



I-124 – REMOÇÃO DE CORANTE TÊXTIL EM MEIO SINTÉTICO POR USO DE *ASPERGILLUS NIGER* AN 400

Karla Mayara Lima da Silva ⁽¹⁾

Tecnóloga em Tecnologia em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IF-Ce). Graduanda do Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Marcus Vinícius Freire de Andrade ⁽²⁾

Graduando do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IF-Ce) e do Curso de Farmácia pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

Germana Marinho Silva ⁽³⁾

Farmacêutica – Bioquímica pela Universidade Federal do Ceará. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal do Ceará (IF-Ce). Professora Efetiva do IF-Ce – Curso de Engenharia Ambiental – Campus Maracanaú.

Glória Maria Marinho Silva Sampaio ⁽¹⁾

Farmacêutica -Bioquímica pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará. Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professora Efetiva do Instituto Federal do Ceará (IF-Ce) – Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental – Campus Fortaleza.

Kelly de Araújo Rodrigues ⁽⁵⁾

Engenheira Civil pela Universidade Estadual do Maranhão. Mestre em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará. Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professora Efetiva do Instituto Federal do Ceará (IF-Ce) – Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental – Campus Fortaleza.

Endereço ⁽¹⁾: Travessa da Palma, 222 - Messejana - Fortaleza - CE - CEP: 60840525 - Brasil - Tel: (85) 34744087 e-mail: karla_cefetce@hotmail.com

RESUMO

As industriais têxteis causam preocupação ambiental pela geração de grandes volumes de efluentes altamente coloridos, devido à presença de corantes que não se fixam a fibra durante o tingimento, o que acarreta a contaminação dos corpos d' água, quando estes efluentes são lançados sem tratamento adequado. Os corantes normalmente são de difícil degradação e solúveis, o que provoca a poluição dos mananciais, além da poluição visual e alterações em ciclos biológicos, principalmente no processo de fotossíntese. Em função dessa problemática, várias alternativas de biorremediação com a utilização de fungos vêm sendo estudadas para o tratamento dessas águas residuárias. Este trabalho objetivou a biodegradação do corante Vermelho do Congo da água residuária sintética têxtil, pelo uso de reatores em batelada, utilizando biomassa dispersa de *Aspergillus niger* AN 400, avaliando o melhor tempo de reação e a adição ao meio de co-substratos, glicose e etanol. O experimento foi realizado durante 10 dias, em diferentes tempos de reação: 1 dia, 2 dias, 3 dias, 5 dias, 7 dias e 10 dias, avaliando o efeito da glicose e etanol, como co-substrato, no meio sintético, na remoção de corante e matéria orgânica bruta e dissolvida. O modelo cinético de primeira ordem representou bem a velocidade de decaimento do corante. Para os experimentos com adição de glicose, a constante cinética foi maior com $0,139\text{ d}^{-1}$, enquanto que, para os experimentos com etanol e fungos a constante foi de $0,071\text{ d}^{-1}$ e para os sem co-substrato e fungos foi de $0,078\text{ d}^{-1}$.

PALAVRAS-CHAVE: *Aspergillus niger* AN 400, Corante, Glicose, Etanol e Cinética.

INTRODUÇÃO

A indústria têxtil representa para o meio ambiente uma atividade potencialmente poluidora, tendo em vista a descarga de grandes volumes de efluentes contendo altas cargas de compostos poluentes e altamente coloridos (KHELIFI et al, 2008), sendo a cor o primeiro parâmetro visualmente identificável. Quando não tratados adequadamente, esses efluentes contaminam corpos hídricos receptores, além de oferecerem riscos à saúde pública.

Os despejos industriais têxteis quando lançados no meio ambiente sem tratamento prévio, são altamente tóxicos e reduzem a transparência da água, afetando o processo de fotossíntese e diminuindo a concentração de oxigênio dissolvido, que é essencial a biota aquática (KHELIFI et al, 2008). Em virtude disso, é que o tratamento desses poluentes se faz necessário e a busca por novas tecnologias para a descoloração desses efluentes tem recebido notória atenção.

Os corantes sintéticos tipo azo ($-N=N-$) representam cerca de 70% do mercado mundial de corantes, sendo o mais largamente usado no processo de tingimento de fibra têxtil, são caracterizados por serem persistentes no ambiente ao qual serão lançados (YANG et al, 2008). Estima-se que de 10% dos corantes usados em processo industriais são perdidos durante as etapas secundárias de beneficiamento têxtil (SHARMA et al, 2009; PALMIERI et al, 2005).

Os problemas associados aos efluentes têxteis geram uma preocupação junto à legislação ambiental. Com o intuito de remover a cor desses corpos receptores, várias são as tecnologias aplicadas, sendo os processos biológicos os mais eficientes na remoção de cor de águas residuárias.

Na Resolução 397 do conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2008), que estabelece os padrões de lançamento de efluentes nos corpos hídricos não fixa valores para o parâmetro cor. Entretanto estabelece que o lançamento não poderá modificar a característica original do corpo receptor, ou seja, visualmente não poderá haver alteração. Os valores máximos permitidos para o padrão de cor em cada classe de corpo hídrico, medido em miligramas de platina-cobalto por litro não deverão ser ultrapassados após o lançamento. A falta de parâmetros numéricos para o lançamento de efluentes industriais pode causar dificuldades em classificar um determinado efluente como apropriado para ser lançado em um corpo receptor hídrico.

