

A INFLUÊNCIA DO GRAU DE NEUTRALIZAÇÃO DE AMINAS NA FLOTAÇÃO INVERSA DE MINÉRIO DE FERRO

Marcônio Pereira de Magalhães¹, Rosa Malena Fernandes Lima²

¹MSc. – Gemim- e-mail - gemim@vix.matrix.com.br

²Dr.^a. Prof.^a. Adjunta, DEMIN/UFOP – e-mail – rosa@degeo.ufop.br

RESUMO

Devido à crescente demanda de ferro pela civilização moderna, os depósitos de altos teores tem se tornado escassos, sendo necessário concentrar minérios com teores cada vez mais baixos. A flotação catiônica inversa, na qual se emprega amido como depressor do mineral-minério e amina como coletor da ganga silicosa, é atualmente o principal método de concentração de itabiritos pobres. A amina, coletor catiônico, na sua fórmula molecular é muito pouco solúvel em meio aquoso, sendo portanto necessário neutralizá-la parcialmente com ácido clorídrico (HCl) ou ácido acético (CH₃COOH) para torná-la mais solúvel. Porém, muito pouco se sabe a respeito da influência do grau de neutralização na recuperação da flotação de minério de ferro (itabirito). Logo, neste trabalho foi feito um estudo da influência do grau de neutralização de eteraminas fabricadas pela Clariant com graus de neutralização variando de 10 a 70% na flotação de um minério de ferro com teor de 49,27% de Fe e 27,03% de SiO₂. Os ensaios de flotação foram realizados com polpas a 45% de sólidos em peso, pH = 10,5, concentração de 550 g/t de amido a variadas concentrações de amina. Através destes estudos observou-se que a recuperação foi maior para a dosagem de 40g/t de amina, especialmente para os graus de neutralização de 30 e 40%, respectivamente. Não houve diferenças significativas nos teores de Fe e SiO₂ nos concentrados obtidos para os diversos graus de neutralização estudados.

INTRODUÇÃO

Em geral, a exigência de mercado para o teor de ferro no concentrado tende a aumentar. Depois da pelotização, o teor de Fe aproxima-se de 66%, enquanto que o conteúdo de sílica não deve exceder a 2% para utilização na tradicional indústria do ferro e do aço. Para concentrados alimentados em fornos elétricos ou processos de redução direta, o teor deve estar na faixa de 68 a 70% de Fe. Daí a necessidade de métodos de concentração cada vez mais sofisticados para atender tais exigências (Houot, 1983).

A primeira planta de flotação de minério de ferro data de 1954 (Humbolt Mines). Historicamente, nos métodos de flotação direta de óxidos de ferro foram usados coletores aniônicos: sulfonatos de petróleo em conjunto com óleo combustível, ácidos graxos e hidroxamatos. O método de flotação universalmente aplicado é aquele baseado na flotação catiônica reversa de sílica e silicatos (Houot, 1983).

A flotação aniônica reversa, na qual se flota o mineral de ganga por coletor aniônico, iniciou-se nos anos 60, em que se empregavam íons de cálcio para a ativação da sílica, que era flotada em ambiente básico por ácido graxo, depois de ativada por um sal, geralmente cloreto de cálcio. Neste tipo de flotação ocorre a depressão dos minerais ferríferos, que são coletados no fundo da célula. Os reagentes (depressores) mais comumente usados foram amidos na forma de gel ou caustificados e a dextrina (Houot, 1983).

A flotação catiônica reversa, de princípio similar ao anterior, é feita após a depressão do mineral ferrífero por reagentes (depressores) da família do amido ou da dextrina; a sílica é coletada por um reagente catiônico (aminas) num ambiente básico, em que a sílica e os silicatos têm carga de superfície negativa, sem necessitar de ativação por íons de cálcio (Houot, 1983).

A presença do átomo de oxigênio no interior da cadeia hidrocarbônica das eteraminas diminui o caráter hidrofóbico (Leal Filho et al., 1996), resultando em um coletor que:

- i) oferece menor poder de coleta que uma amina primária, conferindo-lhe maior seletividade;
- ii) é de fácil manuseio, pois está no estado líquido à temperatura ambiente e
- iii) possui maior solubilidade, proporcionando melhores condições de preparação.

