

**II-299 - ESTUDO DE COSSUBSTRATOS PARA REMOÇÃO DE CORANTE E
MATÉRIA ORGÂNICA DE EFLUENTE TÊXTIL SINTÉTICO POR *Aspergillus
niger* AN 400 EM REATOR DE ESCOAMENTO CONTÍNUO**

Luana de Plácido Rodrigues⁽¹⁾

Graduanda em Tecnologia em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

Carolina de Oliveira Marinho

Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

Carlos Ronald Pessoa Wanderley

Doutorando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará.

Kelly de Araújo Rodrigues Pessoa

Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos.

Glória Maria Marinho Silva Sampaio

Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos.

Endereço⁽¹⁾: Rua 12 A, 27 – Conjunto Industrial - Maracanaú - CE - CEP: 61925-230 - Brasil - Tel: (85) 8818-6053 - e-mail: luana_placido@yahoo.com.br

RESUMO

A necessidade do uso de bens industrializados aumentou gradativamente no decorrer dos anos, entre os produtos mais utilizados estão os provenientes da indústria têxtil. Porém, o efluente gerado no processo de tratamento da fibra têxtil é altamente poluente quando descartado no corpo hídrico receptor sem devido tratamento. Diante dessa problemática, esse trabalho teve como objetivo a utilização de reator biológico de escoamento contínuo para remoção do corante índigo carmin pelo fungo *Aspergillus niger* AN 400. Foi utilizado como cossustratos, a glicose e o etanol, perfazendo-se 2 etapas distintas, com concentração de 0,5mg/L para ambas. As variáveis analisadas foram pH, corante, DQO total e solúvel. O percentual máximo de remoção para corante, DQO Total e DQO Solúvel foram de: 99,99%, 88,20% e 89,64%, respectivamente na primeira etapa. Na segunda etapa, os percentuais de remoção foram de: 48,98%, 79,18% e 88,30% para corante, DQO Total e DQO Solúvel respectivamente. O pH durante as duas etapas manteve-se na faixa propícia para o metabolismo fúngico.

PALAVRAS-CHAVE: Escoamento Contínuo, Índigo Carmin, *Aspergillus niger*, Indústria Têxtil.

INTRODUÇÃO

Em virtude do crescimento populacional e em consequência do aumento dos diversos ramos industriais, dentre eles o da indústria têxtil, os problemas ambientais vêm ao longo das décadas se tornando crescente e impactante (BARRETO *et al.* 2011).

A parcela de contribuição da indústria têxtil referente à contaminação do meio ambiente está ligada a produção de efluente com poder de degradação natural baixo, pois o mesmo possui em sua composição uma gama diversificada de compostos (SOUZA; ROSADO, 2009).

Em concordância a Braga (2014), um dos problemas mais preocupantes consiste no uso impróprio e na crescente insuficiência de água, necessitando, portanto, de pesquisas que visem a possível reutilização dos efluentes gerados ou tecnologias que tratem de forma eficaz e a baixo custo esse efluente, a fim de sanar os problemas referentes à qualidade deste.

Uma vez presente nas águas naturais, esse efluente colorido, tem por característica diminuir a transparência da água e por consequência dificultar a penetração dos raios solares, implicando assim, na diminuição da atividade fotossintética do meio, prejudicando animais e plantas Zanoni e Carneiro (2001).

No ambiente contaminado, a biorremediação pode ser uma das táticas utilizada para tentar recuperar a área poluída, sendo ela solo ou água, fazendo uso de micro-organismos capazes de acelerar a degradação da matéria. Os fungos, em específico, são vistos como potenciais micro-organismos nos processos de biodegradação e biorremediação (BRUSCATO, 2011).

A pesquisa se propôs averiguar a remoção biológica do corante Índigo Carmin e matéria orgânica, presentes em água residuária têxtil pelo fungo *Aspergillus niger* AN 400, em reator de escoamento contínuo com o uso dos cossubstrato glicose e etanol, em duas etapas distintas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Cultivo, produção e imobilização da espécie fúngica em meio suporte.

