

TRATAMENTO DE EFLUENTE DE UMA INDÚSTRIA DE GALVANOPLASTIA COM AUXÍLIO DA MORINGA OLEIFERA DO BONDERITE S-WT E DO SULFATO DE ALUMÍNIO

GIOVANA PIRES DE ALMEIDA¹, EDILAINE REGINA PEREIRA², JULIO CESAR
ANGELO BORGES³, MARIA CHRISTINA ANDRADE⁴, DANDLEY VIZIBELLI⁵,
FELLIPE JHORDÃ LADEIA JANZ⁶

¹Discente do curso de Eng. Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR, Londrina - PR, (43) 99812-7330, galmeida@alunos.utfpr.edu.br

²Eng^a Agrícola, Profa. Doutora Adjunto, Depto. de Ambiental, UTFPR, Londrina - PR

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

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

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

Eng. Ambiental, Mestrando 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: As indústrias de galvanoplastia são de fundamental importância no tratamento de superfícies de peças metálicas, pois a galvanização as protege contra corrosão. Entretanto, tais atividades geram efluentes líquidos contendo metais pesados, sendo necessário então, o tratamento destes. Nesta pesquisa avaliou-se a eficiência do uso do coagulante orgânico *Moringa oleifera* e dos inorgânicos *Bonderite S-WT 8723* e Sulfato de Alumínio como auxiliar no processo de coagulação/floculação/sedimentação/filtração. Os parâmetros analisados foram condutividade elétrica, cor aparente, pH e turbidez sendo que o ensaio foi realizado em duplicata e analisados estatisticamente através do programa BioEstat 5.0 por meio da análise de variância ANOVA. Os resultados comprovaram que o sulfato de alumínio foi o mais eficiente dentre a ação dos coagulantes inorgânicos, pois apresentou eficiência de aproximadamente 95% na remoção de cor aparente e 98% na remoção de turbidez ao final do processo. Já a *Moringa oleifera* teve eficiência comprovada em todos os parâmetros, podendo esta ser utilizada como auxiliar ao tratamento do efluente em questão.

PALAVRAS-CHAVE: Galvanoplastia, coagulantes, tratamento de efluente.

TREATMENT OF A GALVANOPLASTY INDUSTRY EFFLUENT USING MORINGA OLEIFERA BONDERITE S-WT AND ALUMINIUM SULPHATE

ABSTRACT: The electroplating industries are of fundamental importance in the treatment of their metallic emissions, since the galvanization is protected against corrosion. However, such activities generate special effects that propagate, being responsible then, the treatment of these. On this page you have found a coagulant type application, *Moringa oleifera* and the inorganic *Bonderite S-WT 8723* and Aluminum Sulphate in the coagulation/flocculation/sedimentation/filtration process. The parameters were electrical conductivity, apparent color, pH and turbidity, and the test was performed in duplicate. The states were developed in duplicate and were analyzed statistically through the BioEstat 5.0 program through analysis of variance ANOVA. The results were advanced with the most efficient aluminum sulphate of an inorganic coagulant action, because there were efficiencies

of 95% in the removal of dye and 98% in the removal of turbidity at the end of the process. *Moringa oleifera* has proven efficiency in all parameters, and it can be used as an aid to the treatment of the effluent in question.

KEYWORDS: electroplating, coagulants, effluent treatment.

