

Eixo Temático - ET-09-008 - Biologia Aplicada

**UTILIZAÇÃO DA MACAMBIRA *Bromelia laciniosa* E DO *Aspergillus niger*
COMO BIORSORVENTE PARA REMOÇÃO DO CORANTE
REMAZOLBLACK B**

Alane Dornelas de Castro¹, Luana Beatriz Correia de Oliveira²,
Anastássia Mariáh Nunes de Oliveira Lima¹, Andressa Nathally Rocha Leal²,
Diego Santa Clara Marques¹, Amanda Maria da Silva¹, Iranildo José da Cruz Filho¹,
Laís Ludmila de Albuquerque Nerys¹

¹Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Departamento de Antibióticos, PE.

²Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Departamento de Engenharia Química, PE.

RESUMO

Os efluentes líquidos da maioria das indústrias apresentam corantes que possuem baixa biodegradabilidade e alta toxicidade. Tendo em vista o crescimento industrial têxtil no agreste Pernambucano, a adsorção está entre as operações aplicadas para diminuir as concentrações dos corantes a fim de atender a regulamentação ambiental vigente. Uma rota alternativa tem sido o uso de biossorventes para a retirada da coloração nos corpos hídricos. Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o estudo da capacidade de biossorção da *Bromelia laciniosa* e *Aspergillus niger* na remoção do corante Remazol Black B em soluções líquidas. Um planejamento fatorial de 2⁵ foi empregado para analisar a influência da rotação (150, 200 e 250 rpm), do pH (2; 3,5 e 5), massa do biossorvente (0,5; 1,5 e 2,5), concentração do corante RBB (25;55 e 85 ppm) e temperatura (30, 40 e 50 °C) no processo biossortivo. Os resultados obtidos foram satisfatórios, uma vez que, o percentual de remoção do Remazol Black B foram de 84,2 e de 92,9%, esses maiores valores de remoção são favorecidos quando se acidifica o meio e a temperatura diminui.

Palavras-chave: Fungos, Biossorção, efluentes têxtil.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a poluição da água devido à presença de corantes vem despertando preocupações ambientais. As indústrias têxteis, por exemplo, utilizam em seus processos uma grande quantidade de água que somado a grande variedade de corantes utilizados geram efluentes com uma elevada carga de matéria orgânica e inorgânicos. Além disso predispõem a vida aquática a toxicidade, diminuição da transparência de água, afeta o processo de fotossíntese e a concentração de oxigênio dissolvido que é essencial à biota (KAMIDA, 2004).

O tratamento de efluentes têxteis consiste na remoção dos corantes da água para que essa seja reutilizada no processo industrial, ou, até mesmo, seja encaminhada para consumo da população após tratamento adequado. Existem diversos tipos de tratamento para essas águas residuárias: processos de coagulação e floculação; sistema de lodos ativados; osmose reversa; troca iônica e adsorção (KUNZ et al. 2002).

Atualmente é observado que existe uma necessidade de aprimoramento de novas técnicas de tratamento as quais apresentem baixo custo e alta eficiência, um exemplo é a

biossorção. A biomassa ativa ou inativa são interessantes, pois possuem inexpressivo valor comercial (preparação de baixo custo por meio de tratamentos físicos, como: lavagem, secagem, trituração, peneiração) além de ser oriundas de fontes renováveis (RODRIGUES, 2006).

Os microrganismos também têm sido intensamente estudados com a finalidade de remover compostos tóxicos do ambiente, um exemplo são os fungos. Pesquisas recentes têm demonstrado que eles possuem ação potencial na degradação de corantes. Assim, o problema da remoção da cor em efluentes coloridos tem encorajado a busca de tratamentos biológicos para esta finalidade (RODRIGUES, 2006).

Diante disso, o presente estudo teve por objetivo avaliar a capacidade de remoção do Remazol Black B a partir de ensaios experimentais utilizando a biomassa mista de *Aspergillus niger* e Macambira.