O cultivo, assim como a produção da espécie fúngica, foi feito com base no trabalho de Sampaio (2005). O fungo *Aspergillus niger* AN 400 foi cultivado em placas de Petri em meio de cultura Agar *Sabouraud Dextrose*, sendo ainda adicionado 1 mL de solução Vishiniac por litro e meio de cultura e ainda 0,05 g/L do antibiótico cloranfenicol, utilizado para diminuir o surgimento de bactérias. Posteriormente, as placas foram envoltas a papel filme e incubadas por 7 dias a uma temperatura de 28°C.

Após o período de incubação, os esporos do *Aspergillus niger* AN 400 foram coletados, com o auxílio de 4 mL de solução Tween 80, dentro de câmara de fluxo laminar e transferidos para frasco devidamente descontaminado e esterilizado. A contagem dos esporos ocorreu com auxílio de microscópio óptico. Para tal, foi preparada uma solução contendo 50 µL de suspensão dos esporos, sendo agitada, adicionando-se 950 µL de Tween 80, resultando em uma diluição de 1:20.

A imobilização do *Aspergillus niger* foi procedida em espuma de poliuretano (60 g), cortadas em cubos com 1 cm de aresta, sendo devidamente esterilizadas dentro de recipientes cilíndricos de vidro, com volume total de 3 L, por 20 minutos, em autoclave, a uma temperatura 121°C. O meio de crescimento foi esterilizado da mesma forma que a espuma de poliuretano e era constituído de 4 L de água da torneira e dos reagentes listados a seguir (g.L⁻¹): glicose (5); Sulfato de amônio (0,5); Nitrato de sódio (0,25); Sulfato de magnésio (0,25); Fosfato de potássio dibásico anidro (0,2); Cloreto de cálcio (0,01); Sulfato de cobre (0,08); Ácido molibídico (0,05); Sulfato de manganês (0,05); Sulfato férrico (0,05); Sulfato de zinco (0,04). Foi ainda adicionado ao meio solução de Vishiniac (1 mL.L⁻¹) e 0,5 g.L⁻¹ de clorofenicol.

A inoculação foi feita utilizando-se 2×10^6 esporos.mL⁻¹ da suspensão de esporos, adicionadas ao reator de escoamento com fluxo contínuo. Na ocasião as esponjas já estavam inseridas no reator, juntamente com o meio de crescimento. A operação foi procedida próxima ao bico de Busen, para dessa forma minimizar a possibilidade de contaminação. Nos primeiros 10 dias, o reator foi mantido em regime de batelada, sob aeração permanente, acrescido do meio de crescimento, tempo suficiente para o crescimento do biofilme aderido ao material suporte. Decorrido esse tempo, o reator passou a operar em regime de escoamento contínuo.

Água residuária sintética

Nesse estudo, a composição água residuária sintética foi alterada ao longo da pesquisa, constituindo assim Etapa I e Etapa II. A água residual sintética utilizada simulava efluente oriundo do tanque de lavagem de tecidos no processamento têxtil. A mesma era constituída por corante Índigo Carmim (100 mg.L⁻¹), Hidrossulfito de Sódio (0,02 g.L⁻¹), Vishiniac (1 mL.L⁻¹), nutrientes (Tabela 1) e glicose (0,5 g.L⁻¹), durante a Etapa I. Já na Etapa II, apenas foi modificado o tipo de cossubstrato, sendo a glicose substituída pelo etanol (0,5 g.L⁻¹).

Tabela 1 - Nutrientes adicionados para composição da água residuária sintética.

COMPOSTO	CONCENTRAÇÃO (g.L ⁻¹)
(NH ₄) ₂ SO ₄	0,5
NaNO ₃	0,25
KH ₂ PO ₄	0,20
MgSO ₄	0,25
CaCl ₂ .2H ₂ O	0,01
CuSO ₄ .7H ₂ O	0,08
H ₂ MoO ₄	0,05
MnSO ₄ .5H ₂ O	0,05
Fe ₂ (SO ₄) ₃	0,05
ZnSO ₄	0,04

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2006).

