

USO DE COAGULANTES PARA MANUTENÇÃO DO DESEMPENHO DA FILTRAGEM DE MINÉRIO DE FERRO

Henrique Dias Gatti Turrer ¹
 Adail Mendes Araujo Junior ²
 Thiago Marchezi Doellinger ³
 Marco Antonio Zuchi ⁴
 Antônio Eduardo Clark Peres ⁵

Resumo

Estabilidade da polpa é um importante parâmetro para a filtragem no processamento de minério de ferro. Cal, que é adicionada na polpa para bombeamento, confere a aglomeração necessária para manter a produtividade, principalmente quando há muitas partículas de menor granulometria. O efeito da adição de coagulantes na filtragem foi avaliado em laboratório. Foram testados diferentes reagentes e condições, como dosagem de cal e quantidade de finos. Alguns reagentes geraram bons resultados muito similares. A partir de uma determinada dosagem a umidade aumentou. Em todas as condições testadas a adição de coagulante melhora o desempenho da filtragem. Contudo, o maior efeito é observado em polpa contendo alto percentual de finos e pequena quantidade de cal.

Palavras-chave: Filtragem; Coagulantes; Minério de ferro.

COAGULANTS ADDITION FOR FILTERING PERFORMANCE MAINTENANCE

Abstract

Slurry stability is an important parameter in the iron ore filtering process. Lime, which is added to the slurry pumping system, confers the necessary agglomeration to maintain the desired productivity, mainly when solids have high amount of fines. Coagulants were evaluated in the laboratory to measure their effects in filtration behavior. Different reagents and conditions, such as fines amount and lime dosage, are tested. More than one reagent yielded very similar and good results. Moisture content in the cake increased beyond an optimum dosage. Coagulant addition yielded good results in all test conditions. However, the highest effect is observed with slurry containing higher fine amounts and low lime dosage.

Key words: Filtering; Coagulants; Iron ore.

I INTRODUÇÃO

No processamento de minério de ferro efetuado pela Samarco Mineração, é adicionada cal à polpa antes do bombeamento pelo mineroduto para garantir as propriedades reológicas necessárias para seu transporte por aproximadamente 400 km de tubulação, da unidade industrial de Germano, em Mariana (MG), até Ubu, em Anchieta (ES). A cal adicionada reage com água e forma hidróxido de cálcio, conforme a equação



Este, por sua vez, dissocia-se em Ca^{++} e CaOH^+ , liberando íons OH^- .⁽¹⁾ Consequentemente, altera o pH da polpa e causa coagulação das partículas sólidas, melhorando o desempenho da filtragem.

A estabilidade da polpa é um parâmetro de fundamental importância para o desempenho da filtragem. Os sólidos devem estar devidamente aglomerados para que a produtividade da filtragem seja mantida em

¹Engenheiro de Minas, Dr., Engenheiro de Processo da Samarco Mineração S.A. Rod. ES 060, km 14,4, Cep 29230-000, Ponta Ubu, Anchieta, ES. E-mail: henriqueg@samarco.com

²Engenheiro Metalúrgico, Engenheiro de Processo da Samarco Mineração S.A. Rod. ES 060, km 14,4, Cep 29230-000, Ponta Ubu, Anchieta, ES. E-mail: amendes@samarco.com

³Engenheiro Metalúrgico e Químico, Chefe dos Laboratórios de Pesquisa da Samarco Mineração S.A. Rod. ES 060, km 14,4, Cep 29230-000, Ponta Ubu, Anchieta, ES. E-mail: thiago.marchezi@samarco.com

⁴Técnico em Automação, Laboratorista da Samarco Mineração S.A. Rod. ES 060, km 14,4, Cep 29230-000, Ponta Ubu, Anchieta, ES. E-mail: marcoz@samarco.com

⁵Engenheiro Metalúrgico, PhD, Professor da Pós-Graduação de Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Av. Antônio Carlos, 6627, Cep 31270-901, Escola de Engenharia, Bloco II, sala 2230, Pampulha, Belo Horizonte, MG, Brasil. E-mail: aecperes@demet.ufmg.br

patamares aceitáveis, principalmente quando o material possui elevada área superficial específica. A manutenção da umidade e produtividade nos patamares desejáveis industrialmente, respectivamente, menor que 10,4% e maior que 0,8 tms/h/m², é ameaçada quando a polpa recebida pelo mineroduto e alimentada na filtragem exibe valores de pH inferiores a 11,4. O efeito da cal no desempenho da filtragem foi discutido anteriormente.⁽²⁾

