

II-525 - AVALIAÇÃO DA FITOTOXICIDADE DE EFLUENTE TÊXTIL SINTÉTICO SUBMETIDO À BIODESCOLORAÇÃO BACTERIANA

Cassiano Ricardo Reinehr Correa

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) – Campus Cuiabá.

Paulo Eduardo Gonçalves de Oliveira

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) – Campus Cuiabá.

Rossean Golin

Matemática pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Mestranda em Recursos Hídricos na UFMT. Técnica de laboratório do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMT.

Zoraidy Marques de Lima

Bióloga pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestre em Ecologia e Conservação da Biodiversidade pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Doutora em Microbiologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Bióloga no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMT. Coordenadora do Programa de Mestrado em recursos Hídricos da UFMT

Eduardo Beraldo de Moraes⁽¹⁾

Biólogo pela Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Campus de Rio Claro. Mestre e Doutor em Microbiologia Aplicada pela (UNESP) – Campus de Rio Claro. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental e do Programa de Mestrado em recursos Hídricos da UFMT.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Fernando Correa da Costa, 2367, Bairro Boa Esperança – Cuiabá – MT – CEP: 78060-900 – Brasil - Tel: (65) 3615 8722 - e-mail: ebmoraes@ufmt.br

RESUMO

Os efluentes gerados pelas indústrias têxteis podem ocasionar diversos impactos se forem lançados em corpos hídricos, pois possuem cor, alta DBO e DQO, metais pesados e pH e salinidade variáveis. Pesquisas têm avaliado diversas técnicas para o tratamento desses efluentes, dentre elas aquelas que envolvem a aplicação de processos metabólicos microbianos. Neste estudo, avaliou-se a fitotoxicidade de um efluente têxtil sintético contendo o corante azo Reactive Red 239 durante o seu processo de biodescoloração bacteriana. A espécie bacteriana usada mostrou-se eficiente em biodescolorir além do Reactive Red 239 outros quatro azocorantes: Reactive Yellow 145, Reactive Black B, Direct Blue 85 e Direct Orange 35. Analisando a fitotoxicidade durante a descoloração do corante Reactive Red 239, verifica-se que os produtos da degradação foram responsáveis pela inibição na germinação das sementes de *Lactuca sativa* (alface) sendo esses compostos gerados mais tóxicos do que o próprio corante. Conclui-se que a utilização de microrganismos na descoloração de corantes possui potencial para aplicação em efluentes têxteis desde que novos estudos possam apontar uma forma de remover os compostos tóxicos gerados. Além disso, o tratamento biológico geralmente possui menor custo do que os as técnicas físico-químicas o que a torna interessante também do ponto de vista econômico.

PALAVRAS-CHAVE: Azocorantes, Reactive Red 239, *Lactuca sativa*, Aminas aromáticas.

INTRODUÇÃO

Corantes têxteis são compostos recalcitrantes e a maioria deles e de seus metabólitos são conhecidos como moléculas tóxicas, mutagênicas e carcinogênicas (BANAT et al. 1996). Durante os processos de tingimentos, aproximadamente 10-15% dos corantes aplicados não se fixam às fibras têxteis e são descartados com as águas residuárias o que pode ocasionar diversos danos ao ambiente (ZABŁOCKA-GODLEWSKA et al. 2012). Dentre os prejuízos ambientais podem ser destacados a redução da penetração de luz nos corpos hídricos diminuindo a atividade fotossintética, dificuldade de transferência de oxigênio para a água afetando a comunidade aquática, além dos efeitos tóxicos diretos dessas moléculas (ALI, 2010, SARATALE et al. 2011).

Diversos são os métodos usados para o tratamento de efluentes contendo corantes têxteis como floculação, coagulação química, precipitação, adsorção e ozonização. Estes são métodos físico-químicos geralmente

utilizados nas indústrias, mas que possuem limitações como alto custo, formação de grandes quantidades de lodo contendo o corante e intenso requerimento de energia (PARK et al. 2007, VERMA et al. 2012).

Os métodos biológicos, por outro lado, tem se destacado no tratamento de efluentes têxteis devido ao custo mais baixo e pela destruição dos corantes por meio do metabolismo de microrganismos. Diversos estudos têm demonstrado a capacidade de bactérias, fungos e algas em biodegradar corantes (BARRAGÁN et al. 2007, EICHLEROVÁ et al. 2006, ASGHER et al. 2008, OMAR, 2008, AYED et al. 2011).

