

ESTUDO SOBRE IMPACTO DO USO DE DIFERENTES POLÍMEROS FLOCULANTES NAS VARIÁVEIS DE PROCESSO DO DESAGUAMENTO

Suellen Cristina da Silva Marques dos Santos¹

Silvia Cristina Alves França²

Neanderson Galvão³

Beatriz Teixeira Batista⁴

Resumo

A presença de partículas com granulometria fina nos rejeitos minerais tende a dificultar as operações de desaguamento, em muitos casos acarretando no aumento do uso de reagentes. No presente trabalho será avaliado o potencial do uso da mucilagem de palma forrageira (*Opuntia ficus indica* L.) como um floculante natural. Estudou-se uma amostra de rejeito da deslamagem de minério de fosfato, avaliando comparativamente este sem uso de polímero floculante, utilizando Magnafloc® 1011 e mucilagem da palma com dosagem de 120g/t. A filtração foi realizada com o equipamento de bancada Filtratest® (Bokela), sob $\Delta p = 1$ bar. Foi observado melhor desempenho para o Magnafloc, constatando menor turbidez, maior velocidade de sedimentação e taxa unitária de filtração (TUF). Porém, nenhum dos dois polímeros foi eficiente para propiciar a disposição direta do rejeito em pilhas ou a seco, uma vez que produziram tortas com teor de umidade acima de 40%.

Palavras-chave: Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* L.); Floculação; Filtração; Rejeito de fosfato

STUDY ON THE IMPACT OF THE USE OF DIFFERENT FLOCCULANT POLYMERS ON THE VARIABLES OF THE DEWATERING

Abstract

The presence of particles with fine granulometry in mineral waste tends to make dewatering operations more difficult, in many cases leading to an increase in the use of reagents. In this work the potential of using forage cactus mucilage (*Opuntia ficus indica* L.) as a natural flocculant will be evaluated. A sample of phosphate tailings from desliming was studied, comparatively evaluating it without the use of flocculant polymer and using Magnafloc® 1011 and palm mucilage with a dosage of 120g/t. Filtration was carried out with Filtratest® bench equipment (Bokela), under $\Delta p = 1$ bar. A better performance was observed for Magnafloc, with lower turbidity, higher sedimentation velocity and filtration unit rate (TUF). However, neither of the two polymers was efficient to facilitate the direct tailings disposal, since produced filtration cake had a moisture content above 40%.

Keywords: Forage palm (*Opuntia Ficus Indica* L.); Flocculation; Filtration, Phosphate tailings

¹ Engenheira de Materiais, MSc, Pesquisadora bolsista, COPTM, Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Engenheira Química, DSc, Tecnologista Sênior, COPTM, Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

³ Engenheiro Ambiental, MSc, Pesquisador bolsista, Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁴ Técnica em Química, Técnico, Bolsista, COPTM, Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Nas atividades de mineração, a água é tida como o segundo maior insumo, usado, basicamente, como meio de transporte. Existem alguns fatores que justificam o uso deste insumo, como disponibilidade, ainda que reduzida, e o baixo custo de captação. Sendo a água um recurso de extrema necessidade nas atividades da indústria mineral, a sua escassez em algumas regiões do mundo, queda de qualidade associada ao crescimento populacional e das atividades industriais, além do aumento de competitividade por este recurso com outros setores, sobretudo para suprimentos às necessidades vitais do ser humano [1;2].

O processamento de minérios finos acarreta em maior dificuldade na separação sólido-líquido, e conseqüentemente afetando a possibilidade de reuso imediato da água de processo, e com isso tornando necessário o uso de reagentes. Visando à redução do impacto ambiental, vem sendo ampliados os estudos sobre a utilização de polímeros naturais como reagentes alternativos nas operações de desaguamento. O presente trabalho tem como objetivo desenvolver estudos acerca do uso da mucilagem de palma forrageira (*Opuntia ficus indica* L.) como floculante, levando em consideração a influência nas operações de espessamento e filtragem.

1.1 Objetivos

Estudar a influência dos polímeros floculantes na velocidade de sedimentação e na filtragem, além de avaliar a influência de rejeitos finos nas operações de desaguamento e estudar as variáveis envolvidas nas operações de separação sólido-líquido, com base nas equações matemáticas que regem tais operações unitárias.

