



## EFEITO DA DENSIDADE DE CARGA DE POLIACRILAMIDAS ANIÔNICAS NO ESPESSAMENTO DE LAMAS

REZENDE NETO, M.C.<sup>1</sup>, GALÉRY, R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Laboratório de Tratamento de Minérios.  
e-mail: mariocrezende@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de Engenharia de Minas,  
Laboratório de Tratamento de Minérios.

### RESUMO

O beneficiamento mineral gera uma grande quantidade de partículas finas, sobretudo a fragmentação. Essas partículas são altamente estáveis em meio aquoso e sua sedimentação é extremamente lenta, o que requer a utilização de processos de agregação. A floculação tem sido utilizada para a remoção de material particulado das suspensões minerais através da adição de floculantes sintéticos, aniônicos e com grande versatilidade de cargas, as quais derivam do grau de substituição de grupos funcionais do floculante por íons, determinando diretamente as respostas de sedimentação e clarificação. Este trabalho objetiva avaliar a influência da densidade de cargas negativas de floculantes na velocidade de sedimentação e turbidez. Ensaio de sedimentação de bancada foram realizados na presença de floculantes com diferentes graus de anionicidade. Os resultados apontam que a amostra utilizada é composta por partículas ultrafinas, de tamanho inferior a 24,6 µm, as quais se sedimentam a 0,03cm/s. Os melhores resultados foram obtidos com o floculante de menor densidade de carga (AH912SH), cuja turbidez do sobrenadante e velocidade de sedimentação do material particulado foi, respectivamente, 50,3 NTU e 2,39 cm/s.

**PALAVRAS-CHAVE:** Floculação, Poliacrilamida aniônica, Velocidade de sedimentação, Turbidez.

### ABSTRACT

The mineral processing generates a large amount of fine particles, especially the fragmentation step. These particles are highly stable in aqueous suspensions and their sedimentation is extremely slow, which requires the use of particle aggregation processes. Flocculation has been used for the removal of particulate matter from mineral suspensions by the addition of synthetic and anionic flocculants, with great charge versatility, which derives from the degree of substitution of functional groups of the flocculant by ions, directly determining the sedimentation and clarification responses. This work aims to evaluate the influence of flocculant negative charge density on sedimentation velocity and turbidity. Bench sedimentation tests were performed in the presence of flocculants with different degrees of anionicity. The results showed that the sample used is composed by ultrafine particles, smaller than 24,6 µm, that sediment slowly at 0,03 cm/s. The best results were obtained in the presence of the flocculant with lower anionicity (AH912SH), whose liquid's turbidity and sedimentation speed of the particles were, respectively, 50,3 NTU and 2,39 cm/s.

**KEYWORDS:** Flocculation, Anionic Polyacrilamide, Settling speed, Turbidity.

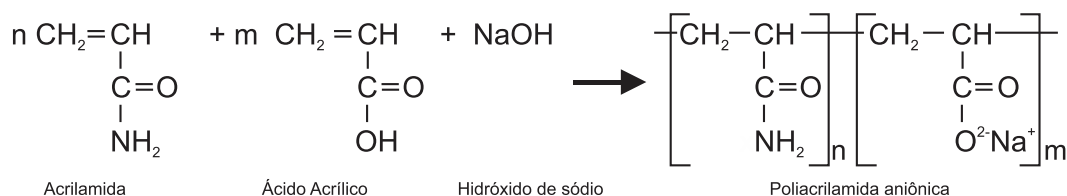
## 1. INTRODUÇÃO

O processamento mineral objetiva a adequação de minérios às especificações de mercado, entretanto uma grande quantidade de partículas finas é gerada nas operações de fragmentação. Essas partículas, geralmente hidrofílicas e com tamanhos tipicamente coloidais dispersam-se espontaneamente em meio aquoso e, conseqüentemente, formam um sistema termodinamicamente estável (LA MER & HEALY, 1963). Vários anos podem ser necessários para que as suspensões formadas por essas partículas sejam adensadas naturalmente por sedimentação gravitacional (TÃO *et. al.*, 2008).