Dentre as diversas classes de corantes, os azocorantes constituem o grupo mais usado na indústria têxtil. Esses se caracterizam por apresentarem o grupo cromóforo azo ($-N=N-$) na sua estrutura química (PUVANESWARI et al. 2006). A ligação azo é suscetível a quebra redutiva pelas enzimas redutases dos microrganismos o que leva a remoção da cor e formação de compostos como as aminas aromáticas e que geralmente são mais tóxicas do que os corantes originais (PINHEIRO et al. 2004). A degradação das aminas aromáticas se dá principalmente por enzimas oxidativas e por isso, o tratamento de efluentes têxteis geralmente envolve o consorciamento de processos anaeróbicos e aeróbicos.

Neste contexto, o presente trabalho avaliou a fitotoxicidade de um efluente têxtil sintético submetido à biodescoloração bacteriana, considerando que a possível formação de metabólitos tóxicos gerados por meio do metabolismo bacteriano pode comprometer o sucesso da biodescoloração. Para isso, utilizou-se a *Lactuca sativa* (alface) como organismo teste.

MATERIAIS E MÉTODOS

Corante têxtil

O corante têxtil Reactive Red 239 foi o escolhido para a realização deste estudo. Este corante é classificado como monoazo, pois apresenta um único grupamento azo ($-N=N-$) como estrutura cromófora. A Figura 1 mostra a estrutura química do Reactive Red 239. Para o acompanhamento da biodescoloração foi efetuada a leitura de absorvância no $\lambda = 542$ nm, a qual representa o comprimento de onda cuja absorção é máxima para este corante.

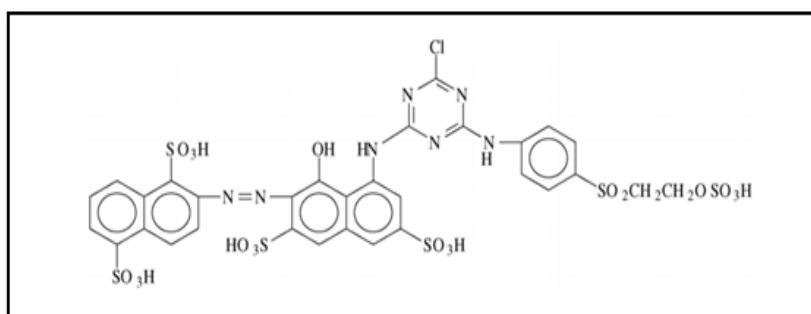


Figura 1: Estrutura química do Reactive Red 239.

Linhagem bacteriana utilizada nos testes de biodescoloração

A linhagem bacteriana utilizada no experimento de biodescoloração foi isolada por Caciano et al. (2012) a partir de uma amostra de solo do aterro sanitário de Cuiabá-MT. Esta bactéria foi codificada como G5-03 e se encontra na Coleção de Culturas do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso.

Avaliação da biodescoloração em efluente têxtil sintético

Em frascos Erlenmeyers com capacidade de 250 mL, 100 mL de efluente têxtil sintético (ETS) foram adicionados juntamente com o corante Reactive Red 239 (100 mg.L⁻¹) e inóculo bacteriano (2% v/v) padronizado a 1,0 de absorvância ($\lambda = 600$ nm) por meio de espectrofotômetro UV/VIS Hach DR6000. O ETS era constituído de K₂HPO₄ (1,6 g L⁻¹); KH₂PO₄ (0,2 g L⁻¹); (NH₄)₂SO₄ (1,0 g L⁻¹); MgSO₄.7H₂O (0,2 g L⁻¹); FeSO₄.7H₂O (0,01 g L⁻¹); NaCl (0,1 g L⁻¹); CaCl₂.H₂O (0,02 g L⁻¹); glicose (3,0 g L⁻¹); extrato de levedura (1,0

g L⁻¹) e pH 7,0 (FRANCISCON, et al, 2009). Todos os experimentos foram incubados em triplicata a 35°C por 48 h sem agitação.

Para o acompanhamento da biodescoloração, nos tempos de 0 h, 12 h, 24 h e 48 h, foram retiradas alíquotas dos frascos e centrifugadas a 10000 rpm por 10 minutos para a sedimentação das células. A leitura da absorbância do sobrenadante ocorreu em espectrofotômetro UV/VIS no comprimento de onda citado anteriormente ($\lambda = 542$ nm). A porcentagem de biodescoloração foi calculada segundo a fórmula:

$$\% \text{ Biodescoloração: } \frac{\text{Absorbância inicial} - \text{Absorbância final}}{\text{Absorbância inicial}} \times 100$$

Também foi verificada a capacidade da bactéria G5-03 em biodescolorir outros azocorantes: Reactive Yellow 145 ($\lambda = 418$ nm), Reactive Black B ($\lambda = 597$ nm), Direct Blue 85 ($\lambda = 590$ nm) e Direct Orange 35 ($\lambda = 428$ nm).

Avaliação da fitotoxicidade do corante Reactive Red 239 durante a biodescoloração pela bactéria G5-03.

