

## Utilização de reagentes auxiliares na filtragem

Charleston de Lellis Pimenta Dias

*Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas - UFMG*

Lauriston Maciel da Silva

*Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas*

*E-mail: lamac\_minas@ig.com.br*

Antônio Eduardo Clark Peres

*Departamento de Engenharia de Minas - UFMG*

George Eduardo Sales Valadão

*Departamento de Engenharia de Minas - E-mail:gvaladao@demin.ufmg.br*

### Resumo

Esse trabalho teve como objetivo estudar o efeito de auxiliares químicos de filtragem na formação e desaguamento de tortas de produtos de finos de minérios de ferro. Foram utilizados um floculante fracamente aniônico e dois surfatantes aniônicos. Empregou-se uma montagem de laboratório que inclui uma balança interligada a um microcomputador. A tensão superficial foi medida por meio de tensiômetro, usando o método da lâmina. A adição do floculante reduziu significativamente o tempo de formação da torta, aspecto da maior relevância para a operação industrial, porém causou ligeiro aumento na umidade final da torta. A adição de surfatantes propiciou um abaixamento na tensão superficial do filtrado, entretanto não levou ao esperado abaixamento significativo da umidade final da torta.

**Palavras-chaves:** Tensão superficial, filtragem, minério de ferro.

### Abstract

*The purpose of this study was to investigate the effect of chemical filter aids on the formation and dewatering of cakes of fine iron ore products. A weakly anionic flocculant and two anionic surfactants were utilized. The filtration apparatus employed includes a balance interfaced with a microcomputer. The surface tension was measured by means of a tensiometer, using the plate method. The addition of flocculant caused a significant reduction of the cake formation time, an aspect of major relevance for industrial operation, but a slight increase in the final cake moisture was observed. Both surfactants decreased the values of the surface tension, however the expected significant decrease of the final cake moisture was not achieved.*

**Keywords:** Surface tension, filtration, iron ore.

## 1. Introdução

A utilização de reagentes auxiliares na filtragem é de grande relevância para a indústria mineral, visto que, para a filtragem de finos, esses reagentes tornam-se eficazes, sendo capazes de influenciar importantes parâmetros medidos na filtragem (porosidade de torta, resistência específica de torta, umidade de torta e taxa unitária de filtragem).

Um dos primeiros trabalhos em que se utilizaram reagentes auxiliares na filtragem foi publicado por Silverblatt e Dahlstrom (1954). Eles mostraram que adição de surfatantes Aerosol O.T e Tergitol C.W gera tortas com menores umidades. Stuart e Nicol (1976) estudaram o efeito de um surfatante aniônico e um catiônico no desaguamento de carvão fino. No caso do surfatante aniônico, foi mostrado que a presença de carga negativa na superfície do carvão impedia uma adsorção significativa desse surfatante; um melhor desempenho na filtragem foi atribuído a esse fato. Para o surfatante catiônico, no entanto, uma significativa adsorção ocorreu na interface sólido/líquido; o resultado foi uma pequena redução na tensão superficial, gerando piores resultados na filtragem. Pearsen e Allen (1983) demonstraram que o uso de reagentes químicos pode melhorar as características de uma grande variedade de polpas, reduzindo a umidade, mesmo com uma pequena redução na tensão superficial. Stroh e Stahl (1990) estudaram a influência de surfatante não iônico e aniônico, em partículas finas. Concluíram que houve uma redução significativa da umidade para as concentrações de surfatantes próximas à concentração micelar crítica. Bimal et al. (1997) estudaram o efeito de diversos flocculantes e surfatantes no desaguamento de finos de minério de ferro. Mostraram que as taxas de sedimentação podem ser melhoradas, utilizando-se flocculantes apropriados, e a umidade residual das tortas pode ser reduzida com a escolha de determinados surfatantes. Amarante et al. (2002), estudando a influência da adição de surfatantes e flocculantes em polpas de minério de ferro, mostraram que houve uma diminuição no tempo de formação com adição de flocculante e diminuição da umidade da torta com o surfatante.

O objetivo desse trabalho é estudar o efeito dos flocculantes e surfatantes na formação e no desaguamento de tortas em produtos de finos de minério de ferro.

