

AVALIAÇÃO DO USO DE COAGULANTES ORGÂNICOS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE GALVANOPLASTIA: UM ESTUDO DE CASO.

Tamires Elizabete Monte da Silva* (Graduanda em Gestão Ambiental na Universidade do Estado do RN – UERN)

Larissa Fernandes da Silva; (Graduanda em Gestão Ambiental na Universidade do Estado do RN – UERN)

Raquel Bruna Chaves de Lima; (Graduanda em Ciências Biológicas na Universidade do Estado do RN – UERN)

Yáskara F. M. Marques Leite; (Professora Adjunta do Departamento de Química da Universidade do Estado do RN – UERN)

*Email: tamires.74@hotmail.com

RESUMO

O presente projeto objetiva analisar e descrever as potencialidades do uso das sementes trituradas de *Moringa oleífera* e da quitosana no tratamento de águas de efluente industrial, tomando como base as amostras desse efluente nos tanques de lavagem de uma indústria de galvanoplastia, localizada no município de Mossoró-RN. Essas amostras foram avaliadas em laboratório, utilizando parâmetros como: turbidez, cor, pH, temperatura e condutividade. Consistindo-se na preparação de soluções com diferentes tipos de dosagens de sementes trituradas de *Moringa*, quitosana, sulfato de alumínio e cloreto férrico comparando a eficiência destas soluções no tratamento do efluente industrial, bem como determinar o volume das soluções que se mostraram mais eficientes de cada coagulante. A melhor diminuição de turbidez e cor ocorreu com a utilização das seguintes dosagens de cada coagulante: *Moringa* (7,5 ml e 12,5 ml); quitosana (2,5 ml e 7,5 ml); sulfato de alumínio (1 ml e 2,5 ml) e cloreto férrico (1 ml e 1,5 ml). Apontando a possibilidade de reuso deste efluente a ser tratado com os coagulantes orgânicos como uma alternativa de fácil acesso e de baixo custo, principalmente na Região Nordeste onde o acesso à água é escasso em épocas de seca.

PALAVRAS-CHAVE: Galvanoplastia; Reuso; Coagulantes Orgânicos e Inorgânicos.

1. INTRODUÇÃO

A degradação dos recursos hídricos tem despertado preocupação no mundo em relação a sua quantidade e qualidade, já que a água é essencial para nossa sobrevivência.

Devido à escassez dos recursos hídricos, os órgãos competentes intensificam cada vez mais as Leis Ambientais para proteção deste recurso e quanto ao despejo de efluentes nos corpos d'água.

A indústria da galvanoplastia apresenta-se como uma fonte geradora de efluentes contendo metais pesados (cromo, cobre, zinco, níquel, cádmio, chumbo), uma vez que emprega em seus processos de eletrodeposição uma variedade de soluções metálicas e um volume considerável de águas de lavagem que, dependendo do porte da indústria, situa-se entre 250 e 2.000 L/h, havendo instalações em que esta quantidade ultrapassa os 10.000 L/h (CETESB, 1993). Já vazão dos efluentes, esta varia consideravelmente, dependendo do tamanho das seções de galvanização, havendo relatos desde 8 até 1500 m³/dia (VEIT, 2006).

Os despejos industriais dos processos de galvanoplastia, em geral, podem causar graves problemas de poluição hídrica por conterem metais pesados, grande quantidade de materiais dissolvidos e suspensos, como também altos valores de cor e turbidez (VAZ, 2009), que acima de determinadas concentrações podem ser prejudiciais ao meio ambiente e ao ser humano (BRESAOLA JÚNIOR & CARRARA, 2000). O reuso das águas residuárias pode diminuir a demanda de água e minimizar a quantidade de efluentes lançados nos rios.

Para tratamento dessas águas emprega-se o uso de coagulantes químicos como opção, utilizando os sais de alumínio e ferro, principalmente por serem de baixo custo. Todavia, esses sais tem se apresentado ambientalmente indesejáveis e ocasionado problemas de saúde. Produzindo também um grande volume de lodo que podem disponibilizar íons solúveis que comprometem à saúde humana,

acarretando custos adicionais com produtos químicos para correção do pH. Em virtude disto, faz-se necessário buscar coagulantes ambientalmente mais compatíveis.

