

Tratamento de Corantes presentes nos efluentes da Indústria Têxtil

Palavras-Chave: corante, têxtil, tratamento

Isabela da Costa de Lima - Instituto de Química
Prof.^a Cassiana C. Montagner - Laboratório de Química Ambiental, IQ

INTRODUÇÃO

O pólo industrial é o principal gerador de dejetos e efluentes tóxicos que compõem os esgotos urbanos e causam a contaminação de corpos d'água [2]. E esses contaminantes podem ser das mais variadas espécies, pois cada tipo de produção gera diferentes resíduos. Sendo assim este projeto focou em um setor com significativa atuação brasileira, a produção têxtil, uma das mais importantes do mundo, com o atual mercado global de vestuário representando quase 1,8% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial [3]. Neste ramo temos o Brasil como o quarto maior produtor de malhas, além de possuir a maior Cadeia Têxtil completa do Ocidente [1,4].

Uma das principais substâncias presentes nos efluentes dessas indústrias são os corantes, componentes que afetam o meio ambiente de forma substancial. A composição deles pode variar muito, possuem elevado grau de complexidade apresentando diferentes grupos funcionais e, a presença de ciclos aromáticos lhes garantem significativa estabilidade reacional, dificultando a degradação natural.

De todo o corante usado durante a produção têxtil, 15 a 50% não consegue se fixar nos fios e tecidos e é perdido durante os tingimentos e lavagens [5,6]. O destino final desses rejeitos, sem o tratamento correto, prejudicam ecossistemas e a saúde pública, pois a maioria deles é classificada como tóxica, mutagênica e carcinogênica para organismos aquáticos e humanos, constituindo um grave problema ecológico.

Existem diversos métodos já aplicados e estudos sobre novos tratamentos na remoção ou decomposição de vários desses corantes. Nesta pesquisa foi feita uma revisão na literatura científica sobre as novas técnicas que vêm sendo estudadas que apresentam remoção de corantes provenientes dos efluentes da indústria têxtil, viabilizando criar um banco de dados que mostre os resultados e problemas associados a cada processo. E também foi experimentada a eficiência da degradação fotolítica sob efeito da luz solar.

METODOLOGIA

Pesquisa Bibliográfica

O banco de dados usado foi o Web Of Science. A pesquisa bibliográfica foi feita a partir das palavras-chaves “corante” ou “corantes”, “efluentes”, “têxtil” ou “têxteis”, e “tratamentos”. Foram selecionados 14 estudos, todos brasileiros, realizados de 2005 a 2021.

Entre eles temos em comum que as pesquisas foram executadas apenas em escala de bancada, não foram feitos testes ou aplicações em escala piloto ou real. Também podemos fazer comparações sobre os tipos de tratamentos estudados e a forma como eles foram experimentados, usando efluentes reais ou sintéticos, e analisando um corante alvo/modelo ou corantes gerais.

Degradação do corante por fotólise sob efeito da luz solar

O corante utilizado para o experimento foi a Auramina O (*Basic Yellow 2*, CAS number 2465-27-2, pureza 86%). Todas as análises foram feitas no HPLC/DAD, com corrida isocrática com fase metanol/água acidificada com ácido fórmico (0,1%) 50:50 (v/v). O tempo das análises duraram de 10 a 13 minutos, com uma vazão de fase móvel de 0,8 mL/min. Os cromatogramas

foram avaliados em 437 nm e a identificação do pico referente a Auramina O foi baseada no tempo de retenção de em média 8,6 min [25].

Com o padrão sólido em pó do corante foi preparada uma solução estoque de 10 mL com 300 µg/L em metanol. Foi então elaborada uma curva analítica Concentração Vs Área do Pico com soluções de trabalho de diferentes concentrações (5, 15, 20 e 25 µg/L) preparadas a partir da solução estoque diluída com água ultrapurificada.

