



# EFEITO DA DISPERSÃO EM POLPAS DE MINÉRIOS HEMATITICOS COM ELEVADO GRAU DE HIDRATAÇÃO<sup>1</sup>

Adriano Raimundo Totou<sup>2</sup>

## Resumo

A flotação reversa do minério de ferro é antecedida de uma operação de deslamagem cuja eficiência aumenta com o uso de um reagente que promova a dispersão da polpa. O trabalho avaliou a influência do tipo e da concentração do dispersante na eficiência da dispersão e nos resultados da flotação. Os resultados foram avaliados em termos de tamanho das partículas da lama, grau de dispersão e Índice de Seletividade de Gaudin obtido na flotação. Os resultados mostram a importância da dispersão antes da deslamagem e sugerem que o reagente escolhido, como dispersante, não pode ser depressor para o quartzo. O hidróxido de sódio parece ser a melhor alternativa dentre os reagentes testados.

**Palavras-chave:** Dispersão; Deslamagem; Flotação; Seletividade.

## EFFECT DISPERSING PULP ITABIRITE ORES

## Abstract

The reverse flotation of the iron ore is preceded of a deslamagem operation whose efficiency increases with the use of reagents that promotes the dispersion of the pulp. The work studied the influence of the type and of the concentration of the dispersion in the efficiency of the dispersion and in the results of the flotation. The results were appraised in terms of size of the particles of the mud, dispersion degree and Index of Selectivity of Gaudin obtained in the flotation. The results show the importance of the dispersion before the desliming and they suggest that the chosen reagents, as dispersion, cannot be depressive for the quartz. The hydroxide of sodium seems to be the best alternative among the tested reagents.

**Key words:** Dispersion; Desliming; Flotation; Selectivity.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 40º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 11º Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 19 a 22 de setembro de 2010, Belo Horizonte, MG.

<sup>2</sup> MSc. Engenheiro de Processo, Gerência de Engenharia de Processo, Mina de Alegria, Vale.

## 1 INTRODUÇÃO

A deslamagem antecedendo a flotação é prática industrial estabelecida há mais de 50 anos, introduzida na flotação catiônica reversa de minérios de ferro com o processo USBM<sup>(1)</sup>

As partículas finas tendem a agregarem-se ou a recobrir as partículas grossas (*slime coating*). Em ambas as situações dificultam a realização de uma deslamagem eficiente, passando parcialmente para a etapa de flotação, onde causam uma série de problemas,<sup>(2)</sup> dentre os quais, o consumo excessivo do coletor é o que mais afeta a eficiência do processo em plantas de flotação para minério de ferro. O termo deslamagem se refere à eliminação de lamas, indesejáveis para a operação unitária subsequente (por exemplo, flotação ou separação em meio denso) é um tanto vago em termos granulométricos. Geralmente significa a eliminação de uma grande quantidade de material fino, sem uma conotação de separação granulométrica precisa ou eficiente. Um adequado grau de dispersão das partículas na polpa é requisito essencial para uma deslamagem eficiente. Uma maneira simples, mas onerosa, para se conseguir um alto grau de dispersão é elevar o pH mediante altas dosagens de NaOH, aumentando a repulsão eletrostática entre as partículas. Experimentos de laboratório simples e confiáveis fornecem uma correlação entre grau de dispersão e eficiência de deslamagem, constituindo-se em ferramenta útil para predição do desempenho na flotação. As aminas adsorvem-se por atração eletrostática, portanto, de forma não específica. Os finos, por terem maior energia superficial, consomem a maior parte do coletor impedindo uma flotação eficiente do quartzo. Desta forma, a presença de finos na flotação resulta em um menor teor de ferro no concentrado. Uma tentativa de minimizar o problema acima é através da elevação do nível de estabilidade do sistema, via adição de eletrólitos inorgânicos (dispersantes) e ou polieletrólitos que podem se adsorver seletivamente nos minerais de ganga. Subsequentemente efetua-se uma deslamagem, através da qual se elimina os finos que prejudicam a etapa de flotação. Um elevado grau de dispersão das partículas na polpa é essencial para uma deslamagem eficiente, que, por sua vez, é requisito para seletividade na flotação em sistemas envolvendo não-sulfetos. Investigações sobre o efeito do estado de dispersão das partículas em polpas desses sistemas são mais raras.<sup>(3)</sup>

O uso de um reagente dispersante é importante porque possibilita a desagregação das partículas permitindo uma deslamagem mais eficiente. Os dispersantes atuam no sentido de provocar o aumento da repulsão elétrica entre as partículas (a exemplo do metafosfato de sódio e silicato de sódio) ou de promover uma estabilização estérica (a exemplo do carboxilmetilcelulose e do poliácrlato).