Para avaliação da fitotoxicidade utilizou-se sementes de alface (*Lactuca sativa*) com índice de germinação de 99% que foram distribuídas de maneira uniforme em uma placa de Petri contendo no fundo um papel filtro. Para cada placa aplicou-se 15 sementes. As amostras foram coletadas nos tempos estipulados (0 h, 12 h, 24 h e 48 h) e centrifugadas a 10000 rpm por 10 minutos para a sedimentação das células. Em seguida, 5mL das amostras foram distribuídos nas placas já com as sementes. Todos os experimentos foram tampados com papel filme para evitar evaporação e em seguida foram incubados em triplicata a 27°C por 5 dias. Água destilada foi utilizada para se fazer um controle negativo. Para representar o resultado utilizou-se a seguinte expressão:

$$\text{Índice de Germinação (\%): } \frac{Ga}{Gc} \times \frac{Cra}{Crc} \times 100$$

Sendo Ga e Gc a germinação da amostra e controle, e Cra e Crc o crescimento da raiz da amostra e controle, respectivamente.

RESULTADOS

Biodescoloração dos azocorantes pela bactéria G5-03

Ao avaliar o espectro de absorção do corante Reactive Red 239 durante a biodescoloração pela bactéria G5-03, verifica-se que um pico principal ocorreu no comprimento de onda de 542 nm (Figura 2). É visualmente notável a redução da absorbância no comprimento de onda citado com o passar do tempo, apresentando maior destaque a redução nas primeiras 12 h (queda da absorbância de 1,173 para 0,283). Assim, pode-se verificar a remoção da coloração de 76,4 % nesse período. Também foi verificado um pico em 518 nm. Ambos os picos praticamente desaparecem após 48 h de biodescoloração. Após 48 h, a bactéria foi capaz de remover 88,0% da cor deste corante (Figura 3).

Wang et al. (2009) em estudo de descoloração do corante Reactive Red 180, um monoazo, por *Citrobacter* sp. CK3 isolada do tratamento de lodos ativados de uma indústria têxtil, verificaram que esta cepa foi capaz de remover 96% da cor em 48 h. Considerando que esses pesquisadores utilizaram uma concentração inicial de 50 mg L⁻¹ do corante, o resultado apresentado pela G5-03 mostra-se satisfatório uma vez que a concentração inicial do corante foi 100 mg L⁻¹.

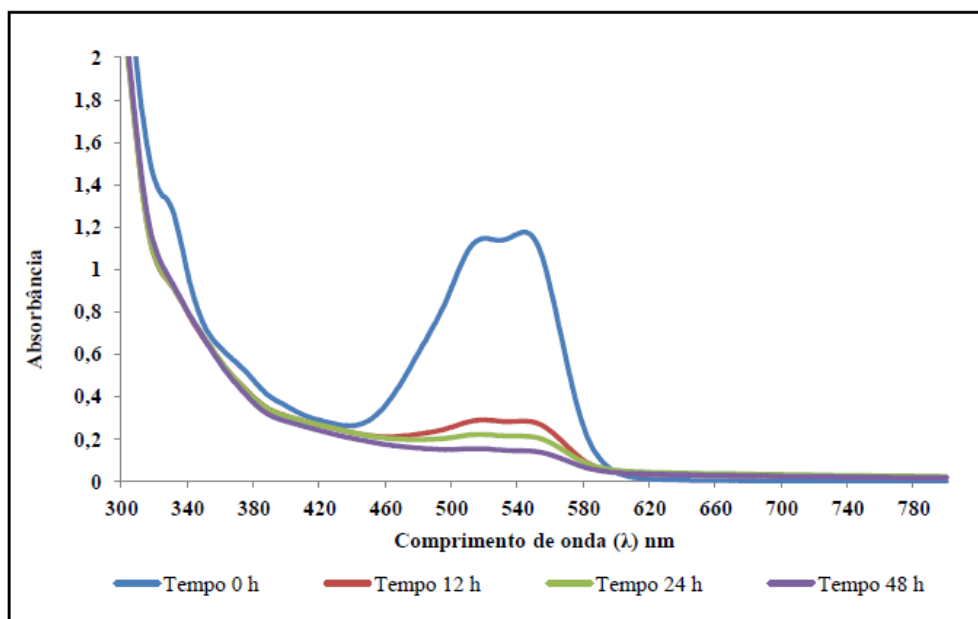


Figura 2: Espectro de absorção do corante Reactive Red 239, durante a biodescoloração pela bactéria G5-03.

