

II-023 - TRATAMENTO DE EFLUENTE SINTÉTICO TÊXTIL A PARTIR DE PROCESSO DE COAGULAÇÃO COM USO DE EXTRATOS NATURAIS DE MANDIOCA (*MANIHOT ESCULENTA CRANTZ*)

Alessandra Freddo⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestranda em Tecnologias Ambientais pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Ionara Fernanda Hoffmann⁽²⁾

Tecnóloga em Gestão Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Especialista em Gestão Ambiental em Municípios pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Engenheira Ambiental pela Faculdade União das Américas. Mestranda em Tecnologias Ambientais pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Nyara Chandoha Camilo⁽³⁾

Engenheira Ambiental pelo Centro Universitário Dinâmica das Cataratas. Mestranda em Tecnologias Ambientais pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Juliana Bortoli Rodrigues Mees⁽⁴⁾

Doutora em Engenharia Agrícola: Recursos Hídricos e Saneamento pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Professora e Pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Endereço⁽¹⁾: Rua Sergipe, 2880 – Bairro São Cristóvão - Medianeira - Paraná - CEP: 85884-000 - Brasil - Tel: (45) 9922-6348 - e-mail: ale_freddo@hotmail.com

RESUMO

Os efluentes das indústrias têxteis apresentam, em sua composição, corantes que são utilizados para coloração de fibras que, devido à complexidade em sua estrutura, são difíceis de serem removidos. O tratamento por meio da técnica de coagulação-floculação é de fácil aplicação e baixo custo, e os coagulantes naturais apresentam significativa degradabilidade. O objetivo do trabalho consistiu em avaliar a eficiência da folha e caule da mandioca como coagulantes naturais para remoção de corantes em efluente têxtil sintético. Como metodologia, foi preparado o efluente sintético Azul Turquesa e Vermelho Escarlata, separadamente. Extraíram-se os coagulantes naturais da folha e caule da mandioca, com água e etanol 70%. Foram testados em ensaios de dosagem mínima em Jar-Test (Policontrol Ap2000) para verificação da mínima dosagem do coagulante para formação de partículas em suspensão. As amostras foram caracterizadas antes e após a adição dos extratos, aplicando-se os seguintes parâmetros físico-químicos: pH, turbidez e cor. Como resultados, em nenhum dos testes obteve-se a formação de coágulos durante o procedimento, apenas o aumento da turbidez e diminuição do pH, bem como a remoção da cor em algumas amostras. Sendo assim, os extratos, tanto do caule como da folha da mandioca, extraídos com água e com etanol, não demonstraram eficiência satisfatória como coagulantes naturais na remoção de corantes de efluentes têxteis.

PALAVRAS-CHAVE: Descolorização, Coagulação, Coagulantes naturais, Tratamento da água.

INTRODUÇÃO

Efluentes de indústrias têxteis representam ameaças nocivas e perigosas nos tempos atuais, e necessitam de tratamento antes de serem depositados no meio ambiente, pois, além de afetar negativamente a estética, alteram a transparência das águas e promovem a solubilização de gases que causam danos ao meio ambiente (PASCHOAL; FILHO, 2005). O equilíbrio da fauna e flora pode ser prejudicado até mesmo com mínimas concentrações de contaminantes como corantes, surfactantes e metais pesados (BELTRÁN-HEREDIA; SÁNCHEZ-MARTÍN; DÁVILA-ACEDO, 2011).

Dentre a diversidade de indústrias existentes, as têxteis se encontram em primeiro lugar na utilização de corantes para coloração de fibras. Nos início dos anos 2000, já existiam mais de 9000 tipos de corantes

incorporados no índice de coloração (SANGHI; BHATTACHARYA; SINGH, 2006). Devido a origem sintética e à complexa estrutura molecular, os corantes apresentam dificuldade em sua biodegradação quando depositados no ambiente, além do fato de que sua degradação incompleta ocasiona a produção de compostos tóxicos (SARWAN et al, 2012).