## 2. Atuação dos reagentes na filtragem

Os reagentes mais comumente utilizados na filtragem são os flocculantes e surfatantes, que atuam com o objetivo de diminuir a pressão do capilar (pressão mínima para que haja drenagem do poro). Essa teoria pode ser explicada com auxílio da equação de Young Laplace:

$$P_c = \gamma_{LA} \cdot \cos \theta_{SL} \cdot \left( \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} \right) \cdot \left( \frac{K}{d_m} \right)$$

↓

Propriedade de molhabilidade

↓

Estrutura do poro

Stroh e Stahl, 1989

onde  $P_c$  é a pressão capilar,  $\gamma_{LA}$ , a tensão superficial na interface líquido ar,  $\theta_{SL}$ , o ângulo de contato,  $\varepsilon$ , a porosidade da torta,  $K$ , a constante característica da forma da partícula (se esférica,  $K=6$ ) e  $d_m$  é o diâmetro médio do poro.

Para diminuir o valor dessa pressão capilar, pode-se agir de duas maneiras: modificando a estrutura do poro e/ou alterando as características de molhabilidade. A primeira pode ser modificada com a adição de flocculantes, que atuam no sentido de agregar as partículas mais finas, aumentando o diâmetro médio dos poros. A segunda pode ser alterada com a utilização de surfatantes, que podem agir diminuindo a tensão superficial na interface líquido/ar e/ou aumentando o ângulo de contato na interface sólido/líquido.

### 2.1. Flocculantes

Os flocculantes utilizados na filtragem são geralmente lineares de cadeia longa e solúveis em água. Os flocculantes comerciais normalmente utilizadas são poli(acrilamidas), cujas fórmulas típicas estão apresentadas na Figura 1. As poli(acrilamidas) não iônicas e aniônicas são amplamente usadas em aplicações no setor mineral, podem

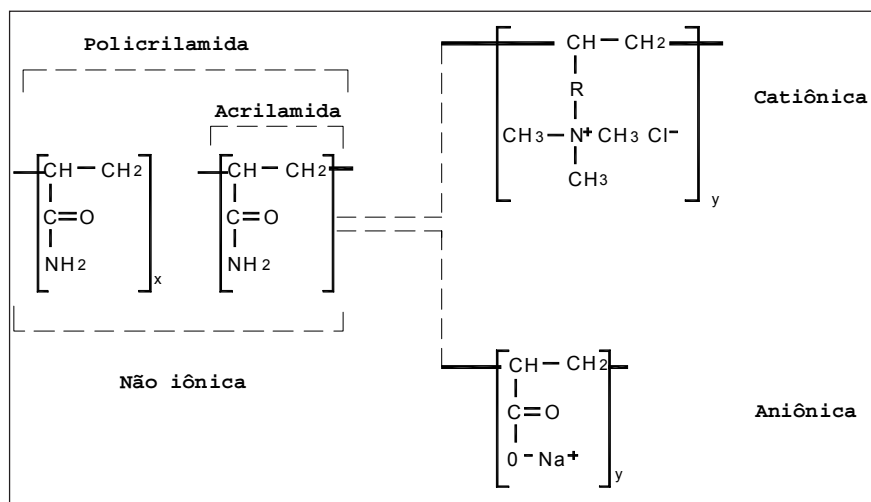


Figura 1 - Estruturas típicas das poli(acrilamidas).

ser fabricadas com pesos moleculares muito altos ( $5$  a  $15 \times 10^6$ ) e são capazes de formar flóculos grandes de rápida sedimentação e boa compactação. As poliacrilamidas catiônicas são raramente usadas na mineração devido a seu alto custo e baixo peso molecular ( $2$  a  $6 \times 10^5$ ) e dificuldade no armazenamento (Adams et al., 1986).

• **Atuação dos Floculantes**

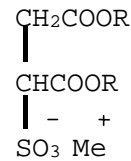
Os principais mecanismos envolvidos na agregação, quando se utilizam polímeros, são apresentados nas Figuras 2 e 3. O mecanismo com formação de pontes ocorre somente com polímeros de peso molecular elevado e não requer uma carga oposta às partículas. Esse tipo é ilustrado na Figura 2. O mecanismo com neutralização de carga ocorre

com polímeros de baixo peso molecular, densidade de carga elevada e com cargas contrárias às partículas, o que é apresentado na Figura 3.

