

ESTUDO DA EFICIÊNCIA DO COMPOSTO ATIVO DE *MORINGA OLEIFERA* EXTRAÍDA COM SOLUÇÕES SALINAS NA TRATABILIDADE DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

Dalila Maria Formentini-Schmitt¹

Márcia Regina Fagundes-Klen¹

Márcia Teresinha Veit¹

Rosângela Bergamasco²

Anandyara Thais Ferrandin¹

Resumo: A indústria de laticínios é caracterizada pela geração de despejos com altas concentrações de nutrientes, sólidos em suspensão e gorduras, que são tratados por técnicas tradicionais que utilizam coagulantes inorgânicos. Alternativamente estão sendo estudados coagulantes naturais como o extraído das sementes de *Moringa oleífera* (*M. oleífera*), que é biodegradável, de baixo custo e gera volumes menores de lodo. A extração do coagulante com solução salina concentrada (1,0 M) eleva a capacidade de coagulação. A carência de alternativas de baixo custo e ambientalmente corretas para tratamento de águas residuárias provenientes das indústrias de pequeno e médio porte motivou este estudo, cujo objetivo é avaliar a eficiência do processo de coagulação/floculação em termos de remoção de cor aparente, turbidez e demanda química de oxigênio (DQO) utilizando a semente de *M. oleífera* e soluções salinas distintas (KCl 1,0 M e NaCl 1,0 M) para extração do coagulante; além de avaliar o comportamento do pH durante o tempo de sedimentação. Os ensaios foram conduzidos em “Jar Test”, e foram estudadas as faixas de concentração de 1300 a 1800 ppm de *M. oleífera* em solução salina. Os melhores resultados encontraram-se quando se utilizaram 1500 ppm da solução coagulante extraída com KCl 1,0 M; obteve-se uma remoção de 98,3% de cor aparente, 97,1% de turbidez e 58,9% de DQO.

Palavras-chave: coagulação/floculação, efluente de laticínios, coagulante natural.

Abstract: The dairy industry is characterized by the generation of effluents with high concentrations of nutrients, suspended solids and fats, which are treated by traditional techniques using inorganic coagulants. Alternatively coagulants are being studied as the extracted natural seed *Moringaoleífera* (*M. oleífera*), which is biodegradable, low cost and generates minor amounts of sludge. The extraction of the concentrated coagulant saline (1.0 M) increased the coagulation. The lack of alternative low cost and environmentally sound treatment of wastewater from the industries of small and medium-sized motivated this study, whose objective is to evaluate the efficiency of coagulation / flocculation in terms of removal of apparent color, turbidity and demand chemical oxygen demand (COD) using the seed of *M. oleífera* is different salt solutions (1.0 M KCl and 1.0 M NaCl) for extraction of the coagulant, in addition to evaluate the behavior of the pH during the settling time. The tests were conducted in "Jar Test", the concentration ranges from 1300 to 1800 ppm of *M. oleífera* were studied in saline solution. The best results were found when using 1500 ppm of the coagulant solution extracted with 1.0 M KCl; gave a 98.3% removal of color apparent turbidity of 97.1% and 58.9% of the COD.

Keywords: coagulation/flocculation, dairy effluent, natural coagulant.

¹Programa de Pós Graduação Eng. Química – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. e-mail: dalila_formentini@hotmail.com

²Programa de Pós Graduação Eng. Química – Universidade Estadual de Maringá.

1. INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos além do consumo de grandes volumes de água potável (Galambos *et al.*, 2004) ainda apresenta problemas relacionados à produção de águas residuárias com altas cargas orgânicas e geração de grandes volumes de lodo (Ramjeawon, 2000).

A indústria de laticínios se insere neste contexto, pois seus despejos são caracterizados por apresentarem elevadas concentrações de nutrientes, sólidos em suspensão e gorduras (Kushwaha *et al.*, 2010). O tratamento inadequado destes despejos pode causar graves danos ambientais.

Estima-se que ocorra um desperdício de 2% do volume total de leite processado, que por falhas operacionais entre outras causas acabam se misturando ao efluente produzido nos processos de partidas, paradas e lavagem de equipamentos e pisos. O volume dos despejos desta indústria pode variar de 0,2 a 10 litros de águas residuárias por litro de leite processado (Tchamango *et al.*, 2010).

Para Kushwaha *et al.* (2010), as técnicas de tratamento para as águas residuárias da indústria de laticínios geralmente estão associadas aos processos tradicionais que combinam tratamento físico (ou físico-químico) ao tratamento biológico.

Os coagulantes inorgânicos mais conhecidos e utilizados no tratamento físico-químico de água e água residuária são os sais de ferro e alumínio, ambos são dependentes de fatores como concentração, pH e temperatura para que seu desempenho seja satisfatório (Renault *et al.*, 2009).

Muitos estudos já relataram os problemas associados ao uso dos coagulantes inorgânicos à base de sais de ferro e alumínio (Ndabigengesere *et al.*, 1995; Ndabigengesere e Narasiah, 1998), isso tem motivado pesquisadores em buscar alternativas ao uso destes coagulantes.

