

Tema: Lavra e tratamento de minérios

COMPARAÇÃO DE DIFERENTES AMINAS NA FLOTAÇÃO CATIÔNICA REVERSA DE MINÉRIO DE FERRO DA REGIÃO NORTE DE MINAS GERAIS*

Henrique de Siqueira Queiroz¹

Érica Linhares Reis²

Júnia Mayane Sales³

Gustavo Ferreira Correia⁴

Resumo

A indústria mineral brasileira é uma das maiores produtoras de minério de ferro do mundo e as reservas do país estão cada vez com teores mais baixos. Por isso hoje são necessários estudos para viabilizar a exploração de jazidas de baixos teores. Utilizando-se de minérios mais pobres, faz-se necessário uma maior cominuição para beneficiamento do minério. Com uma menor granulometria do material, o processo de flotação passa a ter importante papel no beneficiamento por ser mais tolerável aos finos. O objetivo deste trabalho foi testar diferentes coletores catiônicos, especificamente aminas, utilizados na etapa de flotação reversa de um minério de ferro da região do Vale do Rio Pardo. As amostras utilizadas nos testes são provenientes da remoagem que, pelo circuito de beneficiamento, alimenta a flotação de finos. Foram testados como coletores as aminas EDA, EDA3 e EDA 3C da Clariant. A amina que obteve melhor desempenho foi a Flotigam EDA 3C que obteve concentrado final com 67,4% Fe e 1,76% de SiO₂, e recuperação metalúrgica de ferro de 92,14%.

Palavras-chave: Flotação; Minério de ferro; Aminas.

DIFFERENT AMINES IN REVERSE FLOTATION IRON ORE FROM REGION NORTH OF MINAS GERAIS

Abstract

The mineral industry is a major producer of iron ore reserves in the world and the country are increasingly with iron lower grade. Studies to enable the exploitation of deposits of low grade is necessary. Using ores iron low grade, it is necessary for greater comminution ore processing. With a smaller particle size of the material, the flotation process has an important role in the processing to be more tolerable to fine. The objective of this study was to test different cationic collectors, specifically amines, used in reverse flotation step in a iron ore from Vale do Rio Pardo, Minas Gerais, Brazil. The samples used in this study are from regrind that the beneficiation circuit feeds the flotation of fine. The following amines were tested: EDA, EDA 3C and EDA3 (Clariant). The amine which performed better was the Flotigam EDA 3C who got the final concentrate with 67.4% Fe and 1.76% SiO₂, and recovery is 92.14%.

Keywords: Iron ore; Amines; Flotation.

¹ Engenheiro, Escola de Minas, UFOP, Ouro Preto, MG, Brasil.

² Professora, Departamento de Engenharia de Minas, Escola de Minas, UFOP, Ouro Preto, MG, Brasil.

³ Engenheira de Processos, Sul America de Metais S/A- SAM, Salinas, MG, Brasil.

⁴ Graduando em Engenharia de Minas, Escola de Minas, UFOP, Ouro Preto, MG, Brasil.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O mercado de minério de ferro é de grande importância por se tratar de um dos elementos químicos de maior utilização na vida do homem desde a antiguidade. No Brasil, em especial, trata-se de um dos maiores setores industriais nacionais que possuem indústrias com grandes instalações e que utilizam intensivamente recursos naturais, insumos químicos e energia.

Com depósitos de minérios de altos teores cada vez menores, torna-se necessária a viabilização da exploração de minérios de baixos teores. Para isto, faz-se necessária uma maior cominuição do material para obter a liberação adequada do mineral-minério em relação aos minerais de ganga. Com uma menor granulometria das partículas minerais, o processo de concentração por flotação aumenta sua importância por ser o processo que tem mostrado maior eficiência de concentração de partículas finas.

O processo de flotação possui grande precisão na separação, pois utiliza reagentes bastante seletivos que modificam a molhabilidade de certos minerais, facilitando assim a separação das espécies. Os reagentes mais utilizados na flotação catiônica reversa de minérios de ferro são: amidos, aminas e hidróxido de sódio. A amina é o coletor catiônico comumente utilizado na flotação reversa de minério de ferro.

Segundo Baltar [1] as aminas são derivadas da amônia pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênios por cadeias hidrocarbônicas. Quando ocorre a substituição de apenas um átomo de hidrogênio a amina é classificada como primária, e assim, sucessivamente.