**2.2. Surfatantes**

A molécula do surfatante caracteriza-se por um caráter duplo: um ou mais grupos hidrofílicos (sulfonato, sulfato, carboxilato, etoxilato, entre outros) e um grupo hidrofóbico (cadeias hidrocarbônicas). Alguns surfatantes são tensoativos, isto é, podem ter influência sobre a tensão superficial do líquido. Há, nesse caso, uma acumulação de moléculas na superfície do líquido, reduzindo as forças de coesão existentes nessa superfície, causando o abaixamento da tensão superficial.

O surfatante mais comumente usado como auxiliar de filtragem é do grupo sulfossuccinato que tem a seguinte fórmula estrutural:



onde R é o grupo hidrocarbônico e Me<sup>+</sup> pode ser o Na<sup>+</sup> ou o K<sup>+</sup>. O maior complicador com o uso do sulfossuccinato ainda está na tendência de formar espuma, que pode representar um problema operacional no circuito de processamento.

• **Atuação dos surfatantes**

Pode-se dizer que existem dois me-

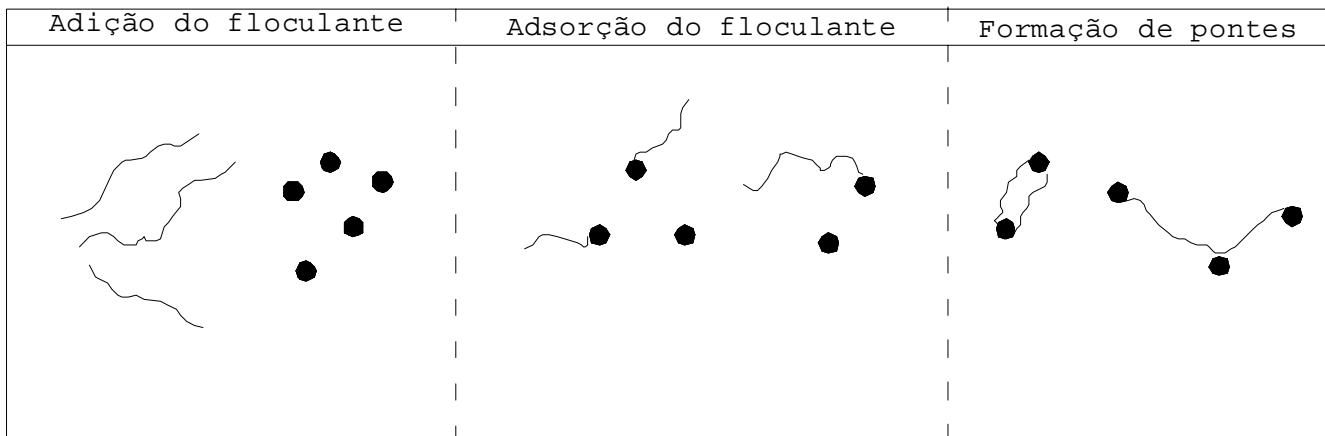


Figura 2 - Etapas envolvidas na formação do flóculo (mecanismo com formação de pontes).