Ao considerar os riscos que os efluentes industriais ocasionam, existem diversos tratamentos para os mesmos sendo pesquisados e aplicados, como a filtração, desinfecção e coagulação, porém, estudos de novas formas de tratamento ainda são necessárias (BELTRÁN-HEREDIA; SÁNCHEZ-MARTÍN; DÁVILA-ACEDO, 2011).

Para Sarwan et al. (2012), o maior desafio para diminuir o grau de poluição do efluente têxtil consiste na sua descoloração. De acordo com Paschoal e Filho (2005), os processos de adsorção, precipitação, oxidação química, eletroquímica, fotoquímica, coagulação e floculação, decomposição biológica ou enzimática, são as principais técnicas de tratamento, empregadas para a descoloração de efluentes. Entretanto, os processos biológicos não são recomendados para a descoloração, pois a maioria dos corantes é inorgânica e tóxica para os microrganismos envolvidos no processo (GOSAVI; SHARMA, 2014).

A coagulação e floculação consistem em processos rentáveis, fáceis de operar e econômicos energeticamente. A coagulação pode ser interpretada como um processo de conversão de partículas coloidais e dispersas em flocos visíveis, e as dosagens de coagulante variam em larga escala objetivando atingir a máxima eficiência de remoção de poluentes, aplicando-se dosagens mínimas em um pH ótimo (SOLANKI et al, 2013).

Os processos de coagulação e floculação podem ocorrer utilizando-se coagulantes naturais ou com base química (CHOY et al, 2014). Apesar de os coagulantes com bases químicas, como de sais de alumínio e ferro, apresentarem eficiência para a clarificação de efluentes, existem também pontos negativos associados com este uso: ineficiência em baixas temperaturas, efeitos adversos para a saúde humana, produção de grandes volumes de lodo com alta concentração de alumínio/ferro e mudança no pH no tratamento da água (SANGHI; BHATTACHARYA; SINGH, 2006).

Segundo Choy et al. (2014), o interesse em coagulantes naturais é crescente, pelo fato de que apresentam significativa degradabilidade, e é necessário que mais pesquisas sejam dedicadas à essa área para identificar e desenvolver métodos viáveis para sua utilização que forneçam alternativas sustentáveis em substituição aos coagulantes químicos.

Considerada uma importante fonte de alimento e de calorias diárias para uma vasta população em países tropicais na Ásia, África e América Latina, a mandioca (*Manihot esculenta* Cranz) é uma planta espessa que produz tubérculos, formada por uma parte aérea e outra subterrânea (PANDEY et al., 2000). A parte aérea desta planta cultivada no Brasil, muitas vezes, é descartada e se torna resíduo, e em sua composição apresenta lectinas e polifenóis, que, por sua vez, possuem relação com fenômenos de aglomeração em sua estrutura química, o que demonstra sua utilidade para campos tecnológicos variados (BUSTOS, 2012).

Sendo assim, o objetivo da presente pesquisa consistiu em avaliar a eficiência da folha e do caule da mandioca como coagulantes naturais para remoção de corantes em efluente têxtil sintético.

MATERIAIS E MÉTODOS

EFLUENTE TÊXTEL SINTÉTICO

O efluente sintético foi preparado a partir de 0,02g de corante para cada litro de água destilada. Os corantes utilizados para os estudos e preparo das soluções foram o Azul Turquesa (AT) e Vermelho Escarlata (VE), ambos de caráter reativo, doados pela Indústria Têxtil Texpal.

CORANTE NATURAL

A fonte de tanino utilizado como coagulante foi a mandioca (*Manihot esculenta Crantz*), extraído das folhas e do caule. As folhas e o caule de mandioca foram coletados de plantas com aproximadamente dezoito (18) meses de idade, separados, lavados e secos à sombra durante 48 horas à temperatura ambiente (25-30°C).

EXTRAÇÃO

A preparação das folhas e caules para extração do tanino e o processo de extração foram realizados com base na metodologia proposta por Bustos (2012) de forma adaptada. As folhas previamente secas à temperatura ambiente, foram submetidas à secagem a 35-40°C em estufa durante 12 horas. Em seguida, foram trituradas em liquidificador industrial e peneiradas, sendo então, armazenada sob refrigeração (2-8°C) em frascos de vidro, hermeticamente fechados.