Estágios de agregação de partículas se mostram necessários na prática industrial, os quais devem ser realizados antes da disposição direta em barragens de rejeitos. A floculação é um desses estágios fundamentais de agregação que visa acelerar a prática da sedimentação através da adição de um agente floculante, normalmente um polímero de alto peso molecular que une fisicamente as partículas através, principalmente, do mecanismo de pontes (LA MER & HEALY, 1963). O desaguamento de suspensões de partículas finas sem o intermédio de um agente floculante é praticamente impossível, e mesmo quando a suspensão apresenta características adequadas à sedimentação natural, a utilização de floculantes pode facilitar a sedimentação e melhorar nitidamente a clarificação (CONCHA *et. al.*, 1985).

Poliacrilamidas de altos pesos moleculares, com cadeias hidrocarbônicas flexíveis e hidrossolúveis e com versatilidade de cargas têm sido os floculantes sintéticos mais utilizados na indústria mineral (LIMA, 2010). A predominância de cátions ou ânions na estrutura molecular governa a classificação desses floculantes. Assim, os floculantes aniônicos carregam cargas negativas em sua estrutura capazes de interagir com as superfícies minerais. Esses floculantes são obtidos pela reação de polimerização entre a acrilamida, o ácido acrílico e hidróxido de sódio (FALCUCCI, 2007).

O grau de substituição dos grupos funcionais da poliacrilamida por ânions pode variar de 1 a 100%, o que determina a densidade de carga da cadeia do polímero e a conseqüente performance nos sistemas de desaguamento (PEARSE, 2005). A configuração molecular básica de um floculante aniônico é mostrado na Figura 1. Nota-se que a poliacrilamida pode ser dita neutra quando a reação de polimerização não envolve a presença do ácido acrílico, isso é, quando  $m = 0$ , gerando uma estrutura molecular não-iônica.



**Figura 1: Estrutura molecular básica da poliacrilamida aniônica (SNF Floerger, 2003).**

O presente trabalho objetiva avaliar a influência da densidade de cargas negativas de poliacrilamidas aniônicas na sedimentação e na redução de turbidez de suspensões minerais preparadas a partir de lamas de processamento fosfático.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizada, neste trabalho, uma amostra de lama coletada no final do circuito de deslamagem da planta de processamento de fosfatos da Vale Fertilizantes. O estudo granulométrico da amostra foi obtido pelo granulômetro Sympatec, modelo Helos 12LA, na presença de uma solução dispersante de hexametáfosfato de sódio, preparada a 0,05% P/V. Um sistema de ultrassom de alta capacidade foi empregado para garantir a total dispersão das partículas, dada sua elevada estabilidade em suspensão aquosa.

Ensaio de sedimentação descontínua foram realizados em provetas de 2000 cm<sup>3</sup>, com 10% de sólidos em massa, e na presença de poliacrilamidas aniônicas com diferentes densidades de carga, cedidas pela SNF Floerger. Os ensaios foram conduzidos em pH natural, próximo a 9,5, com a dosagem de 50 g/t de solução floculante e com a padronização da agitação da suspensão, a qual realizada manualmente com o auxílio de um plunge. A densidade de carga e o peso molecular dos floculantes avaliados nos ensaios de sedimentação são listados na Tabela 1.

**Tabela 1. Poliacrilamidas analisadas.**

Floculante	Peso molecular	Densidade de carga (%)
AN912SH	Muito alto	1
AN905SH	Muito alto	5
AN910SH	Muito alto	10
AN913SH	Muito alto	13
AN923SH	Muito alto	20
AN926SH	Muito alto	25
AN934SH	Muito alto	30
AN945SH	Muito alto	40
AN956SH	Muito alto	50

O líquido sobrenadante de cada ensaio foi sifonado, coletado em um béquer e teve sua turbidez analisada pelo turbidímetro digital TecnoPON, modelo TB-1000. A análise de turbidez foi realizada em triplicata.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta a distribuição granulométrica da amostra estudada, em escala logarítmica.