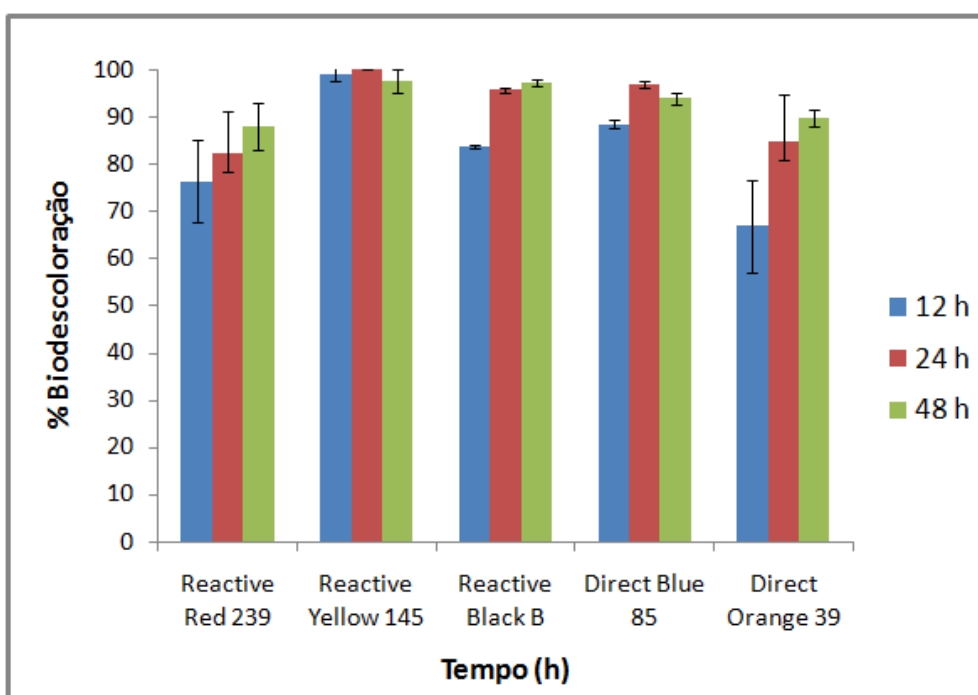


Figura 3: Biodescoloração dos azocorantes pela bactéria G5-03.

G5-03 também apresentou habilidade em biodescolorir os demais corantes estudados (Figura 3). A biodescoloração do Reactive Yellow 145, um corante monoazo, após 48 h, foi de 97,7%. Sahasrabudhe e Pathade (2011) trabalharam com este mesmo corante em testes de biodescoloração com *Enterococcus faecalis* YZ 66 isolada de solo contaminado por indústrias têxteis. Utilizou-se para o experimento de descoloração caldo nutriente como meio de cultura, 50 mg L⁻¹ do corante e 10% de inóculo. A bactéria descoloriu 100% do corante em 10 horas. Relacionando os resultados dos autores acima citado com os apresentados neste trabalho, pode-se verificar alta eficiência também pela bactéria G5-03, uma vez que a mesma descoloriu 99,2% em 12 horas com 100 mg L⁻¹ do corante. Contudo, um ponto interessante a comentar é a quantidade de inóculo

utilizada de 10% no trabalho de Sahasrabudhe e Pathade (2011), enquanto no presente trabalho foi de 2%. Além disso, o meio de cultura utilizado, caldo nutriente, é um meio mais rico em nutrientes do que o efluente têxtil sintético.

A Figura 3 demonstra que a biodescoloração do Direct Orange 34 foi de 66,8, 84,8 e 89,7%, para os períodos de 12h, 24h e 48h, respectivamente. Também apresentou rápida biodescoloração nas doze primeiras horas comparado aos outros períodos. Garg et. al. (2012) trabalharam com o corante Orange 2, que é monoazo, assim como o Direct Orange 34, que foi submetido à biodescoloração por *Pseudomonas putida* SKG-1. Foi avaliada a descoloração do corante em diversas concentrações (100 a 1000 mg L⁻¹) em um período de incubação de 96 horas sob condição estática. Os resultados demonstraram que o aumento da concentração do corante diminui o percentual de descoloração, sendo totalmente tóxico à bactéria em 1000 mg L⁻¹. A maior taxa de descoloração foi de 85,2 % na concentração de corante 100 mg L⁻¹. O resultado da bactéria G5-03 é superior se comparado ao estudo acima citado, em 48 horas o resultado foi de 89,7% de descoloração do corante.

Para o corante Reactive Black B foi verificado que a bactéria foi responsável pela remoção de 97,3% de sua cor após 48 h. Também foi verificado que houve maior taxa de biodescoloração nas doze primeiras horas (Figura 3). Wang et al., (2009b) aplicaram a bactéria *Enterobacter* sp. EC3 para a biodescoloração do Reactive Black B em água residuária sintética na concentração de 50 mg L⁻¹. Após 60 h de incubação houve remoção de 78,4% da cor, atingido o valor máximo de 92,6% em 108 h. G5-03 apresentou eficiência similar ao trabalho citado, porém em relação ao tempo para que isso ocorresse apresentou-se melhor, pois em apenas 12 h essa bactéria descoloriu 83,6 % do corante Reactive Black B.

