

DEGRADAÇÃO DE CORANTE AZO EM EFLUENTE SINTÉTICO DE INDÚSTRIA TÊXTIL POR ASPERGILLUS NIGER AN 400 EM REATORES EM BATELADA

Karla Mayara Lima da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
(IFCE), Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica –
Fortaleza- CE
karla_cefetce@hotmail.com

Germana Marinho

Campus Maracanaú Av. Contorno Norte, 10-Parque
Central Distrito Industrial- Maracanaú-CE
germana@ifce.edu.br

Carlos Ronald Pessoa Wanderley

Campus Maracanaú Av. Contorno Norte, 10-Parque
Central Distrito Industrial- Maracanaú-CE
ronald@ifce.edu.br

Glória Marinho

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
(IFCE), Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica –
Fortaleza- CE.
gloriamarinho@ifce.edu.br

Kelly Rodrigues

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
(IFCE), Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica –
Fortaleza- CE
kelly@ifce.edu.br

RESUMO

O uso de fungos para a degradação de corantes desporta como tecnologia que apresenta bons resultados em várias pesquisas. O presente trabalho objetivou a remoção de corante azo vermelho do congo de meio sintético, utilizando o Aspergillus niger AN 400 como inóculo de reatores em batelada. O experimento operou durante o período de 10 dias e foram avaliadas a eficiência de remoção de corante, na concentração de 30 mg/L, e matéria orgânica, medida em DQO. Os tempos de reações estudados foram: 1 dia; 3 dias; 5 dias; 7 dias e 10 dias. Durante esse período foi investigada a influência da presença e ausência de cossubstratos. Foram utilizados como cossubstratos a glicose e o etanol na concentração de 0,5 g/L. O experimento foi realizado em duplicita, com total de 60 reatores, dos quais 30 eram de controle e 30 com esporos fúngicos, contendo em todos os reatores água residuária sintética têxtil. Dentre os 30 reatores de controle, 10 eram reatores de controle com glicose, 10 de

controle com etanol e 10 de controle sem cossubstrato. Os 30 reatores que receberam inóculo fúngico, 10 eram reatores com fungos e sem adição de cossubstrato, 10 com fungos e adição de glicose e 10 com fungos e adição de etanol. No 10º dia de operação foi alcançado 90% de remoção de corante nos reatores sem cossubstrato, 94% nos reatores com glicose e 91% nos reatores com etanol. Em termos de matéria orgânica, a eficiência de remoção foi de 71% nos reatores sem cossubstrato, 84% nos reatores em que a glicose foi adicionada e 55% nos reatores com etanol. No ensaio, a remoção do corante nos reatores de controle foi menor nos que possuíam etanol com percentual de 19%. Foi realizada a cinética de 2º ordem para a degradação do corante, e a constante de velocidade média foi maior nos reatores com adição de glicose.

Palavras-Chave: Corante. Etanol. Glicose. Cinética.

ABSTRACT

The use of fungi for the biodegradation of dyes emerges as a successful technology in several studies. This study had the purpose of removing the Congo red azo dye in a synthetic environment by using Aspergillums niger AN 400 as inoculum in batch reactors. The experiment lasted during a period of 10 days and we evaluate the dye removal efficiency at a concentration of 30 mg per Liter and organic matter, measured in COD. The reaction times were: 1 day, 3 days, 5 days, 7 days and 10 days. During this period we investigated the influence of the presence and absence of cossubstratos. Cossubstratos were used as glucose and ethanol at 0.5 g / L. The experiment was performed in duplicate, with total of sixty reactors, of which 30 were control and 30 with fungal spores, containing in all reactors synthetic textile wastewater. Among the thirty reactors of control, ten of them were control reactors with glucose, ten ones with ethanol and another ten without cossubstrate. The thirty reactors that received inoculum fungal, ten of them were with fungus and without addition of cossubstrate, ten ones with fungi and glucose, and ten with fungi and the addition of ethanol. On the 10th day of our experiment it was achieved 90% of removal of dye in the reactors without cossubstrate, 94% of removal in the reactors with glucose and 91% of removal in the reactors with ethanol. In terms of organic matter, the removal efficiency was 71% in

the reactors without cossubstrate, 84% in reactors in which glucose was added and 55% in the reactors with ethanol. In the test, the dye removal was lower in the control reactors that had 19% of ethanol. We performed second order kinetics for dye degradation. The constant average speed was higher in reactors with glucose.

Keywords: Dye. Ethanol. Glucose. Kinetics.

1 INTRODUÇÃO

As indústrias têxteis constituem uma das principais atividades econômicas do Brasil. Porém, o processamento têxtil caracteriza-se pelo consumo intenso de água e de corantes, e, consequentemente, é o responsável pela geração de efluentes com elevado nível de coloração, sendo a cor o primeiro parâmetro visualmente identificável [20]. Quando não tratados adequadamente, estes efluentes, contaminam corpos hídricos receptores, além de oferecerem riscos à saúde pública [23;24].