São vários os agentes dispersantes utilizados para manter a estabilidade do sistema, podendo ser orgânicos e inorgânicos. Os dispersantes atuam aumentando a carga da dupla camada elétrica em função da adsorção na superfície das partículas por ligações de hidrogênio ou outro tipo de adsorção química.<sup>(4)</sup>

Este trabalho descreve o comportamento de minérios itabiríticos frente aos processos de deslamagem e flotação, tendo sido realizados os seguintes ensaios:

- determinação do grau de dispersão em polpas de minérios itabiríticos em função do pH para o reagente hidróxido de sódio (NaOH) e da dosagem específica em g/t para os reagentes hexametáfosfato de sódio, silicato de sódio, metassilicato de sódio e o poliácrlato de sódio; e
- testes de deslamagem e flotação com os ensaios de melhor grau de dispersão. Trabalhando com dosagem de reagentes coletores e depressores

em 25 g/t a 30 g/t e 600 g/t a 800 g/t de amina e amido respectivamente. Além desses ensaios, foram realizadas caracterizações granulométricas, químicas e mineralógicas da amostra estudada e das respectivas lamas. Assim, o principal objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes tipos de reagentes dispersantes em polpa de minérios itabiríticos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras de minério itabirítico foram obtidas através da classificação mecânica, fluxo overflow do classificador em espiral onde 90 % das partículas estão abaixo do diâmetro de corte em 0,15 mm. Tais amostras foram preparadas conforme o fluxograma representado pela Figura 1, onde é representado esquema de preparação da amostra, realização dos testes tecnológicos em bancada e a caracterização dos produtos.

A análise granulométrica da amostra foi realizada utilizando o seguinte conjunto de peneiras: 2,4 mm; 1,0 mm; 0,50 mm; 0,25 mm; 0,15 mm; 0,106 mm; 0,075 mm e 0,045 mm. A análise foi realizada a úmido com o auxílio de um peneirador vibratório suspenso de laboratório do tipo *Ro-Tap*. O resultado da distribuição granulométrica é apresentado na Figura 2.

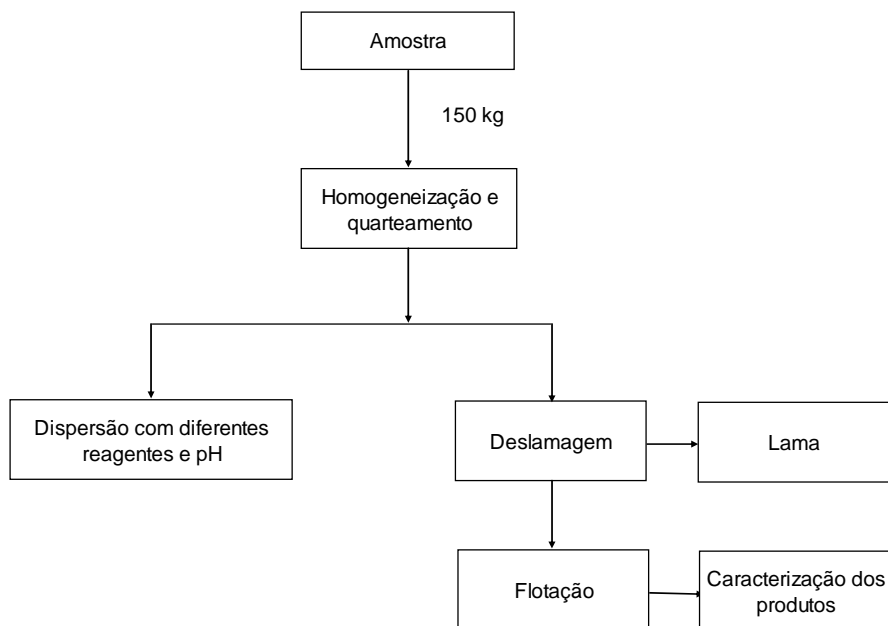


Figura 1 – Fluxograma de preparação das amostras.