O corante Direct Blue 85 é um triazo, ou seja, apresenta três grupamentos azos em sua estrutura química. Após 48 h a biodescoloração atingiu 94,0%. Bafana e colaboradores (2008) trabalharam com *Enterococcus gallinarum* para a biodescoloração do Direct Black 38, um corante triazo, em meio mineral e em meio rico em nutrientes (caldo Luria). Os resultados apontaram descoloração de 53 a 63 % do corante após 24 horas para o meio mineral, e 71 a 85% para o caldo Luria. Os resultados apresentado para a biodescoloração do corante Direct Blue 85 foram superiores ao do trabalho acima citado. Nota-se que mesmo sendo um corante triazo, a bactéria G5-03 apresentou-se eficiente na remoção da cor com percentuais acima de 90%.

Avaliação da fitotoxicidade durante a biodescoloração do corante Reactive Red 239 em ETS

A avaliação da fitotoxicidade durante o processo de biodescoloração do corante Reactive Red 239 é apresentada por meio do índice de germinação (IG) descrito na metodologia (Figura 4). Foi verificado IG de 100% no controle com água destilada (controle negativo) indicando que o organismo é viável para o teste. O corante demonstrou ser tóxico pois foi encontrado IG de 47,0% (T = 0 h). Ao analisar a fitotoxicidade dos produtos da biodescoloração verifica-se que os IGs foram 14,6%, 17,1% e 11,5% nos tempos 12, 24 e 48 h, respectivamente, indicando que esses são mais tóxicos do que o corante original. Conforme relatado anteriormente, a quebra redutiva da ligação (-N=N-) dos azocorantes gera aminas aromáticas dentre outros compostos tóxicos como benzenos, naftol, benzenos-sulfonados, imidazol, uma vez que os azocorantes em sua maioria possuem anéis aromáticos e radicais do mais variados compostos em sua constituição (ALMEIDA, 2008). Este mesmo autor estudou a biodegradação do corante azóico Direct Violet 51 por meio de análises de Espectrofotometria do Infravermelho (FTIR) e Cromatografia de Alto Desempenho (HPLC-UV), a partir de uma cultura mista microbiana. Os resultados demonstraram claramente que após o processo de biodegradação houve quebra das moléculas do corante em diversos metabólitos, principalmente aminas aromáticas e sulfonadas.

Vários autores procuram identificar quais são os metabólitos produzidos após ou durante o processo de biodescoloração de corantes, para tentar avaliar a toxicidade dessas novas moléculas formadas (GOMARE et al. 2009, AYED et al. 2011, NORAINI et al. 2011). Porém, as técnicas para determinar esses metabólitos normalmente são complexas e com custo elevado, como por exemplo, técnicas cromatográficas ou espectrofotometria de infravermelho. Os testes de fitotoxicidade, por outro lado, são simples e de baixos custos e poderiam ser aplicados para o acompanhamento indireto dos compostos tóxicos formados.

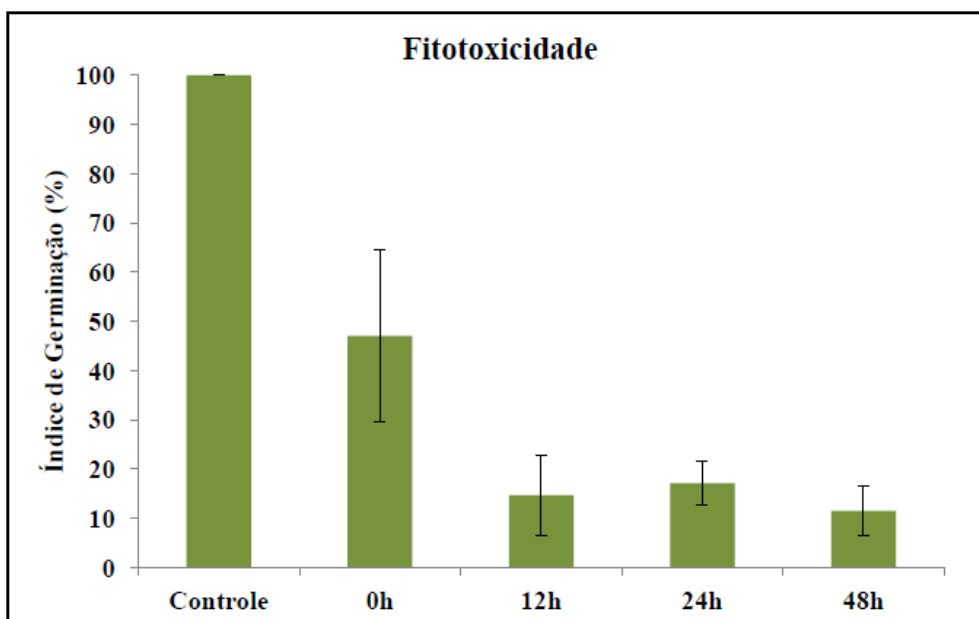


Figura 4: Avaliação da fitotoxicidade durante a biodescoloração do corante Reactive Red 239 pela bactéria G5-03.