1.2 Revisão da literatura

1.2.1 Processos de agregação e espessamento

Existem alguns mecanismos que promovem a agregação de partículas, estes são: a coagulação e floculação. A coagulação ocorre a partir da formação de um coágulo devido às ligações de força atrativa superarem as ligações de natureza repulsiva. Dependendo das propriedades físico-químicas da polpa, do coagulante e das partículas em suspensão, existem mecanismos postulados como compressão de dupla camada, neutralização de carga, formação de ligações de hidrogênio e arraste [3]. Já a floculação ocorre por meio da utilização de um polímero, o qual propiciará a agregação das partículas e conseqüentemente a formação de flocos [4].

Alguns aspectos são fundamentais para serem considerados ao escolher o polímero floculante mais adequado, como: origem (natural, modificado ou sintético), massa molar (baixa, média ou elevada) e densidade de carga elétrica (aniônico, catiônico ou neutro).

É importante ressaltar o fato de que o tipo de floco formado irá influenciar em cada processo de separação sólido-líquido; por exemplo, no espessamento flocos grandes são mais desejáveis, já na filtragem espera-se flocos mais compactos. Alguns fatores influenciam na eficiência da floculação, tais como: agitação do sistema, pH, temperatura e teor de sólidos. A agitação do sistema é responsável por viabilizar a colisão entre as partículas, para que assim ocorra a floculação, ou seja, é

importante se ter um valor de agitação ideal, promovendo um máximo de colisões, aumento na velocidade de sedimentação, porém, sem promover a quebra de flocos.

1.2.2 Palma Forrageira (*Opuntia ficus-indica* L.)

Os estudos sobre coagulantes/floculantes naturais vêm se tornando cada vez mais promissores, devido a características como biodegradabilidade, abundância e inocuidade. Diferentes formas de obtenção destes polímeros vêm sendo estudadas, sejam por meio de microrganismos, plantas e animais, com o objetivo de correlacionar a eficiência na separação sólido-líquido, com redução de impacto ambiental e menor custo. Alguns trabalhos vêm sendo desenvolvidos com o uso da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* L.), um tipo de cacto oriundo do México, o qual foi trazido ao Brasil por portugueses no período de colonização [5;6].

Inicialmente a palma ganhou maior relevância por servir para a alimentação humana e animal, uma vez que esta é uma planta de elevada adaptabilidade, além de fácil desenvolvimento em regiões áridas e semiáridas [7].

No Brasil e no mundo, existem diferentes aplicações para a palma, sendo uma delas a extração da mucilagem, obtida com o uso de cladódio, ou raquete de palma. Esta mucilagem pode ser utilizada como aditivo em argamassa, agente emulsionantes, além de floculante natural no tratamento de água [8].

A presença do ácido galacturônico presente na mucilagem é responsável por promover a agregação das partículas, e em alguns trabalhos constatou-se que mesmo o uso de raquetes inteiras da palma contribuiu para a redução de turbidez [9].

A palma possui elevado teor de umidade em sua estrutura, além de proporções de saponinas, flavonoides, poligalacturônico, sais de ferro e cálcio, e ainda, compostos algínicos [10].

A função de impulsionar o processo de agregação também pode estar relacionado à existência de compostos como carboidratos complexos que apresentam comportamento viscoso, e estes são obtidos com a mucilagem [11]. Majoritariamente por meio da formação de pontes entre as partículas devido à presença do polímero floculante extraído da palma forrageira [12].

Por meio de inúmeros estudos voltados para o uso da palma, verificaram-se diferentes formas de tratar a água, como *in natura*, onde ocorre apenas remoção da casca do cacto seguido do contato direto da planta com o efluente a ser tratado; também pode ser obtido um pó do cacto por meio de desidratação e trituração [13]. Outra forma de uso é por meio de cortes realizados nas raquetes de palma, posterior imersão em água destilada por 24h e filtragem [14].



Figura 1. Plantação de Palma Forrageira (*Opuntia ficus-indica* L.) – Campina Grande – PB [15]

1.2.3 Mucilagem

O termo mucilagem pode ser encontrado na literatura com diferentes designações, como coloides hidrofílicos, gomas ou polissacarídeos solúveis em água [15]. Devido à sua propensão a formação de géis, agentes emulsificantes ou soluções viscosas, a mucilagem tem inúmeras finalidades [16;17]. Comumente sua extração é de origem vegetal, com potencialidade para ser aplicada em indústrias alimentares, cosméticas e farmacêuticas, com funcionalidade de gelificante, modificadores de reologia e agente de espessamento [18;19;20]. Uma vez que a origem da mucilagem é variada, sua composição também será diversificada [21].