De acordo com Wills [2] as aminas são adsorvidas nas superfícies minerais, principalmente devido à atração eletrostática entre a extremidade polar do coletor e a carregada dupla camada elétrica na superfície mineral. Tais forças não são tão fortes ou irreversíveis como as forças químicas, características dos coletores aniônicos, que tendem a ser relativamente fracos em termos de poder de coletor.

Papini [3] estudou o efeito do tipo de amina na flotação catiônica reversa de um minério itabirítico, concluiu que as eteraminas são os melhores coletores para esse tipo de minério sendo que aquelas com menores graus de neutralização apresentaram maiores índices de seletividade. Os valores de neutralização de aminas mais largamente empregados situam-se na faixa de 30 a 70%.

Cassola e Bartalini [4] realizaram estudo sobre o comportamento de diferentes minérios de ferro frente a inovações nos coletores utilizados na etapa de flotação reversa. O desempenho das aminas avaliadas para quatro diferentes minas possibilitaram maior recuperação metalúrgica para três delas, mantendo a qualidade do concentrado com relação ao teor de sílica. As aminas utilizadas foram: Flotigam EDA, EDA 3 e EDA C da Clariant.

O presente trabalho teve como objetivo testar por flotação em bancada, três aminas e verificar qual resulta em maior coleta de sílica para finos de um minério de ferro da região do Vale do Rio Pardo situada no norte de Minas Gerais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Amostra de Minério de Ferro

A amostra em estudo é um "*blend*" que segundo os critérios geológicos e de lavra do projeto representa o minério a ser explotado nos primeiros seis anos de operação da mina. A composição química e distribuição granulométrica da fração menor que

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014. São Paulo, SP, Brasil.

74µm são apresentadas na Tabela 1 e Figura 1. O estudo foi realizado com uma amostra de minério de ferro da alimentação do circuito de flotação de finos, que se localiza após a remoagem do material pré-concentrado.

Tabela 1. Composição química da amostra de finos do minério de ferro da região do Vale do Rio Pardo.

Análise Química Global (%)										
Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P	Mn	PPC
64,20	5,78	0,92	0,42	0,13	0,23	0,07	<0,1	0,04	0,75	0,59

O teor de ferro da amostra é de 64,20% e de sílica 5,78%. O material possui cerca de 80% das partículas abaixo de 45µm (325 mesh).

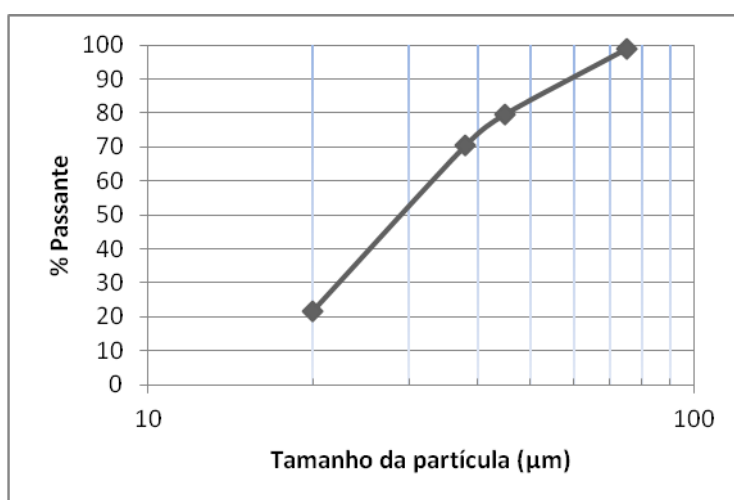


Figura 1. Distribuição granulométrica da amostra de finos do minério de ferro da região do Vale do Rio Pardo.

2.2 Ensaios de flotação em bancada

Os testes foram realizados em célula de flotação da marca CDC. Para cada ensaio foi utilizado 1kg de amostra em uma cuba de 2L. Os ensaios foram realizados com 45% de sólidos na polpa. O trabalho foi realizado com amido de milho (Flokite da fabricante Kowalski Alimentos S/A) cáustico e cozido (5% p/p) com dosagem de 1000g/t, e condicionamento de 5 minutos. O pH em 10,5 sempre corrigida com solução de NaOH da Sulfal Química Ltda (1% p/v). As aminas utilizadas são classificadas como etermonoaminas. Todas as aminas foram fornecidas pela Clariant, o Quadro 1 apresenta alguns dados sobre as aminas utilizadas. A solução de amina foi preparada na concentração de 5% (p/p) com dosagem de 10g/t e condicionada por um minuto. Depois de transcorrido o tempo de 1 minuto, a vazão de ar foi regulada para 4,5NI/min. A camada de espuma formada foi coletada com as paletas até a visualização da exaustão da espuma.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

