



## II-131 - BIORREMEDIAÇÃO DE EFLUENTE SINTÉTICO TÊXTIL POR USO DE FILTRO ANAERÓBIO SEGUIDO POR REATOR BIOLÓGICO COM FUNGOS

**Bárbara Chaves Aguiar Barbosa<sup>(1)</sup>**

Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IF-CE.

**Carla Bastos Vidal**

Tecnóloga em processos químicos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IF-CE.

Mestranda em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará – UFC.

**Glória Maria Marinho Sampaio**

Doutora em hidráulica e saneamento pela escola de Engenharia de São Carlos – USP. Pró-reitora de pesquisa, pós-graduação e inovação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

**Kelly de Araújo Rodrigues**

Doutora em hidráulica e saneamento pela escola de Engenharia de São Carlos – USP. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IF-CE.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Tenente Lisboa, nº2535 - Carlito Pamplona – Fortaleza - Ceará – CEP: 60310195 – Brasil – Tel.: (85) 87777311/ 32360006 – email: barbara.cefetce@gmail.com

### RESUMO

Tendo em vista a crescente degradação dos corpos aquáticos pelo lançamento de esgotos *in natura*, foi desenvolvido estudo sobre tratamento de efluentes de indústrias têxteis, visto que os efluentes gerados por estas possuem alto grau poluidor. O tratamento proposto conjugou dois reatores de escoamento contínuo, sendo um filtro anaeróbio seguido por um reator biológico inoculado com a espécie fúngica *Aspergillus niger* AN400. A alimentação do sistema foi feita com água sintética, sendo 25 mg/L a concentração do corante Vermelho do Congo utilizada. O estudo também avaliou o comportamento do reator com fungos sob a variação da adição de co-substrato e o tempo de detenção hidráulica, que passou de 6 h para 8 h. Para monitoramento do sistema foram acompanhadas as seguintes variáveis: demanda química de oxigênio (amostra bruta e filtrada), corante, pH, cor real e cor aparente nos dois reatores, sendo também analisadas alcalinidade e ácidos graxos voláteis no filtro anaeróbio. Também foram feitos testes estatísticos para comprovação dos resultados encontrados quando variadas as condições de operação. Os resultados obtidos foram: 63% para remoção de corante em ambos os reatores, 71% e 72% de remoção média de matéria orgânica bruta, respectivamente para o filtro anaeróbio e reator com fungos. Quanto à remoção de matéria orgânica dissolvida, os percentuais alcançados foram de 57%, para o filtro anaeróbio, e de 73%, para o reator com fungos, sendo a eficiência global do sistema anaeróbio/aeróbio de 76%, para remoção de matéria orgânica da amostra bruta, e de 66,6% para matéria orgânica da amostra filtrada. Deste modo, o tratamento conjugado se apresentou como alternativa viável para diminuição de corante e de matéria orgânica de efluentes têxteis, já que o efluente final atendeu a legislação vigente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água residuária têxtil, reator com fungos, fluxo ascendente, pós-tratamento remoção de corante.

### INTRODUÇÃO

A interferência do homem no meio ambiente vem crescendo amplamente, sendo a busca por atividades geradoras de renda as mais atrativas. Dentro desse contexto, a indústria têxtil se destaca inquestionavelmente (Dos Santos, 2007). Geradora de muitos empregos e renda, a indústria de tecidos também é caracterizada por ser poluidora em potencial, isso porque os efluentes gerados por essas indústrias possuem grandes quantidades de aditivos químicos e grande quantidade de corantes que não se aderem às fibras durante o beneficiamento do tecido, sendo a presença destes a principal característica dessa indústria (Guaratine e Zanoni, 2000).

Característica principal dos efluentes oriundos de indústrias têxteis é a presença de cor, que é conferida pela grande quantidade de corantes eliminada nas etapas de processamento do tecido. O principal agravante dessa característica, nos corpos hídricos receptores, é a interferência da cor sob o processo de fotossíntese dos organismos presentes no meio, já que a maioria dos corantes utilizados por essas indústrias é altamente solúvel



e impede a passagem da luz para a coluna d'água (Georgio *et al.*, 2002; Guaratine e Zanoni, 2000, Vandevivere *et al.*, 1998).