MATERIAIS E MÉTODOS

Produção do biossorbente

Bromelia Laciniosa: A macambira (*Bromelia Laciniosa*) (Figura 1) utilizada neste trabalho foi coletada em Serra Talhada, Pernambuco. Parte da macambira coletada foi destinada a produção da exsicata, identificação botânica e depósito em herbário sob numeração 8812. A outra parte foi cortada em pedaços, lavada e posta para secar a 75°C. Em seguida triturada em moinho de faca, tamisada em peneiras de Tyler (1,43 mm), armazenada em saco plástico vedado e mantida na temperatura ambiente.

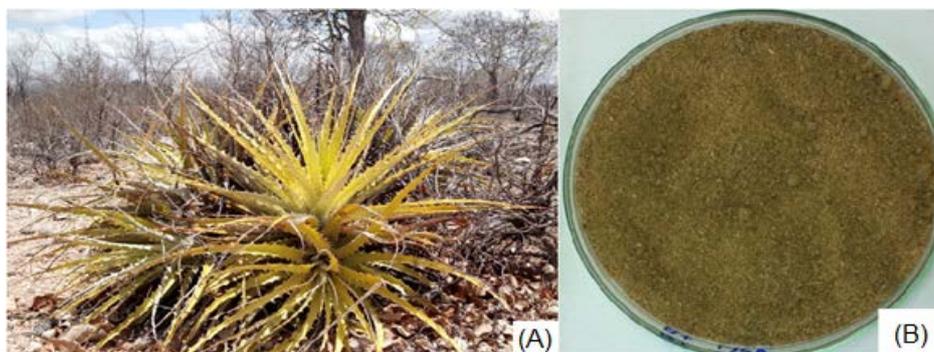


Figura 1. (A) Macambira *in natura* Fonte: <https://m.noticias.ne10.uol.com.br/interior/sertao/noticia/2014/12/16/mulher-de-104-anos-revela-segredo-da-longevidade-no-sertao-nordestino-524549.php> (B) Macambira Moída. Fonte: Própria autora.

Aspergillus niger: Foi utilizada a cultura pura do fungo *Aspergillus niger* (ATCC 1015) (Figura 2), pertencente à Coleção de Microrganismos do Laboratório de Microbiologia Industrial, do Departamento de Engenharia Química (DEQ), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). A cultura foi previamente cultivada por 5 dias, a 30°C, em tubos contendo 10,0 mL de caldo Czapeck (CZ) conforme a composição a seguir: NaNO₃ (3,0 g/L); K₂HPO₄ (1,0 g/L); MgSO₄ (0,50 g/L); KCl (0,5 g/L); FeSO₄ (0,01 g/L); Sacarose (30,0). Após este período, os conteúdos dos tubos foram transferidos para frascos de Roux de capacidade de 500 mL, contendo 200 mL do mesmo meio solidificado com 16 g/L de ágar. Estes foram mantidos a 30°C, por 5 dias, e após esse tempo os esporos do fungo foram removidos e postos em suspensão aquosa. Avaliou-se a concentração celular usando-se a técnica de contagem de esporos pelo uso de uma câmara de Neubauer, ajustou-se a uma concentração de 10⁷ esporos/mL.



Figura 2. Crescimento fúngico após 5 dias de inoculação em meio de Czapeck sob agitação de 100 rpm.

Biossorvente misto (Macambira e fungo). Um volume de 5,0 mL de suspensão de esporos foi transferido para um frasco de Erlenmeyer previamente esterilizado contendo 250 mL de caldo Czapeck Modificado, tendo como fonte de carbono 67% de Macambira e 33% de sacarose. O sistema foi mantido sob agitação de 200 rpm a 30 °C, por 72 h. Todo processo foi realizado em condições assépticas. A biomassa (Figura 3) produzida foi autoclavada a 121 °C durante 30 minutos, filtrada e em seguida lavada com água estéril e seca a 65 °C, por 72 horas.