Quadro 1. Coletores testados na flotação (adaptado de Cassola e Bartalini) [4]

Coletor (etermonoamina)	Característica da cadeia	Quantidade de carbono na cadeia	Grau de neutralização (%)	Comentários
Flotigam EDA	Média-ramificada	10C	50	Coletores para flotação de quartzo e minérios silicatados com características ácidas
Flotigam EDA-3	Média-ramificada	10C	30	
Flotigam EDA-3C	Média-ramificada	9C	30	

As análises químicas dos produtos flotado e afundado foram realizadas por fluorescência de raios-X no laboratório químico da SGS Geosol Laboratórios Ltda. Os resultados obtidos foram utilizados para os cálculos de balanço de massa e metalúrgico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 estão apresentados os resultados de recuperação mássica e recuperação metalúrgica de ferro nos concentrados dos ensaios com as diferentes aminas. A amina que obteve os melhores resultados em recuperação mássica e metalúrgica de ferro foi a Flotigam EDA 3, com valores de 92,19% e 93,33%, respectivamente. Vale ressaltar que o coletor Flotigam EDA 3C também conseguiu atingir o objetivo inicial que era de recuperação metálica de ferro acima de 90%, para este coletor o valor obtido foi igual a 92,14%.

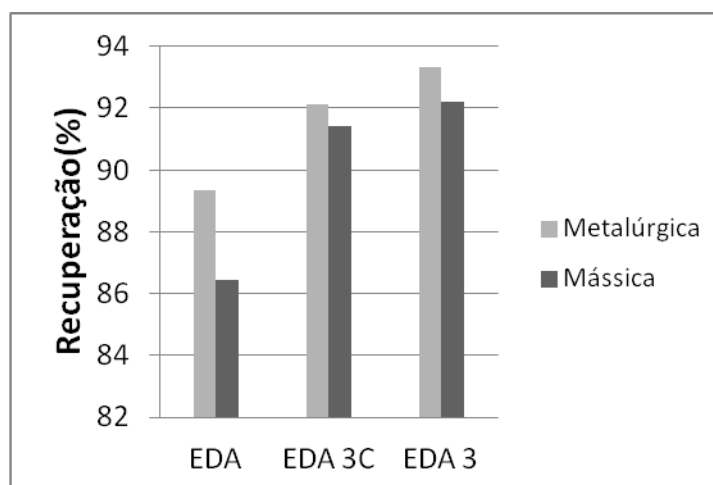


Figura 2. Recuperação mássica e recuperação metalúrgica de ferro no concentrado dos ensaios com diferentes aminas.

Na Figura 3, são apresentados os resultados de recuperação metálica de Fe e SiO₂ para as diferentes aminas. Utilizando a amina EDA 3C foi obtido os menores valores de recuperação de sílica no concentrado, cerca de 54%. Para esta mesma amina foi obtido resultado intermediário de recuperação de ferro (92,14%) quando comparada as aminas, EDA e EDA3. O maior valor de recuperação de sílica no concentrado foi observado no ensaio utilizando a amina EDA3, com valores em torno de 74%.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

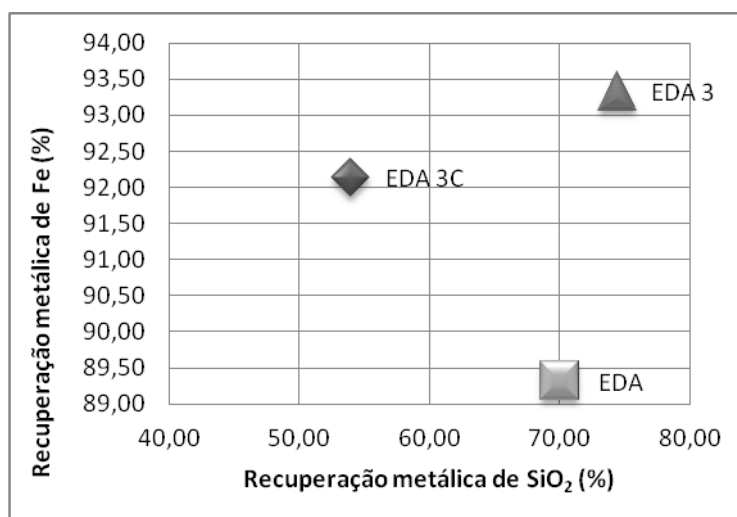


Figura 3. Recuperação metálica de Fe e SiO₂ no concentrado dos ensaios de flotação com as diferentes aminas.