É possível ver na Figura 5 que houve a germinação das sementes nas amostras do controle negativo e amostras do efluente têxtil sintético antes de ser submetido à biodescoloração ($t = 0$ h). O corante Reactive Red 239, entretanto, apresenta um efeito de retardamento do desenvolvimento da plântula (Figura 5c e 5d) quando comparado ao controle (Figura 5a e 5b).

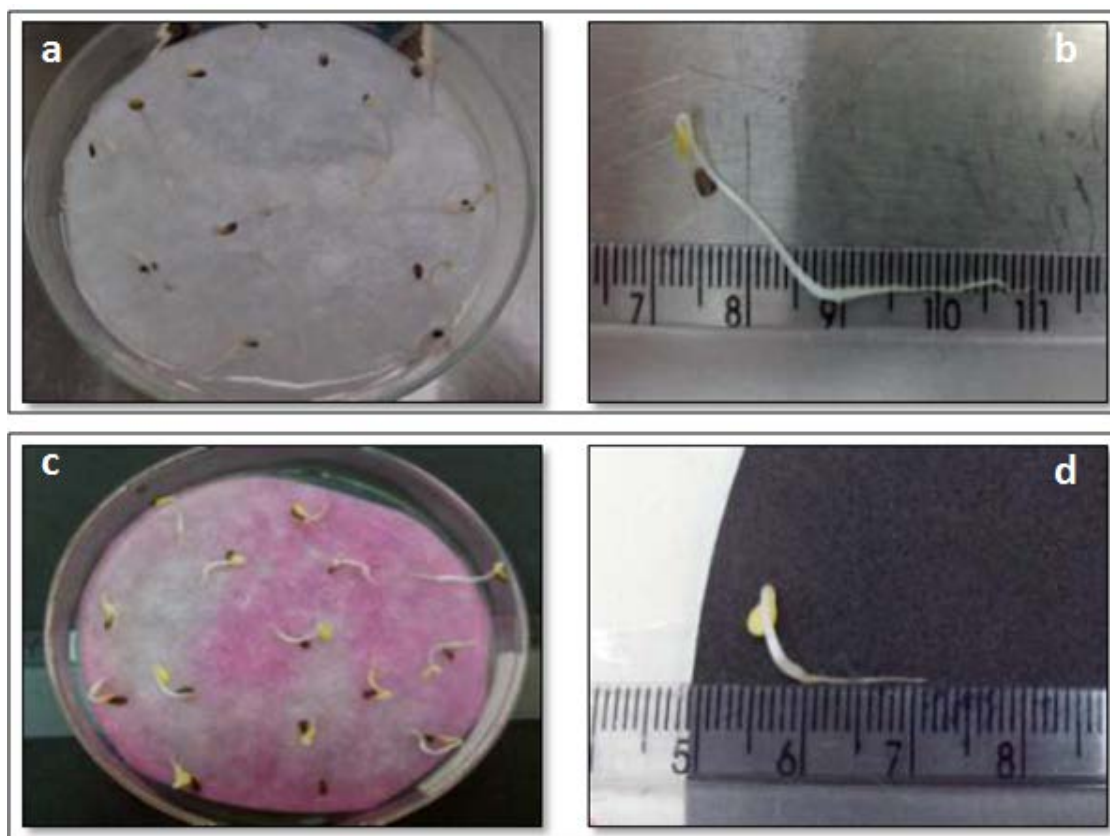


Figura 5: Sementes de *Lactuca sativa* germinadas no controle negativo (a e b) e efluente têxtil sintético antes da biodescoloração (c e d).

Após a biodescoloração do Reactive Red 239, é possível verificar que muitas sementes não germinaram e aquelas que germinaram apresentaram a radícula reduzida (Figuras 6 e 7) indicando que os produtos da descoloração do corante apresentam toxicidade e não são degradados no período estudado, ou seja, 48 h.