Dessa forma, alguns biopolímeros vêm sendo investigados mais intensamente que outros como é o caso da *Moringa oleifera* e da Quitosana.

Sementes de *Moringa oleifera* atuam na remoção de cor e turbidez de água para fins potáveis, sendo um processo antigo já encontrado na Índia em torno de 4000 anos atrás, mas o estudo sistemático deste processo só agora vem recebendo maior atenção. Atualmente é cultivada em vários países tropicais, no Brasil ela se encontra amplamente distribuída na região nordeste. (VAZ, 2009, p. 26).

Vaz (2009) afirma que: “A quitosana é um produto natural, de baixo custo, renovável e biodegradável, de grande importância econômica e ambiental. Geralmente é obtida a partir da quitina, um biopolímero extraído das carcaças de crustáceos, artrópodes e fungos”.

Sendo que os estudos acerca desses coagulantes orgânicos são aplicados em geral ao tratamento de águas para fins potáveis, já para o tratamento de diferentes águas residuárias industriais com a utilização de biopolímeros de origem vegetal há lacunas sobre este conhecimento que ainda necessitam serem preenchidas (DA SILVA *et al.*, 2003).

O presente trabalho tem por objetivo avaliar quatro agentes coagulantes/floculantes (quitosana, *moringa oleifera*, sulfato de alumínio e cloreto férrico) para determinar a faixa de dosagem ótima de cada coagulante no processo de coagulação/floculação no tratamento primário de um efluente de galvanoplastia, visando ao reuso do mesmo. Por localizar-se em uma região árida, com recursos hídricos escassos, está pode ser uma alternativa para diminuição da demanda por água, e conseqüentemente tentar atenuar a poluição nos mananciais. Na condição de ser um trabalho inicial em fase de experimentação, constitui-se em uma pesquisa preliminar dos mesmos. Tendo assim, o intuito de fazer uma comparação entre a eficiência dos coagulantes orgânicos e inorgânicos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras do efluente foram coletadas na indústria de galvanoplastia MSJ Ind. Metálica LTDA localizada no município de Mossoró/RN. Primeiramente, foi realizada a caracterização do efluente, segundo os parâmetros de Turbidez (NTU), Cor (mg/L), pH, Condutividade e Temperatura, os quais foram medidos em turbidímetro Alfakit, medidor de cor Alfakit, Phmetro portátil Kasvi modelo K39-0014P e condutivímetro portátil HI8730 HANNA instruments, respectivamente.

As sementes de *Moringa oleifera* foram descascadas e trituradas em *mixer* de 180 *watts* de potência. O material obtido foi levado ao forno micro-ondas por 2 minutos em potência máxima para retirada da umidade, e ficou acondicionado em um dessecador. Para uma maior eficiência da solução coagulante, fez-se necessário a extração do conteúdo oleico das sementes em equipamento *soxhlet*, onde se usou hexano (C₆H₁₄) como solvente orgânico extrator. A torta obtida após a extração do óleo foi utilizada como base para o preparo das soluções.

As soluções coagulantes de *Moringa oleifera*, sulfato de alumínio e cloreto férrico foram preparadas a 1% m/v, ou seja, para cada 1 g do pó do coagulante adicionou-se 100 ml de água destilada e colocado sob agitação durante 15 minutos no agitador magnético, para a extração do princípio ativo. Em seguida, as soluções foram filtradas em papel-filtro com porosidade de 7 µm (OKUDA *et al.*, 1999). A solução da quitosana foi preparada seguindo os mesmos critérios, sendo que para sua diluição utilizou-se 100 ml de ácido clorídrico a 0,1 M.