O uso de coagulantes naturais no tratamento de água superficial para produção de água potável já ocorre em países como Japão, China, Índia e Estados Unidos (Madrona *et al.*, 2010).

Um dos coagulantes naturais mais estudados atualmente é extraído das sementes de *M. oleífera*, planta tropical, originária da Índia. Atualmente a *M. oleífera* é encontrada em diversos países de clima tropical (Bhatia *et al.*, 2007), inclusive no Brasil.

O uso do coagulante natural extraído das sementes de *M. oleífera* apresenta vantagens importantes em relação ao uso dos coagulantes inorgânicos. Katayon *et al.* (2007) relataram que os volumes de lodo gerados são menores comparados aos produzidos por coagulantes inorgânicos como os sais de alumínio, além de ser biodegradável e apresentar baixo risco ao meio ambiente. Bhuptawat *et al.* (2007) ressaltaram que esse lodo, após estabilização, pode ser utilizado como fertilizante ou condicionador de solos.

Silva *et al.* (2012), em seus estudos de lixiviação e solubilização dos lodos de policloreto de alumínio (PAC) e *Moringa oleífera* gerados no processo de coagulação/floculação de água bruta, classificaram estes resíduos como CLASSE II A, Não perigoso – Não inerte. Os autores destacam a necessidade de adequada disposição deste lodo de modo a não causar danos ao meio ambiente e aos seres humanos.

Ndabigengesere *et al.* (1995) afirmaram que a atividade das sementes de *M. oleífera* como coagulante se deve à presença de proteínas catiônicas solúveis em água. Segundo Okuda *et al.* (1999), a extração do coagulante, a partir das sementes de *M. oleífera*, utilizando soluções salinas concentradas, pode elevar a capacidade de coagulação em até 7,4 vezes em relação ao coagulante extraído apenas com água destilada.

Schmitt *et al.* (2012) utilizaram a *Moringa oleífera* extraída com solução de KCl 1,0 M para tratamento de águas

residuárias da indústria de laticínios e obtiveram remoções de cor aparente e turbidez de 84,5% e 98,0%, respectivamente. Este resultado demonstra o potencial de uso deste coagulante natural no tratamento deste tipo de efluente.

Alguns estudos relataram a utilização do extrato de *M. oleífera* como coagulante para tratamento de águas com elevada turbidez (Ndabigengesere *et al.*, 1995; Nkurunziza *et al.*, 2009; Madrona *et al.*, 2010) e também para abrandamento de águas duras (Muyibie Evison, 1995). Outros estudos utilizaram este coagulante para tratamento de águas residuárias (Bhatia *et al.*, 2007; Prasad, 2009). Entretanto, existe uma carência de estudos com coagulantes naturais para tratamento de águas residuárias provenientes de agroindústrias como a de laticínios que estão presentes em praticamente todas as regiões do Brasil; normalmente são indústrias de pequeno e médio porte que necessitam de técnicas de baixo custo para tratamento de seus despejos.

Dentro deste contexto, o presente estudo destaca como objetivos: avaliar as eficiências das soluções coagulantes de *M. oleífera* extraídas com soluções salinas distintas de KCl 1,0 M e NaCl 1,0 M em termos de redução de cor aparente, turbidez e DQO, nos processos de coagulação/floculação/sedimentação para a água residuária da indústria de laticínios; avaliar o comportamento do pH durante a sedimentação; além de determinar qual a melhor solução coagulante e sua concentração ideal.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da Água Residuária

A água residuária utilizada nos ensaios foi coletada na entrada da estação de tratamento de uma indústria de laticínios do Oeste do Estado do Paraná, no Brasil. A mesma foi caracterizada através de ensaios físico-químicos logo após a coleta. Os parâmetros avaliados

foram cor aparente e DQO (espectrofotômetro HACH DR/2010), turbidez (turbidímetro HACH 2100 P), pH (pHmetro Digimed DM-22) e sólidos suspensos totais (APHA, 1994).

Após a caracterização inicial, a água residuária foi homogeneizada, devidamente fracionada e armazenada em condições de congelamento. As amostras necessárias para realização dos ensaios de coagulação/floculação/sedimentação foram retiradas com antecedência para serem utilizadas à temperatura ambiente (23-25°C).

2.2 Preparo da Solução Coagulante de *M. Oleífera*

Foram preparadas soluções coagulantes distintas de *M.oleífera*, uma utilizou solução de KCl 1,0 M (MO-KCl) e outra utilizou solução de NaCl 1,0 M (MO-NaCl), segundo Madrona *et al.* (2010) e Okuda *et al.* (1999).

As soluções coagulantes foram preparadas para uso imediato. Trituram-se em um “blender” 5 g de sementes de *M. oleífera* descascadas e 100 mL de solução de KCl 1,0 M ou NaCl 1,0 M. Em seguida esta solução foi mantida sob agitação durante 30 min. e posterior filtração a vácuo (Heredia e Sánchez-Martín, 2009; Nkurunziza *et al.*, 2009; Madrona *et al.*, 2010).