Já o caule recebeu uma pré trituração e após, seco em estufa a 35°C por 12 horas para remoção de umidade. O material seco foi triturado em liquidificador industrial até obtenção de uma farinha, que posteriormente, foi peneirada para eliminação de partículas mais grosseiras. A farinha obtida foi armazenada da mesma forma que as folhas (2-8°C).

A extração foi feita em uma relação de 1:20 (g de folhas moídas/caule moído: ml de agente extrator) com agitação suficiente para suspender o sólido no solvente.

Amostras das farinhas de folha e caule foram submetidas à extração com água e com etanol 70%. A extração com água foi realizada em temperatura ambiente, com agitação constante durante 1 hora. Em seguida, os extratos obtidos foram filtrados e submetidos a aquecimento em sistema composto de manta de aquecimento e condensador por aproximadamente 4 horas a temperatura de 100°C para a concentração dos extratos. Os extratos obtidos foram armazenados sob refrigeração (2-8°C) e utilizados nos testes no máximo 3 dias após realizada a extração.

A extração com etanol 70% foi realizada sob agitação constante a 60°C, por cerca de 4 horas em manta de aquecimento. Após a extração, o extrato foi filtrado, resultando em um líquido livre de sólidos suspensos. Os extratos obtidos foram armazenados sob refrigeração (2-8°C) e utilizados para nos testes no máximo 3 dias após feita a extração.

TESTES DE DOSAGEM MÍNIMA

Os quatro diferentes tipos de Extratos (Aquoso do Caule (EAC), Aquoso das Folhas (EAF), Etanólico das Folhas (EEF) e Etanólico do Caule (EEC)), foram testados em ensaios de dosagem mínima em Jar-Test (Policontrol Ap2000) para verificação da mínima dosagem do coagulante para formação de partículas em suspensão.

Os efluentes têxteis sintéticos utilizados foram testados em volumes de 250 mL no Jar-Test, em temperatura ambiente, com velocidades de agitação em 100 rpm por 20 segundos (etapa de coagulação) e 30 rpm durante 15 min (etapa de floculação). A adição dos extratos foi realizada durante a etapa de mistura rápida para garantir homogeneidade na solução de corante. Após, as soluções foram deixadas em repouso durante 30 minutos para sedimentação (Sanepar, s.d apud MEES, 2015).

CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras foram caracterizadas antes e após a adição dos extratos, a fim de avaliar a eficiência do tratamento, avaliando-se os parâmetros pH, turbidez e cor, conforme o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012), método Potenciométrico 4500 - H+ B, Nefelométrico 2130 B e Espectrofotométrico 2120 C, respectivamente.

RESULTADOS OBTIDOS

TESTE DE DOSAGEM MÍNIMA

Os efluentes têxteis sintéticos VE e AT foram submetidos ao teste de dosagem mínima no Jar-Test com os diferentes extratos, em diferentes concentrações (200, 400, 600, 1000, 1400, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000 e 8000 ppm).

Em nenhum dos testes obteve-se a formação de coágulos, apenas o aumento da turbidez e pH, bem como a remoção da cor em algumas amostras, o que pode ser explicado pela diluição do efluente quando acrescentado grandes quantidades de coagulante, como pode ser observado nas Figuras 1 e 2.

