

DESCOLORAÇÃO DE EFLUENTE TÊXTIL SINTÉTICO EM REATOR UASB SEGUIDO DE ADSORÇÃO EM BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

ECOLORIZATION OF TEXTILE EFFLUENT WITH UASB REACTOR FOLLOWED BY SYNTHETIC ADSORPTION IN BAGASSE OF SUGAR CANE

Vinicius Masquetti da Conceição¹
Flavio Bentes Freire²

Resumo. O Presente trabalho analisou o tratamento de um efluente têxtil sintético contendo o corante azul índigo por meio de um reator UASB com volume de 1 L, seguido por uma unidade de adsorção. Como materiais adsorventes foram avaliados o carvão ativado e o bagaço de cana-de-açúcar. O monitoramento do sistema foi verificado pelos seguintes parâmetros: pH, alcalinidade, ácidos voláteis, DQO, e remoção de cor verdadeira. O reator UASB apresentou uma remoção de DQO e cor verdadeira, da ordem de 84 % e 69 %, respectivamente. A remoção de cor utilizando o bagaço de cana-de-açúcar como material adsorvente alternativo foi de 85 %, na condição de 30 g de adsorvente por litro de efluente, e duração total do ensaio de 360 minutos. Os resultados demonstraram que, nas condições estudadas, o sistema composto por reator UASB seguido de unidade adsorção com bagaço de cana foi efetivo na remoção de matéria orgânica e cor verdadeira do efluente têxtil sintético.

Palavras-chave. Reator UASB. Efluente têxtil. Remoção de cor. Bagaço de cana-de-açúcar.

Abstract. The present work examined the treatment of a synthetic textile effluent containing the indigo blue dye through a UASB reactor with volume of 1 L, followed by a unit of adsorption. As adsorbent materials were evaluated the activated charcoal and bagasse of sugar cane. The monitoring system has been verified by the following parameters: pH, alkalinity, volatile acids, COD, and removal of true color. The UASB reactor

¹ Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Hidráulica e Saneamento (SHS/USP). Av. Trabalhador São Carlense, 400 – Centro – CEP: 13.566-590 – Caixa Postal 359 – São Carlos/SP. E-mail: viniciusmasquetti@hotmail.com. Autor correspondente.

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Construção Civil (DACOC/UTFPR). Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 4900 - Campo Comprido, Curitiba/PR - CEP: 80.230-901. E-mail: flaviofreire@utfpr.edu.br

presented a COD removal and true color, to the tune of 84 % and 69 %, respectively. Removing color using bagasse of sugar cane as alternative adsorbent material was of 85 %, on the condition of 30 g of adsorbent per litre of effluent, and total duration of 360 minutes. The results showed that, under the conditions studied, the system composed of UASB reactor followed by adsorption unit with bagasse was effective in removing organic matter and true color of synthetic textile effluent.

Keywords. UASB Reactor. Textile effluent. Removal of color. Bagasse of sugar cane.

INTRODUÇÃO

As indústrias têxteis são geradoras de um grande volume de despejos aquosos altamente poluidores por conterem elevada carga orgânica, cor acentuada, salinidade e diversos compostos tóxicos a flora e fauna aquática.

Diversos problemas são inerentes às características dos efluentes têxteis, especialmente a dificuldade de remoção, no tratamento, da cor intensa causada pela presença de corantes oriundos dos processos de tingimento e acabamento (Chaves, et al. 2008).

Para CETESB (2009), o estabelecimento de normas ambientais restritivas e a criação de mercados cada vez mais competitivos vêm exigindo que as empresas sejam mais eficientes, do ponto de vista produtivo e ambiental, ou seja, o aumento da produção industrial deverá estar aliado a um menor gasto com insumos e matérias-primas e, ainda, menor geração de poluentes. Consta-se no setor têxtil que, além do destaque econômico, as indústrias também são reconhecidas pelo elevado consumo de água e pela geração de efluentes perigosos.

Vários tipos de corantes (naturais, reativos, ácidos, catiônicos, dentre outros) podem ser utilizados na indústria têxtil, principalmente nas etapas de tingimento e lavagem. Essas substâncias se configuram em uma importante parte dos problemas de poluição, uma vez que se estima que 50% da quantidade aplicada às fibras dos tecidos não se fixam a elas, formando posteriormente as águas residuárias (Harrelkas et al. 2009). Além do caráter tóxico, efluentes com elevada cor absorvem a luz nos corpos receptores, interferindo no equilíbrio dos ecossistemas aquáticos (Alinsafi et al. 2006).

Segundo Guaratini & Zanoni (2000), estima-se que atualmente 2.000 tipos de corantes estão disponíveis para a indústria têxtil. Essa diversidade é justificada, uma vez que cada tipo de fibra a ser colorida requer corantes com características próprias e bem definidas.

Os corantes indigóides, por exemplo, são os de maior utilização na indústria têxtil, com aplicações também na indústria de papel e celulose e indústria alimentícia. Os indigóides possuem uma estrutura molecular complexa, o que os tornam mais estáveis quimicamente e mais resistentes aos processos de biodegradação e remoção mais comumente utilizados para o tratamento de efluentes (Chaves, et al. 2008).

Inúmeras alternativas de tratamento para estes efluentes já foram reportadas na literatura (Shaw et al. 2002; Chakraborty et al. 2005; Silva Filho e Alves, 2008; Salgado et al. 2009; Rodrigues et al. 2010). Vale destacar que, em escala real, dificilmente uma unidade isolada cumprirá os restritos níveis de descarga exigidos pelas legislações, sendo necessário o desenvolvimento de sistemas, geralmente com várias unidades. Nessas situações, a principal característica é a complementação entre os pontos fortes e deficiências de cada componente, permitindo resultados mais efetivos (Freire et al., 2008).