O potencial dos fungos em biodegradar compostos persistentes no meio ambiente e a utilização de reatores biológicos para fazê-los, é bem documentada na literatura, como em trabalhos de Rodrigues (2006); Santella et al. (2009) que utilizou o fungo *Aspergillus niger* AN 400 para a remoção de fenóis de água residuária; Barbosa et al. (2007) que utilizou um sistema anaeróbio- aeróbio para remover o corante Vermelho congo de efluente sintético têxtil por *Aspergillus niger* AN 400; Vidal *et al.* (2007); Ronald (2007); Antunes *et al.* (2007), que estudaram a biodegradação de corantes têxteis por fungos.

Os fungos para aperfeiçoar seu desenvolvimento necessitam de condições específicas como a adição no meio de carboidratos mais simples, como a glicose (ESPOSITO & AZEVEDO, 2004). Nesta pesquisa, foi avaliada em diferentes tempos reacionais, a influência da presença e ausência de glicose e etanol, em meios diferentes, como co-substratos na água residuária, na remoção do Corante Vermelho do Congo e matéria orgânica, medida em DQO. Foi realizada a cinética de primeira ordem para degradação do corante.

MATERIAIS E MÉTODOS

CORANTE

O corante utilizado no experimento foi o corante Vermelho do Congo, com $\lambda_{\text{máx}} = 500 \text{ nm}$. Na Figura 1 é mostrada a estrutura química do corante diazo.

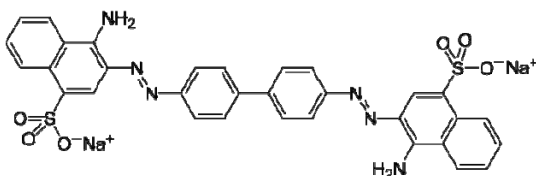


Figura 1: Estrutura química do corante Vermelho do Congo.

Fonte: KUNZ *et al.*, 2002; FU *et al.*, 2001.



COMPOSIÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA SINTÉTICA TÊXTIL

A água residuária sintética têxtil que alimentou os reatores foi preparada com água de torneira, acrescida de 30 ppm do azo corante Vermelho do Congo e macro nutrientes nas seguintes concentrações: NH_4Cl (280 mg/L); K_2HPO_4 (250 mg/L); $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (100 mg/L); $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (10 mg/L). Adicionou-se também micronutrientes com concentrações de: H_3BO_3 (50 mg/L); $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (2000 mg/L); ZnCl_2 (50 mg/L); $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (500 mg/L); $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (38 mg/L); $\text{AlCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (90 mg/L); $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (2000 mg/L). Glicose e etanol também foram adicionados no meio, a fim de verificar a influência desses co-substratos sobre a eficiência de remoção do corante.

INÓCULO

O *Aspergillus niger* AN 400 foi utilizado como inóculo e encontrava-se na forma de suspensão de esporos, sendo que foi adicionado em cada reator a concentração de 2×10^6 esporos/mL.

MONTAGEM E OPERAÇÃO DOS REATORES

Desenvolveu-se a pesquisa em escala laboratorial, a qual era composta por reatores em batelada com volume reacional de 500 mL. Os reatores eram recipientes de vidro com formato cilíndrico e possuíam tampa rosqueável para vedação e entrada de ar, que era fornecido por meio de mini-compressores e difundido para o meio sintético por pedras porosas. Na Figura 2 está demonstrado o detalhamento do reator utilizado no experimento em batelada.

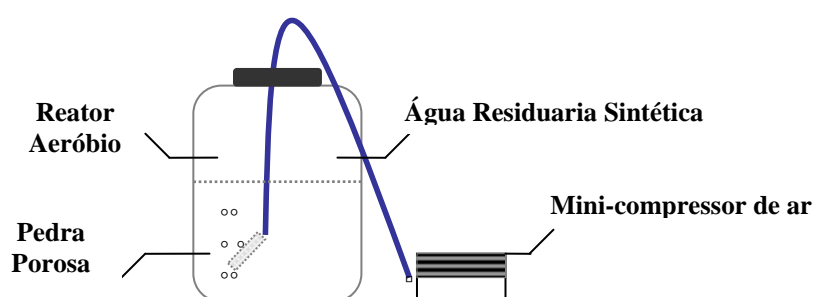


Figura 2: Esquema com o detalhamento do reator em batelada utilizado no experimento.

Utilizaram-se 60 reatores, dos quais 30 tinham função de controle e 30 com inóculo fúngico. Dos 30 reatores de controle, 10 eram de controle com glicose (RCG), 10 de controle com etanol (RCE) e 10 de controle sem adição de co-substrato. Dentre os 30 reatores que receberam inóculo fúngico, 10 eram reatores com fungos e sem adição de co-substrato (RF), 10 com fungos e adição de glicose (RFG) e 10 com fungos e adição de etanol (RFE). O pH do meio foi previamente ajustado de 7 para 4, com ácido clorídrico 10%, para minimizar a contaminação por bactérias e fornecer ao *Aspergillus niger* pH ótimo para seu metabolismo (GRIFFIN, 1994). A glicose e o etanol foram adicionados na água sintética na concentração de 0,5 g/L, tendo-se calculado a concentração de etanol a partir de sua densidade ($0,7894 \text{ g/cm}^3$).