Para o ensaio de coagulação/floculação foi utilizado equipamento *Jar test*, que simula os procedimentos realizados em uma Estação de Tratamento de Água – ETA. Em cada cuba do equipamento foi adicionado 1,5L das amostras de água e em cada uma, foram adicionadas diferentes dosagens de cada solução coagulante. Para as soluções de *Moringa* e quitosana (2,5; 5,0; 7,5; 10; 12,5 e 15 ml) e para as soluções de sulfato de alumínio e cloreto férrico (1; 1,5; 2; 2,5; 5; 7,5 ml) totalizando 24 amostras. Mediante Valverde *et al.* (2013) os parâmetros de operação ótima na determinação das etapas de coagulação/floculação no processo de tratamento das águas, tem como tempo de mistura rápida 3 minutos, sendo, gradiente de mistura rápida 100 rpm e, tempo de mistura lenta 15 minutos, com gradiente de mistura rápida de 50 rpm e tempo de sedimentação de 2 horas. Após o tempo de

sedimentação, foram retiradas amostras de cada cuba para realização dos testes de turbidez, cor, pH, condutividade e temperatura e assim, poder determinar a eficiência da solução coagulante e das dosagens utilizadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A etapa inicial do trabalho compôs na tratabilidade das águas residuárias provenientes dos processos de galvanoplastia com os coagulantes orgânicos (sementes de *Moringa oleífera* e quitosana) e inorgânicos (sulfato de alumínio e cloreto férrico). A amostra do efluente (água bruta) foi caracterizada após determinação dos valores de pH, turbidez, cor, condutividade e temperatura, cujos dados estão presentes na tabela 1.

Tabela 1 – Valores obtidos na amostra de água antes do tratamento com os coagulantes.

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	VALORES
Turbidez	15,95 NTU
Cor	82,5 mg/L
Condutividade	0 (zero)
Temperatura	28 °C
Potencial Hidrogeniônico (pH)	3.81

A indústria MSJ Ind. Metálica LTDA realiza um tratamento prévio no efluente antes do descarte. Sendo assim na tabela 2 está presente os valores obtidos na amostra do efluente após o tratamento realizado pela empresa, cujas propriedades desejam ser melhoradas e aplicadas nesta empresa, com os tratamentos propostos neste projeto.

Tabela 2 – Valores obtidos na amostra de água após o tratamento realizado pela própria empresa.

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	VALORES
Turbidez	2,15 NTU
Cor	116,1 mg/L
Condutividade	0 (zero)
Temperatura	28 °C
Potencial Hidrogeniônico (pH)	0.91

As amostras tratadas com os quatro coagulantes tiveram os valores de pH, turbidez, cor, condutividade e temperatura, medidos após 2 horas de tempo de sedimentação. Na tabela 3 e 4 encontram-se os valores obtidos após o tratamento com a solução de *Moringa* e quitosana, respectivamente.

Tabela 3 – Valores obtidos após o tratamento com a solução coagulante de *Moringa*.

MORINGA	VOLUME DA SOLUÇÃO (ml)					
	2,5	5	7,5	10	12,5	15
PARÂMETROS						
Turbidez (NTU)	7.25	5.34	2.05	9.71	2.24	6.43
Cor (mg/L)	71.2	72.5	51.9	90.8	59.2	81.3
pH	3.31	3.22	3.25	3.32	3.32	3.32
Condutividade	0	0	0	0	0	0
Temperatura (°C)	31	32	32	32	32	32

Tabela 4 – Valores obtidos após o tratamento com a solução coagulante de quitosana.

QUITOSANA	VOLUME DA SOLUÇÃO (ml)					
	2,5	5	7,5	10	12,5	15
PARÂMETROS						
Turbidez (NTU)	6.12	6.22	5.20	2.82	3.53	3.27
Cor (mg/L)	36.7	40.6	39.3	46.6	50.5	51.0
pH	3.61	3.41	3.32	3.25	3.17	3.12
Condutividade	0	0	0	0	0	0
Temperatura (°C)	30	31	32	31	30	31

Segundo CONAMA (2005), a resolução de N° 357 estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, de acordo com a mesma os valores de Turbidez não deve ultrapassar 100 UNT, a Cor até 75 mg Pt/L, e o pH deve estar entre 5,0 a 9,0 para descarte em águas doces.

Observa-se que, os valores da amostra da água com o tratamento realizado pela empresa. Em relação à cor e o pH ela não apresenta conformidade com o que está descrito na Resolução do CONAMA.

