

CORANTES TÊXTEIS E TRATAMENTO DE EFLUENTES: MINI REVISÃODyana Barreto Bezerra¹Dany Geraldo Kramer²

Resumo

A indústria têxtil apresenta elevado impacto ambiental pelo uso de corantes sintéticos que são tóxicos e de difícil degradação. Assim, objetivou-se discorrer sobre os impactos ambientais dos corantes têxteis e as alternativas tecnológicas para o tratamento de efluentes. O estudo foi uma revisão bibliográfica utilizando bases de dados de pesquisa para identificar tendências e avanços recentes. Os resultados indicam que os corantes sintéticos representam o maior desafio ambiental devido à recalcitrância, à presença de metais pesados e aos potenciais efeitos mutagênicos, enquanto os corantes naturais apresentam menor toxicidade, embora ainda dependam de mordentes metálicos que podem comprometer seu desempenho ambiental. As tecnologias de tratamento mais promissoras incluem adsorção, processos oxidativos avançados e abordagens biológicas, que, quando combinadas, elevam a eficiência na degradação desses compostos. A adoção de tecnologias híbridas e de alternativas mais sustentáveis aos corantes sintéticos é essencial para mitigar os impactos ambientais e avançar em direção a uma produção têxtil mais limpa e sustentável.

Palavras-Chave: Corante, Têxtil, Revisão.

1 INTRODUÇÃO

A indústria têxtil destaca-se entre os setores industriais de maior impacto ambiental, sobretudo devido ao elevado consumo de água e à geração de efluentes complexos, provenientes das etapas de beneficiamento e tingimento. Esses efluentes apresentam alta carga orgânica, presença de cor intensa, metais pesados, sais, surfactantes e compostos tóxicos que

comprometem a qualidade do solo, do ar e, principalmente, dos recursos hídricos (MARQUES et al., 2022). A combinação desses fatores coloca o setor entre os maiores responsáveis pela degradação ambiental associada ao uso de substâncias químicas e ao manejo inadequado de resíduos líquidos.

Os corantes sintéticos, majoritariamente derivados do petróleo, apresentam alta estabilidade e eficiência de tingimento, porém são considerados perigosos devido à toxicidade e baixa degradabilidade (VIANA DE SOUZA et al., 2021).

Apenas 50% a 70% desses compostos se fixam às fibras, resultando em significativa liberação nos efluentes do setor têxtil, conferindo forte coloração ao meio, reduzindo a penetração de luz e prejudicando a fotossíntese e o desenvolvimento da biota aquática (PEIXOTO et al., 2013).

A presença desses corantes nos efluentes industriais representa um desafio expressivo para o tratamento de águas residuais, uma vez que sua elevada recalcitrância dificulta processos convencionais baseados em biodegradação. A estrutura química estável de muitos corantes sintéticos, somada à presença de metais pesados, sais e compostos aromáticos, compromete a eficiência de sistemas biológicos tradicionais e exige a aplicação de abordagens físico-químicas mais robustas (SILVA et al., 2023; PEIXOTO et al., 2013).

Métodos como coagulação e floculação são amplamente empregados na indústria, porém apresentam limitações na remoção completa da cor e podem gerar grandes volumes de lodo que necessitam de disposição adequada (PEIXOTO et al., 2013).

Diante desse cenário, torna-se fundamental compreender não apenas os diferentes tipos de corantes utilizados na indústria têxtil e seus respectivos impactos ambientais, mas também as tecnologias disponíveis para o tratamento dos efluentes gerados. Assim, o objetivo deste estudo é analisar os principais corantes têxteis e discutir as alternativas tecnológicas aplicáveis ao tratamento de efluentes, com foco em soluções que promovam a Produção Mais Limpa e contribuam para a sustentabilidade hídrica no setor têxtil.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho consistiu em uma revisão sistemática da literatura sobre corantes têxteis, seus impactos ambientais e as alternativas tecnológicas para o tratamento de efluentes. Inicialmente, foram definidos os termos de busca e as variáveis de interesse, contemplando tópicos como corantes têxteis, poluição, sustentabilidade hídrica e tecnologias de tratamento de efluentes.