Considerando estas novas possibilidades, existe muito a ser investigado acerca do uso de produtos naturais aplicados ao tratamento de água. Polímeros naturais são fundamentais para a redução do uso de reagentes sintéticos comerciais, e por serem biodegradáveis não oferecem riscos à saúde, além de baixo custo e menor impacto ambiental [22].

1.2.4 Espessamento e Filtragem

As operações de separação sólido-líquido, especialmente o espessamento e a filtragem, têm se tornado mais complexas e de extrema relevância [23] para o desaguamento de polpas de concentrado ou rejeito contendo cada vez mais partículas superfinais.

A separação de partículas de um fluido pelo processo de sedimentação se dá pela ação da gravidade sobre as partículas [24]. A velocidade terminal de sedimentação v de uma partícula isolada em movimento no fluido é dada pela Equação 1:

$$v = \frac{\mu_f}{D_p \rho_f} \left[\left(k_1 \frac{C_D Re^2}{24} \right)^{-1,20} + \left(\frac{C_D Re^2}{k_2} \right)^{-0,60} \right]^{-0,83} \quad (1)$$

Onde D_p é o diâmetro da partícula, ρ_f é a densidade do fluido, μ_f é a viscosidade do fluido, Re é número de Reynolds e C_D é coeficiente de arraste da partícula, k_1 e k_2 são constantes.

Na operação de filtragem, a polpa escoar por ação da pressão contra o meio filtrante, resultando na separação entre o filtrado e a torta. O fenômeno é expresso pela Equação 2:

$$\frac{dt}{dV} = \frac{\mu_f}{A(\Delta P)} \left[\frac{\langle \alpha \rangle V \rho_f C}{A} + R_m \right] \quad (2)$$

onde t é tempo de filtragem, V é o volume de filtrado, A é área de filtragem, ΔP é queda de pressão no filtro, $\langle \alpha \rangle$ é a resistividade média da torta, C é a concentração de sólidos na polpa que alimenta o filtro e R_m é a resistência do meio filtrante.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais

- ✓ Polpa de rejeito da deslamagem de processamento de beneficiamento de rocha fosfática, com 6,9% de sólidos;
- ✓ Polímero floculante Magnafloc® 1011 (poliacrilamida);
- ✓ Biopolímero (mucilagem da palma forrageira);

2.2 Métodos

2.2.1 Higienização da palma e extração da mucilagem

As amostras foram coletadas em Campina Grande – PB, as raquetes foram higienizadas com escovação e imersão em solução de hipoclorito de sódio por 10 minutos, finalizando com lavagem em água corrente (Figura 2) [25;26].

Foram feitos cortes na palma em formato de cubo, pesados e posteriormente imersos em um recipiente contendo água destilada em um período de 24 horas em uma proporção de 1:3 (biomassa/água), à temperatura ambiente [27].

Para realizar a extração, a solução contida no recipiente em presença de biomassa foi então filtrada com auxílio de um funil de Buchner e bomba de vácuo, e o filtrado foi pesado e armazenado em garrafas.

Para a caracterização da mucilagem extraída da palma, foi realizado processo de liofilização durante um período de cinco dias, em um equipamento Liofilizador L101 da Liobras, para obtenção de amostra em pó. Antes da liofilização, a amostra foi congelada à -55°C.

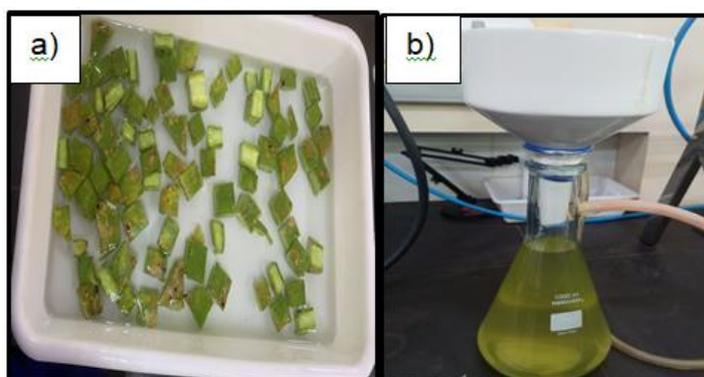


Figura 2. a) Cubos de raquete de palma imersos em água deionizada por 24h; b) filtragem da mucilagem extraída

2.2.2 Ensaio de floculação – *jar test*

Foram realizados testes de floculação em *jar test*, com o uso do polímero Magnafloc® 1011 e de mucilagem da palma forrageira, na dosagem de 120 g/t. Este ensaio ocorreu da seguinte forma: foi adicionado o polímero e a polpa sob agitação a 300 rpm durante 1 minuto e posteriormente a rotação foi reduzida a 150 rpm por 2 minutos. A velocidade de sedimentação foi realizada no próprio *jar test*.