As amostras foram caracterizadas quimicamente pelo método de fluorescência de raios-X e os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química global da fração -0,15 mm

Análise Química Global (%)								
Fe	SiO <sub>2</sub>	P	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	PPC
58,69	11,53	0,073	1,63	0,081	0,139	0,009	0,062	2,00

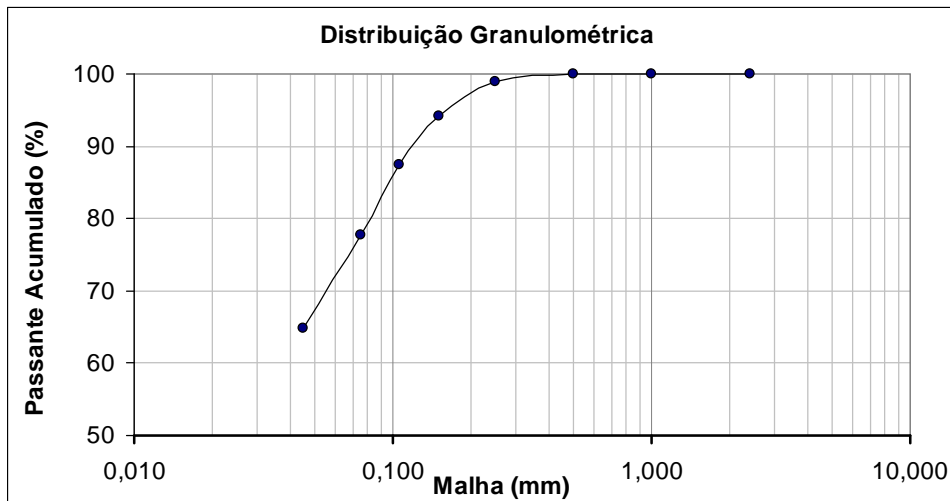


Figura 2 - Distribuição granulométrica da amostra de minério estudada.

## 2.1 Análise Mineralógica

Foi realizada a caracterização mineralógica global da amostra conforme tabela 2 e utilizou-se o microscópio ótico de luz refletida figura 3 e analisou os minerais hematita e quartzo.

Tabela 2. Quantificação mineralógica global da amostra fração < 0,15 mm

Mineral	HE	HL	HG	HM	MA	GO	GT	QL	GB
%	2,71	19,65	25,68	28,47	1,25	7,21	1,62	13,17	0,23

**Legenda:** HE: Hematita especular; HL: Hematita lamelar; HG: Hematita granular; HM: Hematita martítica; MA: Magnetita; GO: Goethita; GT: Goethita terrosa; QL: Quartzo livre; GB: Gibbsita; HC's = HE + HL + HG.

