

FLOTABILIDADE DE MINERAIS PRESENTES EM MINÉRIO DE MANGANÊS SÍLICO-CARBONATADO DA REGIÃO DE CONSELHEIRO LAFAIETE/MG

Rosa M.F. Lima, Bárbara L.C.M. Costa & Renê C.C. Vitti

Universidade Federal de Ouro Preto - Departamento de Engenharia de Minas - DEMIN - Laboratório de Propriedades Interfaciais - Morro do Cruzeiro S/No, Campus Universitário - CEP.: 35.400 - 000 - Ouro Preto - Minas Gerais -
Tel.: (31)3559-1590 - Fax.: (31)3559-1606
E-mail: rosa@demin.ufop.br

RESUMO

Nesse trabalho são apresentados os resultados de estudos de flotabilidade de minerais de manganês (rodonita e rodocrosita) e quartzo, presentes no minério sílico-carbonatado de Morro da Mina/Conselheiro Lafaiete/MG, com oleato de sódio na presença e na ausência de metassilicato de sódio, visando a obtenção de condições para a separação seletiva entre os minerais de manganês e o quartzo. A máxima flotabilidade dos minerais rodocrosita, rodonita e quartzo ocorreram em valores de pH iguais a 11 para a rodocrosita e 9 para a rodonita e o quartzo. Pelo fato da carga superficial dos três minerais estudados serem negativas para os valores de pH de maior flotabilidade, pode-se inferir que a adsorção do ânion oleato sobre a superfície dos mesmos é química. Observou-se maior afinidade do metassilicato de sódio com o mineral rodonita em relação à rodocrosita e ao quartzo. No entanto, o pré-condicionamento dos três minerais com o metassilicato de sódio não conduz a separação seletiva entre os mesmos, fato evidenciado pela queda de flotabilidade de todos os minerais estudados.

PALAVRAS-CHAVE: Minério de manganês; flotação; flotabilidade.

ABSTRACT

In this paper are presented the results of floatability studies of manganese minerals (rhodonite and rhodochrosite) and quartz that are present in the silicate-carbonated ore of Morro da Mina/Conselheiro Lafaiete/MG by using sodium oleate with and without waterglass presence with the objective to obtain selective separation conditions between the manganese minerals and quartz mineral by froth flotation. The maximum pH values of minerals floatabilities were 11 for rhodochrosite and 9 for rhodonite and quartz minerals. The surface charges of the three minerals studied are negative in the pH values of maximum floatability of them. So the collector mechanism adsorption on the surface of these minerals is chemistry. It was observed higher affinity of waterglass with the rhodonite mineral compared with rhodochrosite and quartz minerals. However, the preconditioning of the three minerals with waterglass do not result in selective separation among them by froth flotation what is proved with the decrease of floatability of all minerals studied.

KEY WORDS: Manganese ore, flotation; floatability.

1. INTRODUÇÃO

Com a exaustão dos depósitos de minério de manganês de altos teores do estado de Minas Gerais na década de 70 como é o caso de Morro da Mina em Conselheiro Lafaiete, a mineração Rio Doce Manganês (RDM) passou a lavar os minérios sílico-carbonatados, aplicando o mesmo fluxograma de beneficiamento dos minérios ricos, que consiste de fragmentação e classificação granulométrica em peneira e classificador espiral. A fração granulométrica abaixo de 0,106 mm, proveniente do classificador espiral normalmente é descartada, enquanto que a fração granulométrica acima de 106 μm após blendagem com concentrados de maiores teores é utilizada, principalmente, na indústria siderúrgica (85%), eletrolítica e química.

Visando o reaproveitamento dos finos (fração abaixo de 106 μm), descartados pela planta de lavagem de minério de manganês sílico-carbonatado de Morro da Mina, Reis e Lima (2006) e posteriormente Silva e outros (2007) identificaram por difratometria de raios X (método do pó total) os seguintes minerais: rodonita, rodocrosita, espessartita, huntita, quartzo, clinoclóro e rutilo. Reis e Lima (2006) verificaram que 80% dos finos encontravam-se abaixo de 106 μm e que os teores de Mn, Fe e SiO_2 eram de 28,3; 3,67 e 28,10%, respectivamente, e que os mesmos estavam dentro dos limites indicados nas especificações químicas do minério de manganês sílico-carbonatado fino – tipo 3 ($\text{Mn}_{\text{min.}}$ - 23 %, $\text{Fe}_{\text{max.}}$ - 6 % e $\text{SiO}_{2\text{max.}}$ - 35 %), que é um dos produtos da Unidade Morro da Mina – RDM.