2.2.3 Ensaio de sedimentação

Foi utilizado um espessador com altura e diâmetro de 45 cm e 3,5 cm, respectivamente, para espessar as amostras floculadas com o Magnafloc® 1011 e com a mucilagem de palma; cada polpa floculada foi mantida em repouso por uma hora, após este intervalo de tempo as polpas espessadas foram amostradas para ensaios posteriores.

2.2.4 Ensaio de filtragem – *filtratest*

A filtragem foi realizada no equipamento Filtratest® Bokela (Figura 3) à pressão aproximada de 1 bar. Levando em consideração o baixo teor de sólidos da polpa, estipulou-se a quantidade de 80 mL de amostra de polpa espessada, e um tempo total de filtragem de 120 s. Após a filtragem, o teor de umidade foi determinado por secagem em estufa a 100°C.

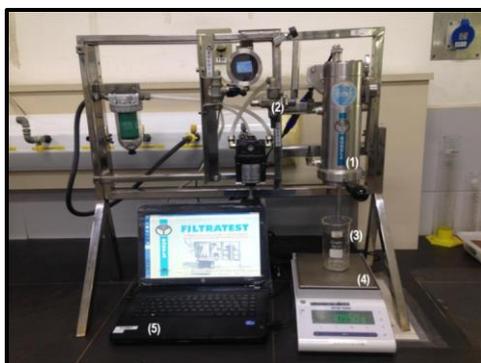


Figura 3. Equipamento Filtratest®: compartimento de filtragem (1), alimentação de ar comprimido (2), recipiente de coleta de filtrado(3), balança (4) e computador/software - aquisição de dados (5).

2.2.5 Distribuição granulométrica da polpa

A determinação de distribuição granulométrica da amostra de rejeito da deslamagem foi realizada por peneiramento a úmido e por difração a laser.

O ensaio de peneiramento foi realizado para uma amostra de 3,0 L de rejeito da deslamagem com teor de sólidos de 6,9%, submetida ao peneiramento a úmido, com 30 L de água. Utilizou-se a seguinte série de peneiras: 14, 20, 28, 35, 48, 65, 100, 150, 200, 270, 325, 400 *mesh Tyler*. Após o peneiramento, as frações retidas em cada faixa granulométrica foram secas em estufa a 105 °C e pesadas, e a granulometria do material passante na peneira de 400 *mesh* foi determinada por difratometria a laser, utilizando o equipamento Mastersizer 2000, da Malvern; a polpa foi dispersa com o auxílio de ponteira de ultrassom.

2.2.6 Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

Esta técnica utilizada para identificação de componentes químicos por meio dos tipos de ligações presentes na amostra. A faixa analisada de comprimento de onda foi entre 4000 – 400 cm^{-1} em número de onda, e assim visualizando as bandas de absorção características aos tipos de ligações presentes.

2.3 Resultados e Discussão

Nesta sessão serão apresentados e discutidos os resultados referentes ao rejeito fino de fosfato sem reagente (branco), rejeito fino de fosfato com Magnafloc® 1011 (RFFMAG_120) e rejeito fino de fosfato com palma (RFFPalma_120), sendo os dois últimos tratados com dosagem de 120g/t de floculante.

2.3.1 Distribuição granulométrica da polpa

Por meio da caracterização granulométrica da polpa de rejeito da deslamagem (material fino), mais de 90% estão abaixo de 37 μm (400 *mesh*), como apresentado na Figura 4.

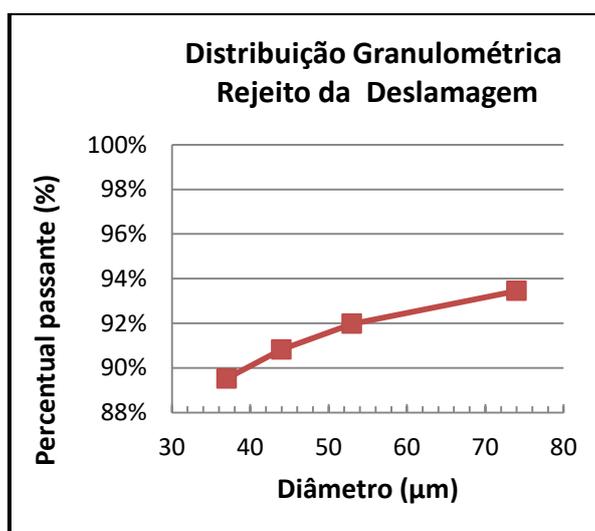


Figura 4. Curva de distribuição granulométrica do rejeito da deslamagem de minério de fosfato.