Figura 3. Biossorvente misto (Macambira e *Aspergillus niger*)

Simulação do efluente têxtil e ensaios de remoção

Corante. O corante utilizado foi o Remazol Black B (RBB) (Figura 4), cuja massa e a forma molecular são $991,816117 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ e $\text{C}_{26}\text{H}_{21}\text{N}_5\text{Na}_4\text{O}_{19}\text{S}_6$, respectivamente. Apresenta comprimento de onda máximo de absorção na faixa de 597 nm (Al-Degs, 2000).

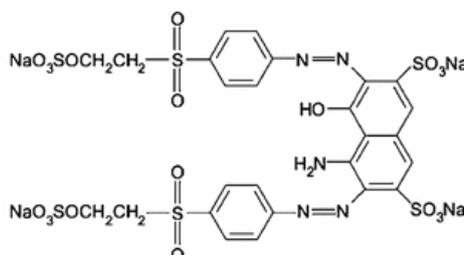


Figura 4. Estrutura molecular do corante Remazol Black B.

Curva Analítica. Para verificar o comportamento da absorbância em função da concentração do RBB, foram preparadas amostras do corante nas concentrações de 10,

15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 e 50 mg·L⁻¹ a partir da diluição de uma solução de 100 mg L⁻¹. Uma alíquota de cada uma destas foi lida no espectrofotômetro no comprimento de onda de 597 nm para que a absorbância encontrada fosse relacionada com a concentração da amostra. A curva analítica tem como base a equação 1, que é Lei de Lambert-Beer.

$$A = \epsilon bC \text{ (equação 1)}$$

Onde:

A= absorbância; ϵ = absorvidade molar (mL·(mg·cm)⁻¹); b= caminho ótico (cm); C= concentração da solução

Triagem para obtenção da melhor condição de processo .Foi realizada uma triagem para a obtenção da melhor condição de remoção do corante. As variáveis estudadas foram o pH, temperatura, agitação, concentração de biossorvente e concentração de corante. Os ensaios foram realizados em mesa agitadora num período de 1 h. As soluções foram ajustadas com NaOH e/ou HCl 3,0 M até obter-se o pH desejado. Posteriormente, alíquotas foram retiradas e centrifugadas a 5000 rpm por 3 min. A fração do sobrenadante foi analisada por espectrofotometria UV/Vis em $\lambda = 597$ nm. Todos os ensaios realizados seguiram a matriz fatorial mostradas pelas Tabelas 1 e 2 e as análises foram realizadas através do software Statistica® 8.0.

Tabela 1. Matriz experimental decodificada para os ensaios de biossorção.

Níveis decodificados	pH	Temperatura (°C)	Agitação (rpm)	Concentração de Biossorvente (g)	Concentração de Corante (mg·L ⁻¹)
-1	2,0	30	150	0,5	25
0	3,5	40	200	1,5	55
+1	5,0	50	250	2,5	85

Tabela 2. Matriz experimental codificada para os ensaios de biossorção.

Ensaio	pH	Temperatura	Agitação	Concentração de Biossorvente	Concentração de Corante
		a	ão		
1	+	+	+	+	+
2	-	+	+	+	+
3	+	-	+	+	+
4	-	-	+	+	+
5	+	+	-	+	+
6	-	+	-	+	+
7	+	-	-	+	+
8	-	-	-	+	+
9	+	+	+	-	+
10	-	+	+	-	+
11	+	-	+	-	+
12	-	-	+	-	+

13	+	+	-	-	+
14	-	+	-	-	+
15	+	-	-	-	+
16	-	-	-	-	+
17	+	+	+	+	-
18	-	+	+	+	-
19	+	-	+	+	-
20	-	-	+	+	-
21	+	+	-	+	-
22	-	+	-	+	-
23	+	-	-	+	-
24	-	-	-	+	-
25	+	+	+	-	-
26	-	+	+	-	-
27	+	-	+	-	-
28	-	-	+	-	-
29	+	+	-	-	-
30	-	+	-	-	-
31	+	-	-	-	-
32	-	-	-	-	-
33	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0

A eficiência de bioissorção foi calculada usando-se a Equação 2:

$$R = \frac{100(C_0 - C_f)}{C_0} \quad (2)$$

Onde: R é a eficiência de bioissorção (%), C_0 é a concentração inicial de corante RBB ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), C_f é a concentração final de corante RBB no tempo t ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no processo de remoção do Remazol Black B estão apresentados na Tabela 3, 4 e 5. E foram analisados estatisticamente mediante o planejamento experimental por meio do software Statistica. No planejamento em questão, adotou-se um nível de significância de 95%, ou seja, foram considerados significativos os parâmetros com valores de $p < 0,05$. Para descobrir a quantidade de corante presente na solução após o tempo estipulado e percentual de remoção do corante, foi utilizado a equação 1.