O experimento foi realizado durante 10 dias, período no qual foram estudados diferentes tempos de reação (TR): 1 dia, 3 dias, 5 dias, 7 dias e 10 dias.

VARIÁVEIS DETERMINADAS

Estudou-se a variação a concentração de corante e matéria orgânica (DQO) bruta e dissolvida, através da amostragem composta ao longo de 10 dias, com coletas da amostra a cada dois dias (mesma hora do dia em todas as amostras), para efeito de monitoramento, executadas de acordo com os métodos descritos em APHA (1998). O pH do meio também foi monitorado, para verificar sua influencia no meio sintético.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA SINTÉTICA

A presença da glicose nos reatores com fungos (RFG) favoreceu o aumento da DQO na caracterização da água residuária, com concentração de 596 mg/L, ao contrario dos reatores com fungos e etanol e com fungos sem co-substrato, que apresentaram concentração inicial de matéria orgânica, respectivamente de 182 mg/L e 116 mg/L. Segundo Blanquez *et al.* (2007), a glicose aumenta a quantificação de matéria orgânica (DQO) no meio. O pH do meio nos reatores com fungos apresentaram-se logo após sua acidificação, com valores de 4,75 (RFG), 3,55 (RFE) e 4,45 (RF). A concentração de corante no meio sintético foi de 13,3 mg/L nos RFG, de 9,1 mg/L nos RFE e de 85 mg/L nos RF.

CORANTE

Neste trabalho, foi registrado percentual de redução de 90% (Figura 2), no 10º dia, nos reatores nos quais os fungos não dispunham da presença de qualquer tipo de co-substrato (glicose ou etanol). Porém as maiores remoções do corante foram observadas nos reatores que receberam adição de co-substrato no meio. A adição de co-substrato no meio para se obter melhores resultados em relação à remoção de corante, é relatada em vários estudos (QINGXIANG *et al.*, 2008; KHELIFI *et al.*, 2008; PARSHETTI *et al.*, 2007; SUMATHI *et al.*, 2000).

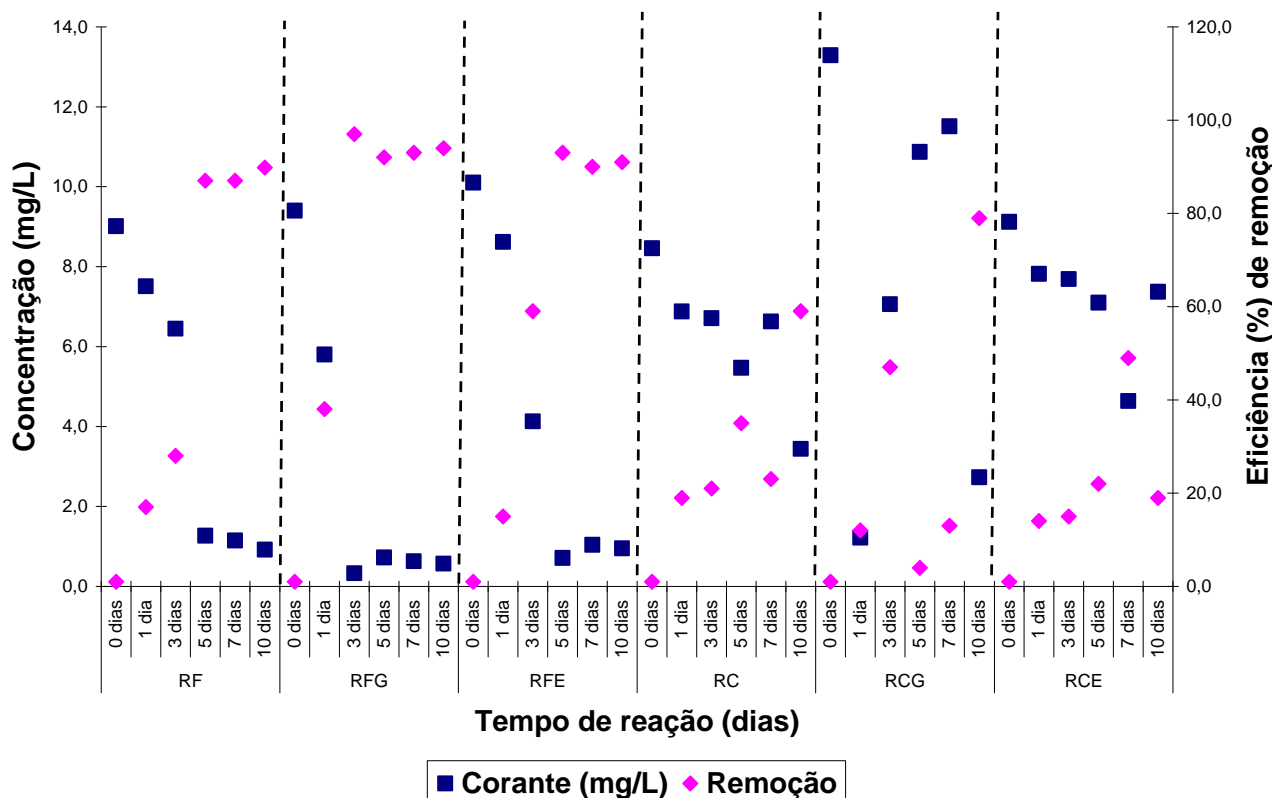


Figura 3: Variação da concentração e a eficiência de remoção de corante ao longo da operação dos reatores em batelada.

