



II - APLICAÇÃO DE EXTRATO AQUOSO DE MORINGA OLEÍFERA EM EFLUENTE DE CABINE DE PINTURA COM USO DE TINTA À BASE DE SOLVENTE EM INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Fábio Rodrigues Barbosa Moreno Dias Conte ⁽¹⁾

Engenheiro Químico pelo Instituto Mauá de Tecnologia (IMT). Mestre em Processos Industriais pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Pós-graduado em Administração de Empresas pelo INSPER Instituto de Ensino e Pesquisa. Gerente técnico da empresa CHENCLEAN Indústria Química.

Luciano Zanella

Engenheiro Civil pela UNESP - Guaratinguetá. Mestre e Doutor em Engenharia Civil na área de Saneamento e Ambiente pela UNICAMP. Pesquisador da Seção de Planejamento Territorial, Recursos Hídricos, Saneamento e Florestas da Área de Cidades Infraestrutura e Meio Ambiente do IPT. Professor dos programas de Mestrado em Habitação e em Processos Industriais do IPT.

Endereço⁽¹⁾: Rua Londrina, 470 – Conjunto 91 – Rudge Ramos – São Bernardo do Campo – SP – CEP: 09635-100 – Brasil – Tel: (11) 99601-7168 - e-mail: fabio.rbmdc@outlook.com

RESUMO

Este trabalho aborda o estudo inédito da aplicação de extrato aquoso à base da semente da planta *Moringa oleífera* (EAMO), como agente de coagulação de tintas automotivas à base de solvente. O estudo propôs um método padronizado para obtenção do extrato e analisou a hipótese de se tratar (coagular) um efluente sintético de tinta à base de solvente, verificando a ocorrência de impacto visual quanto à redução de cor e adesão dos resíduos. O estudo também definiu um método padronizado de coagulação de tintas, com base em padrões adotados nas indústrias automobilísticas. Os resultados obtidos indicaram que o uso isolado de EAMO, como agente de coagulação de tintas à base de solvente não é viável em termos de remoção de adesão (*tack*), o que impede o uso deste agente em escala industrial. No entanto, face à remoção de cor dos efluentes sintéticos de tinta à base de solvente que receberam EAMO, recomenda-se estudos complementares de uso de EAMO em sinergia com coagulantes disponíveis comercialmente, visando otimização dos processos de clarificação, em conformidade com os parâmetros requeridos nos processos de separação líquido-sólido na indústria automotiva.

PALAVRAS-CHAVE: Coagulante de tinta, *Moringa oleífera*, coagulação de tinta.

INTRODUÇÃO

A indústria automotiva e o uso da água

A indústria automobilística vem demonstrando uma progressiva preocupação com os impactos ambientais causados pela sua produção (MAYYAS et al., 2012).

De acordo com a Organização dos Construtores Europeus de Automóveis (ACEA), a demanda mundial por veículos automotores em 2022 foi de 81,7 milhões de unidades (ACEA, 2023).

O atendimento dos requisitos ambientais exigidos é um dos grandes desafios à indústria automotiva para os próximos anos (MAINKA et al., 2015).

Esforços e investimentos expressivos têm sido empregados em ações para redução de consumo de água por meio da implementação de mecanismos de reúso ao longo da cadeia produtiva, especialmente no processo de pintura automotiva, departamento que mais utiliza este recurso (SALIHOGU; SALIHOGU, 2016).



Reúso de água no processo de pintura automotiva

No processo de pintura automotiva há uma certa quantidade de tinta que não entra em contato com a superfície que está sendo pintada e forma uma névoa fina de tinta excedente, o *overspray*, que deve ser constantemente removido para evitar entupimentos, obstruções e reduções de vazão da água e do ar que circulam pelas cabines (ALBU; BEAUCHAMP, 2003). Este ar contaminado com tinta é sugado por exaustores e então capturado por cortinas de água circulante (BUI; ALBU, 2007).