Assim como a cal, outros reagentes químicos, que atuam como coagulantes e floculantes, irão desestabilizar a suspensão, melhorando o desempenho da filtragem. Cal vem sendo usada por muitos anos como coagulante no processamento mineral, principalmente em polpas com alto percentual de sólidos.⁽³⁾ A utilização de coagulante à base de carboximetilcelulose em substituição a cal foi efetiva na manutenção das propriedades reológicas e, consequentemente, no estado de agregação da polpa nos patamares necessários para o seu bombeamento.⁽⁴⁾

É objetivo deste trabalho investigar o efeito da adição de reagentes auxiliares de filtragem para sua utilização nas ocasiões em que a dosagem de cal não for suficiente para garantir a aglomeração necessária para manutenção do desempenho da filtragem.

Esses reagentes agem aglomerando as partículas em suspensão, aumentando o diâmetro dos capilares e, por fim, aumentando a drenagem do líquido da torta. Os mecanismos de ação desses polímeros podem ser por formação de pontes poliméricas, neutralização de carga, complexação polimérica e por floculação de polímeros livres.⁽⁵⁾

A utilização de floculantes causa aumento da porosidade aparente da torta de minério de ferro, resultando em elevação da taxa de filtragem, porém, com o efeito negativo de aumento da umidade, que só poderia ser contornada com uso de surfatantes como auxiliares de filtragem.⁽⁶⁾ Resultados semelhantes foram obtidos para outro minério de ferro.⁽⁷⁾

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para os ensaios em laboratório foi utilizado um conjunto de filtração com setor circular de 94 cm² de área (Figura 1), e o tecido multifilamento usado industrialmente. Foram mantidos constantes a pressão de vácuo e os tempos de formação e secagem em, respectivamente, 760 mmHg, 15 segundos e 45 segundos. Nos testes, durante a formação da torta, a polpa era mantida em agitação manual e o resultado de um teste consiste na média de duas tortas filtradas a partir da mesma amostra com cerca de 5 L de polpa.

As variáveis respostas analisadas foram a umidade da torta produzida e taxa unitária de filtragem (T.U.F.). A umidade foi determinada após secagem da torta em estufa a 100°C por uma hora, conforme estabelecido pela norma NBR ISO 3087.⁽⁸⁾

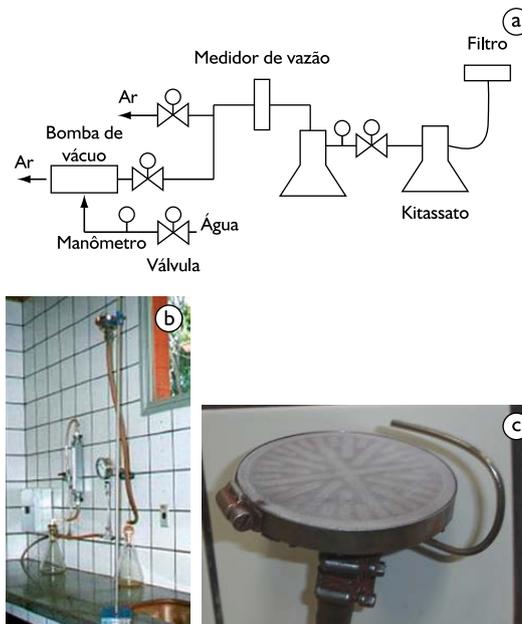


Figura 1. Desenho esquemático (a), imagem do sistema (b) e setor (c) utilizado nos testes.

Todas as amostras para realização dos testes de folha foram coletadas na área industrial em forma de polpa. Algumas foram coletadas na chegada do mineroduto em Ubu, ou seja após adição de cal em Germano, e outras no *under-flow* do espessador de concentrado em Germano, antes da adição de cal. Algumas amostras foram cominuídas em prensa de rolos de laboratório Polycom da Polysus, com rolos de 250 mm de diâmetro e 200 mm de largura para geração de área superficial específica.