Nos reatores com glicose e fungos (RFG), houve remoção média do corante, de 97%, no terceiro dia, decaindo para 94%, no décimo (10º) dia. Nos reatores que receberam etanol e fungos (RFE), a melhor remoção foi no 5º dia, com percentual de 93%, decaindo para 91%, no 10º dia (Figura 3). A pequena diminuição da eficiência de remoção do corante no último dia (10º) de batelada ocorreu provavelmente, devido ao processo de adsorção (remoção passiva) do corante nas paredes das células fúngicas, o que ocorre com intensidade em células mortas, não ocorrendo o processo de assimilação (remoção ativa) do corante, ou seja, sua degradação (KHELIFI *et al.*, 2008; RODRIGUES, 2006).



Há relatos que a adição de co-substrato como a glicose e etanol no meio são essenciais para a remoção de cor de corantes azo, tanto em condições anaeróbicas quanto aeróbicas (KHALAF *et al*, 2008; DOS SANTOS, 2005). Neste trabalho, sob condições aeróbicas, foram obtidas remoções significativas de corante de 92% e 93%, e 87%, respectivamente, nos RFG, RFE, RF, no 5º dia, indicando que a adição de co-substrato foi benéfica para o processo, uma vez que as maiores eficiências foram alcançadas pelos reatores nos quais havia presença de co-substrato (Figura 3).

Em relação aos reatores de controle, verificou-se que nos reatores que receberam etanol (RCE), houve pouca contaminação, com remoção média do corante, de apenas 19%, para o 10º dia. Já os reatores de controle com glicose e controle sem co-substrato, apresentaram remoções médias do corante, respectivamente, de 79 % e 59% (Figura 3). Portanto, a presença de etanol pode ter contribuído para inibir a contaminação do meio por microrganismos nos reatores de controle, o que não ocorreu nos reatores de controle aos quais a glicose foi adicionada. Sendo a glicose a fonte de carbono de mais fácil assimilação pelos organismos vivos (CARLILE, 1994; ESPOSITO, 2004; VAULONT *et al*, 2000; MARZZOCO, 1999), possivelmente sua presença no meio contribui para facilitar o crescimento microrganismos exógenos no interior dos reatores de controle com glicose (RCG).

Nos reatores com fungos, o efeito da influência da glicose e do etanol sobre a velocidade de degradação do corante foi avaliado através de estudo cinético, em função dos tempos reacionais: 1 dia, 3 dias, 5 dias, 7 dias e 10 dias.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores para as constantes de velocidade média para a remoção do corante no experimento, avaliando a influência da presença e ausência de co-substrato (glicose e etanol), considerando uma cinética de 1ª ordem (Eq. 1).

$$1/C = 1/Co + K * (t - to) \quad \text{Eq. 1}$$

Onde: C: concentração do corante no tempo final

Co: concentração do corante no tempo inicial

K: constante da velocidade de degradação do corante

t: tempo final

to: tempo inicial

A constante cinética obtida nos reatores com glicose e corante com fungos foi de 0,139 d⁻¹, enquanto que nos reatores com etanol com fungos foi de 0,071 d⁻¹ indicativo da maior remoção de corante no meio contendo glicose (Figura 4). Deste modo, a constante cinética de consumo do corante nos RFG, apresenta-se aproximadamente 2 vezes maior que nos RFE. Observou-se também que a constante de velocidade média nos reatores com fungos e corante (RF) que não receberam nenhum substrato primário foi maior que nos RFE, com velocidade de degradação, respectivamente, de 0,078 d⁻¹, 0,071 d⁻¹, o que pode ser atribuído à resistência inicial dos fungos em utilizar etanol, conforme observado na Figura 4, onde a constante de velocidade (k) assume valores baixos, inferiores a 0,05 d⁻¹ até o 5º dia, a partir do qual houve aumento, chegando a 0,125 d⁻¹, no 7º dia.

Nos reatores de controle, verificou-se que a constante de velocidade de consumo do corante nos reatores que continham etanol foi 15 vezes menor que nos reatores de controle com glicose, o que indicou que houve maior contaminação nos reatores em que a glicose foi usada como co-substrato. Nos reatores de controle sem nenhum co-substrato, a velocidade média de consumo do corante foi pequena, com apenas 0,017 d⁻¹ (Figura 4).

Tabela 2: Valor médio da constante de velocidade para reação de 2ª ordem obtida no experimento em batelada.

