

# Ação de íons de alumínio na flotação catiônica de quartzo e hematita

Armando Corrêa de Araújo \*  
Élcio Marques Coelho \*\*  
Antônio Neves Santana \*\*\*

1. INTRODUÇÃO
2. MÉTODOS EXPERIMENTAIS
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO
4. CONCLUSÃO
5. BIBLIOGRAFIA

\* Professor Assistente da Escola de Engenharia da UFMG

\*\* Professor Adjunto da Escola de Engenharia da UFMG

\*\*\* Aluno da Escola de Engenharia da UFMG



## Resumo

Flotação catiônica dos silicatos é hoje uma das técnicas mais empregadas para a concentração de finos de minérios de ferro. Convencionalmente, a separação seletiva é conseguida utilizando-se aminas como coletores dos silicatos e amidos como depressores dos óxidos de ferro.

O presente trabalho visa caracterizar a ação de íons de alumínio no sistema de flotação envolvendo os minerais quartzo e hematita e os reagentes amina e amido de milho. Resultados de caráter mais fundamental, obtidos com a técnica de microflotação de minerais puros, indicaram

que esses íons têm ação depressora tanto para o quartzo como para a hematita. Na presença de amido de milho, íons de alumínio reforçaram a ação depressora do polímero também para ambos minerais. O sal di-sódico de etilenodiaminotetracético (EDTA) mostrou-se efetivo na reativação do quartzo deprimido por íons de alumínio e não efetivo no caso da hematita.

Combinações adequadas das dosagens de coletor, depressor (íons de alumínio) e reativador (EDTA) podem levar a separação seletiva de quartzo e hematita sem o emprego de amido. Essa nova possibilidade de separação seletiva, observada a partir dos resultados de microflotação, foi confirmada através de testes de flotação em escala de bancada.

## 1. Introdução

À aplicação da flotação catiônica do quartzo tem sido objeto de estudo na indústria mineral há longo tempo (Gaudin e Fuerstenau, 1955; Gaudin, 1957). Quartzo é um mineral muito comum e é o principal constituinte de ganga em diversos minérios. A flotação reversa de minérios de ferro e rochas fosfáticas são exemplos clássicos da flotação catiônica do quartzo. Recentemente publicados, dois artigos por Iwasaki (1983) e Hout (1982), demonstram a importância da flotação catiônica no campo da flotação de minerais oxidados.

O efeito de cátions metálicos na flotação de diferentes minerais tem sido assunto para constantes pesquisas. Uma revisão da literatura mostrará numerosos artigos referindo-se a esse assunto (Cooke e Digre, 1949; Schuhmam e Prakash, 1950; Fuerstenau et alii, 1963; Daellenbach e Tiemann, 1964; Atak e Fuerstenau 1965; Fuerstenau et alii, 1966 e 1970; James e Healy, 1972; Palmer et alii, 1975). Entretanto, o ponto enfatizado na maioria desses artigos é o efeito de cátions metálicos na ativação para flotação por coletores aniônicos. Onoda e Fuerstenau (1965) estudaram o efeito dos íons Ba (II) e Na (I) na flotação do quartzo com amina. Eles acharam que ambos os cátions podem

deprimir a flotação catiônica de quartzo quando a concentração do coletor é pequena. A ação depressora é maior para o Ba (II) que para o Na (I).

Mais recentemente Iwasaki e colaboradores (1980 a,b,c) estudaram o efeito de íons Ca (II) e Mg (II) na flotação catiônica de quartzo com aminas primárias e na floculação seletiva de sistemas hematita-quartzo. Eles observaram que com ambos os cátions a flotação catiônica era consideravelmente deprimida. Eles também investigaram a ação de agentes complexantes (ou dispersantes), tais como EDTA, na reativação da flotação catiônica, com relativo sucesso.

Ainda mais recentemente, Celik e Somasundaran (1984) investigaram a ação depressora dos íons Ca(II), Fe(II), Fe(III) e Al(III) na flutuabilidade de carvão sem coletores. De acordo com os resultados obtidos, concluíram que a formação de precipitados dos hidróxidos dos cátions envolvidos, tanto na superfície do carvão como em solução, era o fator responsável pela depressão.

Na presente investigação, o efeito dos íons de Al(III) (rigorosamente espécies aquosas de Al) na flotação de quartzo e hematita com amina é discutido. Íons de Al podem estar presentes nas polpas de flotação tanto devido à dissolução de

minerais contendo Al presentes no minério, quanto devido à sua introdução externa (por exemplo, com um coagulante). Medidas da adsorção de íons de alumínio na superfície do quartzo e microflotação em um tubo de Hallimond modificado de ambos os minerais, quartzo e hematita, foram as técnicas usadas. Alguns testes em escala de bancada com uma mistura sintética de quartzo e hematita foram também realizadas. Uma descrição mais detalhada das técnicas experimentais é dada na próxima seção.