A Figura 5 apresenta a curva de distribuição de tamanho de partículas pela técnica de difração a laser para a fração granulométrica abaixo de 37 μm (400 *mesh*). Observou-se que para o rejeito da deslamagem, o diâmetro médio encontra-se com valor abaixo de 10 μm .

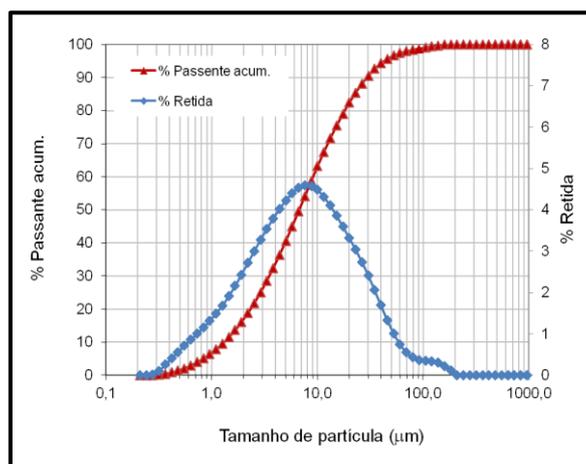


Figura 5. Gráfico de distribuição granulométrica de rejeito por difração à laser.

Quanto mais fina a granulometria do material, mais difícil se torna o desaguamento, devido à maior compactação do leito de partículas formado, além da elevada área

superficial que potencializa as interações de superfície. Nestes casos há a maior demanda por agentes flocculantes, que permitam a agregação das partículas, especialmente as de granulometria superfina, e a posterior separação sólido-líquido [28;29].

2.3.2 Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier

A Figura 6 apresenta as curvas de infravermelho para a mucilagem da palma, do Magnafloc 1011, para o rejeito sem flocculante (RFFsFLOC), o rejeito com palma (RFFPalma_120) e rejeito com Magnafloc 1011 (RFFMAG_120).

Com o espectro de infravermelho da mucilagem da palma é possível identificar ligações do tipo O-H na faixa entre 2800 e 3750 cm^{-1} . Já a região entre 1600 e 1650 cm^{-1} está associada as ligações C=C de compostos alifáticos, indicando a presença do componente whewellita, um mineral de oxalato de cálcio evidenciada em 780 e 1613 cm^{-1} . Além disso, em 1070 e 1433 cm^{-1} indica a presença de CO_3^{2-} em função da presença de carbonato de cálcio na composição da palma [30;31].

É possível observar uma quebra de ligação O-H presente na estrutura da mucilagem da palma, além de indicar interação entre as partículas do rejeito e os compostos alifáticos C=C presentes na estrutura da mucilagem (Figuras 6a e 6c).

Para o espectro do Magnafloc 1011, destacam-se as bandas na região entre 1650 e 1670 cm^{-1} referentes à vibração de estiramento do grupo carbonila C=O associado a amida, além de movimentos de flexão do grupamento N-H na região entre 3200 e 3600 cm^{-1} . Já para a banda com comprimento de onda de 2940 cm^{-1} , tem-se a banda associada ao alongamento de ligações C-H [32;33].

As Figuras 6b e 6d evidenciam um desaparecimento das bandas referentes as ligações O-H e N-H, além de também apresentar interações com ligações C-H.