Os corantes sintéticos, tipo azo (- N=N -) representam cerca de 70% do mercado mundial destes produtos [32], sendo mais largamente usados no processo de tingimento de fibra têxtil e tem a característica de serem persistentes no ambiente no qual são lançados. Estima-se que de 10% a 20% dos corantes usados em processo industriais são perdidos durante as etapas secundárias de beneficiamento têxtil [21].

Os problemas associados à presença de corantes têxteis em efluentes geram preocupação, pois os despejos industriais têxteis, quando lançados no ambiente sem tratamento prévio, são altamente tóxicos à vida aquática e reduzem a transparência de água, afetando o processo de fotossíntese e diminuindo a concentração de oxigênio dissolvido que é essencial a biota aquática [2,34].

Desta forma, o tratamento destes poluentes se faz necessário, e a busca por novas tecnologias para a descoloração destes efluentes tem recebido grande atenção [13]

A utilização de fungos em reatores biológicos para mineralizar compostos de difícil degradação no tratamento de águas residuárias é uma alternativa viável e promissora, em vista dos bons resultados apresentados em várias pesquisas, como em trabalhos de [8; 27;28].

Os fungos para otimizar seu desenvolvimento necessitam de condições específicas, como adição ao meio de carboidratos mais simples, como a glicose [12].

O objetivo da presente pesquisa foi avaliar a influência da adição de cossubstrato no meio sintético, glicose e do etanol, de forma não simultânea, sobre a eficiência na redução de corante, matéria orgânica e a obtenção de parâmetros cinéticos de 2º ordem para degradação do corante.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Composição da Água Residuária Sintética

A água residuária sintética têxtil que alimentou os reatores foi preparada com água de torneira, acrescida do corante azo vermelho do congo, na concentração de 30 mg/L, além de macronutrientes e 1 mL de solução contendo micronutrientes, conforme demonstrado nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. Os micronutrientes são responsáveis por auxiliar como co-enzimas e co-fatores enzimáticos na transferência de elétrons, em reações de oxidorredução, além de serem reguladores osmóticos [14].

Tabela 1: Macro nutrientes adicionados para composição da água residuária.

Composto	Concentração (g/L)
NH ₄ Cl	0,25
K ₂ HPO ₄	0,25
MgSO ₄ .7H ₂ O	0,1
CaCl ₂ .2H ₂ O	0,01

Tabela 2: Micro nutrientes adicionados para composição da água residuária.

Composto	Concentração (g/L)
H ₃ BO ₃	0,05
FeCl ₂ .4H ₂ O	2
ZnCl ₂	0,05
MnCl ₂ .4H ₂ O	0,5
CuCl ₂ .2H ₂ O	0,038
AlCl ₃ H ₂ O	0,09
CoCl ₂ 6H ₂ O	2

Foram utilizados como cossubstrato no meio sintético, glicose e etanol, adicionados na concentração de 0,5 g/L, tendo-se calculado a concentração de etanol, a partir de sua densidade (0,7894 g/cm³).

2.2 Inóculo utilizado no experimento

Neste trabalho, optou-se pela espécie *Aspergillus niger* AN 400, devido ao seu grande potencial de degradação de compostos persistentes no meio ambiente [27, 28]. O *Aspergillus niger* AN 400 foi utilizado como inóculo e encontrava-se na forma de suspensão de esporos, sendo adicionada em cada reator, a concentração de 2×10^6 esporos/mL.

2.3 Montagem dos reatores

Realizou-se a pesquisa em escala laboratorial, com o uso de recipientes de vidro em formato cilíndrico com volume reacional de 500 mL, os quais serviram de reatores, conforme demonstrado na Figura 1.

Os reatores possuíam tampa rosqueável para vedação e entrada de ar, que era fornecido por meio de minicompressores e difundido para o meio sintético por pedras porosas, o que promovia a aeração do meio aquoso, e imprimia ao mesmo oxigênio, para utilização pelos micro-organismos [35], bem como a agitação e mistura do meio.

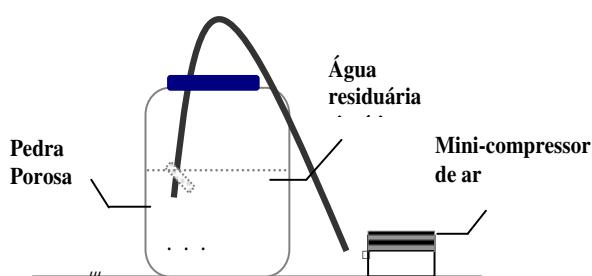


Figura 1: Detalhamento do reator em batelada com biomassa dispersa utilizado no experimento.

Foram utilizados 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 cossubstrato. Dentre os 30 reatores que receberam inóculo fúngico, 10 eram reatores com fungos e sem adição de cossubstrato (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* um pH ótimo para seu metabolismo [15]. Os reatores foram operados a uma temperatura de $\pm 29^\circ\text{C}$.