REATORES	K (d ⁻¹)	R ²
RFG	0,139	0,878
RFE	0,071	0,939
RF	0,078	0,877
RCG	0,154	0,659
RCE	0,010	0,129
RC	0,017	0,942

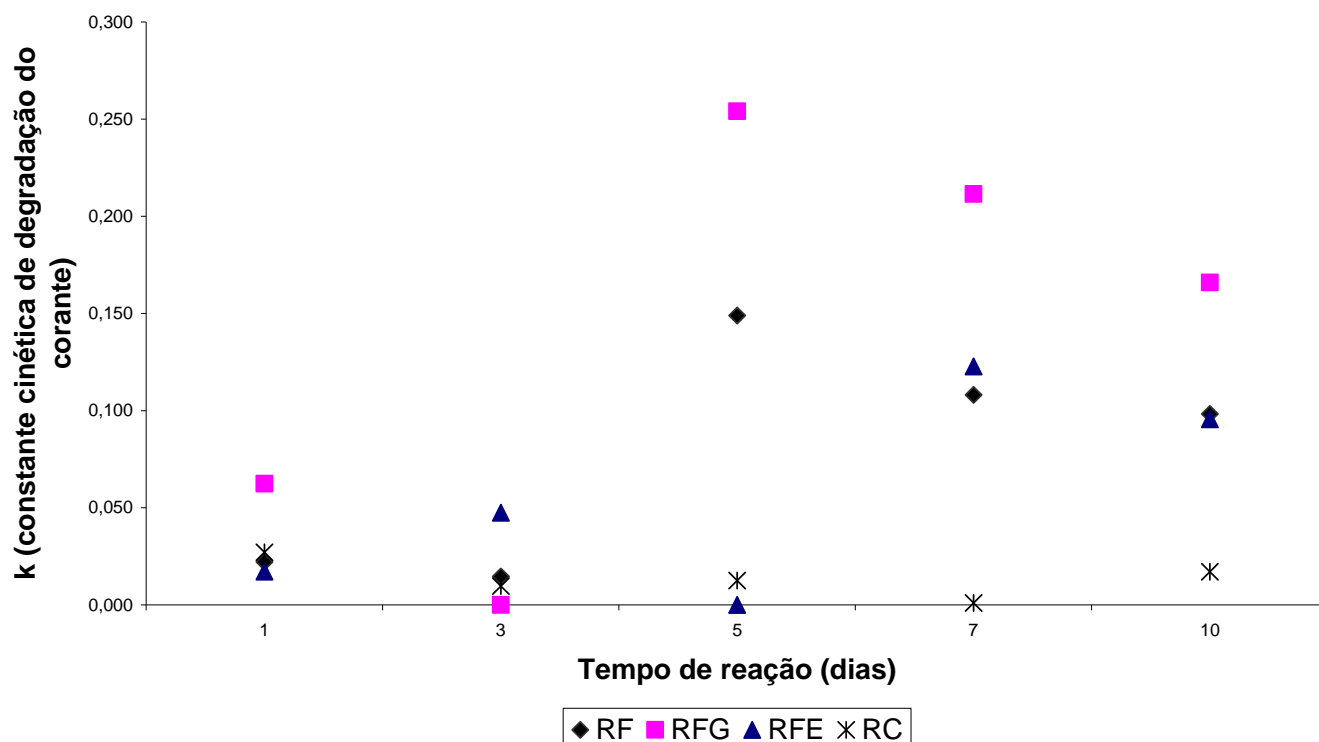


Fig 4: Valores das constantes de velocidades para a degradação do corante nos reatores sem co-substrato, glicose, etanol e de controle.

MATERIA ORGÂNICA (DQO)

O uso da glicose nos reatores com fungos favoreceu a obtenção de maiores reduções da concentração de matéria orgânica bruta, registrando-se percentual de eficiência, no 10º dia 84%, conforme apresentado na Figura 4. A quantificação de matéria orgânica dissolvida nos RFG indicou, durante todo o experimento, que possivelmente houve produção de ácidos orgânicos, em face da remoção elevada de corante nestes reatores (94%) e, uma vez que a glicose ao ser utilizada pelo *Aspergillus niger* na síntese de biomassa, produz metabólitos, que podem ser acumulados no interior das células ou excretados (ZNAD *et al*, 2004; IKEDA *et al*, 2006).

Nos reatores com fungos que receberam etanol, a remoção de matéria orgânica, em termos de DQO bruta, não acompanhou o decaimento da concentração do corante, apresentando remoção de DQO (55%) e remoção do corante (91%), no 10º dia. A baixa remoção de matéria orgânica bruta (DQO) com a elevada remoção de corante nos reatores com fungos e etanol, estaria possivelmente relacionada à subprodutos formados a partir da utilização do corante e do etanol, além da produção de excretas metabólicas pelos fungos (WANDERLEY, 2007).

Outrossim, os dados de DQO obtidos no último dia, mostraram que a diferença entre a DQO dissolvida e DQO bruta foi de 30 mg/L, 39 mg/L, 16 mg/L, respectivamente nos RF, RFG e RFE, indicativo que nos reatores RFE havia pouca produção de biomassa, de modo que a baixa remoção de matéria orgânica observada nestes reatores (55%) pode estar relacionada à maior formação de subprodutos no meio.

Nos reatores de controle sem co-substrato (RC), foi observada pouca remoção de matéria orgânica comparado aos reatores com fungos. O percentual máximo de remoção de matéria orgânica bruta foi de 57%, no 5º dia, e de corante com 59%, no 10º (Figura 5), provavelmente houve contaminação do meio, embora não se tenha detectado visualmente a formação de micélios fúngicos, uma vez que não foi feita microscopia nas amostras.