O desenvolvimento de novas tecnologias adequadas para o tratamento de efluentes tem sido objeto de grande interesse nos últimos anos em decorrência do aumento da conscientização ambiental da população. Entre as principais técnicas disponíveis na literatura para a descoloração das águas de rejeito, envolvem principalmente processos de adsorção, precipitação, degradação química, eletroquímica e fotoquímica, biodegradação entre outros (Guaratini e Zanoni, 2000).

De acordo com Assadi et al., (2001), para efluentes têxteis, em adição ao tratamento biológico, métodos físicos e químicos são também utilizados para remoção de substâncias corantes.

Nesse tema, os processos biológicos anaeróbios (Santos et al., 2004; Haroun et al., 2009) têm sido priorizados, em relação aos aeróbios (Alinsafi et al. 2006), em função das vantagens como a menor geração de lodo, menor demanda de energia e menores custos operacionais, muito embora tenham sido realizados estudos que levam em consideração a associação anaeróbio/aeróbio (Kapdan e Alparslan, 2005).

Segundo Freire et al., (2008), os processos biológicos anaeróbios envolvendo reatores com biomassa imobilizada proporcionaram um grande avanço no tratamento das mais diversas substâncias poluentes, principalmente por possibilitarem a retenção de biomassa dentro do sistema, aumentando a relação entre o tempo de retenção celular e o tempo de detenção hidráulica (TDH). Dessa forma, além de minimizar a perda de biomassa no efluente, essa técnica permitiu que fossem aplicados TDH reduzidos, e consequentemente, que reatores com volumes menores fossem projetados.

Entre as principais configurações de reatores anaeróbios utilizados no tratamento de rejeitos doméstico e industrial, destacam-se os reatores tipo UASB ("Upflow Anaerobic

Sludge Blanket"). A utilização dos reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB) foi amplamente difundida no Brasil a partir de 1970. Nos reatores UASB, a biomassa cresce dispersa no meio, e não aderida a um meio suporte especialmente incluído, como no caso dos filtros biológicos percoladores ou filtros anaeróbios (Von Sperling, 2005).

Dentre os principais processos físicos empregados na remoção de substâncias corantes, destaca-se a adsorção, um fenômeno de transferência de massa de um soluto (adsorbato), presente em uma fase fluida, para a superfície porosa de uma fase sólida (adsorvente), através de interação física ou química das moléculas do soluto com a superfície do adsorvente (sólido). O soluto adsorvido permanece na superfície porosa do sólido, onde, termodinamicamente, apresenta uma menor energia livre de Gibbs (Araújo, 2002).

Uma das características mais importantes de um adsorvente é a quantidade de substância que possa acumular ou possa ser retirada da superfície do mesmo (Oscik e Cooper, 1982).

Um dos adsorventes mais empregados em operações de adsorção é o carvão ativado. O carvão vegetal, por exemplo, é obtido da queima da madeira, ou seja, uma atividade que também acarreta a degradação ambiental. Considerando que a queima do carvão é de certa forma inevitável, pelo menos na Índia, em virtude das usinas de geração de energia, Rao e Rao (2006) estudaram o tratamento de efluente têxtil por adsorção juntamente nas cinzas geradas no processo, comparando respectivamente. No entanto, tal iniciativa pode ser considerada até um "paliativo", e a busca por materiais adsorventes alternativos, que sejam provenientes de atividades menos agressivas, se tornam uma necessidade das pesquisas relacionadas com o assunto.

O bagaço de cana-de-açúcar é um resíduo proveniente da moagem da cana nas usinas de produção de açúcar e álcool. Seu reaproveitamento para fins energéticos, dentro da própria usina, é bastante difundido no meio científico, mas a sua utilização como material adsorvente é ainda recente.

Neste sentido, o presente trabalho teve por finalidade analisar o tratamento de um efluente têxtil sintético contendo o corante azul índigo, através de um reator UASB seguido por unidade de adsorção, onde, além do carvão ativado, foi investigado o bagaço de cana-de-açúcar como material adsorvente, com vista na remoção de matéria orgânica (DQO) e cor.

MATERIAIS E MÉTODOS

Efluente têxtil sintético

A água residuária sintética têxtil utilizada em todos os experimentos do presente estudo, em sua composição original (Nery et al. 2001), teve como ponto de partida a solução utilizada para determinação de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), proposta pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005), e era constituída por nutrientes e três fontes de carbono: glicose, acetato de amônia e metanol. Com pequenas modificações, tais como a introdução de glicose como única fonte de carbono, a composição da água residuária utilizada no estudo é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Componentes da água residuária sintética têxtil.

Composto	Concentração (mg/L)
Glicose	1000
Uréia	62,5
Sulfato de níquel	0,5
Sulfato ferroso	2,5
Cloreto férrico	0,25
Cloreto de cobalto	0,04
Óxido de selênio	0,035
Fosfato de potássio monobásico	42,5
Fosfato de potássio dibásico	10,85
Fosfato de sódio dibásico	16,7
Bicarbonato de sódio	1000
Corante índigo sintético	300

Os valores apresentados na Tabela 1 são baseados em uma concentração de glicose de 1000 mg/L, e Demanda Química de Oxigênio (DQO) também da ordem de 1000 mg/L. Para concentrações de DQO diferentes da estipulada, bastava acrescentar os reagentes na proporção desejada.

Para complementar a água residuária sintética, foi acrescentado o corante Azul Índigo sintético, adquirido em comércio especializado. O corante índigo é um pigmento

azul, extraído de planta homônima (*Indigofera tinctoria*) empregado em larga escala nas indústrias de tecidos do tipo “jeans” (Immich, 2006).

