

COMPARAÇÃO ENTRE COAGULANTES ORGÂNICOS E SULFATO DE ALUMÍNIO NO PÓS TRATAMENTO DO EFLUENTE DE INDÚSTRIA CERVEJEIRA

FELIPE JHORDÃ LADEIA JANZ¹, EDILAINE REGINA PEREIRA², THAÍS RIBEIRO³, DANDLEY VIZIBELLI⁴, JULIO CESAR ANGELO BORGES⁵, MARIA CHRISTINA ANDRADE⁶

¹ Engenheiro Ambiental, Mestrando, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Londrina – PR, Fone: (043) 96530041, fellipejanz@hotmail.com

² Docente do curso de Eng. Ambiental, Depto de Ambiental, UTFPR, Londrina – PR

³ Discente do curso de Eng. Ambiental, UTFPR, Londrina – PR

⁴ Discente do curso de Eng. Ambiental, UTFPR, Londrina – PR

⁵ Discente do curso de Eng. Ambiental, UTFPR, Londrina – PR

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: A presente pesquisa comparou a aplicação de diferentes tipos de coagulantes no pós tratamento do efluente proveniente da indústria cervejeira, sendo utilizados os coagulantes Tanino, Sulfato de Alumínio e o extraído da semente de *Moringa oleifera*. O estudo utilizou a metodologia Jar Teste para simular os processos de coagulação/floculação/sedimentação e foram analisados os parâmetros pH, condutividade elétrica, demanda química de oxigênio, sólidos totais, cor aparente e turbidez. Os ensaios foram realizados em duplicata e foram analisados estatisticamente através do programa BioEstat 5.0 por meio da análise de variância ANOVA avaliando apenas um critério. Todos os coagulantes apresentaram resultados promissores, porém dentre os coagulantes utilizados no estudo, o mais indicado para uso é o extraído da semente de *Moringa oleifera*, pois obteve os melhores resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria de Cervejaria; tratamento de efluentes, coagulantes

COMPARISON OF THE APPLICATION OF ORGANIC COAGULANTS AND ALUMINUM SULPHATE AFTER THE TREATMENT OF EFFLUENT FROM THE BREWING INDUSTRY

ABSTRACT: The present research compared the application of different coagulants in the post treatment of the effluent from the brewing industry, using the coagulants Tanin, Aluminum Sulphate and the *Moringa oleifera* seed. The study used the Jar Test methodology to simulate the coagulation/flocculation/sedimentation processes and analyzed the parameters pH, electrical conductivity, chemical oxygen demand, total solids, apparent color and turbidity. The tests were performed in duplicate and were statistically analyzed through the BioEstat 5.0 program through ANOVA analysis of variance evaluating only one criterion. All the coagulants did show good results, among the coagulants used in the study, the most suitable for use is the one extracted from the *Moringa oleifera* seed, because it obtained the best results.

KEYWORDS: Brewery Industry; wastewater treatment, coagulants.

INTRODUÇÃO: O Brasil vem sendo destaque na produção de cerveja apresentando grande crescimento do mercado produtivo, passando de 100 para 610 empreendimentos em um período de 11 anos (2007-2018) com o surgimento das microcervejarias e expansão do setor (MAPA, 2018). A expansão no setor cervejeiro fez com que o Brasil se tornasse o terceiro maior produtor de cerveja no mundo, superando os 13,5 bilhões de litros de cervejas por ano entre 2012 e 2016. Porém, o processo produtivo da bebida gera uma grande quantidade de efluente, pois conforme a CETESB (2005) a produção de um litro de cerveja pode necessitar de 4 a 10L de água, sendo que a menor parte se torna cerveja ou se perde em forma de vapor, enquanto a maioria se torna efluente. O efluente se não gerenciado e tratado de forma adequada pode gerar grande impacto na natureza devido a sua elevada carga poluidora. Sabendo da grande geração de efluente e dos benefícios do processo físico-químico com o uso do processo de coagulação, o presente estudo pretende comparar diferentes tipos de coagulantes no tratamento de efluente do setor cervejeiro a fim de verificar possíveis potencialidades de uso.

