



Uso de biorreator fúngico operado em bateladas sequenciais para o tratamento biológico de efluente têxtil diluído

Andreza Dnarla Oliveria Santos¹, Jéssica Cavalcante¹, Karla Mayara Lima da Silva², Adriano³, Ronald Pessoa Wanderley⁴, Kelly Rodrigues⁵.

¹Graduanda em Tecnologia em Gestão Ambiental – IFCE. e-mail: andreza_santos7@hotmail.com; jeehsy@hotmail.com

²Mestranda em Tecnologia e Gestão Ambiental- IFCE. e-mail:Karlamayara.ifce@gmail.com

³Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental- IFCE campus Maracanau. E-mail:adriano131286@yahoo.com.br

⁴Professor do curso de Engenharia Sanitaria e Ambiental- IFCE campus Maracanau. Mestre em Saneamento Ambiental- UFC. e-mail: Ronald@ifce.edu.br

⁵Professora do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental – IFCE. Doutora em Saneamento pela EESC – USP. Vice-Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental. Coordenadora do Laboratório de Tecnologia Ambiental (LATAM). e-mail: kelly@ifce.edu.br

Resumo: A indústria têxtil é responsável por 17,5% do Produto Interno Bruto (PIB) de toda a indústria de transformação, porém, do ponto de vista ecológico, os efluentes têxteis podem impactar negativamente o ambiente onde são dispostos se não tratados adequadamente, ocorrendo, por exemplo, a diminuição da penetração da luz, o que dificulta a ocorrência da fotossíntese e altera a quantidade de oxigênio dissolvido na água. O presente trabalho buscou estudar a eficiência do tratamento biológico de efluente têxtil *in natura* com o uso de *Aspergillus niger* AN400 em reator em bateladas sequenciais, tendo-se feito o monitoramento do mesmo a partir das variáveis: matéria orgânica carbonácea, pH e corante. O efluente têxtil utilizado foi diluído a 10% (v/v) e foi adicionada glicose (3g/L). Foi obtida remoção média de 84% em relação ao corante, com remoção máxima de 97%. Os valores de pH mantiveram-se na faixa apropriada para o metabolismo dos fungos. A remoção de DQO bruta e dissolvida apresentou média de 69% e 66%, respectivamente. Os resultados indicaram que o sistema foi capaz de boa remoção de corante, contudo é necessário maior otimização da operação da tecnologia a fim de aumentar a eficiência de remoção de matéria orgânica dissolvida, por consequência de possíveis subprodutos da degradação do vermelho do congo e de outros constituintes do meio.

Palavras-chave: *Aspergillus niger* AN400, Indigo Carmim, reator em bateladas sequenciais

1. INTRODUÇÃO

A indústria têxtil sempre foi importante para a economia mundial, pois é grande geradora de emprego e renda (KON e COAN, 2005). Contudo, este tipo de indústria consome grandes quantidades de recursos naturais, sendo os principais, as fibras e a água (RIBEIRO *et al.*, 2010), além de ser potencialmente poluidora, caso seus resíduos não sejam tratados de forma adequada.

Há alguns anos, acreditava-se que a presença de compostos coloridos nas águas causava apenas problemas estéticos, porém os mesmos influenciam diretamente no metabolismo aquático e, como consequência, tem-se a alteração de oferta de oxigênio e da transparência da água, o que dificulta a penetração dos raios solares, alterando os processos de fotossíntese, consequentemente, modificando o ecossistema (PODGORNIK *et al.*, 2001; KHELIFI *et al.*, 2008).

O tratamento convencional desses despejos constitui-se de métodos físico-químicos, incluindo coagulação, floculação, ozonização, oxidação, troca iônica, irradiação e adsorção. Algumas dessas técnicas de tratamento têm se mostrado eficiente, embora possuam limitações, seja por questões econômicas ou práticas (AKSU *et al.*, 2008).

Neste contexto, torna-se necessário o desenvolvimento de tecnologias que proporcionem a remoção eficiente de poluentes presentes nos efluentes têxteis, bem como que possuam viabilidade econômica. Possuindo normalmente os menores custos, os tratamentos biológicos têm sido empregados para eliminar corantes de efluentes têxteis e promover a redução da carga orgânica presente (VAN DER ZEE e VILLA VERDE, 2005 *apud* BRAÚNA, 2007).