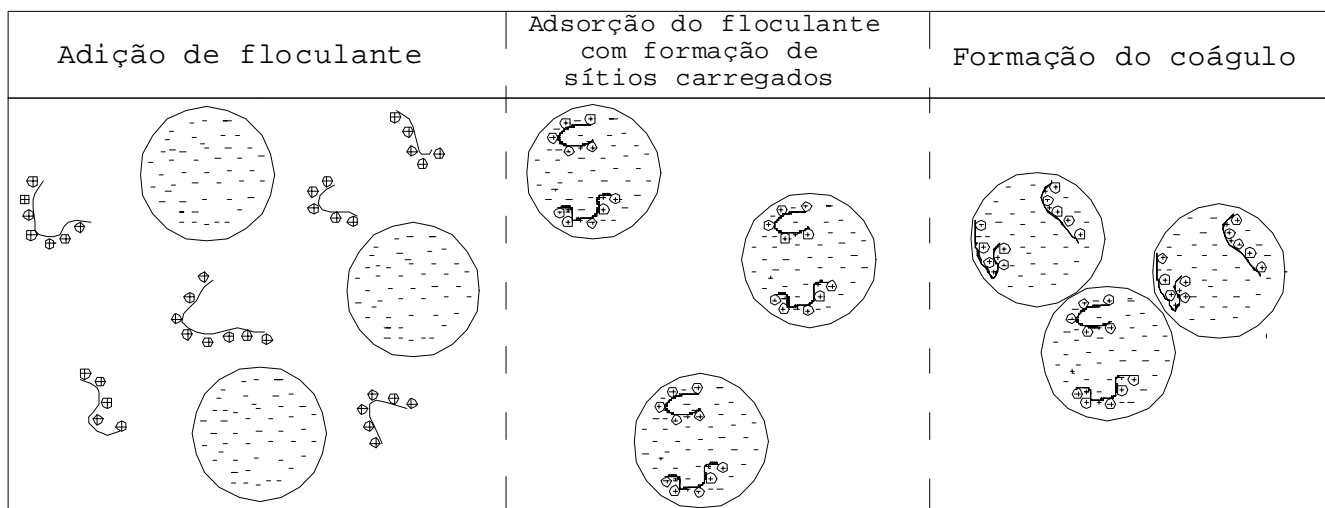


Figura 3 - Etapas envolvidas na formação do coágulo (mecanismo com neutralização de carga).

canismos principais de atuação dos surfatantes no desaguamento de polpas aquosas:

i. Atuação na interface sólido/líquido, tornando a superfície do mineral hidrofóbica. De acordo com a equação de Dupre-Young:

$$W_{a_{SL}} = \gamma_{LA} \cdot (1 + \cos \theta_{SL})$$

onde  $W_{a_{SL}}$  é o trabalho de adesão sólido/líquido.

do/líquido. Note-se que à medida que o ângulo de contato aumenta menor é o trabalho para separação das duas fases. A Figura 4 mostra uma superfície em que não houve adsorção de surfatante (hidrofílica) e outra com adsorção de surfatante (hidrofóbica).

ii. Atuação sobre a interface líquido/ar, diminuindo a tensão superficial, como mostrado na Figura 5. Há, nesse caso, uma diminuição nas forças que retêm

a água nos capilares da torta (descensão capilar  $h_{CMC} < h_{C1}$ ). À medida que se aumenta a concentração na interface, há uma diminuição na tensão superficial do líquido (poro  $C=C1$ ), que ocorre até que se atinja uma monocamada (poro  $C=CMC$ ) denominada concentração micelar crítica. Após essa concentração (poro  $C > CMC$ ), começam a se formar micelas, que são agregados reversíveis de moléculas na solução.

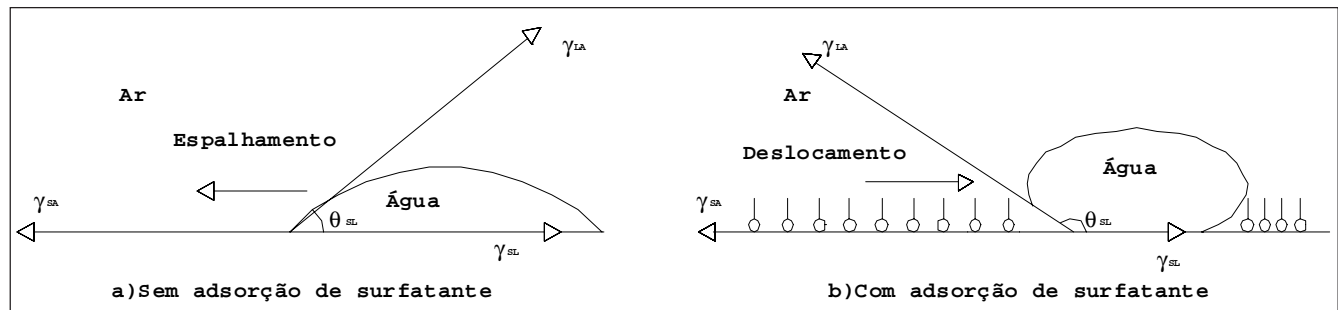


Figura 4 - Influência da adsorção de surfatante no grau de hidrofobicidade na superfície da partícula.