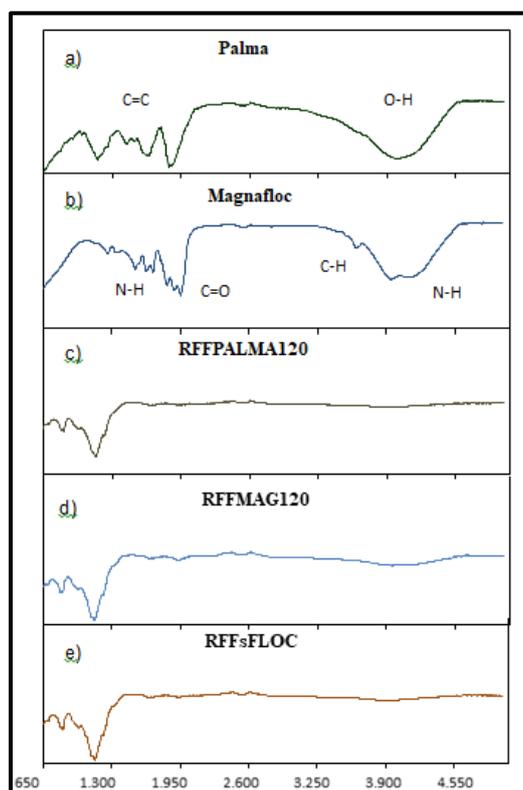


Figura 6. Curva de infravermelho a) mucilagem da palma; b) Magnafloc 1011 (puro); c) rejeito com palma 120g/t; rejeito com Magnafloc® 1011 120g/t e rejeito sem flocculante

2.3.3 Ensaio de floculação (*jar test*) e espessamento da polpa

Foram coletadas 2L de amostras de rejeito da deslamagem em duplicata, as quais apresentam concentração de sólidos equivalente a 6,9%. No presente ensaio utilizou-se como polímeros floculantes Magnafloc® e mucilagem de palma com dosagem de 120 g/t, além do ensaio do rejeito sem a presença de reagentes. Posterior à floculação, realizou-se o espessamento das amostras deixando-as em repouso por 60 minutos.

Observa-se na Figura 7 que, para a polpa floculada como reagente Magnafloc® 1011 a velocidade de sedimentação foi maior (6,0 cm/min), em comparação aos ensaios utilizando a mucilagem da palma (1,8 cm/min) e sem o uso de reagente (0,49 cm/min). O uso do Magnafloc® promoveu um aumento de velocidade 12 vezes maior, frente ao ensaio sem floculante; já o uso da palma promoveu um aumento de 4 vezes. Porém, devido à presença de muitas partículas finas e superfinas, nenhum dos polímeros floculantes foi eficiente para promover maior agregação destas partículas superfinas nas condições operacionais utilizadas, pois foi possível observar a presença de partículas ainda em suspensão (Figura 8).

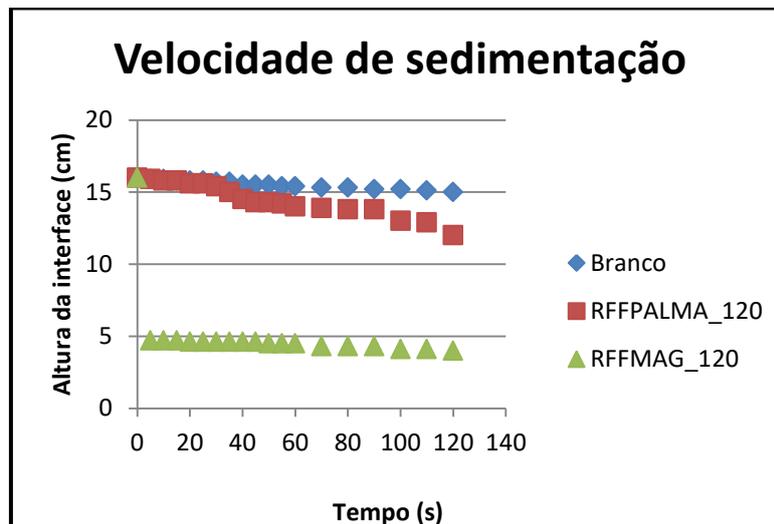


Figura 7. Velocidade de sedimentação referente aos rejeitos sem floculante e com adição da mucilagem e do Magnafloc® 1011

Segundo Otálora *et al.*(2022) [30;31], pode ocorrer a formação de um revestimento da superfície da partícula pelos polissacarídeos solúveis da mucilagem, o qual provoca a diminuição do número de sítios de adsorção ativos e a sorção por ligação de hidrogênio. Assim comprometendo o processo de interação partículas coloidais/cadeia polissacarídica e partículas coloidais/cadeia polissacarídica/complexos.



Figura 8. Amostra com Magnafloc® 1011 após ensaio de agregação.