Dentre os organismos utilizados nos tratamentos biológicos de efluentes destacam-se os fungos, os quais têm demonstrado eficiente potencial para o tratamento de águas residuárias têxteis, assim como para a reciclagem da matéria orgânica (RODRIGUES, 2006).

Deste modo, o presente trabalho visou avaliar o potencial de remoção do corante Indigo Carmin, presente no efluente em questão, e matéria orgânica de efluente têxtil diluído utilizando reator biológico em bateladas sequenciais, inoculado com biomassa imobilizada de *Aspergillus niger* AN 400.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterizações do efluente:

A água residuária *in natura* foi fornecida por uma indústria têxtil localizada no município de Maracanaú- CE, sendo realizadas coletas semanais. O ponto de coleta escolhido foi à montante do tratamento biológico realizado pela indústria, sendo o efluente caracterizado pela intensa coloração azul, devido à presença de grande concentração do corante Índigo carmin.

As coletas foram realizadas utilizando-se frasco de polietileno de 5L previamente descontaminado com ácido clorídrico 10%. As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Tecnologia Ambiental (LATAM) do Instituto Federal de Educação, ciência e tecnologia do Ceará (IFCE) de acordo com APHA (2005).

2.2 Inóculo:

A espécie usada no trabalho foi o *Aspergillus niger* AN400, na forma de uma solução de esporos, na concentração de 2×10^6 esporos/mL.

A solução de esporos foi preparada a partir da sementeira da linhagem em placas de Petri esterilizadas, contendo meio de cultura Agar- Saboraud que foi previamente esterilizado em autoclave a 121°C , durante 15 minutos.

As placas inoculadas com fungos permaneceram por cinco dias em incubadora microbiológica à temperatura de 28°C , tendo-se ao final deste período observado o crescimento dos esporos por toda a placa. Em seguida, os esporos foram removidos das placas com solução de Tween 80 e transferidos para tubos de ensaio.

Para contagem dos esporos foi preparada uma solução utilizando 50 μL da suspensão, previamente agitado com o Vórtex, acrescido de 950 μL de solução de Tween 80, resultando em diluição de 1:20. Em seguida, foram transferidos para uma câmara de Neubauer, 20 μL da solução preparada, onde se procedeu à contagem dos esporos em microscópio óptico, com aumento de 400 vezes no qual foi obtida a concentração de $4,9 \times 10^9$ esporos/mL.

2.3 Imobilizações da biomassa em meio suporte

A espécie foi imobilizada em espuma de poliuretano cortada em cubos de 1 cm de arestas, fazendo uso de frascos (erlenmeyer) de 250mL, contendo 5g/L de glicose e meio de crescimento, constituído Sulfato de Magnésio (1mg/L); Fosfato de Potássio Dibásico Anidro (0,8 mg/L); Cloreto de Cálcio (0,04 mg/L); Sulfato de Cobre (0,32 mg/L); Ácido Molibídico (0,2 mg/L); Sulfato de Manganês (0,2 mg/L); Sulfato Férrico(0,2mg/L); Sulfato de Zinco (0,16 mg/L) e solução de Vishiniac (4 mL/L), a fim de promover o seu crescimento pelo material suporte antes de sua adição no reator.

Foram esterelizados quinze gramas de espumas em autoclave por 20 min a 121°C e estas colocadas em saquinhos de polietileno, os quais foram distribuídos equitativamente em três erlenmeyers com volume de 250 mL cada, tendo-se adicionado ainda 150 mL do meio de crescimento.

Em seguida, inoculou-se a solução de esporos, na concentração de 2×10^9 esporos/ mL, sendo o procedimento realizado próximo ao bico de Bunsen, para evitar contaminação. Os erlenmeyers foram mantidos em uma mesa agitadora horizontal, sob agitação de 150 rpm e $\pm 28^\circ\text{C}$ durante 2 semanas de modo que ao completar 48 h, o meio antigo foi substituído por um novo. Após a etapa de imobilização, as espumas foram transferidas para o reator em batelada para a partida do mesmo.

2.4 Montagem e operação do reator em bateladas sequenciais

Para a realização do tratamento foi feita a diluição do efluente a 10% (v/v), visto que em concentrações maiores foi relatada a falência do reator, com perda acentuada de biomassa (PIRES, 2011). Portanto, o efluente sintético utilizado no tratamento teve como base o efluente *in natura*, acrescido de nutrientes, antibiótico Megacilin Super plus e cossubstrato.