Na Figura 4 são apresentados os resultados dos teores de ferro e sílica no concentrado da flotação utilizando as diferentes aminas. O maior teor de ferro e menor teor de sílica foi obtido com a amina EDA 3C, com valor de Fe de 67,4% e de sílica 1,76%, conforme especificações de produto o teor de Fe deve estar acima de 66,5%.

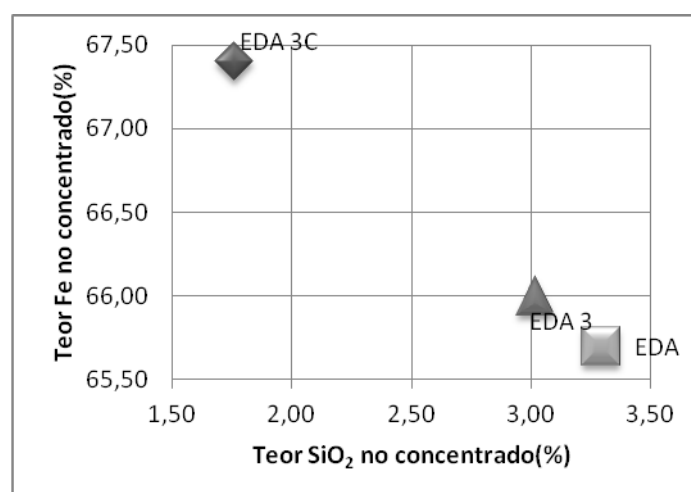


Figura 4. Teores de ferro e sílica no concentrado da flotação dos ensaios com diferentes aminas.

Na Figura 5 são apresentados os resultados dos teores de ferro e sílica no rejeito da flotação em bancada. Os menores teores de Fe e os maiores de sílica no rejeito foram obtidos utilizando o Flotigam EDA 3C, o que mostra a maior seletividade frente os demais coletores.

Através da Tabela 2, observa-se que, contaminantes como CaO, MgO, Al₂O₃ e Mn estão presentes em fases minerais que se dirigiram preferencialmente para o rejeito, uma vez que o teor destes compostos apresentou valores menores no concentrado quando comparados aos teores da alimentação. A única exceção foi o TiO₂ que aumentou, consideravelmente, sua concentração podendo estar associado a fases de minerais deprimidas.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

Tabela 2. Análise química de elementos e compostos contaminantes presentes na alimentação e concentrados gerados nos testes com as diferentes aminas.

Amostras	Química (%)								
	Al ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P	Mn	PPC
Alimentação	0,92	0,42	0,13	0,23	0,07	<0,1	0,04	0,75	0,59
EDA	0,45	0,26	0,80	0,11	0,03	0,12	0,04	0,06	0,57
EDA 3C	0,37	0,28	0,81	0,12	0,01	0,10	0,03	0,07	0,61
EDA 3	0,44	0,26	0,80	0,10	0,02	0,14	0,03	0,06	0,45

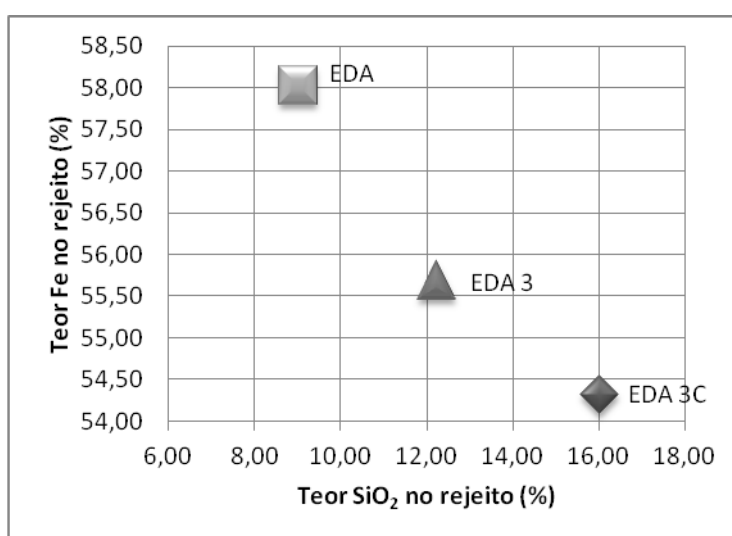


Figura 5. Teores de Fe e sílica no rejeito da flotação dos ensaios com diferentes aminas.