Os corantes utilizados na indústria têxtil são divididos pelo grupo cromóforo existente em sua formulação e de acordo com sua fixação à fibra do tecido, sendo os mais utilizados os da classe azo, caracterizados pelo grupo cromóforo -N=N- (Guaratine e Zanoni, 2000). A preocupação com o destino final dos efluentes que contém esses corantes está na interferência direta que eles causam ao meio ambiente e ao homem, sendo potencialmente cancerígenos e apresentando também propriedades recalcitrantes, daí a necessidade de se tratar os resíduos líquidos gerados por essas indústrias.

Deste modo os tratamentos convencionais utilizados na indústria têxtil, floculação seguida de coagulação, adsorção, carvão ativado, lodos ativados, dentre outros, oferecem soluções dispendiosas e que muitas vezes não apresentam bons percentuais de remoção de impurezas. Os tratamentos físicos e químicos são muito dispendiosos, embora bons percentuais de remoção sejam alcançados, os biológicos apresentam limitações quando utilizados separadamente (Heinfling *et al.*, 1998, *apud* Lima, 2004).

No cenário dos tratamentos biológicos, que atualmente tem expandido sua utilização, a literatura relata que o uso dos mais variados tipos de reatores anaeróbios para a remoção de cor e matéria orgânica de efluentes têxteis tem alcançado grande êxito, principalmente quando seguidos de unidades aeróbias de pós-tratamento, que tem função de remover aminas aromáticas, potencialmente carcinogênicas, formadas a partir da clivagem dos corantes azo, durante o processo anaeróbio (Van Der Zee *et al.*, 2005).

O diferencial do presente estudo está no emprego de fungos no pós-tratamento do efluente gerado pelo filtro anaeróbio. Na perspectiva de estudar o comportamento dos fungos no tratamento de corantes utilizados na indústria têxtil, foi utilizada a espécie *Aspergillus niger* para degradar as aminas aromáticas formadas durante a digestão anaeróbia do corante Vermelho do Congo, que também são de difícil degradação quando avaliada a remoção em tratamentos que utilizam bactérias aeróbias. Os fungos possuem grande potencial para degradar moléculas de alto peso molecular, como por exemplo, em águas residuárias de beneficiamento da castanha de caju (Santos *et al.*, 2006) e de pesticidas (Sampaio, 2005), entre outras. A capacidade dos fungos para reduzir corantes da classe azo está relacionada ao fato desses microrganismos liberarem exoenzimas, tais como peroxidases e fenoloxidasas que atacam os grupamentos das ligações azo (Dos Santos, 2005).

Este estudo experimental teve como objetivo principal a verificação da remoção de corante e matéria orgânica pelo tratamento biológico conjugado filtro anaeróbio/reator biológico com fungos quando utilizando efluente sintético têxtil. Também foi objeto de interesse o comportamento do reator com fungos quando variadas as condições de operação do reator como adição de sacarose (0,5 g/L) e aumento de tempo de retenção hidráulica de 6 h para 8 h.

## METODOLOGIA EMPREGADA

Para desenvolvimento deste estudo foram montados e operados dois reatores biológicos de leito fixo e escoamento ascendente, sendo um filtro anaeróbio e um reator aeróbio, inoculado com *Aspergillus niger* AN400, em escala de bancada, para tratamento da água residuária sintética têxtil. Os reatores foram operados no Laboratório de Tecnologia Ambiental (LATAM) do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFC, situado em Fortaleza-CE.

O experimento foi dividido nas seguintes etapas: cultivo e contagem de esporos de *Aspergillus niger* AN400; montagem e operação do filtro anaeróbio e do reator de leito fixo e fluxo ascendente aeróbio inoculado com fungos. A escolha do Vermelho do Congo foi baseada na facilidade de obtenção do corante, na sua ampla utilização na indústria têxtil e também por apresentar formulação conhecida, apresentada na Figura 1.