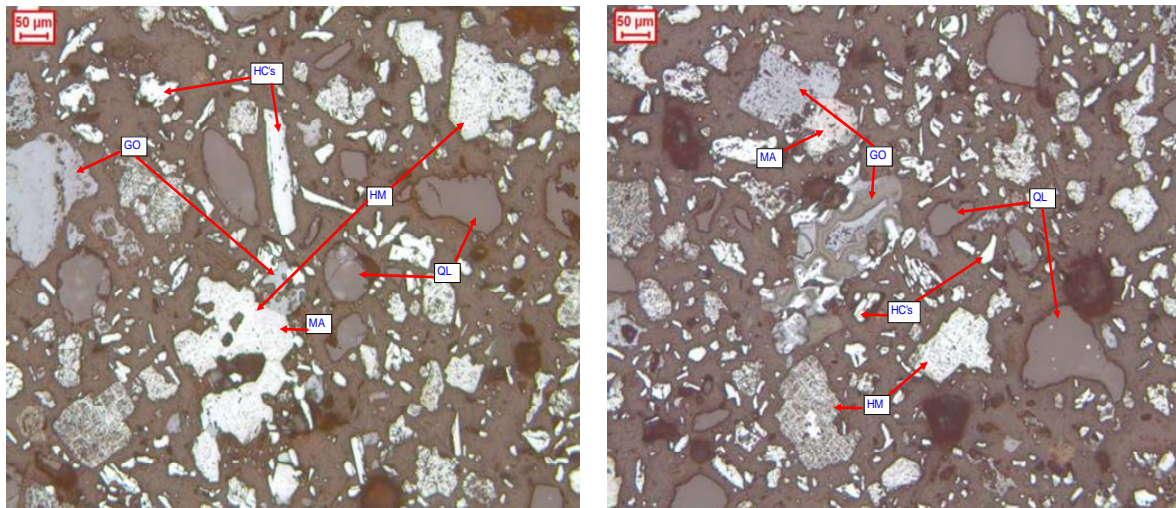


Figura 3 – Fotomicrografias da amostra na fração -0,15 mm.

Nos ensaios de dispersão usou cerca de 5 g do minério, adicionados em um tubo de sedimentação de 200 mL. Esse aparelho consta de um tubo de vidro de 4,5 cm de diâmetro e 18,5 cm de altura, com uma saída de 0,5 cm de diâmetro para o sobrenadante a 1,5 cm do fundo do tubo. O tubo é instalado sobre um agitador magnético que realiza a agitação da polpa mediante uma barra magnética. O controle do pH foi efetuado através da imersão do eletrodo na polpa, na parte

superior do tubo. O ajuste do pH foi feito na fase inicial de cada experimento e o eletrodo era retirado do tubo de sedimentação quando certificado que o pH estava na faixa desejada, para que este não influenciasse no processo de sedimentação das partículas em suspensão.

Terminados os cinco minutos de condicionamento e/ou agitação, desligava-se o agitador magnético, permitindo-se, assim, que a polpa ficasse em regime de sedimentação por mais um minuto. Depois desse intervalo, esgotava-se o sobrenadante através de um orifício situado a 1,5 cm da base do tubo. Em seguida secavam-se e pesavam-se as alíquotas obtidas (a massa dispersa e a massa afundada).

A estabilidade das suspensões foi estudada em termos de grau de dispersão (GD) das partículas presentes na polpa, dado pela expressão:

$$GD = \frac{M_{of}}{M_{of} + M_{uf}} \times 100 \quad (1)$$

Onde:  $M_{of}$  = massa de *overflow* em gramas;

$M_{uf}$  = massa de *underflow* em gramas.

Todos os experimentos foram realizados em duplicata. Para o hidróxido de sódio a variável foi o pH (desde natural até 11,0) e para os demais reagentes foi utilizada a dosagem mínima de 300 g/t e máxima de 1.200 g/t. Os melhores resultados da dispersão foram utilizados nos testes de deslamagem e flotação em bancada.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade de material passante nas diversas aberturas de peneira é uma indicação do grau de dispersão. Os resultados apresentados na Figura 4 mostram que a melhor dispersão foi conseguida com o controle de pH através da adição de hidróxido de sódio. A adição de um polímero (poliacrilato) também proporcionou uma boa dispersão. Por sua vez, os resultados mostraram um efeito negativo para o hexametáfosfato nas condições testadas.

Os resultados obtidos para o nível de dispersão nos testes realizados com os reagentes supracitados estão ilustrados nas Figuras 4 e 5. Houve um aumento no nível de estabilidade da suspensão, principalmente quando se utilizou uma dosagem de 900 g/t na polpa, ressaltando o hexametáfosfato de sódio. Silva<sup>(5)</sup> mostrou a eficiência do hexametáfosfato de sódio na estabilidade termodinâmica da polpa para concentração acima de 300 g/t e pH acima de 7,0. O hidróxido de sódio atingiu o maior grau de dispersão em pH na faixa de 9,60 a 9,80. Esse fato veio confirmar o mecanismo de atuação desses reagentes no sentido de promover um aumento e manutenção da carga elétrica na dupla camada elétrica que envolve as partículas em uma suspensão. Os menores níveis de dispersão da polpa ocorre em pH natural (5,40 a 5,80), resultados que se repetiram nos estudos de Lima<sup>(6)</sup> para minérios itabiríticos.