Nos testes iniciais foram utilizados coagulantes e floculantes já utilizados em outras etapas do processamento do minério, respectivamente, um polímero catiônico e um floculante aniônico, de alto peso molecular. Além desses materiais, foram comparados os desempenhos de outros dezenove reagentes de sete diferentes fornecedores. Esses reagentes também atuavam na estabilidade da polpa e eram compostos à base de poliamidas, poliaminas e polydamacs.

3 RESULTADOS

Inicialmente, foram realizados testes (Figura 2), com amostra de polpa coletada no recebimento do mineroduto quando a mesma apresentava aparência dispersa e resultava em baixa produtividade dos filtros industriais. Foi verificada uma diminuição da dispersão de polpa e melhoria do desempenho da filtragem após adição de coagulante.

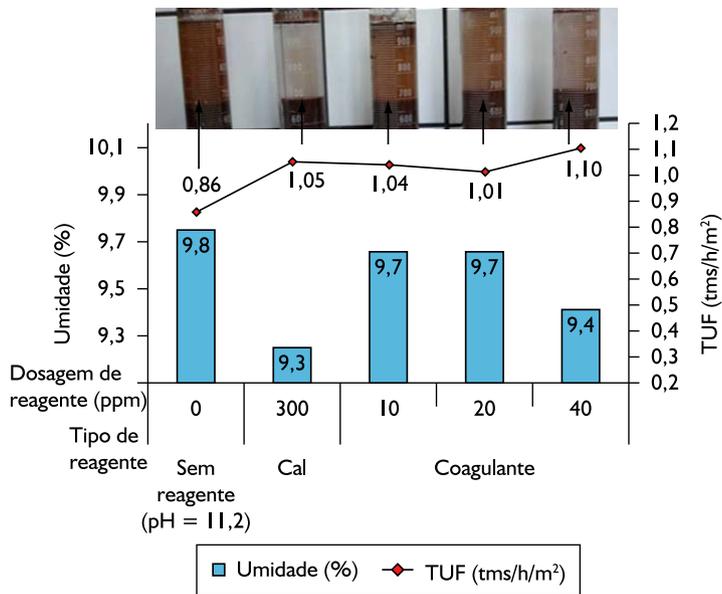


Figura 2. Efeito da adição de reagentes na condição de dispersão das polpas e desempenho na filtragem em laboratório.

Com isso, foram coletadas novas amostras de minério, dessa vez antes da adição de cal objetivando-se avaliar o efeito da adição de cal (a), de coagulantes (b), floculantes (c) e mistura desses dois últimos (d), em condição de alta estabilidade da suspensão, ou seja, adição de cal até pH = 10,5. Foi evidenciado (Figura 3) o efeito positivo da cal e do coagulante. O coagulante, já em pequenas dosagens, foi capaz de diminuir significativamente, conforme testes estatísticos, a umidade, de 9,8% para 9,7%; contudo só exibiu as produtividades registradas pela cal em altas dosagens. O floculante, por sua vez, resultou em umidade significativamente maior enquanto a produtividade se manteve em patamares inferiores à da cal. A utilização de mistura de coagulante e floculante também não apresentou resultados promissores, exibindo pequena redução da umidade.

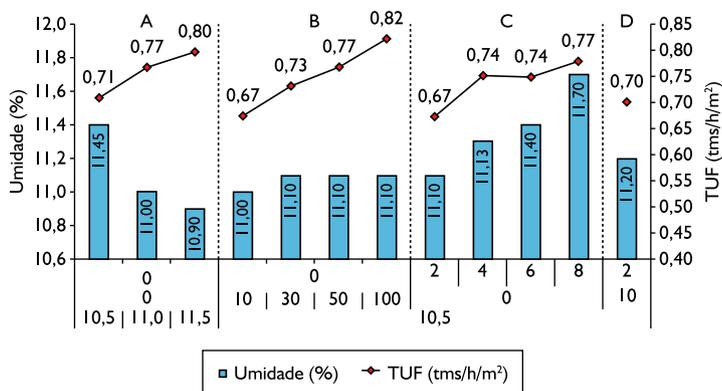


Figura 3. Efeito da adição de cal, coagulantes e floculantes na filtragem em laboratório.