Tabela 2. Matriz do planejamento experimental fatorial com os resultados do percentual de remoção obtidos durante o processo na temperatura de 30°C.

Ensaio	pH	Agitação (rpm)	Concentração biomassa	Concentração corante (mg/L)	Remoção (%)
1	2	150	0,5	25	4,2
2	5	150	0,5	25	84,2
3	2	250	0,5	25	92,9
4	5	250	0,5	25	9,1
5	2	150	2,5	25	80,3
6	5	150	2,5	25	8,9
7	2	250	2,5	25	18
8	5	250	2,5	25	14,7
9	2	150	0,5	85	56,7
10	5	150	0,5	85	49,3
11	2	250	0,5	85	54,7
12	5	250	0,5	85	48,9
13	2	150	2,5	85	28,4
14	5	150	2,5	85	79,4
15	2	250	2,5	85	38,6
16	5	250	2,5	85	12,4

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 3. Matriz do planejamento experimental fatorial com os resultados do percentual de remoção obtidos durante o processo na temperatura de 40°C.

Ensaio	pH	Agitação (rpm)	Conc.biomassa (g)	Conc.corante (mg/L)	Resposta	Remoção (%)
1	3,5	200	1,5	55	0,43949	8
2	3,5	200	1,5	55	0,48549	20,3
3	3,5	200	1,5	55	0,48617	20,2

Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 4. Matriz do planejamento experimental fatorial com os resultados do percentual de remoção obtidos durante o processo na temperatura de 50°C.

Ensaio	pH	Agitação (rpm)	Concentração biomassa (g)	Concentração corante (mg/L)	Remoção (%)
1	2	150	0,5	25	38,8
2	5	150	0,5	25	43,8
3	2	250	0,5	25	52,5
4	5	250	0,5	25	7,2
5	2	150	2,5	25	7,6
6	5	150	2,5	25	7,8
7	2	250	2,5	25	4,1
8	5	250	2,5	25	6,9
9	2	150	0,5	85	58,7
10	5	150	0,5	85	50,6
11	2	250	0,5	85	73,6

12	5	250	0,5	85	19,5
13	2	150	2,5	85	57,5
14	5	150	2,5	85	79,2
15	2	250	2,5	85	82,2
16	5	250	2,5	85	71,7

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Analisando as Tabelas 3, 4 e 5, observa-se que os maiores valores para o percentual de remoção do Remazol Black B foram de 84,2 e de 92,9% que se deram no experimento 2 e 3, quando submetidos a temperatura de 30°C. Enquanto que, obteve-se os menores valores de remoção nos experimentos 1 e 7, na temperatura de 30°C e 50°C, respectivamente.

A melhor condição para o processo biossorbitivo é quando o pH é 2, a massa do biossorbente é 0,5 g, e a agitação é de 250 rpm, pois foram nessas condições que se obteve o maior percentual de remoção. Porém, foi possível visualizar que a velocidade de agitação não é um parâmetro muito relevante para atingir uma excelência de adsorção. Portanto, o que se apresentou realmente relevante para a remoção do corante foi o pH e a temperatura.

Analisando as porcentagens de remoção do corante para diferentes temperaturas, pode dizer-se que a capacidade de adsorção é maior para temperatura de 30°C (Tabela 3). Portanto, é possível afirmar, conforme Neves (2015), que o aumento da temperatura leva a uma diminuição na adsorção do corante, uma vez que, não se obteve a mesma eficácia de remoção na temperatura de 40°C e 50°C, conforme exposto na tabela 4 e 5.