Lima e outros (2008) em ensaios de flotação em escala de bancada com os finos do minério sílico-carbonatado, caracterizados por Reis e Lima (2006), usando óleo de soja saponificado e oleato de sódio como coletores e metassilicato de sódio como depressor, obtiveram recuperação metalúrgica de manganês de 63% e teor máximo de Mn no concentrado de 32% e de 17% de SiO_2 em pH 11. Esses valores foram compatíveis com aqueles obtidos por Reis (2005), usando métodos físicos de concentração.

Acevedo (1977) realizou testes de microflotação em tubo de Hallimond modificado com os minerais rodonita, rodocrosita e óxido de manganês. Foi efetuado, também, flotação de minério natural, utilizando oleato de sódio como coletor e, posteriormente, amido, fluorsilicato de sódio, quebracho, dextrina e silicato de sódio como depressores. Nos testes de microflotação, para uma concentração do coletor de $5,0 \times 10^{-4}$ M, o pesquisador encontrou uma flotação mínima da rodonita no pH = 5 e máxima em pH entre 9 e 10. Já a rodocrosita alcançou flotabilidade constante, de aproximadamente 100%, para todos os valores de pH o que é indicio de concentração excessiva de coletor. Para o minério, fração entre 106 e 43 μm (100 e 325#) a recuperação SiO_2 e Mn foi respectivamente de 100 e 90 % nas concentrações de ácido oléico igual e acima de 10^{-4} M. Ao utilizar o depressor silicato de sódio o pesquisador constatou que, em pH igual a 3, não houve efeito depressor sobre a rodonita, enquanto que em pH igual a 10 a flotabilidade desse mineral diminuiu em até 15%. Já no caso da rodocrosita não houve depressão. Também foi observado que o efeito depressor do silicato de sódio sobre o SiO_2 foi baixo e sem seletividade para a faixa granulométrica no intervalo de 149 a 43 μm (- 100 + 325 malhas). Quando a granulometria estava abaixo de 53 μm (270#), esse efeito aumentava consideravelmente, mas a seletividade era praticamente inexistente.

Os valores de potencial zeta de uma amostra de rodocrosita, determinados por Song (1994) estavam compreendidos entre +20 e -35 mV para a faixa de pH entre 4 e 11. No entanto, em medidas de potencial zeta, efetuadas por potencial de escoamento, de uma amostra de rodocrosita natural egípcia, o PCZ do mineral foi obtido em pH igual a 4,9 e em pH 9 foi constatada o menor valor de potencial zeta da amostra (-13 mV). O PCZ da rodonita ocorre em pH 2,7 (Fuerstenau e outros, 1985). Lopes e Lima (2009) levantaram a curva de potencial zeta do quartzo, utilizado nesse trabalho, cujo PCZ encontrado foi de 1,8.

Nesse trabalho são apresentados os resultados de estudos de flotabilidade dos minerais rodonita, rodocrosita e quartzo, condicionados com oleato de sódio e metassilicato de sódio, visando à obtenção de separação seletiva entre os minerais de manganês e o quartzo, presentes no minério sílico-carbonatado de Morro da Mina.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para os ensaios de microflotação em tubo de Hallimond modificado foram utilizadas amostras de 1 g de minerais naturais de rodonita e de quartzo na faixa granulométrica compreendida entre 106 e 43 μm (150 e 325#). No caso da rodocrosita optou-se pela utilização de carbonato de manganês da marca VETEC ($\text{MnCO}_3 \cdot \text{XH}_2\text{O}$), cuja distribuição granulométrica, determinada pelo granulômetro a laser Cilas 1064 está apresentada na figura 1.