INTRODUÇÃO: Independente do processo utilizado para o revestimento (a frio, a fogo e eletrolítico), é chamado de galvanoplastia ou galvanização o processo em que metais são revestidos por outros mais nobres, geralmente para proteger da corrosão ou para fins estéticos ou decorativos. O processo da galvanoplastia consiste na transferência de íons a partir de um metal imerso em um substrato para outra superfície, através da eletrólise (LADEIRA & PEREIRA, 2008). As indústrias envolvidas com a fabricação de equipamentos, estruturas, peças, tanto de produtos acabados como também nas etapas intermediárias que utilizam metais passíveis de corrosão, estão sendo pressionadas por seus consumidores a adotar melhores métodos de prevenção. O processo corrosivo prejudica a resistência mecânica, a condutibilidade elétrica e outras características como a transmissibilidade térmica, coeficientes de dilatação e de contração e altera a aparência dos materiais. Pode, inclusive, representar perda significativa de material para o meio, danificando instalações industriais, construções e seus componentes (IGNATOWITZ; FASTERT, 2015). Comumente as indústrias são as grandes responsáveis pela enorme geração de rejeitos, sejam eles sólidos, líquidos e gasosos, em sua grande maioria nociva ao meio ambiente. Dentre os vários ramos industriais destaca-se a indústria de galvanoplastia, que tem atividade em diversos seguimentos como: automotivo, construção civil, indústria de utensílios domésticos, informática, indústria de telefonia, recuperação de objetos decorativos. Uma vez que o processo de galvanização emprega várias soluções metálicas para eletrodeposição, a indústria de galvanoplastia se apresenta como fonte altamente impactante sobre o meio ambiente, pois gera efluentes contendo metais pesados (cromo, cobre, zinco, níquel, cádmio, chumbo). A água é uma das principais matérias-primas para a indústria galvanoplasta, pois é base para todo o processo, por isso ela deve atender parâmetros de entrada, mas principalmente parâmetros de saída, já que o efluente desse tipo de indústria possui alto potencial poluidor devido aos metais pesados que possuem alta toxicidade e, se descartado incorretamente, impactará negativamente o meio ambiente. Além disso, a atividade de galvanoplastia gera efluentes com volumes consideráveis que, dependendo do porte da indústria e do tamanho das seções de galvanização podem variar de 8 até 1500 m³.dia⁻¹ (VEIT, 2006). No Brasil, a produção de produtos galvanizados entre 1997 e 2007 triplicou e pesquisas indicaram que este mercado tenderia a quadruplicar até 2012 para atender variados segmentos consumidores (ZEMPULSKI; ZEMPULSKI, 2007). Para que a galvanização ocorra as superfícies das peças devem estar quimicamente limpas, para isso vários processos são feitos como o lixamento, polimento, remoção de ferrugem e outras sujeiras, através de banhos onde são utilizados muita água. Dessa forma, a fim de se auxiliar todo o processo de tratamento, para que parâmetros de qualidade de efluentes sejam atingidos, objetivou-se com este estudo a comparação da efetividade de coagulantes orgânicos e inorgânicos no tratamento de efluentes de uma indústria de galvanoplastia. Levando em consideração a quantidade de coagulante a ser utilizado, para que um menor volume de lodo seja gerado.

MATERIAL E MÉTODOS: O efluente de galvanoplastia foi coletado em uma pequena indústria localizada na cidade de Ibiporã-PR e transportado até o Laboratório de Recursos Hídricos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina, onde foi realizado ensaio Jar-test para simular os processos de coagulação, floculação e sedimentação (Figura 1a). Além disso o efluente também passou pelo processo de filtração com filtros de

areia com granulometria na faixa de 0,850 a 170mm, partindo das recomendações de Di Bernardo et al. (2003) e Ferraz e Paterniani (2002), conforme esquema da Figura 1b.