Nota-se na Fig. 2 que a amostra é constituída por partículas extremamente finas, com  $d_{50}$  igual a 6,12  $\mu\text{m}$ . Aproximadamente um décimo da amostra apresenta frações coloidais, menores que 1  $\mu\text{m}$ , o que elucida uma lenta sedimentação das partículas da amostra e a elevada turbidez da suspensão.

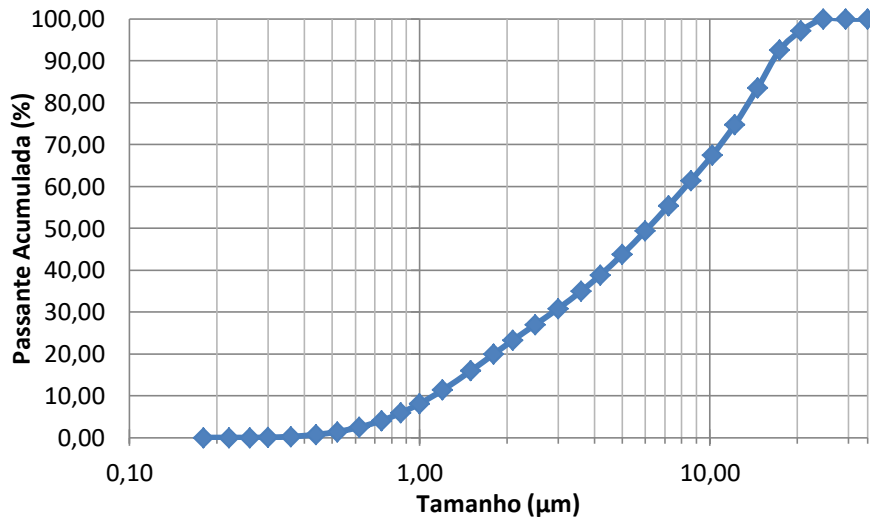


Figura 2: Análise granulométrica da amostra.

A Figura 3 apresenta a evolução do deslocamento vertical da interface em função do tempo, na ausência de floculante. A velocidade de sedimentação foi determinada na referida figura ao considerar somente os pontos com inclinação constante, até o tempo de sedimentação de 600 s. Observa-se uma lenta sedimentação da lama, cuja velocidade de sedimentação foi de 0,03 cm/s e coeficiente de correlação de 1,00, o que indica uma ótima linearização para o intervalo de tempo adotado.