## 2. Métodos experimentais

### 2.1. Materiais

Quartzo e hematita pelo menos 99,5% puras, ambos de Minas Gerais, foram utilizados no presente estudo. As amostras foram totalmente caracterizadas por vários métodos (difração e fluorescência de raio-X e análise química por via úmida). As frações granulométricas - 300 + 150  $\mu\text{m}$  e - 150 + 38  $\mu\text{m}$  (respectivamente - 48 + 100 malhas e -100 + 400 malhas) foram separadas e guardadas, após a cominuição das amostras em britador de mandíbulas e moinho de seixos. A primeira fração foi usada para os testes de adsorção (somente quartzo) e de microflotação. Já a fração - 150 + 38  $\mu\text{m}$  foi usada para a preparação da mistura sintética (10% quartzo e 90% hematita, por peso)

Os reagentes usados podem ser classificados em 2 grupos: (i) de pureza analítica (HCl, NaOH, Al (NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.9H<sub>2</sub>O, sal di-sódico de EDTA); e (ii) reagentes comerciais ("Amina HOE F 2792", fornecida pela Hoechst e "Colamil", amido de milho não modificado fornecido por Refinações de Milho Brasil). Os reagentes comerciais foram analisados por espectroscopia no infravermelho (janelas e discos de KBr). Tal caracterização foi descrita por Araujo (1982) e Viana (1981). O coletor catiônico usado é uma amina graxa primária, contendo de 10 a 12 átomos de carbono na sua cadeia, sendo parcialmente neutralizada por ácido clorídrico. Este reagente contém ainda menos de 5% de pentanol. O amido é um polímero natural com um peso molecular médio de 343.000 e o espectro infravermelho indicou que a fração de amilopectina é predominante. Argônio (99,9%) foi usado com o gás na microflotação. Água destilada foi usada para a preparação de soluções e durante todos os testes.

### 2.2. Técnicas

Os testes de adsorção de Al pela superfície do quartzo foram realizados em frascos de nágelne para minimizar a adsorção dos íons nas paredes dos mesmos (vidro possui uma superfície até certo ponto análoga a do quartzo). Partículas de quartzo com um tamanho médio de 212  $\mu\text{m}$  (65 malhas) foram suspensas em béqueres de 250 ml por agitação magnética e assim condicionadas por 20 minutos numa solução contendo 1 mg/l de Al, no pH desejado (ajustado com HCl e/ou NaOH). O pH foi medido por um eletrodo de vidro combinado, conectado a um

medidor de pH modelo B 221, Micronal. Depois do tempo de condicionamento de 20 minutos, os sólidos foram separados por sedimentação e uma amostra de 20 ml de sobrenadante foi coletada para análise por absorção atômica. As análises foram conduzidas num espectrômetro de absorção atômica modelo 5000, Perkin. Elmer. Os testes de microflotação em tubo de Hallimond foram realizados num sistema similar ao descrito por Fuerstenau e colaboradores (1957), descrito por Araujo (1982). Em ambos os testes, adsorção e microflotação, foram usadas amostras de 1,0 grama. Os testes de bancada foram realizados numa célula de flotação de laboratório Wemco com capacidade de 2 litros, à 1200 RPM, usando amostras de 0,35 kg. A espectroscopia no infravermelho foi realizada num espectrômetro de duplo feixe, modelo X-98, Perkin Elmer.

## 3. Resultados e discussão

A figura 1 mostra a adsorção de íons de Al na superfície do quartzo como função do pH. Nas ordenadas, a quantidade adsorvida é apresentada como percentagem. A concentração inicial era 1 mg/l. Nesta figura vê-se que entre os pH 3 e 7,5 a quantidade adsorvida aumenta quase que linearmente com o aumento do pH. Um máximo é encontrado na região de pH 7,5 a 8,0. Finalmente a adsorção decresce acima do pH 8,5, também linearmente. Observando-se o diagrama - concentração/pH para o sistema Al (OH)<sub>3</sub> água, mostrado na figura 2, nota-se que a espécie predominante na região de pH de máxima adsorção é o hidróxido de alumínio. Celik e Somasundaran (1984), encontraram um comportamento similar na adsorção de íons de Al sobre carvão.

