um minério (2,3).

A presença de grupos funcionais apolares (cadeias hidrocarbônicas) e grupos polares (carboxilas, fosfatos, hidroxilas) na superfície celular microbiana (parede celular, cápsulas, envoltórios), conferem aos microrganismos características similares às de moléculas de surfatantes, o que vem a possibilitar o emprego de algumas espécies como coletores ou modificadores, substituindo-os total ou parcialmente, em operações de flotação de partículas minerais (4).

A recente literatura demonstra a possibilidade de utilização de espécies microbianas como reagentes de flotação na separação hematita-quartzo,

corundum-quartzo (5), apatita-dolomita (6) e pirita-carvão (7). Foi observado que a interação entre as células microbianas e as partículas minerais levaram a mudanças significativas na química de superfície dos mesmos. Tais alterações podem ser possíveis devido a adsorção das células às partículas minerais, através de interações eletrostáticas e interações químicas.

É sabido que os processos de flotação estão intimamente relacionados com as propriedades físico-químicas das superfícies dos minerais envolvidos. Portanto, é essencial entender os mecanismos e as conseqüências resultantes da interação microrganismo-mineral .

Neste trabalho, foram realizados estudos preliminares, onde se buscou avaliar possíveis mudanças nas propriedades de superfície, de amostras puras de quartzo e hematita, através de medidas de ângulo de contato, medidas de potencial zeta e ensaios de microflotação, após interação com uma linhagem bacteriana não patogênica, previamente selecionada.

2. OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar uma linhagem bacteriana hidrofóbica como possível reagente de flotação de hematita e quartzo, através de mudanças nas propriedades químicas da superfície das amostras minerais.

3. METODOLOGIAS

3.1. Amostras Minerais

Amostras minerais de hematita e quartzo de alta pureza foram obtidas junto ao Departamento de Tratamento de Minérios (DTM) do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM).

Análises por difração de raios-X e por microscopia eletrônica de varredura (MEV) acoplado ao sistema de energia depressor de raios-X (EDS) demonstraram uma fase cristalina presente nas amostras, tanto de hematita quanto de quartzo, e elevada pureza.

3.2. Cultura Bacteriana

Uma linhagem bacteriana, não patogênica, gram positiva e de elevado grau de hidrofobicidade (ângulo de contato: $70^\circ \leftarrow 5$), denominada RRO 1879, foi obtida junto a Coleção de Cultura da Fundação André Tosello – SP. A linhagem foi propagada em meio de cultura com a seguinte composição: glicose, 8 g/L; NaCl, 5 g/L; MgSO₄, 0,2 g/L; KH₂PO₄, 1 g/L; (NH₄)₂HPO₄, 5 g/L.

Após 48 horas de incubação, em *shaker* rotatório à temperatura de 28 °C, a cultura foi centrifugada, lavada com água deionizada e as células ressuspensas à volume conhecido, em solução de NaCl 10⁻⁴ M. A concentração da suspensão celular foi quantificada através de peso seco e a seguir empregada nos ensaios descritos a seguir.

3.3. Ensaios de Medida de Potencial Zeta

Os valores dos potenciais zeta das amostras de hematita, quartzo e das células microbianas em função do pH, foram medidos utilizando-se um Malven ZetaMaster. As amostras minerais foram dispersas em uma solução de NaCl 10⁻⁴ M, onde o pH foi ajustado para diferentes valores utilizando-se soluções diluídas de HCl e NaOH.

Na realização dos ensaios, foi utilizada uma faixa granulométrica inferior a 38 µm de tamanho de partícula, onde foram analisadas amostras minerais previamente condicionadas com as células microbianas e não condicionadas. O condicionamento foi de 15 minutos com uma suspensão celular de 600 ppm em diferentes valores de pH.

3.4. Ensaios de Medida de Ângulo de Contato

Os ensaios de medida de ângulo de contato foram realizados utilizando-se um Goniômetro modelo 100-00-115 Ramé-Hart-Inc. As pastilhas de quartzo e hematita foram moldadas com resina epoxídica. O topo da superfície de cada amostra foi, então, cuidadosamente polida usando água destilada e pó de alumina. As amostras foram limpas com jatos de água destilada para remover pequenas partículas aderidas.

A metodologia empregada foi a mesma utilizada por Raichur *et al* (7). Algumas gotas de suspensão celular na concentração de 600 ppm foram colocadas sobre a superfície polida da pastilha e deixada em repouso por 10 minutos. Após este tempo, as amostras foram lavadas com solução de NaCl 10^{-4} M, para que fossem removidas as células bacterianas não aderidas. A pastilha foi seca em um dessecador modelo Sotalem à vácuo, por aproximadamente 15 minutos a 45°C . As amostras foram então transferidas para uma cubeta de acrílico para realização das medidas. As medidas de ângulo de contato foram feitas em ambos os lados da bolha.