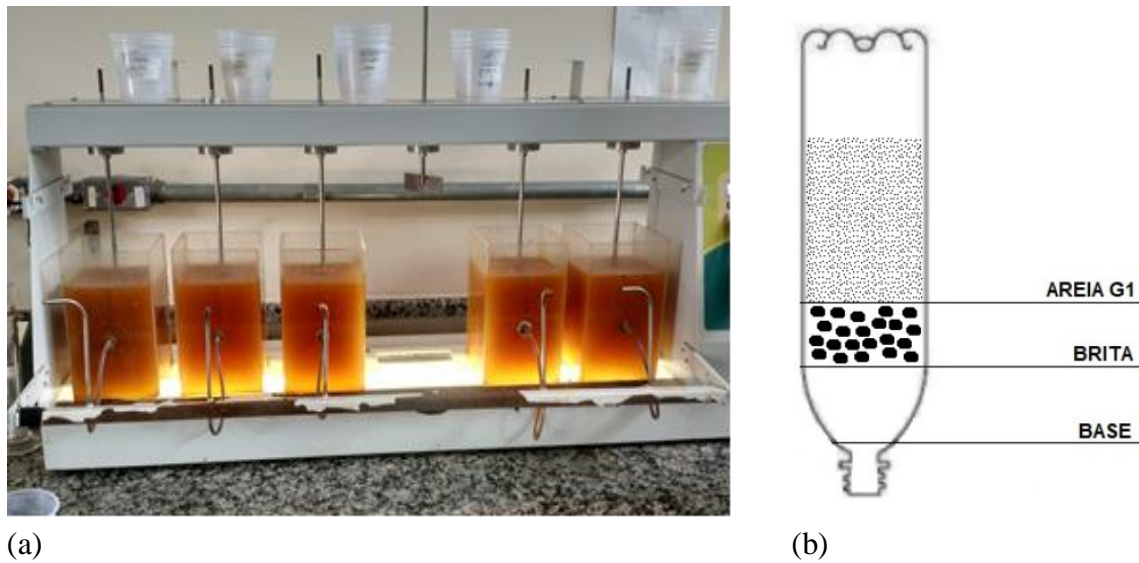


FIGURA 1. Ensaio Jarrest (a) e esquema de construção dos filtros utilizados no ensaio (b)

A solução coagulante de *Moringa oleifera* foi preparada triturando-se 50 g da semente descascada e diluindo-se em 1L de água destilada e NaCl a 1M, sendo posteriormente a solução passada em um coador de pano para remover as partículas grosseiras. Para o coagulante *Bonderite S-WT 8723* utilizou-se 1,25g do produto líquido diluído em 1L de água destilada e para a solução de Sulfato de Alumínio foi diluído em 1L de água destilada 25mL do produto, quantidades estas previstas em pré-ensaio. A concentração utilizada no processo foi de 8 mL.L^{-1} da solução de *Moringa oleifera*, 4 mL.L^{-1} da solução de *Bonderite S-WT 8723* e 4 mL.L^{-1} de Sulfato de Alumínio. Os tempos de mistura e de rotação do equipamento foram ajustados a partir do procedimento proposto por THEODORO (2012) sendo o processo de coagulação executado por 3 minutos em 150rpm, o processo de floculação por 10 minutos em 15rpm. Em seguida desligou-se o equipamento para que se iniciasse o processo de sedimentação. A primeira coleta se deu após um tempo de espera de 3 minutos após o início da sedimentação onde a partir daí foram realizadas 4 coletas a cada 10 minutos sendo a última coleta realizada aos 33 minutos. Após este período o efluente seguiu para os filtros a fim de que passassem pelo material filtrante e foi coletada amostra na saída deste. As coletas foram analisadas de acordo com APHA (2012) e os parâmetros analisados foram cor aparente, turbidez, pH e condutividade elétrica. Os ensaios foram realizados em duplicata e foram analisados estatisticamente através do programa BioEstat 5.0 por meio da análise de variância ANOVA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os resultados da caracterização do efluente bruto apresentam-se da seguinte forma: cor aparente $389 \text{ mg PtCo L}^{-1}$; turbidez 101NTU; condutividade elétrica $11,58 \text{ ms cm}^{-1}$ e pH 9,12. A Figura 2 demonstra a porcentagem de eficiência de remoção dos parâmetros cor aparente (a) e turbidez (b) comparativamente aos resultados do efluente bruto.

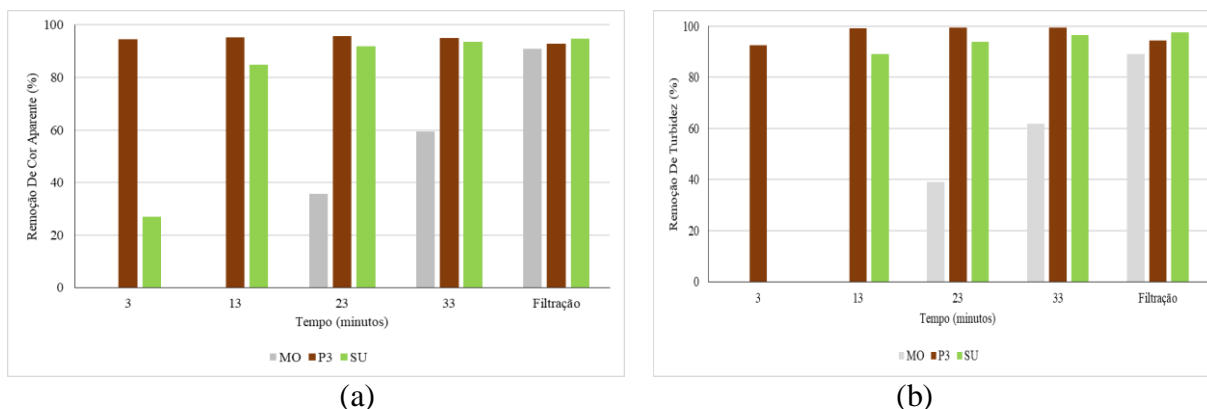


FIGURA 2. Porcentagem de eficiência de remoção de cor aparente (a) e turbidez (b).