A escolha de um efluente têxtil sintético se deve principalmente ao grande controle das propriedades da solução, e da facilidade de preparação. A manutenção das principais propriedades, tais como a quantidade de matéria orgânica, são importantes para investigações de caráter preliminar.

Além disso, os efluentes reais frequentemente podem conter substâncias extremamente tóxicas e microrganismos de caráter patogênico, o que pode apresentar um risco para os pesquisadores envolvidos.

Operação e monitoramento do reator UASB

O reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB), ilustrado na Figura 1, foi confeccionado em acrílico, com

volume total de 1 L, diâmetro interno de 48 cm e 80 cm de altura, com dispositivos de entrada (afluente) e saída (efluente).

O reator UASB foi operado com uma vazão de 4,5 L/dia sem recirculação, e tempo de detenção hidráulica (TDH) de 5,3 horas. O monitoramento do desempenho do reator tratando o efluente têxtil foi verificado pelos seguintes parâmetros físico-químicos: pH, alcalinidade total, ácidos voláteis, DQO, e remoção de cor verdadeira.

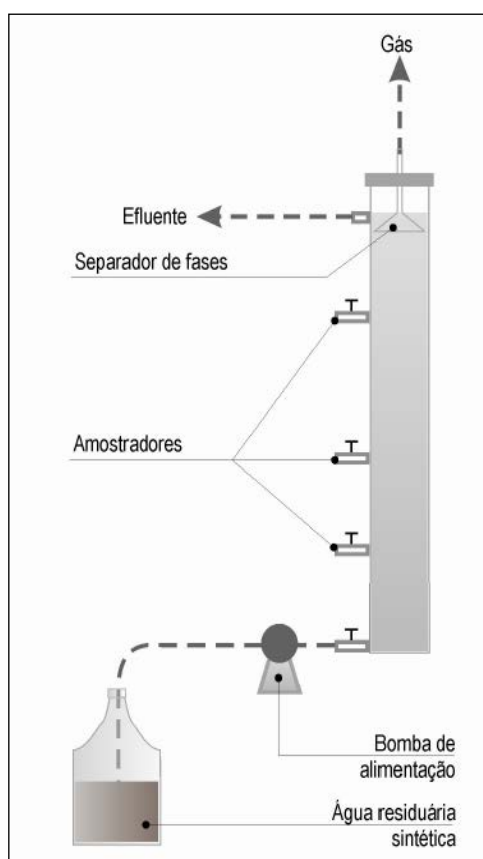


Figura 1. Desenho esquemático do reator UASB.
Fonte: Conceição et al., 2013.

Para que ocorresse maior velocidade de degradação da matéria orgânica no reator UASB, este foi inoculado com lodo anaeróbio, proveniente de um reator RALF da Estação de Tratamento de Esgotos do município de Umuarama/PR, administrada pela companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR.

Inicialmente, o efluente têxtil sintético contendo glicose como fonte única de carbo-

no, foi preparado com uma DQO de entrada de 500 mg/L, e concentração do corante azul índigo de 200 mg/L. Posteriormente com resultados operacionais do UASB mais otimizados, a concentração do corante foi elevada para 300 mg/L.

O efluente era armazenado em um reservatório de aproximadamente 50 L, e transportado para o reator através de bomba

dosadora solenóide Prominent. No início da operação do sistema proposto (três semanas), a alimentação do reator foi feita com vazões extremamente reduzidas (2,5 L/dia), para que ocorresse a adaptação da biomassa ao substrato fornecido, e posteriormente elevado para 4,5 L/dia, e TDH de 5,3 horas. Após passar pelo UASB, a água residuária era coletada em um reservatório de saída.

As análises físico-químicas foram realizadas em amostras coletadas na entrada (afluente) e na saída (efluente) do reator UASB, para verificação da eficiência global do sistema. O monitoramento do desempenho do UASB foi realizado pelos seguintes parâmetros físico-químicos: pH, alcalinidade, ácidos voláteis, DQO, e remoção de cor.

O efluente do UASB era então conduzido para a unidade de adsorção, para a continuidade do tratamento.

Os procedimentos e análises experimentais foram desenvolvidos no Laboratório de Poluição e Saneamento do Departamento de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá (DTC/UEM). As metodologias de análises e procedimentos necessários para coleta e preservação das amostras obedeceram aos padrões descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

Materiais adsorventes

O emprego do carvão ativado em processos de adsorção para tratamento de efluentes é bastante difundido na literatura. Em função dessas características, este material foi escolhido para servir de comparação com o bagaço de cana, adsorvente alternativo, proveniente da moagem da cana nas usinas de produção de açúcar (em seus mais variados tipos) e do álcool (anidro e hidratado). O bagaço é utilizado dentro da própria usina como fonte energética através

da sua queima, mas a sua utilização como material adsorvente é ainda recente.

Ensaio de adsorção

Os ensaios de adsorção foram realizados em um equipamento *Jar test*, marca Nova Ética, modelo 218-6LDB, com capacidade para 6 ensaios simultâneos.

Para o carvão ativado, foi selecionado através de peneiramento, partículas com diâmetros de aproximadamente 2 mm, e após, submetido à secagem em estufa, por um período de 12 horas a uma temperatura de 60 ± 2 °C.

A preparação do bagaço de cana foi realizada através de tratamento químico, onde o mesmo foi utilizado na forma tritura-da, e submetido a banho de solução de HCl, na concentração de 0,100 mol/L, para a remoção das impurezas contidas na superfície do bagaço, permitindo assim, melhor desempenho na adsorção do corante.

Para cada adsorvente, foram realizados quatro ensaios simultâneos em batelada, para as massas pré-determinadas de adsorvente de 70, 100, 150 e 200 g (carvão ativado), e 10, 15, 20 e 30 g (bagaço de cana-de-açúcar) em contato com 1000 mL de efluente em cada recipiente. Os jarros (com capacidade para 2,5 litros) foram submetidos a uma velocidade de rotação constante de 120 rpm, e uma duração total do ensaio de 6 horas, sendo que alíquotas do efluente foram retiradas a cada 120 minutos (com agitação temporariamente desligada), para a leitura de remoção de cor.

As amostras de cada recipiente foram centrifugadas por um período de 5 min, a uma velocidade constante de 2500 rpm em centrífuga MTD III PLUS, para a separação da parte sólida do sobrenadante, que posteriormente foi conduzido para as leituras de cor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

de DQO afluente e efluente, para o período estudado, é apresentado na Figura 2.

Desempenho do reator UASB

Os dados obtidos para o desempenho do reator UASB em termos de concentração

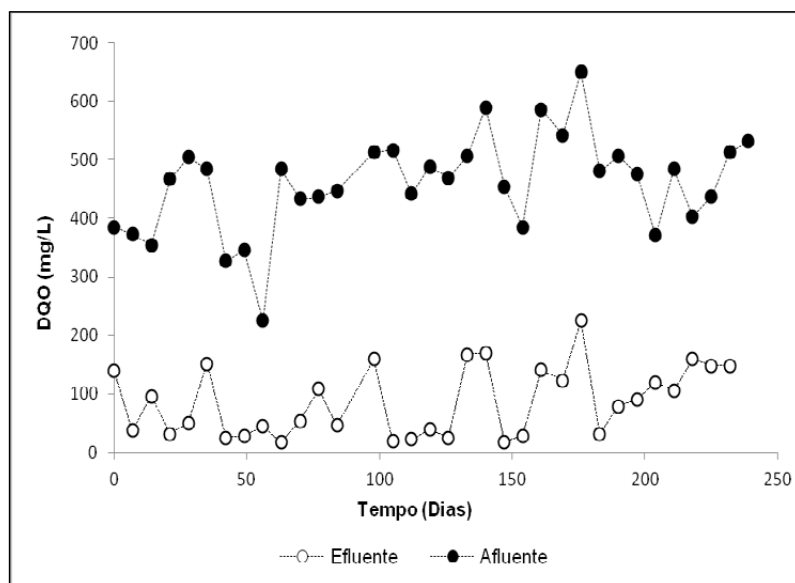


Figura 2. Variação temporal dos valores de DQO afluente e efluente no UASB.

No período de operação do reator UASB tratando o efluente têxtil sintético (Figura 2), foi obtida uma DQO afluente média de 461,24 mg/L com um desvio padrão de 88,51 mg/L, bem próximo do valor previamente estipulado de 500 mg/L. A DQO

efluente média para o mesmo período foi de 88,41 mg/L, demonstrando considerável nível de remoção para este parâmetro.

Os dados da eficiência na remoção de DQO pelo reator durante o período de operação é apresentado na Figura 3.

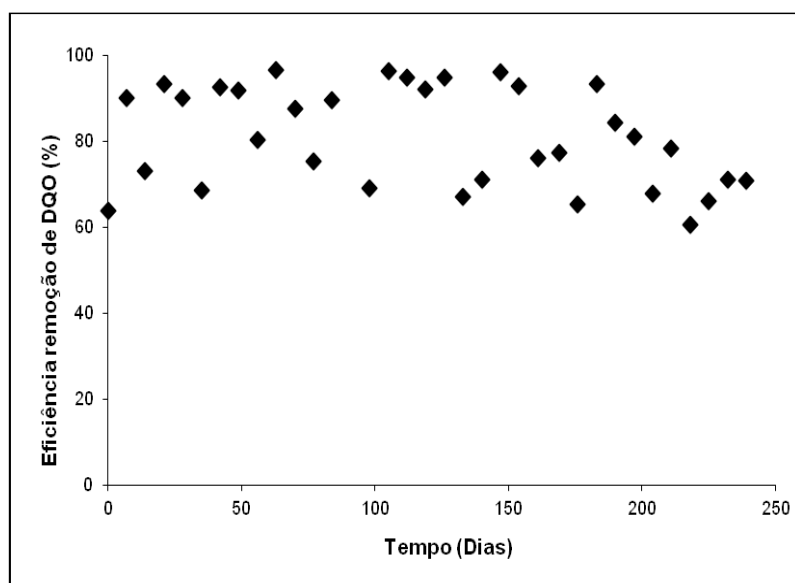


Figura 3. Eficiência de remoção de DQO no reator UASB.

Analisando os dados da Figura 3, constata-se que a eficiência média de remoção de DQO no UASB durante todo o período de observação foi de 81,2 %, com picos de até 96,4 %. Pode-se verificar desta forma, que o reator UASB tratando o efluente têxtil sintético contendo o corante azul índigo, apresentou efetiva remoção de matéria orgâ-

nica na forma de DQO, similar aos valores reportados na literatura para reatores UASB tratando esgoto sanitário, por exemplo (Von Sperling, 2005).

A Figura 4 apresenta a variação temporal dos valores afluente e efluente obtidos do monitoramento do reator UASB para o parâmetro de alcalinidade total.