Operação e monitoramento do reator e variáveis analisadas

O reator utilizado durante o estudo foi confeccionado em acrílico e era de leito fixo com fluxo ascendente, possuindo um volume útil de 4 L. A estrutura do reator possuía dispositivos de entrada e saída da água residuária e também 2 orifícios para entrada de ar, provido por mini compressores. O reator foi operado durante 180 dias com Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) de 12 horas, tendo-se realizado coletas diárias da alimentação – amostra no momento da alimentação – (caracterização), da entrada – amostra 24 horas após a alimentação – e da saída do sistema. Para o monitoramento do reator foram realizadas as seguintes análises: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DQO), corante e pH.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em relação à eficiência do tratamento biológico com fungos, os valores de remoção de corante e matéria orgânica em termos de DQO total e solúvel alcançadas pelo reator nas duas etapas, estão expostas na Tabela 2.

Tabela 2: Eficiência de remoção de corante e DQO total e solúvel alcançada pelo reator biológico com fungos ao longo das duas etapas.

COLETAS	EFICIÊNCIAS DE REMOÇÃO (%)					
	ETAPA I			ETAPA II		
	CORANTE	DQO TOTAL	DQO SOLÚVEL	CORANTE	DQO TOTAL	DQO SOLÚVEL
1	99,70	76,18	77,29	42,60	63,97	70,14
2	99,99	83,22	84,13	38,27	45,27	47,93
3	99,86	88,20	89,64	44,39	53,18	54,63
4	99,62	77,70	78,28	48,98	45,19	48,44
5	94,27	80,50	84,41	42,85	48,66	50,93
6	98,47	76,61	81,94	40,73	68,72	70,06
7	98,93	67,22	71,70	46,25	69,69	69,50
8	98,65	69,11	71,28	47,61	43,01	49,22
9	99,81	54,66	55,82	43,88	79,18	88,30

Na Etapa I, os percentuais de remoção de corante foram todos acima de 90%, sendo a menor remoção de 94,27% (5ª coleta), como pode ser visto na Figura 1, correspondendo a uma concentração de corante no efluente final de 7,06 mg/L, o que mostrou grande remoção da massa de corante afluente, ainda que o efluente final ainda tenha apresentado coloração visual.

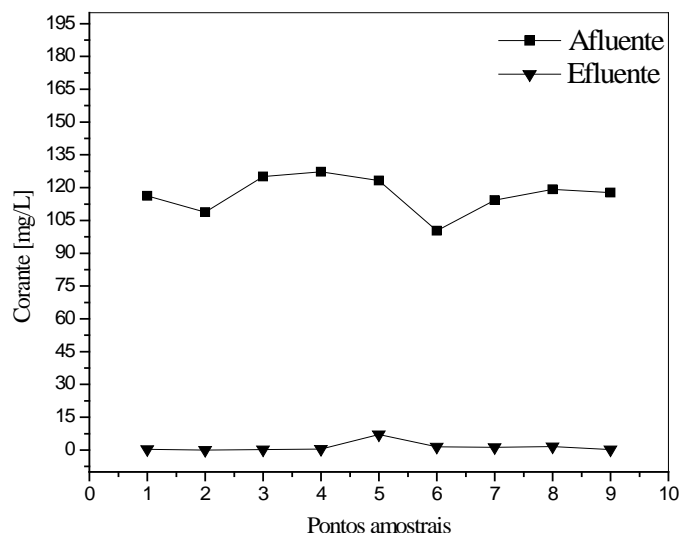


Figura 1: Variação da concentração de corante na Etapa I

No tocante a Etapa II, a máxima remoção foi alcançada na 4ª coleta (48,98%), sendo eficiência média 43,95% e mínima de 38,27% (2ª coleta). Em menção a 4ª coleta, o efluente apresentou-se com concentração de corante, apresentada na Figura 2, com variação de 108,6 mg/L a 55,41 mg/L.