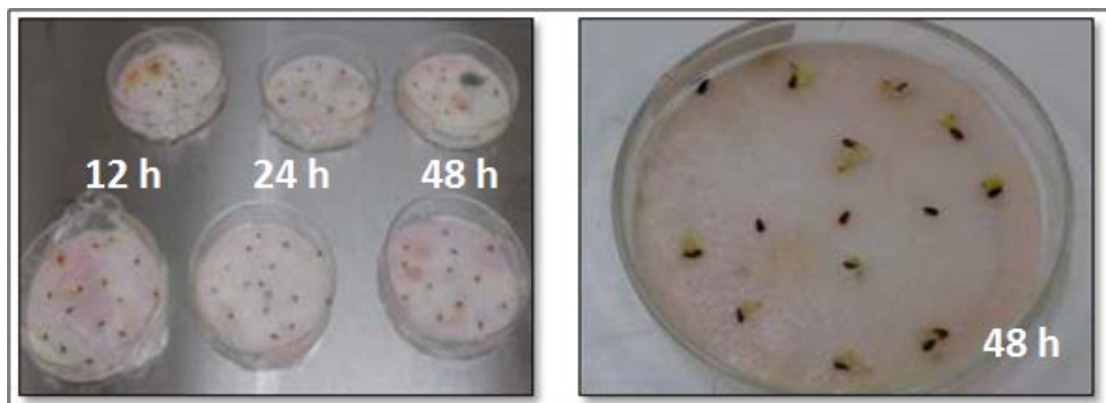


Figura 6: Sementes de *Lactuca sativa* germinadas no efluente têxtil sintético nos diferentes tempos de estudo.

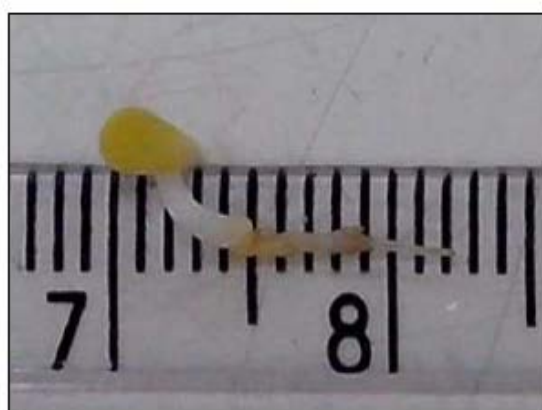


Figura 7: Detalhe de uma semente germinada em amostra do efluente têxtil sintético após 48 h de biodescoloração.

CONCLUSÕES

A partir deste estudo conclui-se:

A bactéria utilizada neste estudo mostrou ser eficiente na biodescoloração de azocorantes com estrutura química diversificada.

Metabólitos secundários originados no processo de biodescoloração Reactive Red 239 apresentam fitotoxicidade para a espécie *Lactuca sativa*, fitotoxicidade esta maior do que àquela apresentada pelo corante.

O método biológico é eficiente na remoção da cor de azocorantes sendo necessário mais estudo para atingir a completa degradação dos compostos formados pelo metabolismo microbiano.