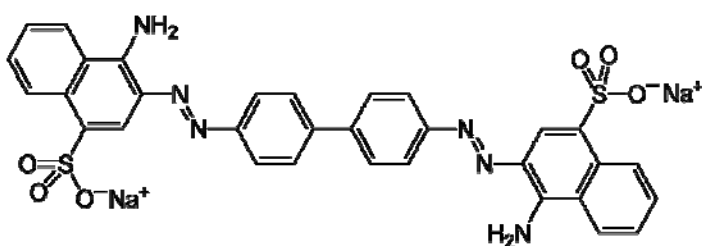


Figura 1 – Estrutura do corante azo Vermelho do Congo.

## 1. Água residuária

O efluente sintético que alimentou o reator anaeróbico foi preparado com água de torneira, acrescida de 0,25 g/L do azo corante Vermelho Congo, macro nutrientes (Tabela 1) e 1 mL de solução contendo micro nutrientes (50 mg/L de  $H_3BO_3$ , 2000 mg/L de  $FeCl_2 \cdot 4H_2O$ , 50 mg/L de  $ZnCl_2$ , 500 mg/L de  $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ , 38 mg/L de  $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ , 90 mg/L de  $AlCl_3 \cdot H_2O$ , 2000 mg/L de  $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ ). Foram utilizados como substrato primário 500 mg/L de sacarose.

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

Composto	Concentração (mg/L)
$NH_4Cl$	280
$K_2HPO_4$	250
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	100
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	10

## 2. Características dos reatores

### • Filtro anaeróbico (FA)

O FA era cilíndrico, com 100 cm de comprimento, construído em polivinil carbono, com volume útil de 4,3 L. O meio suporte utilizado no reator foi espuma de poliuretano, cortada em cubos de 1,5 cm de aresta. A água residuária sintética têxtil foi recalçada através de bomba peristáltica com vazão máxima de 1,6 L/h. A biomassa utilizada no FA foi retirada de um reator UASB da CAGECE (Companhia de águas e esgotos do Ceará), segundo procedimento realizado por Zaiat *et al.* (1996).

Após a imobilização no meio suporte, o lodo foi adicionado manualmente ao FA através da abertura superior do reator, sendo esta posteriormente vedada com CAP de PVC. Em seguida, foi iniciado o recalque da água residuária sintética, mantendo-se as mesmas condições operacionais de carga orgânica volumétrica (COV) e de tempo de detenção hidráulica (TDH) do reator UASB, de onde foi originado o lodo do inóculo. Este procedimento teve o objetivo de minimizar o choque da coleta e transporte do lodo, facilitando sua aclimação.

### • Reator biológico com fungos (RBF)

O reator aeróbico com fungos foi confeccionado em acrílico, com volume total de 5 L, e diâmetro interno de 90 mm e 80 cm de altura. A unidade possuía dispositivos de entrada e saída da água residuária a ser tratada e ainda um dispositivo para entrada de ar, cujo fornecimento foi realizado por mini-compressor de ar. O meio suporte empregado foi manta de polietileno, cortada em quadrados de 2 cm x 2 cm, pesada e acomodada dentro do reator em redes de polietileno. O reator foi alimentado com o efluente do FA, o qual, após a primeira fase de operação, foi acrescido de 0,5 g de sacarose/L.

O cultivo e produção da espécie fugica foi realizado de acordo com os procedimentos descritos em Sampaio (2005). A espécie *Aspergillus niger* AN400 foi cultivada em placas de Petri com meio de cultura Agar Sabouraud Dextrose, acrescido de 1mL da solução de Vishniac por litro de meio de cultura e 0,05 g cloranfenicol /L (antibiótico para minimizar a proliferação das bactérias).

As placas foram mantidas à temperatura de  $\pm 28^{\circ}\text{C}$ , pelo período de sete dias, quando os esporos de *Aspergillus niger* foram removidos das placas com 4 mL solução de Tween 80 e transferidos para tubos de ensaio. Para contagem dos esporos foi preparada uma solução utilizando 50  $\mu\text{L}$  da suspensão, previamente agitada em agitador tipo Vórtex, acrescido de 950  $\mu\text{L}$  de solução Tween 80, resultando em diluição de 1:20. Em seguida, foram transferidos, para uma câmara de Neubauer, 20  $\mu\text{L}$  da solução preparada, onde se procedeu a contagem dos esporos em microscópio óptico. Para o cálculo do número de esporos foi empregada a Equação 1.