Para o experimento foi preparada uma solução de 1 L com 100 µg/L de Auramina O em água ultrapurificada, esta solução foi dividida em quatro béqueres de 250 mL, sendo três replicatas e um para controle no escuro. Então os três béqueres com 100 µg/L de Auramina O foram expostos ao Sol juntamente com mais um béquer com 250 mL do solvente, para controle de evaporação, e o quarto béquer com solução foi conservado longe da luz durante toda a duração do experimento. Foi um total de 18h de exposição ao Sol, sendo estas horas divididas em 3 dias. As coletas de amostras foram realizadas com intervalos de 1, 2, 3 e 4h.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pesquisa Bibliográfica

Tipos de Tratamento	Porcentagem
Adsorção	50%
POA	14%
Método biológico	29%
Anaeróbico	14%
Fotocatálise	7%
Redox	7%

Obs: cada artigo pode ter mais de um tipo de tratamento

Tipo de Efluente	Porcentagem	Tipo de Corante	Porcentagem
Real	14,29%	Geral	14,29%
Sintético	92,86%	Alvo/Modelo	92,86%

Obs: cada artigo pode ter mais de um tipo de efluente e/ou corante

Tabelas 1, 2 e 3 - relação de métodos utilizados nos estudo selecionados

Tratamento	Vantagens	Desvantagens	Resultado	Fonte
Anaeróbio + mediadores redox	Aplicação do tratamento termofílico como unidade de pré-tratamento; economia de energia em condições mesofílicas	Cinética da reação dependente das condições do sistema	56-95% s/ mediadores redox; aumento da cinética com mediadores redox	[10]
Biodegradação pelo fungo <i>Aspergillus niger</i> AN400			Remoção do corante de 77 a 85%, e da matéria orgânica dissolvida de 75 a 80%	[11]
POA (Fenton, foto-Fenton e UV/H ₂ O ₂)	Maior concentração de corante significa maior remoção de cor	Aumentando-se demasiadamente a quantidade de H ₂ O ₂ , o processo UV/H ₂ O ₂ diminui a eficiência	Remoção de cor (95,4%) e DQO (73,0%)	[12]

Adsorção em argila esmectita	Baixo custo; elevadas taxas de remoção; recuperação do corante sem perda de sua identidade		Remoções na faixa de 90%	[13]
Adsorção por biomassa microbiana Saccharomyces cerevisiae	Biomassa pode ser reutilizada; baixo tempo de operação; o material adsorvido pode ser reutilizado; economicamente viável; fácil manipulação; não patogenicidade	Capacidade de adsorção depende do tipo de biomassa, o tipo de adsorbato, a presença de íons competidores no meio e valor de pH	Redução do corante em 25,4 vezes	[14]
Reator anaeróbio com manta de lodo + processo Fenton	Baixo custo de implantação; simplicidade operacional; menor geração de lodo; menor consumo de energia elétrica; a reação Fenton é ambientalmente degradável	Não eficientes na remoção de nutrientes (N e P), eliminação de organismos patogênicos e efluentes muito recalcitrantes; tratamento demorado (dias)	Remoções de DQO em torno de 82,0% p/ UASB e de 95,6% + Fenton. Remoção da cor 96,1% p/ UASB e 100,0% + Fenton	[15]
Descoloração por fungo Lasiodiplodia theobromae MMPI	Microrganismos com capacidade de adaptação e crescimento; capacidade de degradar moléculas complexas	Não apresentou habilidade para a detoxificação biológica, redução de DQO e nem redução do conteúdo de compostos fenólicos.	Capacidade de remoção de 91,2%	[16]
Biodegradação leveduras isoladas de moluscos	Baixo custo operacional	Toxicidade na maioria das leveduras usadas	Capacidade de descoloração de 80 a 93%	[17]
Adsorção em cerâmica vermelha	Custos atrativos		Remoção de cor de 98,2 a 99,5%	[18]
Adsorção em mesocarpo de coco verde	Baixo custo; disponibilidade; elevada capacidade e taxa de adsorção; aproveitamento de resíduos agroindustriais		Tratamento com HCl (0,1 molL ⁻¹) proporcionou capacidade adsortiva máxima de 166,7 mg g ⁻¹	[19]
Trióxido de molibdênio na fotocatalise			Degradação em torno de 50%	[20]
Adsorção em fibra de sisal	Bioadsorvente econômico e de baixo custo		Remoção de 64,52% do corante	[21]
Adsorção em bagaço de cana de açúcar	Composição conveniente; baixo custo; reaproveitamento de resíduos agrícolas gerados		Redução de 83,4% do corante	[22]