2.3 Ensaio de Coagulação/ Floculação/ Sedimentação

As concentrações utilizadas nos ensaios de coagulação/floculação/sedimentação para as duas soluções coagulantes estudadas (MO-KCl e MO-NaCl) foram de 1300, 1400, 1500, 1600, 1700 e 1800 ppm e foram estabelecidas com base na literatura (Bhatia *et al.*, 2007). Não foi necessário ajustar o pH.

Os ensaios de coagulação/floculação/sedimentação foram realizados em duplicata utilizando um equipamento de “Jar-Test” microcontrolado, marca Milan, modelo JT-103/6. As condições empregadas para o processo de

coagulação/floculação/sedimentação foram velocidade de mistura rápida de 100 rpm, tempo de coagulação de 2 min, velocidade de mistura lenta de 20 rpm, tempo de floculação de 10 min e tempo de sedimentação de 60 min (Bhuptawat *et al.*, 2007).

As coletas foram realizadas nos intervalos de 20, 40 e 60 min. Para cada amostra foram determinados os parâmetros pH, cor aparente e turbidez. O parâmetro DQO foi quantificado apenas nas amostras coletadas no tempo de 60 min. de sedimentação.

A eficiência do processo foi avaliada em termos de remoção de cor aparente, turbidez e DQO.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização da Água Residuária

Na Tabela 1 é apresentada uma comparação entre os resultados da caracterização realizada com a água residuária da indústria de laticínios coletada e alguns dados da literatura.

Tabela 1. Caracterização da água residuária e comparação com dados da literatura.

Parâmetro	Resultados obtidos	Sarkar <i>et al.</i> (2006)	Danalewich <i>et al.</i> (1998)
Cor aparente (mgPtCo L ⁻¹)	2541	-	-
Turbidez (NTU)	711	15 – 30	-
pH (-)	7,59	5,5 – 7,5	1,8 – 11,3
DQO (mg L ⁻¹)	2370	1500 – 3000	785 – 7619
Sólidos Suspensos Totais (mg L ⁻¹)	540	250 – 600	326 – 3560

Conforme observado na Tabela 1, a água residuária utilizada no presente estudo apresentou expressiva carga orgânica, como pode ser observado pelos valores relativamente elevados dos parâmetros: cor aparente, turbidez, DQO e sólidos suspensos totais.

Apesar da diferença entre os valores de turbidez encontrados comparados aos relatados por Sarkar *et al.* (2006), conclui-se que o valor encontrado esteja de acordo com as características do local de coleta, pois, segundo Sengile Özakar (2006), cada estabelecimento industrial apresenta características próprias e isso influencia diretamente nos parâmetros físico-químicos de suas águas residuárias.

3.2 Ensaio de Coagulação/ Floculação/ Sedimentação

Nas Figuras 1 e 2 são apresentados os resultados da variação do pH durante o tempo de sedimentação e nas diferentes concentrações de coagulante para os ensaios com MO-KCl e MO-NaCl, respectivamente.

Segundo Sarkar *et al.* (2006), a coagulação/ floculação é uma das etapas mais importantes do tratamento físico-químico e tem como objetivo a remoção do material em suspensão, responsável pela turbidez das águas residuárias e também pela redução da matéria orgânica que contribui para os índices de demanda biológica de oxigênio (DBO) e DQO presentes nestas águas.

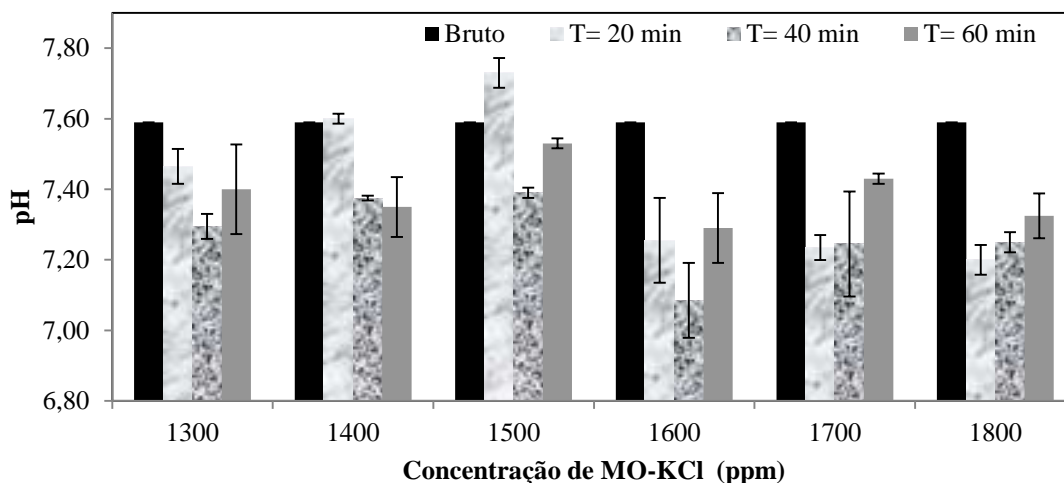


Figura 1. Variação do pH durante o tempo de sedimentação para MO-KCl.