2.4 Operação em batelada

O ensaio foi realizado durante 10 dias, ao longo dos quais foram estudados diferentes tempos de reação (TR): 1 dia, 3 dias, 5 dias, 7 dias e 10 dias. Neste período, verificou-se a redução da concentração de corante e de matéria orgânica (DQO) bruta e dissolvida, por meio da amostragem composta ao longo dos 10 dias. As amostras eram coletadas a cada dois dias (mesma hora do dia em todas as amostras), e executadas as análises de acordo com os métodos descritos em [4], exceto corante que foi de acordo com [3], sendo também o pH do meio monitorado durante todo o experimento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As características da água residiária sintética têxtil, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Caracterização da água sintética têxtil utilizada no experimento em batelada nos reatores com glicose (RFG), etanol (RFE) e com fungos sem cossubstrato (RF).

Reatores	Variáveis analisadas		
	pH	Corante (mg/L)	DQO (mg/L)
RFG	3,8	13,3	596
RFE	3,5	9,1	183
RF	3,3	8,5	11

3.1 Corante

Com base nos dados da Figura 2, verificou-se percentual de redução de 90%, no 10º dia, nos reatores nos quais os fungos não dispunham da presença de qualquer tipo de cossubstrato (glicose ou etanol). Porém, as maiores remoções do corante foram observadas nos reatores que receberam adição de glicose como cossubstrato no meio, sendo observado, ainda, que, nos reatores com fungos com etanol e nos reatores com fungos sem cossubstrato, a eficiência foi praticamente à mesma.

A adição de glicose no meio, para se obter melhores resultados em relação à remoção de corante, é relatada em vários estudos [19; 25; 29; 32]. Em geral, ao final desta fase experimental (10º dia), a concentração de corante nos reatores com fungos ficaram bem próximas com 0,9 mg/L (RF), 0,6 mg/L (RFG) e 0,9 mg/L (RFE).

Nos reatores com glicose e fungos (RFG) houve remoção média máxima de corante, de 97%, no 3º dia, decaindo para 94%, no 10º dia, conforme mostrado na Figura 2. 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. A pequena diminuição da eficiência de remoção do corante no último dia (10º) de batelada ocorreu, provavelmente, devido ao processo de adsorção (remoção passiva) e dessorção do corante nas paredes das células fúngicas, o que acontece com intensidade em células mortas, quando não há o processo de assimilação (remoção ativa) do corante, ou seja, sua degradação [19;27]

Existem relatos de que a adição de cossubstrato, como a glicose e etanol no meio, é essencial para a remoção de cor de corantes tipo azo, tanto em condições anaeróbias quanto aeróbias [19;11].

Neste trabalho, sob condições aeróbias, foram obtidas remoções significativas de corante, no 5º dia, como mostrado a Figura 2, as quais foram de 92% e 93%, e 87%, respectivamente, nos RFG, RFE, RF, indicando que a adição de cossubstrato foi benéfica para o processo.

Em relação aos reatores de controle, verificou-se que nos que receberam etanol (RCE), houve pouca contaminação, com remoção média do corante, de apenas 19% (Figura 2). Por sua vez, os reatores de controle com glicose e controle sem cossubstrato, apresentaram remoções médias do corante, respectivamente, de 79 % e 59% (Figura 2).

Conclui-se que a presença de etanol pode ter contribuído para inibir a contaminação do meio por micro-organismos nos reatores de controle, o que não ocorreu nos reatores de controle com adição de glicose. Sendo a glicose a fonte de carbono de mais fácil assimilação pelos organismos vivos [7;12;22;30] e possivelmente, sua presença no meio contribuiu para facilitar o crescimento de micro-organismos exógenos no interior dos reatores de controle com glicose (RCG).