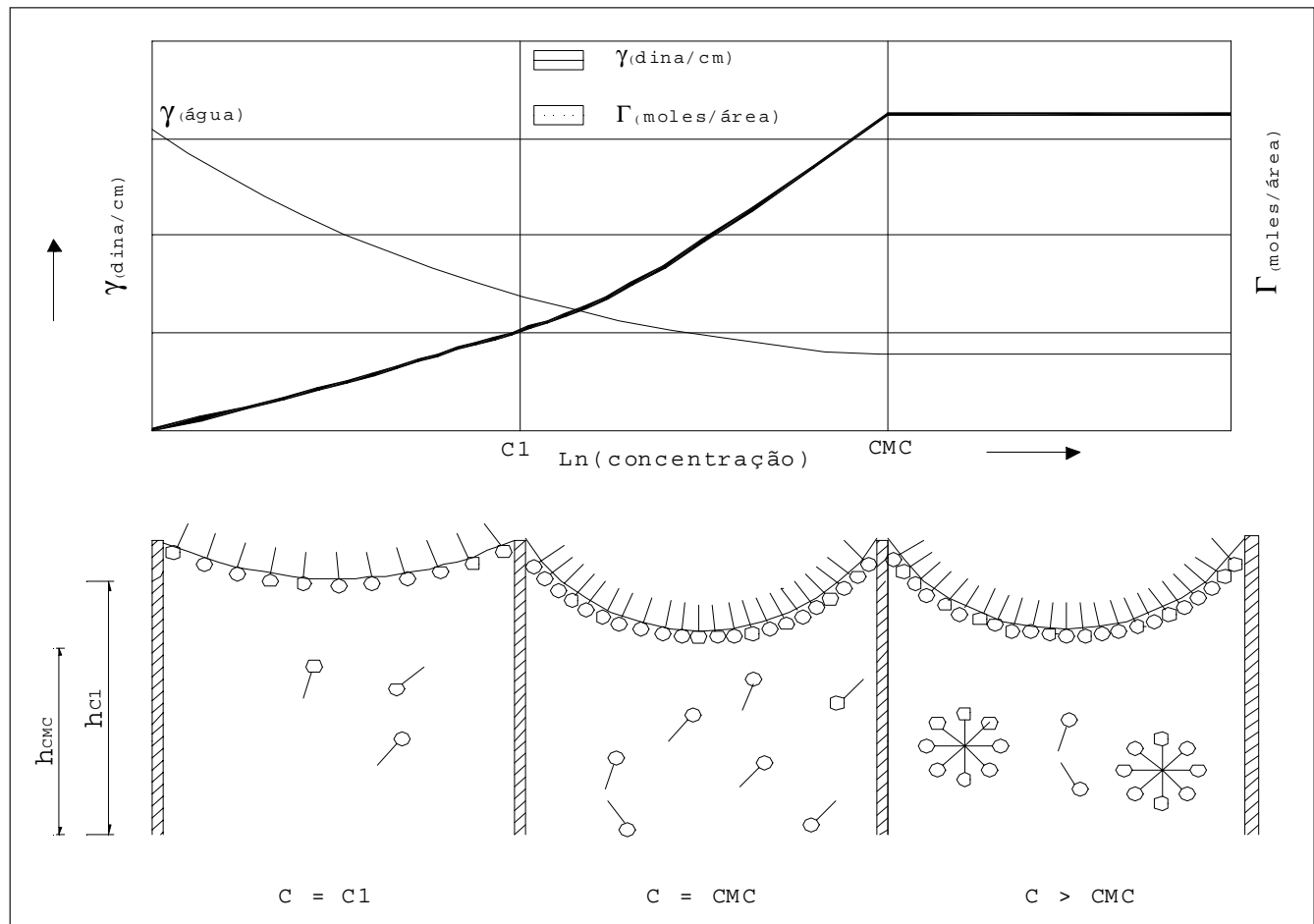


Figura 5 - Influência da adsorção de surfatante no abaixamento da tensão superficial mostrada em um capilar.