Em seguida, foram realizados testes com polpa coletada na chegada do mineroduto (Figura 4), em período de recebimento de material com alta área superficial específica. Observou-se que adição de coagulante melhorava o desempenho do processo de

filtragem em laboratório quando a polpa recebida apresentava: i) pH abaixo do necessário, ou seja, com baixa dosagem de cal e, conseqüentemente, alta dispersão, ii) pH considerado satisfatório para as condições usuais de processamento. Contudo, verificou-se que, a partir de uma certa dosagem de coagulante, a umidade da torta ficava comprometida, apesar da produtividade continuar aumentando.

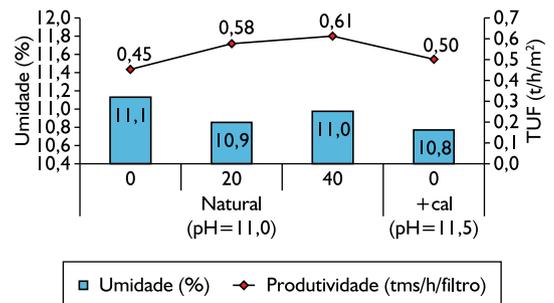


Figura 4. Efeito da adição de coagulantes em polpas coletadas na chegada do mineroduto em laboratório.

Para constatar o efeito verificado nos resultados exibidos na Figura 4, foi feita uma nova bateria de testes com amostra coletada anteriormente à adição de cal. Os resultados (Figura 5) indicam que a adição de coagulante afeta positivamente o desempenho da filtragem em qualquer das condições de recebimento da polpa, independentemente da quantidade de finos ou da dispersão da polpa. Em baixo pH, ou seja, quantidade de cal insuficiente para promover a instabilidade do sistema, o coagulante atua significativamente na redução da umidade da torta e aumento da produtividade.

Além do coagulante utilizado nos testes já apresentados, foram avaliados dezenove reagentes de sete fornecedores diferentes, objetivando-se buscar alternativas ou mesmo melhorar o desempenho já obtido. Todos os reagentes foram testados a 50 ppm e em pH 10,5, ou seja, com baixa adição de cal. Para comparação, foram feitos dois testes sem adição de cal alguma e com

adição até pH 11,5, respectivamente, primeiro e segundo testes. Os reagentes de três fornecedores apresentaram os melhores desempenhos, enquanto os reagentes de outros três afetaram negativamente o desempenho e dois exibiram resultados promissores, já que, dependendo da dosagem, esses últimos podem exibir o mesmo desempenho dos reagentes III, IV e V (Figura 6).

4 DISCUSSÃO

A melhora do desempenho da filtragem obtida com adição de coagulante pode ser atribuída à sua atuação sobre o estado de agregação das partículas sólidas de uma suspensão. Finos