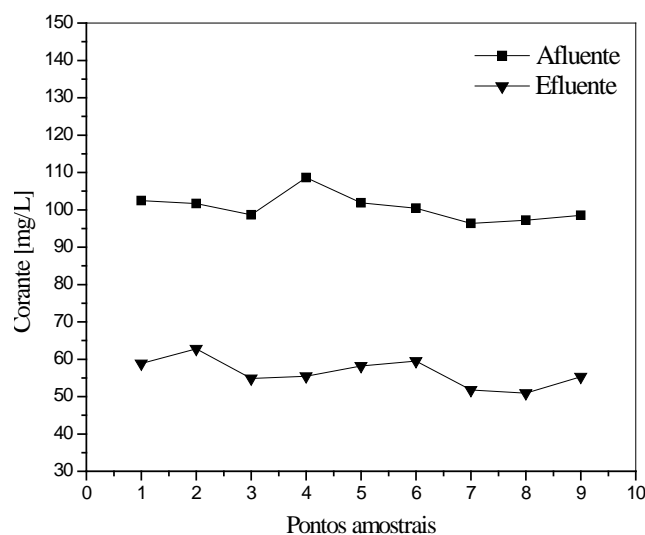


Figura 2 : Variação da concentração de corante na Etapa II.

Apesar de o etanol ser um solvente com capacidade para dissolver a camada lipídica e, por consequência, melhorar a fluidez, promovendo a inserção do corante ao interior da membrana celular (MALLER, 2008), aparentemente, na presente pesquisa, seu uso como cossustrato não foi eficaz, uma vez que sua adição resultou na perda de eficiência do sistema em relação à Etapa I, quando se empregou glicose como cossustrato. Diferente de outros trabalhos como o de MIRANDA *et al.* (2010), onde obteve-se remoção média de 93% do corante vermelho do congo, com o uso também de 0,5 g/L de etanol, em um reator operado em batelada sequencial, com o tempo de reação de 48 h.

Na Figura 3, pode-se observar que para o pH ao longo da Etapa I, seu valor afluente variou de 4,12 a 5,24, já o pH do efluente variou de 3,84 a 4,84, estando o pH durante essa etapa em uma faixa de acidez. O valor do pH observado para a melhor eficiência de remoção de corante na Etapa I foi obtido na 2ª coleta (99,99%) sendo igual a 4,4.

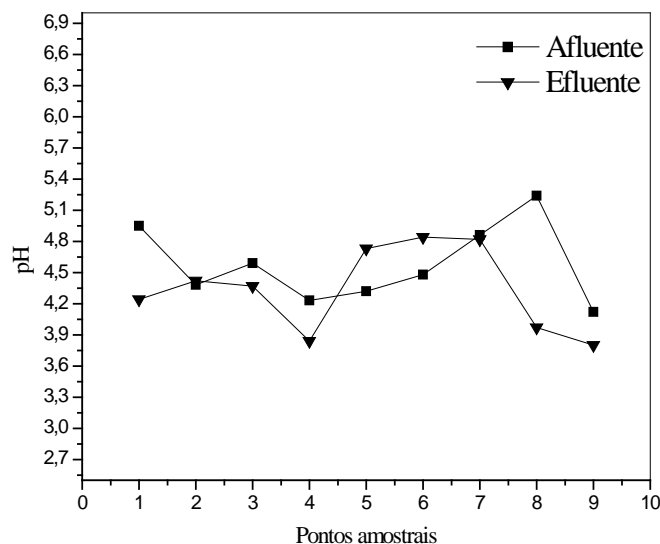


Figura 3: Variação de pH na Etapa I

Na Etapa II, os valores de pH apresentados na figura 4, mostram que na entrada do sistema o pH manteve-se na faixa ácida, porém, na saída do sistema a variação foi de 5,88 a 7,14. Para a 2ª etapa, a melhor remoção foi obtida com o pH 6,4, alcançando-se 48,98%, na 4ª coleta. Os valores mais baixos de pH registrados na presente pesquisa, provavelmente, conforme Kim *et al.* (2006), pode ser atribuído à utilização da glicose pelos fungos, tendo sido esta convertida em ácidos orgânicos.