As medidas de ângulo de contato foram feitas utilizando-se o método da bolha cativa sobre a superfície, após 5 minutos de equilíbrio. A força iônica foi mantida com uma solução de NaCl 10^{-4} M, e o pH ajustado para os mesmos valores da suspensão celular previamente utilizada.

3.5. Ensaio de Microflotação

Os ensaios de microflotação foram conduzidos em tubo de Hallimond modificado. Foi utilizado 1,0 grama de amostra mineral, de faixa granulométrica compreendida entre 106 e $75\ \mu\text{m}$. A amostra mineral foi condicionada por 10 minutos em 135 mL de suspensão celular de concentração conhecida, para diferentes valores de pH, ajustadas com soluções diluídas de NaOH e HCl. A flotação foi conduzida por 5 minutos com uma vazão de ar de 0,7 mL/min. Após este tempo a massa flotada foi recolhida, filtrada, seca e pesada. A flotabilidade corresponde a percentagem de massa flotada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Medidas de Potencial Zeta

A Figura 1 apresenta as curvas de potencial zeta para células de RRO 1879 e para as amostras de hematita e quartzo, em função dos valores de pH.

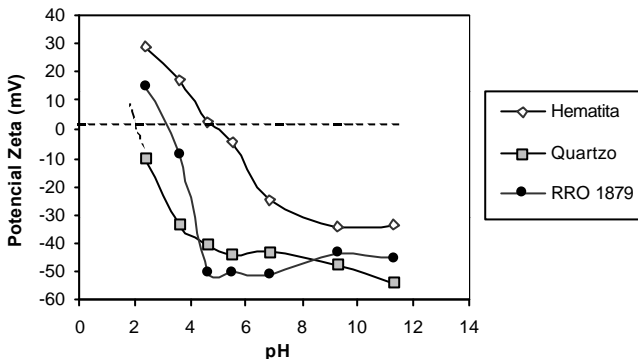


Figura 1 - Curvas de potencial zeta em função do pH para hematita, quartzo e células de RRO 1879. Força iônica constante- NaCl 10^{-4} M.

Podemos observar que as células de RRO 1879 se apresentam carregadas negativamente para uma grande faixa de pH, com o seu ponto isoelétrico (PIE) correspondendo a um valor de pH em torno de 3,2. No caso das amostras minerais, podemos constatar um PIE correspondente a um valor de pH, de aproximadamente 2,0 para o quartzo, e 5,1 para a hematita.

Nas Figuras 2 e 3 são apresentados os resultados referentes às medidas de potencial zeta para hematita e quartzo, respectivamente, antes e após interação com as células microbianas.

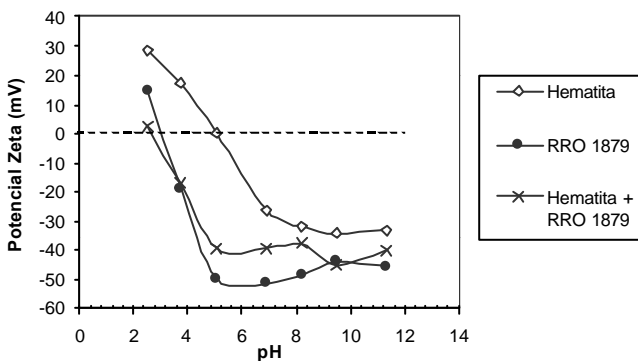


Figura 2 - Curvas de potencial zeta para hematita, antes e após a interação com uma suspensão celular de RRO 1879, de concentração 600 ppm.

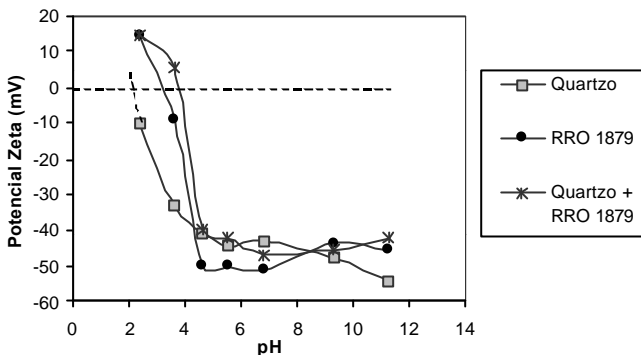


Figura 3 - Curva de potencial zeta para quartzo, antes e após a interação com uma suspensão celular de RRO 1879, de concentração 600 ppm.

Podemos observar uma alteração nas propriedades de superfície, para ambos os minerais, após interação com as células de RRO 1879. Houve um deslocamento nos valores de pH correspondentes aos PIE's, que mudaram de 5,1 para 2,6 no caso da hematita, e de cerca de 2 para 3,7 no caso do quartzo. É interessante notar que os potenciais zeta dos minerais assumiram valores próximos aos das células, indicando uma adsorção à superfície das partículas minerais, principalmente para hematita.