MATERIAL E MÉTODOS: O efluente foi coletado em uma indústria cervejeira localizada na região metropolitana de Londrina-PR. O efluente foi coletado na saída do sistema australiano (combinação de lagoa anaeróbia e lagoa facultativa) e encaminhado ao Laboratório de Recursos Hídricos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina. Para execução da solução extraída da semente de *Moringa oleifera* foram utilizadas 50 g de sementes descascada e trituradas em 1L de água destilada e 1M de NaCl. Na solução de Tanino utilizou-se a mistura de 5mL de Tanino homogeneizado em 1L de água destilada. Para solução de Sulfato de Alumínio utilizou-se 5g do Sulfato de Alumínio dissolvido em 1L de água destilada. A concentração utilizada de cada coagulante foi de 9 mgL⁻¹. O ensaio foi realizado através da metodologia Jar Teste onde utilizou-se adaptação de THEODORO (2012) para determinação da velocidade de rotação dos jarros. As coletas foram realizadas nos tempos 3 (T1), 13 (T2), 23 (T3) e 33 minutos (T4) de sedimentação e os parâmetros pH, condutividade elétrica, demanda química de oxigênio, sólidos totais, cor aparente e turbidez foram analisados de acordo com APHA (2012). Os ensaios foram realizados em triplicata e analisados estatisticamente através do software BioEstat 5.0 por meio da análise de variância ANOVA, comparando os resultados encontrados para cada amostra no último tempo de coleta para verificar a significância entre os tratamentos. O teste de Tukey a nível de 5% de significância foi aplicado quando a diferença apresentou resultados de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Inicialmente caracterizou-se a amostra coletada, obtendo-se assim os seguintes resultados: pH 8,20; condutividade elétrica 1,22 mS m⁻¹; cor aparente 1510 mg PtCo L⁻¹; turbidez 115 NTU, sólidos totais 1660 mg L⁻¹ e DQO 735,9 mg O₂ L⁻¹. Observa-se na Tabela 1 os resultados de pH e de condutividade elétrica para os ensaios realizados.

TABELA 1. Resultados obtidos para os parâmetros pH e condutividade elétrica apresentados durante o ensaio.

	pH			Condutividade elétrica (mS m ⁻¹)			
	<i>Moringa oleifera</i>	Tanino	Al ₂ SO ₄	<i>Moringa oleifera</i>	Tanino	Al ₂ SO ₄	
T1	8,04	8,06	7,96	T1	2,24	1,22	1,17
T2	8,04	8,04	7,98	T2	2,24	1,22	1,20
T3	7,99	8,12	8,02	T3	2,25	1,21	1,20
T4	8,00	8,13	8,05	T4	2,25	1,22	1,20

Conforme demonstrado na Tabela 1, observa-se que ocorre pouca variação de pH nos tratamentos utilizados, uma vez que a variação não passa de 0,3 unidades de pH quando comparado com o valor encontrado no efluente bruto. A condutividade elétrica apresenta aumento no valor quando aplicado o tratamento com coagulante extraído da semente da *Moringa oleifera*, isso ocorrendo devido ao preparo da solução coagulante onde utilizou-se de uma mistura salina, aumentando assim os valores de íons de sais do meio. A análise estatística demonstrou que para o parâmetro pH não ocorreu diferenças significativas entre os tratamentos, devido ao F encontrado (2,99) ser menor do que o F crítico tabelado (5,14). Por sua vez, a condutividade elétrica demonstrou diferença significativa, uma vez que o F encontrado (1555,82) foi superior ao F crítico tabelado (5,14), ao realizar o teste de Tukey com 5% de significância apontou-se que a diferença ocorreu quando comparado os demais tratamentos com o tratamento com coagulante extraído da semente de *Moringa oleifera*. A Figura 1a e 1b demonstram os resultados de eficiência de remoção de cor aparente e de turbidez, respectivamente.

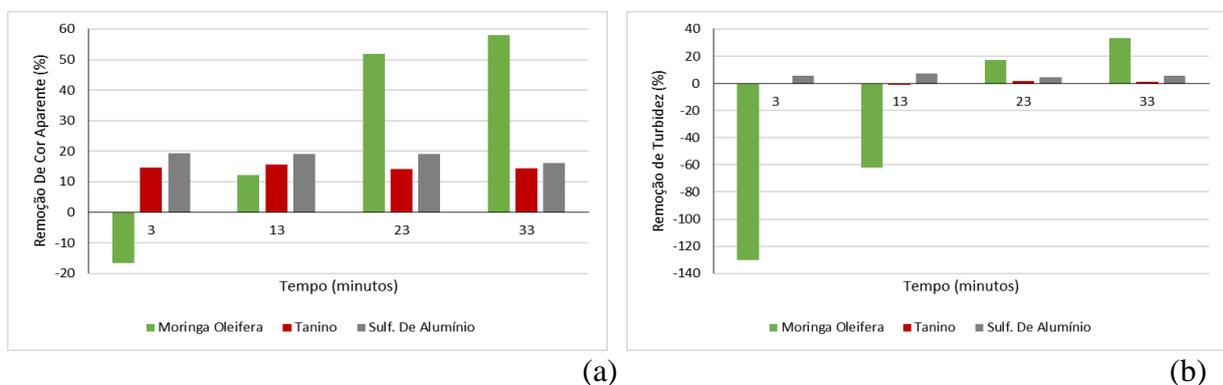


FIGURA 1. Valores de eficiência de remoção da cor aparente (a) e da turbidez (b).