A figura 1 deve ser comparada com a figura 3, onde a flutuabilidade (percentagem em peso flutuada no tubo de Hallimond) do quartzo com amina é mostrada em função do pH, na ausência e presença de íons de Al. Depressão máxima ocorre na mesma faixa de pH de máxima adsorção. Isto sugere que a adsorção de coletores catiônicos é impedida pela presença de Al na superfície do quartzo. A espécie de alumínio deve ser um precipitado de hidróxido de alumínio. Curvas de potencial zeta do quartzo na presença de íons de alumínio (Fuerstenau et alii, 1970; Parekh, 1979) mostram que, em concentrações similares, existe uma reversão de potencial por volta do pH 5,5, com o potencial tornando-se positivo. Uma nova reversão ocorre em torno do pH 8,5. Pode-se propor que a superfície positiva de quartzo na presença de íons de Al impede (ou dificulta sobremodo) a adsorção da amina. Isto pode explicar a depressão quase total obtida na faixa de pH compreendida entre 6 e 8,5 quando íons de Al estão presentes. Formação de um precipitado de hidróxido de alumínio na superfície do quartzo pode explicar a carga positiva. Todavia, Parks e Smith (1968) sugeriram que a presença de íons complexos de alumínio, altamente carregadas, pode também explicar a reversão do potencial zeta e portanto estes íons podem desempenhar um papel importante no fenômeno de depressão da flotação catiônica.

Figura 1 - Adsorção de ions de Al na superfície do quartzo como uma função do pH.

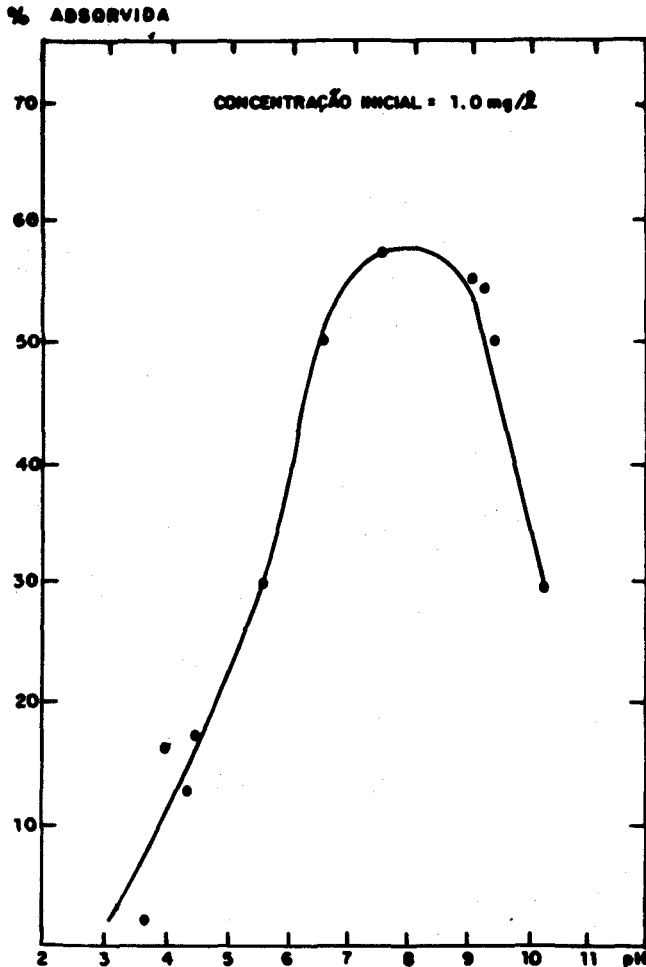
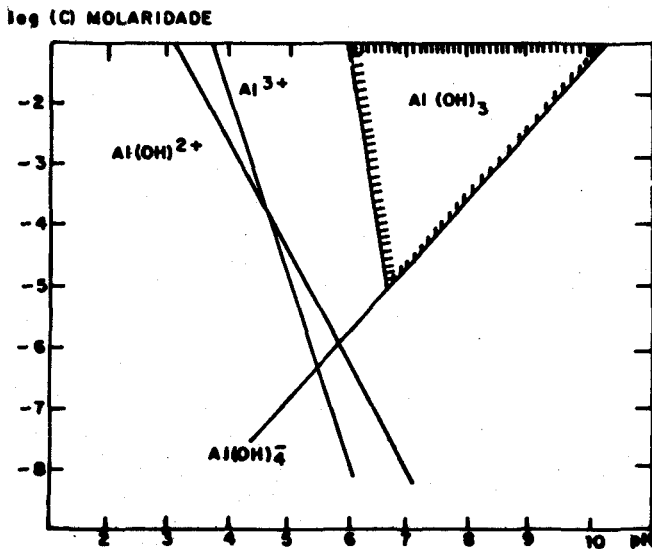


Figura 2 - Diagrama (simplificado) concentração/pH para o equilíbrio  $Al(OH)_3$  - água.



A figura 4 mostra o efeito de diferentes concentrações de ions de Al na flotação catiônica do quartzo, para 2 valores diferentes de pH. Pode-se observar nessa figura que no pH 7,5 uma concentração muito menor de ions de alumínio é necessária para produzir um efeito pronunciado na flotação

Figura 3 - Microflotação do quartzo com 2.5mg/l de amina na presença e ausência de ions de alumínio.