O reator, confeccionado em vidro, possui volume total de 5 L e foi operado em ciclos de 48 h, recebendo a cada ciclo 4 L de efluente sintético com a seguinte composição em (g/L): $MgSO_4$ (0,25), K_2HPO_4 (0,2), $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ (0,01), $CuSO_4 \cdot 7H_2O$ (0,08), H_2MoO_4 (0,05), $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ (0,05), $Fe_2(SO_4)_3$ (0,05), $ZnSO_4 \cdot 7(H_2O)$ (0,04). Também foi utilizada 1 mL/L de solução de *Vishniac* de composição (em mg/L): H_3BO_3 (50), $FeCl_2 \cdot 4H_2O$ (0,20), $ZnCl_2$ (50), $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ (0,50), $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ (0,38), $AlCl_3 \cdot H_2O$ (0,90) e $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ (0,20), além de 0,10 g/L de antibiótico e glicose, na concentração de 3 g/L, atuando como cossubstrato. O valor de pH do meio aquoso foi previamente ajustado para aproximadamente 5, com ácido sulfúrico P.A, para fornecer aos fungos *Aspergillus niger* pH dentro da faixa ótima para seu metabolismo (GRIFFIN,1994).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 foi mostrado o decaimento da concentração de corante no reator durante 18 ciclos, tendo-se alcançado alta eficiência de remoção, com média de 84% e remoção máxima, registrada no ciclo 1, de 97%. A remoção mínima foi obtida no ciclo13 (69%).

O alto percentual de remoção durante o primeiro ciclo, em um curto período de tempo, pode ser oriundo do processo de adsorção do corante nas paredes do micélio do fungo ou ainda no meio suporte usado para a imobilização da biomassa (YANG *et al.*,2008). Outro fato para uma alta remoção pode ser explicado através da acidificação do meio, que, conforme relatado por Pires (2010), o corante torna-se menos solúvel e precipita.

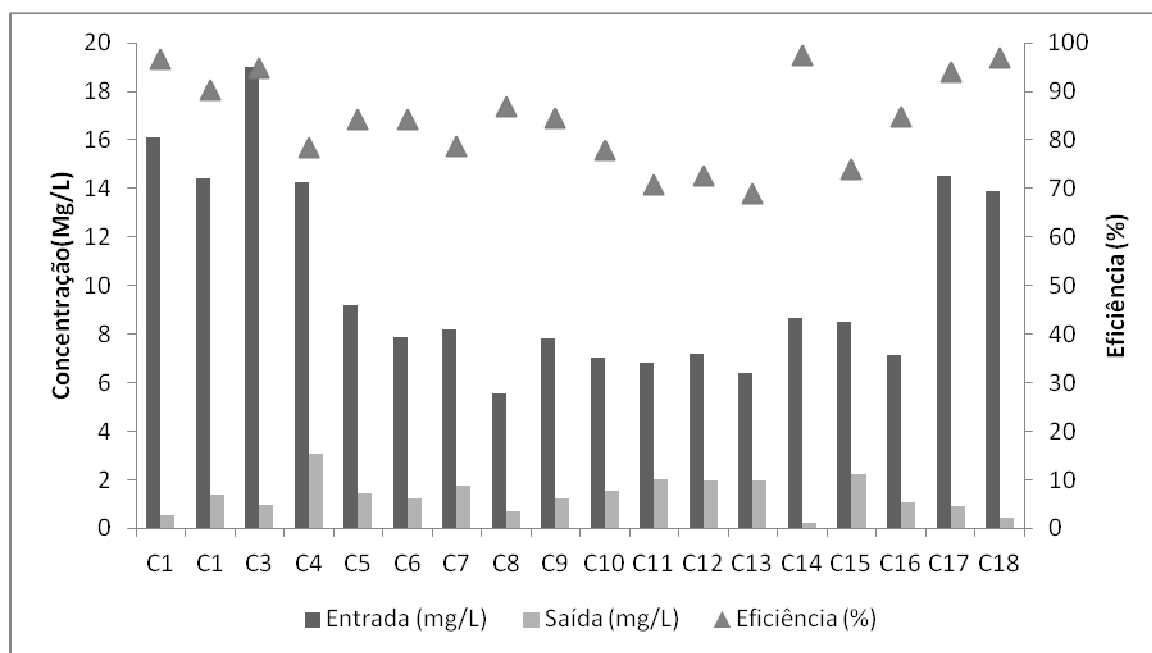


Figura 1 - Variação de remoção de corante durante os ciclos operacionais de 48 h no reator em bateladas sequenciais (RBS).