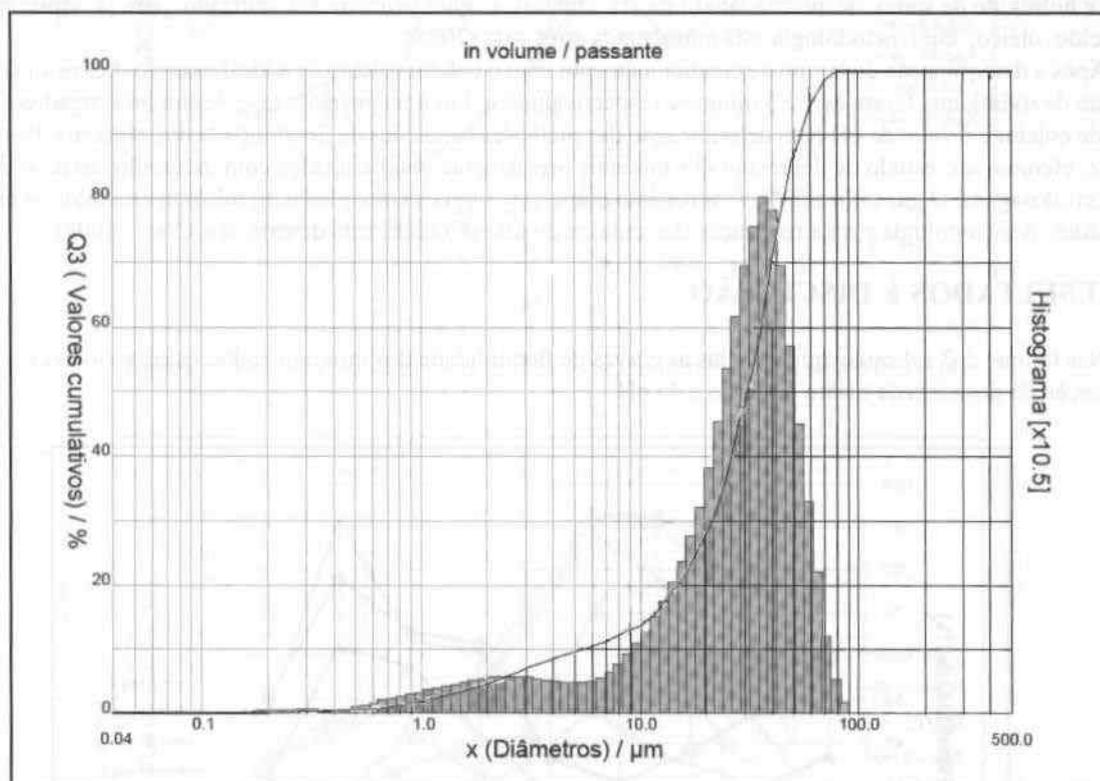


Figura 1 – Distribuição granulométrica da amostra de rodocrosita artificial (Costa, 2008)

Observa-se pela figura 1 que a maior parte da amostra de carbonato de manganês (rodocrosita) estava na faixa granulométrica compreendida entre 10 e 80 μm (80%). Aproximadamente 15% da mesma encontrava-se dentro da faixa granulométrica entre 106 e 43 μm . Por essa razão, essa amostra foi utilizada sem prévia separação da fração entre 106 e 43 μm , como no caso das duas outras amostras minerais naturais utilizadas (rodonita e quartzo).

Tabela 1 – Composição química das amostras de rodocrosita, rodonita e quartzo

Rodocrosita artificial		Rodonita		Quartzo	
Elemento químico	Teor máximo (%)	Óxido	Teor (%)	Óxido	Teor (%)
Ca	0,15	MnO	42,83	SiO ₂	99,4266
K	0,05	SiO ₂	50,56	Al ₂ O ₃	0,2218
Na	0,1	Fe ₂ O ₃	3,42	CaO	0,2013
S	0,2	CaO	2,114	Fe ₂ O ₃	0,0494
Si	0,005	MgO	0,93	K ₂ O	0,0377
-	-	Al ₂ O ₃	0,0947	MgO	0,0348
-	-	BaO	0,0498 ^a	MnO	-
-	-	TiO ₂	0,0029	Na ₂ O	0,0249

Fonte: Costa (2008)

As composições químicas das amostras utilizadas nesse trabalho estão apresentadas na tabela 1. Como pode ser observado pelas análises, os altos teores de Fe_2O_3 (3,42%) e CaO (2,114%) se deve à substituição isomórfica do Mn^{2+} pelo Ca^{2+} e Fe^{2+} na estrutura cristalina da rodonita, uma vez que a amostra utilizada era constituída por cristais desse mineral, provenientes de Morro da Mina.