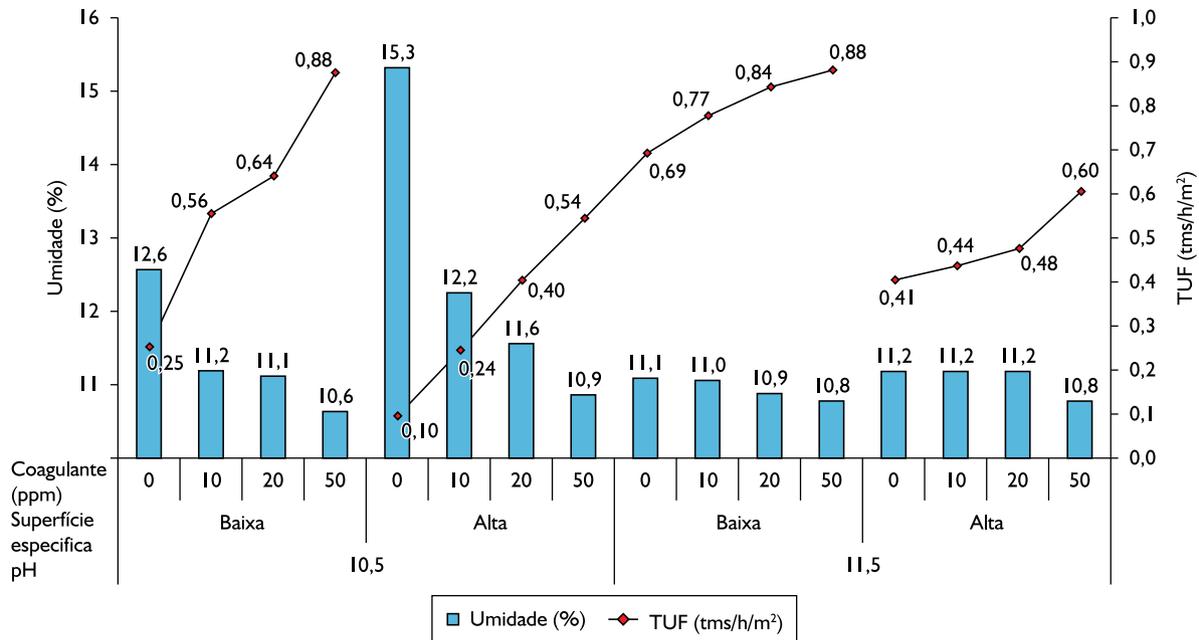


Figura 5. Efeito da adição de coagulantes em polpas em diferentes condições de recebimento em laboratório.

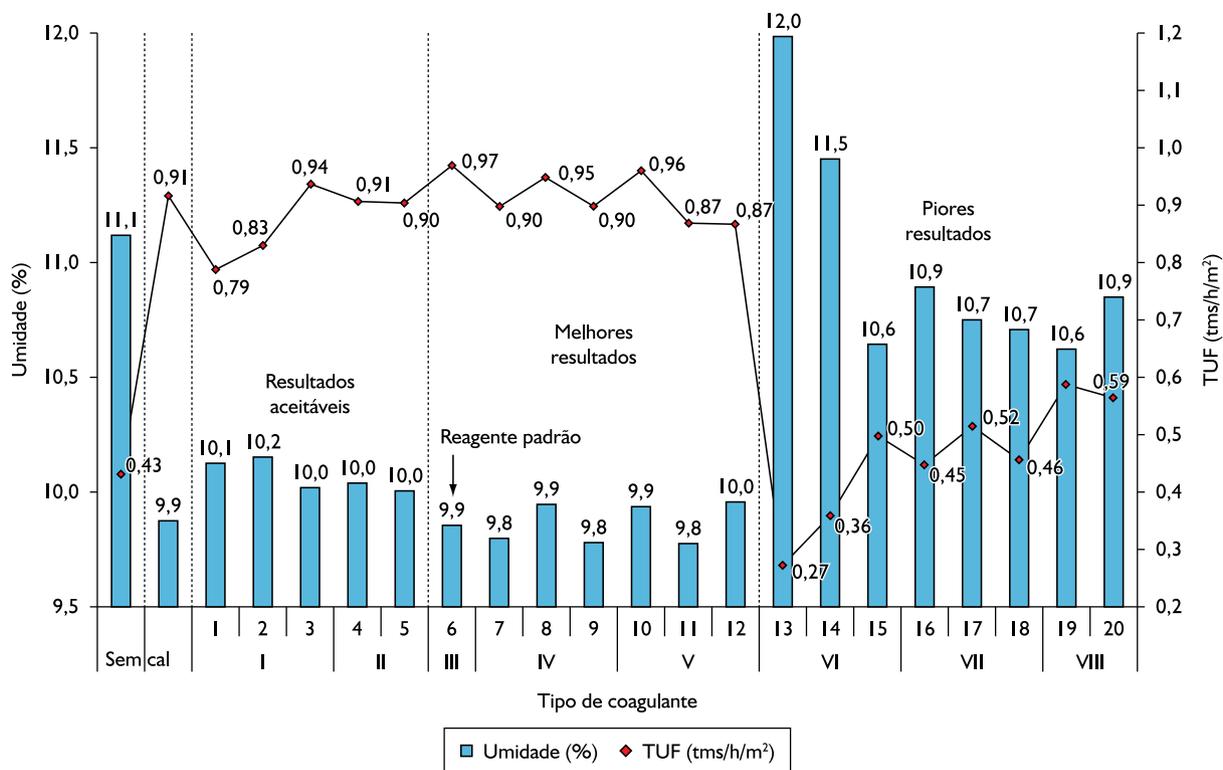


Figura 6. Avaliação do desempenho de diferentes reagentes em laboratório.

possuem maior área superficial específica e, por isso, são mais susceptíveis às forças repulsivas e necessitam de maior quantidade de reagentes para agregação. O pH também é um fator de extrema importância na reologia da polpa⁽⁹⁾; contudo, ao contrário da cal, o coagulante não altera significativamente o pH da polpa (Figura 7).