Os valores do pH ao final de cada ciclo mantiveram-se na faixa ácida a neutra, com variações de 3,8 a 7,0, como representado na Figura 2.

Quando foram obtidas as eficiências máximas de remoção de corante em C1, C14 e C18 (97%), C2 (90%), C3 (95%), C17 (94%), também foram registrados os menores valores de Ph, com média de 5,1.

O *Aspergillus niger* possui a capacidade de produzir ácidos orgânicos a partir do consumo da glicose e de outras fontes de carbono, incluindo corantes e outros poluentes, mantendo o pH entre 2 e 4, sendo nesta faixa de pH que ocorre maior produção de enzimas, favorecendo a degradação (KYRIACOU *et al.*, 2005; Rodrigues *et al.*, 2011), o que condiz com os bons percentuais de corante encontrados nos ciclos relatados.

Além disso, sabe-se que o pH ótimo para o desenvolvimento de vários fungos encontra-se na faixa entre 4,0 e 6,0 (KAVANAGH, 2005), de modo que os valores de pH do presente trabalho estavam na faixa ideal para o crescimento destes micro-organismos.

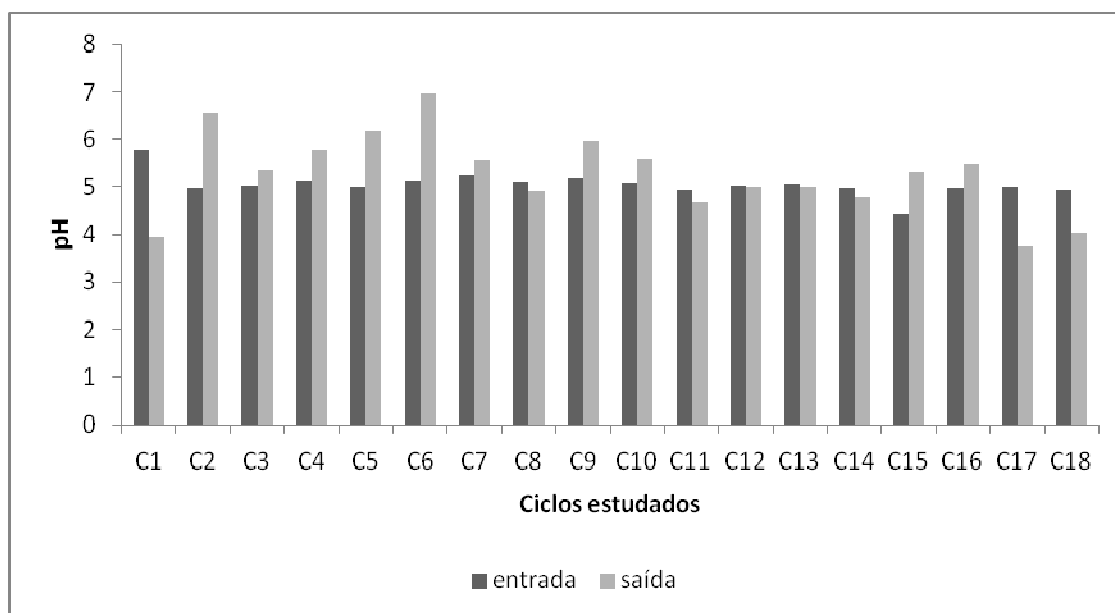


Figura 2 - Variação de pH durante os ciclos operacionais de 48 h no reator em bateladas sequenciais (RBS).

Entretanto, em boa parte dos ciclos, o valor de pH elevou-se, possivelmente, como resultado do metabolismo do fungo, já que algumas espécies são capazes de produzir substâncias de caráter tampão no meio, buscando um pH de valores adequados para suas necessidades metabólicas, conforme relatado por Sampaio *et al.*, (2004). É importante também mencionar que a elevação do valor de pH, como no ciclo 6, pode também ser relacionada ao equilíbrio químico da célula fúngica (KAVANAGH, 2005).

No que se refere à remoção de matéria orgânica carbonácea, verificou-se que, em alguns ciclos, a remoção tanto de matéria orgânica bruta quanto a dissolvida acompanhou a remoção de corante (Figura1), como nos ciclos 3, ciclo 7, ciclo 8, ciclo 9, ciclo 10, o que pode indicar que o corante e provavelmente seus subprodutos foram removidos do meio.