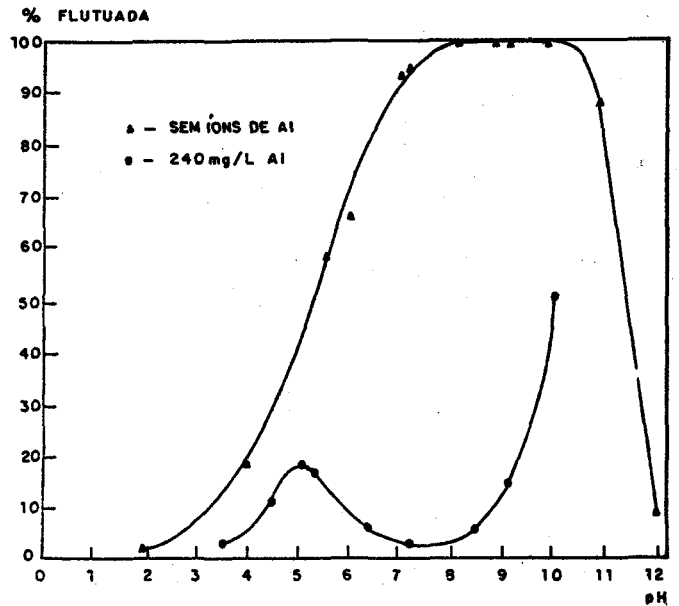
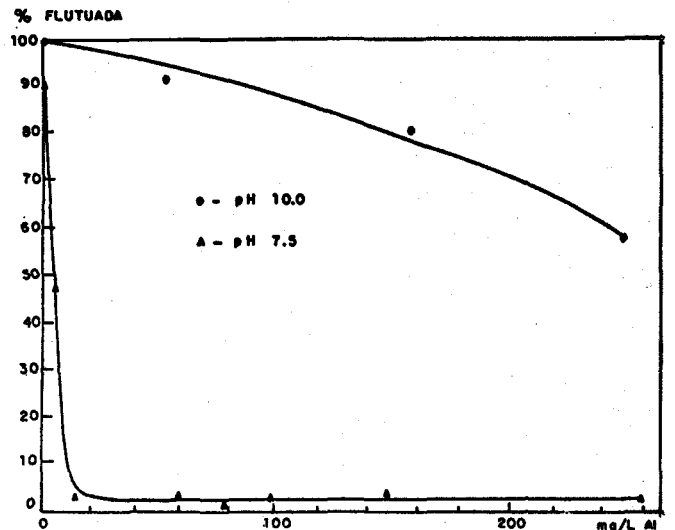


Figura 4 - Efeito da concentração de ions de Al na flotação catiônica do quartzo com 2.5 mg/l de amina.

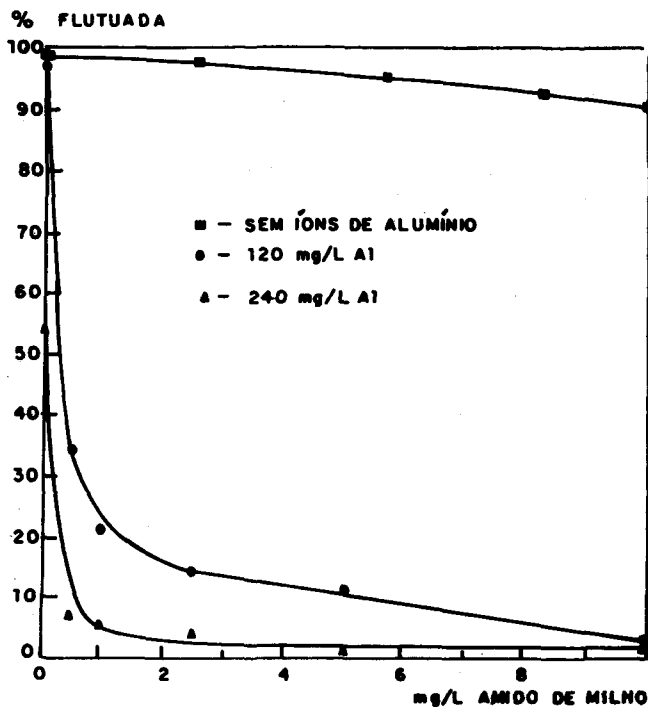


se comparado com o pH 10. Estes resultados concordam completamente com aqueles previamente apresentados na figura 3.