### 3. Materiais e métodos

A amostra é proveniente do processamento de minério de ferro do Quadrilátero Ferrífero (MG) e representa um subproduto da operação do Terminal Marítimo da ilha de Guaíba (RJ). Essa amostra foi caracterizada em termos químicos e granulométricos. As principais características e composição química da amostra são mostradas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Os ensaios de filtragem foram realizados por meio do Funil de Büchner, conforme mostrado na Figura 6. O funil de Büchner, com 115 mm de diâmetro, é fixado em um suporte e conectado a um frasco de filtrado, que se encontra posicionado sobre uma balança eletrônica conectada ao computador para aquisição de dados. A percentagem de sólidos utilizada nos ensaios foi 65% e o elemento filtrante constituído por tecido de monofilamento de poliamida.

Reagentes utilizados: um floculante comercial fracamente aniônico Flonex 9076/Floeger); dois surfatantes (CP00DA38/Nalco, denominado surfatante 1 e Aerodri 100/Cytec, denominado surfatante 2); NaCl (PA) e HCl (PA).

As medidas de tensão superficial foram realizadas por meio de um tensiômetro marca KRUSS modelo K10ST, utilizando-se o método da lâmina.

### 4. Resultado e Discussão

A Figura 7 mostra que o aumento na dosagem de floculante provoca uma diminuição significativa no tempo de formação, aumentando, porém, a umidade final da torta. Esse aumento na umidade final da torta pode ser explicado pela água retida no interior do flóculo.

A Figura 8 mostra que a adição dos surfatantes 1 e 2 provocou um abaixamento na tensão superficial do filtrado, entretanto o mesmo efeito não foi tão evidente com relação ao abaixamento da umidade. Isso pode ser explicado devido ao surgimento de trincas na torta, ocasionando queda no vácuo.

Tabela 1 - Características da amostra.

> 148 µm (%)	< 52 µm (%)	< 9 µm (%)	Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )	Índice de Blaine (cm <sup>2</sup> /g)
13,69	70,50	21,31	4,67	2693

Tabela 2 - Composição química da amostra.

Fe (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Mn(%)	P(%)
64,7	2,12	2,38	0,335	0,074

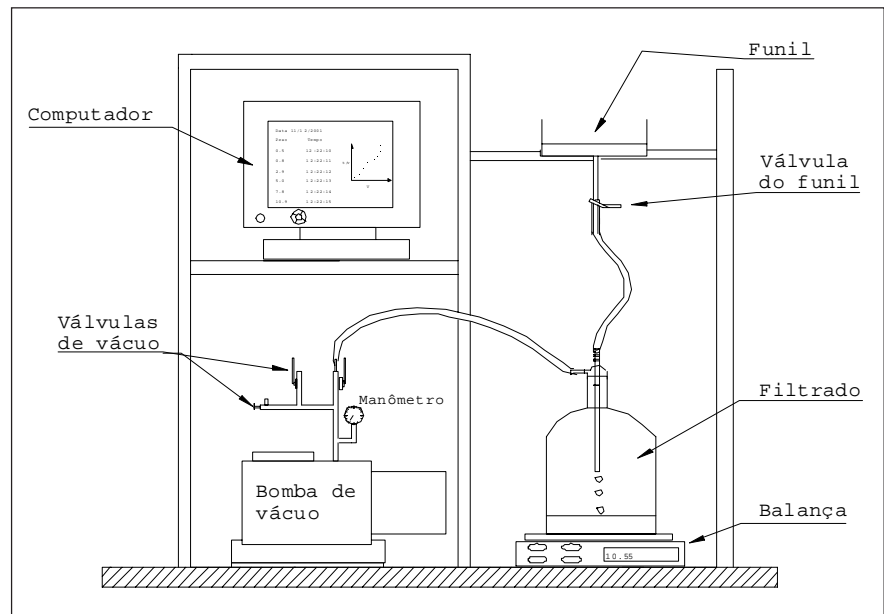


Figura 6 - Montagem de filtragem.