Adsorção em carvão ativado de caroço de pêssego	Alternativa sustentável; baixo custo; baixa geração de resíduos; simplicidade de operação; fácil recuperação de metais; possibilidade de reutilização do adsorvente		Efluente sintético: 60% e 93%. Efluente real: 59,14% e 63,69% e remoção da cor superior a 62%	[23]
---	---	--	---	------

Tabela 4: Comparação de eficiência, vantagens e desvantagens entre os tratamentos estudados

Degradação do corante por fotólise sob efeito da luz solar

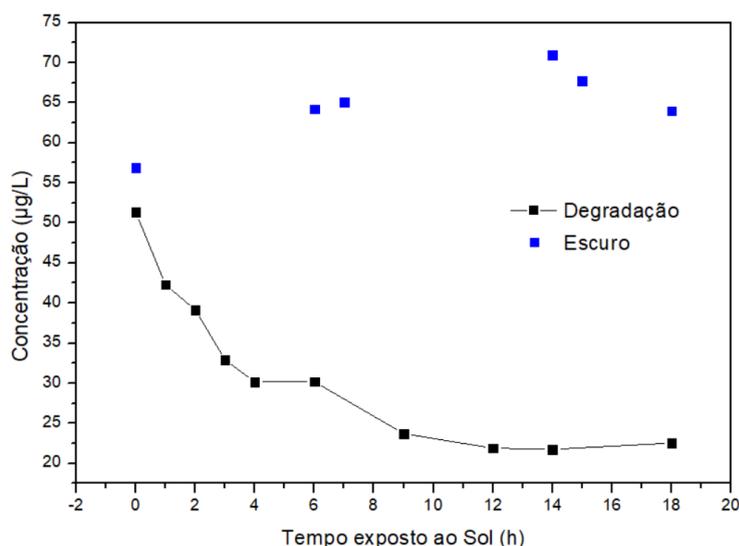
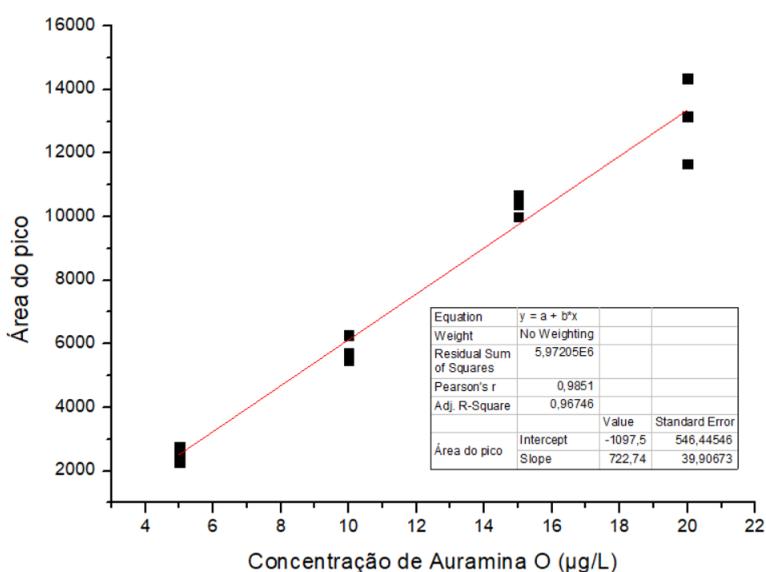
Foram realizadas três injeções para cada ponto da curva de calibração desenvolvida (figura 1) e obteve-se a seguinte equação da reta: $Y = 722,74 X - 1097,5$.

Aplicando nesta equação os valores das áreas dos picos referentes a Auramina O de cada cromatograma obtido, descobriu-se as concentrações do corante após a exposição solar (figura 2).

Através do gráfico da figura 2 é possível observar a degradação do corante que estava presente na solução. Houve um declínio até as 12h de exposição ao Sol e após isso atingiu uma estabilidade. Usando as medidas da solução que ficou no escuro é observada uma certa estabilidade na concentração inicial, que por mais que teoricamente fosse 100 µg/L, de acordo com a equação da reta do gráfico da figura 1, era em média $61,7 \pm 6,1$ µg/L.