Os sais de aminas não substituídas são completamente dissociados em valores de pH ácidos, neutros e medianamente básicos. A figura 1 ilustra o grau de dissociação das aminas em relação ao pH. As beta-aminas e as eteraminas são mais solúveis e menos sensíveis à variação de pH, além de serem menos sensíveis à presença de finos na polpa de flotação. O preço desses reagentes é

similar ao preço das aminas, que eram usadas inicialmente (Leal Filho et al., 1996).

Em meio básico, com a redução de moléculas protonizadas no sistema, a solubilidade das aminas se torna um fator crítico (veja figura 1). Em meio ácido, a protonação é proporcional à força do ácido protonante, resultando um sal de amina muito mais solúvel. Daí a importante razão para se neutralizar as aminas para a obtenção de um produto mais solúvel que o composto original, (Leal Filho et al., 1996).

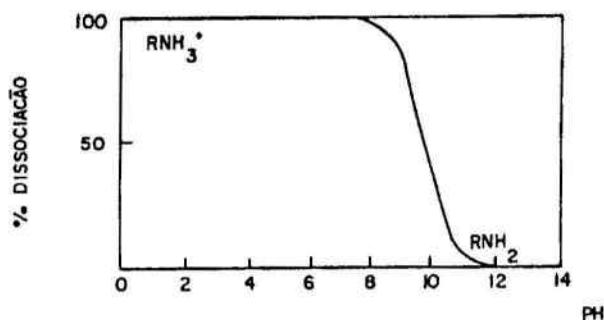


Figura 1 - Dissociação da amina (Leja, 1982)

A neutralização de uma amina primária pode ser expressa através da seguinte reação (Leal Filho et al., 1996):



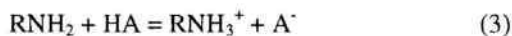
Onde:

RNH_2 é a amina, que se pretende neutralizar, HA é o ácido neutralizante e o produto da reação de neutralização é um sal RNH_3A .

O sal formado, em meio aquoso, irá dissociar-se segundo a reação:



Em meio ácido, a protonação é proporcional à força do ácido protonante sendo o sal de amina resultante, muito mais solúvel:



Normalmente o ácido utilizado para a neutralização de aminas é o ácido acético. Lima e Brandão (1998) fizeram a caracterização de um acetato de decileteramina a 50% de grau de neutralização (Flotigan EDA-B, fabricado pela Clariant), usando espectroscopia infravermelha à transformada de Fourier. Primeiramente, os pesquisadores fizeram a neutralização da decileteramina molecular com ácido clorídrico e posteriormente com ácido acético para obtenção de 10, 20, 30, 40 e 50% de grau de neutralização. Finalmente, foram obtidos espectros infravermelhos do reagente molecular, do reagente neutralizado com o ácido

clorídrico e com o ácido acético, bem como o espectro do acetato de potássio. Através destes estudos foi possível identificar as raia provenientes tanto do cátion decileteramônio e/ou decileteramina e do ânion acetato. O que foi de fundamental importância para os estudos de adsorção deste reagente sobre as superfícies da hematita e do quartzo, realizados posteriormente pelos mesmos autores.

Magalhães (2000) estudou a influência do grau de neutralização de acetatos de monoaminas e diaminas na flotação minério de ferro. Observou-se que a influência do grau de neutralização na flotação de minério de ferro foi mais pronunciada nas diaminas.

Embora sejam utilizadas industrialmente aminas com 50% de neutralização, não existe um estudo sistemático da influência desta variável no desempenho da flotação. Logo, este trabalho teve por objetivo estudar a influência do grau de neutralização do acetato de eteramina na flotação inversa de minério de ferro.

MATERIAIS E METODOLOGIA

A amostra de minério de ferro, proveniente da alimentação da flotação convencional da Samarco Mineração S.A., que foi utilizada, possuía 91% das partículas abaixo de $148\mu\text{m}$ e 33% abaixo de $37\mu\text{m}$. A mesma já havia sido deslamada industrialmente. Os principais minerais identificados por difratometria de raios-X foram a hematita, o quartzo e a goethita. Os teores de Fe, SiO_2 , Al_2O_3 , P, MnO_2 e PPC eram de 49,27; 27,03; 0,33; 0,041; 0,07 e 2,02%, respectivamente.