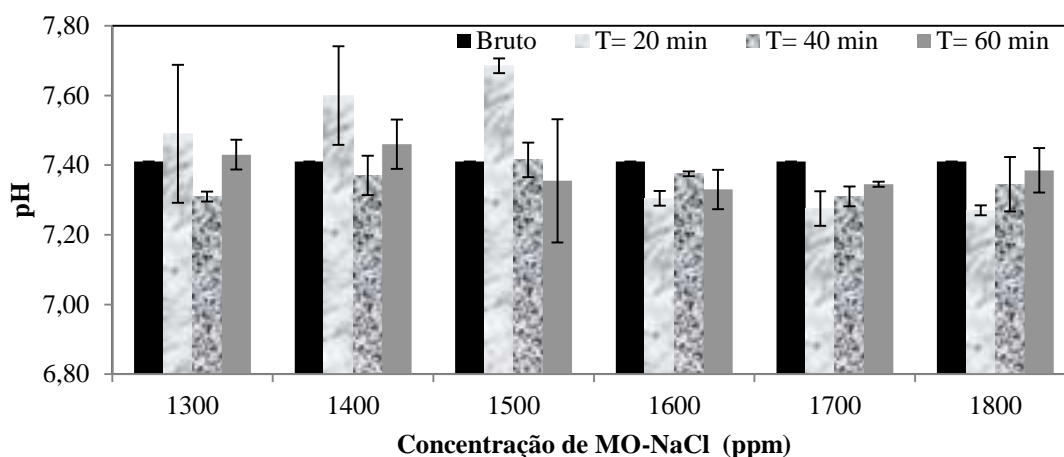


Figura 2. Variação do pH durante o tempo de sedimentação para MO-NaCl.

É possível observar nas Figuras 1 e 2 que a variação do pH entre a amostra de água residuária bruta (antes da adição do coagulante) e após os processos de coagulação/floculação/sedimentação não foi significativa e que o pH das amostras após o tempo total de sedimentação de 60 min. foi ligeiramente menor que o pH das mesmas antes do tratamento. A exceção ocorreu nas concentrações de 1300 e 1400 ppm de MO-NaCl, em que ambas apresentaram variações de pH nos tempos intermediários e em T= 60 min. um pH ligeiramente maior que o pH da amostra antes do tratamento (bruta). Este fato pode ter relação com a formação de flocos muito pequenos pela baixa concentração do coagulante MO-Na

Clutilizada, o que também ocasionou baixa remoção de cor aparente e turbidez nestas duas concentrações de MO-NaCl.

Prasad (2009) obteve resultados semelhantes ao estudar a remoção de cor da água residuária de destilaria de álcool, no qual utilizou sementes de *M. oleífera* como coagulante. O ligeiro decréscimo do pH após o tratamento, segundo o autor pode estar associado ao balanço dos íons hidrogênio dos ácidos fracos presente na solução de *M. oleífera* com os íons hidróxido presentes na água residuária utilizada.

Nas Figuras 3 e 4 são apresentados os resultados referentes à remoção de cor aparente durante o tempo de sedimentação para os ensaios com MO-KCl e MO-NaCl, respectivamente.

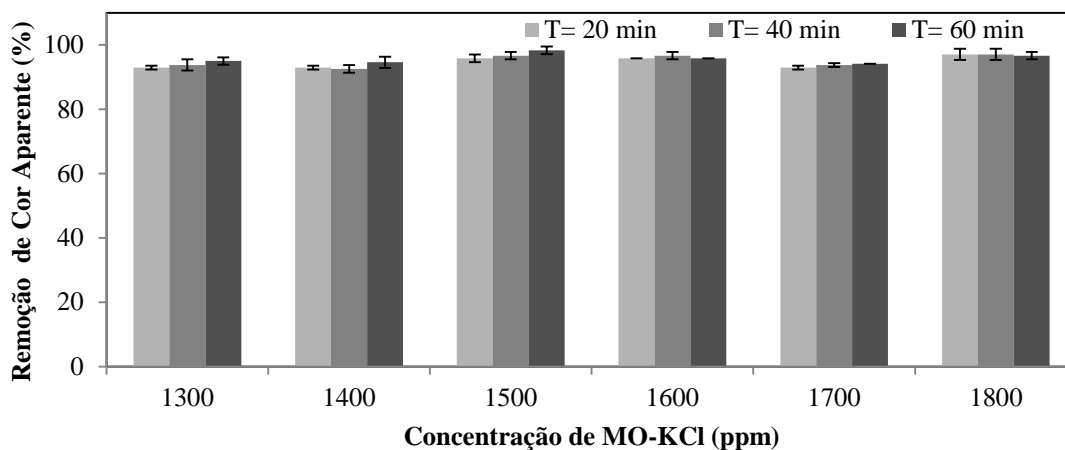


Figura 3. Remoção de Cor Aparente durante o tempo de sedimentação para MO-KCl.