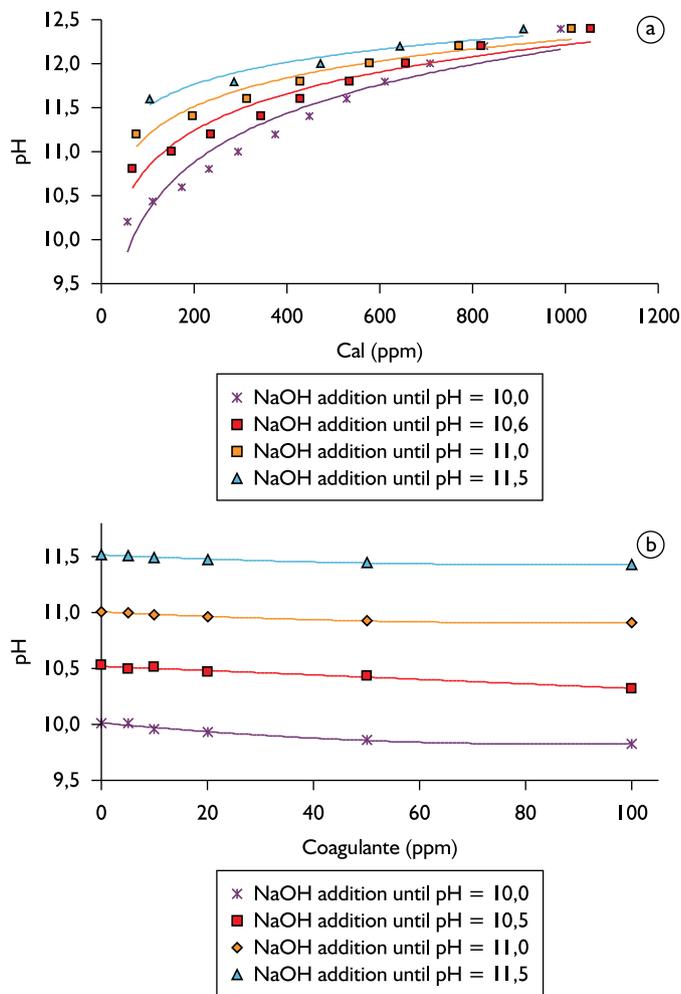


Figura 7. Efeito da dosagem de cal (a) e coagulante (b) no pH da polpa em laboratório.

As baterias de testes foram realizadas em dias diferentes e, por isso, com materiais diferentes. Assim, os resultados não são exatamente iguais para uma mesma condição em materiais diferentes. Por exemplo, na Figura 6, a adição de 50 ppm de coagulante padrão resultou numa umidade de 9,9% e produtividade de 0,97 tms/m²/h; enquanto, na Figura 3, nas mesmas condições, o resultado foi de 11,1% e 0,77 tms/h/m². Contudo, as tendências de melhora ou piora sempre foram as mesmas, indicando que os testes foram efetivos na determinação do efeito de adição dos reagentes.

O mecanismo de atuação dos reagentes é resumido na Figura 8.

A cal causa coagulação através da neutralização das cargas das partículas sólidas. Íons cálcio, na forma CaOH⁺ e em faixa de pH alcalino, são os responsáveis pelo aumento da instabilidade de uma suspensão constituída de polpa de minério de ferro.⁽¹⁰⁾

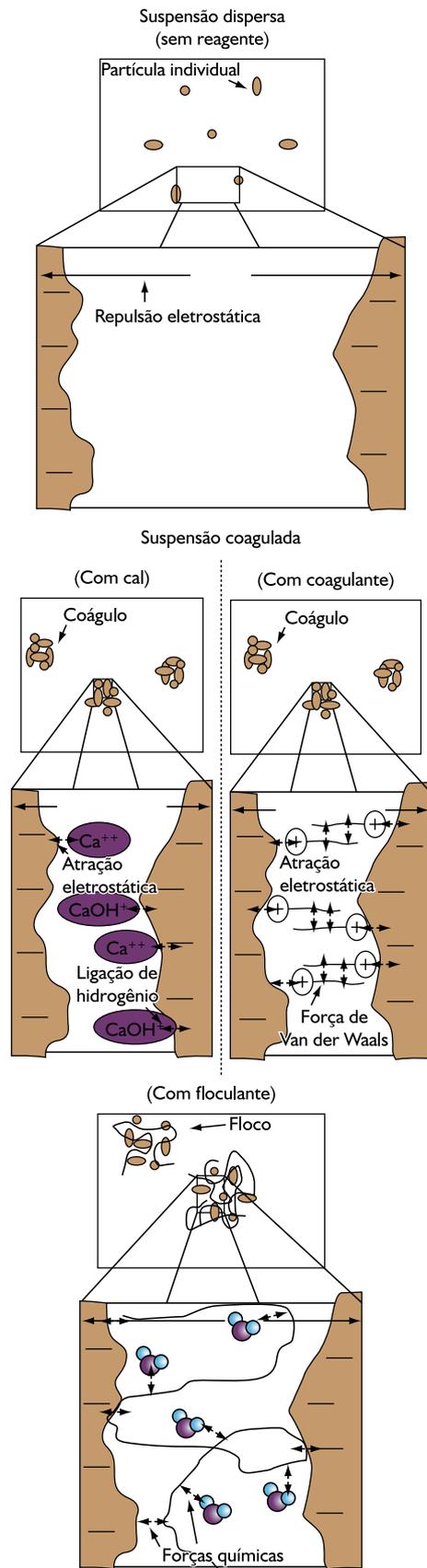


Figura 8. Forças atuando em partículas minerais em suspensão sem reagentes, com cal, com polímeros coagulantes e floculantes.

Contudo, a adição de cal causa alguns efeitos negativos como diminuição da vida útil dos tecidos,⁽¹¹⁾ elevação do pH do *pellet feed* no pelotamento^(2,12) e aumento da incrustação de carbonatos em tubulações.^(13,14)

Os coagulantes agem da mesma forma que a cal, neutralizando as cargas superficiais, mas, por sua vez, não trazem os efeitos negativos descritos anteriormente. O polímero base do coagulante testado na maioria dos testes pode ainda propiciar uma força adicional no componente de atração entre as partículas, que é a atração entre as cadeias apolares de sua molécula no caso de adsorção em monocamada na superfície mineral. Caso ocorra a formação de multicamada, a repulsão entre os polos polares e carregados do polímero poderá ocasionar repulsão entre os agregados; contudo, isso não foi observado nem para a maior dosagem de 100 ppm (Figura 3).

Diferentemente dos testes da Figura 3, observa-se uma dosagem ótima na Figura 4, entre 20 ppm e 40 ppm, acima da qual ocorre aumento da umidade da torta. Essa elevação na umidade ocorre para patamares diferentes, dependendo do pH da polpa, ou seja, para os testes i) e ii). Em ambos, não houve, visualmente, aumento de dispersão da polpa, o que implicaria na formação de uma torta com maior resistência ao escoamento do filtrado. Por isso, supõe-se que o reagente esteja interagindo com as moléculas de água e retendo-as na torta. Reforça-se que a origem das amostras é diferente, por isso, suas características não são as mesmas. Esse fenômeno deve ser investigado mais profundamente para um melhor entendimento.

Os floculantes, apesar de causarem agregação das partículas, retêm muita água em sua estrutura, devido à grande quantidade de sítios propícios à formação de ligações de hidrogênio com a água. Isso causa elevação significativa da umidade da torta, apesar do aumento de produtividade. Esse efeito foi observado nos testes da Figura 3 e em outros estudos.^(6,7)

Com base nas informações obtidas com os fornecedores dos reagentes alternativos (resultados apresentados na Figura 6), verifica-se que aqueles que apresentaram os piores desempenhos (fornecedores VI, VII e VIII) eram constituídos por poliamidas de maior peso molecular, enquanto os demais eram constituídos por poliaminas e polydamac.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que é comprovada a viabilidade técnica, em laboratório, da adição de coagulante como alternativa para manutenção da produtividade da filtração em patamares satisfatórios sem elevação significativa da umidade para condições de alta estabilidade da polpa (baixa dosagem de cal) e/ou elevada quantidade de finos (alta área superficial específica do material). Em condições de baixa dosagem de cal, causa ainda significativa redução da umidade da torta. A viabilidade econômica, por sua vez, não foi avaliada.