Bioensaios com *Lactuca sativa* (alface) mostrou-se eficiente para avaliação de toxicidade durante a biodescoloração de efluentes têxteis, podendo ser facilmente reproduzidos nas indústrias devido à baixa complexidade e custos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro (Processo nº 486168/2013-1)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALI, H. Biodegradation of Synthetic Dyes - A Review. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 213, n. 1-4, p. 251-273, 2010.
2. ALMEIDA, A. C. M. **Estudo da biodegradação de corantes azóicos por inóculo proveniente de biodigestor anaeróbio de alimentos**. 2008. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – área de Microbiologia Aplicada) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.
3. ASGHER, M.; KAUSAR, S.; BHATTI, H. N.; SHAH, S. A. H.; ALI, M. Optimization of medium for decolorization of Solar golden yellow R direct textile dye by *Schizophyllum commune* IBL-06. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 61, n. 2, p. 189-193, 2008.
4. AYED, L.; MAHDHI, A.; CHEREF, A.; BAKHROUF, A. Decolorization and degradation of azo dye Methyl Red by an isolated *Sphingomonas paucimobilis*: Biototoxicity and metabolites characterization. **Desalination**, v. 274, n. 1-3, p. 272-277, 2011.
5. BAFANA, A.; KRISHNAMURTHI, K.; DEVI, S. S.; CHAKRABARTI, T. Biological decolorization of C.I. Direct Black 38 by *E. gallinarum*. **Journal of Hazardous Materials**, v. 157, p. 187-193, 2008.
6. BANAT, I. M.; NIGAM, P.; SINGH, D.; MARCHANT, R. Microbial decolorization of textile-dye-containing effluents: a review. **Bioresource Technology**, v. 58, p. 217-227, 1996.
7. BARRAGÁN, B. E.; COSTA, C.; CARMEN MÁRQUEZ, M. Biodegradation of azo dyes by bacteria inoculated on solid media. **Dyes and Pigments**, v. 75, n. 1, p. 73-81, 2007.
8. CACIANO, F. I.; SILVA, E. A. A.; GOLIN, R. F.; LIMA, Z. M.; MORAIS, E. B. Bactérias redutoras de cromo hexavalente isoladas de solos de aterro sanitário. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 15. 2012. **Anais...** Belo Horizonte, MG. 2012.
9. EICHLEROVÁ, I.; HOMOLKA, L.; NERUD, F. Synthetic dye decolorization capacity of white rot fungus *Dichomitus squalens*. **Bioresource technology**, v. 97, n. 16, p. 2153-9, 2006.
10. FRANCISCON, E.; ZILLE, A.; GUIMARO, F. D. RAGAGNIN C, M.; DURRANT, L. R.; CAVACO-PAULO, A. Biodegradation of textile azo dyes by a facultative *Staphylococcus arlettae* strain VN-11 using a sequential microaerophilic/aerobic process. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 63, n. 3, p. 280-288, 2009.
11. GARG, S. K.; TRIPATHI, M.; SINGH, S. K.; TIWARI, J. K. Biodecolorization of textile dye effluent by *Pseudomonas putida* SKG-1 (MTCC 10510) under the conditions optimized for monoazo dye orange II color removal in simulated minimal salt medium. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 74, p. 24-35, 2012.
12. GOMARE, S. S.; TAMBOLI, D. P.; KAGALKAR, A. N.; GOVINDWAR, S. P. Eco-friendly biodegradation of a reactive textile dye Golden Yellow HER by *Brevibacillus laterosporus* MTCC 2298. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 63, n. 5, p. 582-586, 2009.
13. NORAINI, C. H. C.; MORAD, N.; NORLI, I.; TENG T. T.; OGUGBUE, C. J. Methylene Blue Degradation by *Sphingomonas paucimobilis* under Aerobic Conditions. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 223, n. 8, p. 5131-5142, 2012.
14. OMAR, H. H. Algal decolorization and degradation of monoazo and diazo dyes, **Pakistan Journal of Biology Science**, v. 11, p. 1310-1316, 2008.
15. PARK, C.; LEE, M.; LEE, B.; KIM, S. W.; CHASE, H. A.; LEE, J.; KIM, S. Biodegradation and biosorption for decolorization of synthetic dyes by *Funalia troglia*. **Biochemical Engineering Journal**, v. 36, n. 1, p. 59-65, 2007.
16. PINHEIRO, H.M.; TOURAUD, E.; THOMAS, O. Aromatic amines from azo dye reduction: status review with emphasis on direct UV spectrophotometric detection in textile industry wastewaters. **Dyes and Pigments**, v. 61, n. 2, p. 121-139, 2004.
17. PUVANESWARI, N.; MUTHUKRISHNAN, J.; GUNASEKARAN, P. Toxicity assessment and microbial degradation of azo dyes. **Indian Journal of Experimental Biology**, v. 44, p. 618-626, 2006.
18. SAHASRABUDHE, M. M.; PATHADE, G. R. Decolorization of C.I. reactive yellow 145 by *Enterococcus faecalis* strain YZ66. **Applied Science Research**, v. 3, p. 403-414, 2011.

19. SARATALE, R. G.; SARATALE, G. D.; CHANG, J. S.; GOVINDWAR, S. P. Bacterial decolorization and degradation of azo dyes: A review. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 42, n. 1, p. 138–157, 2011.
20. VERMA, A. K.; RAGHUKUMAR, C.; PARVATKAR, R. R.; NAIK, C. G. A rapid two-Step bioremediation of the anthraquinone dye, Reactive Blue 4 by a marine-derived fungus. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 223, n. 6, p. 3499–3509, 2012.
21. WANG, H.; SU, J. Q.; ZHENG, X. W.; TIAN, Y.; XIONG, X. J.; ZHENG, T. L. Bacterial decolorization and degradation of the reactive dye Reactive Red 180 by *Citrobacter* sp. CK3. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 63, p. 395-399, 2009.
22. WANG, H.; ZHENG, X. W.; SU, J. Q.; TIAN, Y.; XIONG, X. J.; ZHENG, T. L. Biological decolorization of the reactive dyes Reactive Black 5 by a novel isolated bacterial strain *Enterobacter* sp. EC3. **Journal of Hazardous Materials**, v. 171, p. 654–659, 2009b
23. ZABŁOCKA-GODLEWSKA, E.; PRZYSTAŚ, W.; GRABIŃSKA-SOTA, E. Decolourization of diazo Evans Blue by two strains of *Pseudomonas fluorescens* isolated from different wastewater treatment plants. **Water, air, and soil pollution**, v.223, n.8, p.5259–5266, 2012.