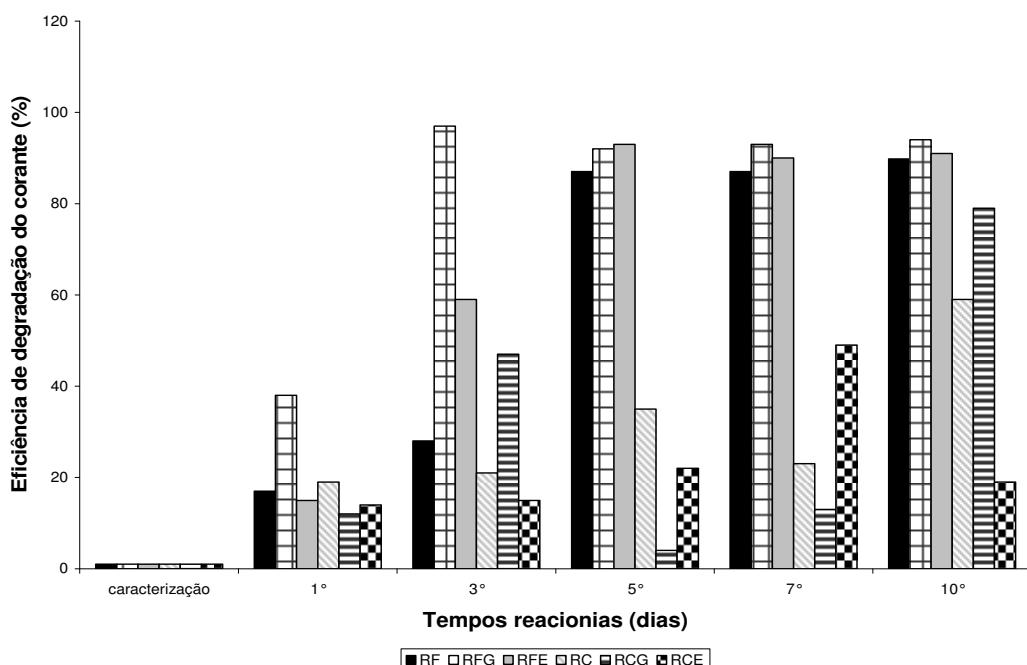


Figura 2: Variação da eficiência (%) de remoção de corante nos reatores com fungos e de controles.

3.2 Cinética de degradação do corante

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

Na Tabela 4, estão apresentados os valores para as constantes de velocidade média para a remoção do corante no experimento, considerando uma cinética de 2^a ordem (Eq. 1).

$$1/C = 1/Co + K^* (t - t_0) \quad \text{Eq.1}$$

C: concentração do corante no tempo final (mg/L)
Co: concentração do corante no tempo inicial (mg/L)

K: constante da velocidade de degradação do corante (L/g.dia)

t: tempo final (dia)

t₀: tempo inicial (dia)

Tabela 4: Valor médio da constante de velocidade para reação de 2^a ordem obtida no experimento em batelada.

Reatores	K _{obs} (L/g.d)	R ²
RGF	0,226	0,8779
RFE	0,116	0,9389
RF	0,146	0,8766
RCG	0,113	0,6599
RCE	0,014	0,7177
RC	0,0171	0,9475

A constante cinética obtida nos reatores com glicose e corante com fungos (RGF) foi de 0,226 L/g.d, enquanto, nos reatores com etanol com fungos (RFE) foi de 0,116 L/g.d, indicativo da maior velocidade de degradação de corante no meio contendo glicose. Deste modo, a constante cinética de consumo do corante nos RGF, apresentou-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 0,146 e 0,116 L/g.d , o que pode ser atribuído à resistência inicial dos fungos em utilizar etanol.

Nos reatores de controle, verificou-se que a constante de velocidade de consumo do corante

nos reatores que continham etanol foi 8 vezes menor que nos reatores de controle com glicose, isto indicou que houve maior contaminação nos reatores em que a glicose foi usada como cossubstrato. Nos reatores de controle sem nenhum cossubstrato, a velocidade média de consumo do corante foi pequena, com apenas 0,0171 L/g.d.

3.3 Matéria orgânica (DQO)

O uso da glicose nos reatores com fungos acarretou a obtenção de melhores eficiências de remoções da concentração de matéria orgânica bruta (84%), no 10º dia, como demonstrado na Figura 3, coincidindo com excelente remoção de corante (94%).

Os dados de DQO obtidos no último dia (10º), conforme demonstra a Tabela 4, revelaram que a diferença entre a DQO bruta e DQO dissolvida foi de 30 mg/L, 39 mg/L, 16 mg/L, respectivamente nos RF, RFG e RFE, indicativo de que, possivelmente, houve menor formação de subprodutos no meio nos reatores com fungos e glicose em relação aos reatores com fungos e etanol e com fungos sem adição de cossubstrato, sendo ainda que nos reatores com fungos e etanol esse valor apresentou-se ainda em maior quantidade quando comparados aos reatores com fungos sem cossubstrato.

Segundo [16;35], a fonte de carbono (glicose), ao ser utilizada pelo *Aspergillus niger* na síntese de biomassa, produz metabólitos, que podem ser acumulados no interior das células ou excretados.

Nos reatores com fungos que receberam etanol, a remoção de matéria orgânica não acompanhou o decaimento da concentração de corante, durante todo experimento, conforme mostrado na Figura 3, apresentando, no 10º dia de experimento, remoção de 55% de matéria orgânica bruta e 64% de matéria orgânica solúvel, em termos de DQO com remoção de corante de 91%.

A pequena remoção de matéria orgânica (DQO), com a elevada remoção de corante nos reatores com fungos e etanol, estaria possivelmente relacionada à produção de maior quantidade de excretas pelos fungos nestes reatores, já que os dados obtidos mostraram que a diferença entre a DQO bruta e dissolvida desse dia não foi grande, respectivamente, de 80 mg/L e 64 mg/L, conforme demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5: Valores de DQO bruta e dissolvida nas amostras no último dia (10°) de batelada.

Reatores	DQO (mg/L)	
	DQO Bruta (mg/L)	DQO dissolvida (mg/L)
RFG	91	52
RFE	80	64
RF	74	57

Segundo [10;33] relataram que o efeito do etanol estaria relacionado à permeabilidade da membrana celular, permitindo que metabólitos sejam excretados da célula.

Outrossim, é interessante observar a existência da afinidade do *Aspergillus niger* pelo corante, já que também houve remoção elevada nos reatores com fungos sem cossubstrato (RF), com 90% de remoção, não ficando distante dos percentuais de

remoção registrados em RFE (91%) e RFG (94%), no final da batelada.

Nos reatores de controle sem cossubstrato (RC), foi observada pouca remoção de matéria orgânica comparado aos reatores que receberam inóculo fúngico (RF, RFG e RFE). O percentual máximo de remoção de matéria orgânica bruta foi de 57%, no 3º dia, e de corante com 59%, no 10º (Figura 3). 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.

Em relação aos reatores de controle com etanol, a eficiência de remoção de DQO bruta não foi significativa, diferentemente dos reatores de controle com glicose (Figura 3), apresentando no final (10º dia) do experimento remoção de 30 % (RCE) e 56% (RCG), o que mostrou ser o etanol capaz de minimizar a ação de micro-organismos contaminantes, sem, no entanto, impedir que houvesse boa remoção de corante nos reatores com fungos (91%).

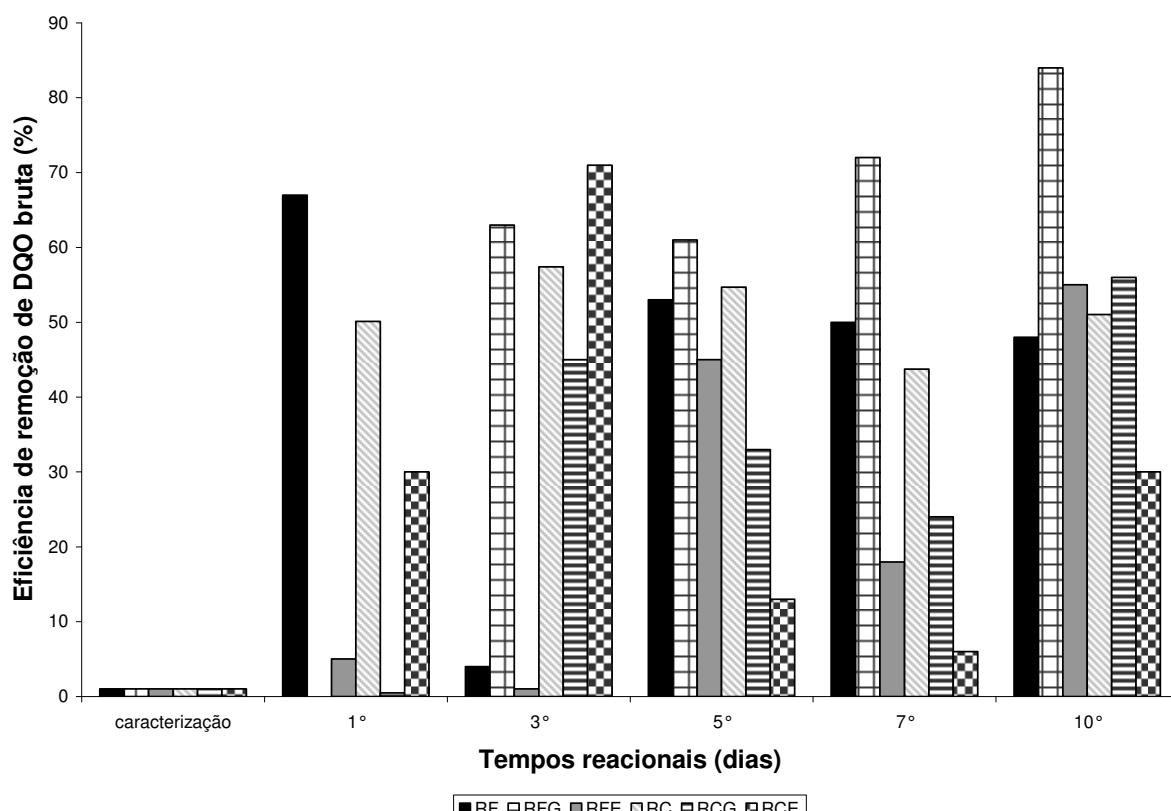


Figura 3: Variação da eficiência (%) de remoção de matéria orgânica bruta (DQO) nos reatores com fungos e de controles.

3.4 pH

Na presente pesquisa, quando, nos reatores com fungos, as remoções do corante alcançadas no final da batelada (10º dia), foram de 94% (RFG); 91% (RFE); e 90% (RF); o pH estava entre 3,5 e 4,2 (Figura 4).

Em RFG, a eficiência máxima de remoção do corante (97%) ocorreu em pH igual a 2,9, no 3º dia, conforme demonstrado na Figura 4. Nos reatores com etanol e fungos, a eficiência máxima de remoção do corante (93%) ocorreu em pH igual a 2,7, no 5º dia. Ao passo que nos reatores com fungos sem disponibilidade de cossubstrato

no meio, a maior eficiência de remoção ocorreu no 10º dia, com 90%, em pH de 4,2.

A redução mais acentuada do valor do pH do meio nos reatores que receberam a glicose como cossubstrato, como mostrado na Figura 4, foi possivelmente, resultado da sua conversão a ácidos orgânicos [29;35], o que reforçou a hipótese da maior produção destes compostos nos reatores RFG, tendo-se registrado excelentes remoções de corante (94%) e de matéria orgânica bruta (84%), no 10º dia de experimento. Nos reatores com fungos e etanol, de acordo com [36] há a formação de ácido cítrico quando o etanol está como cossubstrato no meio, implicando na redução acentuada observada no 5º dia (Figura 4).

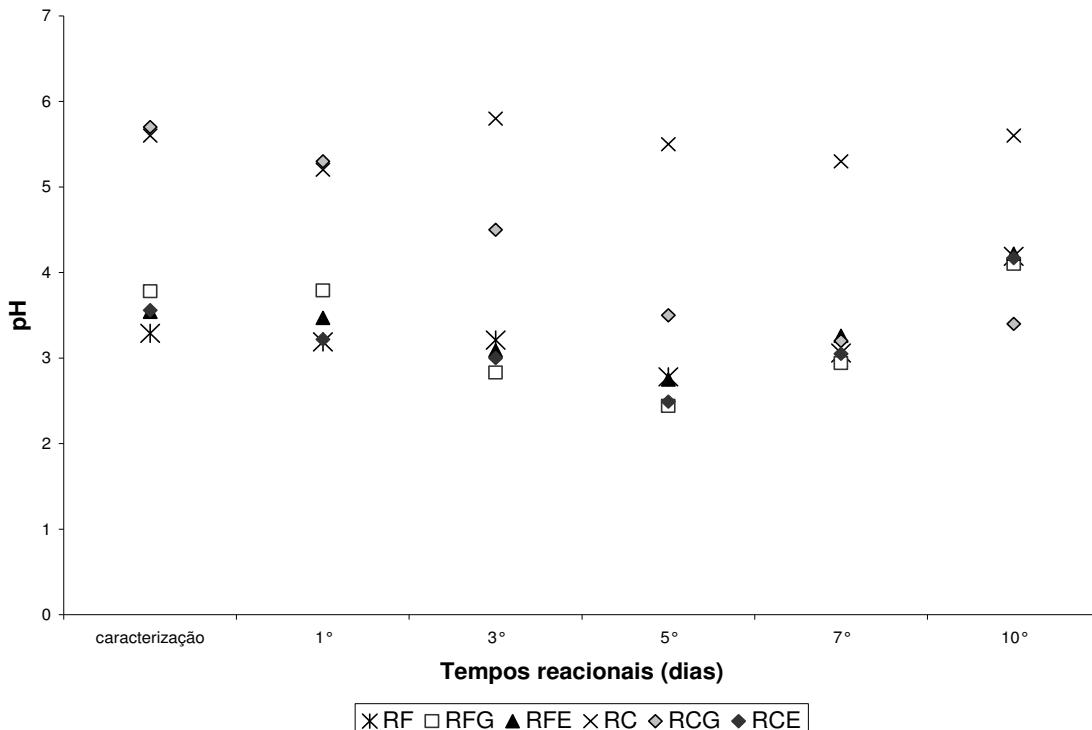


Figura 4: Variação do pH nos reatores com fungos e de controles.

Observou-se que no final do experimento (10º dia) houve aumento gradativo do pH, a partir do 7º dia, nos RF, RFG e RFE, devido, possivelmente, ao consumo dos ácidos orgânicos pelos fungos que são formados, oriundos dos substratos (RF) e cossubstratos (RFG e RFE) adicionados água resíduária sintética.

Em estudos de [17], que utilizou o *Aspergillus fumigatus* XC6 isolado de palha de milho, na biodegradação de efluente têxtil, o citado autor

observou que a máxima remoção do efluente (90%) ocorreu a pH igual 3, após 48h.

Os resultados revelaram que o fungo foi capaz de remover o corante do meio sintético, na faixa de pH de 3,8 a 2,4, nos RFG; 3,5 a 2,7, nos RFE; e de 3,3 a 2,8 nos RF.

Nos reatores de controle (Figura 4), quando foi adicionada a glicose como cossubstrato, 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%, respectivamente, fato atribuído, provavelmente, à contaminação do meio por micro-organismos.

Nos reatores de controle com etanol, o pH manteve-se entre 3,6 e 4,2 e, aparentemente houve pouca contaminação, registrando-se média percentual de 31%. O pH do meio manteve-se constante nos reatores sem cossubstrato, com valores em torno de 5,6, apresentando eficiência de remoção do corante, de 59%, no 10º dia.

Apesar de o pH do meio em todos os reatores estudados se encontrar na faixa ácida, o mesmo poderia ser corrigido antes de possível lançamento em corpo hídrico receptor, visando adequação aos valores requerido pela legislação.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no tratamento da água resíduária sintética têxtil, permitiram concluir que o *Aspergillus niger* AN 400 removeu significantemente o corante, usando a glicose e etanol, em concentração de 0,5g/L, como cossubstratos. Porém, a adição de glicose foi aparentemente melhor, com as maiores remoções do corante vermelho congo, ocorrendo a partir do 3º dia, quando foi removido 96% em RFG. No final do experimento, foi registrada nestes reatores eficiência de 94% de remoção do vermelho do congo, contra 91% de remoção registrado nos reatores que receberam adição de etanol e 90% para os reatores sem cossubstrato. Já nos reatores com fungos e etanol (RFE) e com fungos sem cossubstrato (RF) a melhor remoção ocorreu a partir do 5º dia, com 93% e 90%, respectivamente.

A constante cinética (K) de degradação do corante foi maior nos reatores com fungos e glicose (RFG), de 0,226

L/g.dia, valor este superior ao registrado nos demais reatores, tendo sido encontrados para os reatores que receberam inóculo fúngico, valores de K de 0,146 L/g.dia e 0,116 L/g.dia, respectivamente, para RFE e RF.

Assim, a glicose demonstrou ser o melhor cossubstrato no processo de tratamento, utilizando sistemas biológicos, o que pode indicar ainda sua viabilidade para uso em sistemas de tratamento,

operados em batelada repetida ou com escoamento contínuo.

REFERÊNCIAS

- [1] ABRAHAM, T. E; SENAN, R. C.; SHAFFIQU, T. S; ROY, J.J; POULOSE, T. P; THOMAS, P. P. Bioremediation of textile azo dyes by an aerobic bacterial consortium using a rotating biological contactor. *Biotechnology progress*. v.19, n.4, p. 1372-1376, 2003..
- [2] AKSU, Z. Application of biosorption for the removal of organic pollutants: a review. *Process Biochemistry*, Turquia, v. 40, n. 3-4, p. 997-1026, 2005.
- [3] ALI, N.; IKRAMULLAH; LUTFULLAH, G.; HAMEED, A.; AHMED, S. Decolorization of Acid red 151 by *Aspergillus niger* SA1 under different physicochemical conditions. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, Paquistão, v. 24, n. 7, 1099-1105, 2008.
- [4] APHA (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater. 20a. ed. Washington: American Public Health Association.
- [5] BARBOSA, B, C, A., VIDAL, C. B., WANDERLEY, C. R. P., MARINHO, G., RODRIGUES, K. Redução da concentração de corante de água resíduária sintética têxtil por uso de filtro anaeróbio e reatores biológicos com fungos. *Conexões*, v. 3 , n. 1, 2009.
- [6] 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*, Espanha, v. 126 n. 2-3, p. 163-169, 2007.
- [7] CARLILE, M. J., WATKINSON, S.C. The fungi Academic Press- Harcourt Brace e Company, San Diego, 1994.
- [8] CELESTINO, P.; LOPES, SOUZA, M. S., MARINHO, G.; RODRIGUES, K. Uso de reator em batelada repetida com biomassa fúngica imobilizada para tratamento de água resíduária da indústria de beneficiamento da castanha de caju. In: II Jornada da Produção Científica da Educação Profissional e Tecnológica da Região Sul, Pelotas, 2008.