Para investigar mais detalhadamente o efeito dos ions de Al na flotação catiônica do quartzo, uma série de testes foram realizados na presença de amido de milho. O amido de milho e seus derivados são frequentemente usados nos circuitos de flotação onde a flotação reversa do quartzo é realizada. No caso específico da flotação de minérios de ferro, amido de milho é um dos depressores usados para os óxidos de ferro (Balajes e Iwasaki, 1969; Iwasaki e Lai, 1965). Portanto, era importante examinar se a presença de ions de alumínio poderia interferir na adsorção de amido de milho no quartzo, interferindo portanto na seletividade da flotação catiônica de sistemas hematita-quartzo, onde amido de milho é usado como depressor

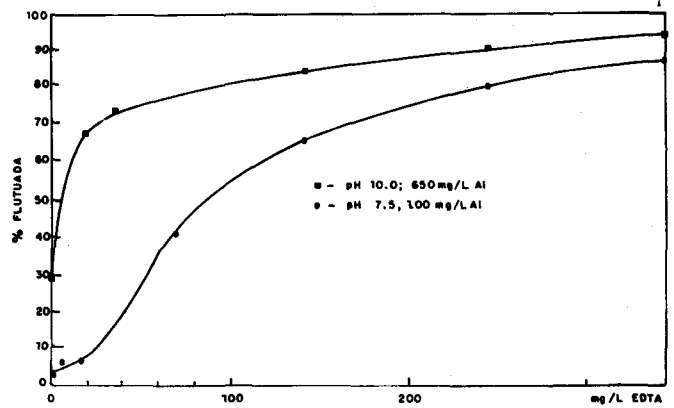
de hematita. A figura 5 mostra a flotação em tubo de Hallimond para quartzo apenas na presença de amido de milho e também com íons de Al e amido de milho. Essa é mais uma evidência para a hipótese da formação do hidróxido de Al na superfície do quartzo. A interação do amido de milho com os óxidos de ferro e hidróxidos é parcialmente resultante da formação de pontes de hidrogênio entre o polímero e a superfície hidroxilada dos óxidos (Balajee e Iwasaki, 1969). A presença do hidróxido de Al na superfície do quartzo afetaria a adsorção do amido de milho através de dois mecanismos diferentes (e aditivos). Primeiro, a presença do hidróxido forneceria uma superfície mais susceptível para interagir com o polímero através de ligações por pontes de hidrogênio segundo, a repulsão eletrostática seria reduzida, pois os polissacarídeos naturais (como o amido de milho) tendem a carregar uma carga negativa (Parks, 1975; Balajee e Iwasaki, 1969).

Figura 5 - Efeito combinado de íons de Al e amido de milho na flotação de quartzo com 2.5 mg/l de amina no pH 10.0



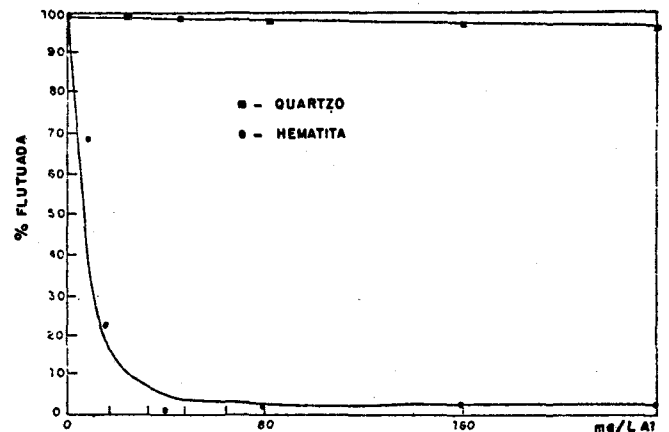
A figura 6 mostra o efeito do sal di-sódico de EDTA na flotação do quartzo na presença de íons de Al. EDTA é um conhecido agente complexante para os íons de Al e foi escolhido para o sistema em investigação. Pode-se ver na figura 6 que EDTA pode reativar a flotação catiônica do quartzo deprimido por íons de Al. A quantidade de EDTA requerida varia com o pH e com a concentração de íons de Al. Concentrações maiores de EDTA são necessárias para reativar o quartzo sob as condições mais severas de depressão, o que ocorre no pH 7,5. Neste pH a ação de reativação pode ser devida a uma ação dispersante do EDTA, removendo da superfície do quartzo os hidróxidos de alumínio. Para os dois valores de pH estudados, a flutuabilidade do quartzo é restabelecida quase que completamente.

Figura 6 Efeito de EDTA na flotação de quartzo com 2.5 mg/l de amina, na presença de íons de alumínio.