A célula utilizada nos ensaios de flotação em bancada foi a de modelo D12 da DENVER com cuba de 4000 mL. Os ensaios de flotação em bancada foram realizados com uma polpa a 45% de sólidos em peso, pH 10,5, amido 550 g/t, agitação da célula 1300 RPM, tempo de condicionamento com o amido de 5 min e com a amina de 3 min.

Os reagentes utilizados foram o amido (Amidex 3005 – fabricado pelas Refinações de Milho do Brasil), acetatos de decileteramina com 10, 20, 30, 40, 50 e 70% de grau de neutralização (fabricados pela Clariant). As dosagens das diversas aminas utilizadas foram 40, 60, 80 e 100 g/t.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras 2, 3, 4 e 5 estão apresentados a influência da dosagem e do grau de neutralização das aminas sobre a

recuperação de Fe, teor de ferro no concentrado, teor de SiO₂ no concentrado e o índice de seletividade na flotação, respectivamente.

Observa-se pela figura 2 que houve o decréscimo da recuperação de ferro com o aumento da concentração de amina. Para a dosagem de 40 g/t, a recuperação de ferro foi de 93,3% para os graus de neutralização de 30 e 40%. Pode-se observar também por esta figura que a recuperação de ferro foi ligeiramente maior para o grau de neutralização igual a 40% para todas as dosagens estudadas.

Todos os teores de ferro nos concentrados obtidos foram superiores a 66%. Para a dosagem de 40 g/t e para o grau de neutralização igual a 30%, o teor de ferro obtido foi de 67,4%, somente 0,2% menor que o teor obtido na concentração de 60 g/t de amina a 70% de grau de neutralização, veja figura 3. Embora a recuperação tenha decrescido ligeiramente com o aumento da dosagem de reagente (figura 2), não houve acréscimo significativo do teor de ferro nos concentrados, como era de se esperar (figura 3).

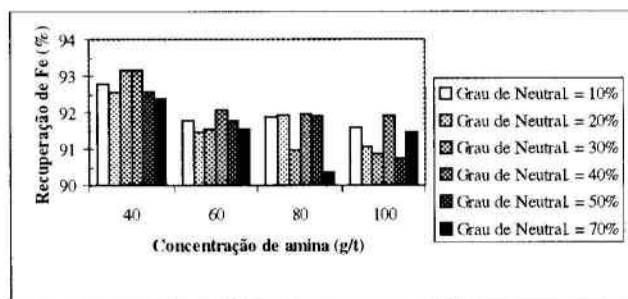


Figura 2- Recuperação de Fe em função da dosagem e do grau de neutralização da amina.

De forma geral, observa-se pela figura 4 que o teor de sílica nos concentrados foram menores que 2%. Como era de se esperar, os mesmos foram mais baixos para as maiores dosagens de coletor. Ou seja, os concentrados obtidos para as maiores dosagens de amina foram mais ricos.

Em termos de seletividade entre o ferro e a sílica nos ensaios de flotação, observa-se pela figura 5 que foram obtidos valores superiores a 18 para as dosagens de 60 e 80 g/t de amina e para os graus de neutralização de 20, 30, 40 e 50%. A seletividade foi mais baixa para a dosagem de 40 g/t de coletor, como era de se esperar, pois a recuperação de ferro foi maior nesta concentração.

De um modo geral, pode-se dizer que a variação do grau de neutralização das aminas estudadas teve pequena influência sobre a recuperação de ferro nos concentrados, especialmente para dosagens entre 40 e 60%. No caso do índice de seletividade entre o ferro e a sílica esta influência foi mais pronunciada para dosagens maiores que 60 g/t,

tendo atingido o valor máximo na dosagem de 80 g/t e graus de neutralização de 20 e 40%.

