

AVALIAÇÃO DE FLOCULANTES NO DESAGUAMENTO DE REJEITOS E RECUPERAÇÃO DE ÁGUA DE PROCESSO

Gabriel de Carvalho Arca

Aluno de graduação em Engenharia Química, 5º período, UFRJ

Período de PIBIC/CETEM: agosto de 2015 a julho de 2016.

gcarvalho@cetem.gov.br

Sílvia Cristina Alves França

Orientadora, Engenheira Química, D. Sc.

sfranca@cetem.gov.br

Resumo

Os estudos para melhorar o tratamento de rejeitos gerados nos processos de beneficiamento de minérios são cada vez mais necessários, a fim de diminuir os impactos ambientais desse setor. Os rejeitos são, geralmente, ricos em partículas finas e ultrafinas, sendo um desafio manter a eficiência das operações de separação sólido-líquido. Daí a necessidade de estudos para melhoria dos processos de floculação e espessamento. Neste projeto, polpas de rejeito de níquel com diferentes porcentagens de sólidos foram tratadas com dois polímeros floculantes, R-10 e R-90. As variáveis avaliadas no processo foram velocidades de sedimentação e turbidez do líquido sobrenadante, indicando as condições nas quais os polímeros apresentaram melhor eficiência de desaguamento. Foi observado que o polímero R-10 proporcionou maior velocidade de sedimentação e menor turbidez que o R-90, embora ambos tenham se mostrado eficientes. Os resultados mostram a eficiência desses polímeros no desaguamento de rejeitos contendo material particulado ultrafino, possibilitando o reuso da água de processo.

Palavras chaves: Polímeros floculantes, sedimentação, rejeitos minerais

POLYMERS ASSESSMENT FOR DEWATERING AND PROCESS WATER RECYCLING

Abstract

Studies to improve treatment of tailings generated in ore beneficiation plants are increasingly necessary in order to reduce the environmental impacts of this industry. The tailings are generally rich in fine and ultrafine particles, being a challenge to keep the efficiency of solid-liquid separation operations. Hence the need for studies to improve the flocculation and thickening processes. In this project, nickel tailings pulps with different percentages of solids were treated with two flocculant polymers, R-10 and R-90. The variables evaluated in the process were settling velocities and turbidity of the supernatant, aiming to reach the best operational conditions for efficient dewatering operations. It was observed that the polymer R-10 provided flocs with higher sedimentation rate and supernatant with lower turbidity than R-90, although both had been effective. The results show the effectiveness of these polymers in the high ultrafine content tailings, allowing the reuse of process water.

Keywords: Flocculant polymers, sedimentation, tailings.

1. INTRODUÇÃO

A atividade de mineração é forte geradora de recursos para países desenvolvidos. No Brasil, existem 8870 empresas atuantes na área mineral, que responderam por 2,5% do PIB nacional e geraram US\$ 40 bilhões no ano de 2015 (MANCIN, 2015; IBGE, 2016). Porém, atividades de processamento mineral e metalúrgico produzem grandes quantidades de rejeitos, que devem ser devidamente processados, para a sustentabilidade dessas atividades.

O desaguamento é a etapa final do processo de beneficiamento mineral e tem papel fundamental nas características finais do rejeito produzido. O uso de espessadores próximo à usina de beneficiamento permite a recuperação e recirculação de água de processo e de reagentes a custos relativamente baixo; ainda, auxilia na redução de captação de água nova, que reflete em menores custo operacional e impacto ambiental (GADELHA e FRANÇA, 2015).

Estudos sobre uso de polímeros flocculantes são frequentes no desaguamento de polpas e rejeitos minerais e a avaliação de polímeros de alto desempenho na agregação de partículas ultrafinas tem auxiliado no aumento da eficiência de separação sólido-líquido. Isso permite a recirculação rápida e eficiente de água de processo e a formação de sedimentos mais adensados, com propriedades adequadas à disposição a seco, mais segura do que as barragens de rejeito convencionais.

Neste trabalho serão apresentados resultados de ensaios de desaguamento para um rejeito de usina de beneficiamento de minério de níquel, a fim de agilizar o processo de separação sólido-líquido e viabilizar o reaproveitamento industrial ou descarte da água de processo. Com intuito de atingir este objetivo foram realizados testes de agregação (coagulação/floculação) de partículas e sedimentação com diferentes concentrações de sólidos e dois polímeros flocculantes.

2. OBJETIVO

Estudar o processo de floculação utilizando os polímeros comerciais R-10 e R-90 a fim de comparar suas eficiências e estudar a otimização do processo de separação sólido-líquido em rejeitos de barragem, possibilitando o reuso da água de processo ou o descarte apropriado no meio ambiente.

3. METODOLOGIA

3.1 Materiais

- **Polímeros R-10 e R-90:** poliacrilamidas aniônicas comerciais, de massa molar viscosimétrica de $7,27 \times 10^6$ e $1,8 \times 10^7$ g/mol, respectivamente (Andrade, 2016).
- **Rejeito de níquel:** 90% das partículas passantes em 100 μm e 5% abaixo que 1 μm .

3.2 Preparação da amostra

O estudo foi desenvolvido para uma amostra de rejeito de níquel, proveniente de uma barragem de mineração. O material foi homogeneizado e desagregado com o auxílio de peneira com malha de abertura de 104 μm e, a partir da pilha de homogeneização, foram retiradas alíquotas de 100 gramas para a realização dos testes de laboratório.

3.3 Ensaios de agregação e sedimentação em batelada

As polpas minerais foram preparadas nas cubas do equipamento *jar test*, com percentagens de sólidos de 8, 10, 15, 18 e 23%, para um volume final de 2 L. As dosagens de polímero adotadas

foram de 40, 60 e 80 g/t e adição foi feita como soluções poliméricas, a 0,5 g/L.

A polpa foi homogeneizada durante 3 min, a uma rotação de 300 rpm. Em seguida, a solução polimérica foi adicionada na dosagem correspondente e condicionada durante 3 min, a 300 rpm, para garantir a mistura e o contato entre polímeros e partículas minerais. Após esse período de agitação rápida, segue-se um período de agitação lenta, de 1 min, a 150 rpm, para a agregação das partículas e completa formação dos flocos. Finalmente, o equipamento *jar test* foi deligado e procedeu-se com o ensaio de sedimentação em batelada, por meio do acompanhamento do deslocamento da interface sólido-líquido até a obtenção da altura constante do sedimento.

Com as velocidades de sedimentação medidas é possível inferir o diâmetro dos flocos formados, com o auxílio da equação de Newton (Equação 1), aplicada ao escoamento turbulento ($500 < Re < 2 \times 10^5$ e $C_d = 0,44$):

$$v_p = \left[\frac{1,33 \cdot D_p (\rho_s - \rho_f) g}{\rho_f C_d} \right]^{1/2} \quad (1)$$

onde, v_p é a velocidade terminal da partícula (m/s); g é a aceleração da gravidade (m/s^2); D_p é o diâmetro da partícula (m); C_d é o coeficiente de arraste; ρ_s e ρ_f são as densidades do sólido e do fluido (kg/m^3), respectivamente.

3.4 Avaliação da eficiência de separação sólido-líquido

Ao término do ensaio de sedimentação em batelada uma alíquota de 50 mL do líquido sobrenadante foi coletada para análise da turbidez, usando um turbidímetro portátil Hach modelo 2100P. O limite de turbidez para água de recirculação será adotado em 100 NTU (CONAMA, 2005).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 (a) e (b) são apresentadas as curvas de sedimentação para os dois polímeros, na dosagem de 40 g/t.