Segundo Otálora *et al.*(2022) [30;31], no estudo da floculação aplicado ao tratamento de água de esgoto, verificou que a eficiência máxima de remoção de turbidez foi para pH = 13. Isto indica a necessidade de um estudo considerando a influência do pH na eficiência de interação entre a mucilagem e as partículas sólidas do rejeito, uma vez que no presente trabalho os ensaios foram realizados em pH natural da polpa, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de teor de sólidos, turbidez e condutividade dos sobrenadantes referentes as três amostras analisadas.

Amostra	% sólidos (espessado)	Turbidez sobrenadante (NTU)	Condutividade sobrenadante (μ S)	pH (sobrenadante)
Branco (polpa natural)	13,40	160,67	860	7,95
RFFMAG_120	35,60	55,23	816,9	7,70
RFFPalma_120	18,90	95,9	931,1	7,66

2.3.4 Ensaio de filtragem (*filtratest*)

As alíquotas em triplicata de 80mL coletadas do material espessado foram submetidas à filtragem no equipamento Filtratest® Bokela considerando um tempo total de filtragem de 120s. Foram medidas a turbidez e a condutividade do filtrado, além de teor de umidade da torta (Tabelas 2 e 3).

A resolução CONAMA N°357, de 17 de março de 2005 determina como referência para água de reuso turbidez de até 100 NTU. Na Tabela 2 é possível observar que apesar do elevado teor de umidade, ou seja, valores que inviabilizam o empilhamento do rejeito, o filtrado para todas as amostras apresentaram potencial para reuso, sendo 16,4 e 49,17 NTU para as amostras contendo Magnafloc® 1011 e palma respectivamente.

Ainda que a amostra contendo Magnafloc 1011 tenha menor turbidez do filtrado, esta apresentou maior teor de umidade frente a amostra com palma, e este fato pode estar associado a formação de flocos grandes, os quais promoveram o aprisionamento de moléculas de água [33].

Como evidenciado na Figura 5, a polpa tem granulometria muito fina, sendo composta por mais de 90% por partículas abaixo de 37 μ m (400 mesh), podendo gerar um aumento na resistência do meio filtrante, já que a presença de partículas finas pode ocasionar a colmatação do tecido.

Tabela 2. Valores de teor de sólidos, turbidez e condutividade dos filtrados referentes às três amostras analisadas.

Amostra	Turbidez do filtrado (NTU)	Condutividade (μS)	Teor de umidade (%)
Branco (polpa natural)	95,67	815,63	63,33
RFFMAG_120	16,40	800,65	49,26
RFFPalma_120	49,17	849,4	43,15

Considerando as mesmas condições de operação de filtração para as três amostras, a adição de Magnafloc® 1011 à polpa de rejeito de minério de fosfato apresentou maior filtrabilidade, como apresentado na Figura 9. Com base na Tabela 3, os dados obtidos por meio da Equação 2, verifica-se que o uso do Magnafloc® 1011 favoreceu em um aumento de 6 vezes a filtrabilidade ao comparar com o branco (rejeito sem floculante).

Na Figura 9 é possível visualizar a tendência de comportamento da filtração das amostras em estudo.

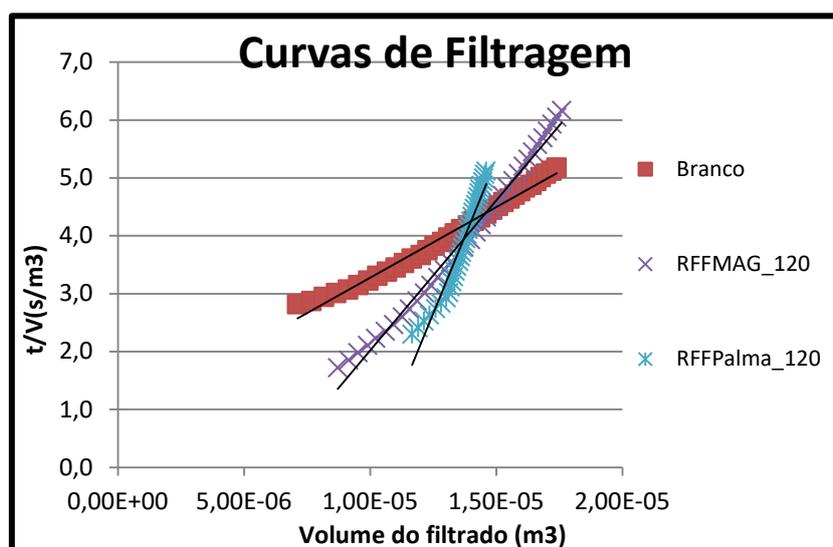


Figura 9. Curvas de filtração para as três amostras analisadas.