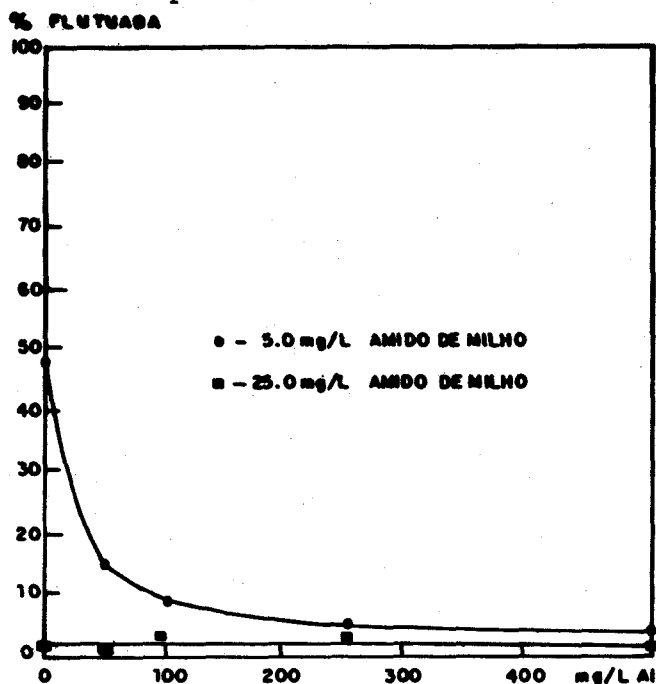
A flotação do quartzo e hematita no pH 10, na presença de íons de Al é mostrada na figura 7, como uma função da concentração dos íons de Al, a uma rixa concentração de amina. Essa figura mostra que a concentração de íons de Al requerida para a depressão da hematita é muito menor que para a depressão do quartzo. De fato, concentração tão baixas quanto 20 mg/l podem deprimir consideravelmente a flotação da hematita. Tem de ser frisado que para a concentração de 12,5 mg/l do coletor, como na figura 7, a flutuabilidade do quartzo é muito pouco afetada por concentração relativamente altas de íons de Al, por exemplo 240 mg/l Isso sugere que íons de alumínio podem ser usados para seletivamente deprimir a hematita em presença de quartzo, quando uma amina é usada como o coletor.

Figura 7 - Efeito de íons de alumínio na flotação de hematita e quartzo com 12.5 mg/l de amina, no pH 10.0.



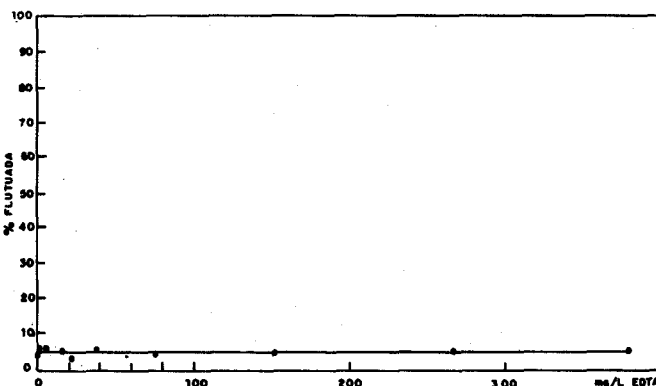
O efeito dos íons de Al na depressão da hematita por amido de milho foi também investigado. A figura 8 mostra a depressão da hematita por amido de milho, e também na presença de íons de Al e amido de milho ao mesmo tempo. A presença de íons de Al, como poderia se esperar, favoreceu a depressão. Mesmo na ausência de íons de Al, as relações depressor/coletor requeridas para a depressão da hematita são muito menores que para o quartzo (Partridge e Smith, 1972).

Figura 8 - Efeito combinado de amido de milho e ions de alumínio na flotação catiônica de hematita com 12.5 mg/l de amina, no pH 10.0.



O efeito de EDTA na depressão da hematita por ions de Al é mostrada na figura 9. Através do exame das constantes de estabilidade para os ions de Al e Fe (III) e EDTA ( $\log K = 25,1$  para Fe (III) e  $16,13$  para Al (III), de Aplan e Fuerstenau, 1962), pode ser antecipado que o EDTA não efetivo na reativação da hematita. Mesmo concentrações tão altas quanto duas vezes a quantidade estequiométrica, não foram efetivas.

Figura 9 - Efeito de EDTA na flotação catiônica de hematita com 12.5 mg/l de ions de alumínio, no pH 10.0.



Após completar a fase de testes com o tubo de Hallimond, alguns testes de bancada foram realizados para checar a habilidade do EDTA na reativação da flotação do quartzo numa mistura contendo hematita. Para efeito de comparação, foram realizados também dois testes usando a combinação convencional de reagentes, isto é, amido de milho e amina. A possibilidade da flotação seletiva do quartzo a partir da

hematita através do uso de ions de Al como um depressor de hematita foi também investigada.