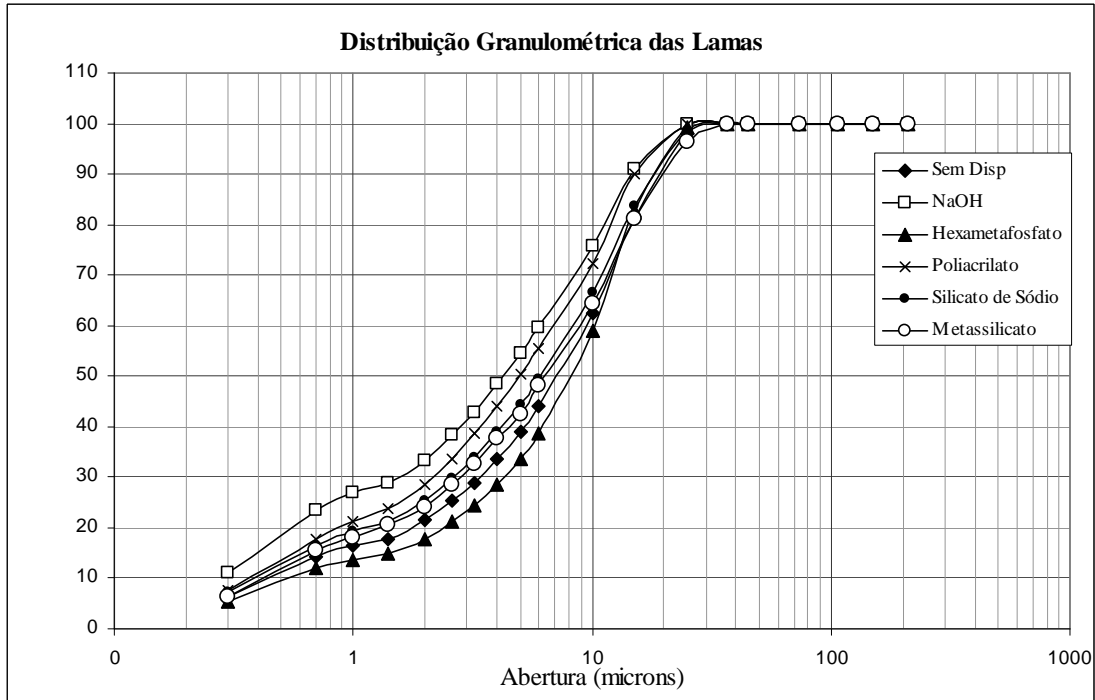


Figura 4 – Distribuição granulométrica das lamas.