Existe um ponto ótimo de dosagem do coagulante - neste estudo, entre 20 e 40 ppm - a partir do qual a umidade da torta pode sofrer um aumento para valores superiores à meta de 10,4%.

REFERÊNCIAS

- 1 FUERSTENAU, M. C.; PALMER, B. R. Anionic flotation of oxides and silicates. In: FUERSTENAU, M. C. (Ed.). *Flotation*. New York: AIME, 1976. p. 148-96. (M. Gaudin Memorial, 1).
- 2 ARAUJO JUNIOR, A. M. et al. Influência da cal na filtração e pelotamento. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 23., 2009, Gramado, RS. Porto Alegre: Palotti, 2009. p. 455-61.
- 3 PEARSE, M. J. Historical use and future development of chemicals for solid-liquid separation in the mineral processing industry. *Minerals Engineering*, v. 16, n. 2, p. 103-8, Feb. 2003.
- 4 BRAGANÇA, A. C.; SILVA, T. A. Alternative to lime as a rheology modifier in the transport of iron ore slurry by the Samarco pipeline. Hydrotransport 17. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE HYDRAULIC TRANSPORT OF SOLIDS, 17., 2007, Cape Town. Cape Town: The Southern African Institute of Mining and Metallurgy and the BHR Group, 2007. p. 29-38.
- 5 GREGORY, J. The action of polymeric flocculants. In: MOUDGIL, B. M.; SOMASUNDARAN, P. Flocculation, sedimentation and consolidation. Washington, DC: National Science Foundation, 1985. p. 125-37 apud BESRA, L. et al. Influence of surfactants on filter cake parameters during vacuum filtration of flocculated iron ore sludge. *Powder Technology*, v. 96, n. 3, p. 240-7, May 1998.
- 6 BESRA, L. et al. Influence of surfactants on filter cake parameters during vacuum filtration of flocculated iron ore sludge. *Powder Technology*, v. 96, n. 3, p. 240-7, May 1998.
- 7 DIAS, C. L. P. et al. Utilização de reagentes auxiliares na filtração. *Revista da Escola de Minas [online]*, v. 57, n. 4, p. 221-34, out./dez. 2004.

- 8 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO 3082*. Minérios de ferro: Procedimentos de amostragem e preparação de amostras. Rio de Janeiro, 2002.
- 9 KLEIN, B. *Rheology of mineral suspensions*. Mariana: Samarco Mineração, 2002. [Apostila].
- 10 IWASAKI, I. Effect of calcium and magnesium ions on selective desliming and cationic flotation of quartz from iron ores. In: SOMASUNDARAN, P. *Fine particles processing*. New York: American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, 1980. v. 2, c. 54, p.1057-82.
- 11 SILVA, A. M. *Caracterização do processo de degradação de uma fibra de poliamida utilizada como meio filtrante na indústria mineral*. 2006. 112 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.
- 12 DOELLINGER, T. M. *Testes novos aglomerantes da Akzo Nobel*. Anchieta: Samarco Mineração S. A., 2010. [Relatório interno].
- 13 SILVA, A. M. *Influência da adição de cal na polpa de minério de ferro no processo de pelletização em Ponta Ubu*. Anchieta: Samarco Mineração S. A., 2003. [Relatório interno].
- 14 MANTILLA, E. R.; QUEIROZ, D. S. B.; FREITAS, L. S. Redução de incrustações provenientes da utilização da cal como coagulante nos espessadores de lama da Samarco Mineração S. A. In: SEMINÁRIO DE REDUÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO E MATÉRIAS-PRIMAS, 39; SEMINÁRIO BRASILEIRO DE MINÉRIO DE FERRO, 10., Ouro Preto, MG, 2009. *Anais...* São Paulo: ABM, 2009. p. 1-5.

Recebido em: 25/09/2010

Aceito em: 24/01/2011