A tabela I é um sumário dos resultados na fase dos testes de bancada. O índice de seletividade, como definido por Gaudin (1939), foi usado em conjunto com os valores de distribuição para comparar os resultados. A partir dos dados na tabela I, fica claro que o EDTA pode reativar a flotação do quartzo, pelo menos parcialmente (veja testes 3, 4 e 5). O principal problema diz respeito à baixa distribuição do quartzo na espuma, se os valores são comparados àqueles obtidos quando amido de milho foi usado. É importante notar também que as perdas de hematita na espuma foram reduzidas consideravelmente quando ions de Al foram usados (e conseqüentemente, a recuperação da hematita foi maior). O único teste onde uma seletividade razoável usando-se apenas ions de Al, foi obtida, foi no teste número 6 na tabela I. Tem de se destacar que todos os resultados apresentados são apenas para flotação "rougher". Parece ser possível utilizar ions de Al como um depressor para hematita, mas testes mais detalhados são necessários para avaliar essa possibilidade. Também são necessários testes mais detalhados para uma melhor avaliação do desempenho do EDTA nesse sistema.

## 4. Conclusão

Foi mostrado que ions de Al podem deprimir a flotação catiônica do quartzo e da hematita. A ação depressora é mais pronunciada no caso da hematita, mas em pH neutro, a depressão do quartzo é significativamente alta.

Foi também mostrado que a presença de ions de Al aumentam a adsorção e, conseqüentemente, a depressão por amido de milho em ambos os minerais. Esse efeito deve ser objeto de um estudo mais detalhado, pois a aplicação de modificadores em áreas tais como floculação seletiva ainda permanecem abertas para novas idéias.

O sal di-sódico de EDTA pode ser efetivamente usado como um agente complexante para os ions de Al na flotação de quartzo com amina. Essa ação foi mostrada pelos testes de microflotação e mais tarde verificada nos testes de bancada.

O uso dos ions de Al como depressores para hematita durante a flotação reversa do quartzo foi indicada na fase de testes pela microflotação, e parcialmente confirmada pelos testes de bancada.

Para caracterizar melhor a adsorção do Al na superfície do quartzo, o uso do microscópio eletrônico de varredura e a microsonda é aconselhado, dentre outras técnicas de análise de superfície. As indicações indiretas são que a superfície do quartzo é um local para formação de um hidróxido de Al. Diferenças na constante dielétrica da água próximo à superfície pode favorecer a formação de tais hidróxidos de superfície. Nesse caso, depressão pode

Tabela I - Testes em escala de bancada com uma mistura sintética de quartzo e hematita

Teste nº	Condições (*)	Distribuição Fe(%)		Distribuição SiO <sub>2</sub> (%)		
		Concentrado	Espuma	Concentrado	Espuma	Índice de Seletividade
1	0.1kg/t amina 1.0kg/t amido de milho	94.84	5.16	7.25	92.75	15.32
2	0.2kg/t amina 1.0kg/t amido de milho	90.91	9.09	3.91	96.09	15,68
3	0.2kg/t amina 1.0kg/t nitrato de Al	82.09	17.91	70.58	29.42	1,91
4	0.08kg/t amina 0.38kg/t nitrato de Al	97.36	2.64	65.80	34.20	4.36
5	0.08kg/t amina 0.38kg/t nitrato de Al	98.19	1.81	46.63	53.37	7.88
6	0.08kg/t EDTA 0.2kg/t amina 0.2kg/t nitrato de Al	84.60	15.40	9.51	90.49	7.23

(\*) Todos os testes são "rougher" e o pH é  $10 \pm 0.5$

ser vista como um fenômeno similar ao "slime coating".

Finalmente, deve-se ter em vista que a adsorção de íons metálicos, não na interface sólido-líquido, mas na interface líquido-gás, pode ter um papel muito importante no fenômeno da depressão, como frisou Somasundaran (1974), estudando o sistema íons de Na - quartzo.

(5) CELIK, M.S. & SOMASUNDARAN, P. Effect of multivalent ions on the flotation of coal. In: ENCONTRO ANUAL DA AIME, 113. Los Angeles, Fev. 1984.

(6) COOKE, S.R.B. & TIEMANN, I.D. Chelation of quartz activating ions in oleic acid flotation, Trans.AIME, 225: 59-64, 1964.

(7) DAELLENBACH, C.B. & TIEMANN, T.D. Chelation of quartz activating ions in oleic acid flotation. Trans.AIME, 225: 59-64, 1964.

(8) FUERSTENAU, D.W.; METZGER, P.H.; SEELE, G.O. How to use the modified Hallimond Tube for better flotation testing. Engineering Min. J., 158: 93-5, 1957.

(9) FUERSTENAU, M.C.; MARTIN, C.C.; BHAPPU, R.B. The role of hidrólisis in sulfonate flotation of quartz. Trans.AIME, 224: 449-54, 1963.