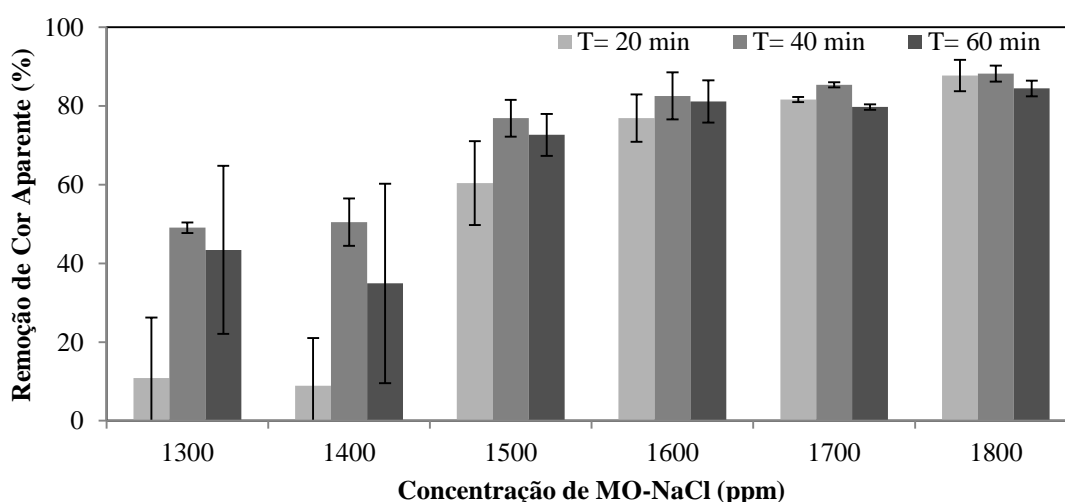


Figura 4. Remoção de Cor Aparente durante o tempo de sedimentação para MO-NaCl.

Na Figura 3 são apresentadas remoções de cor aparente superiores a 94% e um desvio-padrão muito pequeno.

Na Figura 4 um incremento na remoção de cor aparente ocorreu após decorridos os tempos iniciais de sedimentação.

Resultados semelhantes aos de remoção de cor aparente foram encontrados para remoção de turbidez como pode ser observado nas Figuras 5 e 6.

Conforme consta nas Figuras 5 e 6, os melhores resultados de remoção de turbidez e os menores desvios-padrões

são encontrados na Figura 5, ou seja, também para este parâmetro o coagulante extraído de *M. oleifera* com solução de KCl 1,0 M alcançou melhores resultados.

Segundo Madrona *et al.* (2010), para o tratamento de água superficial de elevada turbidez o coagulante de *M. oleifera* extraído com KCl 1,0 M também apresentou melhores resultados, ou seja, em pH 8,0 as melhores remoções de cor aparente e turbidez foram 82,0% e 96,0%, respectivamente.

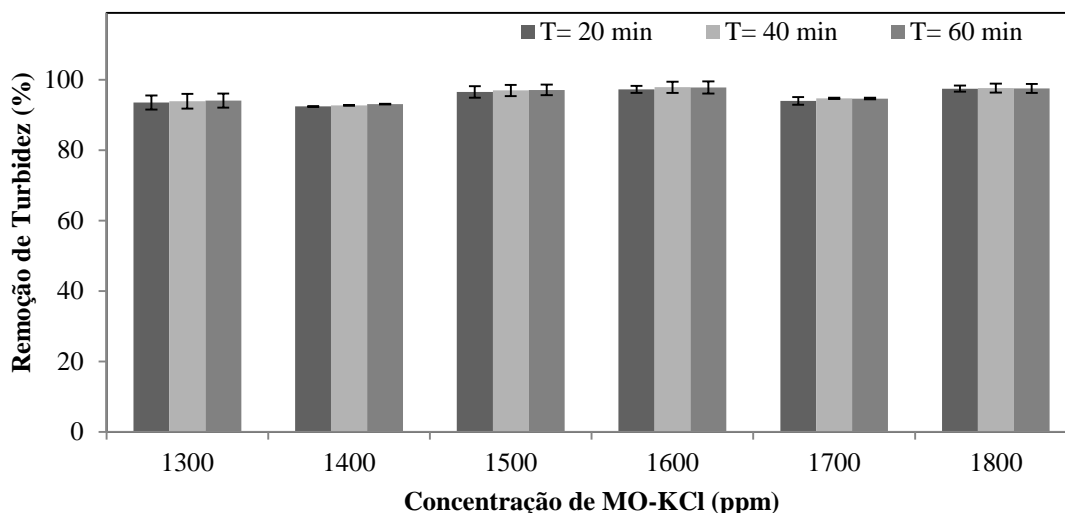


Figura 5. Remoção de turbidez durante o tempo de sedimentação para MO-KCl.