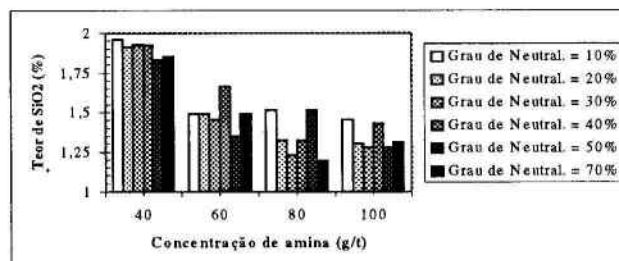


Figura 3 – Teor de ferro no concentrado em função da dosagem e do grau de neutralização da amina.

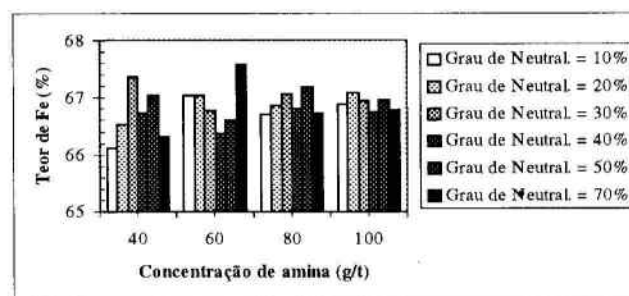


Figura 4 – Teor de SiO₂ no concentrado em função da dosagem e do grau de neutralização da amina.

CONCLUSÕES

- A recuperação de ferro foi mais alta para a concentração de 40 g/t de amina e para os graus de neutralização de 30 e 40%.
- A recuperação de ferro foi ligeiramente superior para a amina com grau de neutralização de 40% para todas as dosagens estudadas.
- Para o grau de neutralização da amina igual a 30% na dosagem de 40 g/t, o teor de ferro no concentrado foi de 67,4%.
- Não foi observado acréscimos significativos de teores de ferro nos concentrados com o aumento da dosagem de amina.
- Os teores de sílica nos concentrados foram menores que 2%, sendo mais baixo para as maiores concentrações de amina.
- A seletividade entre o ferro e a sílica foram superiores para as dosagens de 60 e 80 g/t de amina e para os graus de neutralização de 20, 30, 40 e 50%.

- A seletividade entre o ferro e a sílica foi menor para a dosagem de 40 g/t de amina.

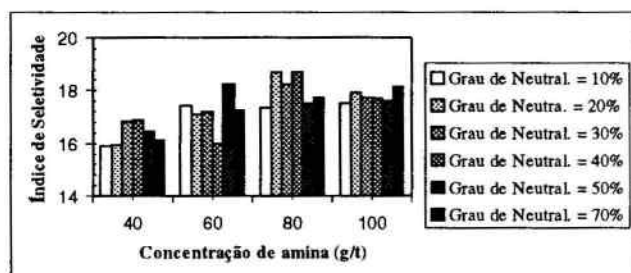


Figura 5 – Índice de seletividade em função da dosagem e do grau de neutralização da amina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Houot, R. Beneficiation of Iron Ore by Flotation – Review of Industrial and Potencial Applications. *Int. J. Miner. Process.*, Amsterdam- Printed in the Netherlands Elsevier Scientific Publishing Company, 10, p. 183-204, 1983.
- Leal Filho, L. S., Matai, P. H. L. S, Chaves, A. P. Uma Experiência Brasileira na Pesquisa de Reagentes “Tailor-Made” para Mineração, *Anais do I Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro: Caracterização, Beneficiamento e Pelotização*, p.121-133, Ouro Preto, Brasil, 1996.
- Leja, J. Flotation Surfactants. In: Leja, J. *Surface Chemistry of Froth Flotation*, Plenum Press, ed.2, c. 5, p. 205–339, Printing. New York and London ,1983.
- Lima, R. M. F., Brandão, P. R. G. Atribuições de Raias Importantes nos Espectros Infravermelhos de Acetatos de eteraminas, Usados como Coletores na Flotação Inversa de Minério de Ferro, *Anais do XVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa e I Seminário de Química de Colóides Aplicada à Tecnologia Mineral*.p.337-350, Águas de São Pedro, S.P., Brasil, 1998.
- Magalhães, M. P. (2000). *Aminas de Diferentes Graus de Neutralização na Flotação de Minério de Ferro*. Ouro Preto: UFOP, setembro de 2000. 91p. (Dissertação de Mestrado em Tecnologia Mineral - Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto).