



II-183 - EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE GLICOSE NA REMOÇÃO DE FENÓIS E MATÉRIA ORGÂNICA EM REATOR DE BATELADA REPETIDA

Marcus Vinicius Freire Andrade⁽¹⁾

Graduando em Tecnologia de Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará e em Farmácia pela Universidade Federal do Ceará.

Patrícia Celestino

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

Marina Lopes

Engenheira de Pesca pela UFC, Graduanda em Tecnologia de Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

Glória Marinho

Professora Efetiva do Departamento de Química e Meio Ambiente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará

Kelly Rodrigues

Professora Efetiva do Departamento de Química e Meio Ambiente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará

Endereço⁽¹⁾: Av. Treze de maio, 2081- Benfica - Fortaleza - Ceará - CEP: 60040-531 - Brasil - Tel: +85 (85) 33073750- e-mail: marcusviniciusan@gmail.com

RESUMO

Compostos fenólicos presentes nas águas residuárias de indústrias de beneficiamento da castanha de caju são particularmente oriundas do líquido da castanha de caju, subproduto de natureza cáustica. Os fenóis são recalcitrantes, bactericidas e fitotóxicos, sendo importantes estudos de tratamento de efluentes que os contenham para lançamento em corpos receptores, prevenindo impactos ambientais negativos para esses ecossistemas. O objetivo do presente trabalho foi estudar a eficiência de reator em batelada com a biomassa fúngica de *Aspergillus niger* AN 400 imobilizada em suporte de manta de polipropileno para remoção de fenóis e matéria orgânica, medida como demanda química de oxigênio, sob influência de diferentes concentrações de glicose (0,5g/L; 1,0g/L; 5,0g/L). O reator utilizado possui volume útil de cinco litros e a aeração mantida por mini-compressores de ar. As remoções de fenóis totais alcançaram bons percentuais ao longo das etapas de estudo. O parâmetro de matéria orgânica apresentou variações durante as etapas estudadas, a fase mais expressiva de remoção foi quando se utilizou 1,0g de glicose/L. Com base nos resultados obtidos, o tratamento com fungos mostrou-se viável, despontando como uma boa alternativa para o tratamento de águas residuárias com características específicas como da indústria de beneficiamento da castanha de caju.

PALAVRAS-CHAVE: *Aspergillus niger*, beneficiamento da castanha de caju, biodegradação, glicose.

INTRODUÇÃO

O beneficiamento da castanha de caju é uma das atividades de maior importância nos Estados do nordeste brasileiro. Devido à essa intensa atividade produtiva, as indústrias de beneficiamento de castanha de caju são geradoras de grandes volumes de resíduos líquidos (SANTOS 2006), os quais são oriundos, principalmente, dos processos de lavagem e umidificação da castanha, lavagem dos gases e lavagem dos equipamentos utilizados no processo industrial. Entretanto, existem poucos dados sobre as características destes efluentes e, destacavam-se apenas seu grande potencial poluidor pela presença do LCC (líquido da castanha de caju). As características físicas, químicas e biológicas das águas residuárias geradas em indústrias de beneficiamento de castanha de caju são pouco conhecidas, fazendo-se necessário a caracterização desses efluentes, pois possibilitará a busca de tecnologias de tratamento adequadas que viabilizem seu lançamento em corpos hídricos receptores (SANTAELLA *et al.* 2002).

A presença de compostos fenólicos em efluentes líquidos é uma ameaça para o meio ambiente devido às características ácidas, tóxicas e mutagências destes compostos (RODRIGUES, 2006). Embora o CONAMA



(2008) estabeleça como padrão de lançamento a concentração de 0,5 mg de fenóis/L, concentrações pequenas de fenóis afetam o sabor dos peixes e a aceitabilidade das águas, por conferir sabor e odor extremamente pronunciados, especialmente os derivados do cloro (Caderno Digital de Informações sobre Energia, Ambiente e Desenvolvimento). Os fungos utilizados em reatores biológicos surgem como alternativa interessante para o tratamento de efluentes industriais, pois são importantes decompositores na natureza, despertando interesse em virtude do grande potencial desses microrganismos em degradar os mais diferentes tipos de substratos mediante a secreção de diferentes enzimas que atuam sobre os organopoluentes, tornando-os mais acessíveis à biodegradação (RODRIGUES et al., 2006).

A rápida reprodução e proliferação desses microrganismos e a capacidade de suportarem possíveis variações de carga orgânica, oxigênio, umidade e pH podem ser mencionados como indicadores da viabilidade em empregá-los em reatores biológicos para o tratamento de águas residuárias (RODRIGUES et al., 2006), sendo que o emprego de fonte primária de carbono pode auxiliar de forma benéfica nos processos biotecnológicos (RODRIGUES, 2007; SAMPAIO, 2004). O objetivo geral deste trabalho foi estudar a remoção de fenóis totais e de matéria orgânica utilizando biomassa imobilizada de *Aspergillus niger* AN 400 como inóculo de reator de batelada repetida, sendo o objetivo específico, estudar o efeito da glicose, como substrato primário, em diferentes concentrações (0,5 g/L; 1,0 g/L; 5,0 g/L), na remoção de compostos fenólicos presentes em água residuária da indústria de beneficiamento da castanha do caju.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi montado e operado o reator biológico em batelada repetida em escala de laboratório, inoculado com biomassa imobilizada de *Aspergillus niger* AN 400, para tratamento biológico da água residuária da indústria de beneficiamento da castanha de caju. A pesquisa foi dividida em etapas: cultivo e contagem de esporos de *Aspergillus niger* AN400; imobilização da biomassa e montagem e operação do reator.

Produção de esporos

A produção de esporos foi realizada inoculando a espécie em placas de Petri esterilizadas, contendo meio de cultura Agar-Saboraud. O meio foi previamente esterilizado na autoclave a 121°C, durante, aproximadamente, 15 minutos. Adicionou-se ainda à placa, solução de Vishniac, na concentração de 1mL/L de meio de cultura, como fonte de nutrientes para os fungos.

As placas inoculadas com fungos permaneceram por cinco dias em temperatura de 28°C, tendo-se ao final deste período observado o crescimento dos esporos por toda a placa; logo depois foi feita a remoção de esporos com solução Tween e, em seguida, o procedimento de contagem, com auxílio de microscópio óptico, com aumento de 45 vezes, no qual se obteve a concentração de $4,33 \times 10^{10}$ esporos/mL da solução “mãe”.

Imobilização da biomassa em meio suporte

A imobilização do fungo foi feita em manta de polipropileno sob condição de agitação em mesa agitadora shaker a 150 rpm. Foi preparado um meio contendo micronutrientes, para melhor desenvolvimento dos fungos. Dez gramas de manta de polipropileno, devidamente esterilizada, foram colocadas em “saquinhos” dentro de 6 erlenmeyers, com volume útil de 250mL, contendo 150 mL do meio, Vishniac (1mL/L). A fim de evitar atividade bacteriana foi adicionado cloranfenicol (0.05 g/L). Os erlenmeyers foram mantidos em condição de agitação por 48 h, após esse intervalo o meio de cultura foi trocado e mantido novamente por 72 h, até ser transferido para o reator.

Montagem do reator em batelada repetida

O reator utilizado foi confeccionado em vidro e possuía volume total de 14 litros, tendo como inóculo biomassa imobilizada de *Aspergillus niger* AN 400 em manta de polipropileno. O reator foi operado em ciclos semanais, sendo que no início de cada ciclo o reator foi preenchido com 5L de água residuária oriunda de uma indústria de beneficiamento da castanha de caju, após o esvaziamento do reator com água residuária tratada no ciclo anterior. A cada coleta era feita a caracterização da água residuária. Na montagem do reator, além da alimentação com o efluente, acrescentava-se cloranfenicol, para inibir possível atividade bacteriana e o meio era acidificado para beneficiar o desenvolvimento dos fungos (GRIFFIN, 1994). Foi adicionado como co-substrato a glicose, nas seguintes concentrações de estudo: 0,5 g/L (Etapa I), 1 g/L (Etapa II) e 5 g/L (Etapa III).



Cada uma das fases estudadas compreendeu período de 6 semanas, ou seja, abrangeu 6 ciclos de operação. Para acompanhamento do reator se estudou as seguintes variáveis: DQO (Demanda Química de Oxigênio), pH (Potencial hidrogeniônico), ST (Sólidos Totais) e fenóis totais, cujos procedimentos estão descritos em APHA (1998), exceto fenóis totais, foram realizados segundo MERCK (1975).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização da água residuária

As características da água residuária durante todo o período de estudo, bem como o desvio padrão para cada parâmetro é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização da água residuária

	Etapa I	Etapa II	Etapa III
	Média ± DV	Média ± DV	Média ± DV
pH	6,5 ± 1,8	6,3 ± 0,11	6,2 ± 0,83
Fenóis Totais (mg/L)	9,0 ± 8,8	38,6 ± 28,7	8,2 ± 4,4
DQO bruta (mg/L)	1195 ± 260	6808 ± 9795	14759 ± 3587
DQO filtrada (mg/L)	947 ± 158	1723 ± 1136	8262 ± 3911

As concentrações de fenóis da água residuária estudada foram muito superiores à recomendada como padrão de lançamento pela resolução 397 CONAMA que estabelece o valor máximo de 0,5mg/L de fenol, este fato foi observado em todas as etapas estudadas. Este resultado comprovou as características poluidoras exercidas pelas atividades da indústria de beneficiamento da castanha de caju, especialmente pela difícil degradação das substâncias fenólicas envolvidas, justificando a importância da pesquisa em relação à remoção desses poluentes.

É importante ressaltar que as concentrações de todas as variáveis analisadas, exceto pH, provenientes da água residuária da indústria de beneficiamento da castanha de caju, oscilaram muito durante todo o período da pesquisa, o que demonstra a não homogeneidade da água residuária, este fato pode ser justificado pela inconstância nas atividades industriais que envolve tanto o processamento da castanha como a limpeza da indústria, conferindo, assim, maior presença de partículas sólidas e de substâncias interferentes à água residuária em um período e sua diluição em outro.

Fenóis Totais

Durante a primeira etapa de estudo o reator em batelada repetida mostrou-se muito eficiente na remoção de fenóis totais (Figura 1). Obtiveram-se percentuais de remoção de fenóis totais nos ciclos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente, de 99%, 85%, 93%, 93%, 97% e 22%, quando da adição de 0,5 g/L de glicose. Verificou-se que, mesmo no primeiro ciclo, marcado pela fase de adaptação (fase *lag*), foram alcançados excelentes percentuais de remoção, possivelmente, propiciado pela adição de glicose como fonte de carbono mais fácil a ser assimilada, garantindo reserva energética necessária para o crescimento dos microrganismos (RODRIGUES, 2006).

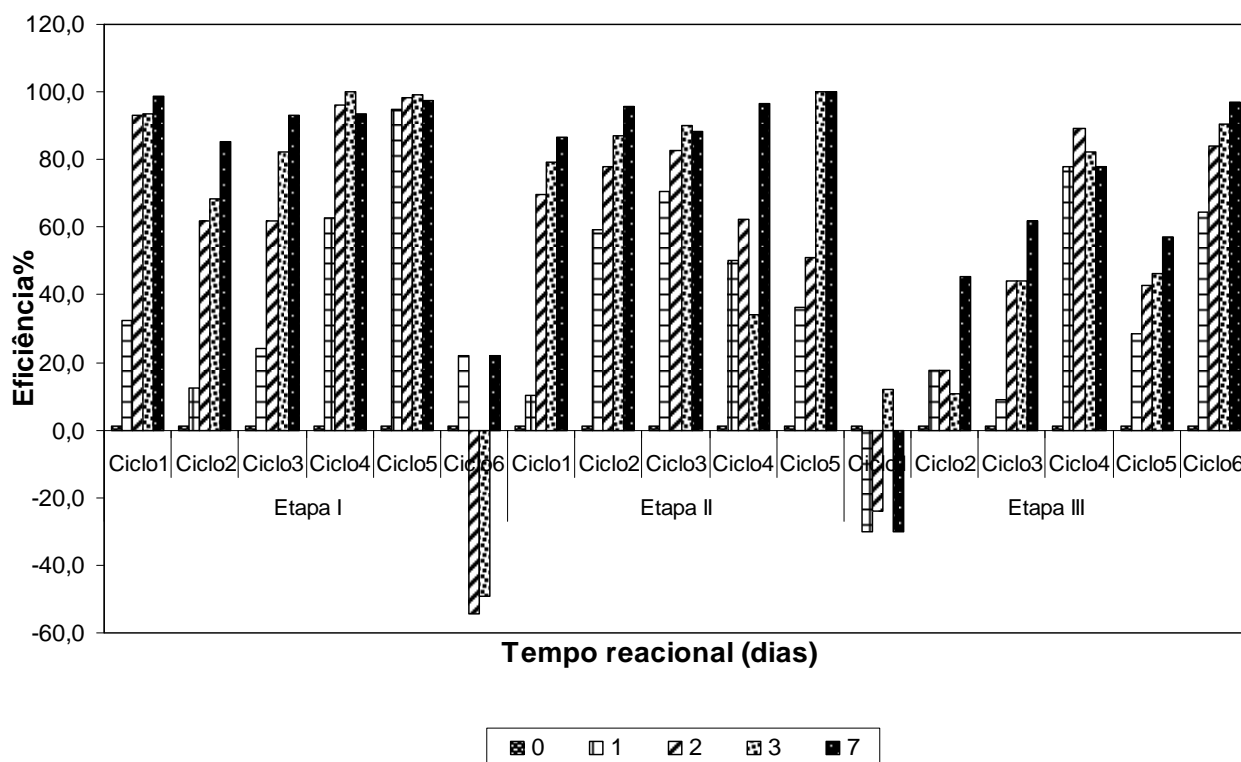


Figura 1: Eficiência de remoção de fenóis de cada ciclo nas três etapas estudadas por tempo de reação.

Cai *et al* (2007) investigando a adição de sacarose nas concentrações de 3,0 g/L e 5,0 g/L, bem com a ausência de sacarose, na degradação de fenol por *Fusarium* sp, em ensaio em batelada, obteve a degradação completa do poluente em apenas seis dias, para as células inoculadas com 3,0 g de sacarose/L, e afirmou que estas sofreram curta fase *lag* em vista à sua grande adaptação. Semelhante fato ocorreu nesta pesquisa, uma vez que na primeira semana de estudo, obteve-se um percentual de remoção de 99%, demonstrando a grande versatilidade do microrganismo em adaptar-se à água residuária.

Em relação à Etapa II, com adição de 1 g/L de glicose na água residuária, obtiveram-se percentuais de remoção, respectivamente, de 86%, 95%, 88%, 96% e 86%, nos ciclos 1, 2, 3, 4 e 5. Durante o sexto ciclo de estudo da Etapa II o método empregado não detectou fenóis totais no meio. Foutoulakis *et al* (2002) investigando a degradação de fenóis presentes em água residuária da indústria de azeite de oliva pelo fungo lignolítico *Pleurotus ostreatus* em diferentes condições (água residuária esterilizada e água residuária à uma temperatura de 100 °C), obtiveram 78,3% de degradação de fenóis totais para a primeira condição estabelecida, enquanto que, para a segunda condição, foi obtido percentual de remoção de 64,7%, em um período de 21 dias. Em contraposição, nesta pesquisa, obteve-se um maior percentual de remoção em um menor período reacional (7 dias).

Na terceira etapa, à qual foi adicionada à água residuária a maior concentração de fonte primária de carbono, 5g/L de glicose, foram alcançados percentuais de remoção de fenóis de 45%, 61%, 89%, 56%, 97% referentes aos ciclos 2, 3, 4, 5 e 6. O primeiro ciclo não apresentou remoção de fenol.

Ao comparar as etapas I, II e III, verificou-se que, na segunda etapa, ocorreu pequeno decréscimo no percentual de remoção de fenóis, durante os ciclos 1, 3 e 5, e, na terceira etapa, decréscimo ainda maior no percentual de remoção de fenóis em quase todos os ciclos estudados. Tal fato, possivelmente, possa ter ocorrido devido à repressão de metabolismo microbiano, conforme relatado por SANTOS *et al* (2008), pois, segundo os autores, a fonte primária de carbono em concentrações elevadas, inibiria a degradação do poluente.

Matéria Orgânica (bruta e solúvel)

Quanto à remoção de matéria orgânica solúvel (Figura 2), foram obtidas excelentes remoções, 90%, 81%, 88%, 90% e 89%, respectivos aos últimos dias de cada um dos cinco ciclos estudados na Etapa I. Enquanto



que para matéria orgânica bruta foram registrados percentuais de 35%, 92%, 88%, 53%, 86% e 89%. Garcia-García *et al* (2000) ao utilizar os gêneros *Aspergillus*, *Geotrichum* e *Phanerochaete*, no tratamento de água residuária de azeite de oliva em experimento em batelada agitada a 500 rpm, para remoção de fenóis totais e carga orgânica, obtiveram resultados com o *Aspergillus niger* de 73% de redução de matéria orgânica bruta.

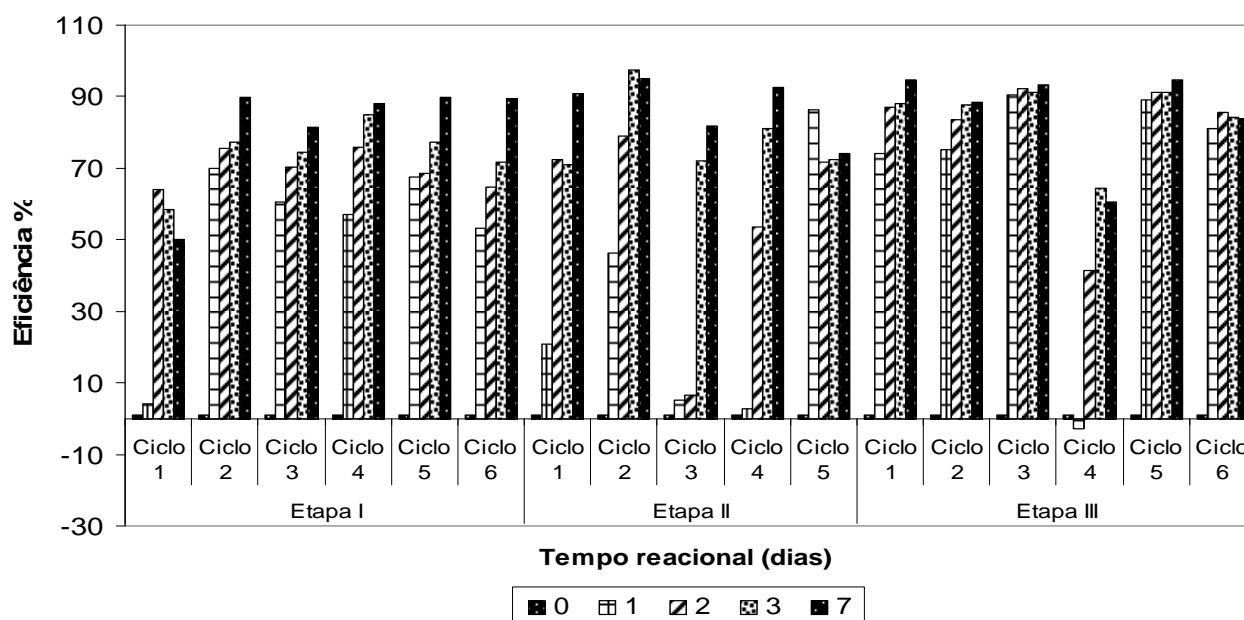


Figura 2: Eficiência de remoção de matéria orgânica em termos e DQO solúvel de cada ciclo nas três etapas estudadas por tempo de reação.

Na Etapa II, para a matéria orgânica bruta, expressa em termos de DQO (Figura 3), foram alcançados percentuais de remoção iguais a 88%, 95%, 99%, 84%, 80%, nos últimos dias de operação do reator. Santaella *et al* (2002) em um ensaio com reatores em regime de batelada tratando água residuária de indústria de beneficiamento da castanha de caju, obteve valor máximo de redução de 76% de DQO, em sete dias de operação, e de 95%, em 75 dias de operação, tempo de reação longo, uma vez que na presente pesquisa foram obtidos durante os seis ciclos bons percentuais de remoção em apenas 7 dias de operação, sendo a remoção média de matéria orgânica bruta de 89%. Para isso, a autora, supôs que estes resultados foram encontrados mediante a má condição para o fungo, como a falta de oxigenação e a ausência de fonte primária de carbono.

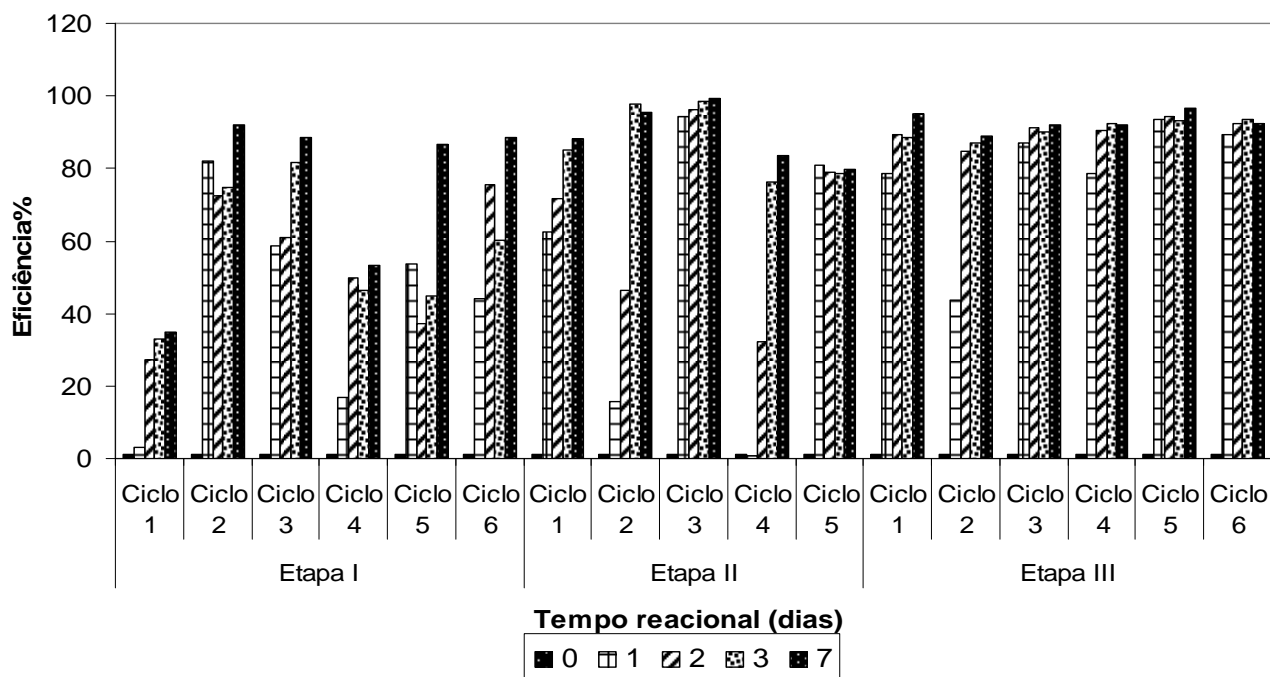


Figura 3: Eficiência de remoção de matéria orgânica em termos de DQO bruta de cada ciclo nas três etapas estudadas por tempo de reação.

Foram alcançados percentuais de remoção de 91%, 95%, 82%, 93%, 74% e 33% em relação à matéria orgânica solúvel durante a Etapa II. Pinheiro *et al* (2007) realizando ensaio em batelada para remoção de fenóis em meio sintético com biomassa dispersa de *Aspergillus niger*, registraram 86% de remoção nos reatores que não possuíam substrato primário, contrariando os resultados obtidos para seus reatores que receberam substrato primário na concentração de 0,5 g de sacarose/L, onde o percentual de remoção foi de 36%. Provavelmente tenha havido uma inibição na degradação devido à alta concentração do poluente (500 mg/L) e, diferente desta pesquisa, chegou-se a um percentual médio de 78% de remoção de matéria orgânica solúvel durante todo o experimento onde a concentração de substrato primário foi de 1,0 g de glicose/L.

As concentrações de matéria orgânica bruta na Etapa III foram 95%, 89%, 92%, 92%, 96% e 93% para os seis ciclos estudados respectivamente e 95%, 88%, 93%, 61%, 95%, 84% de matéria orgânica solúvel. Os resultados de matéria orgânica bruta e solúvel mantiveram-se sempre próximas durante todo o tempo reacional para os seis ciclos estudados, demonstrando que não houve grande desprendimento de biomassa.

Como a glicose é um composto facilmente degradado, utilizado pelo fungo principalmente para seu crescimento, verificou-se visualmente o aumento mais acentuado da biomassa e, conseqüentemente, da eficiência de remoção de matéria orgânica resultante de seu maior consumo pela biomassa fúngica, porém, a quantidade de matéria orgânica devia-se principalmente pela presença da glicose, isto posto, as melhores remoções de matéria orgânica nessa etapa podem também ter relação com a grande concentração de glicose que era prontamente utilizada pelo fungo.

pH

Em relação aos valores de pH (Figura 2), os dados indicaram que, embora a água residuária sofresse acidificação no início de cada ciclo, seus valores apresentavam aumentos significativos, particularmente durante as Etapas I e II. Sampaio (2004), trabalhando com reator biológico com fungos como unidade de pós-tratamento para efluentes de mesma origem ao desta pesquisa, relatou a acidificação do meio, porém os valores obtidos após o tratamento mostraram que houve uma expressiva modificação do pH, chegando a valores iguais a 8,0. A autora, porém justificou como sendo conseqüência do metabolismo do fungo, pois algumas espécies são capazes de produzirem substâncias que promovem o tamponamento do meio.

Foram observados, na terceira etapa, valores baixos de pH durante os ciclos de operação, permanecendo em torno de 5. Esses baixos valores de pH ocorreram, provavelmente, devido à maior produção de ácidos



orgânicos como reflexo da intensa degradação da glicose como fonte primária de carbono, conforme relatado por Assas *et al* (2002).