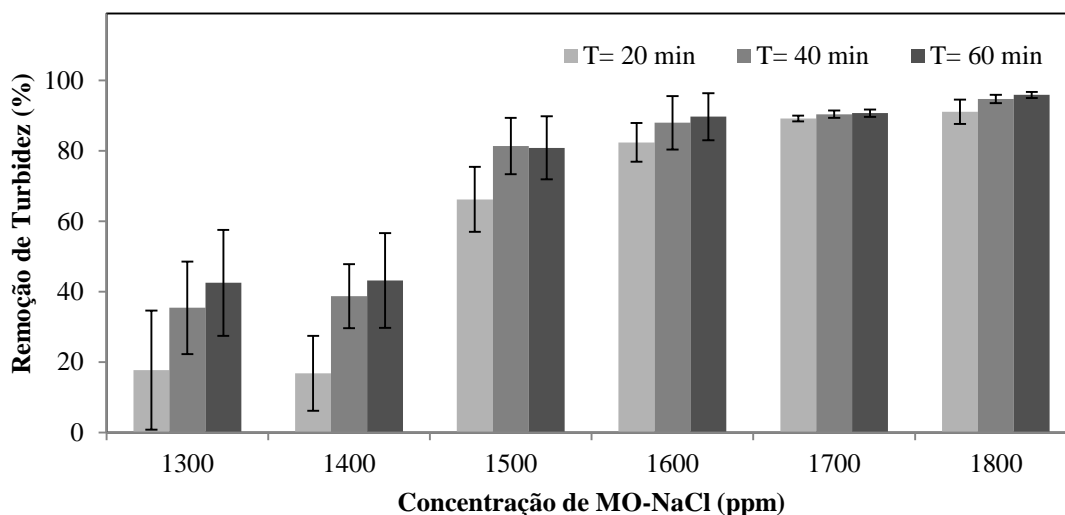


Figura 6. Remoção de turbidez durante o tempo de sedimentação para MO-NaCl.

As elevadas remoções de cor aparente e turbidez neste estudo eram esperadas, pois a água residuária da indústria de laticínios utilizada apresentou elevada concentração destes parâmetros. De acordo com Nkurunziza *et al.* (2009), o coagulante extraído da *M. oleífera* com solução salina se apresenta mais eficiente para águas superficiais com elevada turbidez, não sendo bom coagulante para águas com cor aparente e turbidez baixas.

Na Figura 6 verificou-se que a remoção de turbidez foi mais significativa apenas quando se empregou

concentrações maiores de coagulante MO-NaCl.

A observação das Figuras 3, 4, 5 e 6 permite afirmar que os desvios padrões identificados pelas barras de erro inseridas nestas figuras foram mais acentuados nos ensaios com MO-NaCl, principalmente nos tempos iniciais. Da mesma forma, é possível afirmar ainda que MO-KCl apresentou resultados melhores e mais uniformes que MO-NaCl.

A avaliação das eficiências das soluções coagulantes extraídas com soluções salinas distintas e a determinação de qual seria a melhor

solução coagulante para a água residuária da indústria de laticínios estão entre os objetivos do presente estudo.

As observações apresentadas por Madrona *et al.* (2010) em seus estudos para tratamento de água superficial de elevada turbidez são importantes, pois os autores observaram que o declínio na concentração salina teve relação com a diminuição nos percentuais de remoção de turbidez. O maior índice de proteína encontrado pelos autores foi na solução com KCl 1,0 M (23.400 mg L⁻¹), sendo que este índice foi diminuindo conforme se utilizaram concentrações salinas mais baixas (13.650 mg L⁻¹ para 0,1 M e 9.750 mg L⁻¹ para 0,001 M). A extração do coagulante apenas com água destilada foi a que obteve o menor índice de proteína (873 mg L⁻¹). Os autores verificaram que

quanto maior o índice de proteína melhor é a eficiência na remoção de cor e turbidez.

O pH da água residuária objeto deste estudo não foi ajustado e se manteve na faixa de 7,0 a 7,5 e isso também pode justificar as altas remoções para cor aparente e turbidez obtidas no ensaio com MO-KCl, já que Madrona *et al.* (2010) encontraram os melhores resultados com o pH 8,0, enquanto que no pH 4,0 e 6,0 as remoções foram significativamente menores.

Na Figura 7 são destacadas as remoções para o parâmetro DQO, observadas nos ensaios com MO-KCl e MO-NaCl.

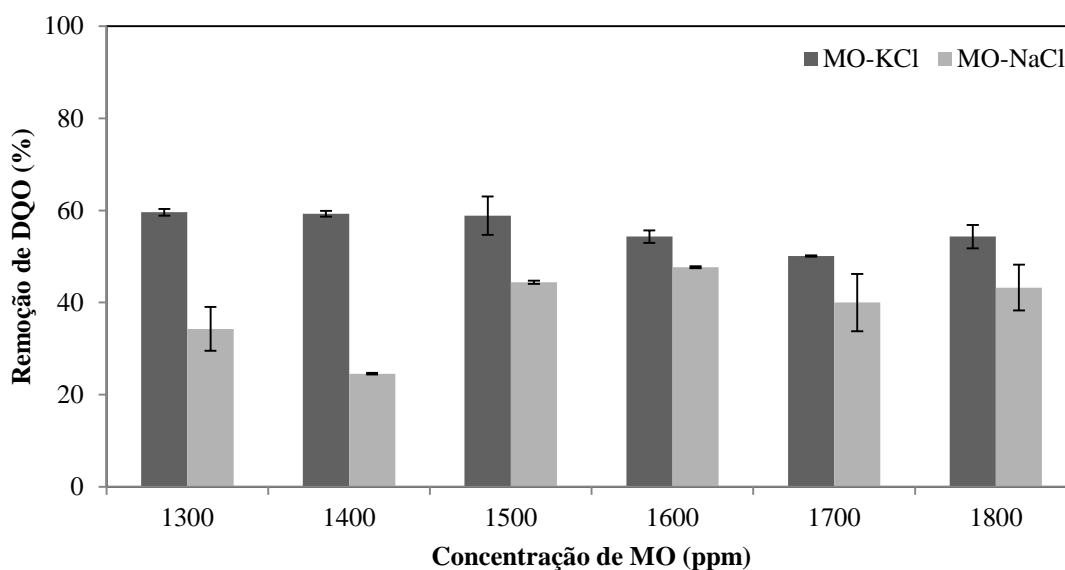


Figura 7. Remoção de DQO após 60 min de sedimentação utilizando MO-KCl e MO-NaCl em diferentes concentrações.