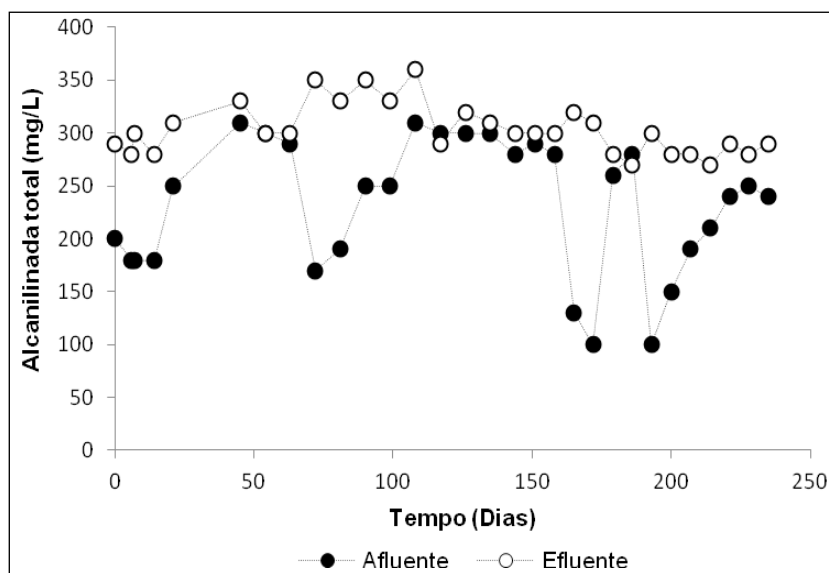


Figura 4. Variação temporal da concentração de alcalinidade total afluente e efluente do UASB.

A alcalinidade total média no afluente, para o período estudado, foi de 225 ± 56 mg/L, e para o efluente de 307 ± 23 mg/L, demonstrando que houve efetivo aumento na geração de alcalinidade.

A geração de alcalinidade ao longo do processo anaeróbico, como se observa na Figura 4, é um bom indício de estabilidade. Os valores maiores no efluente que no afluente representam que a remoção de ácidos voláteis do sistema foi efetiva.

Nos fundamentos da digestão anaeróbia há complexas reações bioquímicas, algumas delas com geração e outras com consumo de ácidos. Nos reatores, o acúmulo de ácidos orgânicos voláteis indica desbalanceamento entre as velocidades de consumo de matéria orgânica, realizado pelos diferentes tipos de bactérias. A “harmonia” entre esse consumo de matéria orgânica

é responsável pelo desempenho adequado do sistema de tratamento anaeróbico. Quando a concentração de ácidos voláteis se torna muito elevada, ou melhor, quando não existe mais efeito tampão devido à ausência de alcalinidade a bicarbonato, há probabilidade de ocorrência de problemas graves com o sistema de tratamento, devido à diminuição do pH.

Os valores encontrados foram bem próximos aos apresentados em Freire et al. (2008), que utilizaram a mesma água residuária sintética (sem adição do corante) para a realização de estudos em um reator de leito fluidificado. Essa estabilidade também pode ser verificada ao se analisar os valores do monitoramento dos parâmetros de ácidos voláteis (Figura 5) e do pH (Figura 6) afluentes e efluentes do UASB.

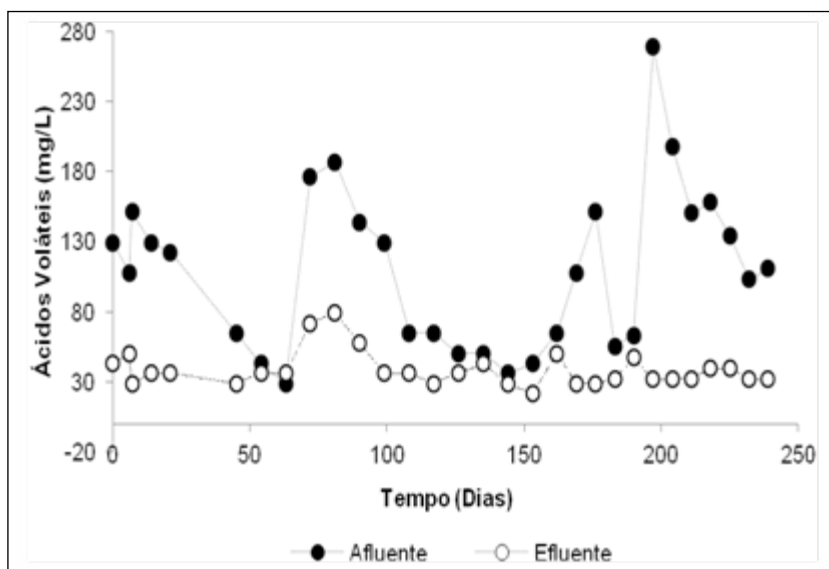


Figura 5. Variação temporal da concentração de ácidos voláteis afluente e efluente no UASB.

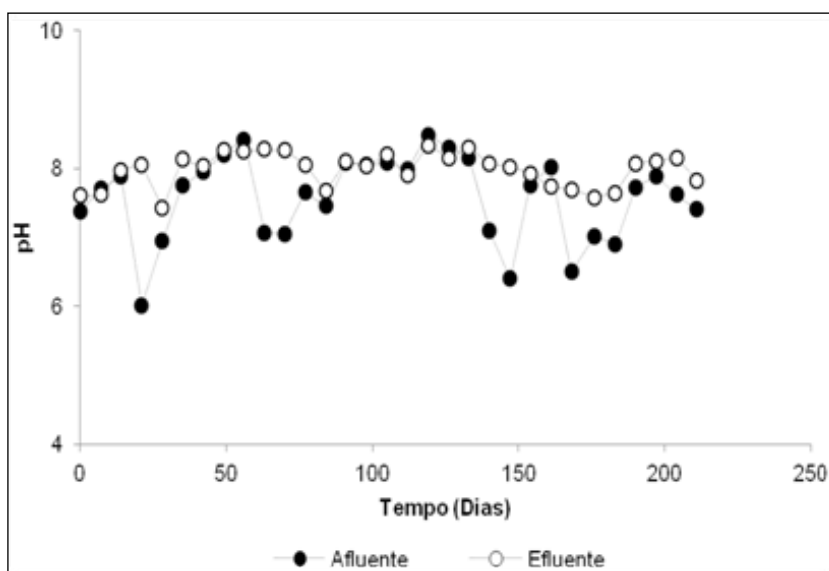


Figura 6. Variação temporal dos valores de pH afluente e efluente no UASB.

Para o monitoramento de ácidos voláteis (Figura 5), os valores médio afluente e efluente no UASB, foram de $109,73 \pm 57$ mg/L e $38,67 \pm 12$ mg/L, respectivamente.

A média dos valores de pH afluente e efluente no reator, conforme pode-se observar na Figura 6, foram de 7,6 e 8,0, respectivamente, indicando efetivamente a ocorrên-

cia de consumo de ácidos voláteis e geração de alcalinidade nas reações bioquímicas dentro do UASB.

Todos os bons resultados obtidos dos parâmetros de monitoramento do reator, também pode ser observado pela eficiência de remoção de cor pelo reator, conforme apresentado na Figura 7.

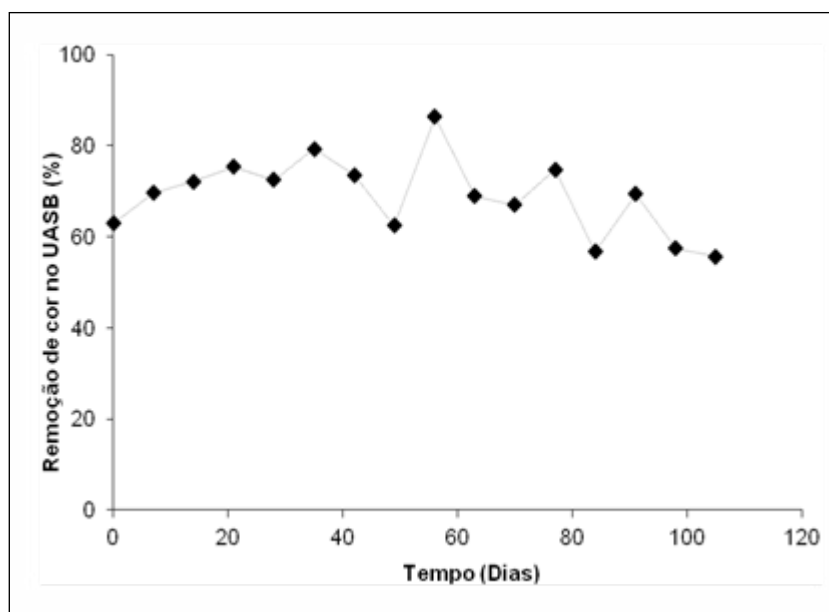


Figura 7. Variação temporal dos valores de remoção de cor no UASB.

O corante azul índigo foi introduzido na água residuária sintética a partir do quarto mês de operação do reator. Obteve-se uma eficiência média na remoção do mesmo da ordem de $69 \pm 8 \%$, com picos de até 86 %.

Constata-se que, nas concentrações estudadas, não houve qualquer efeito inibitório do corante sob a biomassa. Em função de a literatura informar que os processos anaeróbios não são efetivos na remoção de cor de efluentes (Cunico et al., 2009), é provável que parte dessa remoção apresentada pelo UASB em estudo tenha sido pro-

veniente de adsorção do corante na própria biomassa.

DESEMPENHO DAS UNIDADES DE ADSORÇÃO

Carvão ativado

Os valores obtidos através da leitura de absorbância para a estimativa de remoção de cor, e a eficiência final de remoção para os ensaios de adsorção utilizando o carvão ativado como adsorvente, nas massas de 70, 100, 150, e 200 gramas, estão apresentados na Tabela 2 e na Figura 8, respectivamente.

Tabela 2. Valores de absorbância e eficiência final de remoção de cor obtidos no ensaio de adsorção utilizando carvão ativado para as massas de 70, 100, 150 e 200 g.

Tempo (min)	M1 70 g	M2 100 g	M3 150 g	M4 200 g
0	0,249	0,249	0,249	0,249
120	0,011	0,012	0,011	0,003
240	0,004	0,008	0,003	0,002
360	0,003	0,001	0,001	0,001
Ef. (%)	99	99,6	99,6	99,6

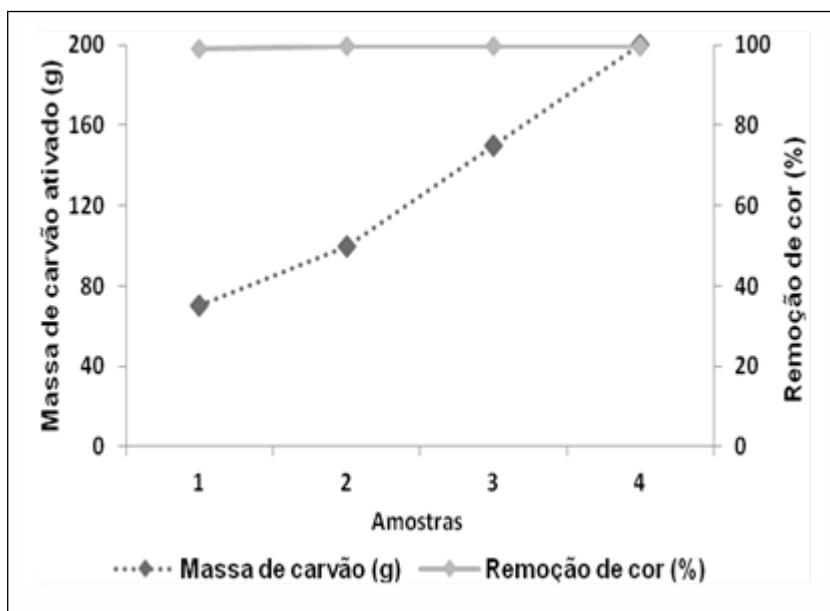


Figura 8. Remoção de cor utilizando carvão ativado para as massas de 70, 100, 150 e 200 g.

Analisando os dados obtidos para o ensaio de adsorção utilizando carvão ativado na remoção do corante azul índigo sintético na Tabela 2 e Figura 8, pode-se observar que as maiores massas de adsorvente (100, 150 e 200 g) proporcionaram os maiores valores de remoção de cor.

Observa-se também que o equilíbrio de remoção do corante foi atingindo nos primeiros 120 min de duração do ensaio, consequentemente, obteve-se praticamente valores iguais de eficiência para as quatro massas de carvão analisadas.

Os valores obtidos no estudo corroboram o bom desempenho do carvão ativado na remoção de cor de efluentes têxteis.

Bagaço de cana-de-açúcar

Na Tabela 3 a seguir são apresentados os resultados de absorvância obtida através do ensaio de adsorção utilizando o bagaço de cana-de-açúcar, e a eficiência final de remoção de cor, para as massas de 10, 15, 20 e 30 g. Uma comparação entre as massas de adsorvente utilizado, e suas respectivas eficiências na remoção de cor, é apresentada na Figura 9.

Tabela 3. Valores de absorvância e eficiência final de remoção de cor obtidos no ensaio de adsorção utilizando bagaço de cana para as massas de 10, 15, 20 e 30 g.

Tempo (min)	M1 10 g	M2 15 g	M3 20 g	M4 30 g
0	0,282	0,282	0,282	0,282
120	0,189	0,170	0,147	0,130
240	0,135	0,138	0,120	0,096
360	0,085	0,066	0,056	0,041
Ef. (%)	70	77	80	85

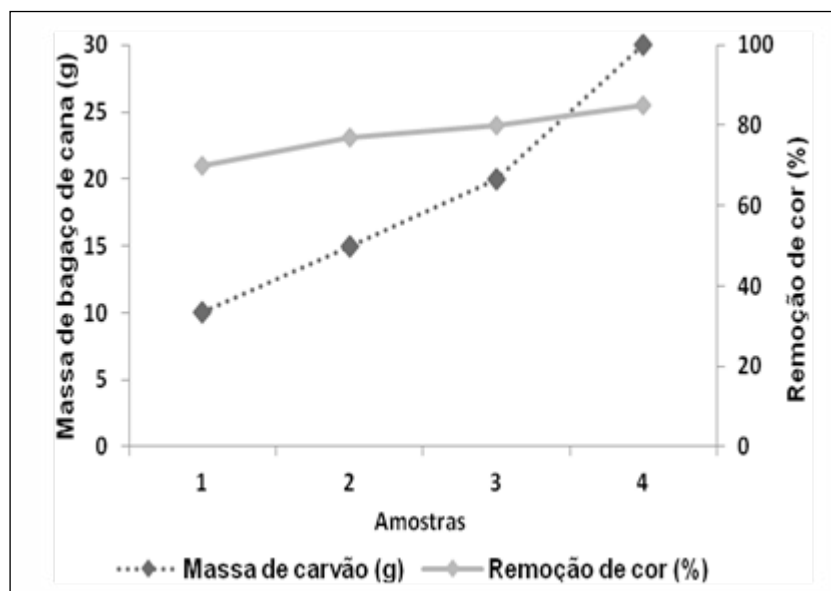


Figura 9. Remoção de cor utilizando bagaço de cana para as massas de 10, 15, 20 e 30 g.

No ensaio utilizando o bagaço de cana como material adsorvente alternativo ao carvão ativo, a configuração ótima foi obtida com as massas de 20 e 30 g de bagaço triturado, resultando em uma eficiência de remoção de cor da ordem de 80 % e 85%, respectivamente, o que evidencia o ótimo potencial adsorvente deste material. Os melhores valores de remoção de cor foram obtidos a partir do tempo de 240 min de duração do ensaio.

Pode-se presumir, diante dos resultados obtidos constantes na Figura 9, que a utilização de valores maiores de massas do adsorvente proporcionaria resultados ainda mais efetivos, até certo limite, pois se espera que, quanto maior for a área de contato entre o adsorvente e o adsorbato (corante), maiores serão os valores de remoção de cor pelo processo de adsorção.

Remoções de cor de até 85% advindas de um resíduo gerado em grande volume pelas usinas de açúcar e álcool indicam a importância da continuidade dos estudos que investiguem a utilização do bagaço de cana em processos de adsorção de efluentes têxteis.

CONCLUSÕES

No período de operação do reator UASB a eficiência média de remoção de DQO foi de 81,2 %. Os valores médios de pH no afluente e efluente foram de 7,6 e 8,0, respectivamente. A geração de alcalinidade no efluente (média de 307 ± 23 mg/L) e afluente (225 ± 56 mg/L) demonstraram boa estabilidade operacional do reator UASB, como pode ser verificado através dos valores de remoção de ácidos voláteis afluente e efluente ($129,6 \pm 11$ mg/L e 40 ± 7 mg/L respectivamente) do sistema foi efetiva.

A introdução do corante azul índigo na água residuária sintética não alterou o desempenho do reator UASB, fato este que pode ser constatado em função da similaridade dos parâmetros de monitoramento. Ainda referente ao reator, verificou-se uma satisfatória remoção de cor, chegando ao valor máximo de 72 %.

Nos ensaios de adsorção com carvão ativado, as maiores eficiências de remoção de cor foram obtidas para as massas de 100, 150, e 200 gramas de adsorvente, respectivamente, sendo possível observar que a estabilidade de remoção do corante foi

atingida nos primeiros 120 min do ensaio de adsorção, com posterior valor de eficiência média de 99,6 % para as massas M2, M3, e M4.