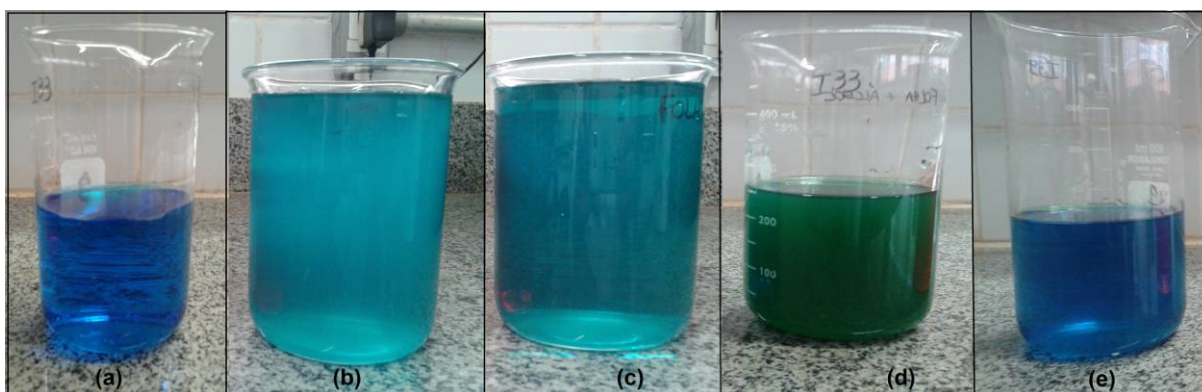


Figura 1: (a) Efluente bruto AT (b) amostra com extrato aquoso do caule (c) amostra com extrato aquoso das folhas (d) amostra com extrato etanólico das folhas e (e) amostra com extrato etanólico do caule.

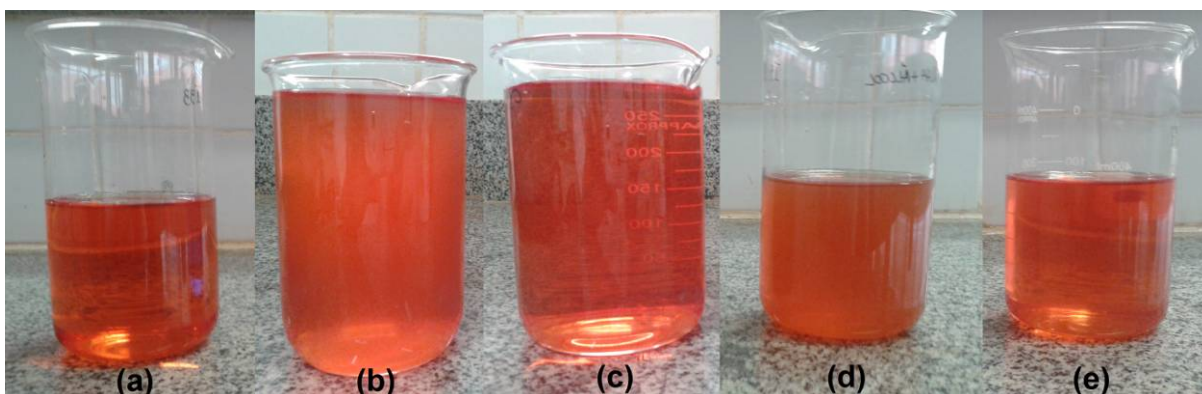


Figura 2: (a) Efluente bruto VE (b) amostra com extrato aquoso do caule (c) amostra com extrato aquoso das folhas (d) amostra com extrato etanólico das folhas e (e) amostra com extrato etanólico do caule.

Conforme Zahrim, Tizaoui e Hilal (2011), os corantes, especialmente os ácidos, básicos e reativos, podem não ter a mesma eficiência de remoção no tratamento convencional de águas residuais, pois resistem à ataques microbiológicos e à degradação química.

Dependendo do caráter ácido ou básico do corante e das características do coagulante, este é capaz de remover um tipo específico de moléculas, porém outras não (BELTRAN-HEREDIA, SÁNCHEZ-MARTÍN; MARTÍNSÁNCHEZ, 2011).

A formação lenta ou até a não formação de flocos pode ser explicada pela ineficiente ligação do corante com o extrato. Fatos que podem explicar o porquê da não formação dos coágulos na adição dos extratos no presente estudo (BUSTOS, 2012).

DETERMINAÇÃO DA COR DAS AMOSTRAS

Como os corantes são substâncias que absorvem energia correspondente ao comprimento de onda da faixa do visível, por meio da espectroscopia de absorção torna-se viável quantificar a remoção da cor, no espectrofotômetro de varredura, que analisa o comprimento de onda dessa região (SOTTORIVA, 2006).