Para os reatores de controle que continham etanol, a eficiência de remoção de DQO bruta não foi significativa em comparação com os reatores de controle que receberam glicose, apresentando no final do experimento (10º) remoção de 2 % (RCE) e 56% (RCG), de acordo com a figura 5, o que mostrou que o etanol minimizou



a ação de microrganismos contaminantes, sem, no entanto, impedir que houvesse boa remoção de corante (80%).

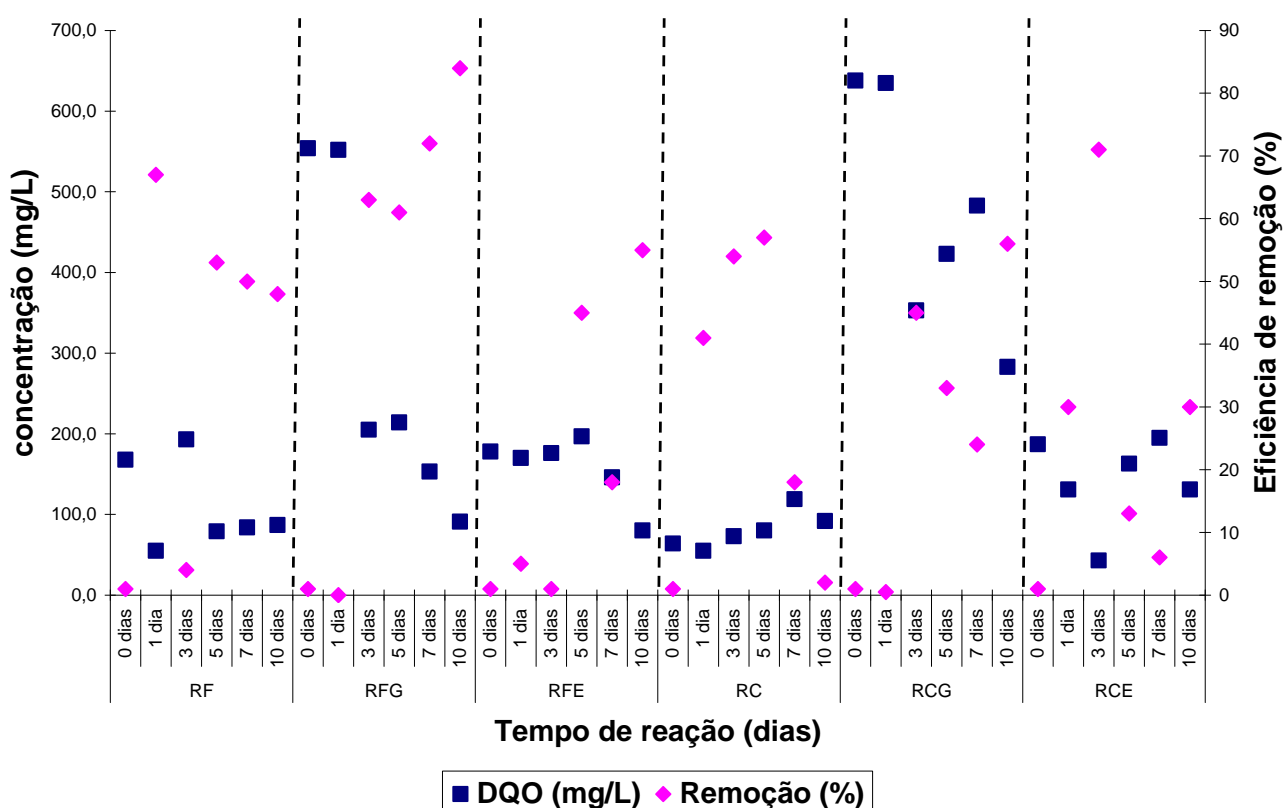


Figura 5. Variação da concentração e a eficiência de remoção de matéria orgânica (DQO) bruta ao longo da operação dos reatores em batelada.

pH

Na presente pesquisa, constatou-se nos reatores com fungos, as remoções do corante alcançadas no final da batelada, as quais foram de 94% (RFG), 91% (RFE) e 90% (RF), ocorreram quando o pH estava entre 3,5 e 4,2.

Em RFG a eficiência máxima de remoção do corante ocorreu em pH igual a 2,9 (97%), no 3º dia. Nos reatores com etanol e fungos, a eficiência máxima de remoção do corante ocorreu em pH igual a 2,7 (93%), no 5º. Já nos reatores com fungos sem disponibilidade de co-substrato no meio, a maior eficiência de remoção ocorreu no 10º, com 90%, em pH de 4,2.

A redução mais acentuada do pH do meio nos reatores que receberam a glicose como co-substrato, possivelmente, foi resultado da sua conversão a ácidos orgânicos (ZNAD *et al*, 2004; SUMATHI *et al*, 2000), o que reforçou a hipótese da produção destes compostos nos reatores RFG, tendo-se registrado excelentes remoções de corante (94%) e de matéria orgânica (84%).