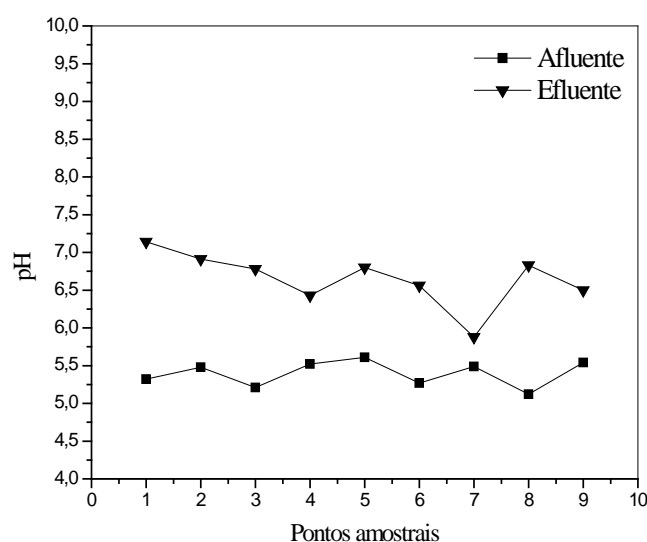


Figura 4: Variação de pH na Etapa II.

Com relação à remoção de matéria orgânica na Etapa I, apresentada na Figura 5, chegou-se à remoção máxima de DQO total na 3ª coleta (88,20%), com remoção mínima de 54,66%, na 9ª coleta, e remoção média de 74,82%. A concentração afluyente na 3ª coleta foi de aproximadamente 918 mg/L e efluente de 108 mg/L. Para a 9ª coleta a concentração foi de aproximadamente 706 mg/L e 320 mg/L, para afluyente e efluente, respectivamente.

Em relação à matéria orgânica solúvel ainda na Etapa I, apresentada na Figura 5(b), o percentual máximo de remoção obtido foi de 89,64% (3ª coleta), relativo a uma concentração afluyente de aproximadamente 590 mg/L e efluente de 61 mg/L. A menor remoção pode ser observada na 9ª coleta, com um percentual de 55,82%, valores afluyente e efluente de aproximadamente 576 mg/L e 254 mg/L, respectivamente, e remoção média de 77,17%.

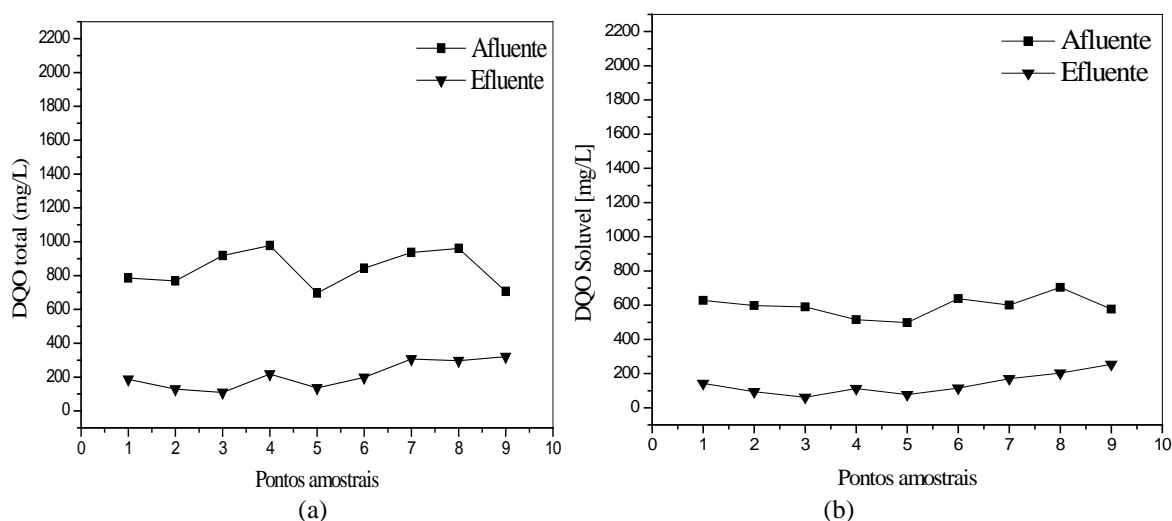


Figura 5: Variação da concentração de DQO Total (a) e DQO Solúvel (b) na Etapa I.