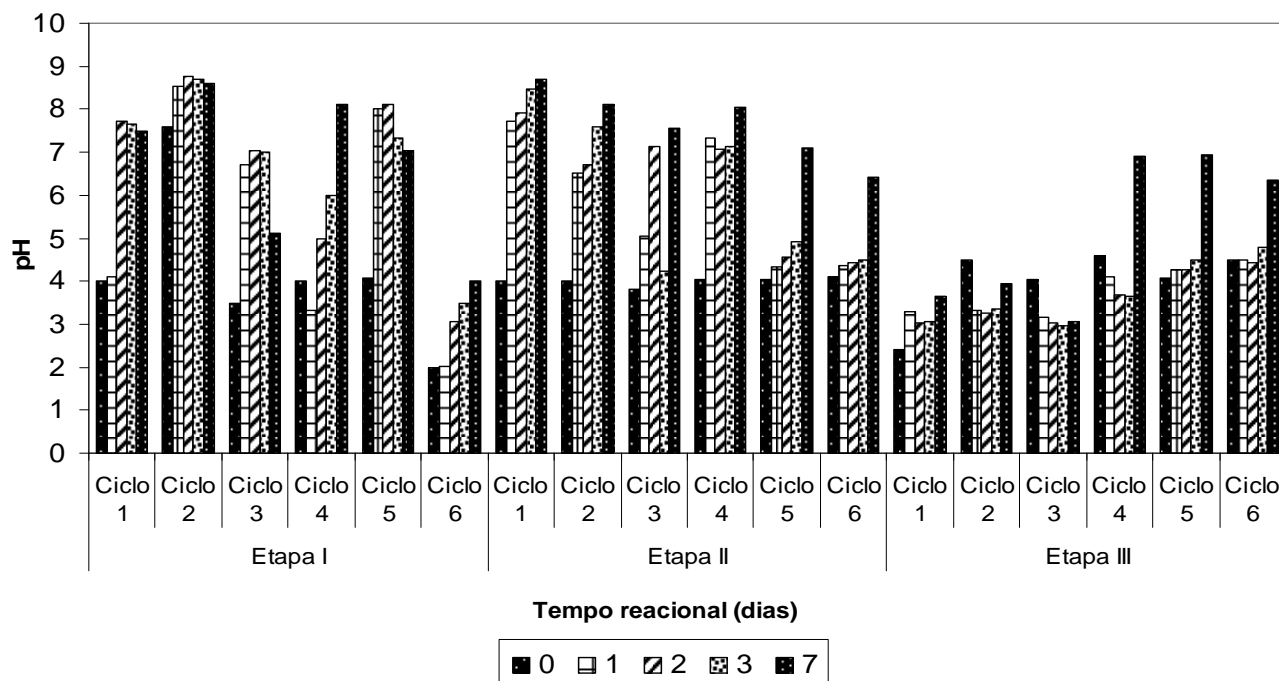


Figura 4: Variação de pH durante as etapas de estudo.

3.4 Sólidos Totais

Em relação à remoção de Sólidos Totais, Figura 5, o reator alcançou percentuais de remoção de 38,5%, 70%, 8,7%, 37,5%, 40% e 27% para os ciclos compreendidos na I etapa. Em relação à remoção de sólidos totais, durante a II etapa, foram obtidos percentuais de 19%, 92%, 4% e 75%, respectivamente, às 2º, 4º, 5º, e 6º coletas. Santos *et al* (2006) trabalhando com um reator do tipo UASB, seguido de reator com fungos, e estudando diferentes tempos de detenção hidráulica, alcançaram em seu experimento o maior percentual de remoção de 86,3%, no tempo de detenção de 5h. Na terceira etapa os percentuais obtidos foram 19%, 40%, 62%, 47%, 46%, 17%, respectivamente para ciclos 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Notou-se, no segundo ciclo, grande concentração de sólidos, justificada pela lavagem da fábrica no dia anterior à coleta.

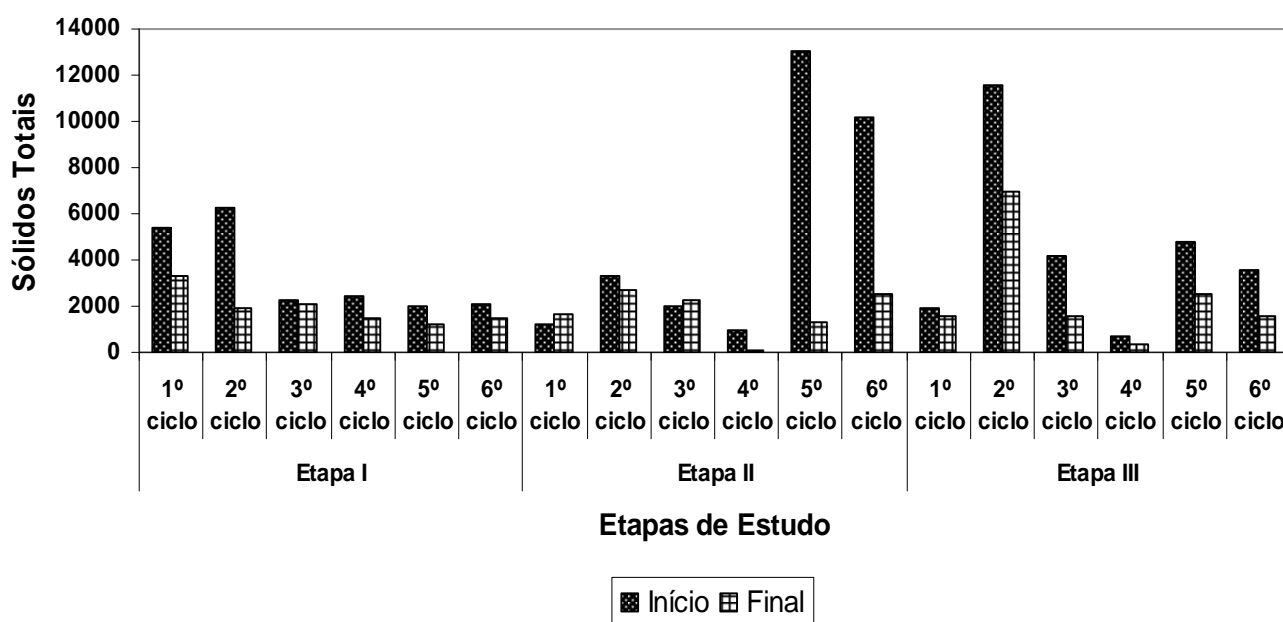


Figura 5: Variação da concentração de Sólidos totais durante as etapas I, III e III.