Nos reatores de controle, quando foi adicionada a glicose como co-substrato, o pH manteve-se até o 3º dia, entre 5,7 e 4,5, e no final do experimento decaiu para 3,4. Paralelamente ao decaimento do pH, houve grande remoção do corante (79%) e quando a faixa de pH estava entre 5,6 e 4,5, a remoção ficou entre 12% e 4%, fato atribuído, provavelmente, à contaminação do meio por microrganismos.

Nos reatores de controle com etanol, o pH manteve-se entre 3,6 e 4,2, sendo observado durante experimento que houve pouca contaminação, com médias percentuais de 24%. O pH do meio manteve-se constante nos reatores sem co-substrato, com valores em torno de 5,6, apresentando eficiência de remoção do corante, de 59%, no 10º dia.

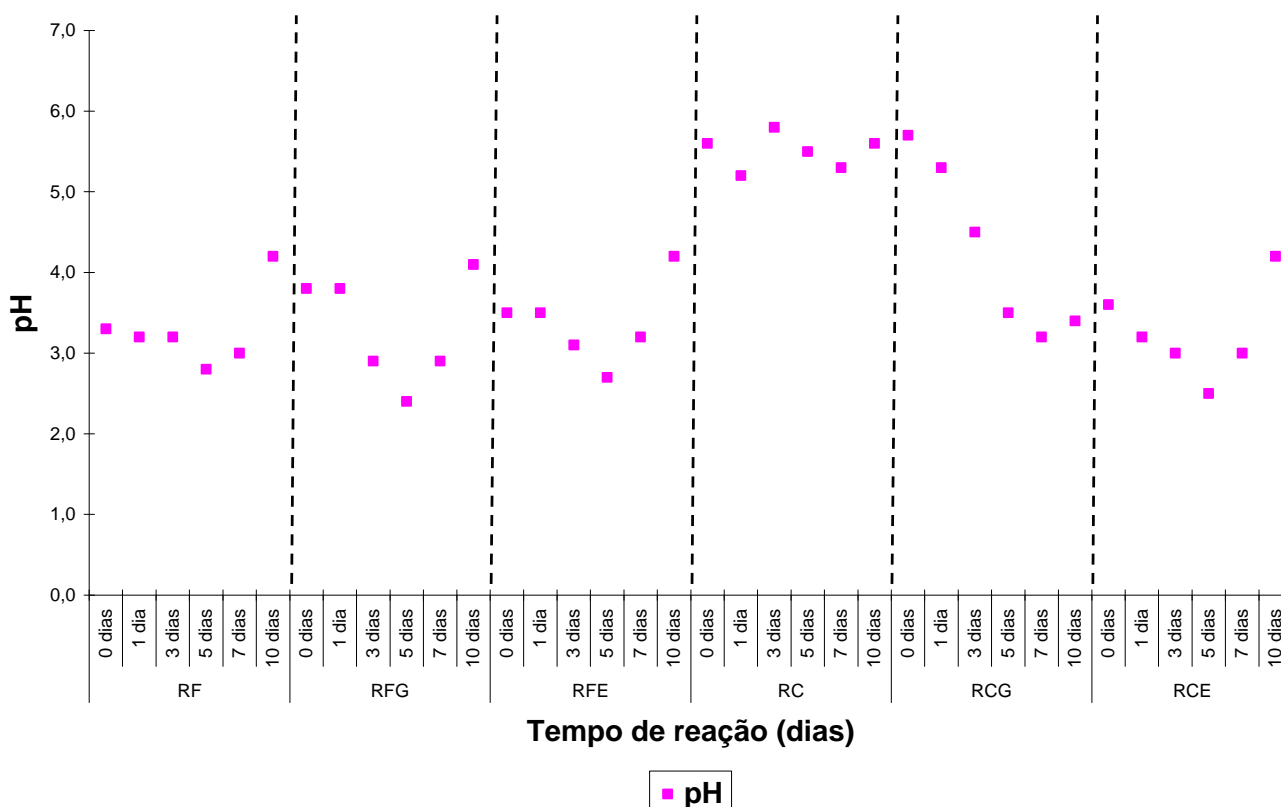


Fig 6: Variação do pH ao longo da operação dos reatores em batelada.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitiram concluir que o *Aspergillus niger* AN 400 removeu significativamente o corante usando como co-substrato tanto glicose como etanol, em concentração de 0,5g/L. As maiores remoções do corante Vermelho do Congo foram verificadas no 10º dia, com percentuais de 94% nos RFG e de 93%, no 5º dia, em RFE. Nos RFG, a remoção de DQO foi satisfatória com 84%, implicando que a glicose favoreceu remoções tanto de corante (94%) como de DQO bruta, resultado para o 10º dia. Já nos RFE, para o 10º dia, a eficiência de remoção de corante (91%) foi superior a de DQO bruta, indicativo de uma maior produção de subprodutos decorrentes provavelmente da remoção do corante e/ou do etanol, que não foram identificados no experimento. Os dados cinéticos permitiram concluir que a velocidade de consumo do substrato (corante) no meio demonstrou-se maior nos RFG ($0,139 \text{ d}^{-1}$) quando comparados aos RFE ($0,071 \text{ d}^{-1}$) e aos RF ($0,078 \text{ d}^{-1}$), comprovando que a disponibilidade de uma fonte de carbono é essencial para se obter maiores velocidade de degradação do corante no meio sintético.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANTUNES, H., VASCONCELOS, E., SAMPAIO, G., RODRIGUES, K., ARTHAUD, I. Ensaios de Toxicidade e remoção de corantes têxteis por processo biológico. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica João Pessoa - PB – 2007.
2. APHA (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater. 20a. ed. Washington: American Public Health Association.
3. BARBOSA, B,C,A *et al* . Redução da concentração de corante de água residuária sintética têxtil por uso de filtro anaeróbio e reatores biológicos com fungos, 2007.
4. BLANQUEZ, P., CAMINAL, G., SARRÁ, M., VICENT, T. The effect of HRT on the decolourisation of the Grey Lanaset G textile dye by *Trametes versicolor*. *Chemical Engineering Journal*, v. 126 n. 2-3, p. 163-169, 2007.
5. CARLILE, M. J., WATKINSON, S.C. The fungi Academic Press- Harcourt Brace e Company, San Diego, 1994.
6. CONAMA-Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 397 de 3 de abril de 2008.