As soluções coagulantes orgânicas mostraram-se bastante eficientes, em termos de turbidez e cor houve uma redução significativa. Já em relação ao pH não houve alteração, ele se manteve praticamente estável entre 3 e aproximadamente 4, sendo necessário fazer ajuste do mesmo para se enquadrar nos padrões estabelecidos na Lei e a temperatura manteve-se a ambiente, não apresentando oscilação relevante. Levando-se em consideração a cor que é um parâmetro relevante, as duas dosagens do coagulante que se mostraram mais eficientes foram: *Moringa* (7,5 ml e 12,5 ml) e quitosana (2,5 ml e 7,5 ml). Pode-se observar que a quitosana mostrou-se mais eficiente que a *moringa* na redução de turbidez e cor no efluente proveniente da galvanoplastia.

A respeito da vantagem do uso dos coagulantes orgânicos:

O uso de biopolímeros extraídos de vegetais no processo de coagulação tem várias vantagens em comparação com os sais químicos: (i) a natureza da alcalinidade da água não é consumida durante o processo de tratamento; (ii) O lodo gerado após tratamento apresenta tanto um menor volume como se encontra livre de metais pesados quando comparado com o lodo gerado com uso de constituintes químicos e, finalmente (iii) estes biopolímeros podem ser originários de plantas locais com fácil processamento dando um caráter potencial de baixos custos operacionais quando comparados com reagentes químicos muitas vezes importados. (DA SILVA *et al.*, 2003, p. 3).

Na tabela 5 e 6 estão representados os valores obtidos das amostras após o tratamento com os coagulantes inorgânicos (sulfato de alumínio e cloreto férrico).

Tabela 5 – Valores obtidos após o tratamento com a solução coagulante de sulfato de alumínio.

SULFATO DE ALUMÍNIO	VOLUME DA SOLUÇÃO (ml)					
	1	1,5	2	2,5	5	7,5
PARÂMETROS						
Turbidez (NTU)	3.81	5.55	5.80	0.78	2.36	2.70
Cor (mg/L)	51.3	61.8	61.9	56.4	59.9	62.0
pH	2.94	2.93	2.94	3.46	3.45	3.44
Condutividade	0	0	0	0	0	0
Temperatura (°C)	31	31	31	31	31	32

Tabela 6 – Valores obtidos após o tratamento com a solução coagulante de cloreto férrico.

CLORETO FÉRRICO	VOLUME DA SOLUÇÃO (ml)					
	1	1,5	2	2,5	5	7,5
PARÂMETROS						
Turbidez (NTU)	0.00	0.00	0.00	24.65	31.26	31.55
Cor (mg/L)	38.7	27.6	42.8	181.2	255.0	277.9
pH	2.95	2.97	2.95	3.46	3.35	3.26
Condutividade	0	0	0	0	0	0
Temperatura (°C)	30	30	30	32	32	31

Pode-se observar que, as amostras tratadas com as soluções coagulantes químicas obtiveram também um resultado significativo, em termos de turbidez e cor houve uma redução considerável, sendo que o cloreto férrico em dosagens mais baixas apresentou resultados melhores que o sulfato de alumínio, em relação ao pH não houve alteração ele se manteve praticamente estável entre 2.93 e 3.46, e a temperatura manteve-se a ambiente, não apresentando oscilação relevante. Considerando que a cor pode ser um fator mais relevante, as duas dosagens da solução coagulante que se mostraram mais eficientes foram: sulfato de alumínio (1 ml e 2,5 ml) e cloreto férrico (1 ml e 1,5 ml), respectivamente.

Vaz (2009) mostra que: Quando o cloreto férrico é adicionado em excesso ao meio, parte não participa da reação de coagulação/floculação, ficando este em solução e aumentando os valores dos parâmetros cor e turbidez. Segundo Branco (1991 apud VAZ, 2009, p. 25) “a presença de ferro pode propiciar uma coloração amarelada e turva à água dependendo dos níveis de concentração”.

Por este fato, os níveis de cor e turbidez da água tratada com o cloreto férrico foram maiores que os valores obtidos antes do tratamento.