A eficiência média de remoção de DQO bruta foi de 66%, com máxima de 90%, no ciclo 8, no qual houve também boa remoção de vermelho do congo, a cima de 80%. A menor remoção de DQO bruta foi de 46%, no ciclo 1.

Em relação à remoção de matéria orgânica dissolvida, verificou-se que a média de remoção, em termos de DQO dissolvida, foi de 69%, com máxima de 90%, nos ciclos 8 e 9. A menor remoção de

matéria orgânica dissolvida, assim como de matéria orgânica bruta ocorreu no ciclo 1, sendo a mesma de 43%.

O aumento da DQO dissolvida no ciclo 9, por exemplo, pode ser atribuído à geração de subprodutos. Naturalmente, os fungos filamentosos produzem grandes quantidades de metabolitos secundários (MORE *et al.* 2010).

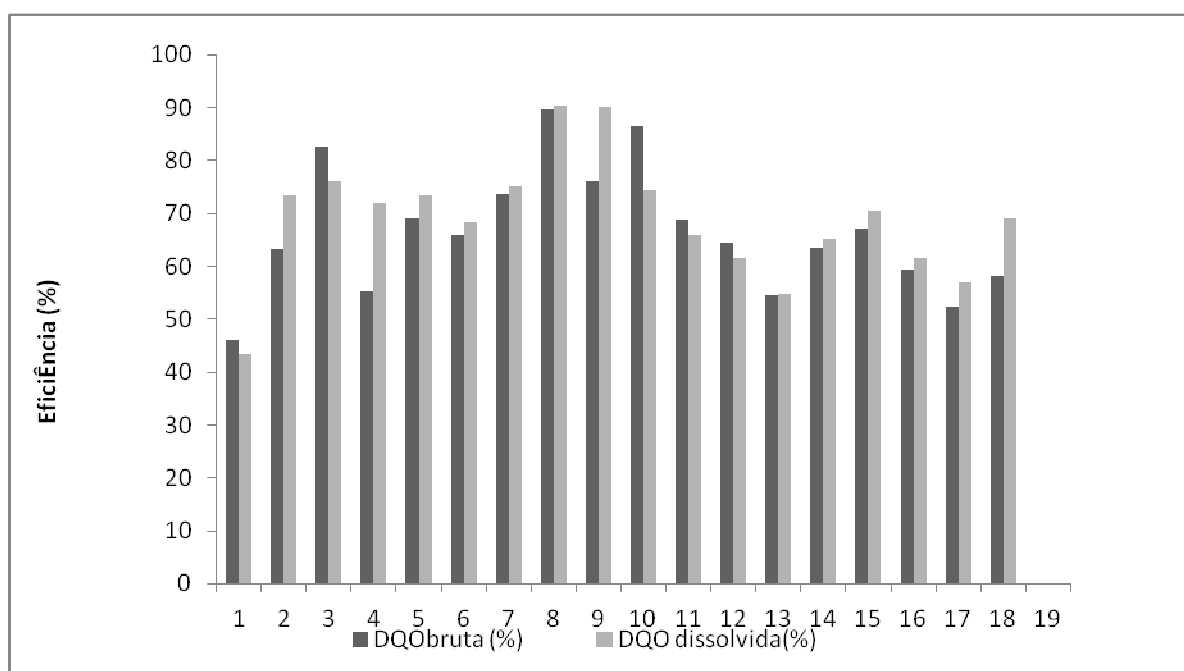


FIGURA 4 - Variação de da DQO bruta e dissolvida durante os ciclos operatórios.

A presença de substrato de fácil assimilação metabólica contribui para a melhor utilização do poluente pelos fungos, já que o poluente ao se envolver em reações secundárias com os produtos formados durante a oxidação enzimática do substrato de fácil assimilação fica mais disponível à bioassimilação (SINGH, 2006).

Já nos ciclos C1, C2, C4 e C15, observou-se que a remoção da DQO total não acompanhou a remoção de corante, apesar de ter sido alcançada eficiência média de 85% de remoção de corante nos mesmos ciclos. Este resultado pode ter acontecido em decorrência da produção de metabolitos secundários produzido pelo fungo, como já foi dito anteriormente, mas principalmente pelo crescimento de biomassa no meio.