Para os ensaios utilizando o bagaço de cana-de-açúcar, a maior eficiência de remoção foi obtida com a massa de 30 g de adsorvente, respectivamente 85 %.

Os resultados indicam a potencialidade do bagaço de cana com adsorvente alternativo frente ao carvão ativado, na remoção de cor de efluente têxtil. Ressalta-se a importância da utilização do bagaço de cana-de-açúcar em pesquisas relacionadas com o saneamento, uma vez que este é um resíduo proveniente da moagem da cana nas usinas de produção de açúcar e álcool.

REFERÊNCIAS

- ALINSAFI, F. et al. Effect of variability on the treatment of textile dyeing wastewater by activated sludge. *Dyes and Pigments* 69, p. 31-39, 2006.
- APHA. AWWA, WEF. Standard Methods of Examination of Water and Wastewater. 21^a ed. Washington D.C.: *American. Public. Health Association*, 2005.
- ARAÚJO, R.N. Degradação do corante Azul Reativo 19 usando UV; H₂O₂; UV/H₂O₂; Fenton e Foto-Fenton. Aplicação em efluentes têxteis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil. Campinas, 135p., 2002.
- ASSADI, M.M.; JAHANGIRIB, M.R. Textile wastewater treatment by *Aspergillus niger*. *Desalination* 141, p.1-6, 2001.
- CETESB (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL). Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil - Série P+L, 2009.
- CONCEIÇÃO, V.; FREIRE, F. B.; CARVALHO, K. Q. Treatment of textile effluent containing indigo blue dye by a UASB reactor coupled with pottery clay adsorption. *Acta Scientiarum. Technology*, v. 35, n. 1, p. 53-58, 2013.
- CHAKRABORTY, S.; BASU, S.J.K.; DASGUPTA, S. Treatment of a textile effluent: application of a combination method involving adsorption and nanofiltration. *Desalination* 174, p73-85, 2005.
- CHAVES, K.O. et al. Adsorção de Índigo Carmim em biomassas mortas de *Aspergillus niger*. *Rev. Eng. Sanit. Ambient.* v. 13, n. 4, p. 351-355, 2008.
- CHERNICHARO, C.A.L.; VAN HAANDEL, A.; AISSE, M.M.; CAVALCANTI, A.F.F. Reatores anaeróbios de manta de lodo. In: CAMPOS, J.R. (Ed.). Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: PROSAB, cap. 7, p. 155-198, 1999.
- CUNICO, P.; MAGDALENA, C.P.; T. E. M. CARVALHO, T.E.M.; FUNGARO, D.A. Adsorção de corante reativo preto 5 em solução aquosa utilizando cinzas leves de carvão. In: International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo - SP, 2009.
- FREIRE, F. B.; PIRES, E. C.; FREIRE, J. T. Tratamento anaeróbio de pentaclorofenol em reator de leito fluidificado alimentado com água residuária sintética contendo glicose como fonte única de carbono. *Rev. Eng. Sanit. Ambient.* v. 13 (3), p. 339-346, 2008.
- GUARATINI, C.C.I.; ZANONI, M.V.B. Corantes têxteis. *Química Nova*. v. 23, p. 71-78, 2000.
- HAROUN, M.; IDRIS, A. Treatment of textile wastewater with an anaerobic fluidized bed reactor. *Desalination* 237, p.357-366, 2009.
- HARRELKAS, F. et al. Treatment of textile dye effluents using coagulation- flocculation coupled with membrane processes or adsorption on powdered activated carbon. *Desalination* 235, p. 330-339, 2009.
- IMMICH, A.P.S. Remoção de corantes de efluentes têxteis utilizando folhas de *Azadirachta indica* como adsorvente. Dissertação

- (Mestrado em Engenharia Química), Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 119p., 2006.
- KAPDAN, I.K.; ALPARSLAN, S. Application of anaerobic-aerobic sequential treatment system to real textile wastewater for color and COD removal. *Enzyme and Microbial Technology*, 36, p.273–279, 2005.
- NERY, V.; DAMIANOVIC, M. H. R. Z.; BARROS, F. G. The use of upflow anaerobic sludge blanket reactor in the treatment of poultry slaughterhouse. *Water Science and Technology*, v. 44. 2001.
- OSCIK, J.; COOPER, I.L. Adsorption. John Wiley & Sons, 1982.
- RAO, V.V.B.; RAO, R.M. Adsorption studies on treatment of textile dyeing industrial effluent by flyash. *Chemical Engineering Journal* 116, p.77–84, 2006.
- RODRIGUES, et al. Viabilidade do tratamento de água residuária sintética têxtil em reator aeróbio de leito fixo. *Rev. Eng. Sanit. Ambient.* v.15 (1), p.99-106, 2010.
- SALGADO et al. Descoloração de efluentes aquosos sintéticos e têxtil contendo corantes índigo e azo via processos Fenton e foto-assistidos (UV e UV/H₂O₂). *Rev. Eng. Sanit. Ambient.* v.14 (1), p. 1-8, 2009.
- SANTOS, A.B. et al. Effect of different redox mediators during thermophilic azo dye reduction by anaerobic granular sludge and comparative study between mesophilic (30 °C) and thermophilic (55 °C) treatments for decolourisation of textile wastewaters. *Chemosphere* 55, p.1149–1157, 2004.
- SILVA FILHO, E.B.; ALVES, M.C.M. Estudo sobre a utilização da lama vermelha para a remoção de corantes em efluentes têxteis. *Química Nova*, Vol. 31 (5), p985-989, 2008.
- SHAW et al. Anaerobic/aerobic treatment of coloured textile effluents using sequencingbatch reactors. *Water Research*, 36, p1993–2001, 2002.
- VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. v. 1. 1º ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG. 452p, 2005.