A pesquisa foi realizada nas bases Portal da CAPES e Scopus, utilizando filtros de relevância e recorte temporal que priorizaram publicações dos últimos cinco anos. Complementarmente, foram aplicadas abordagens bibliométricas para identificar tendências, frequência de publicações e as contribuições científicas mais significativas relacionadas ao tema.

A população documental da revisão correspondeu aos artigos científicos disponíveis nessas bases, e a amostra final foi composta por dez estudos selecionados com base na pertinência temática, disponibilidade de acesso e consistência metodológica. Os trabalhos foram submetidos a leitura integral, fichamento e análise crítica, etapas que subsidiaram a síntese e a interpretação dos resultados discutidos nas seções seguintes.

2.2. CORANTES TÊXTEIS: DEFINIÇÃO, IMPACTOS E ALTERNATIVAS

Os corantes têxteis podem ser classificados em sintéticos ou naturais, sendo os sintéticos os mais amplamente utilizados pela indústria devido à sua elevada estabilidade química, vasto espectro de cores, baixo custo e forte afinidade com diferentes fibras (FERRARI, 2013).

Os derivados predominantemente do petróleo, esses corantes incluem grupos como azo, antraquinona, reativos, diretos, dispersos e ácidos, cada um desenvolvido para atender tipos específicos de tecidos e processos de tingimento (PEIXOTO et al., 2013).

A popularidade dos corantes sintéticos se relaciona à sua capacidade de produzir cores intensas, duráveis e resistentes a lavagens e à luz, características essenciais para atender às demandas de mercado.

Entretanto, essas mesmas propriedades contribuem de forma significativa para seu impacto ambiental. A estabilidade química dificulta sua degradação por processos naturais e microbiológicos, tornando-os altamente persistentes no ambiente (PEIXOTO et al., 2013). Além disso, muitos corantes sintéticos apresentam potenciais efeitos mutagênicos e carcinogênicos, derivados de suas estruturas aromáticas complexas e da presença de grupos amina aromática que podem ser liberados após redução ou degradação parcial. Estudos também apontam que parte desses corantes contém metais pesados, como níquel, cromo, chumbo, mercúrio e cobre, amplificando a toxicidade do efluente e comprometendo a qualidade dos corpos d'água (KAMINATA, 2010).

Outro ponto crítico é a baixa taxa de fixação dos corantes sintéticos, que atinge apenas 50% a 70%. A fração não fixada é diretamente descarregada nos efluentes, conferindo forte coloração ao meio aquático, reduzindo a penetração de luz, interferindo na fotossíntese e impactando toda a biota aquática (PEIXOTO et al., 2013). Somado a isso, esses efluentes possuem alta carga orgânica, sais e surfactantes que aumentam a demanda química e bioquímica de oxigênio, dificultam o tratamento e elevam os custos operacionais das estações de tratamento. Na perspectiva da Produção Mais Limpa, a substituição ou redução do uso desses corantes torna-se essencial, uma vez que sua presença persistente afeta diretamente metas de redução de resíduos, toxicidade e emissões perigosas.

Em contraste, os corantes naturais apresentam características favoráveis do ponto de vista ambiental. Obtidos de plantas, insetos e minerais, como urucum (*Bixaorellana*), cúrcuma (*Curcuma longa*) e cochonilha (*Dactylopius coccus*), são biodegradáveis, renováveis e apresentam toxicidade significativamente menor quando comparados aos sintéticos (AGUIAR et al., 2024; NARIMATSU et al., 2021).

Efluentes provenientes de tingimento natural possuem menor carga poluente, nãocontêm compostos aromáticos recalcitrantes e apresentam maior facilidade de degradação, o que reduz tanto o impacto ambiental quanto os custos de tratamento (MARQUES et al., 2022).

Além disso, resíduos sólidos provenientes do tingimento natural podem ser reaproveitados como insumo agrícola ou compostagem, por não apresentarem periculosidade, fortalecendo estratégias de economia circular e alinhamento com a Produção Mais Limpa (NARIMATSU et al., 2020). Outro ponto positivo é que a água residual pode, em alguns casos, ser reutilizada em práticas como irrigação de baixo risco, dada a reduzida toxicidade do efluente (VIANA DE SOUZA et al., 2021).

Apesar das vantagens, a adoção de corantes naturais enfrenta entraves importantes. A menor estabilidade da cor, sensibilidade à luz, menor intensidade pigmentária e a necessidade de mordentes metálicos para elevar a fixação são limitações frequentemente citadas na literatura (BECHTOLD et al., 2007).

Esses mordentes, quando não manejados adequadamente, podem reintroduzir riscos ao ambiente, embora alguns estudos apontem que certos compostos, como o sulfato de alumínio, apresentam toxicidade moderada ou baixa quando aplicados em concentrações industriais controladas (GRIFONI et al., 2011).

Assim, a literatura evidencia que, embora os corantes sintéticos sejam mais economicamente viáveis e tecnicamente eficientes, apresentam impactos ambientais severos que exigem tecnologias de mitigação mais complexas. Já os corantes naturais representam alternativa mais sustentável, alinhada aos princípios da Produção Mais Limpa, mas dependem de avanços tecnológicos e ajustes no processo produtivo para ganhar escala industrial.

2.3 TRATAMENTO DE EFLUENTES

Os efluentes têxteis contendo corantes sintéticos são especialmente desafiadores devido à recalcitrância, à baixa biodegradabilidade e à presença de estruturas químicas complexas que resistem à degradação por métodos tradicionais.

Entre os processos físico-químicos mais utilizados, destacam-se a coagulação, floculação e decantação, eficazes na remoção de turbidez e parte da coloração, mas geradores de grandes volumes de lodo que requerem manejo adequado (VERMA et al., 2012; PEIXOTO et al., 2013). A

adsorção também se apresenta como uma alternativa promissora, especialmente quando se utilizam adsorventes de baixo custo, como resíduos agrícolas, biomateriais e carvão ativado natural (ARAÚJO et al., 2024).

No âmbito biológico, diversos estudos apontam o potencial de fungos da podridão branca, como *Phanerochaete chrysosporium*, *Trametes versicolor* e *Pleurotus ostreatus*, que atuam por mecanismos de biossorção e biodegradação devido à presença das enzimas lignina peroxidase, manganês peroxidase e lacase (PEIXOTO et al., 2013). No entanto, sua eficiência depende diretamente da estrutura química do corante, sendo limitada no caso de compostos altamente estáveis, como muitos corantes azo.

Os Processos Oxidativos Avançados (POA) representam uma das alternativas mais eficazes para a degradação de efluentes contendo corantes sintéticos. Sistemas como Fenton, foto-Fenton, fotocatalise heterogênea e ozonização têm demonstrado elevado potencial de mineralização de moléculas complexas, reduzindo significativamente a cor, DQO e toxicidade residual (MARQUES et al., 2022; SILVA & BARROS, 2023). A integração desses processos com métodos biológicos e físico-químicos tem sido sugerida como estratégia híbrida capaz de potencializar resultados e reduzir custos, alinhando-se às diretrizes da Produção Mais Limpa.

Já os efluentes provenientes do tingimento com corantes naturais são considerados ambientalmente mais favoráveis devido à biodegradabilidade da matéria orgânica presente (NARIMATSU et al., 2022). A principal preocupação concentra-se na presença de mordentes metálicos, que exigem maior atenção no monitoramento e no desenvolvimento de substitutos de menor impacto, como taninos vegetais ou ácido tânico (GRIFONI et al., 2011; PRABHU & TELI, 2011)..

3 CONCLUSÃO

Com base nos estudos avaliados, observou-se que as tecnologias de tratamento de efluentes têxteis contaminados por corantes evoluíram significativamente, com destaque para a adsorção, os Processos Oxidativos

Avançados e as abordagens biológicas. Quando aplicadas de forma isolada ou por meio de sistemas híbridos, essas técnicas demonstram potencial para elevar a eficiência do tratamento e reduzir a carga poluente, aproximando o setor dos princípios da Produção Mais Limpa. Ainda assim, permanecem desafios importantes, especialmente no que se refere à escalabilidade industrial, aos custos operacionais e à necessidade de avaliar a toxicidade residual gerada após o tratamento.

Considerando as tendências identificadas, torna-se evidente a importância de desenvolver soluções integradas que combinem o uso de corantes mais sustentáveis com tecnologias de tratamento eficazes. A transição para alternativas menos impactantes depende tanto do avanço científico quanto da adoção de políticas industriais, investimentos estratégicos e reestruturações nos processos produtivos que priorizem a sustentabilidade.

Por fim, este estudo reforça a urgência de ampliar o debate sobre sustentabilidade na indústria têxtil e de promover práticas que reduzam a dependência de substâncias altamente poluentes. Compreender o comportamento dos corantes e das tecnologias de tratamento não apenas aprofunda a visão técnica sobre o tema, como também evidencia o papel estratégico do setor na preservação dos recursos hídricos. Acredito que fortalecer pesquisas aplicadas, incentivar o uso de corantes naturais e aprimorar tecnologias híbridas são caminhos fundamentais para avançar em direção a uma produção têxtil mais limpa, responsável e ambientalmente consciente.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. R. L.; COSTA, J. P. R.; OLIVEIRA, C. R. S.; AGUIAR, G. C. O. Botanical dyeing and printing potential of silk fabric with Iresine herbstii extract. Revista

e-TECH: Tecnologias para Competitividade Industrial, v. 17, n. 2, 2024. DOI: 10.18624/etech.v17i2.1367.

ARAÚJO, M. P.; SOUSA, B. A. A.; LIMA, I. L. P.; MENDONÇA, O. J. T.; SANTOS, A. F. M. S.; TAVARES, R. G. Avaliação da eficiência de tratamentos físico-químicos para efluentes gerados no processo de beneficiamento de jeans no Polo Têxtil de Pernambuco. *Journal of Environmental Analysis and Progress*. MARQUES, C. F.; CONCEIÇÃO, V. M. Alternativas tecnológicas de tratamento de efluentes têxteis: uma revisão bibliométrica. *Revista Internacional de Ciências*, v. 12, n. 3, p. 194–212, 2023. DOI: 10.12957/ric.2022.65119.

MOURA, A. V. S. Extração líquido-líquido no tratamento de efluentes da indústria de petróleo utilizando microemulsões. 2023. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Natal, 2023.

NARIMATSU, B. M. G.; BEM, N. A.; LINKE, P. P.; REZENDE, L. C. S. H. Corantes naturais para fins têxteis: um relato de experiência. *Projetica*, v. 13, n. 1, p. 240–265, 2022. DOI: 10.5433/2236-2207.2022v13n1p240.

NARIMATSU, B. M.; BEM, N. A.; WACHHOLZ, L. A.; LINKE, P. P.; LIZAMA, M. A. P.; REZENDE, L. C. S. H. Corantes naturais como alternativa sustentável na indústria têxtil. *Revista Valore*, v. 5, p. e-5030, 2021. DOI: 10.22408/reva502020507e-5030.

PEIXOTO, F. P.; MARINHO, G.; RODRIGUES, K. Corantes têxteis: uma revisão. *HOLOS*, v. 5, p. 98–106, 2013. DOI: 10.15628/holos.2013.1239.

PEQUENO, L. A. B.; ALMEIDA, M. E. B.; TAVARES, R. G.; CARVALHO, M. N. Avaliação do tratamento físico-químico de efluente da indústria têxtil por meio de diagramas de coagulação. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica*, v. 17, n. 2, p. 326–341, 2024. DOI: 10.22201/iingen.0718378xe.2024.17.2.84609.

SILVA, M. C. R. S.; BARROS, J. C. A.; AGUIAR, A. M. A.; NETO, J. F. A.; SILVA, R. F.; SILVA, G. L. Avaliação dos impactos ambientais no tratamento de efluentes têxteis que utilizam processos oxidativos avançados (POA): revisão da literatura sob a ótica da análise de ciclo de vida. *Revista Semiárido De Visu*, v. 11, n. 2, p. 398–416, 2023. DOI: 10.31416/rsdv.v11i2.603.

XAVIER, C. S. F.; VIEIRA, F. F.; ALVES, M. P.; SOUSA, J. T. Use of sugarcane bagasse in the adsorption of textile dyes in aqueous solutions. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 7, p. e59110716974, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i7.16974.

Sobre o(s) autor(es)

1. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Têxtil - UFRN. dyanabarreto7@gmail.com.

2. Prof. Dr. do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Têxtil - UFRN. dgkcs@yahoo.com.br