$$\text{esporos/mL} = \text{esporos contados} \times \text{diluição} \times 2,5 \times 10^5. \quad [\text{Equação 1}]$$

Para imobilização dos fungos no material suporte, o reator foi preenchido com a manta e, em seguida, com meio de crescimento adaptado de Rodrigues (2006), acrescendo-se 0,05 g cloranfenicol /L. A concentração de inóculo semeada no reator foi de  $2 \times 10^4$  esporos/mL, permanecendo o meio sob recirculação do efluente e com aeração, por 24 h, durante 4 dias, até a formação do biofilme na superfície do material suporte. Após este período, o reator foi operado em regime de escoamento contínuo, sem recirculação, procedendo-se à partida do sistema, quando se iniciou a alimentação com o efluente oriundo do FA.

### 3. Ciclos de Operação

O filtro anaeróbio foi operado com tempo de detenção hidráulica (TDH) constante de oito horas ao longo de todo o experimento. A operação do reator com fungos começou com TDH de 6 h e, posteriormente, com TDH de 8 h, sendo que o tempo de detenção de 6 h foi dividido em duas fases: a primeira sem adição de sacarose (Fase 1) e a segunda com adição de sacarose no afluente (Fase 2). A operação com 8 h continuou com adição de sacarose. Desta forma o sistema operou em dois ciclos, 8 h - 6 h e 8 h - 8 h, respectivamente, para o FA e RBF. Na Figura 2 é mostrado o sistema em operação.



Figura 2 – Sistema Anaeróbio/Aeróbio em operação.

### 4. Variáveis determinadas

Foram determinadas as seguintes variáveis: DQO (amostra bruta e filtrada), pH, corante, cor real e cor aparente. No monitoramento do filtro anaeróbio foram também analisadas alcalinidade e ácidos graxos voláteis. Todas as análises físicas e químicas foram realizadas segundo a metodologia descrita em APHA (1995).



## RESULTADOS OBTIDOS

### • Filtro anaeróbio

A água residuária sintética que alimentou o filtro anaeróbio tinha as características apresentadas na Tabela 2. Essas características, em termos de variáveis físicas e químicas, são, em média, de duas a três vezes menores que as encontradas em efluentes brutos. Essa diferença foi atribuída ao incremento de aditivos utilizados para melhor fixação do corante ao tecido como, fixadores, espessantes, antiestáticos e resinas, dentre outros (Ferreira, 2001).

**Tabela 2 - Características da água residuária sintética que foi utilizada na alimentação do sistema.**

Variável	Valor Médio
DQO Bruta (mg /L)	577 ± 113
DQO Filtrada (mg /L)	469 ± 163
Corante (mg /L)	12 ± 4
Cor real (mg-PT/L )	408 ± 237
Cor aparente (mg-PT/L )	549 ± 182
pH	7,1 ± 0,8

Quanto às remoções alcançadas pelo filtro anaeróbio, foram registrados 9 mg/L de remoção do corante, 352 mg/L e 158 mg/L de matéria orgânica particulada e dissolvida, sendo expressos em termos de DQO . A remoção de cor aparente e real, em termos de porcentagem, foi 58% e 35%, respectivamente.

Em comparação com outros estudos realizados, observou-se que o filtro anaeróbio desta pesquisa teve bom desempenho, como por exemplo, quando comparada a remoção de cor aparente com o experimento desenvolvido por C.T.M.J (2006), onde o autor utilizou reator anaeróbio de leito fluidizado com pós-tratamento em reator aeróbio para o tratamento de efluente têxtil, tendo como objetivo minimizar a toxicidade do corante em meio anaeróbio para depois oferecer pós-tratamento do efluente com bactérias bioluminescentes do gênero *Vibrio fischeri*.

Observou-se que a remoção de cor aparente registrada por aquele autor foi melhor, cerca de 80%, enquanto que nesta pesquisa foi de 58%. Essa diferença de percentuais de remoção pode ser atribuída à presença de outros tipos de corantes na água residuária empregada por C.T.M.J. (2006), que não só os da classe azo, ou seja, em termos de percentual de remoção, os 20% de corante restante no efluente do estudo de C.T.M.J podem ser da classe azo, já que estes são mais difíceis de degradar, deste modo o percentual menor do presente estudo é atribuído à presença exclusiva do corante azo.