Em um estudo realizado por Leal (2003), foi utilizado como adsorbente o mesocarpo do coco para remoção do corante Remazol Black, é possível observar que a melhor temperatura estabelecida para o processo foi de 30° C. O mesmo ocorre em Cardoso et al. (2011), que utilizou casca de pinheiro e carvão ativado para fins de adsorção. Esses estudos confirmam a hipótese de que o aumento de temperatura influencia negativamente o processo adsorptivo, corroborando com o que foi encontrado neste trabalho.

A temperatura é um parâmetro muito significativo em processos de adsorção, uma vez que, é capaz de conduzir uma mudança na capacidade de adsorção. Pois, as moléculas dos corantes têm tendência a se agregar em soluções aquosas. A formação desses complexos (dímeros) ocorre em concentrações muito baixas. O processo de aglomeração só está completo depois que ocorrem outras agregações, quando não existe mais a possibilidade de ligação entre as moléculas do corante (CARDOSO, 2012; COATES, 1969).

O acréscimo ou o decréscimo da temperatura ocorre geralmente devido a dois principais efeitos na adsorção. O primeiro é mudar a capacidade de equilíbrio do adsorbente por um adsorvato. O segundo é que aumento da temperatura leva a um aumento da taxa de difusão das moléculas de corante pela superfície do adsorbente devido a diminuição da viscosidade da solução (HOLME, 1984).

Quanto à capacidade de biossorção em relação ao pH, nos estudos de Pinto (2012), foi utilizado casca de pinhão, e notou-se que o percentual de remoção do corante em pH entre 2,0 e 2,5 apresentou uma melhor eficácia quando comparado a faixa de pH entre 3,0 e 10, em que teve a sua capacidade de remoção do corante reduzida em 48%. Aksu et al. (2005), Pinheiro (2011) e Neves (2015) também realizaram estudos em que foi observado um aumento da remoção do Remazol Black com pH mais ácido. Os pHs

mais ácidos favorecem o processo biossorbitivo de corantes, porque este é influenciado pela ionização da molécula do corante e pela carga superficial do biossorvente usado. A variação do pH faz com que a superfície do biossorvente fique positivamente carregada, assim favorecendo a interação com as moléculas de corante com carga negativa e, conseqüentemente, favorecerá a biossorção (MALARVIZHI, 2010).

O aumento do pH pode acarretar na diminuição dos sítios protonados presentes na superfície do biossorvente, fazendo com que haja a diminuição da capacidade adsorviva do material por causa da repulsão de cargas, o que observou-se no experimento quando o pH era 3,5 ou 5.

A Figura 4A apresenta as superfícies de resposta obtidas pelo software, onde se pôde obter otimizações das condições experimentais, de forma a alcançar teoricamente taxas de 100% de remoção. Fazendo-se uma análise na superfície de resposta para a relação entre os parâmetros concentração do corante e acidez. A superfície de resposta confirma o resultado obtido, que representa maior remoção do corante no pH ácido. A curva da interação do pH indica que os valores de maior remoção, caracterizados pela coloração vermelha, são obtidos na região de pH inferior a 2,0.

Na análise na superfície de resposta (Figura 4B), para a relação entre os parâmetros concentração do corante e concentração da biomassa. É possível observar que na curva da interação indica que os valores de maior remoção, caracterizados pela coloração vermelha, são obtidos na região de concentração inferior a 0,5 g. Resultado semelhante foi encontrado por Cruz Filho et al. (2016) para remoção do corante utilizando como biomassa o *Aspergillus niger* e *Pennisetum purpureum*.

Segundo Oladoja et al. (2009), o aumento na massa de adsorvente promove uma diminuição notável na quantidade de adsorção do corante por grama de adsorvente. A explicação se dá por dois fatores: primeiro pelo aumento da massa de adsorvente com a concentração do corante o que levará a uma insaturação de sítios de adsorção e o segundo, a redução da capacidade adsorviva pode ser devida à agregação das partículas, resultantes da alta massa de adsorvente. Esta agregação conduziria a uma diminuição na área total da superfície do adsorvente e um aumento no comprimento difusional. A Figura 5 mostra o efluente antes e após o processo de biossorção.