Essa adsorção seria proveniente de interações de origem eletrostática, visto que as partículas de hematita se apresentam carregadas opostamente, ou menos negativamente carregadas, em relação as células de RRO 1879, principalmente em valores de pH ácido. A mesma afirmação pode ser atribuída para as partículas de quartzo, que se apresentam opostamente carregadas ou mais negativamente carregadas do que às células microbianas, para valores de pH compreendidos entre 2 e 3,5.

Alterações similares no perfil eletrocinético, também foram observadas por Deo & Natarajan (2), para amostras de calcita, quartzo, dolomita, corundum e hematita, após interação com células de *Bacillus polymyxa*.

4.2. Ensaio de Medida de Ângulo de Contato

O efeito da adsorção das células bacterianas, nos valores de ângulo de contato das superfícies de hematita e quartzo, foi estudado em função do pH. Os resultados estão descritos na Figura 4.

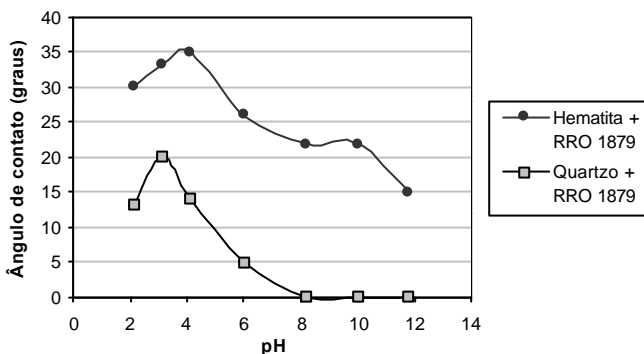


Figura 4 - Medidas de ângulo de contato de avanço para hematita e quartzo após interação com células de RRO 1879.

No caso da hematita, podemos observar o efeito das células de RRO 1879 aderidas à sua superfície, para toda faixa de pH avaliada. Antes da interação com o microrganismo, a superfície da hematita era completamente hidrofílica, já que a sua afinidade pela bolha de ar era completamente nula (valores de ângulo de contato iguais a zero). Porém, após a interação, pôde-se verificar um caráter hidrofóbico na hematita, constatado pelo aumento do ângulo de contato. Podemos notar também que, para valores de pH entre 4,5 e 2, os valores de ângulo de contato são maiores demonstrando uma maior interação entre as células microbianas e a amostra mineral nesta faixa de pH.

Para a amostra de quartzo, podemos observar que após a interação microbiana, a superfície, que apresentava inicialmente valores de ângulo de contato iguais a zero, passou a apresentar valores de ângulos entre 13 e 20 graus. No entanto, esta mudança somente ocorreu para valores de pH ácidos, permanecendo o ângulo de contato igual a zero para faixa de pH básica.

4.3. Ensaios de Microflotação

A influência da concentração celular de RRO 1879 e do pH na flotabilidade da hematita e do quartzo, estão relacionadas nas Figuras 5 e 6, respectivamente. Podemos notar que, para ambos os minerais, há um aumento na flotabilidade com o aumento da concentração celular.

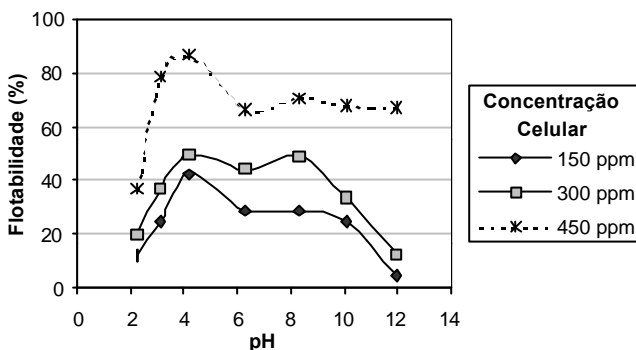


Figura 5 – Flotabilidade de hematita em função do pH, após condicionamento com diferentes concentrações de suspensão celular de RRO 1879.

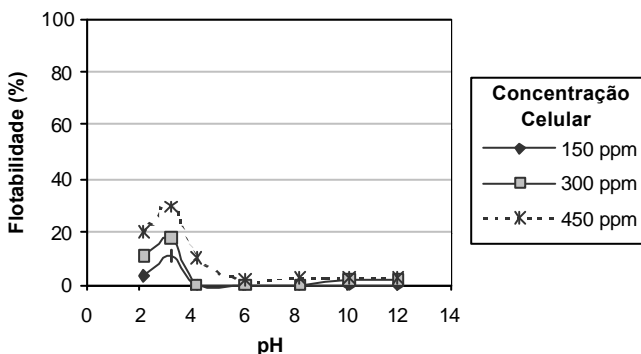


Figura 6 - Flotabilidade de quartzo em função do pH, após condicionamento com diferentes concentrações de suspensão celular de RRO 1879.