Durante a Etapa I, os percentuais obtidos de remoção de DQO total foram inferiores aos registrados para a remoção de corante, fato este atribuído à provável formação de subprodutos que não foram assimilados pelos fungos após a ruptura do grupo cromóforo do corante (CASAS *et al.*, 2009). É importante salientar também que como se tratam de dados de matéria orgânica bruta, a provável morte ou cisalhamento da biomassa, causada pelo fluxo do efluente no reator, pode ter contribuído em parte para essas menores eficiências.

Apesar de em ambas as etapas o TDH ter sido o mesmo, durante a Etapa I o biofilme estava mais espesso, estando sujeito a uma maior tensão de corte, enquanto que durante a Etapa II, o biofilme estava visualmente menos espesso não sofrendo, portanto, grande cisalhamento da biomassa.

Na Etapa II, os valores de remoção de matéria orgânica carbonácea estiveram todas acima de 40%, tanto de DQO total como de DQO dissolvida. Para a DQO total, verificou-se na 9ª coleta o maior percentual de remoção equivalendo a 79,18%, na 8ª, a menor taxa de remoção, de apenas 43,01%. Para a maior remoção valores afluyente e efluente de aproximadamente 748 mg/L e 155 mg/L, respectivamente. Para a menor remoção, 773 mg/L e 440 mg/L, afluyente e efluente, como pode ser observado na figura 6(a).

Em analogia, a DQO dissolvida na Etapa II, figura 6(b), a máxima remoção foi encontrada também na 9ª coleta, com 88,30%, concentração afluyente de 735 mg/L e efluente de 86 mg/L. Ao tempo da 2ª foi constatada a menor remoção com um percentual de 47,93%, tendo os valores afluyente e efluente respectivos, 700 mg/L e 364 mg/L.

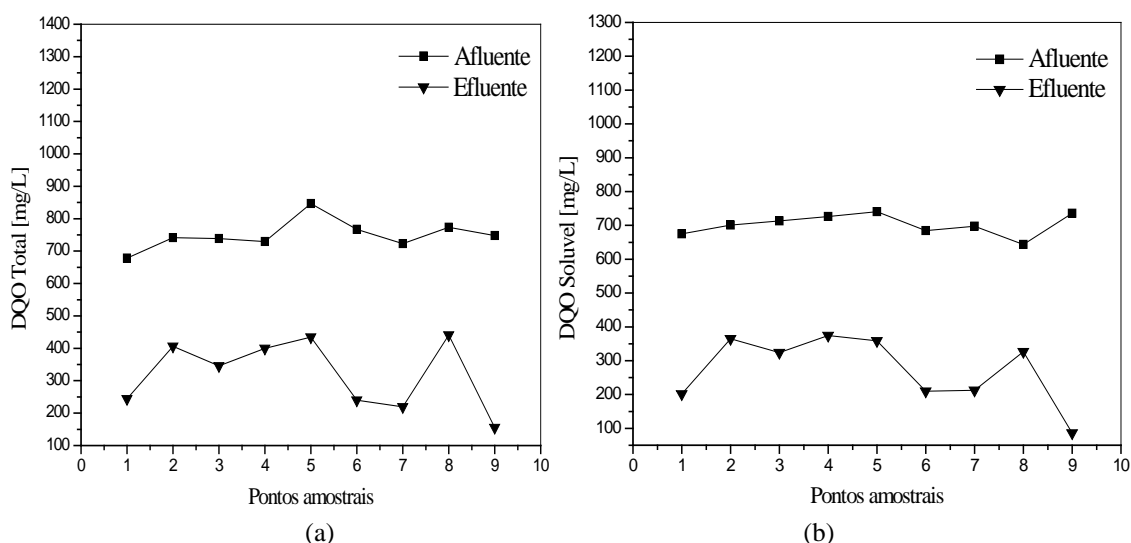


Figura 6: Variação da concentração de DQO Total (a) e DQO Solúvel (b) na Etapa II.

Os cossubstratos de fácil assimilação são requeridos pelos fungos, apesar deles terem a capacidade de se adaptarem a diferentes fontes de carbono (Esposito e Azevedo, 2004). Tendo por base os resultados apresentados no trabalho, o uso da glicose como cossubstrato favoreceu as melhores eficiências nas remoções de Corante, DQO Total e DQO Solúvel.