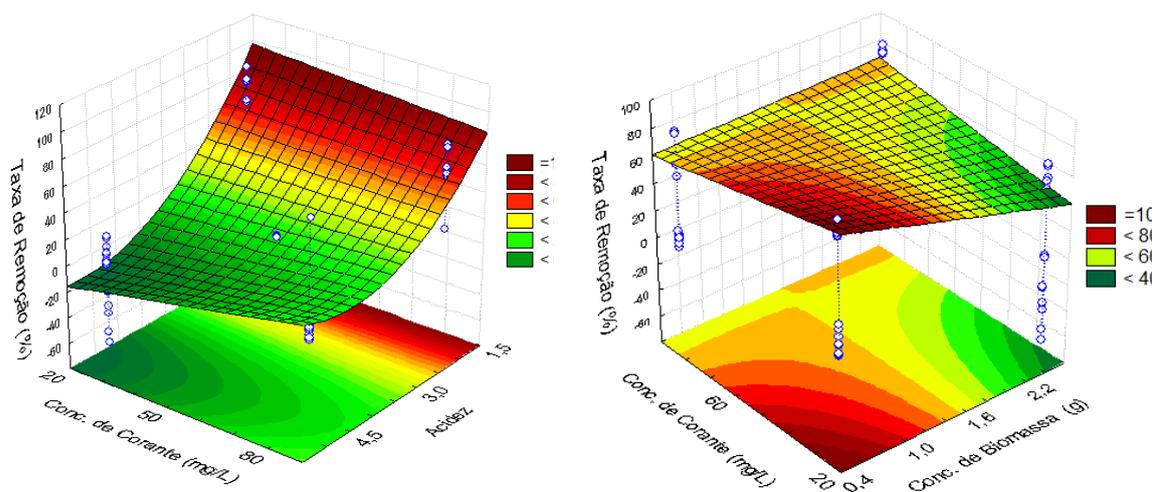


Figura 4. Superfície de resposta para a relação entre Concentração do corante e pH (A). Superfície de resposta para a relação entre Concentração do corante e concentração de biomassa (B)

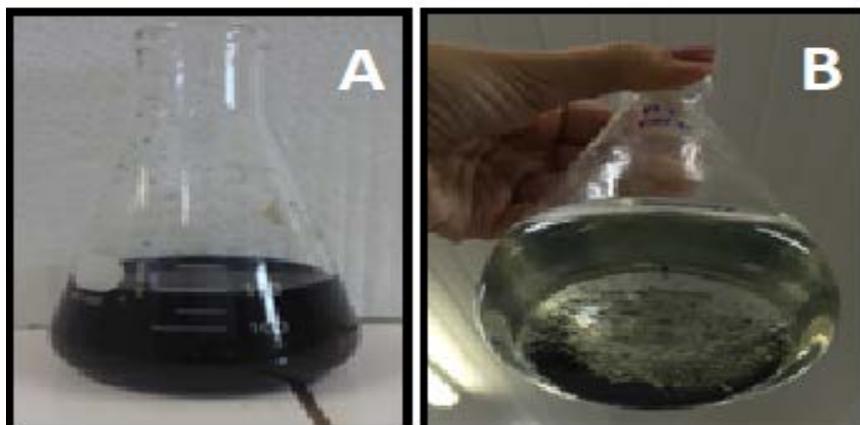


Figura 5. Resultado do ensaio antes (A) e depois (B) do processo de bioadsorção.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados que foram obtidos na realização desse trabalho, conclui-se que o pH e a temperatura foram o que mais interferiu no processo bioadsorptivo. Em que a melhor condição apresentada para a remoção do corante Remazol Black B, é quando foi empregada as condições de pH 2 em temperatura de 30°C. Pôde ser verificado que os parâmetros em análise, concentração da solução de corante e concentração do bioadsorvente, tem influência no processo de tratamento da água com corante por adsorção, assim como os fatores anteriormente citados, mostrando o nível de interação entre adsorvente (biomassa mista) e adsorvato (corante). Sendo assim a utilização de biomassa fúngica associada a um vegetal pode se tornar uma nova alternativa como bioadsorvente para tratamento de efluentes têxteis. Pois, foi possível observar que a biomassa mista de *Aspergillus niger* e macambira apresentou eficácia na remoção do Remazol Black B, com percentuais similares aos que são vistos na literatura para esse tipo de molécula. Além, de ser uma alternativa economicamente viável e comprovadamente competitivos na substituição de matérias habitualmente empregados.