7. DOS SANTOS, A. B. Reductive Decolourization of Dyes by Thermophilic Anaerobic Granular Sludge. Ph.D Thesis, Wageningen University. Wageningen, The Netherlands, 2005.
8. ESPOSITO, E., AZEVEDO, J. L. Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia. Caxias do Sul: EDUCS, 510p, 2004.
9. FU, Y., T. VIRARAGHAVAN, T. Removal of Congo Red from an aqueous solution by fungus *Aspergillus niger*. Advances in environmental research, v. 7, p. 239-247, 2002.
10. GRIFFIN, D. H. Fungal physiology. 2. ed. New York: Wiley-Liss, 1994. 458 p.
11. IKEDA, Y., PARK, E. Y., OKUDA, N. Bioconversion of waste office paper to gluconic acid in a turbine blade reactor by the filamentous fungus *Aspergillus niger*. Bioresource Technology, v. 97, n. 8, p. 1030-1035, 2006.
12. KHALAF, M. A. Biosorption of reactive dye from textile wastewater by non-viable biomass of *Aspergillus niger* and *Spirogyra* sp. Bioresource Technology, v. 99, n. 14, p. 6631-6634, 2008.
13. KHELIFI, E., AYED, L., BOUALLAGUI, H., TOUHAMI, Y., HAMDY, M. Effect of nitrogen and carbon sources on Indigo and Congo red decolourization by *Aspergillus alliaceus* strain 121C, 2008.
14. KUNZ, A., PERALTA-ZAMORA, P. G. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. Química Nova, v. 25, n. 01, 78-82, 2002.
15. MARZZOCO, A., TORRES, B.B. Bioquímica básica. 2º ed. Rio de Janeiro, Ganabara Koogan, 360p, 1999.
16. PALMIERI, G., CENNAMO, G., SANNIA, G. Remazol Brilliant Blue R decolourisation by the fungus *Pleurotus ostreatus* and its oxidative enzymatic system. Enzyme and Microbial Technology, V. 36, n. 1, p. 17-24, 2005.
17. PARSHETTI, G. K., KALME, S. D., GOMARE, S. S., GOVINDWAR, S.P. Biodegradation of Reactive blue-25 by *Aspergillus ochraceus* NCIM-1146. Bioresource Technology, Volume 98, Issue 18, December 2007, Pages 3638-3642.
18. QINGXIAN, Y., LINGXIA, T., YANG MIN, Y., HAO, Z. 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.
19. 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.
20. SHARMA, P., SINGH, L., DILBAGHI, N. Response surface methodological approach for the decolorization of simulated dye effluent using *Aspergillus fumigatus* fresenius. Journal of Hazardous Materials, v. 161, n. 2-3, p. 1081-1086, 2009.
21. SUMATHI, S., MANJU, B.S. Upatak of reactive textile dyes by *Aspergillus foetidus*. Enzyme Microbiology Technology, v.27, p.347- 355, 2000.
22. VAULONT, S., VASSEUR –COGNET, M., KAHN, A. Glucose regulation of gene transcription. J. Biol. Chem., v. 275, p. 31555-31558, 2000.
23. VIDAL, C., BARBOSA, B., PESSOA, C. R., ARAÚJO, R., SAMPAIO, G., RODRIGUES, K. Uso de reator biológico com fungos para tratamento de água residuária sintética contendo corante Vermelho Congo. III Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, Fortaleza – CE, 2008.
24. WANDERLEY, C. R. P. *Aspergillus niger* NA 400 como inóculo em reatores em batelada para remoção de corante vermelho do congo em meio aquoso sintético. 84f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil, área de Saneamento Ambiental- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
25. YANG, Q., LI, C., LI, H., LI, Y., YU, N. Degradation of synthetic reactive azo dyes and treatment of textile wastewater by a fungi consortium reactor. International Biodeterioration & Biodegradation, v. 63, n. 3, p. 280-288, 2009.
26. ZNAD, H., MARKOS, J., BALES, V. Production of gluconic acid from glucose by *Aspergillus niger*: growth and non-growth conditions. Process Biochemistry, v.39, n. 11, p. 1341-1345, 2004.