Os reagentes químicos utilizados nos ensaios de microflotação foram: ácido oléico de pureza analítica ($\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$) da marca Dinâmica como coletor, o silicato de sódio (meta) da marca ISO FAR (Na_2O min. 22% e SiO_2 min. 20%) como depressor. Como reguladores de pH foram utilizados o ácido clorídrico de pureza analítica da VE-TEC e hidróxido de sódio de pureza analítica da Dinâmica, que também foi utilizado para a saponificação do ácido oléico, cuja metodologia está apresentada em Costa (2008).

Após a determinação do tempo de condicionamento com o coletor (oleato de sódio) e com o depressor (metasilicato de sódio), que foram de 2 e 3 minutos, respectivamente. Em uma primeira fase, foram investigados a dosagem de coletor e o valor de pH para determinação das melhores condições de flotabilidade dos minerais. Posteriormente, efetuou-se o estudo de depressão dos minerais previamente condicionados com metassilicato de sódio em diversas dosagens. O gás utilizado foi o nitrogênio comercial a uma vazão igual a 30 mL/min em todos os ensaios efetuados. A metodologia para a realização dos ensaios de microflotação está descrita em Costa (2008).

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras 2, 3 e 4 estão apresentadas as curvas de flotabilidade dos minerais rodocrosita, rodonita e quartzo em função da dosagem de oleato de sódio e do pH.

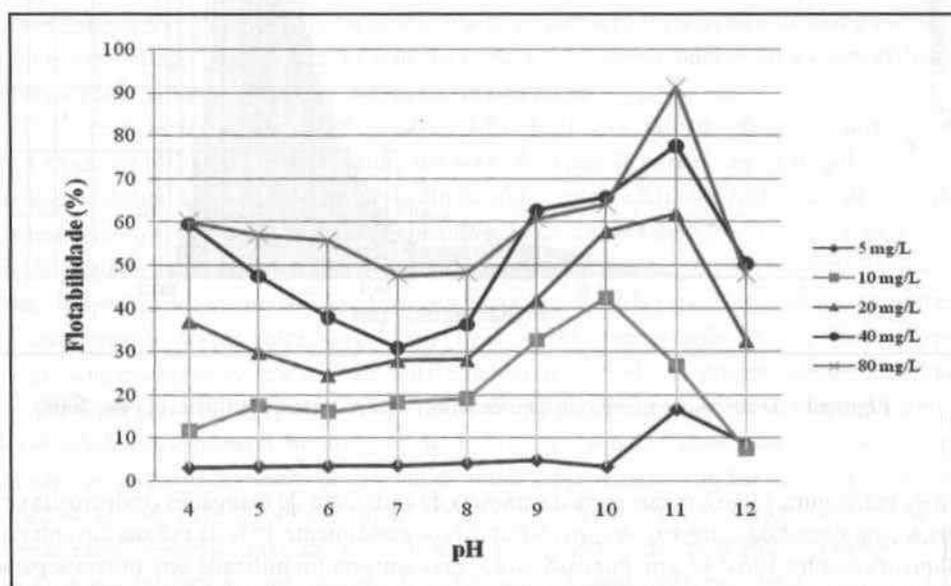


Figura 2 – Flotabilidade da rodocrosita em função da dosagem de oleato de sódio e do pH

Como pode ser observado pela figura 2, a maior flotabilidade da rodocrosita com oleato de sódio ocorreu em valor de pH igual a 11, exceto para a dosagem de 10 mg/L. Esse valor de pH coincidentemente foi o mesmo valor de pH determinado nos ensaios de flotação em escala de bancada com os finos do minério sílico-carbonatado de Morro da Mina por Lima e outros (2008). Observa-se um aumento mais acentuado da taxa de flotabilidade do mineral para valores de pH acima de 8 e decréscimo em valor de pH igual a 12, especialmente para as maiores dosagens de coletor.