Na água que circula pelas cabines de pintura, se faz necessária a adição de coagulante para tornar os componentes da tinta miscíveis e não pegajosos. Esta mistura de água e tinta coagulada é então bombeada para poços, onde ocorre adição de floculante para promover a separação líquido-sólido, garantindo o reúso (HORIUCHI, 2013).

Misturas de sais de alumínio e ferro são os coagulantes químicos mais comumente usados (PAVANELLI, 2001; PIVELI; KATO, 2005).

Mais recentemente foram desenvolvidos coagulantes vegetais a base de amidos e taninos catiônicos, entretanto, o alto custo da cationização tem limitado a sua utilização (CASTRO, 2020).

Dada a demanda crescente por produtos sustentáveis, este trabalho aborda o estudo da aplicação de uma possível formulação de coagulante de tinta, biodegradável e de origem vegetal, a base da semente da planta *Moringa oleífera*.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Avaliar a possibilidade de uso de Extrato Aquoso de *Moringa oleífera* (EAMO) como coagulante para efluentes de cabine de pintura automotiva, a partir de extrato obtido por método padronizado.

Analisar a hipótese de se tratar (coagular) um efluente sintético de tinta à base de solvente, através da dosagem de EAMO, verificando a existência de impacto visual quanto à redução da cor e análise qualitativa do resíduo gerado em termos de remoção de adesividade (*tack*), em conformidade com parâmetros adotados na indústria automobilística.

METODOLOGIA UTILIZADA

Para realização deste trabalho adotou-se um teste padrão utilizado pela indústria automotiva para avaliação de coagulantes de tinta.

Ensaio de coagulação

Os tempos de reação para coagular a tinta são baixos, na ordem de segundos. A aplicação de coagulante é normalmente feita na zona turbulenta, no interior das cabines de pintura, e o floculante na zona de regime laminar, normalmente nos tanques de homogeneização que precedem os tanques de separação líquido-sólido.

O método para simular este processo consiste em adicionar 500 mL de água a um frasco, seguido da adição de coagulante de tinta, substituído no presente trabalho pelo EAMO, com agitação rápida por aproximadamente 10 s. Em seguida, adiciona-se 1 mL de tinta (0,2%) com agitação manual rápida até que se obtenha a total dispersão da tinta na água.

Por fim, adiciona-se à solução teste, um floculante comercialmente disponível, geralmente a base de Poli(acrilamida) (PAM), e promove-se a agitação manual lenta até que ocorra a separação dos resíduos (borra de tinta).

Os resultados obtidos são comparados com as recomendações dadas pelos padrões globais requeridos para coagulação de tintas na indústria, conhecidos como plano de controle, em termos de coagulação e floculação da tinta (formação de borra e resultado do processo de separação de fases), remoção de *tack* e análise da ocorrência de flotação ou sedimentação.

Preparação do EAMO

As sementes de *Moringa oleífera* foram descascadas manualmente e seguindo-se a metodologia proposta por RANGEL (1999), trituradas utilizando um almofariz, até se obter um pó fino.

Em seguida, o pó obtido foi peneirado com uma peneira granulométrica em aço inox com abertura de 1 mm e pesado numa balança semianalítica, separando-se a quantidade requerida para preparação da solução de concentração desejada (massa/volume) em 0,2 L de água desmineralizada, conforme proposto por RAMOS (2005).

A mistura foi então agitada utilizando um processador doméstico por 2 min, conforme proposto por BARBOSA et al. (2018).

A solução foi deixada em repouso por 15 min para a sedimentação das partículas em suspensão, em temperatura ambiente.

Por fim, adaptando-se a metodologia de filtração proposta por RANGEL (1999), utilizou-se um não-tecido de viscoso, para filtração do fluido líquido, obtendo-se o extrato aquoso de *Moringa oleífera*.

Por fim, adaptando-se a metodologia de filtração proposta por RANGEL (1999), utilizou-se um não-tecido de viscoso, para filtração do fluido líquido, obtendo-se o extrato aquoso de *Moringa oleífera*.

RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

Ensaio de coagulação

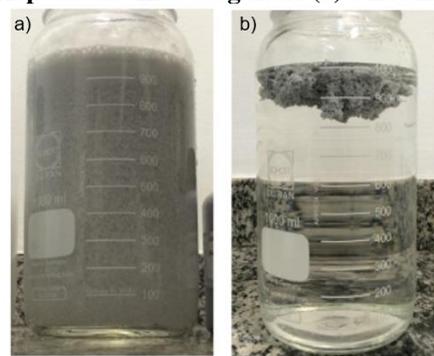
Na Figura 1, está ilustrado exemplo de resultados satisfatórios de coagulação e floculação de tinta, respectivamente, em atendimento aos planos de controle da indústria.

Conforme visível na Figura 1a, após a dosagem de coagulante, observa-se que a tinta fica totalmente dispersa na água, sendo possível visualizar pequenos coágulos em suspensão aquosa.

E após a dosagem de floculante, os flocos se aglomeram, aumentando a consistência dos flocos e clarificando totalmente a amostra.

Após a etapa de separação de fases, observa-se se houve sedimentação dos resíduos no frasco, sendo geralmente desejável a total flotação da tinta coagulada, pois isto implicará em maior desempenho operacional em escala real, nos sistemas de coagulação de tintas na indústria, já que estes normalmente operam com flotadores mecanizados para remoção da borra de tinta de superfície, sendo que a parcela de tinta que sedimenta, inevitavelmente implicará em necessidade futura de limpeza dos tanques separadores.

Figura 1: Aspecto da tinta coagulada (a) e floculada (b)

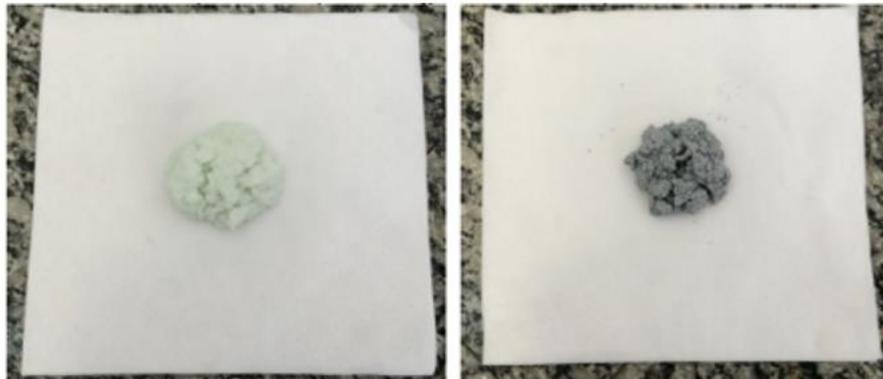


Fonte: Elaborado pelos autores.



Apresenta-se na Figura 2 o aspecto desejável dos resíduos de tinta após a separação líquido-sólido.

Figura 2: Imagem dos resíduos de tinta coagulada, após separação da fase sólida



Fonte: Elaborado pelos autores.