Realizou-se os espectros da solução dos corantes AT e VE, onde obteve-se os picos de absorção máxima para cada corante, sendo 608nm para o AT e 498nm para o VE, que foram utilizados como referência para analisar a remoção da cor após a adição do coagulante.

Na Tabela 1 pode-se observar a absorbância média de cada amostra após a adição do coagulante natural, assim como a eficiência média da remoção de cada uma. Observa-se que os extratos etanólicos, tanto das folhas quanto do caule, não foram eficientes para a remoção da cor AT. Já para o VE, o EEF foi o coagulante que teve eficiência negativa no processo de remoção da cor.

Tabela 1: Absorbância das amostras de efluente sintético AT e VE.

Amostra	Cor (abs)	Remoção (%)	Amostra	Cor (abs)	Remoção (%)
Efluente bruto AT	0,344	-	Efluente bruto VE	0,450	-
AT + EAC	0,256	25,43	VE + EAC	0,309	31,24
AT + EAF	0,296	13,72	VE + EAF	0,270	40,08
AT + EEC	0,423	-23,06	VE + EEC	0,219	51,38
AT + EEF	0,505	-47,04	VE + EEF	0,451	-0,23

DETERMINAÇÃO DO pH E TURBIDEZ DAS AMOSTRAS

O pH dos efluentes têxteis sintéticos AT e VE foram determinados antes e após a aplicação dos extratos de folhas e caule.

Em ambos os efluentes têxteis sintéticos (AT e VE), a adição dos coagulantes naturais reduziu o pH (Tabela 2). Porém, com a adição dos extratos etanólicos a redução foi maior, fato explicado devido a maior concentração de íons H⁺ provenientes do álcool na extração dos taninos.

Tabela 2: pH das amostras brutas e após adicionados os coagulantes.

Efluente	Bruto	Extrato aquoso		Extrato etanólico	
		Folhas	Caule	Folhas	Caule
VE	6,91	5,85	5,78	5,64	5,39
AT	7,34	5,84	5,64	5,49	5,46

A turbidez dos efluentes têxteis sintéticos AT e VE, assim como o pH, também foi determinados antes e após a aplicação dos extratos de folhas e caule (Tabela 3). Os efluentes têxteis sintéticos brutos não possuíam turbidez. E, neste caso, qualquer alteração nesta característica está relacionada diretamente a adição dos extratos.

Tabela 3: Turbidez (NTU) das amostras brutas e após aplicação dos extratos.

Efluente	Bruto	Extrato aquoso		Extrato etanólico	
		Folhas	Caule	Folhas	Caule
VE	0	16	122	196	8
AT	0	10	111	194	5

Verificou-se que para os extratos obtidos a partir da folha, quando extraídos com etanol 70% o aumento da turbidez foi muito superior ao do extrato obtido a partir da extração com água para ambos os efluentes sintéticos. Este fato se deve em função de que, ao extrair os componentes da folha com etanol, este extrai juntamente o corante natural da planta, implicando em um extrato com alto teor de corantes que aumentam a turbidez do efluente.

CONCLUSÃO

Com base nos testes realizados, observou-se que em nenhum deles ocorreu a formação de coágulos, somente o aumento da turbidez e diminuição do pH. Com relação à cor, os extratos etanólicos não foram eficientes para sua remoção nos testes com Azul Turquesa (AT), enquanto que, com Vermelho Escarlate (VE), os extratos apresentaram eficiência negativa neste aspecto. Sendo assim, os extratos, tanto do caule como da folha da mandioca, extraídos com água e com etanol, não demonstraram eficiência satisfatória como coagulantes naturais na remoção de corantes de efluentes têxteis.

A facilidade das técnicas de coagulação-floculação faz com que o processo com coagulantes naturais seja mais acessível economicamente, porém, para remoção de corantes solúveis, não se recomenda a aplicação deste método, devido à ineficiência de ligação dos corantes com o extrato.

