

SELETIVIDADE NA SEPARAÇÃO ENTRE A CAULINITA E GIBBSITA POR FLOTAÇÃO

O.M.S. Rodrigues¹, B.G. Amorim¹, A.E.C. Peres²

¹Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, MG, 31270-90. e-mail: otaviamartins@yahoo.com.br

²Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, MG, 31270-90. e-mail: aecperes@demet.ufmg.br

RESUMO

A maior demanda mundial pelo alumínio e o esgotamento de jazidas de bauxito ricas em mineral útil trazem a necessidade da inserção de métodos de concentração, como a flotação, no beneficiamento dos minérios bauxíticos. A caulinita é um dos principais minerais de ganga presentes nos bauxitos, sua presença causa elevação do consumo de soda cáustica e energia no processo Bayer. Dependendo da quantidade de caulinita presente no minério, sua utilização no processo Bayer pode ser inviabilizada. O objetivo deste trabalho foi encontrar condições para separar a caulinita quando presente em minérios bauxíticos (ricos em gibbsita), por flotação, utilizando dodecilamina (DDA) como coletor. A flotabilidade de amostras puras de caulinita e gibbsita foi estudada através de testes de microflotação utilizando tubo de Hallimond modificado. Inicialmente realizou-se o estudo cinético, para ambos os minerais, definindo o tempo ótimo de coleta. Nos testes posteriores determinaram-se as flotabilidades de caulinita e gibbsita em função da concentração de coletor. Observaram-se janelas de seletividade, em toda a faixa de pH analisada, para separação de caulinita e gibbsita com DDA nas concentrações de 5×10^{-5} e 1×10^{-4} mol/L. Observou-se também que, para concentrações do coletor maiores que 1×10^{-4} mol/L, há um decréscimo na recuperação de caulinita em pH igual a 10. Tal diminuição pode ser consequência do efeito de inversão das características superficiais devido à interação das partes apolares das moléculas de coletor adsorvidas no mineral e moléculas disponíveis na solução. Deste modo, a superfície hidrofobizada voltaria a ficar hidrofílica, diminuindo assim a recuperação do mineral.

PALAVRAS-CHAVE: microflotação; seletividade; caulinita; gibbsita.

1. INTRODUÇÃO

O bauxito é a fonte natural do metal alumínio, compõe-se de minerais chamados oxihidróxidos de alumínio, principalmente gibbsita, boehmita e diásporo. No Brasil, assim como em regiões de clima tropical, encontram-se grandes depósitos de bauxito rico em gibbsita originados de formações geológicas novas.

A transformação do minério bauxítico em alumina ocorre através do processo Bayer. A alumina é, posteriormente, transformada em alumínio pelo processo Hall Héroult. Na etapa de digestão do bauxito, no processo Bayer, o minério é misturado à soda cáustica para solubilização do alumínio. A quantidade de sílica que reage na digestão, e que está relacionada à presença de argilominerais (caulinita, ilita, pirofilita etc.), é denominada sílica reativa. A presença de sílica reativa causa um aumento no consumo de soda cáustica sem que haja contribuição para a geração de alumina. Ou seja, a presença de caulinita no minério prejudica a eficiência do processo Bayer, uma vez que eleva a quantidade de sílica reativa na etapa de digestão. A flotação pode ser uma das soluções para separar a caulinita presente no bauxito e obter produtos compatíveis com as necessidades da alimentação do processo Bayer.

A figura 1 apresenta a estrutura cristalina da gibbsita (γ - $\text{Al}(\text{OH})_3$) e da caulinita ($\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$). Os dois minerais possuem uma camada constituída por octaedros de alumínio coordenado por grupos OH, o que implica no fato de que ambos os minerais possuem sítios alumínio expostos. Além de sítios alumínio, a caulinita também possui sítios silício expostos. Uma das faces da camada da caulinita (00-1) contém os octaedros de alumínio expostos e a outra face (001) contém os tetraedros de silício expostos.

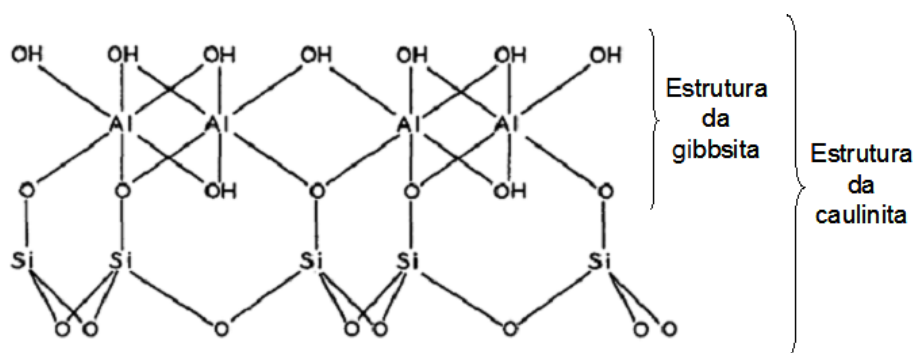


Figura 1: Estrutura cristalográfica da gibbsita e da caulinita.