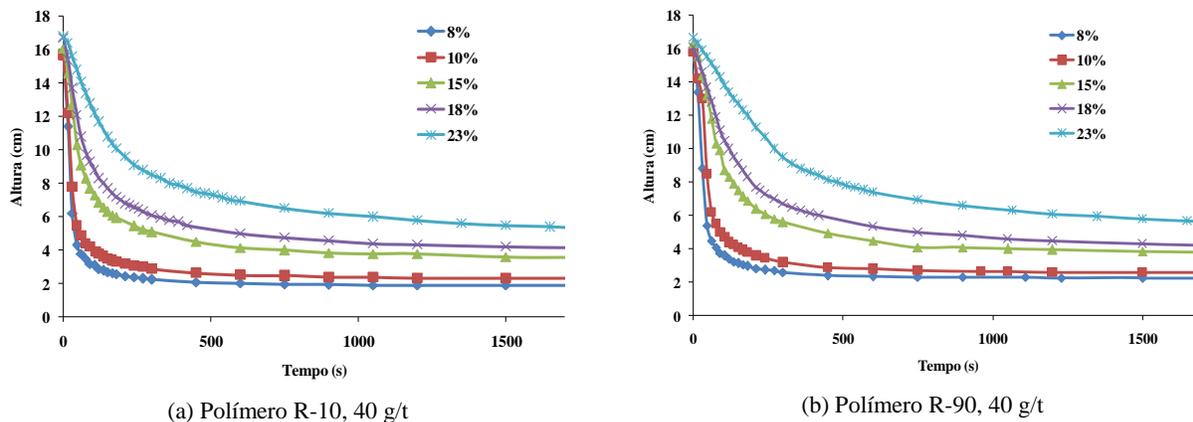


Figura 1: Curvas de sedimentação em batelada para polpas floculadas com diferentes dosagens de polímeros floculantes

Pela análise da Figura 1, observa-se diferença significativa nas velocidades de sedimentação das polpas, em função da concentração de sólidos. Para polpas floculadas com polímeros diferentes, embora adicionados na mesma dosagem, nota-se uma redução na inclinação das curvas, no início

do ensaio, provavelmente devido à variação viscosidade da polpa floculada com o R-90.

As velocidades de sedimentação foram calculadas a partir da região linear inicial das curvas de sedimentação em batelada e a altura dos sedimentos foi medida ao final dos ensaios. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Velocidades de sedimentação (V_{sed}) e alturas de sedimento (H) para polpas floculadas. $V_{sed} \times 10^{-5}$ (m/s); $H \times 10^{-2}$ (m).

Sólidos (%)	Sem floc. V_{sed}	Dosagem R-90 (g/t)						Dosagem R-10 (g/t)					
		40		60		80		40		60		80	
		V_{sed}	H	V_{sed}	H	V_{sed}	H	V_{sed}	H	V_{sed}	H	V_{sed}	H
8	16,4	100	2,2	128	2,3	133	2,3	162	1,9	195	2,0	202	2,0
10	12,6	80	2,5	91	2,7	102	2,7	126	2,3	149	2,5	150	2,6
15	6,7	40	3,7	62	3,7	65	3,9	79	3,5	91	3,4	106	3,6
18	4,6	32	4,0	56	4,4	56	4,4	51	4,0	53	3,9	78	4,1
23	3,6	28	5,2	31	5,3	31	5,4	24	5,0	35	4,7	32	5,0

É possível observar diferença significativa nas velocidades de sedimentação das polpas, em função da concentração de sólidos e do uso de polímeros floculantes. Comparando as velocidades de sedimentação para os polímeros, os maiores valores foram obtidos para polpas floculadas com o R-10; embora o R-90 tenha maior massa molar, possivelmente ocorreu o enovelamento da molécula e a consequente redução da quantidade de sítios ativos, tornando-o menos eficiente. Observa-se, ainda, que as alturas dos sedimentos formados com o R-10 foram menores; provavelmente este polímero forma flocos mais hidrofóbicos, facilitando a saída da água da estrutura floculada do sedimento, por influência do peso da coluna de líquido sobrenadante (Ren *et al.*, 2007).

Na Tabela 2 tem-se os resultados da turbidez residual dos líquidos sobrenadantes e os valores de eficiência de remoção de turbidez do processo.