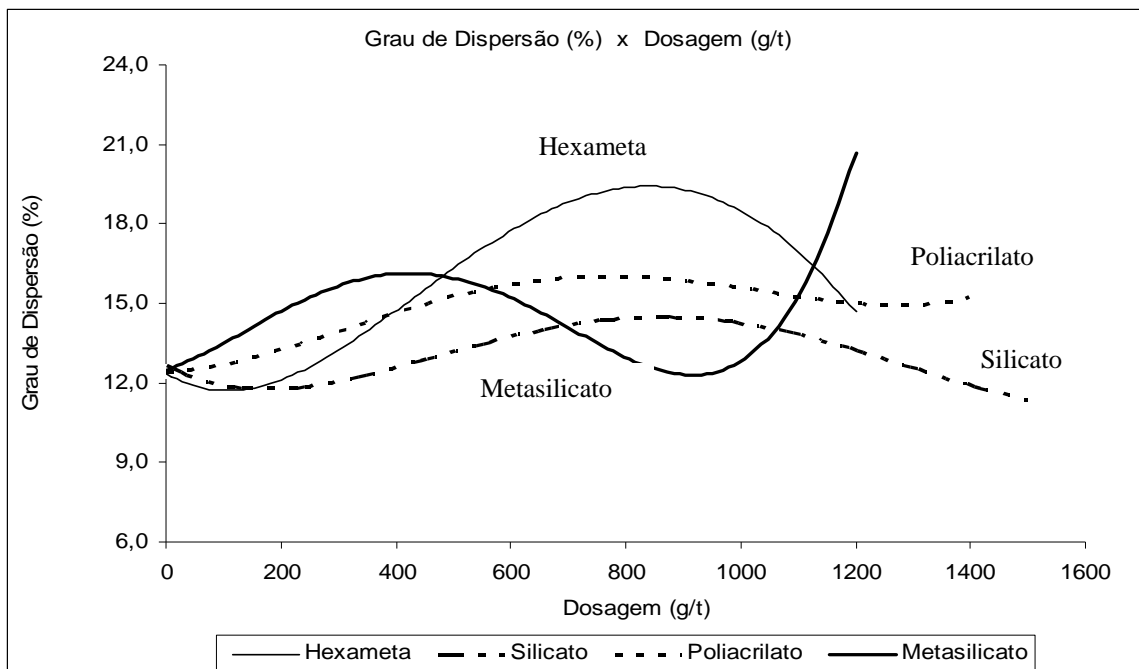


Figura 5 – Grau de dispersão em função da dosagem específica de reagente.

Os resultados da Figura 5 mostram a importância da concentração para a eficiência dos dispersantes metassilicato de sódio e hexametáfosfato. A eficiência do metassilicato de sódio aumenta bastante a partir de uma concentração em torno de 900 g/t, chegando a um grau de dispersão em torno de 21%. Enquanto isso, o hexametáfosfato atinge a eficiência máxima com cerca de 800 g/t quando o grau de dispersão é de cerca de 20%. A eficiência do poliacrilato é menos dependente da variação da concentração, com o grau de dispersão estabilizando-se em torno dos

15% para concentrações maiores do que 500 g/t. Com o controle do pH, conseguiu-se um grau de dispersão máximo em torno dos 19% em pH 9,5.

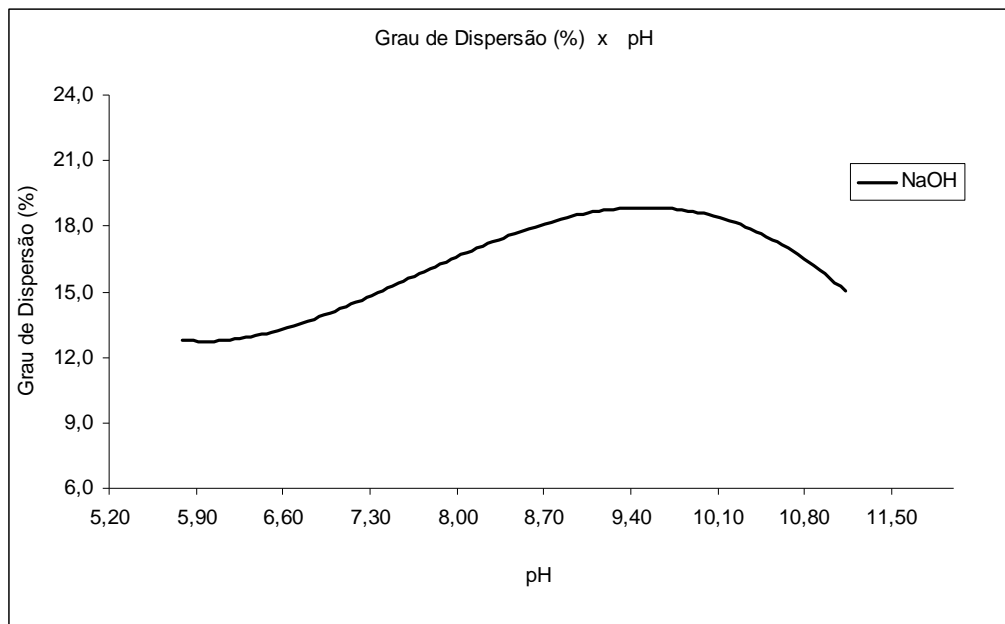


Figura 6 - Grau de dispersão em função do Ph.

Como, nessa faixa de pH, o quartzo está com carga negativa e o  $\text{OH}^-$  é um de seus íons determinantes de potencial, o aumento do pH acarreta um aumento dessa carga negativa e, conseqüentemente, uma melhor dispersão (o que está de acordo com os resultados obtidos até o pH em torno de 9,5). No caso da hematita, ao contrário, a carga elétrica diminuiria até chegar ao seu ponto isoelétrico, prejudicando a dispersão. Após esse pH a dispersão aumentaria com o aumento da alcalinidade. Portanto, o aumento do pH na faixa muito alcalina aumentaria a carga elétrica de ambos os minerais.