No caso da rodonita observam-se altas flotabilidades da mesma com o aumento da dosagem de oleato de sódio para valores de pH acima de 9. Esse valor de pH é coincidente com aquele determinado por Acevedo (1977). No entanto, com o aumento da dosagem do coletor para 40 mg/L observa-se uma mudança da máxima flotabilidade do mineral para o valor de pH igual a 8 e como no caso observado pela rodocrosita, houve uma queda de flotabilidade para essa dosagem de oleato de sódio em valor de pH igual a 12, veja figura 3.

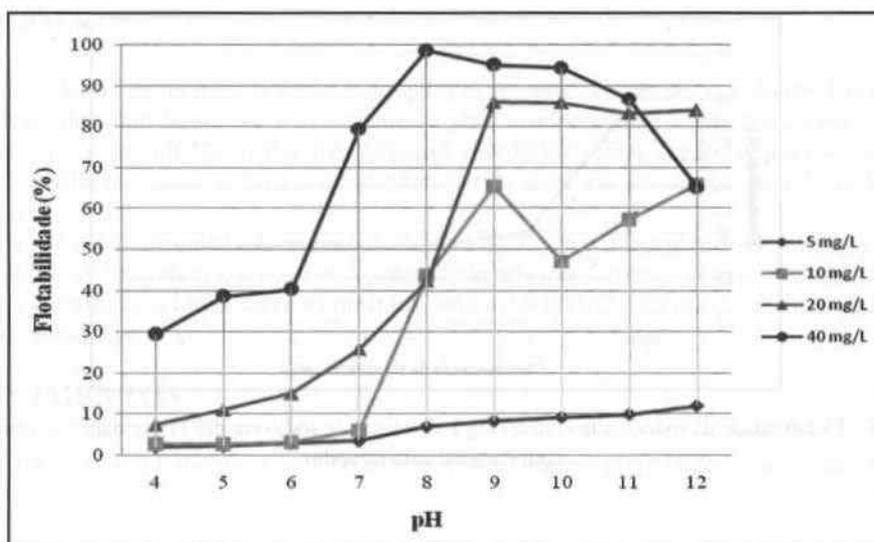


Figura 3 – Flotabilidade da rodonita em função da dosagem de oleato de sódio e do pH

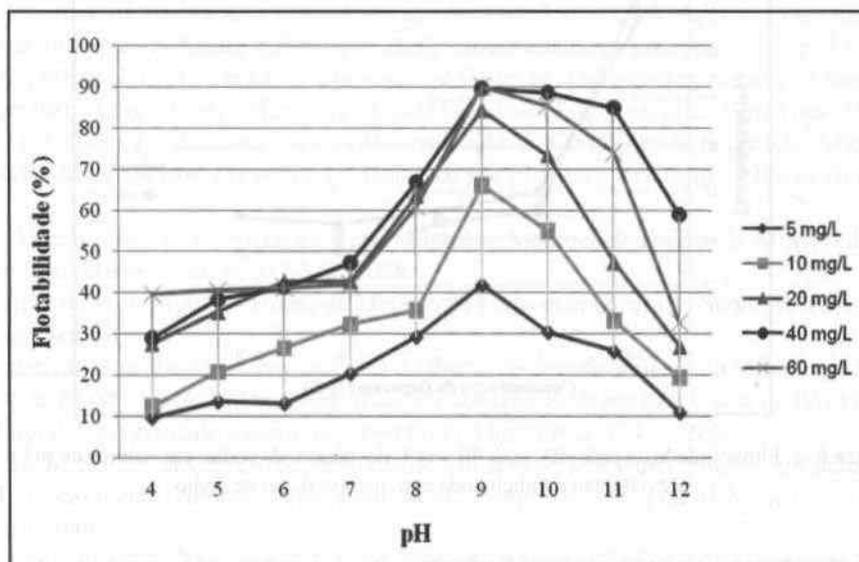


Figura 4 – Flotabilidade do quartzo em função da dosagem de oleato de sódio e do pH

Observa-se pela figura 4 maior aumento da taxa de flotabilidade do quartzo com o aumento da dosagem de oleato de sódio em relação aos minerais rodocrosita e rodonita (figuras 2 e 3) até atingir o maior valor de flotabilidade em pH 9.

Observa-se também maior queda de flotabilidade para os valores de pH acima de 9 para todas as dosagens estudadas em relação ao mineral rodonita.