Ao término do experimento, o béquer de controle de evaporação apresentava apenas 190,5 mL de água ultrapurificada. Isso significa que evaporou em torno de 60 mL, então acreditasse que o mesmo aconteceu com a solução dos demais béqueres. Mas como o método detecta a real concentração da solução, os dados obtidos não sofreram interferência dessa evaporação. A concentração média final dos béqueres que continham Auramina O era 22,53 µg/L. Sendo assim, houve 37% de degradação do composto por fotólise sob efeito de 18h de exposição à luz solar.

Figura 1: Curva analítica da Auramina O em água ultrapurificada



CONCLUSÃO

A existência de diversos métodos eficientes para o tratamento de corantes presentes nos efluentes das indústrias têxteis apresenta um grande potencial para reversão, ou pelo menos diminuição, da situação causada por esses poluentes. Dentre os estudos selecionados, conclui-se que os que se destacam com o “combo” de altas taxas de remoção/degradação/descoloração e boas vantagens no uso do processo de tratamento, são as adsorções em compostos minerais, argila e cerâmica.

No experimento realizado foi observada a atuação da fotólise solar sobre o corante Auramina O, apresentando uma degradação em 37%. É possível que exista potencial de maiores degradações se o tempo de exposição ao Sol for maior.

REFERÊNCIAS

1. RODRIGUES, L.S., HENKES, J. A. Gerenciamento de resíduos sólidos em uma indústria têxtil. R. gestão & sustentabilidade ambiental, Florianópolis, v. 7, n. 1, 2018
2. PIMENTA, H. C. D.; TORRES, F. R. M.; RODRIGUES, B. S.; ROCHA, J. M.; “O esgoto: a importância do tratamento e as opções tecnológicas” - **ENEGEP**, 2002. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR104_0458.pdf
3. WIELEWSKI, L. P.; ZUCCOLOTTO, T.; SOARES, M.; PROLA L. D. T.; LIZ, M. V.; “Degradation of the Textile Dye Reactive Black 5 by Basidiomycetes” - **A&A**, 2019
4. ABIT, Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. “Perfil do Setor: Dados gerais referentes a 2019 (atualizados em dezembro de 2020)”. Disponível em: <https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>
5. XAVIER, C. S. F.; CRISPINIANO, F. F.; NASCIMENTO, K. K. R.; ALMEIDA, M. M.; VIEIRA, F. F.; “Secagem e avaliação do bagaço de cana de açúcar como adsorvente de corantes têxteis presentes em soluções aquosas” - **Revista Matéria**, 2021.
6. FERREIRA, I. L. S.; “Tingimento de tecido de algodão com corantes reativos utilizando água do mar” - **UFRN**, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/27057/1/Tingimentotecidoalgod%C3%A3o_Ferreira_2019.pdf
7. BEZERRA, A. M. N.; RIBEIRO, M. H. G.; COUTINHO, A. P.; RABELO, A. E. C. G. C.; GONÇALVES, E. A. P.; “Performance of slow sand filters in the after-treatment of effluent from Pernambuco state textile center” - **A&A**, 2020.
8. COSSOLIN, A. S.; “Decolorization of textile azo dye Reactive Red 239 by the novel strain *Shewanella xiamenensis* G5-03 isolated from contaminated soil” - **A&A**, 2019
9. DANTAS, A. N. D.; AROUCHA, E. M. M.; LEITE, R. H. L.; SANTOS, F. K. G.; “Avaliação do potencial adsorvente do mesocarpo de coco na remoção de corante vermelho reativo 195 em efluentes aquosos” - **Revista Matéria**, 2020
10. SANTOS, A.; “Aplicação conjunta de tratamento anaeróbio termofílico por lodo granular e de mediadores redox na remoção de cor de águas residuárias têxteis” - **Engenharia Sanitária Ambiental**, 2005