Os testes de deslamagem em bancada foram realizados em dois estágios utilizando os reagentes dispersantes propostos no estudo. Através dos resultados do grau de dispersão, obtiveram-se as dosagens ótimas dos reagentes que geraram os melhores índices de dispersão (maior estabilidade termodinâmica) da polpa.

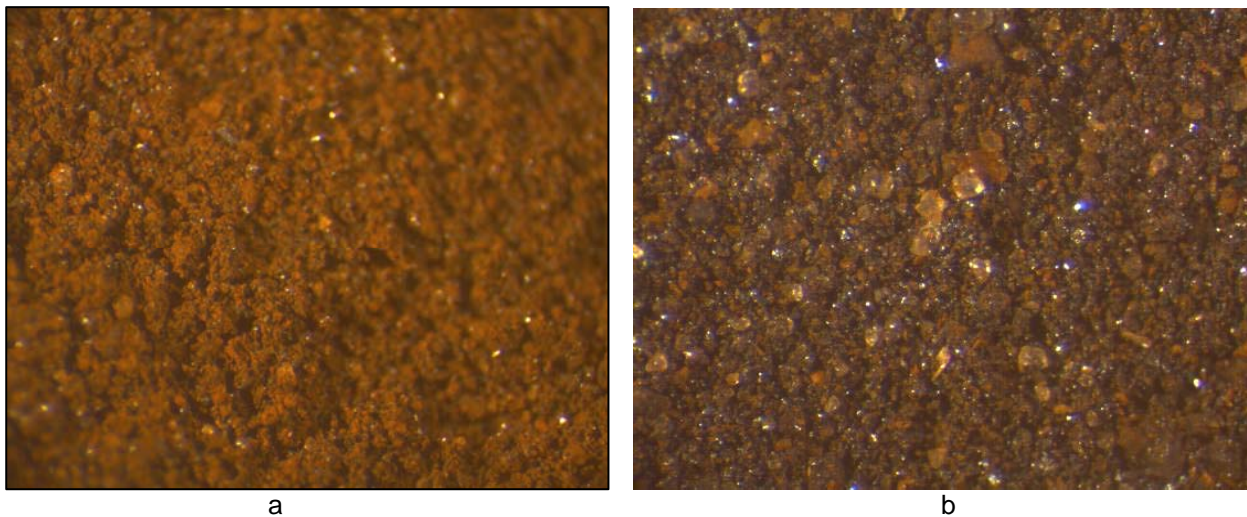
Conforme é possível verificar na Tabela 2, os reagentes estudados apresentam diferenças químicas. O teor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  varia de 5,37% até 6,50%. Os testes com adição de hidróxido de sódio (soda cáustica) e hexametáfosfato de sódio apresentaram os maiores teores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , ou seja, a maior remoção deste contaminante. Já os reagentes a base de silicato (silicato de sódio, poliácrilato de sódio e metasilicato de sódio) apresentam os maiores percentuais de remoção de lamas para o overflow (sobrenadante).

De acordo com os resultados da análise química da lama mostrados na Tabela 2, pode-se observar que os teores de fósforo, alumina e perda por calcinação são mais elevados para os testes com os reagentes dispersantes soda cáustica e hexametáfosfato de sódio.

**Tabela 2** - Análise química global das lamas

Reagente Dispersante	% Lama	Análise Química (%)					
		Fe	SiO <sub>2</sub>	P	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn	PPC
Sem Dispersante	5,29	56,22	6,37	0,182	5,37	0,210	6,67
Soda Cáustica	7,94	54,08	6,61	0,235	6,50	0,266	7,96
Hexametáfosfato	9,03	55,18	6,42	0,217	6,41	0,233	6,78
Silicato de Sódio	14,77	53,62	6,35	0,204	5,59	0,233	9,95
Poliacrilato de Sódio	15,15	55,92	6,47	0,195	5,44	0,223	7,00
Metasilicato de Sódio	14,60	55,81	6,32	0,201	5,35	0,232	7,36

As Figuras 7a e 7b mostram a eficiência da dispersão da polpa com o auxílio de reagente dispersante. A coloração das partículas de quartzo é nitida na Figura 7 b, sem a presença de partículas ultrafinas recobrando a superfície mineral.