Por conter camadas formadas pela união de duas estruturas diferentes, a caulinita apresenta, em cada uma das faces ou superfície de suas camadas, diferentes propriedades superficiais e composição química. A partir de cálculos de energia de adsorção, Yuehua et al. (2005) afirmaram que a adsorção de dodecilamina (DDA) é preferencial na face (001) (tetraedros de silício), uma vez que existe uma barreira de energia muito maior para adsorção de DDA no plano (00-1) (785 kJ/mol para uma distância entre a molécula e o plano de 0,286 nm) que no plano (001) (101 kJ/mol para uma distância entre a molécula e o plano de 0,266 nm). Desta maneira, o plano (00-1) tende a ficar mais hidrofílico que o plano (001). A DDA pode vir a ser um coletor específico para o sítio silício, pertencente apenas à estrutura da caulinita.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os testes de microflotação foram realizados em tubo de Hallimond modificado com volume de 300 mL. Adaptou-se ao tubo um extensor para minimizar os efeitos de arraste mecânico dos minerais. O gás, N_2 , utilizado para geração de bolhas, foi introduzido no tubo de Hallimond por uma placa porosa na vazão de 50 mL/min. A massa de mineral em cada teste de microflotação foi de 1g, na granulometria de $-212 \mu\text{m} +75 \mu\text{m}$.

Como coletor utilizou-se dodecilamina PA fabricada pela Sigma-Aldrich neutralizada com HCl. As concentrações de dodecilamina (DDA) utilizadas na investigação da flotabilidade da gibbsita foram 1×10^{-5} mol/L, 5×10^{-5} mol/L e 1×10^{-4} mol/L para os valores de pH 4, 6, 8 e 10. A flotabilidade da caulinita foi determinada com as mesmas concentrações de coletor já citadas e também nas concentrações 5×10^{-4} mol/L, 1×10^{-3} mol/L e 5×10^{-3} mol/L. Os modificadores utilizados para correção de pH foram NaOH e HCl diluídos.

O tempo de coleta foi definido através do estudo cinético da flotação dos minerais. Neste estudo utilizou-se o coletor DDA na concentração de 1×10^{-4} mol/L e pH igual a 10. O estudo cinético indicou que dois minutos é o tempo ótimo de coleta para verificar a flotabilidade dos minerais com a DDA, uma vez que a partir deste tempo a recuperação dos minerais permanece constante.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos testes de microflotação de caulinita e gibbsita, em função da concentração de DDA e do pH, estão representados nas figura 2 e 3, respectivamente.

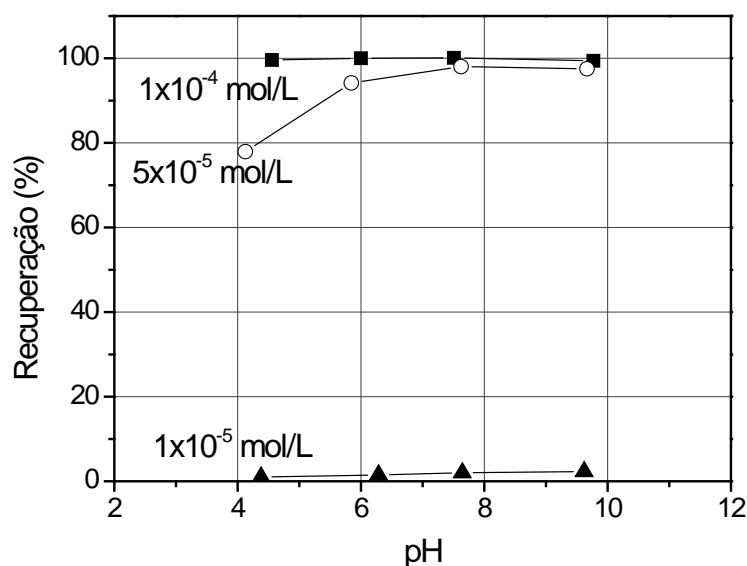


Figura 2: Flotabilidade da caulinita, em função do pH e da concentração de DDA.

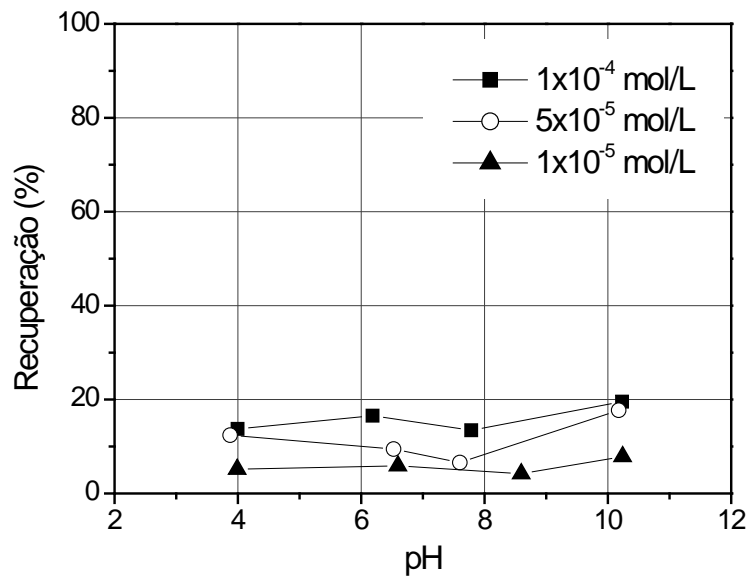


Figura 3: Flotabilidade da gibbsita, em função do pH e da concentração de DDA.