A aplicação da parte aérea da mandioca para o tratamento de efluentes considera a presença de princípios ativos que promovem o fenômeno de coagulação, e sua aplicação está ligada ao uso de processos apropriados de extração de proteínas e compostos fenólicos. Sugere-se, para trabalhos futuros, avaliar o rendimento da concentração de proteína, fenólicos e taninos nos extratos brutos finais, fazendo extrações sucessivas do sólido testado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA – AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WEF – WATER ENVIRONMENT FEDERATION –. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22 ed., Washington, DC: APHA, 2012.
2. BELTRÁN-HEREDIA, J.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; DÁVILA-ACEDO, M. A. Optimization of the synthesis of a new coagulant from a tannin extract. Journal of Hazardous Materials, Vol. 186, p. 1704-1712, february 2011.
3. BELTRÁN HEREDIA, J.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; MARTÍNSÁNCHEZ, C. Remediation of dye-polluted solutions by a new tannin-based coagulant. Industrial & Engineering Chemistry Research, v. 50, p. 686-693, 2011.
4. BUSTOS, J. A. R. Uso dos extratos naturais de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para tratamento de águas contendo resíduos orgânicos. 2012. 124 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC.
5. CHOY, Sook Yan; PRASAD, Krishna M. N.; WU, Ta Yeong; RAGHUNANDAN, Mavinakere E.; RAMANAN, Ramakrishnan N. Utilization of plant-based natural coagulants as future alternatives towards sustainable water clarification. Journal of Environmental Sciences, Vol. 26, p. 2178–2189, 2014.
6. GOSAVI, V. D.; SHARMA, S. A General Review on Various Treatment Methods for Textile Wastewater. Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology. Vol. 3(1) p. 029-039, Fevereiro, 2014.
7. JODI, M. L.; BIRNIN-YAURI, U. A.; YAHAYA, Y.; SOKOTO, M. A. The use of some plants in water purification. Global Advanced Research Journal of Chemistry and Material Science, Vol. 1(4) p. 71-75, December, 2012.
8. MEES, J. B. R Principais processos físico-químicos aplicados para o tratamento de águas residuárias: COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO, E SEDIMENTAÇÃO.
9. PANDEY, A.; SOCCOL, C. R.; NIGAM, Poonam; SOCCOL, V. T.; VANDENBERGHE, L. P. S.; MOHAN, R. Biotechnological potential of agro-industrial residues. II: cassava bagasse. Bioresource Technology, Vol. 74, p. 81-87, 2000.
10. PASCHOAL, F. M. M; FILHO, G. T. Aplicação da tecnologia de EF na recuperação do corante índigo blue a partir de efluentes industriais. Quim. Nova, vol. 28, n.5, p.766-772, São Paulo, 2005.
11. SANGHI, R.; BHATTACHARYA, B.; SINGH, V. Use of Cassia javahikai seed gum and gum-g-polyacrylamide as coagulant aid for the decolorization of textile dye solutions. Bioresource Technology, Vol. 97, p. 1259–1264, 2006.
12. SARWAN, B.; PARE, B.; ACHARYA, A.D.; JONNALAGADDA, S.B. Mineralization and toxicity reduction of textile dye neutral red in aqueous phase using BiOCl photocatalysis. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, Vol. 116, p. 48–55, November 2012.



13. SOLANKI, M.; SURESH, S.; DAS, S. N.; SHUKLA, K. Treatment of Real Textile Wastewater Using Coagulation Technology. International Journal of ChemTech Research, vol. 5, p. 610-615, april-june 2013.
14. SOTTORIVA, P. R. Remediação de efluentes têxteis por processo de oxidação avançada integrados a lodos ativados. 2006. 192f. Tese (Doutorado em Biotecnologia Industrial) – Faculdade de Engenharia Química de Lorena, São Paulo, 2006.
15. ZAHRIM, A. Y.; TIZAOU, C.; HILAL, N. Coagulation with polymers for nanofiltration pre-treatment of highly concentrated dyes: A review. Desalination, v. 266, p. 1-16, 2011.