Tabela 2: Valores de turbidez residual para o líquido sobrenadante (T_{final}) dos processos de sedimentação (T_{final} , NTU; η - eficiência de remoção de turbidez, %)

Sólidos (%)	Turb. inicial (NTU)	Dosagem R-90 (g/t)						Dosagem R-10 (g/t)					
		40		60		80		40		60		80	
		T_{final}	η	T_{final}	η	T_{final}	η	T_{final}	η	T_{final}	η	T_{final}	η
8	28960	108	99,6	81,5	99,7	127	99,5	113	99,6	75,0	99,7	37,8	99,9
10	43432	187	99,5	79,4	99,8	108	99,7	108	99,7	44,5	99,9	42,1	99,9
15	44160	202	99,5	155	99,6	238	99,4	226	99,4	113	99,7	64,4	99,8
18	63872	181	99,7	225	99,6	113	99,8	332	99,8	203	99,7	201	99,7
23	80000	311	99,6	262	99,7	296	99,6	266	99,6	81,7	99,9	303	99,6

Pelos resultados da Tabela 2, nota-se que, para os dois polímeros, na dosagem de 40 g/t, os valores de turbidez residual ficaram acima do limite estabelecido, impossibilitando a recirculação da água de processo. Para as dosagens de 60 e 80 g/t, ambos os polímeros promovem agregação eficiente, para concentrações de sólidos até 10% (R-90) e 15% (R-10). Para polpas de maior concentração de sólidos será necessária uma etapa complementar de floculação, possivelmente com polímeros naturais, de menor peso molecular (França *et al.*, 2015), para agregação das partículas ultrafinas não agregadas pelos polímeros convencionais. Os valores de turbidez menores obtidos com o polímero R-10 é mais um indicativo da sua maior eficiência de agregação, para as dosagens estudadas.

5. CONCLUSÃO

Os polímeros R-10 e R-90 foram efetivos na agregação das polpas de rejeito de níquel, porém o R-10 apresentou melhor eficiência de desaguamento. Foi possível observar que maiores concentrações de polímeros aumentam a velocidade de sedimentação, porém há uma dosagem máxima, a partir da qual possivelmente acontece o fenômeno de reversão de cargas superficiais. O uso de polímeros de alto desempenho auxiliará na recirculação de água de processo com maior rapidez e qualidade e, ainda, possibilita a produção de sedimentos mais adensados, que podem ser caracterizados como pastas minerais, para disposição não convencional.

6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ, pela concessão da bolsa de pesquisa, e ao CETEM pela estrutura de laboratório e orientação no desenvolvimento do projeto.

7. BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, L.S. Desaguamento de polpas minerais floculadas. Trabalho de Conclusão de Curso, EQ/UFRJ, 75 p., 2016.

CONAMA, Resolução nº 357, Conselho Nacional do Meio Ambiente, Ministério do Meio Ambiente, 17/03/2005, 2005.

GADELHA, T.S. e FRANÇA, S.C.A. Estudo do desaguamento de polpas minerais para a produção de concentrados de alta percentagem de sólidos e pastas. Relatório Técnico RRB0011-00-15, CETEM/MCTI, 27p, 2015.

FRANÇA, S.C.A., LOAYZA, P.E.V., BROCCHI, E.A. The use of natural polymers (chitosan and humic acid) in the red mud wastewater treatment. **Proceedings of Enviromine 2015**, Lima, Peru, 2015, C0702.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contas nacionais - PIB 2015. <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/pib/defaultcnt.shtm>. Acesso em 25/03/2016.

MANCIN, R. IBRAM: Gestão para a Sustentabilidade na Mineração – 20 anos de história. Congresso Tocantinense de Engenharia e Mineração, 2015. In: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00005260.pdf>. Acesso em 13/02/16.

REN, H., CHEN, W., ZHENG, Y., LUAN, Z. Effect of hydrophobic group on flocculation properties and dewatering efficiency of cationic acrylamide copolymers. **Reactive & Functional Polymers**, v. 67, 2007, p. 601–608.