4. CONCLUSÃO

No estudo do presente trabalho de forma preliminar, ficou-se evidente que ao avaliar a possibilidade do uso de coagulantes orgânicos e inorgânicos no tratamento da água residuária de uma indústria de galvanoplastia localizada na zona urbana da cidade de Mossoró-RN, por meio dos resultados obtidos, pode-se observar que em todos os coagulantes utilizados foi alcançada uma melhora considerável nas propriedades principalmente de cor e turbidez da água a ser descartada, inclusive quando comparada com a água obtida com o tratamento aplicado atualmente na referida empresa.

Sendo assim o primeiro passo foi realizado com sucesso. A partir da determinação do volume das soluções mais eficazes dos referidos coagulantes, em que os orgânicos mostraram-se bastante eficientes no tratamento do efluente de galvanoplastia se comparado aos coagulantes inorgânicos, apresentando bons resultados na remoção de turbidez e cor, sendo coagulantes alternativos por serem ambientalmente mais aceitáveis, de fácil acesso e baixo custo.

Contudo, a próxima etapa do trabalho será feita através das análises de determinação de metais, potabilidade (amônia, nitrito, sulfato, cloreto, dureza total) nas dosagens das soluções de melhores resultados de todos coagulantes analisados. Bem como uma proposta de tratamento na melhora do pH final da água a ser descartada pela empresa escolhida, o que gerará uma maior qualidade, capacidade de reuso e conseqüente economia para esta.

COAGULANTS USE OF ASSESSMENT OF ORGANIC IN ELECTROPLATING WASTEWATER TREATMENT: A CASE STUDY.

ABSTRACT

This project aims to analyze and describe the potential of using crushed seed oleifera Moringa and chitosan in the treatment of industrial waste water, based on the samples of the effluent in the wash tanks of an electroplating industry, located in the city of Mossoro -RN. These samples were made in the laboratory using parameters such as turbidity, color, pH, temperature and conductivity. If Consisting in the preparation of solutions with different types of ground seeds dosages of Moringa, chitosan,

aluminum sulfate, ferric chloride comparing the efficiency of these solutions in the industrial wastewater treatment and to determine the volume of the solutions that were more efficient each coagulant. The best turbidity reduction and color occurred with the use of the following dosages of each coagulant: Moringa (7.5 ml and 12.5 ml); chitosan (2.5 ml and 7.5 ml); Aluminum sulfate (2.5 ml and 1 ml) and ferric chloride (1 ml and 1.5 ml). Pointing the possibility of reuse of this effluent to be treated with organic coagulants as an alternative easily accessible and affordable, especially in the Northeast where access to water is scarce in times of drought.

KEYWORDS: Electroplating; Reuse; Coagulants Organic and Inorganic.

REFERÊNCIAS

BRESAOLA JUNIOR, R.; CARRARA, S. M. C. M. **Reuso de águas residuárias geradas em processos de galvanoplastia.** In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000. Porto Alegre - RS.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N° 357 de 17 de março de 2005.

DA SILVA, F. J. A.; SOUZA, L. M. M.; MAGALHÃES, S. L. **Uso potencial de biopolímeros de origem vegetal na descolorização de efluente têxtil índigo.** In: XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003. Joinville - SC.

MORAES, L. C. J.; BERGAMASCO, R.; TAVARES, C. R. G.; RIBEIRO, R. M. **Utilização do polímero natural quitosana no processo de coagulação/floculação/ultrafiltração para a produção de água potável.** In: XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia e Sanitária Ambiental, 2005. Campo Grande - MS.

M. T. Veit, Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR (2006).

OKUDA, T. et al. *Improvement of extraction method of coagulation active components from Moringa oleifera seed.* Water Research, v. 31, p. 3373-3378, 1999.

P. M. Braile, J. E. W. A., Cavalcanti, 1993, **Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais**, CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo, Brasil.

VALVERDE, K. C. et al. *Otimização dos parâmetros de mistura e sedimentação empregando a combinação dos coagulantes Moringa oleifera Lam e Cloreto Férrico no tratamento de água superficial.* In: ENCONTRO PARANAENSE DE ENGENHARIA E CIÊNCIA, 3., 2013, Toledo. Anais... Toledo: EPEC, 2013.

VAZ, L. G. L. **Performance do Processo de Coagulação/Floculação no Tratamento de Efluente Líquido Gerado na Galvanoplastia.** Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2009. Tese (Mestrado).