Ao observar a Figura 7 e comparar as remoções de DQO que utilizaram MO-KCl e MO-NaCl é possível constatar que a remoção de DQO ao utilizar MO-KCl foi superior em todas as concentrações, nas quais, foi possível obter até 59,6% de remoção para o parâmetro DQO na concentração de 1300 ppm de MO-KCl. A melhor remoção de DQO com MO-NaCl foi de 47,7% para a concentração de 1600 ppm.

Um estudo semelhante realizado por Sarkar *et al.* (2006) também obteve boa remoção de DQO. Neste estudo, os autores utilizaram o biopolímero quitosana para tratamento por coagulação/floculação de água residuária da indústria de laticínios. Os resultados deste estudo em termos de remoção de DQO para as concentrações entre 10 e 50 mgL⁻¹ de quitosana e para o pH 4,0 foram de 57% e são similares aos encontrados no ensaio com MO-KCl para

a concentração de 1500 ppm, no qual a remoção de DQO chegou a 58,9%. Aparentemente a diferença entre as concentrações dos dois coagulantes aponta uma vantagem para o uso de quitosana, mas o custo deste coagulante é muito superior ao da *M. oleífera* e nos ensaios realizados com *M. oleífera* não foi necessário o ajuste de pH, o que representa uma vantagem financeira e operacional importante.

Okuda *et al.* (1999) em seus estudos não observaram diferenças significativas quanto à eficiência na remoção de turbidez de amostras de água turva (sintética) com a utilização do coagulante *M. oleífera* extraída com diferentes sais (NaCl, KCl, KNO₃ e NaNO₃); no presente estudo o melhor desempenho pode ser verificado nas Figuras 3, 4, 5, 6 e 7, para o coagulante de *M. oleífera* extraído com solução de KCl 1,0 M em todas as concentrações utilizadas e em todos os parâmetros analisados.

A origem da água que foi tratada (água superficial ou residuária) pode influenciar nos resultados, ou seja, pela alta carga orgânica presente nas águas residuárias da indústria de laticínios, a dispersão do coagulante MO-KCl causou maior desestabilização das partículas coloidais e posterior formação de grandes flocos do que o coagulante MO-NaCl, o que justificaria o comportamento diferente em relação aos estudos de Okuda *et al.* (1999).

Prasad (2009), ao tratar água residuária de destilariade álcool empregou diferentes sais (NaCl, KCl, NH₄Cl, NaNO₃ e KNO₃) para a extração do coagulante de *M. oleífera* e obteve os melhores resultados quando utilizou NaCl e KCl. As remoções de cor obtidas pelos autores alcançaram 56% e 67% para os sais NaCl e KCl, respectivamente, ou seja, semelhante a este estudo obtiveram melhores resultados ao utilizar o sal KCl para extração do coagulante de *M. oleífera*.

4. CONCLUSÃO

Com base no estudo realizado conclui-se que:

- o uso do coagulante de *M. oleífera* não altera o pH das águas tratadas o que evita a necessidade de correção de pH após o tratamento;
- a extração do coagulante de *M. oleífera* com as soluções salinas concentradas (1,0 M) possibilitou alcançar elevadas remoções de cor aparente (98,3%) e turbidez (97,8%), a remoção de DQO foi menor, mas não menos importante, pois chegou a 59,6%;
- o coagulante de *M. oleífera* extraído com solução salina de KCl 1,0 M foi mais eficiente em termos de remoção de cor aparente, turbidez e DQO para a água residuária de laticínios do que o coagulante extraído com NaCl 1,0 M;
- a melhor concentração empregada no presente estudo foi 1500 ppm de MO-KCl, pois apresentou a mais elevada remoção de cor aparente (98,3% seguido de 96,7% em 1800 ppm), além das remoções de turbidez e DQO (97,1% e 58,9%, respectivamente) estarem muito próximas das maiores remoções já destacadas;
- a *M. oleífera* se apresenta como uma importante alternativa aos coagulantes inorgânicos que têm desvantagens como a geração de grandes volumes de lodo inorgânico. *AM. oleífera* além de ser biodegradável também possui baixo custo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, New York: American Public Health Association, 1994.
- BHATIA, S.; OTHMAN, Z.; AHMAD, A.B., 2007. Pretreatment of palm oil mill effluent (POME) using *Moringaoleifera*

seed's as natural coagulant. *Journal of Hazardous Materials*. 145, pp. 120-126.