Na Figura 6 são apresentadas a especificação química para o concentrado final e os resultados dos testes de flotação para os contaminantes. Observa-se que o teor de SiO₂ + Al₂O₃ ficou fora do especificado (1,80%) obtendo-se menor valor para a amina EDA 3C com valor de 2,13%. Todos os outros itens estão dentro do especificado para todas as aminas testadas conforme apresentado na figura 6.

A etermonoamina Flotigam EDA 3C mostrou ser bastante seletiva quanto a coleta de sílica mas, possivelmente uma melhoria no processo de deslamagem, seja necessária e faça com que a concentração de alumina na alimentação da flotação seja mais baixa e com isso o concentrado final da flotação fique dentro do especificado.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

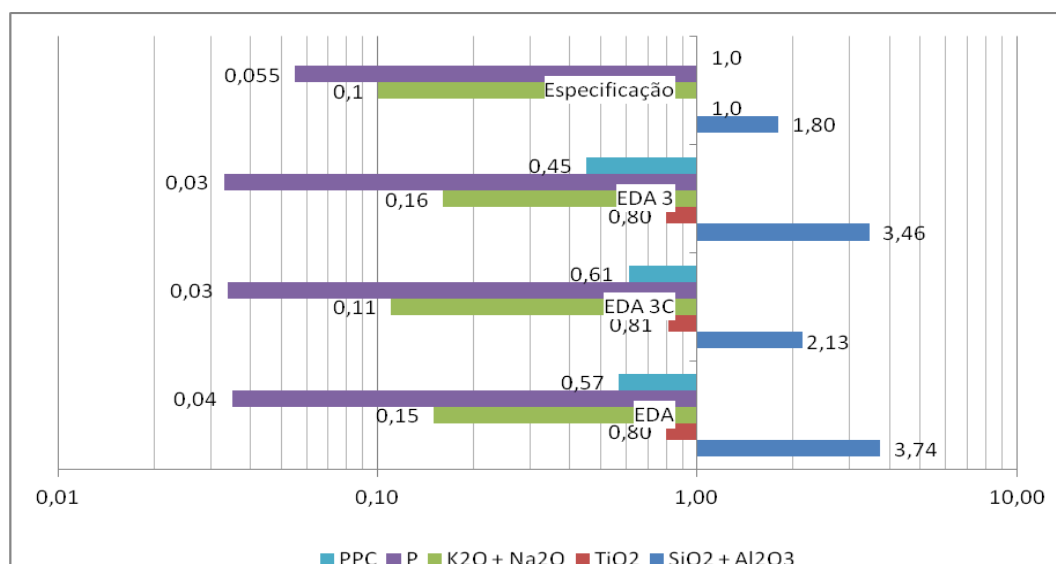


Figura 6. Limites de especificação para o concentrado final e os resultados dos testes de flotação para os contaminantes

4 CONCLUSÃO

- O Flotigam EDA 3 obteve o melhor resultado em recuperação metalúrgica de ferro (93,33%).
- Comparando-se os três reagentes testados em bancada para a flotação catiônica reversa do minério de ferro em estudo, o Flotigam EDA 3C foi o reagente que forneceu um concentrado com maior teor de ferro (67,40%) e menor teor de sílica (1,76%) comparado com o Flotigam EDA e Flotigam EDA3.
- O presente estudo não teve como finalidade comparar o custo dos reagentes utilizados e como o Flotigam EDA 3C obteve os melhores teores de Fe e SiO₂ no concentrado e rejeito, com recuperação metalúrgica acima do almejado (90%), é portanto o coletor mais adequado para o circuito de beneficiamento proposto.
- Somente o teor de SiO₂ + Al₂O₃ ficou fora do especificado, que era de 1,8%, para as três aminas testadas. A amina que mais se aproximou da especificação foi a Flotigam EDA 3C (2,13%).

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Gorceix e a UFOP/Escola de Minas.

REFERÊNCIAS

- 1 Baltar CAM. Flotação no Tratamento de Minérios. Editora Universitária, 238 p., 2010.
- 2 Wills BA. Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery. Oxford: Butterworth-Heinemann, p.267 – 352, 2007.
- 3 Papini RM. Efeito do tipo de amina na flotação reversa de um minério itabirítico. 1995. 189p. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, 1995.
- 4 Cassola MSE, Bartolini NM. Comportamento de coletores para o tratamento dos minérios de ferro através da flotação reversa. Revista Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração. 2010;6(4):215-219.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.