É importante ressaltar que embora se tenha utilizado diluição do efluente de 10% (v/v), a mesma não invalida a aplicação da tecnologia para tratamento de efluentes têxteis in natura, uma vez que estes apresenta grande variação em sua composição, de modo o sistema poderia se aplicar a efluentes menos concentrados que esse que trabalhamos. Além disso, o sistema ainda está em estudo e novas diluições onde o esgoto possa estar um mais concentrado, bem como novas estratégias operacionais – tempo reacional, concentração e tipo de cossubstrato, etc. –, serão avaliadas, até por que agora os micro-organismos que compõem o biofilme do reator já estão adaptados e, desta forma, espera-se que poderão resistir ao contato com o efluente mais concentrado.

6. CONCLUSÕES

Os dados apresentados indicaram que o tratamento de efluentes têxteis com uso de reator em bateladas sequencias e biomassa imobilizada de *Aspergillus niger* AN400 pode ser viável, particularmente, em relação à presença do corante Indigo carmim. A remoção média de corante foi de



84% e a de DQO solúvel de 69%. A variação de pH manteve-se entre os níveis adequados para o metabolismo dos fungos, entre 3,95 e 6,93.

É importante a continuação da pesquisa, de modo a aperfeiçoar o tratamento através do estabelecimento de condições operacionais ótimas que propiciem as melhores condições aos microrganismos a fim de que possa atuar com seu pleno arsenal enzimático e produzir efluente final de maior qualidade, bem como buscar desenvolver mecanismos que permitam o tratamento do efluente em sua forma mais concentrada.

7. AGRADECIMENTOS

A Deus, ao CNPq pelo apoio financeiro (Edital Universal – Processo no. 475831/2010-1) e ao IFCE pela bolsa de trabalho aplicada em pesquisa científica.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKSU, Z.; KARABAYIR, G. **Comparison of biosorption properties of different kinds of fungi for the removal of Gryfalan Black RL metal-complex dye.** *Bioresource Technology*, v. 99, n.16, p. 7730-7741. 2008.

GRIFFIN, D. H. **Fungal physiology.** 2nd ed. New York: Wiley-Liss, 458p., 1994.

Kavanagh, K. **Fungi: Biology and Applications.** Ireland: Wiley, 293p., 2005.

KHELIFI, E.; GANNOUN, H.; TOUHAMI, Y.; BOUALLAGUI, H.; HAMDI, M. **Aerobic decolourization of the indigo dye-containing textile wastewater using continuous combined bioreactors.** *Journal of Hazardous Materials*, v. 152, n. 2, p 683-689, 2008.

KON, A., COAN, D. C. Transformações da indústria têxtil brasileira: a transição para a modernização. *Revista de Economia Mackenzie*, ano 3, n.º. 3 (11 - 34) 2005.

KYRIACOU, A., LASARIDI, K. E., KOTSOU, M., BALIS, C., PILIDIS, G. Combined bioremediation and advanced oxidation of Green table olive processing wastewater. *Process Biochemistry*. 40, 1401- 1408, 2005.

MORE, T. T., YAN, S., TYAGI, R. D., SURAMPALLI, R.Y. Potential use of filamentous fungi for wastewater sludge treatment. *Bioresource Technology* 101, 7691–7700, 2010.

PIRES, J. **Avaliação do tratamento de água residuária de indústria têxtil utilizando reatores em batelada inoculados com *aspergillus niger* an 400.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Departamento de Química e Meio Ambiente, IFCE, Fortaleza, 66p, 2011.

PODGORNIK, H.; POLJANSEK, I.; PERDIH, A. **Transformation of Indigo carmine by *Phanerochaete chrysosporium ligninolytic* enzymes.** *Enzyme and Microbial Technology*, v. 29, n. 2-3,7, p. 166-172, 2001.

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



SING, H. **Mycoremediation: Fungal Bioremediation**. Canada: Wiley, 617p., 2006.

SPIER, M. R. Produção de enzimas amilolíticas fúngicas *α -amilase* e *amiloglucosidase* por fermentação no estado sólido. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - setor de tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

SAMPAIO, G. M. M. S., SANTOS, E. M. A., LEITÃO, R. C., FACÓ, A. M., MENEZES, E. A., SANTAELLA, S. T., **Pós-tratamento de efluente de um reator UASB através de um reator biológico com fungos**. Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 9 - Nº 1 - jan/mar 2004, 73-81. ,2004.

YANG, Q., TAO, L., YANG, M., ZHANG, H. Effects of glucose on the decolorization of Reactive Black 5 by yeast isolates. Journal of Environmental Sciences, v. 20, n. 1, p. 105-108, 2008.