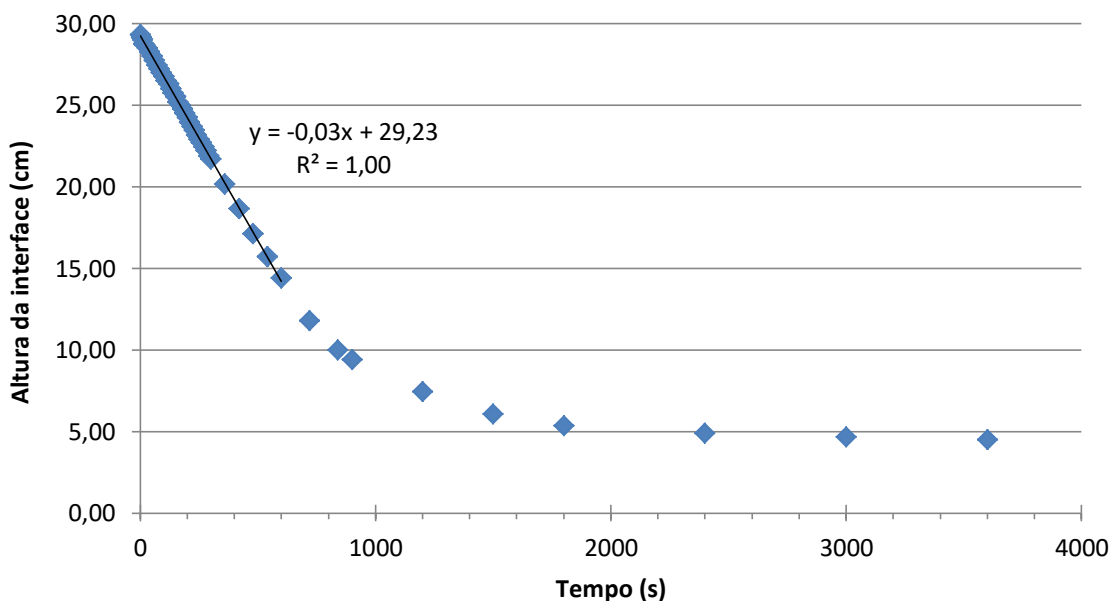


Figura 3: Variação da interface sólido-líquido em função do tempo de sedimentação.

A Figura 4 apresenta os resultados de velocidade de sedimentação e turbidez obtidos com a dosagem de 50 g/t de diferentes poliacrilamidas aniônicas. A mesma figura apresenta ainda os resultados do teste branco, isso é, na ausência de agente floculante.

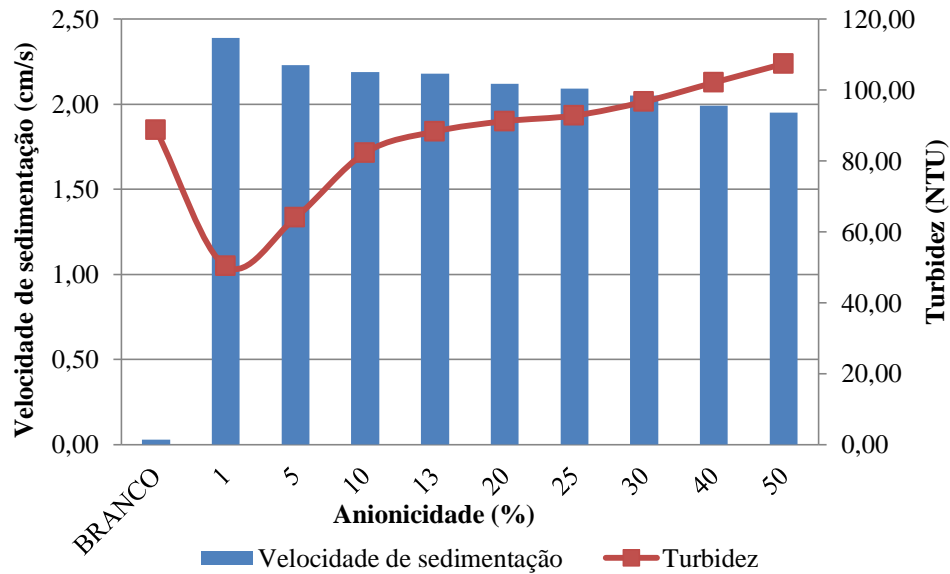


Figura 4: Velocidades de sedimentação e turbidez de suspensões com flocculantes de diferentes densidades de carga.

Conforme visto na Fig. 4, o flocculante de menor densidade de carga (1% de grupos aniônicos) apresentou o melhor resultado de sedimentação e turbidez. Em comparação aos resultados obtidos na ausência de flocculante, a adição da poliacrilamida AH912SH aumentou a velocidade de sedimentação em aproximadamente 80 vezes e a turbidez do líquido sobrenadante reduziu cerca de 43%. Os demais flocculantes apresentaram velocidades de sedimentação inferiores ao resultado obtido pelo primeiro e os líquidos sobrenadantes obtidos apresentaram elevada turbidez, em alguns casos até superiores ao resultado obtido sem floculação.