- [9] CHENG., C. JIKUN., N. WU, T. XINGJUN., Feng HUANG. Biodegradation of Orange G by wood-rot fungi Phanerochaete sordida TXJ-1302A and Tyromyces lauteus TXJ-1302B. **Bioresource Technology**, China, v. 99, n. 9, p. 3926-3929, 2008..
- [10] DEMIREL, G.; YAYKAŞLIL, K. O.; YASAR, A. Production of citric acid by using immobilized Aspergillus niger A-9 and investigation of its various Effects. **Food Chemistry**, Turquia, v. 89, n. 3, p. 393-396, 2005.
- [11] DOS SANTOS, A. B. Reductive Decolourization of Dyes by Thermophilic Anaerobic Granular Sludge. Ph.D Thesis, Wageningen University. Wageningen, The Netherlands, 2005.
- [12] ESPOSITO, E., AZEVEDO, J. L. Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia. Caxias do Sul: EDUCS, 510p, 2004.
- [13] FU, Y.; VIRARAGHAVAN, T. Dye biosorption sites in Aspergillus niger. **Bioresource Technology**, Canadá, v. 82, n. 2, p. 139-145, 2002.
- [14] GALVAGNO, M. A., FORCHIASSIN, F., Fisiologia dos fungos: nutrição e metabolismo in Fungos uma introdução à biologia e biotecnologia, Org., ESPOSITO, E., AZEVEDO, J. L, Caxias do sul, 2004.
- [15] GRIFFIN, D. H. Fungal physiology. 2. ed. New York: Wiley-Liss, 1994. 458 p
- [16] 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**, Japão, v. 97, n. 8, p. 1030-1035, 2006.
- [17] JIN, X. C.; LIU, G. Q.; XU, Z. H.; TAO, W, Y. Decolorization of a dye industry effluent by *Aspergillus fumigatus* XC6. **Applied Microbiology and Biotechnology**, China, v. 74, n. 1, p. 239-243, 2007.
- [18] KHALAF, M. A. Biosorption of reactive dye from textile wastewater by non-viable biomass of Aspergillus niger and Spirogyra sp. **Bioresource Technology**, Egito, v. 99, n. 14, p. 6631-6634, 2008.
- [19] KHELIFI, E., AYED, L., BOUALLAGUI, H., TOUHAMI, Y., HAMDI, M. Effect of nitrogen and carbon sources on Indigo and Congo red decolourization by Aspergillus alliaceus strain 121C, **Journal of Hazardous Material**, Tunisia, v. 163, n 2-3, 2009, p. 1056-1062 , 2008.
- [20] KILIÇ, N. K; NIELSON, J. L.; YUCE M.; DONMEZ, G. Characterization of a simple bacterial consortium for effective treatment of wastewaters with reactive dyes and Cr(VI). **Chemosphere**, Turquia, v. 67, n. 4, p. 826-83, 2007.
- [21] LEVIN, L.; PAPINUTTI, L., FORCHIASSIN, F. Evaluation of Argentinean white rot fungi for their ability to produce lignin-modifying enzymes and decolorize industrial dyes. **Bioresource Technology**, Argentina, v. 94, n. 2, p. 169-176, 2004.
- [22] MARZZOCO, A., TORRES, B.B. Bioquímica básica. 2º ed. Rio de Janeiro, Ganabara Koogan, 360p, 1999.
- [23] MOHAN, S.V.; ROA, C.N.; PRASAD, K.K.; KARTHIKEYAN, J. Treatment of stimulated reactive yellow 22 (Azo) dye effluent using Spirogyra species. **Waste Management**, India, v. 22, p. 575-582, 2002.
- [24] OZER, A.; AKKAYA, G.; TURABIK, M. Biosorption of acid red 274 (AR 274) on Enteromorpha prolifera in a batch system. **J. Hazard. Mater.** B126, 119–127. **Journal of Hazardous Materials**, Turquia, v. 126, n. 1-3, 11, p. 119-127, 2005.
- [25] PARSHETTI, G. K.; KALME, S. D.; GOMARE, S. S.; GOVINDWAR, S.P. Biodegradation of Reactive blue-25 by Aspergillus ochraceus NCIM-1146. **Bioresource Technology**, India, v. 98, n. 18, p. 3638-3642, 2007.
- [26] PATEL, R., SURESH, S. Kinetic and equilibrium studies on the biosorption of reactive black 5 dye by Aspergillus feotidus. **Bioresource Technology**, India, v. 99, n. 1, p. 51-58, 2008.
- [27] RODRIGUES, K. A. Uso de reatores biológicos com fungos para remoção de fenol de água residuária sintética. 2006. 145 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, área de concentração em hidráulica e Saneamento)- **Escola de engenharia de São Carlos**, Universidade de São Paulo- USP, 2006.

- [28] SANTAELLA, S. T., JÚNIOR, F. C. G. S., GADELHA, D. A. C., COSTA, K. O., AGUIAR, R., ARTHAUD, I. D. B., LEITÃO, R. C. Tratamento de efluentes de refinaria de petróleo em reatores com *Aspergillus niger*. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 1-5, 2005.
- [29] SUMATHI, S., MANJU, B.S. Upatak of reactive textile dyes by *Aspergillus foetidus*. **Enzyme Micribiology Techonology**, India, v.27, p.347- 355, 2000. CONAMA. **Resolução nº 357, de 29 de novembro de 2005**.
- [30] CHAMBERGO, F.S., BONACCORSI, E. D., FERREIRA, A. J. S., RAMOS, A. S. P., JÚNIOR, J. R. R., NETO, J. A., FARAH, J. P. S., DORRY, H. E. Elucidation of the Metabolic Fate of Glucose in the Filamentous Fungus *Trichoderma reesei* Using Expressed Sequence Tag (EST) Analysis and cDNA Microarrays. **The Journal of Biological Chmistry**, São Paulo, v. 277, n. 16, p. 13983–13988, 2002.
- [31] 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.
- [32] 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**, China v. 20, n. 1, p. 105-108, 2008.
- [33] YAYKAŞLI , K. O.; DEMIREL, G.; YAŞAR, A. Influence of alcohols on citric acid production by *Aspergillus niger* A-9 entrapped in polyacrylamide gels. **Journal of Food Engineering**, Turquia, v. 70, n. 4, p. 518-522, 2005.
- [34] YESILADA, O., ASMA, D., CING, S.. Decolorization of textile dyes by fungal pellets. **Process Biochem.** 38, 933–938. **Process Biochemistry**, Turquia, v. 38, n. 6, 31, p. 933-938, 2003.
- [35] ZNAD,H., MARKOS, J., BALES, V. Production of gluconic acid from glucose by *Aspergillus niger*: growth and non-growth conditions. **Process Biochemistry**, Repúblca Eslovaca, v.39, n. 11, p. 1341-1345, 2004.