De uma maneira geral, pode-se afirmar que o oleato de sódio tem forte afinidade com todos os três minerais estudados, não conduzindo à separação seletiva entre os mesmos, especialmente entre a rodonita e o quartzo, cujo valor de pH de maior flotabilidade foi 9 para ambos os minerais. No caso da rodocrosita, esse valor foi 11. Pelo fato das cargas superficiais de todos os três minerais serem negativas nos valores de pH em que foram observadas maiores flotabilidades pode-se inferir que a adsorção do ânion oleato sobre as superfícies dos mesmos seja química.

Nas figuras 5, 6 e 7, estão apresentadas as curvas de flotabilidade dos minerais rodocrosita, rodonita e quartzo previamente condicionados com metassilicato de sódio. Observa-se que o metassilicato de sódio mostrou-se mais efetivo para a depressão da rodonita do que para os minerais rodocrosita e quartzo, tendo sido obtidas flotabilidades menores do que 10% para o valor de pH 9 (figura 6). No caso do quartzo, o menor valor de flotabilidade obtido foi de 20% (dosagem de 4 g/L de metassilicato de sódio). Logo, o uso de metassilicato de sódio não conduz a uma seletividade satisfatória para a separação entre os minerais de manganês estudados e o quartzo, o que explica o baixo desempenho desse sistema de reagentes (oleato de sódio e metassilicato de sódio) testados em escala de laboratório por Lima e outros (2009) para o minério sílico-carbonatado de Morro da Mina.

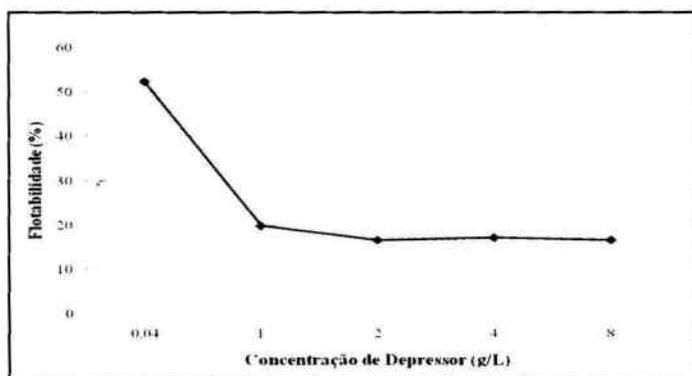


Figura 5 – Flotabilidade da rodocrosita com 50 mg/L de oleato de sódio em pH 11 previamente condicionada com metassilicato de sódio

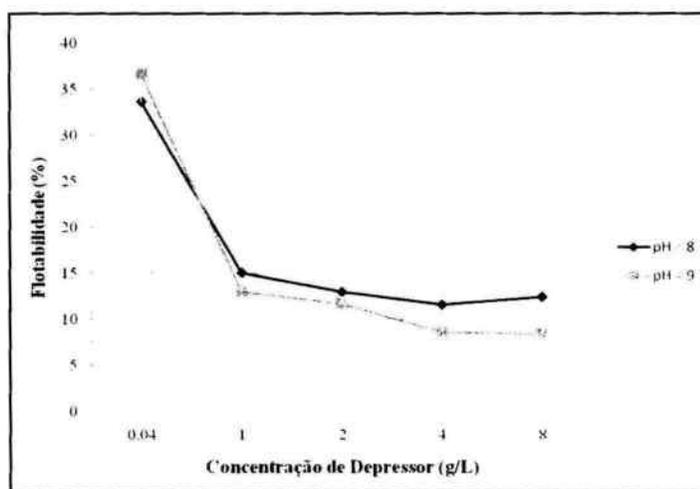


Figura 6 – Flotabilidade da rodonita com 40 mg/L de oleato de sódio em valores de pH 8 e 9, previamente condicionada com metassilicato de sódio

