

A POTENCIALIDADE DA BIORREMEDIAÇÃO APLICADA NA REMOÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS

Adolf Hitler Cardoso de Araújo ¹
Maria Emília de Freitas Sousa ²
Maria Luíza de Freitas Sousa ³

RESUMO

A evolução desenfreada da indústria gera uma gama de impactos ambientais que afetam a sociedade de forma geral, desde a sua saúde até o seu desenvolvimento econômico. Uma das atividades industriais que apresentam alta taxa de contaminações ambientais é a do setor têxtil, o elevado consumo de água e o conseqüente volume de água residuária gerado nessa atividade acarretam em significativas alterações no meio ambiente. O uso contínuo e excessivo de corantes e de outras substâncias gera um efluente bastante complexo, problemático e resistente que consegue resistir às técnicas convencionais de tratamento. Com uma composição bastante variável, essa água residuária possui a capacidade de alterar completamente a estrutura de ambientes aquáticos e também de gerar efeitos carcinogênicos e mutagênicos, podendo desequilibrar assim de forma até irreversível os ecossistemas de forma em geral. Por isso torna-se necessário o desenvolvimento e o aprimoramento de técnicas e processos degradativos de efluentes têxteis a fim de evitar graves problemas ambientais, focando principalmente nas técnicas mais limpas e econômicas. Uma ciência que está bastante aliada à sustentabilidade é a biotecnologia, na qual emprega organismos biológicos para aprimorar processos e serviços. A biotecnologia apresenta a biorremediação como processo degradativo, e este emprega microrganismos para a redução e/ou remoção de substâncias. Em vista disso, esta revisão bibliográfica buscar compreender o processo de biorremediação e evidenciar a potencialidade de sua aplicação na remoção de corantes têxteis.

Palavras-chave: Biotecnologia Ambiental, Indústria Têxtil, Efluentes Industriais.

1. INTRODUÇÃO

O meio ambiente sofre continuamente modificações em seu equilíbrio e em sua dinâmica em decorrência de inúmeros fatores como o crescimento populacional, a alta demanda e escassez de recursos naturais, a desenfreada atividade industrial e as constantes alterações climáticas existentes atualmente. Além disso, a falta de gestão ambiental no emprego das atividades degradadoras provoca graves problemas que abrangem a sociedade mundial, o meio ambiente e a economia (ARAÚJO, 2018).

¹Graduando do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, adolfcardoso@gmail.com;

²Graduanda do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, emiliasf97@gmail.com;

³Graduanda do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, luisasf97@gmail.com.

Um dos principais causadores de desequilíbrios nos ecossistemas é o lançamento de resíduos industriais, nos quais apresentam uma gama de compostos tóxicos, problemáticos e resistentes aos tratamentos convencionais. Apesar das inúmeras pesquisas, do desenvolvimento de métodos eficientes nas técnicas de tratamento de resíduos e da consciência dos impactos gerados por estes componentes químicos, existe um descaso quando se trata do descarte de resíduos, no qual em muitos casos é realizado de forma inadequada e sem nenhum emprego de um tratamento específico (PIZATO et al., 2017).

Dentre as atividades industriais, têm-se a do setor têxtil que se trata de uma das principais degradadores do meio ambiente em decorrência do elevado consumo dos recursos hídricos na lavagem e no tingimento, e também pelo alto volume de efluentes que possuem em sua composição uma gama de compostos químicos tóxicos, complexos e resistentes, sendo os corantes remanescentes do tingimento os principais contaminantes ambientais (GUIMARÃES et al., 2017).

A indústria têxtil é uma das atividades mais disseminadas no mundo, com um emprego contínuo e evolutivo e com uma elevada relevância para a economia mundial. Aproximadamente mais de 10 mil corantes são comercializados na indústria têxtil, tal variabilidade é utilizada rotineiramente e uma elevada quantidade remanesce e é liberada nas águas residuárias, que quando lançadas diretamente no meio ambiente causa desde impactos visuais até impactos na saúde humana e animal (MOURA et al., 2015; SILVA et al., 2017).

Os corantes que são mais empregados são os sintéticos, os quais se caracterizam com alta resistência aos processos degradativos convencionais químicos e físicos. A contaminação dos recursos hídricos por estes corantes é visível a olho nu em decorrência da diminuição da transparência da água que é afetada por diferentes colorações. Tais colorações desequilibram completamente os ecossistemas pela redução da penetração da radiação solar, o que acarreta em modificações nas atividades fotossintéticas do ambiente e da disseminação de oxigênio (PEREIRA et al., 2010; SANTANA et al., 2016).

Por essas alterações nos corpos d'água, os organismos aquáticos sofrem diretamente e apresentam alterações significantes no seu desenvolvimento, na sua reprodução e principalmente na sua sobrevivência. Os corantes sintéticos são compostos químicos que são considerados carcinogênicos, mutagênicos e biocumulativos, e por isso podem ser absorvidos pelo homem e assim causar problemas graves (GUIMARÃES et al., 2017; QUEIROZ; STEFANELLI, 2011).

Tendo esse conhecimento dos potenciais impactos gerados, torna-se necessário o desenvolvimento de novas tecnologias e o aprimoramento das já empregadas a fim de remover de forma eficiente os corantes dos recursos hídricos, isto levando em consideração a viabilidade ambiental e econômica do tratamento de águas residuárias.

Um dos processos considerados limpos e de baixo custo é a biorremediação, que se trata do emprego de organismos biológicos para a redução e/ou remoção de compostos contaminantes. É uma técnica considerada totalmente limpa e sustentável, que apresenta baixo custo e que possui uma boa eficiência dependendo do tipo de efluente e do tipo de microrganismo empregado (ARAÚJO, 2018).

Em vista dos argumentos expostos, são necessários maiores estudos e investimentos no tratamento de efluentes com corantes têxteis em decorrência da variabilidade existente em sua composição e dos problemas ambientais graves que podem ser gerados. Por isso, este trabalho busca evidenciar e compreender o processo de biorremediação aplicado a efluentes industriais da indústria têxtil, focando primordialmente na sua viabilidade e eficiência.

2. METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de uma revisão de literatura feita a partir de uma pesquisa de artigos realizada nas bases de dados SCOPUS, Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), empregando os seguintes descritores: biorremediação, corantes têxteis e biotecnologia.

Foram empregados os seguintes critérios de inclusão: artigos publicados em um período de 10 anos (2009-2019), em português, inglês ou espanhol, originais ou de revisão, que estivessem disponíveis na íntegra e que tratassem justamente da biorremediação aplicada a remoção de corantes têxteis. Como critérios de exclusão têm-se: artigos repetidos nas respectivas bases de dados, teses, dissertações e artigos que não auxiliaram no alcance dos objetivos do trabalho.

Diante disso, os resumos foram lidos e analisados minuciosamente e posteriormente foram selecionados 15 trabalhos científicos que compreenderam todos os critérios empregados para a inclusão e que contribuíram de forma significativa para o desenvolvimento deste trabalho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 UMA ABORDAGEM GERAL ACERCA DOS CORANTES TÊXTEIS

Estão disponíveis no mercado atual milhares de corantes têxteis, nos quais são produzidos em larga escala e em elevadas quantidades para atender uma alta demanda e uma vasta variabilidade de produtos. É estimado que aproximadamente 10% a 15% dos corantes são introduzidos no meio ambiente através dos efluentes, os quais apresentam graves problemas quando se trata da sua degradação, isto em decorrência de uma gama de componentes químicos que são adicionados em todo o processo produtivo como surfactantes e aditivos. Os corantes possuem uma alta solubilidade em água e pela constante utilização e pelo elevado volume empregado, o efluente gerado é considerado como um dos mais perigosos, apresentando altas taxas de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), cor e pH (PEIXOTO; MARINHO; RODRIGUES, 2013).

Os corantes são compostos bastante reativos e alguns deles apresentam uma alta afinidade por elétrons, tornando-os assim protegidos contra determinadas substâncias. Essa proteção é um fator que deve existir devido estes compostos necessitarem apresentar uma alta qualidade quando se refere a resistência e durabilidade no tecido. Em decorrência disso, os corantes apresentam uma composição bastante complexa contendo substâncias perigosas como formaldeído, resíduos de metais pesados, inibidores de bolor nas fibras, entre outros compostos (POLONIO et al., 2014; QUEIROZ; STEFANELLI, 2011).

Um dos fatores que também afeta a degradação dos efluentes têxteis é que estes contém em sua composição uma gama de compostos iônicos, ácidos, entre outras impurezas que dificultam e afetam o processo de degradação através de mecanismos como o aumento da força iônica do meio (PIZATO et al., 2017).

Os corantes sintéticos são considerados poluentes emergentes, ou seja, substâncias que são continuamente utilizadas de forma excessiva e conseqüentemente lançadas no meio ambiente. Essas substâncias não são regulamentadas por leis ambientais e nem monitoradas, mas apresentam alta potencialidade de ocasionar impactos significativos nos ecossistemas (HORVAT et al., 2012).

De acordo com El-Kassas e Sallam (2014), o emprego dos corantes sintéticos no setor têxtil ao invés dos corantes naturais deve-se a maior facilidade no tingimento dos tecidos, a alta resistência a variações de temperatura e luz, e também pela variabilidade de colorações

existentes. Porém os autores evidenciam que na falta de um tratamento adequado das águas residuárias geradas, os corantes geram desde impactos visuais (Figura 1) até ambientais como o desenvolvimento da eutrofização em corpos hídricos, o desequilíbrio na quantidade e na produção de oxigênio e alterações significativas para os organismos presentes e dependentes do meio.

Figura 1 – Lançamento inadequado de efluente têxtil no Rio Cachoeira em Joinville – SC.



FONTE: G1 (2012).

Uma elevada concentração dos corantes não fixa nos tecidos durante o tingimento e por fatores como o brilho, estrutura química e coloração estes não são removidos no emprego dos tratamentos convencionais empregados atualmente nas Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) (QUEIROZ; STEFANELLI, 2011). Por isso, é necessário que as empresas se responsabilizem pelos efluentes gerados, tratando-os de forma adequada para que o meio ambiente não sofra graves impactos.

3.2 O PROCESSO DE BIORREMEDIAÇÃO APLICADO A EFLUENTES TÊXTEIS

Quando se trata de corantes têxteis a problemática acerca da técnica de tratamento de descarte a ser empregada envolve diversos parâmetros importantes como o volume dos efluentes, as substâncias empregadas, o custo de operação e manutenção do sistema, entre outros. Os métodos biológicos se sobressaem quando comparados a métodos físicos e químicos em decorrência da eficiência de remoção existente, da viabilidade econômica, da redução na geração de lodo e também por serem considerados processos puramente limpos e ecológicos (QUEIROZ; STEFANELLI, 2011; SILVA et al., 2017).

Os métodos biológicos baseiam-se no processo de biorremediação, no qual determinados microrganismos utilizam substâncias presentes em um certo meio para o seu

próprio desenvolvimento. A partir desse consumo, as concentrações das substâncias começam a ser reduzidas e em determinados casos são removidas completamente de áreas contaminadas. Logo, o crescimento celular está diretamente relacionado a redução das substâncias (SANTANA et al., 2016).

Os microrganismos apresentam uma capacidade de suportar variações desfavoráveis, de se adaptar e sobreviver a estas de forma bastante notória. Existe uma gama de microrganismos com potencialidade de aplicação na biorremediação como bactérias, fungos, microalgas. Estes elementos possuem uma alta capacidade de absorção de substâncias, a qual pode ocorrer pela inoculação de culturas de microrganismos puras ou mistas, as quais irão depender de fatores como a área contaminada, a concentração e a composição das substâncias, os microrganismos autóctones, entre outros (ARAÚJO, 2018; POLONIO et al., 2014).

Os microrganismos também possuem a capacidade de sintetizar produtos específicos que apresentam bastante relevância para a resolução de problemas ambientais. Por exemplo, os fungos de podridão branca produzem enzimas denominadas enzimas ligninolíticas que apresentam uma elevada atividade biorremediadora de diversas áreas, removendo compostos contaminantes como os corantes têxteis (KOYANI; RAJPUT, 2016; RIBEIRO et al., 2018).

Fazal et al. (2018) evidencia que para a ocorrência eficiente do processo de biorremediação aplicada a águas residuárias contendo corantes, alguns microrganismos como bactérias e fungos apresentam uma necessidade básica para o funcionamento que é uma fonte de carbono adicional para o seu desenvolvimento pleno.

A aplicação de leveduras para a remoção de corantes têxteis é bastante empregada, principalmente pela adaptação desses microrganismos a variações de pH e concentrações de sais, e além disso pela produção de produtos extracelulares que podem ser utilizados de forma alternativa para a degradação dos efluentes (SILVA et al., 2017).

Outros microrganismos que apresentam bastante destaque são as microalgas, que além de apresentar um alto poder de assimilação e captação de substâncias também apresenta a capacidade de sintetizar uma matéria-prima extremamente rica em componentes relevantes, podendo ser empregada como fertilizantes, suplementos alimentares, corantes, biocombustíveis, entre outros (ARAÚJO, 2018; FAZAL et al., 2018).

Segundo Guimarães et al. (2017), os fungos apresentam bastante destaque quando se trata do tratamento de efluentes têxteis devido a alta taxa de absorção existente que é influenciada pela capacidade de identificação dos corantes que esses microrganismos possuem. Além disso, os fungos transformam rapidamente os corantes em compostos mais

simples e por isso em determinados casos conseguem remover totalmente essas substâncias de efluentes industriais.

A variabilidade de grupos e espécies biológicas empregadas em efluentes têxteis é bastante diversa (Tabela 1), por isso existem diferentes potencialidades de degradação e também divergentes formas de aplicação da biorremediação.

Tabela 1 – Taxas de descoloração de corantes têxteis pela aplicação da biorremediação e os organismos biológicos empregados com seu respectivo tempo de ação

TAXA DE REMOÇÃO DO CORANTE	TEMPO	GRUPO BIOLÓGICO	ESPÉCIE BIOLÓGICA	REFERÊNCIAS
91,2%	7 dias	Fungos	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	(PIZOTA et al., 2017).
93%	1 dia	Fungos	<i>Leveduras identificadas como SJL6 e SJ10</i>	(SILVA et al., 2017).
82% a 86%	1 dia	Fungos	<i>Leveduras identificadas como OJU2, SJU5 e SF5</i>	(SILVA et al., 2017).
90,92±0,33%	15 dias	Fungos	<i>Aspergillus flavus</i>	(GUIMARÃES et al., 2017).
82,42±2,84%	15 dias	Fungos	<i>Aspergillus fumigatus</i>	(GUIMARÃES et al., 2017).
100%	15 dias	Fungos	<i>Fungos endofíticos (MNG25/LMN01)</i>	(MOURA et al., 2015).
80,43%	15 dias	Cianobactérias	<i>Anabaena flos-aqual</i>	(QUEIROZ & STEFANELLI, 2011).
100%	15 dias	Fungos	<i>Lentinula edodes</i>	(PEREIRA et al., 2010).
75,68%	10 dias	Microalgas	<i>Chlorella vulgaris</i>	(EL-KASSAS & SALLAM, 2014).
100%	13 dias	Fungos	<i>Irpex lacteus</i>	(KOYANI & RAJPUT, 2016).

FONTE: Elaborado pelo autor.

Para a ocorrência de uma eficiente biorremediação torna-se necessário o conhecimento de quais microrganismos possuem uma capacidade de degradação já evidenciada, e também da noção dos tipos e espécies de microrganismos presentes naturalmente na área degradada, pois também existe a possibilidade da capacitação destes para degradação de compostos através da criação de condições específicas de potencialização (PEREIRA et al., 2010).

El-Kassas & Sallam (2014) afirmam que os efluentes têxteis apresentam diferentes composições, dependendo justamente das matérias-primas que são empregadas. Tendo esse

conhecimento, pode-se compreender que é preciso avaliar a composição do efluente caso a caso para que se possa aplicar o melhor método, o microrganismo mais eficiente e também o tempo mais adequado.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos argumentos expostos, pode-se afirmar que os efluentes têxteis são um dos causadores de graves impactos ambientais devido a sua alta solubilidade e elevada resistência a processos degradativos convencionais. Os microrganismos apresentam alta capacidade de absorção de substâncias como os corantes têxteis, sendo eficientes na sua remoção de áreas contaminadas.

Pode-se afirmar que a biorremediação é um processo bastante eficiente na redução e/ou remoção de corantes têxteis de efluentes, tendo isto em vista compreende-se a alta potencialidade e viabilidade para o controle do equilíbrio dos ecossistemas da técnica principalmente por se tratar de processos puramente biológicos e também por ser de baixo custo. Porém, a aplicação da biorremediação em efluentes têxteis ainda necessita de maiores estudos para o aprimoramento do processo, o conhecimento de forma completa das espécies mais eficientes na remoção e também dos métodos a serem empregados.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, A. H. C. Avaliação do potencial da aplicação das microalgas na biorremediação de águas residuárias. Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Vol. 6: Congestas 2018.

EL-KASSAS, H. Y.; SALLAM, L. A. Bioremediation of the textile waste effluent by *Chlorella vulgaris*. **The Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 40, n. 3, p. 301-308, 2014.

EMPRESA têxtil de Joinville é multada por crime ambiental e poluição de rio. **G1**, 2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2012/07/empresa-textil-de-joinville-e-multada-por-crime-ambiental-e-poluicao-de-rio.html>>. Acesso em: 13 de set. de 2019.

FAZAL, T. et al. Bioremediation of textile wastewater and successive biodiesel production using microalgae. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 3107-3126, 2018.

GUIMARÃES, J. R. et al. Descoloração biológica do corante têxtil vermelho do congo por espécies de *Aspergillus*. XII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. São Carlos – SP; 2017.

HORVAT, A. J. et al. Analysis, occurrence and fate of anthelmintics and their transformation products in the environment. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 31, p. 61-84, 2012.

KOYANI, R. D.; RAJPUT, K. S. Involvement of extracellular fungal enzymes in bioremediation of textile effluent. **Journal of Microbiology, Biotechnology & Food Sciences**, v. 5, n. 5, 2016.

MOURA, G. F. et al. SELEÇÃO DE ENDOFÍTICOS COM POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO NA BIORREMEDIAÇÃO DE CORANTE TÊXTIL. IX EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica UniCesumar. Maringá – PR; 2015.

PEIXOTO, F.; MARINHO, G.; RODRIGUES, K. Corantes têxteis: uma revisão. **Holos**, v. 5, p. 98-106, 2013.

PEREIRA, A. R. B. et al. Biodegradação de corantes e efluentes têxteis por fungos. **Holos Environment**, v. 10, n. 2, p. 165-179, 2010.

PIZATO, E. et al. Caracterização de efluente têxtil e avaliação da capacidade de remoção de cor utilizando o fungo *Lasiodiplodia theobromae* MMPI. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, 2017.

POLONIO, J. C. et al. Potencial biorremediador de microrganismos: Levantamento de resíduos industriais e urbanos tratáveis no município de Maringá-PR. **BBR-Biochemistry and Biotechnology Reports**, v. 3, n. 2, p. 31-45, 2014.

QUEIROZ, B. P. V.; STEFANELLI, T. Biodegradação de corantes têxteis por *Anabaena flos-aqual*. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 8, n. 1, 2011.

RIBEIRO, N. H. S. et al. Descoloração de corantes industriais por fungos degradadores de madeira isolados no campus da UFAM. **Embrapa Amazônia Ocidental-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2018.

SANTANA, M. D. F. et al. Fenoxidase e Biodegradação do Corante Têxtil Azul Brilhante de Remazol R (Rbbr) para três Espécies de Macrofungos coletadas na Amazônia. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 11, n. 2, p. 53-60, 2016.

SILVA, L. A. S. et al. Descoloração do corante Azul Brilhante de Remazol R por leveduras isoladas de moluscos do Rio Subaé, no estado da Bahia, Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, p. 1065-1074, 2017.