Nesta pesquisa, as remoções de corante e de matéria orgânica bruta registradas no efluente do filtro anaeróbio, apresentaram proximidade em seus valores, na maior parte do experimento. Provavelmente, a concentração de matéria orgânica removida do efluente foi oriunda do corante utilizado como substrato, sendo importante mencionar que nos dias em que as remoções de corante e de DQO foram relativamente distantes, pode ter ocorrido à presença de subprodutos como aminas aromáticas que teriam contribuído com o menor percentual de remoção de matéria orgânica registrado nestes dias.

Ainda em relação ao monitoramento do filtro anaeróbio, verificou-se que o pH do afluente do FA permaneceu entre 5,3 e 8,7, sendo que o pH da saída variou de 6,5 a 8,0, . Embora para Speece (1996), a melhor faixa de pH para o desenvolvimento das bactérias metanogênicas varie entre 6,2 e 6,5, nesta pesquisa porém, a maior variação do pH não foi determinante para diminuição dos percentuais de remoção das variáveis acompanhadas. A alcalinidade do afluente foi suficiente para neutralizar os ácidos formados durante o processo de digestão, enquanto a relação AGV/AT, parâmetro importante para acompanhamento de sistemas anaeróbios, foi mantida dentro do recomendado pela literatura (Speece,1996; Chernincharo, 1997; Isik e Esponza, 2004).



Quando houve diminuição do valor pH no reator, eventualmente pela maior produção de ácidos orgânicos, obteve-se diminuição do valor expresso pela relação AGV/AT, com os menores valores de 0,01 e 0,03, fato atribuído ao maior consumo da alcalinidade para neutralização dos ácidos no meio.

Nos dias em que a relação AGV/AT foi superior a 0,3 (14°, 72° e 177° dia), a remoção de matéria orgânica bruta foi boa, 80%, 75% e 88%, confirmando que não há valor ideal fixo para esta relação. Deste modo, comparativamente, quando diminuía a relação AGV/AT e, conseqüente, ocorria aumento da alcalinidade total, foram alcançadas remoções significativas de matéria orgânica bruta. Por exemplo, nos dias em que a relação foi 0,22 e 0,1, os percentuais foram 94 % e 92%, respectivamente. Esses resultados demonstraram que a alcalinidade total do sistema foi suficiente para neutralizar os ácidos formados durante o processo de digestão anaeróbia, e manter assim, o equilíbrio do sistema.

Isik e Esponza (2004), também verificaram que a diminuição da alcalinidade total não influenciou significativamente a remoção da matéria orgânica e da cor quando utilizaram um reator do tipo UASB tratando água residuária sintética têxtil, contendo corante azo Vermelho do Congo (76mg/L), esses autores conseguiram 84% de remoção de DQO bruta e 99% de remoção de cor com a relação AGV/AT em 1,6. Os autores avaliaram a influencia de fonte externa de carbono para o sistema anaeróbio e concluíram que apenas o carbono presente no corante foi suficiente para sua degradação total, porém, a remoção de aminas aromáticas formadas e de matéria orgânica foi influenciada pela adição de glicose, de modo que quanto maior a concentração de glicose, melhores remoções foram alcançadas.

#### • Reator biológico com fungos

A variação das condições operacionais no reator com fungos implicou em diferentes percentuais de remoção (Tabela 3).

Verificou-se que com a adição de 0,5 g/L de sacarose, como fonte primária de carbono, no afluente do RBF, houve melhora significativa dos percentuais de remoção, com aumento de 12% da remoção do corante, 27% de remoção de matéria orgânica dissolvida e 38% de aumento da remoção de matéria orgânica particulada.

**Tabela 3 – Percentuais de remoção alcançados nas diferentes condições de operação do RBF.**

Variável analisada	TDH -6 h		TDH- 8 h
	Sem sacarose	Com sacarose	Com sacarose
	Fase 1	(0,5 g/L) Fase 2	(0,5 g/L)
Corante	62 %	74%	53%
Matéria orgânica bruta (DQO bruta)	46%	84%	71,6%
Matéria orgânica dissolvida (DQO filtrada)	55%	82%	73%
Cor real	-	78%	40%
Cor aparente	-	80%	53%

Os percentuais de remoção de matéria orgânica (amostra bruta e filtrada), cor aparente e cor real se comportaram próximos, podendo-se inferir que o meio suporte utilizado (manta de polietileno) foi ideal para o desenvolvimento da biomassa fúngica e estabelecimento do biofilme, não ocorrendo grande desprendimento de biomassa da superfície suporte.