Extrato aquoso de *Moringa oleífera*

Figura 3: Extrato aquoso de *Moringa oleífera*



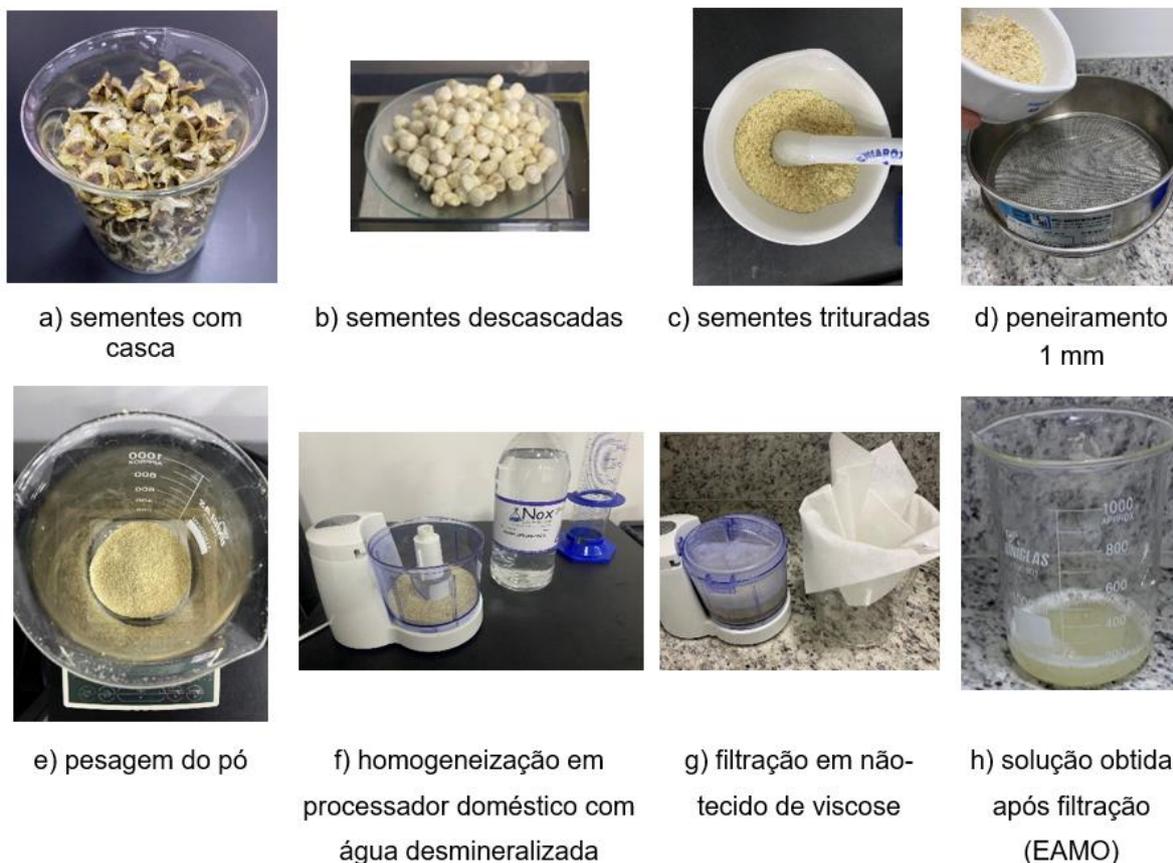
Fonte: Elaborado pelos autores.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Preparação do EAMO

As sementes de *Moringa oleífera* utilizadas no estudo foram coletadas no município de Casa Nova, no estado da Bahia e a preparação do EAMO, seguindo a metodologia proposta, está ilustrada na Figura 4.

Figura 4: Etapas para obtenção do extrato aquoso de *Moringa oleifera*



Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a obtenção do EAMO, realizou-se sua caracterização em termos de valores pH e de condutividade (Tabela 1).

Tabela 1: Valor de pH e condutividade elétrica da solução preparada de EAMO

Caracterização da Amostra de EAMO à 7,5%

pH	4,74
CE	1482 μ S/cm

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ensaio de Coagulação

Os testes foram conduzidos com tinta à base de solvente, fabricada pela empresa Axalta Coating Systems.

Seguindo a metodologia proposta, verificou-se que o EAMO em adição às soluções de tinta à base de solvente, não removeu a propriedade de adesão intrínseca de tintas à base de solvente (*tack*), mesmo quando em associação com outros agentes de tratamento, como, por exemplo, compostos à base de poliácridamida (PAM).

Na Figura 4 está ilustrado o melhor resultado de clarificação do efluente de tinta alcançado pela dosagem do EAMO como agente de coagulação, seguido da dosagem de PAM, como agente de floculação.



Como é possível se observar na Figura 4.b, apesar da formação de flocos, resultado da separação líquido-sólido, a tinta separada da água permaneceu com suas propriedades de adesão (*tack*), sujando a superfície do frasco, condição também observada nos testes manuais, introduzindo-se, por exemplo, a mão na água e observando a aderência da tinta separada.