11. RODRIGUES, K.; VIDAL, C. B.; BARBOSA, B. C. A.; PESSOA-WANDERLEY, C. R.; DUARTE, I. C. S.; MARINHO, G.; “Viabilidade do tratamento de água residuária sintética têxtil em reator aeróbio de leito fixo” - **Engenharia Sanitária Ambiental**, 2010
12. MARTINS, L. M.; SILVA, C. E.; MOITA NETO, J. M.; LIMA, A. S.; MOREIRA, R. F. P. M.; “Aplicação de Fenton, foto-Fenton e UV/H₂O₂ no tratamento de efluente têxtil sintético contendo o corante Preto Biozol UC” - **Engenharia Sanitária Ambiental**, 2011
13. MELLO, V. F. B.; GAMA, J.; FERREIRA, J. M.; BARAUNA, O. S.; JUCÁ, J. F. T.; MOTTA SOBRINHO, M. A.; “Estudo e caracterização de propriedades da argila esmectita na remoção de corantes têxteis” - **Revista Matéria**, 2013
14. MENDES, C. R. M.; DILARRI, G.; PELEGRINI, R. T.; “Aplicação da biomassa *Saccharomyces cerevisiae* como agente adsorvente do corante Direct Orange 2GL e os possíveis mecanismos de interações adsorbato/adsorvente” - **Revista Matéria**, 2015
15. SANTOS, E. M. A.; NASCIMENTO, A. T. P.; PAULINO, T. R. S.; BARROSO, B. C. S.; AGUIAR, C. R.; “Reator anaeróbio tipo UASB conjugado com processo Fenton para remoção de cor e demanda química de oxigênio de água residuária sintética de indústria têxtil” - **Engenharia Sanitária Ambiental**, 2017
16. PIZATO, E.; LOPES, A. C.; ROCHA, R. D. C.; BARBOSA, A. M.; CUNHA, M. A. A.; “Caracterização de efluente têxtil e avaliação da capacidade de remoção de cor utilizando o fungo *Lasiodiplodia theobromae* MMPI” - **Engenharia Sanitária Ambiental**, 2017
17. SILVA, L. A. S.; OLIVEIRA, J. M.; DUARTE, E. A. A.; BARRETO, N. S. E.; CAZETTA, M. L.; “Descoloração do corante Azul Brilhante de Remazol R por leveduras isoladas de moluscos do Rio Subaé, no estado da Bahia, Brasil” - **Engenharia Sanitária Ambiental**, 2017
18. SILVA, A. B. C.; ANDRADE, R. M. F.; FREIRE, F. B.; NAGALLI, A.; CARVALHO, K. Q.; PASSIG, F. H.; KREUTZ, C.; “Análise da utilização de cerâmica vermelha como adsorvente na remoção do corante têxtil Direct Blue de uma solução aquosa” - **Revista Matéria**, 2017
19. OLIVEIRA, F. M.; COELHO, L. M.; MELO, E. I.; “Avaliação de processo adsorvente utilizando mesocarpo de coco verde para remoção do corante azul de metileno” - **Revista Matéria**, 2018
20. SILVA, C. A. A.; SILVA, C. F.; MATOS, J. M. E.; “Síntese, caracterização e aplicação do trióxido de molibdênio na fotocatalise de efluente têxtil sintético” - 2018
21. CRISPINIANO, F. F.; XAVIER, C. S. F.; VIEIRA, F. F.; ALMEIDA, M. M.; “Avaliação da cinética de secagem da fibra do sisal e do uso das fibras na adsorção de corante têxtil sintético” - **Revista Matéria**, 2020
22. XAVIER, C. S. F.; CRISPINIANO, F. F.; NASCIMENTO, K. K. R.; ALMEIDA, M. M.; VIEIRA, F. F.; “Secagem e avaliação do bagaço de cana de açúcar como adsorvente de corantes têxteis presentes em soluções aquosas” - **Revista Matéria**, 2020
23. HEYLMANN, K. K. A.; LOPES, B. V.; AFONSO, T. F.; DEMARCO, C. F.; CADAVAL JUNIOR, T. R.; QUADRO, M. S.; ANDREAZZA, R.; “Produção, caracterização e aplicação de carvão ativado de caroço de péssago no tratamento de efluente têxtil” - **Engenharia Sanitária Ambiental**, 2021
24. AZEVEDO, C. C. J.; KASAHARA, M. K.; MONTAGNER, C. C.; “Método analítico para determinação dos corantes auramina em testes de ecotoxicidade e em águas superficiais” - **Química Nova**, 202