**Figura 7** – (a) Amostra deslamada sem adição de reagente dispersante. (b) Amostra deslamada com adição de reagente dispersante.

Os maiores teores de sílica presente na lama dos ensaios envolvendo os reagentes soda cáustica, poliacrilato de sódio e hexametáfosfato de sódio. A perda por calcinação teve o maior teor nas lamas para os reagentes silicato de sódio, hidróxido de sódio e metassilicato de sódio.

Já para o teor de ferro nas lamas não houve diferença significativa. A concentração da solução dos reagentes foi de 1,0% em peso. A dispersão foi feita nas seguintes faixas de pH: para os silicatos foi 6,20 a 9,80 e para o hexametáfosfato e poliacrilato de sódio não houve alteração no pH e finalmente para o hidróxido de sódio a faixa de trabalho foi de 6,20 a 11,0.

Os melhores teores na flotação (refletidos no “Índice de Seletividade de Gaudin”) foram observados nos testes com o hidróxido de sódio e com o hexametáfosfato, reagentes que não apresentam efeito depressor sobre o quartzo. Os resultados sugerem que o teor do concentrado depende mais do efeito depressor do reagente do que da sua eficiência como dispersante.



**Tabela 3-** Análise química global do concentrado e o índice de seletividade Gaudin

Reagente Dispersante	Recuperação Flotação(%)		Recuperação Global(%)		Teor do Concentrado (%)				IS Gaudin
	Massa	Met.	Massa	Met.	Fe	SiO2	P	Al2O3	
Sem Disp	54,9	67,9	52,2	64,8	67,21	0,88	0,062	0,686	7
NaOH	63,2	62,0	57,6	61,6	67,55	0,48	0,057	0,630	9
Hexametafosfato	58,0	69,9	54,7	59,3	67,43	0,51	0,061	0,600	10
Poliacrilato	57,5	59,3	44,5	62,1	66,68	1,72	0,057	0,685	5
Silicato	70,2	78,5	56,6	76,7	66,91	1,16	0,055	0,680	8
Metasilicato	67,8	77,3	62,8	75,8	67,09	1,13	0,059	0,656	7

#### 4 CONCLUSÃO

O uso de um reagente dispersante possibilita a desagregação das partículas permitindo uma deslamagem mais eficiente de forma a favorecer a seletividade do processo de flotação.

Reagentes como o metasilicato de sódio e o poliácrlato são eficientes na função de dispersante, mas provocam a depressão do quartzo na flotação, diminuindo o teor de ferro do concentrado.

O controle do pH com o hidróxido de sódio parece ser a melhor opção já que proporciona, ao mesmo tempo, uma dispersão/deslamagem eficiente, e aumenta os sítios negativos na superfície do quartzo facilitando a flotação e, conseqüentemente, elevando o teor do concentrado.

O uso do dispersante hexametafosfato, que não apresenta efeito depressor sobre o quartzo, pode ser uma alternativa para uma boa deslamagem.

#### REFERÊNCIAS

- 1 CLEMMER, J.B. Flotation of iron ore. In: 8th Ann. Min. Symposium. 1947 January. *Proceedings*. p.23-32.
- 2 BALTAR, C.A.M. Flotação no Tratamento de Minérios, 1ª ed, 2008. p.32-43.
- 3 LUZ, J. A. M; ARAÚJO, A. C. Fenômenos de Agregação: Sua Influência sobre operações de Processamento de Minerais. In: XIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia, São Paulo, 1988. *Proceedings...* p.37-49.
- 4 RABELO, P. J. B. Estudos de Caracterização e Redução do Teor de Fósforo do Minério de Ferro da Mina de Alegria, Mariana, MG. Belo Horizonte, UFMG, Vol I, Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 1994, 305p. (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas).
- 5 SILVA, G. M. A. Estudo sobre o Estado de Agregação de Suspensões de um Minério de Ferro. Belo Horizonte, UFMG, Vol I, Dissertação de mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Escola de Engenharia da UFMG, 1994, 145p. (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas).
- 6 LIMA, N.P. Comportamento de Minérios Itabiríticos dos complexos Alegria e Fábrica Nova Frente aos Processos de Deslamagem e Flotação. Belo Horizonte, UFMG, Vol I, Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia da UFMG, Março de 2001, 126p. (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas).