

Biorremediação do corante Amarelo de Tartrazina por Fungos

Luiz F. N. Silva^{1*}, Jullia N. Aguiar¹, Pablo S. de Oliveira¹, Mariele M. Brito¹, Carla L. C. Meira¹, Silmara A. Carvalho¹, Alexilda O. Souza¹.

¹ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB); Centro de Pesquisa em Química (CEPEQ), *campus* de Itapetinga-BA. Email: filipenonato1996@hotmail.com

Palavras-Chave: *Corante Azo, recursos hídricos, remediação ambiental.*

Introdução

O ritmo acelerado da industrialização, o crescimento populacional, bem como a urbanização não planejada são responsáveis por gerar elevadas quantidades de resíduos poluentes. A expansão das atividades industriais promove o desenvolvimento de inúmeros produtos que atendem as necessidades da população, mas boa parte dos processos industriais geram elevadas quantidades de efluentes ricos em espécies químicas tóxicas que, quando descartados inadequadamente, provocam a poluição dos recursos hídricos além de riscos à saúde humana. Nesse contexto, os corantes se destacam pelo elevado potencial poluidor das fontes de água, uma vez que possuem uma estrutura complexa, estabilidade química e baixa biodegradabilidade (BANERJEE; CHATTOPADHYAYA, 2017). Esses compostos são amplamente utilizados em indústrias têxtil, alimentícia e de papel, quando descartados inadequadamente, podem causar impactos ambientais severos, incluindo a inibição da fotossíntese em corpos d'água, a redução da qualidade da água e a toxicidade para organismos aquáticos. Além disso, a bioacumulação de certos corantes pode representar um risco preocupante à saúde humana e a toda biodiversidade (KUMAR, 2024).

Na indústria alimentícia, os corantes sintéticos são utilizados para deixar os alimentos mais atrativos ao consumidor. As cores sintéticas tem por objetivo atender às preferências e expectativas do consumidor, como padronizar a cor do alimento devido às variações naturais na tonalidade dos ingredientes de base e/ou para compensar a perda de cor devido ao processamento ou condições de armazenamento e transporte (CHAPPELL; BRITT; BORGHOFF, 2020). Entre os corantes alimentícios artificiais, 10 corantes são permitidos no Brasil para alimentos e bebidas pela legislação atual, como descrito no Informe técnico n. 68, de 3 de setembro de 2015 da ANVISA (BRASIL, 2015). Tais compostos fazem parte da classe dos corantes tipo azo e são conhecidos como: amaranço, amarelo crepúsculo, azorrubina, ponceau 4R, vermelho 40, amarelo tartrazina, vermelho 2G, marrom HT, litol rubina e negro brilhante (ZANONI; YAMANAKA, 2016).

Em relação ao corante amarelo tartrazina, um composto amplamente utilizado na indústria alimentícia, destaca-se sua alta solubilidade em água e os potenciais riscos à saúde associados ao seu consumo em grandes quantidades. Estudos indicam que a ingestão excessiva de tartrazina pode desencadear uma série de problemas, incluindo infertilidade, asma, câncer de tireoide, enxaqueca, eczemas, lúpus, hiperatividade, entre outras disfunções. Portanto, é fundamental remover esse corante das águas residuárias antes de seu descarte em corpos d'água, visando a proteção da saúde pública e do meio ambiente. (BANERJEE; CHATTOPADHYAYA, 2017; ZHANG et al., 2020).

A busca por tratamentos para efluentes contendo corantes tem sido um desafio para a comunidade científica, pois os métodos devem ser economicamente viáveis e eficazes (CAVALCANTE, et al., 2018; SHI, et al., 2020). Os principais métodos disponíveis podem ser classificados em físico, biológico e químico, tais como biorremediação, coagulação-floculação, separação por membrana, adsorção entre outros (SULYMAN; GIERAK, 2020; SALGOT; FOLCH, 2018). A maioria dos métodos requerem elevados investimentos com reagentes,

instalações e consumo de energia, tornando o processo economicamente inviável, bem como podem produzir subprodutos e promover uma poluição secundária (SINGARE, 2019). Nesse contexto, os métodos biológicos são mais vantajosos devido ao baixo custo e por serem ambientalmente amigável.

A biorremediação é um dos métodos biológicos que tem sido amplamente pesquisado devido à sua eficiência no tratamento de efluentes contendo poluentes orgânicos. Trata-se de um processo tecnológico no qual microrganismos, plantas ou enzimas são utilizados para remover ou reduzir contaminantes em solos, águas e outros ambientes impactados (NGO; TSICHLER, 2022). Estudos têm demonstrado que certas espécies de microrganismos podem sobreviver em sistemas com compostos altamente tóxicos, utilizando esses poluentes como fonte de nutrientes para seu desenvolvimento. Essa capacidade microbiológica contribui para a diminuição da concentração dos poluentes no ambiente (LIMA, H.R.S.; SALES, V.O., 2022).

Em particular, os fungos têm demonstrado uma capacidade notável para a remediação de metais pesados e corantes industriais, destacando-se por sua eficiência e adaptabilidade a diferentes condições ambientais. Corantes azo tem sido alvo de estudos de biorremediação onde fungos tem se apresentado mais promissores na degradação destes corantes em relação a bactérias (EL-RAHIM, et al., 2021).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo aplicar a bioremediação para remoção do corante amarelo tartrazina em meio aquoso, utilizando fungos selecionados e avaliados, pertencentes à coleção do Laboratório de Química Analítica e Biotecnologia (LQABio).

Material e Métodos

Microrganismos isolados e reagentes utilizados: Foram utilizados seis (06) isolados de fungos filamentosos (não identificados), endofíticos de videira, pertencentes à coleção do LQABio, sendo eles os isolados codificados como cepa 01, 05, 21, 27, 30 e 47. O meio de cultura utilizado foi Batata Dextrose Ágar (BDA) e a substância modelo contaminante utilizada foi o corante amarelo tartrazina.

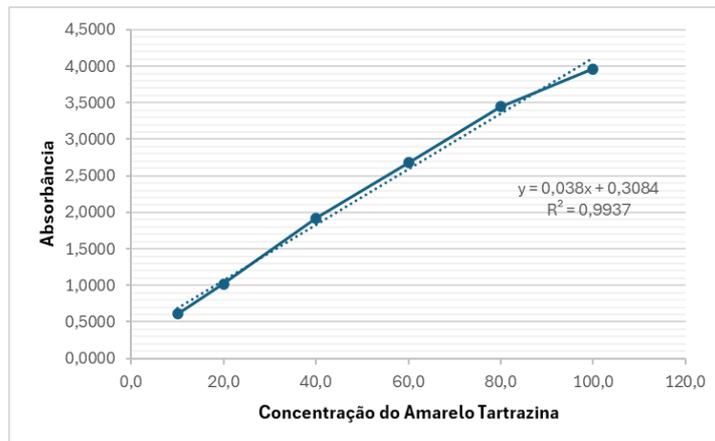
Preparo de inóculos: Os isolados fúngicos foram repicados e cultivados em meio BDA inclinado em tubos de ensaio e submetidos a crescimento por sete dias para o preparo de solução de suspensão de esporos.

Avaliação de crescimento em placas: Foram realizados dois testes para avaliação de crescimento dos fungos sob a presença do Amarelo tartrazina, nas concentrações de 0,100 g.L⁻¹ e 0,500 g.L⁻¹, com crescimento avaliado por 5 dias a temperatura ambiente (T ≈ 27°C). O segundo teste com corante foi realizado nas concentrações de 0,100 g.L⁻¹ e crescimento avaliado por 25 dias, a temperatura ambiente (T ≈ 27°C), entretanto com avaliações periódicas de crescimento em intervalos de 05 em 05 dias.

Teste de biorremediação e perfil de degradação do corante: Cada isolado de fungo estudado foi submetido à fermentação em estado líquido sob agitação a 150 rpm, em temperatura ambiente, em incubadora com plataforma de agitação orbital, durante o período de 25 dias. A fermentação foi realizada em uma solução aquosa contendo 100 mg de amarelo tartrazina.

Para análise da cinética de degradação. Amostras foram coletadas a cada 5 dias para monitorar o controle de degradação do sistema modelo de contaminante (SMC). A presença do corante foi identificada utilizando um espectrofotômetro UV-Vis, com leitura realizada na faixa de comprimento de onda de 426 nm. Foi construída uma curva analítica (Figura 1) nas concentrações de 10, 20, 40, 60, 80 e 100 mg/L. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Figura 1 – Curva de calibração das concentrações do amarelo tartrazina



Fonte: Autor, 2024

Espectroscopia de Infravermelho com transformada de Fourier (FTIR): A caracterização do biorremediado foi realizada por FTIR, com vistas à identificação de grupos funcionais presentes. As amostras foram avaliadas na região espectral com comprimento de onda de 4000 cm^{-1} a 500 cm^{-1} . Os espectros foram obtidos com uma resolução de 4 cm^{-1} à temperatura ambiente.

Resultados e Discussão

Após a inoculação dos 48 isolados em placas com meio enriquecido por solução de amarelo tartrazina nas concentrações de 100 mg/L e 500 mg/L (Figura 2), foi realizada uma avaliação qualitativa do crescimento dos microrganismos frente às duas concentrações. Observou-se um crescimento regular das colônias no meio contendo amarelo tartrazina em ambas as concentrações, embora não tenha sido possível visualizar a despigmentação nas placas.

Figura 2: Imagens das placas de Petri com fungos filamentosos e seus crescimentos celulares em BDA adicionados de 0,100 e 0,500 g L⁻¹ de Amarelo Tartrazina.



Fonte: Autor (2024)

Para avaliar a despigmentação do corante azo, foi preparado meio aquoso enriquecido com amarelo tartrazina a 10 mg/L em frascos de Erlenmeyer (Figura 3). As amostras à esquerda exibiram sinais de degradação do contaminante, enquanto para as amostras à direita esse efeito não foi observado.

Figura 3: Comparação dos microrganismos selecionados, após 7 dias contendo 10 mg/L de Amarelo tartrazina.

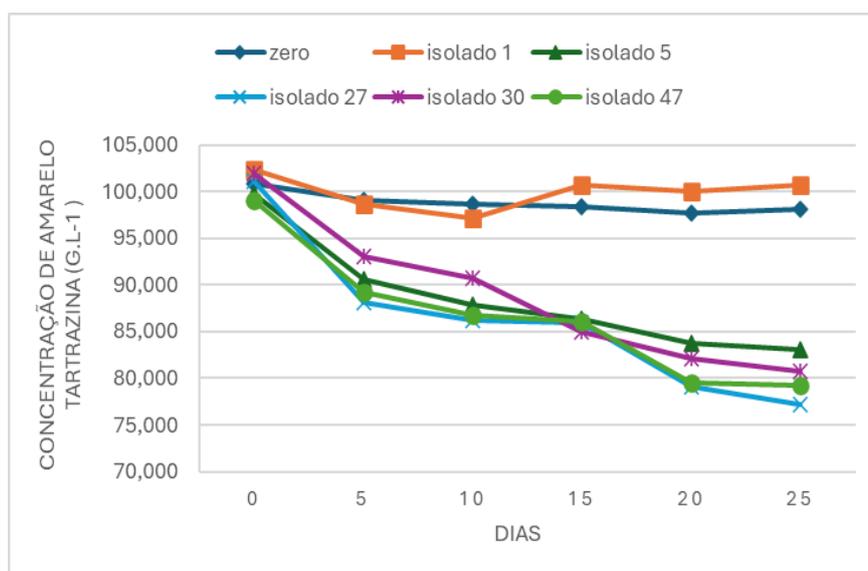


Fonte: Autor (2024)

Os isolados que apresentaram melhor resultado qualitativo, foram submetidas à fermentação submersa, contendo amarelo tartrazina a 100 mg/L em meio aquoso sob agitação contínua. Nessa configuração, o corante azo serviu como única fonte de carbono para o crescimento dos microrganismos. A concentração de 100 mg/L do corante foi escolhida como uma média das concentrações utilizadas na seleção primária, visando simular um processo de biodegradação.

De acordo com a cinética de degradação exibida na Figura 4 notou-se que os isolados 27 e 30 foram capazes de biodegradar, respectivamente, 21,59% e 20,81% do corante amarelo tartrazina no meio aquoso. Vale ressaltar que esse corante apresenta elevada estabilidade em meio aquoso, sendo de difícil degradação química ou biológica.

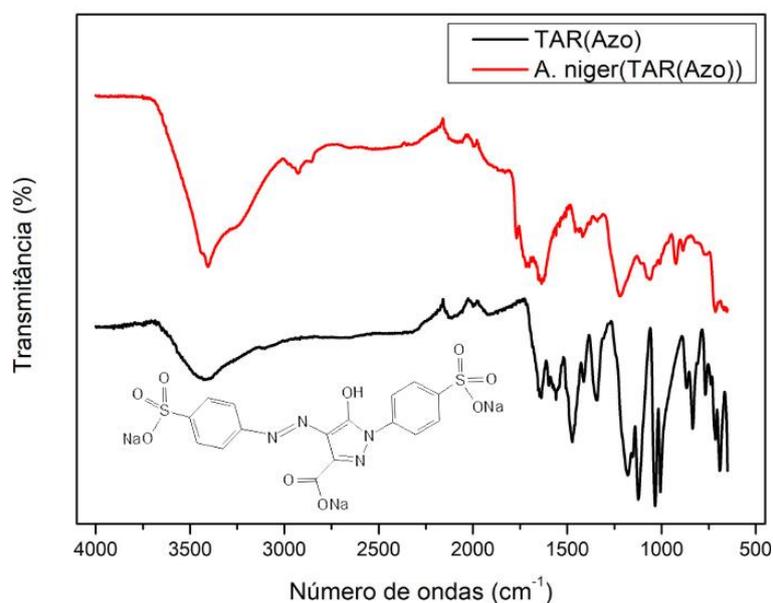
Figura 4: Perfil de degradação do Corante Amarelo Tartrazina a 0,100 g/L pelos isolados 1, 5, 27, 30 e 47 (em movimento circular uniforme)



A espectroscopia FTIR (Figura 5) permitiu uma análise comparativa entre o reagente de partida e os produtos biorremediados. Foi possível observar variações nas intensidades das bandas, bem como nos números de onda referentes às oscilações nas ligações. O amarelo tartrazina é um corante azoico, cujas bandas mais importantes estão associadas ao grupo azo ($-N=N-$), normalmente localizado na faixa de $1400-1500\text{ cm}^{-1}$. A comprovação que o corante foi degradado pode ser evidenciada pela diminuição na intensidade dessa banda. Já, o rompimento da ligação azo pode gerar compostos amínicos, que aparecem como bandas em $3300-3500\text{ cm}^{-1}$

(PAVIA, et al., 2010). Notou-se diferenças nos modos vibracionais ao comparar os espectros, sugerindo alterações estruturais no corante amarelo tartazina após o processo de biodegradação.

Figura 5: FTIR do meio fermentado pelo isolado 01 após a biorremediação de 100 mg do corante Amarelo Tartrazina.



Fonte: Autor (2024)

Conclusões

Os resultados exploratórios evidenciaram que dois dos isolados fúngicos estudados foram capazes de remover em torno de 21% do corante avaliado. A análise por FTIR indicou alterações nos modos vibracionais do grupo azo (região 1400–1500 cm^{-1}), sugerindo a biodegradação do corante. Este estudo pode vir a se constituir em uma alternativa ambientalmente amigável para a remoção do corante amarelo de tartrazina em meio aquoso.

Agradecimentos

Ao CNPq, CAPES e FAPESB pelo apoio financeiro e bolsas concedidas aos mestrandos, bem como ao Programa de Pós-Graduação em Química e ao Departamento de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Referências

- BANERJEE, S.; CHATTOPADHYAYA, M. C. Adsorption characteristics for the removal of a toxic dye, tartrazine from aqueous solutions by a low cost agricultural by-product. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S1629-S1638, 2017.
- BRASIL. Informe Técnico n. 68, de 3 de setembro de 2015. Brasília, 3 set. 2015: Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/alimentos/informes/copy_of_68de2015. Acesso em 20 de setembro de 2024.
- CAVALCANTE, P.R.M.; MELO, R.P.F.; CASTRO DANTAS, T.N.; DANTAS NETO, A.A.; BARROS NETO, E.L.; MOURA, M.C.P.A. Removal of phenol from aqueous medium using micellar solubilization followed by ionic flocculation. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6 (2), 2778-2784, 2018.
- CHAPPELL, G.; BRITT, J.K.; BORGHOFF, S.J. Systematic assessment of mechanistic data for FDA-certified food colors and neurodevelopmental processes. *Food and Chemical Toxicology*, 140 (111310), 2020.
- EL-RAHIM, W.M.A.; MOAWAD, H.; AZEIS, A.Z.A.; SADOWSKY, M.J. Biodegradation of azo dyes by bacterial or fungal consortium and identification of the biodegradation products. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 47 (3), 269-276, 2021.
- KUMAR, J.; CHOUDHARY, M.; DIKSHIT, P.K.; KUMAR, S. Recent advancements in utilizing plant-based approaches for water and wastewater treatment technologies. *Cleaner Water*, 2 (100030), 2024.



LIMA, H.R.S.; SALES, V.O. Aspectos gerais da ecotoxicologia, monitoramento ambiental, biodegradação e biorremediação. In: PERALTA, R.M. Biodegradação e Biorremediação (ênfase em bactérias e fungos). Canoas, RS: Mérida Publishers, 2022. p.9-23.

NGO, A.C.R.; TISCHLER, D. Microbial degradation of azo dyes: approaches and prospects for a hazard-free conversion by microorganisms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19 (8), 2022.

SALGOT, M.; FOLCH, M. Wastewater treatment and water reuse. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2, 64-74, 2018.

SHI, G.; YAN, Y.; YU, Z.; ZHANG, L.; CHENG, Y.; SHI, W. Modification-bioremediation of copper, lead, and cadmium-contaminated soil by combined ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) and *Pseudomonas aeruginosa* treatment. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 37668-37676, 2020.

SINGARE, P.U. Fluidized aerobic bio-reactor technology in treatment of textile effluent. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7 (1), 1-12, 2019.

SULYMAN, M.; GIERAK, A. Green environmental approach for adsorption of hazardous dye from water using tree and sea plant leaves (Dead L.). *Acta Sci Agric*, 4 (2), 1-10, 2020.

ZANONI, M. V. B. YAMANAKA, H. Corantes: caracterização química, toxicológica, métodos de detecção e tratamento. São Paulo, SP: Cultura Acadêmica, 2016.

ZHANG, L. SELLAOUI, L. FRANCO, D. GUILHERME LUIZ DOTTO, G. L. BAJAHZAR, A. BELMABROUK, H. PETRICIOLET, A. B. MARCOS L.S. OLIVEIRA, M. L. S. ZICHAO LI, Z. Adsorption of dyes brilliant blue, sunset yellow and tartrazine from aqueous solution on chitosan: Analytical interpretation via multilayer statistical physics model. *Chemical Engineering Journal*, 382, 2020.