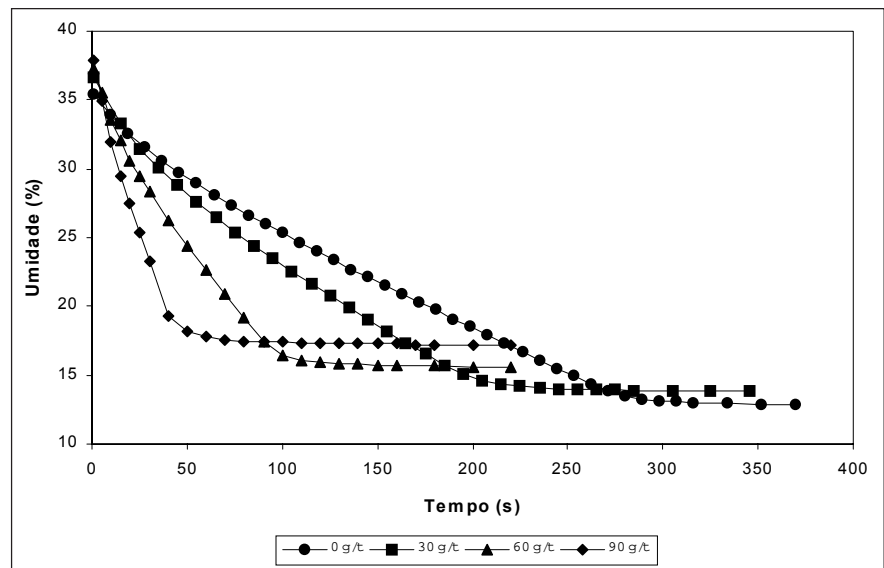


Figura 7 - Curva de desaguamento em diversas concentrações de floculante.

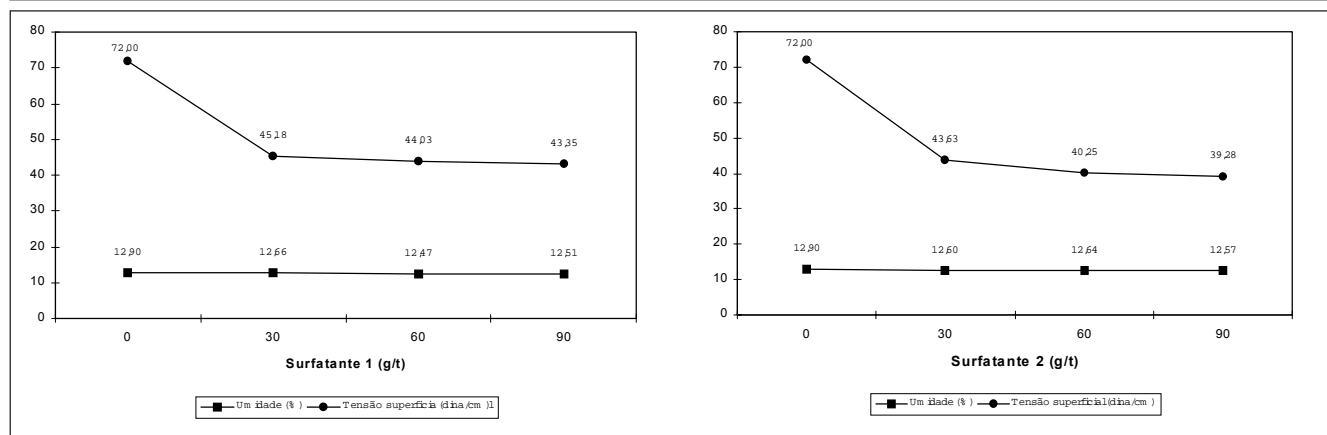


Figura 8 - Influência da dosagem do surfatante 1 e 2 na tensão superficial do filtrado e umidade da torta.

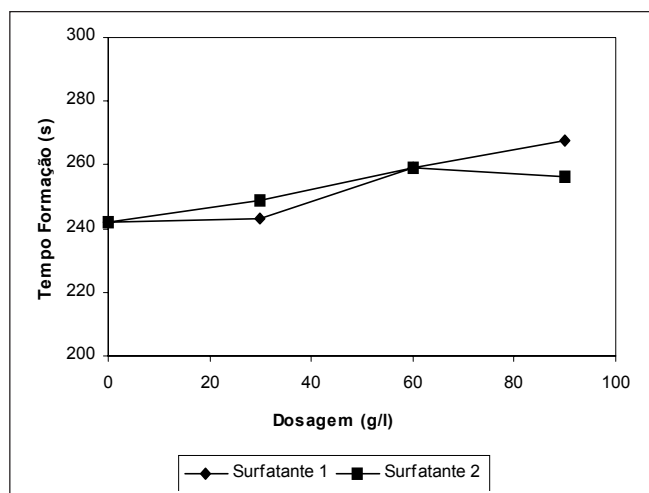


Figura 9 - Efeito dos surfatantes 1 e 2 no tempo de formação da torta.

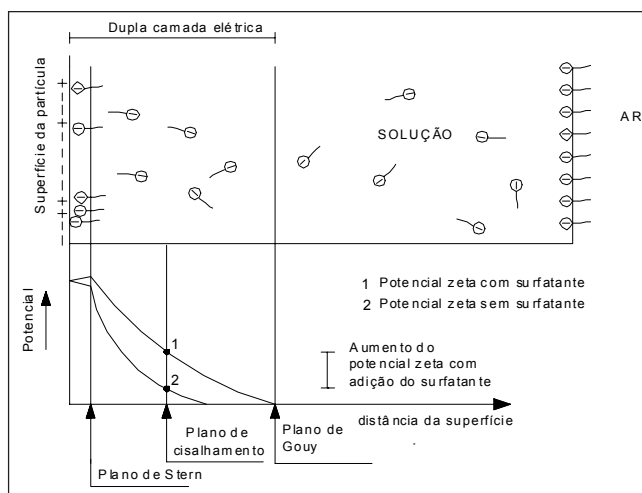


Figura 10 - Efeito da adsorção dos surfatantes na partícula no potencial zeta.

A Figura 9 mostra que ocorre um aumento no tempo de formação da torta quando se aumenta a dosagem dos surfatantes 1 e 2. Esse aumento no tempo de formação da torta pode ser explicado pela perda de permeabilidade da torta devido à adsorção do surfatante, como ilustrado na Figura 10. Nesse caso, os surfatantes aniônicos podem estar adsorvendo em partículas carregadas negativamente através dos sítios positivos da partícula ou por meio de agentes de ligação. Essa adsorção produz um aumento no potencial zeta, tornando a polpa mais dispersa.

## 5. Conclusões

- A adição do floculante causou uma diminuição significativa no tempo de formação da torta, aumentando, no entanto, a umidade final da torta.

- A adição dos surfatantes 1 e 2 gerou abaxamento na tensão superficial do filtrado, sem haver redução da umidade da torta.
- Houve um pequeno aumento no tempo de formação da torta, com a adição dos surfatantes 1 e 2.

## 6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e CAPES, pelas bolsas de mestrado recebidas por dois dos autores, e a Minerações Brasileiras Reunidas - MBR, pelo apoio e cessão de amostras minerais.

## 7. Referências Bibliográficas

ADAMS, R.W. et al. Floculantes y ayudas para drenado o filtrantes. In: ADAMS, R.W. et al. *Manual de productos químicos para minería*. Edição revisada. Cyanamid, 1986. Cap. 4, p. 132-144.

AMARANTE, S.C., ARAUJO, A.C., VALADÃO, G.E.S., PERES, E.C. Cake dewatering of some iron ore products industrial. *Minerals & Metallurgical Processing*, v.19, n.3, p. 161-164, April 2002.

BIMAL, P., SINGH, BERSRA L. The effect of flocculants and surfactants on the filtration dewatering of iron ore fines. *Separation Science and Technology*, v.32, n.13, p. 2201-2219, 1997.

NICOL S.K. *The Effect of surfactants on the dewatering of fine coal*. Proc Australas. Inst. Min. Metall. n. 260, p. 37-44, Dec. 1976.

PEARSE, M.J., ALLEN A.P. *The use of flocculants and surfactants in filtration of mineral slurries*. Filtration & Separation. v. 20, p. 22-27, Jan. 1983.

SILVERBLATT, C.E., DAHLSTROM, D.A. *Moisture content of a fine-coal filter cake*. Industrial & Engineering Chemical Research, v.6, n.6, p.1201-1207, 1954.

STROH, G., STAHL, W. *The effect of surfactants on the filtration properties of fine particles*. Filtration & Separation. Alemanha: Filtration Society, Sep. 1989. p. 197-199.

Artigo recebido em 05/05/2003 e aprovado em 22/10/2004.