CONCLUSÕES

O estudo mostrou que foram alcançados excelentes resultados na remoção de fenóis nas Etapas I e II, de 96% e 94% respectivamente. Porém, com o aumento da concentração de glicose para 5g/L na Etapa III foi observada diminuição acentuada do percentual de remoção de fenóis para 64%, sendo que nesta etapa, foram registradas as melhores eficiências de remoção de matéria orgânica, o que possivelmente está relacionado principalmente, à remoção de compostos oriundos da degradação da glicose e em menor grau de compostos fenólicos, cuja assimilação teria sido reprimida pelo excesso de glicose no meio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGOSTINI, T.S.; SANTOS, J. R.; FEITOSA, T. Compostos fenólicos presentes em pedúnculos de caju. In: XVI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1998, Rio de Janeiro. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Rio de Janeiro.
2. APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20^a ed. Washington: American Public Health Association, 1998.
3. ASSAS, N; AYED, L; MAROUNAI, L; HAMDI, M. Decolorization of fresh and stored black olive mill wastewater by *Geotrichum candidum*. *Process Biochemistry* 2008, 38, 361-365.
4. CAI, W; LI, J; ZHANG, Z. The characteristics and mechanisms of phenol biodegradation by *Fusarium* sp. *Journal of Hazardous Materials*, 2007, 148, 38-42.
5. CENTRO DIGITAL DE INFORMAÇÕES SOBRE ENERGIA, AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, disponível em <http://www.guiafloripa.com.br/energia/trivia/parametros_agua.php#fenois>, acesso em 13-05-2009.
6. CONAMA. Resolução Nº 397, DE 03 DE ABRIL DE 2008. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília. 2008.
7. DARMSTADT, E. MERCK. The testing of water. 9th ed. Berlin: MERCK, 1972. 166 p
8. DURÁN, D., *Enzimas lignolíticas in Fungos uma introdução à biologia e tecnologia*. Org: ESPOSITO, E., AZEVEDO, J. L, Caxias do Sul, 2004.
9. FOUNTOULAKIS, M. S.; DOKIANAKIS, S. N.; KORNAROS, M. E. ; AGGELIS, G. G.; LYBERATOS, G. Removal of phenolics in olive mill wastewaters using the white-rot fungi *Pleurotus ostreatus*. *Water Research* 2002, 36, 4735-4744.
10. GARCIA I, JIMENEZ PR, BONILLA JL, MARTIN M, MARTIN MA RAMOS E. Removal of phenol compounds from olive mill wastewater using *Phanerochaete chrysosporium*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus* and *Geotrichum candidum*. *Process Biochemistry* 2000;35:751-8.
11. 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.
12. GRIFFIN, D.H. (1994). *Fungal Physiology*. Wiley-Liss, New York.
13. RODRIGUES, K. A. Uso de reator biológico com fungos para remoção de fenol de uma água residuária sintética. 2006. 144p. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
14. 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*, v. 9 n° 1 – jan/mar 2004, 73-81.
15. SAMPAIO, G. M. M. S. Remoção de metil paration e atrazina em reatores com fungos. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo). São Carlos, 2005.
16. SANTOS, E. M. A., SAMPAIO, G. M. M. S., LEITÃO, R. C., FACÓ, A. M., MENEZES, E. A, SANTAELLA, S. T. Influência do tempo de detenção hidráulica em um sistema UASB seguido de um reator biológico com fungos para tratar efluentes de indústria de castanha de caju. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 2 n° 1 – jan/mar 2004, 39-45.
17. SANTAELLA, S. T. et al. Emprego de fungos para tratamento biológico dos efluentes da indústria de beneficiamento de castanha de caju. VI SIBESA. Vitória-ES. 2004.
18. SANTOS, V.L.; MONTEIRO, A.S.; BRAGA, D.T.; SANTORO, M.M. Phenol degradation by *Aureobasidium pullulans* FE13 isolated from industrial effluents. *Journal of Hazardous Materials*, 2008.
19. PINHEIRO, Z.B; DAMASCENO, E.P.; SILVA, G.M. M; RODRIGUES, K; SAMPAIO, G.M.M.S. Degradação de fenol por *Aspergillus niger* AN400 em reatores em batelada. II CONNEPI João Pessoa-PB 2007.