Figura 5: Ensaio preliminares utilizando tinta OEM à base de solvente



a) adição de EAMO e PAM ao efluente de tinta base solvente

b) efeito da adição do EAMO e PAM: separação de fases (tinta com *tack*)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Como é possível se observar na Figura 6, após a dosagem do floculante (PAM) e o repouso, uma parcela dos sólidos de tinta com *tack* que sujou as paredes do frasco, decantou, indicando que o processo de coagulação não atendeu aos objetivos desejáveis, conforme exposto no item de resultados esperados.

Figura 6: Resultado de coagulação de tinta à base de solvente com dosagem de EAMO



Fonte: Elaborado pelos autores.



Tabela 2: Remoção de *tack* da amostra de tinta

EAMO à 7,5%	
Dosagem EAMO (%)	Presença de <i>tack</i>
0,05	Sim
0,10	Sim
0,15	Sim
0,20	Sim
0,25	Sim
0,50	Sim
0,75	Sim

Fonte: Elaborado pelos autores.

CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos indicam que o uso isolado de EAMO, como agente de coagulação, em efluentes de tinta à base de solvente não se mostrou viável, pois nestes processos a remoção da adesão (*tack*) é uma exigência para evitar problemas operacionais, tais como, entupimentos nas linhas de pintura.

Entretanto, face à visual remoção de cor dos efluentes sintéticos de tinta à base de solvente que receberam dosagem de EAMO, recomenda-se estudos complementares de uso de EAMO em sinergia com coagulantes disponíveis comercialmente, visando otimização dos processos de clarificação, em conformidade com os parâmetros requeridos nos processos de separação líquido-sólido na indústria automotiva, haja vista visível capacidade observada de potencializar a redução de cor e turbidez das amostras testadas.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBU, M. L.; BEAUCHAMP, P. J. Method for paint detackification using compositions containing chitosan. US, n. 6858093B2, 29 out. 2003, 22 fev. 2005
2. Association des Constructeurs Européens d'Automobiles - ACEA. The Automobile Industry Pocket Guide 2023/2024. Brussels, ACEA, 2023.
3. Barbosa, A. D. et al. Combined use of coagulation (M. oleifera) and electrochemical techniques in the treatment of industrial paint wastewater for reuse and/or disposal. Water research, v. 145, p. 153-161, 2018.
4. BUI, N.; ALBU, M. The use of Chitosan in Paint Detackification. Paint and Coatings Industry, 2007. Disponível em: <https://www.pcimag.com/articles/87410-the-use-of-chitosan-in-paint-detackification>. Acesso em 15 abr. 2023
5. CASTRO, J. N. S. Síntese de Hemiceluloses catiônicas por indução de micro-ondas para utilização como coagulante em tratamento de efluentes industriais. 2020. 76 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2020.
6. HORIUCHI, M. Method of treating wet coating booth circulating water. JP, n. JP2014155916A, 18 fev. 2013, 18 fev. 2033
7. MAINKA, H. et al. Lignin - An alternative precursor for sustainable and cost-effective automotive carbon fiber. Journal of Materials Research and Technology, v.4, p. 283-296, 2015.
8. MAYYAS, A. et al. Design for sustainability in automotive industry: A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 16, n. 4, p. 1845-1862, 2012.
9. PAVANELLI, G. Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada. 2001. 216 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2001.
10. PIVELI, R. P.; KATO, M. T. Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. 1. ed. São Paulo: ABES, 2005.
11. RAMOS, R. O. Clarificação de água com turbidez baixa e cor moderada utilizando sementes de *Moringa oleifera*. 2005. 276 p. Tese (Doutorado), Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. 2005.
12. RANGEL, M. S. A. Moringa oleifera: uma planta de uso múltiplo. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. 41 p. (Circular Técnica n. 9)
13. SALIHOGLU, G.; SALIHOGLU, N. K. A review on paint sludge from automotive industries: Generation, characteristics and management. Journal of Environmental Management, v. 169, p. 223-235, 2016.