Assim como neste estudo, Eltaif *et al.*(2008) também avaliaram a influência de substratos primários na eficiência de remoção de cor de água residuária contendo os corantes Índigo e Vermelho do Congo pela espécie *Aspergillus alliaceus*. As fontes de carbono analisadas (glicose, amido, glicerol e lactose) ofereceram aumento na eficiência de remoção da cor, excetuando-se a lactose que não influenciou significativamente as remoções, isso pode ter ocorrido pela não afinidade do microrganismo com o substrato, que mesmo com aumento das concentrações de lactose, não degradou melhor o corante. Na presente pesquisa foi observado aumento nos percentuais de remoção, em termos de remoção de DQO bruta e filtrada (em média 30% de aumento de remoção) e de corante (média de 12% de aumento de remoção), quando se adicionou sacarose ao afluente do RBF, provavelmente pela necessidade dos microrganismos em obter fonte de energia de assimilação mais rápida, percebendo-se que a disponibilidade de carbono no efluente era proveniente do efluente do filtro anaeróbio.



No estudo realizado por Dos Santos *et al.* (2007), os autores observaram que a adição de glicose não interferiu no metabolismo do *Aspergillus niger* quando utilizado no tratamento de efluente têxtil bruto. A glicose foi testada na concentração de 0,5g/L e 0 g/L, em dois reatores de escoamento ascendente. No entanto, os autores concluíram que a adição de glicose não interferiu no alcance de melhores resultados, o que pode estar relacionado ao fato da glicose ter sido adicionada na fase inicial da operação dos reatores, ou seja, quando da fase de adaptação e crescimento dos microrganismos. Assim, com a retirada da glicose, a biomassa, provavelmente, já estava adaptada ao meio e conseguiu degradar o corante mesmo sem adição de fonte externa de carbono.

Diferentemente, nesta pesquisa, foi constatado que a introdução de fonte primária foi determinante no alcance de melhores resultados quanto às remoções de matéria orgânica e corante. Outro aspecto a ser observado é que nesta pesquisa o reator com fungos foi alimentado com efluente oriundo do filtro anaeróbio, possuindo provavelmente aminas aromáticas de difícil degradação (VAN DER ZEE *et al.*, 2005), de modo que não havia qualquer outra fonte de carbono mais fácil de ser assimilada, resultando assim na necessidade da adição da sacarose no afluente.

Na presente pesquisa, também houve variação do tempo de detenção hidráulica do reator com fungos, sendo aumentado de 6 h para 8 h. Foram encontradas remoções inferiores para todas as variáveis quando comparadas ao tempo de 6 h (DQO, corante, cor real e cor aparente).