Os coagulantes utilizados mostraram-se eficientes na remoção de cor aparente e turbidez como pode ser observado na Figura 2a e 2b, respectivamente, onde após o processo de filtração foram atingidos valores de 97% de remoção de cor aparente para o coagulante inorgânico sulfato de alumínio e valores de 98% de turbidez para o *Bonderite S-WT 8723*. Interessante observar que no início do processo a *Moringa oleifera* não apresentou eficiência de remoção, vindo a apresentar valores significativos apenas no tempo T3 para ambos os parâmetros. No início do processo a *Moringa oleifera* libera uma quantidade elevada de matéria orgânica, o que faz com que não haja ação de clarificação até atingir determinado ponto. Após o T3 nota-se que a semente inicia o processo de clarificação do efluente demonstrando eficiência de 59% e apresenta tendência a se igualar aos demais coagulantes ao final do processo, atingindo 91% de eficiência de remoção de cor aparente e 89% de turbidez ao final da filtração. No entanto como pode ser observado nas Tabelas 1 e 2, quando realizado o teste estatístico para ambos os parâmetros os resultados encontrados indicam que os coagulantes utilizados no experimento são estatisticamente iguais quando comparado os valores encontrados após o processo de filtração, pois os valores de F encontrado foram menores que os valores de F crítico tabelado e os valores de P maiores que 0,05.

TABELA 1. Resultados estatísticos apresentados para o parâmetro cor aparente após análise da ANOVA.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	14,8911	2	7,4455	3,08676	0,18702	9,55209
Dentro dos grupos	7,2362	3	2,4120			
Total	22,1274	5				

TABELA 2. Resultados estatísticos apresentados para o parâmetro turbidez após análise da ANOVA.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	76,495	2	38,2475	1,93738	0,28827	9,55209
Dentro dos grupos	59,2255	3	19,7418			
Total	135,72	5				

Os valores de pH e de condutividade elétrica encontram-se demonstrados nas Figuras 3a e 3b, respectivamente.

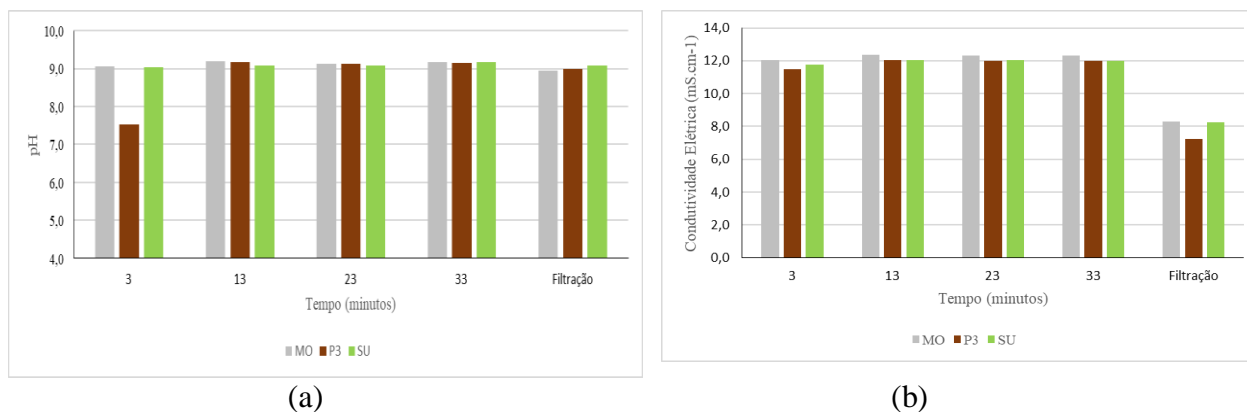


FIGURA 3. Valores de pH (a) e condutividade elétrica (b) encontrados durante o ensaio.