(10) FUERSTENAU, M.C., et alii. Metal ion activation in sulfonate and oleate flotation of quartz. Trans.AIME, 227: 359-63, 1966.

(11) FUERSTENAU, M.C., et alii. Adsorption mechanisms in nonmetallic activation systems. Trans.AIME, 247: 11-4, 1970.

(12) GAUDIN, A.M. Principles of mineral dressing. New York, Mc Graw Hill p.231-8, 1939.

(13) GAUDIN, A.M. Flotation. 2.ed. New York, Mc Graw Hill, 1957.

## 5. Bibliografia

(1) APLAN, F.F. & FUERSTENAU D.W. Principles of nonmetallic mineral flotation. FUERSTENAU, D.W., ed. Froth flotation, 50 th Anniversary Volume, p.170-214, AIME, 1962.

(2) ARAUJO, A.C. Influência de íons de alumínio e caolinita na flotação catiónica de quartzo e hematita. Belo Horizonte, E.E. UFMG, 1982.

(3) ATAK, S. & FUERSTENAU, M.C. Lead activation in sulfonate flotation of quartz. Trans.AIME, 226 : 24-8, 1965.

(4) BALAJEE, S.R. & IWASAKI. Adsorption mechanisms of starches in flotation and flocculation of Iron Ores, Trans.AIME, 244: 401-6, 1969.



- (14) GAUDIN, A.M. & FUERSTENAU, D.W. Quartz flotation with cationic collectors. Trans.AIME, 202: 958-62, 1955.
- (15) HEEREMA, R.H.; LIPP, R.J.; IWASAKI, I. Complexation of calcium ion in selective flocculation of iron ores. (artigo do SME 80-212, Encontro Anual do SME-AIME; New Orleans, 6 p.1980).
- (16) HEEREMA, R.H. & IWASAKI, I. Chemical precipitation of alkaline earth cations and its effect on flocculation and flotation of quartz. Trans.AIME, 268: 1510-16, 1980.
- (17) HOUT, R. Flotation des mineraux oxydés. Progrès recents. Industrie-Les Techniques, agosto-setembro, 1982, p.361-75.
- (18) IWASAKI, et alii. Effect of calcium and magnesium ions on selective desmiling and cationic flotation of quartz. In: SOMA SUNDARAN P., ed. Fine particles processing. New York, AIME, 1980. v.2, p. 1057-82.
- (19) IWASAKI, I. & LAI, R.W. Starches and starch products as depressants in soap flotation of activated silica from iron ores, Trans.AIME, 226: 364-72, 1964.
- (20) IWASAKI, I. Ore flotation, theory and practice. Min.Engineering , 35 (6): 622-30, 1983.
- (21) JAMES, R.O. & HEALY, T.W. Adsorption of hydrolysable metal ions at the oxide-water interface (parts I, II and III). J.Colloid Sc., 40 : 42-71, 1972.
- (22) MACKENZIE, J.M.W. Zeta potential of quartz in the presence of ferric ion. Trans.AIME, 227: 82-6, 1966.
- (23) ONODA, G.Y. & FUERSTENAU, D.W. Amine flotation of quartz in the presence of inorganic electrolytes. In: PROCEEDINGS VII IMPC, New York, Gordon e Breach, 1964. p.301-6.
- (24) PALMER, B.R.; GUTIERREZ, G.; FUERSTENAU, M.C. Mechanisms involved in the flotation of oxides and silicates with anionic collectors (parts 1 and 2). Trans.SME-AIME, 258: 257-63, 1975.
- (25) PAREKH, B.K. The role of hydrolyzed metal ions in charge reversal and flocculation phenomena. s.l., The Pennsylvania State University, 1979. p.61-137 (Ph.D. thesis).
- (26) PARKS, G.A. Adsorption in marine environment. Chemical Oceanography, 1975. p. 241-308.
- (27) PARKS, G.A. & SMITH, R.W. Variability of points of zero charge and isoelectric points. In: ENCONTRO TÉCNICO NACIONAL DA AIME. Washington, 1969.
- (28) PARTRIDGE, A.C. & SMITH, G.W. Flotation and adsorption characteristics of the hematite-Dodecylamine-Starch system. Can-Metall.Quartely, 11: 303-8, s.d.
- (29) SCHUHMANN, R. & PRAKASH, B. Effect of Ba Cl<sub>2</sub> and other activators on soap flotation of quartz. Trans.AIME, 187:591-600, 1950.
- (30) SOMASUNDARAN, P. Cationic depression of amine flotation of quartz. Trans.SME-AIME, 255: 64-8, 1974.
- (31) VIANA, P.R.M. Estudo da interação entre a dolomita e reagentes de flotação. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 1981. (tese de mestrado).