REFERÊNCIAS

- AKSU, Z.; TEZER, S. Biosorption of reactive dyes on the green alga *Chlorella vulgaris*. **Process Biochem.** v. 40, p.1347–1361, 2005.
- CARDOSO, N. F. **Adsorção de corantes têxteis utilizando bioadsorventes alternativos**. 2012. Dissertação (doutorado) - Universidade Federal do Rio grande do sul, Porto Alegre, 2012.
- CARDOSO, N. F.; PINTO, R. B.; LIMA, E. C.; CALVETE, T.; AMAVISCA, C. V.; ROYER, B.; CUNHA, M. L.; FERNANDES, T. H. M; PINTO, I. S. Removal of remazol black B textile dye from aqueous solution by adsorption. **Desalination**, v. 269, p. 92-103, 2011.
- COATES, E. Aggregation of dyes in aqueous solution. **J.Soc. Dyers and Colourists**, 1969.
- CRUZ FILHO, I. J.; FERREIRA, H.K.L.; SILVA, S.K.G.; MACHADO, S. E. F.; ZAIDAN, L.E.M.C.M; LIMA, V. F.; MARQUES, O. M.; NASCIMENTO JUNIOR, A. J. Otimização do processo de remoção do corante preto de Remazol B por uso de

biomassa mista de *Aspergillus niger* van Tieghem, 1867 (Ascomycota: Trichocomaceae) e *Pennisetum purpureum* Schumach., 1827 (Poales: Poaceae). **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 6, p. 375-384, 2016.

HOLME, J. **Developments in the chemistry and technology of organic dyes**. Oxford: Blackwell Scient. Publ., 1984.

KAMIDA, H. M. **Biodegradação e toxicidade de efluente contendo corantes, tratado com *Pleurotus sajor-caju***. 2004. Dissertação (Doutorado em Ciência dos alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S. G.; DURAN, N. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Quim. Nova**, v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.

LEAL, C.C.A. **Avaliação da remoção do corante Remazol Black B de efluentes têxteis utilizando como adsorvente o mesocarpo do coco**. 2013. Dissertação (mestrado)- Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

MALARVIZHI, R.; HO, Y. S. The influence of pH and the structure of the dye molecules on adsorption isotherm modeling using activated carbon. **Desalination**, v. 264, p. 97-101, 2010.

NEVES, H.J.P. **Avaliação Experimental e Modelagem do Processo de Remoção de Corante Têxtil Remazol Preto B de Fase Aquosa por Adsorção com Carvão Ativado**. 2015. Dissertação (doutorado)- Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

OLADOJA, N. A.; ABOLUWOYE, C.O.; OLADIMEJI, Y.B. Kinetics and isotherm studies on methylene blue adsorption onto ground palm kernel coat. **Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences**, v. 32, n. 5, p. 303-312, 2009.

PINHEIRO, A. S. **Avaliação da toxicidade e genotoxicidade dos corantes azo reativos Remazol Preto B e Remazol Alaranjado 3R e da eficácia da radiação com feixe de elétrons na redução da cor e efeitos tóxicos**. 2011. Dissertação (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 2011.

PINTO, R. B. **Remoção do corante têxtil preto de Remazol B de soluções aquosas usando adsorventes a base de casca de pinhão**. 2012. Dissertação (mestrado em química)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2012.

RODRIGUES, K. A. **Uso de reatores biológicos com fungos para remoção de fenol de água residuária sintética**. 2006. 115 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil, área de concentração em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.