Na Figura 5 podemos destacar uma boa flotabilidade para hematita, cerca de 87%, em valores de pH em torno de 4, e cerca de 70 % para valores de pH entre 6 e 12, quando uma concentração celular de 450 ppm é utilizada.

As curvas apresentadas na Figura 6 demonstram uma melhor, embora baixa (cerca de 30%), flotabilidade para valores de pH em torno de 3, e praticamente nenhuma flotabilidade para os demais valores de pH.

Esses resultados, aliados aos resultados obtidos nas medidas de ângulo de contato e potencial zeta, indicam uma diferente interação entre as células de RRO 1879 e as amostras de hematita e quartzo, principalmente para valores de pH acima de 4, independente da concentração celular empregada.

As partículas de hematita e quartzo apresentam superfícies polares (alta afinidade por moléculas de água), caracterizando o seu caráter hidrofílico. No entanto, os mecanismos de interação entre as células de RRO 1879 e as amostras de quartzo e hematita parecem ser diferentes. No caso do quartzo, a adsorção das células à superfície mineral se daria através de interações eletrostáticas entre as partículas opostamente carregadas, em valores de pH ácidos. Para hematita, além da adsorção física (interações eletrostáticas), provavelmente há uma adsorção química, levando a uma hidrofobicidade da superfície e elevada flotabilidade (cerca de 70%) quando valores de pH alcalinos são utilizados.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstraram uma forte interação entre as células de RRO 1879 e as partículas minerais, principalmente as de hematita.

As medidas de ângulo de contato e flotabilidade indicam que diferentes mecanismos de interação estão envolvidos, principalmente para valores de pH acima de 4, independente da concentração celular empregada.

Para uma força iônica constante, NaCl 10^{-4} M, as alterações nas propriedades de superfície se mostraram fortemente dependentes dos valores de pH.

A boa flotabilidade das partículas de hematita (cerca de 70%) após condicionamento com células de RRO 1879, indicam, preliminarmente, uma

possível aplicação da cultura de RRO 1879 como um coletor de flotação, na separação entre quartzo e hematita, para valores de pH entre 7 e 12.

6. BIBLIOGRAFIAS

- (1) SMITH, R.W., MISRA, M. (1993). "RECENT DEVELOPS ON THE BIOPROCESSING OF MINERALS", MINERALS PROCESSING AND EXTRACTIVE METALLURGY REVIEW, VOL. 12, P. 37-60.
- (2) DEO, N. ;NATARAJAN, K.A., (1997). "INTERACTION OF BACILLUS POLYMYXA WITH SOME OXIDE MINERALS WITH REFERENCE TO MINERAL BENEFICIATION AND ENVIRONMENTAL CONTROL", MINERALS ENGINEERING, VOL. 10, Nº 12, P. 1339-1354.
- (3) SMITH, R.W., MISRA, M., CHEN, S. (1993). "ADSORPTION OF A HIDROPHOBIC BACTERIUM ONTO HEMATITE: IMPLICATIONS IN THE FROTH FLOTATION OF THE MINERAL", JOURNAL OF INDUSTRIAL MICROBIOLOGY, 11, P. 63-67.
- (4) DUBEL, J., SMITH, R.W., MISRA, M., CHEN, S. (1992). "MICROORGANISMS AS CHEMICAL REAGENTS: THE HEMATITE SYSTEM", MINERALS ENGINEERING, VOL. 5, Nº 3-5, P. 547-556.
- (5) DEO, N., NATARAJAN, K.A., (1998). "STUDIES ON INTERACTION OF PAENIBACILLUS POLYMYXA WITH IRON ORE MINERALS IN RELATION TO BENEFICIATION", NT. J. MINER. PROCESS., 55, P. 41-60.
- (6) ZHENG, X.P., SMITH, R.W., MEHTA, R.K., MISRA, M., RAICHUR, A.M. (1998). "ANIONIC FLOTATION OF APATITE FROM DOLOMITE MODIFIED BY THE PRESENCE OF A BACTERIUM", MINERALS & METALLURGICAL PROCESSING, VOL. 15, Nº 2, P. 52-56.
- (7) RAICHUR, A.M., MISRA, M., BUKKA, K., SMITH, R.W. (1996). "FLOCCULATION AND FLOTATION OF COAL BY ADHESION OF HYDROPHOBIC MYCOBACTERIUM PHLEI", COLLOIDS AND SURFACES B: BIOINTERFACES, VOL. 8, P. 1-12.