Tabela 3. Parâmetros obtidos nos ensaios de filtração com polímero floculante

Amostra	C_s (kg/m^3)	a (m/kg)	R_m (kg/m^2)	TUF ($\text{t}/\text{m}^2/\text{h}$)
Branco (polpa natural)	0,28408	$2,64\text{E}+10$	$4,38\text{E}+11$	$1,98\text{E}-1$
RFFMAG_120	0,75472	$1,41\text{E}+05$	$4,43\text{E}+9$	$6,35\text{E}-1$
RFFPalma_120	0,40068	$1,99\text{E}+05$	$1,75\text{E}+11$	$1,39\text{E}-1$

3 CONCLUSÃO

É evidente que a eficiência da filtragem está relacionada à presença de partículas finas, uma vez que para os dois polímeros floculantes o sobrenadante ainda apresentava partículas em suspensão. Apesar do polímero Magnafloc 1011 apresentar melhores resultados quanto à turbidez (16,40 NTU) e taxa unitária de filtragem (TUF) frente ao polímero natural (mucilagem da palma), a mucilagem mostra potencialidade para ser aplicada em águas de processo na mineração, uma vez que para as condições avaliadas, a turbidez do filtrado encontrou-se abaixo de 100 NTU. Futuramente serão avaliadas novas condições de aplicação variando a dosagem, realizando mais caracterizações do polímero natural, além de análise de carga superficial resultante, para investigar a faixa de pH ideal para favorecer o processo de agregação. Além de avaliar o custo de produção da mucilagem de palma.

Agradecimentos

Agradeço ao MCTI pela concessão da bolsa por meio do programa PCI/CETEM/MCTI; à supervisora Sílvia França e ao auxílio dos bolsistas Beatriz Teixeira e Neanderson Galvão, assim como ao CETEM pela infraestrutura.

REFERÊNCIAS

- 1 Sampaio, JA, Luz, AB, Andrade, MC, França, SCA., Água no processamento mineral. In: Tratamento de Minérios, 6a Edição (Eds. Luz, A.B., França, S.C.A, Braga, P.F.A.), CETEM/MCTI, pp.755-796, 2018.
- 2 Holt P. Electrocoagulation: unraveling and Synthesising the mechanisms behind a water treatment process. Tese de Doutorado, Faculty of Engineering, the University of Sydney, 2003
- 3 Neves ALA, Pereira L G R, Santos RD, Voltolini TV, Araújo GGL, Moraes S A, Aragão ASL, Costa CTF. Plantio e uso da palma forrageira na alimentação de bovinos no semiárido brasileiro. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, p.7, 2010.
- 26 Otálora MC, Torres AW, Lara CR, Castaño JAG, Cifuentes GR. Evaluation of Turbidity and Color Removal in Water Treatment: A Comparative Study between *Opuntia ficus-indica* Fruit Peel Mucilage and $FeCl_3$. *Polymers*. 2023 acesso em 18/05/2023; 4(15): 217. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/1/217>.
- 27 Otálora MC, Torres AW, Lara CR, Castaño JAG, Cifuentes GR. Use of *Opuntia ficus-indica* Fruit Peel as a Novel Source of Mucilage with Coagulant Physicochemical/Molecular Characteristics. *Polymers*. 2022 acesso em 19/05/2023; 14(18): 3832. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/18/3832>.
- 28 Ramirez A, Benítez JL, Astudillo LR, Gáscue BR. MATERIALES POLIMEROS DE TIPO HIDROGELES: REVISIÓN SOBRE SU CARACTERIZACIÓN MEDIANTE FTIR, DSC, MEB y MET. *Rev. LatinAm. Metal. Mat.* 2016; 36 (2): 108-130.
- 29 Gáscue BR, Ramírez M, Prin JL, Torres C, Bejarano L, Villsroel H, Rojas L, Murillo M Katime I. Hidrogeles de acrilamida/ácido acrílico y de acrilamida/poli(ácido acrílico): Estudio de su capacidad de remediación en efluentes industriales. *Rev. LatinAm. Metal. Mat.* 2010; 30 (1): 28-39.
- 30 Moreira GC, França SCA. Influência da agregação de partículas no desaguamento de rejeitos minerais e na qualidade da água de reuso. 2019 acesso em 04/05/2023, 182-188. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/2322/1/Guilherme%20Campos%20Moreira.pdf>