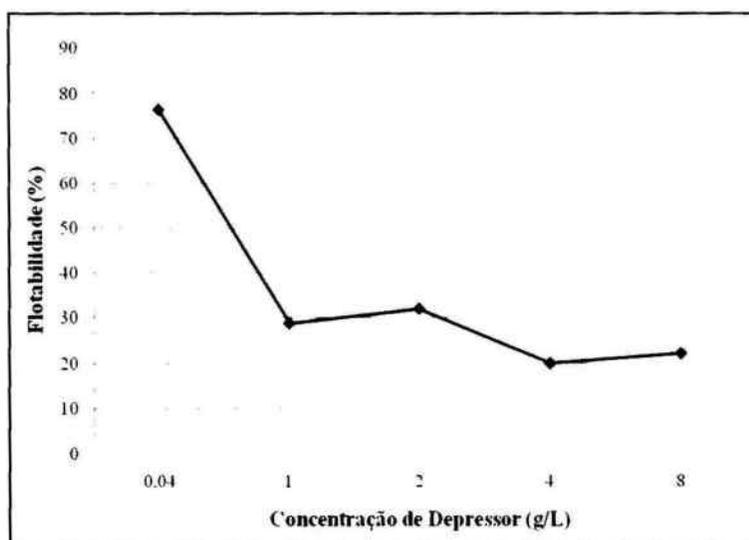


Figura 7 – Flotabilidade do quartzo com 40 mg/L de oleato de sódio em pH 9 previamente condicionada com metassilicato de sódio

3. CONCLUSÕES

- Os valores de pH de maiores flotabilidades para os minerais rodocrosita, rodonita e quartzo com o coletor oleato de sódio foram respectivamente 11 para a rodocrosita e 9 para a rodonita e quartzo.
- Pelo fato da carga superficial dos três minerais estudados serem negativas para os valores de pH de maior flotabilidade, pode-se inferir que a adsorção do ânion oleato sobre a superfície dos mesmos seja química.
- Observou-se maior afinidade do metassilicato de sódio com o mineral rodonita em relação à rodocrosita e ao quartzo. No entanto, o pré-condicionamento dos três minerais com o metassilicato de sódio não conduz a separação seletiva entre os mesmos, fato evidenciado pela queda de flotabilidade de todos os minerais estudados.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fapemig e ao CNPq pelo financiamento do projeto e concessão de bolsas de iniciação científica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abeidu, A. M. The Feasibility of Activation of Manganese Minerals Flotation. *Trans, JIM*, v.14, p. 45-49, 1973.
- Acevedo, G. S. Flotation of Silicate-Carbonated Manganese Ores Using Oleic Acid as Collector and Depressors. In: *Avances en flotación*, S. Castro e J. Alvarez (Ed). Universidad de Concepción v. 3, p. 50-60, 1977.
- Fuerstenau, M. C., Miller, J. D., Kuhn, M. C. *Chemistry of Flotation*. Published by Society of Mining Engineers of the American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc. New York, 1985. 175p.
- Costa, B. L. C. M. Estudos Fundamentais para a Determinação de Condições de Separação Seletiva entre os Minerais de Manganês e Quartzo Presentes em Gonditos por Flotação. *Relatório de Iniciação Científica/CNPq*, 41p., 2008.
- Lima, R. M. F. ; Vasconcelos, J. A. ; Silva, G. R. da . Flotação Aniônica de Rejeito de Minério de Manganês. *Revista da Escola de Minas*, v. 61, p. 337-342, 2008.
- Lopes, G. M., Lima, R. M. F. Flotação Direta de Minério de Ferro com Oleato de Sódio. *Revista da Escola de Minas*, 2009 (submetido).
- Reis, E. L. Caracterização de Resíduos Provenientes da Planta de Beneficiamento do Minério de Manganês Sílico-Carbonatado da RDM - Unidade Morro da Mina. *Dissertação de Mestrado*. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 124 p., 2005.
- Reis, E. L., Lima, R. M. F. Caracterização de Finos de Minério de Manganês Sílico-Carbonatado de Morro da Mina/RDM - Conselheiro Lafaiete - MG. *Anais do 61º Congresso Anual da ABM*, v. 1. p. 3148-3154, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.
- Silva, G. R. da, Lima, R. M. F., Vasconcelos, J. A. de. Flotação Aniônica de Finos de Minério de Manganês Sílico-Carbonatado. *Anais do XXII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa / VII Meeting of the Southern Hemisphere on Mineral Technology*, v. I. p. 337-341, Ouro Preto, Brasil, 2007.