Considerando que todas as fases minerais majoritárias da amostra apresentam um excesso de sítios superficiais negativos na faixa de pH avaliada (VIANA *et. al.*, 2006); (ARAÚJO E LIMA, 2013); (SOMASUNDARAN, 1968), constatou-se que todos os flocculantes aniônicos analisados interagem eletrostaticamente com as superfícies das partículas e desenvolvem interações repulsivas, entretanto as interações desenvolvidas pelo flocculante com menor densidade de carga negativa são, provavelmente, de menor intensidade quando comparada às interações propiciadas pelos demais flocculantes, resultando em um maior estado de agregação. Como os flocculantes aniônicos analisados e apresentados na Tabela 1 não apresentam diferença significativa de pesos moleculares e comprimento de cadeia, a capacidade de formação de pontes de hidrogênio com as partículas parece não ser diferente, evidenciando que a melhor resposta de sedimentação seja provavelmente devida à baixa densidade de cargas e às interações repulsivas de menor intensidade.

#### 4. CONCLUSÕES

A curva de distribuição granulométrica permite concluir que a amostra é constituída por partículas ultrafinas e 100% passante em 24,60µm. Aproximadamente um décimo da massa da amostra é composto por partículas de frações coloidais.

O ensaio conduzido na ausência de flocculante revelou a alta estabilidade da amostra e uma tendência de dispersão, dada a elevada turbidez do sobrenadante e a lenta

sedimentação das partículas, a qual foi incrementada com a adição de solução floculante. Dentre os reagentes analisados, a poliacrilamida aniônica de menor densidade de carga (AH912SH) apresentou os melhores resultados, provavelmente devido às interações repulsivas de menor intensidade entre adsorvato e adsorvente.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas e aos órgãos de fomento CAPES/FAPEMIG/PROEX pelo apoio financeiro ao projeto. Os mesmos ainda agradecem à Vale Fertilizantes pelo fornecimento da amostra e à SNF Floerger pelo fornecimento dos reagentes.

## 6. REFERÊNCIAS

Araujo APP, Lima CAP. Flotação de rejeito de minério de zinco. In: XX Seminário de Iniciação Científica. Anais do XXI Seminário de Iniciação Científica; 2013; Ouro Preto, Brasil. (SEIC; n. 21).

Falcucci A. A influência de floculantes poliméricos na formação de pastas minerais. [Dissertação de Mestrado]. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte; 2007.

La Mer VK, Healy TW. The Role of Filtration in Investigating Flocculation and Redispersion of Colloidal Dispersions. *Journal of Physical Chemistry* 1963; 67(11); 2417-2420.

Lima BV. Hidrólise e caracterização de poliacrilamida hidrofobicamente modificada: avaliação da aplicação na recuperação de petróleo. [Dissertação de Mestrado]. Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal; 2010.

Pearse MJ. An overview of the use of chemical reagents in mineral processing. *Minerals Engineering* 2005; 18; 139-149.

SNF Group. Coagulation Flocculation [homepage on the internet]. Andrézieux: SNF Floerger, 2003. Available from: <https://www.snf-group.com/wp-content/uploads/2017/02/Water-Treatment-Coagulation-Flocculation-E.pdf>

Somasundaran P. Zeta potential of apatite in aqueous solutions and its change during equilibration. *Journal of Colloid and Interface Science* 1968; 4(27); 659-666.

Tão D, Parekh BK, Honaker R. Development and pilot-scale demonstration of deep cone paste thickening process for phosphatic clay disposal. [Final Report]. Institute of Phosphate Research, Florida; 2008.

Viana PRM, Araujo AC, Peres AEC. Teoria e prática do tratamento de minérios. 1a. ed. v. 4. São Paulo: Signus Editora; 2006.