BHUPTAWAT, H.; FOLKARD, G.K.; CHAUDHARI, S., 2007. Innovative physico-chemical treatment of wastewater incorporating *Moringaoleifera* seed coagulant. *Journal of Hazardous Materials*. 142, pp. 477-482.

DANALEWICH, J.R.; PAPAGIANNIS, T.G.; BELYEA, R.L.; TUMBLESON, M.E.; RASKIN, L., 1998. Characterization of dairy waste streams, current treatment practices, and potential for biological nutrient removal. *Water Research*, 12 (32), pp. 3555-3568.

GALAMBOS, I.; MOLINA, J.M.; JÁRAY, P.; VATAI, G.; BEKÁSSY-MOLNÁR, E., 2004. High organic content industrial wastewater treatment by membrane filtration. *Desalination*. 162, pp. 117-120.

HEREDIA, J.B.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J., 2009. Removal of sodium lauryl sulphate by coagulation/flocculation with *Moringaoleifera* seed extract. *Journal of Hazardous Materials*. 164, pp. 713-719.

KATAYON, S.; NOOR, M.J.M.M.; TAT, W.K.; HALIM, G.A.; THAMER, A.M.; BADRONISA, Y., 2007. Effect of natural coagulant application on microfiltration performance in treatment of secondary oxidation pond effluent. *Desalination*. 204, pp. 204-212.

KUSHWAHA, J.P.; SRIVASTAVA, V.C.; MALL, I.D., 2010. Treatment of dairy wastewater by commercial activated carbon and bagasse fly ash: Parametric, kinetic and equilibrium modelling, disposal studies. *Bioresource Technology*. 10 (101), pp. 3474-3483.

MADRONA, G.S.; SERPELLONI, G.B.; VIEIRA, A.M.S.; NISHI, L.; CARDOSO, K.C.; BERGAMASCO, R., 2010. Study of the effect of saline

solution on the extraction of the *Moringaoleifera* seed's active component for water treatment. *Water Air Soil Pollution*. 14 (211), pp. 409-415.

MUYIBI, S.A.; EVISON, L.M., 1995. *Moringaoleifera* seed's for softening hard water. *Water Research*. 4 (29), pp. 1099-1105.

NDABIGENGESERE, A; NARASIAH, K.S., 1998. Quality of water treated by coagulation using *Moringaoleifera* seeds. *Water Research*. 32, pp. 781-791.

NDABIGENGESERE, A; NARASIAH, K.S.; TALBOT, B. G., 1995. Active agents and mechanism of coagulation of the turbid water using *Moringaoleifera*. *Water Research*. 2 (29), pp. 703-710.

NKURUNZIZA, T.; NDUWAYEZU, J. B.; BANADDA, E. N.; NHAPI, I., 2009. The effect of turbidity levels and *Moringaoleifera* concentration on the effectiveness of coagulation in water treatment. *Water Science & Technology*. 59, pp. 1551-1558.

OKUDA, T.; BAES, A. U.; NISHIJIMA, W.; OKADA, M., 1999. Improvement of extraction method of coagulation active components from *Moringaoleifera* seed. *Water Research*. 33, pp. 3373-3378.

PRASAD, R. K., 2009. Color removal from distillery spent wash through coagulation using *Moringaoleifera* seeds: Use of optimum response surface methodology. *Journal of Hazardous Materials*. 165, pp. 804-811.

RAMJEAWON, T., 2000. Cleaner production in Mauritian cane-sugar factories. *Journal of Cleaner Production*. 8, pp. 503-510.

RENAULT, F.; SANCEY, B.; BADOT, P.M.; CRINI, G., 2009. Chitosan for coagulation/flocculation processes – An eco-friendly approach. *European Polymer Journal*. 25, pp. 1337-1348.

SARKAR, B.; CHAKRABARTI, P.P.;VIJAYKUMAR, A.; KALE, V., 2006. Wastewater treatment in dairy industries — possibility of reuse.Desalination. 195, pp. 141-152.

SCHMITT, D. M. F.; FAGUNDES-KLEN, M. R.; VEIT, M. T.; BERGAMASCO, R., 2012. Tratamento de águas residuárias da indústria de laticínios pelo processo de coagulação/floculação utilizando a semente de *Moringa oleifera*. Potencialidades da *Moringa oleifera* Lam. Cap. 24, v. 2, Editora UFS, pp. 301-316.

SENGIL, I. A.; ÖZACAR, M., 2006. Treatment of dairy wastewaters by electrocoagulation using mild steel electrodes. Journal of Hazardous Materials, B 137, pp. 1197-1205.

SILVA, C. A.; SILVEIRA, C.; SILVA, F. A.; FAGUNDES-KLEN, M. R.; BERGAMASCO, R., 2012. Classificação dos lodos formados durante o processo de coagulação/floculação da água com os coagulantes PAC e *Moringa oleifera*. Engevista. 14 (3), pp. 302-309.

TCHAMANGO, S.; NANSEU-NJIKI, C.P.; NGAMENI, E.; HADJIEV, D.; DARCHEN,A., 2010. Treatment of dairy effluents by electrocoagulation using aluminium electrodes. Science of the Total Environment.408, pp. 947-952.