Ao analisar a Figura 1 observa-se que os resultados encontrados para o uso dos coagulantes inorgânicos não apresentam grande diferença, todas com valores inferiores a 3%. Já o uso da solução extraída da semente de *Moringa oleifera* possui bastante diferença, demonstrando no primeiro momento ineficiência de remoção devido a elevada liberação de matéria orgânica que acontece quando utilizado este produto. Porém, ao longo do tempo, o produto torna-se bastante eficiente, chegando a atingir 58% de remoção de cor aparente no último tempo, enquanto que a eficiência do Tanino apresentou valores de 14% e de 16% para o Sulfato de Alumínio. Na Figura 1b, observa-se um comportamento semelhante ao apresentado no parâmetro de cor aparente, uma vez que a aplicação do coagulante extraído da semente da *Moringa oleifera* causa inicialmente o aumento da turbidez, e posteriormente apresenta aumento de remoção ao longo do tempo. A solução de *Moringa oleifera* obteve 33% de remoção na última coleta, enquanto a solução de Tanino e Sulfato de Alumínio apresentaram 1,2% e 5,5%, respectivamente, tornando-se o uso do coagulante orgânico mais eficiente. A análise de variância apresentou para ambos os tratamentos um valor de F encontrado superior ao F crítico tabelado (5,14), sendo que o F encontrado para a cor aparente foi de 483,37 e para turbidez 94,70. Em ambos os casos o teste de Tukey indicou que no último tempo de coleta os tratamentos com Tanino e Sulfato de Alumínio são estatisticamente iguais, enquanto o tratamento com *Moringa oleifera* é estatisticamente diferente dos demais em ambos parâmetros. A Figura 2a e 2b apresentam resultados de DQO e sólidos totais

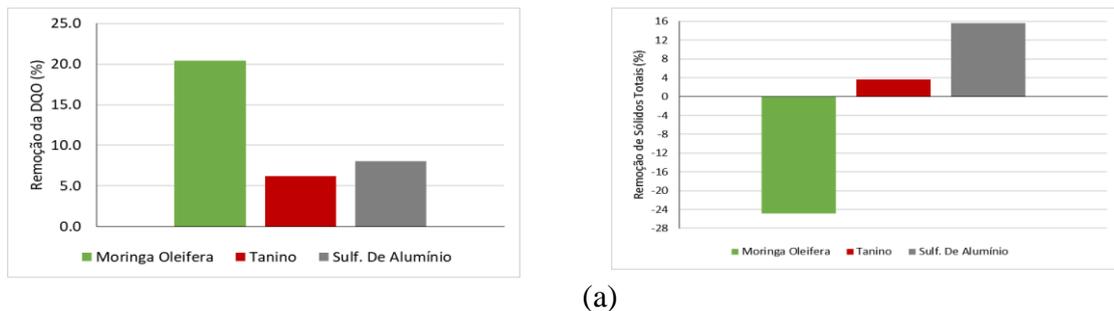


FIGURA 2. Valores de eficiência de remoção da DQO (a) e da eficiência de remoção dos sólidos totais (b) no último tempo de coleta do ensaio.

A remoção da demanda química de oxigênio (DQO) apresentada na Figura 2a, demonstra que a aplicação do uso do coagulante extraído da semente de *Moringa oleifera* obteve os melhores resultados, conseguindo reduzir em 20% a DQO do produto, passando de $736 \text{ mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$ para $586 \text{ mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$. O coagulante Sulfato de Alumínio obteve o segundo melhor resultado no último tempo de coleta com remoção de 8%, apresentando valores de $677 \text{ mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$ de DQO, enquanto que o Tanino obteve a menor remoção com 6% ($690 \text{ mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$). Ao analisar os resultados da demanda química de oxigênio o F encontrado (5,29) foi maior que o F crítico tabelado (5,14), assim indicando que ocorre diferença significativa entre os tratamentos, porém ao realizar o teste de Tukey não foi identificado diferença entre os tratamentos. A analisar o resultado de sólidos totais (Figura 2b) observa-se que o uso do coagulante extraído da semente de *Moringa oleifera* foi o único que não apresentou eficiência de remoção, ou seja, o uso desse coagulante causa o aumento na quantidade de sólidos do efluente, enquanto os demais coagulantes conseguem reduzir. O resultado da estatística indicou que F encontrado (11,54) é maior que o F crítico tabelado (5,14), assim mostrando que ocorre diferença significativa entre os tratamentos, essa diferença refere-se à comparação do tratamento com coagulantes extraído da semente da *Moringa oleifera* com os demais coagulantes.

CONCLUSÕES: O uso de coagulantes orgânicos e do Sulfato de Alumínio são uma opção para a complementação do tratamento do efluente da indústria cervejeira, demonstrando que os coagulantes orgânicos Tanino e extraído da semente da *Moringa oleifera* são tão eficientes ou em algumas situações mais recomendados quando comparado ao inorgânico Sulfato de Alumínio. Dentre os coagulantes utilizados o extraído da semente de *Moringa oleifera* obteve os melhores resultados na maioria dos parâmetros, sendo o mais indicado para aplicação neste caso.

REFERÊNCIAS:

- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22^a ed. Washington, 2012.
- CETESB. Secretaria do Meio Ambiente. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. Cervejas e Refrigerantes. São Paulo: CETESB, 2005. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 24 nov. 2017.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO –MAPA. A cerveja no brasil. 2018. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/a-cerveja-no-brasil> >. Acesso em: 23 de abril de 2019.
- THEODORO, J. D. P. Estudo dos mecanismos de coagulação/floculação para a obtenção de água de abastecimento para o consumo humano. 2012. 184f. Tese de Doutorado (Departamento de Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.