Os valores de pH (Figura 3a) se mantiveram constante a maior parte do tempo com valores que variaram de 7,5 a 9,1 apresentando apenas no tempo T1 uma certa diferença entre a solução com *BONDERITE S-WT 8723* e os demais coagulantes devido a sua propriedade físico-química de alcalinidade. Os valores permitidos pela Resolução CEMA 070/09 (PARANÁ, 2009) e resolução CONAMA 430/11 (BRASIL, 2011), estão entre 5 a 9 para o pH do efluente aceito para ser lançado em corpo hídrico estando os valores encontrados para os três coagulantes de acordo com a Norma vigente. Na Figura 3b nota-se variação da condutividade elétrica ao final do processo onde apresentou resultados que variaram de 7,2 mS cm⁻¹ para o *BONDERITE S-WT 8723* a 8,3 para a *Moringa oleifera*, valores estes inferiores ao encontrado no efluente bruto. Nota-se que a *Moringa Oleifera* apresentou os maiores índices devido a solução salina com que ela foi preparada. Esta diminuição dos valores demonstra a efetividade dos filtros, pois a retenção de sais ocorridos nestes acarreta a diminuição da quantidade de íons presentes no efluente. Os resultados estatísticos para os parâmetros pH e condutividade elétrica são apresentados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

TABELA 3. Resultados estatísticos apresentados para o parâmetro pH após análise da ANOVA.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	76,495	2	38,2475	1,93738	0,28827	9,55209
Dentro dos grupos	59,2255	3	19,7418			
Total	135,72	5				

TABELA 4. Resultados estatísticos apresentados para o parâmetro condutividade elétrica após análise da ANOVA.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,0201	2	0,698	0,5000	0,6511	9,55209
Dentro dos grupos	0,0573	3	0,1851			
Total	0,0775	5				

Por meio dos resultados da análise estatística apresentados nas Tabela 3 e 4, observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos em nenhum dos parâmetros pois em todos os casos os valores de F encontrado era menor do que o F crítico tabelado, ou seja, são todos estatisticamente iguais.

CONCLUSÃO: Por meio desta pesquisa foi possível identificar a possibilidade do uso de coagulantes orgânicos e inorgânicos, juntamente com o filtro de areia no tratamento de

efluente de uma indústria de galvanização. Todos os coagulantes utilizados alcançaram redução nos parâmetros, destacando-se o Sulfato de Alumínio dentre os coagulantes inorgânicos e havendo contribuição quando aplicado a *Moringa oleifera* como coagulante orgânico.

AGRADECIMENTOS: À Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR campus Londrina por ter cedido o espaço para a pesquisa. À Universidade Estadual de Campinas por ter cedido as sementes de *Moringa oleifera*.

REFERÊNCIAS:

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION -APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater: 21st ed. Baltimore. 1288 p., 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011.

DI BERNARDO, L. et al. Tratamento de Água para Abastecimento por Filtração direta. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. Projeto PROSAB 468 p.

FERRAZ, C.F.; PATERNIANI J. E. S. Redução da Espessura da Camada Suporte através da substituição por Mantas não tecidas na Filtração Lenta de Águas de Abastecimento. Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 7-Nº 1-jan/mar 2002.

LADEIRA, A. C. Q.; PEREIRA, D. B. A. Avaliação do potencial poluidor da indústria galvânica: caracterização, classificação e destinação de resíduos. Revista Escola de Minas, v. 61, n. 3, p. 385-390, 2008.

LO MONACO, P. A. V.; MATOS. Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. Revista Ambiente e Água, Taubaté, v. 5, n. 3, p. 222-231, 2010.

IGNATOWITZ, E.; FASTERT, G. Chemietechnik. Deutschland: Verlag EuropaLehrmittel, 2015.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Conselho Estadual do Meio Ambiente, CEMA. Resolução CEMA nº 070 de 2009, 2009.

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.

VEIT, M.T. Estimação de parâmetros de transferência de massa para biossorção de cromo (III) e Níquel (II) num sistema contínuo em coluna de leito fixo pela biomassa de alga marinha *Sargassum filipendula*. Maringá: Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, 2006. 190 p. Tese (Doutorado).

ZEMPULSKI, L. N.; ZEMPULSKI, M. F. S. Galvanização eletrolítica. Curitiba: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT; Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, 2007.