CONCLUSÕES

Para a remoção do corante índigo carmin com a utilização do fungo *Aspergillus niger* AN 400, em sistema de escoamento contínuo, o cossubstrato com o qual foram obtidas as melhores eficiência de remoção, tanto de corante como de DQO total e solúvel, foi a glicose, alcançando-se valores máximos de 99,99%, 88,20% e 84,81%, respectivamente. O etanol, nas condições propostas não atuou de forma eficiente como cossubstrato, com percentuais médios de remoção de 19,59%, 79,18% e 88,30% para as mesmas variáveis, estando o pH em ambas etapas, em faixa ideal para o metabolismo fúngico. Desta forma, aconselha-se ainda a continuação da pesquisa afim de aperfeiçoar a I Etapa, onde foram alcançadas as melhores remoções, buscando aumentar a eficiência do sistema no decorrer da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. Standard Methods for examination of Water and Wastewater American Water Works Association, Water Environment Federation, 20^o edição, 2005.
2. BARRETO, W. J.; BERNARDINO, N. D.; AFONSO, R., DOI, S.M. O. Biodegradação de uma mistura de corantes têxteis usando o fungo *Ganoderma* sp: Um estudo cinético. Química Nova, v. 34, n.4, p. 567-572, 2011.
3. BRAGA, J. K. Caracterização microbiana e degradação de surfactante aniônico em reator anaeróbio de leito fluidificado com água residuária de lavanderia. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 293p. 2014.
4. BRUSCATO, E. C. Potencial biotecnológico de fungos endofíticos na descoloração de corantes da indústria têxtil. Dissertação (Mestre em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 118p., 2011.
5. CARDOSO, G. B. Avaliação de diferentes tratamentos de efluente têxtil simulado contendo o azocorante preto de diresul. 2010. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos). Universidade Tiradentes, Aracaju, 2010.
6. CASAS, N.; PARELLA, T.; VICENT, T.; CAMINAL, G.;SARRA, M. Metabolites from the biodegradation of triphenylmethane dyes by *Trametes versicolor* or laccase. Chemosphere, v. 75, n. 10, p. 1344-1349, 2009.

7. ESPOSITO, E.; AZEVEDO, J. L. Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia. EDUCS, 2004.
8. GRIFFIN, D. H. Fungal physiology. 2. Ed. New York: Wiley-Liss, 1994.
9. KIM, J. M.; BARRINGTON, S.; SHEPPARD, J.; LEE, B. Nutrient optimization for the production of citric acid by *Aspergillus niger* NRRL 567 grown on peat moss enriched with glucose. *Process Biochemistry*, v. 41, n. 6, p. 1253-1260, 2006.
10. MALLER, A. Produção, purificação e caracterização do complexo pectinolítico do fungo *Aspergillus niger*. Ribeirão Preto. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto-Universidade de São Paulo, 2008.
11. MIRANDA, M. F.; GABRIELLE, C. S. M.; SILVA, K. M. L.; WANDERLEY, C. R. P.; SAMPAIO, G. M. M. S.; RODRIGUES, K. A. Emprego de etanol como cossubstrato em reator com biomassa imobilizada de *Aspergillus niger* AN 400 para remoção de vermelho do congo. CONNEPI, 2010.
12. RODRIGUES, K. A. Uso de reatores biológicos com fungos para remoção de fenol de água residuária sintética. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, área de concentração em hidráulica e Saneamento) - Escola de engenharia de são Carlos, Universidade de São Paulo, 2006.
13. SAMPAIO, G. M. M. S. Remoção de metil parathion e atrazina com reatores com fungos. 2005. 115f. Tese (Doutorado em Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
14. SOUZA, A. F.; ROSADO, F. R. Utilização de fungos basidiomicetos em biodegradação de efluentes têxteis. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v. 2, n.1, p. 121-139, jan.-abr. 2009.
15. ZANONI, M. V. B.; CARNEIRO, P. A. O descarte dos corantes têxteis. *Ciência Hoje*, v. 29, n. 174, p. 61-71, 2001.