Os resultados apresentados demonstram que há uma janela de seletividade na flotação de caulinita e gibbsita em toda a faixa de pH analisada, considerando-se as concentrações de 5×10^{-5} mol/L e 1×10^{-4} mol/L.

A gibbsita tem recuperação abaixo de 20% para todas as concentrações de DDA, o que indica que o reagente não desempenha bem a função de coletor desse mineral nas condições analisadas. Em relação à caulinita a DDA exerce muito bem a função de coletor. Para concentrações iguais a 5×10^{-5} mol/L e 1×10^{-4} mol/L a recuperação atinge valores próximos de 100%. Para alguns autores (Yuehua et al., 2004; Yuehua et al., 2005; Cao et al., 2008), utilizando-se DDA como coletor, não é possível realizar a separação entre caulinita e gibbsita sem o uso de depressores em valores de pH próximos a 10. Segundo os autores a recuperação de caulinita decresce à medida que se eleva o pH, chegando a aproximadamente 20% em valores de pH próximos a 10. Os dados apresentados pelos autores são resultantes de experimentos com DDA em concentrações superiores a 1×10^{-4} mol/L. Desta maneira realizaram-se os testes de microflotação de caulinita com DDA em concentrações superiores a 1×10^{-4} mol/L (figura 4). Observou-se que, à medida que se eleva a concentração de coletor, há um decréscimo na recuperação do mineral em pH igual a 10. Tal diminuição pode ser consequência do efeito de inversão das características superficiais devido à interação das partes apolares das moléculas de coletor adsorvidas no mineral e outras disponíveis na solução. Desse modo, uma superfície hidrofobizada voltaria a ficar hidrofílica, diminuindo assim a recuperação do mineral.

A Figura 4 apresenta os resultados dos testes de flotabilidade da caulinita em concentrações do coletor DDA maiores que 1×10^{-4} mol/L.

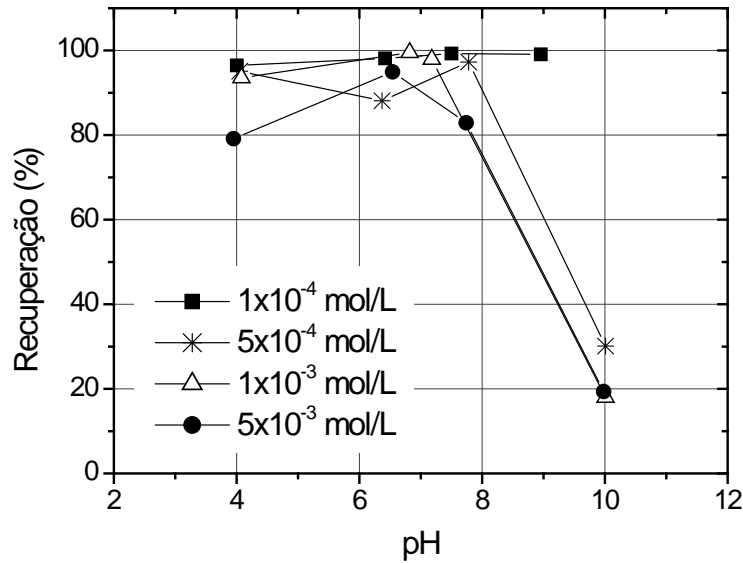


Figura 4: Flotabilidade da caulinita em função do pH com DDA nas concentrações de 1×10^{-4} , 5×10^{-4} , 1×10^{-3} e 5×10^{-3} mol/L.

4. CONCLUSÕES

A separação entre caulinita e gibbsita com dodecilamina é possível sem o uso de depressor utilizando-se DDA em concentrações iguais a 1×10^{-4} mol/L e 5×10^{-5} mol/L. Para a concentração de 5×10^{-5} mol/L, a condição mais favorável para a separação ocorre em pH 10, na qual observa-se uma maior janela de seletividade. Considerando a concentração de 1×10^{-4} mol/L, a variação do pH não interfere na janela de seletividade, que é de aproximadamente 80%.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cao, X. F.; Liu, C. M.; Hu, Y. H. Research on the relationship of three amine collector's structure and their flotation performances on three aluminosilicate. In: INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING CONGRESS, n. 24, 2008. Beijing, China, Proceedings..., p. 1513-1517.

Yuehua, H.; Wei, S.; Haipu, L.; Xu, Z. Role of macromolecules in kaolinite flotation. *Minerals Engineering*, n° 17, p. 1017-1022, 2004.

Yuehua, H.; Wei, S.; Hao, J; Miller, J. D.; Fa, K. The anomalous behavior of kaolinite flotation with dodecil amine collector as explained from crystal structure considerations. *International Journal of Mineral Processing*, n° 76, p.163-172, 2005.