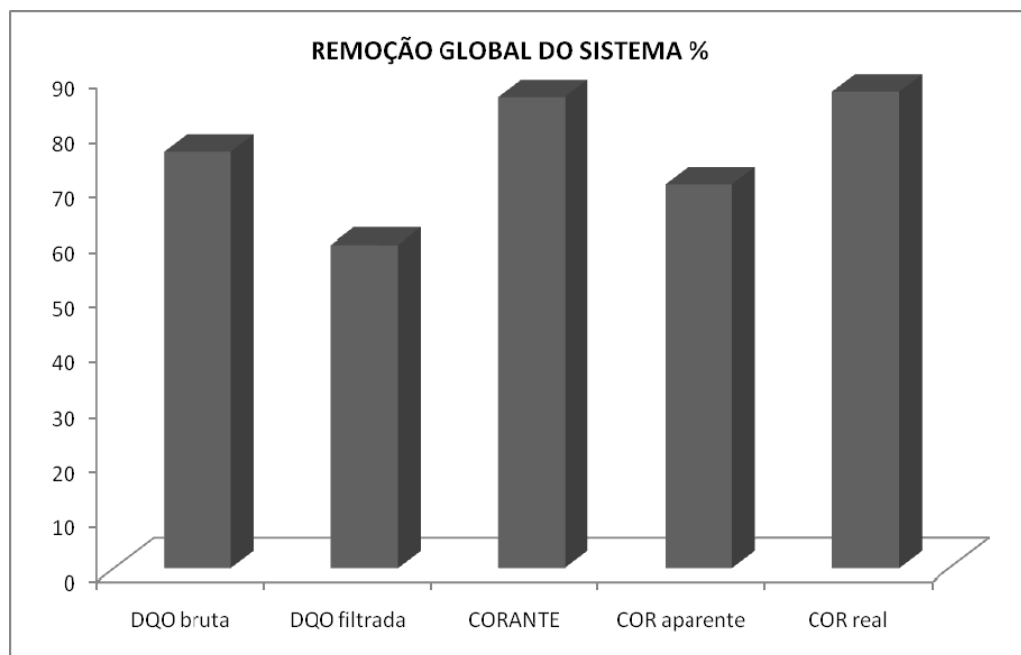
Tunussi e Sobrinho (2003), com TDH de 10 h, ao tratar efluente têxtil de reator UASB, obtiveram diminuição de apenas 50% de cor, ao utilizá-lo como unidade de pós-tratamento em sistema de lodos ativados. Deve-se ressaltar que essa baixa remoção foi atribuída às características da água residuária bruta do estudo daqueles autores. Em comparação com os resultados de Tunussi e Sobrinho (2003), nesta pesquisa, em menor tempo de contato (6 h), os fungos conseguiram alcançar percentuais médios de remoção de DQO bruta superior (84%) ao encontrado por Tunussi e Sobrinho (69%), e remoção média de cor de 78%, indicando ser o uso de fungos em reatores um diferencial para aplicação em tratamentos de águas residuárias, pois o emprego de menor TDH irá se refletir em menor custo operacional.

Em outro estudo que avaliou a espécie fúngica deste trabalho para degradação de compostos da indústria petrolífera, Félix *et al.* (2006) empregaram água residuária de indústria petrolífera em reator de fluxo contínuo inoculado com *Aspergillus niger* e tiveram as melhores remoções médias de matéria orgânica total (79%) quando o reator foi operado com TDH de 8 h, enquanto que neste estudo, para TDH de 8 h, a remoção média de matéria orgânica total foi de 71,6%, e ao trabalhar com TDH de 6 h, foi alcançado 84% de remoção de matéria orgânica total, sendo então, indicativo de que no presente estudo, o menor tempo de contato com os microrganismos proporcionou melhores resultados.

#### • Sistema conjugado

Os percentuais de remoção média de matéria orgânica, em termos de DQO, alcançadas no sistema FA/RBF, foram de 76% (amostra bruta), 59% (amostra filtrada), tendo-se registrado ainda 86% de remoção de corante e de 87% e 70%, respectivamente de cor real e aparente (Figura 3). Esses percentuais apontam para o bom funcionamento do sistema proposto.

O efluente final do tratamento sequencial da presente pesquisa atendeu os padrões da legislação vigente (Resolução CONAMA 397/2008), com valores de cor verdadeira e pH dentro dos padrões para lançamento. É de relevante importância ambiental o resultado obtido nesta pesquisa, visto que o interesse na preservação do meio ambiente, em especial dos corpos hídricos, é o impulsionador desta pesquisa. Esses resultados apontam para utilização do sistema proposto em escala real, a fim de minimizar os impactos causados pelas indústrias têxteis. Na Figura 3 são apresentados os valores de remoção das variáveis estudadas para o sistema sequencial (anaeróbio/aeróbio).



**Figura 8 - Percentual de remoção global do sistema filtro anaeróbio/reator biológico com fungos para as variáveis: matéria orgânica bruta, matéria orgânica dissolvida, corante, cor aparente e cor real no TDH 8 h – 6 h.**

## CONCLUSÃO

-A conjugação dos tratamentos biológicos para remoção de matéria orgânica, corante, cor real e aparente em efluentes têxteis mostra-se viável, ressaltando-se o papel importante desempenhado pelos fungos utilizados no pós-tratamento;

-A partir da revisão bibliográfica consultada, verificou-se, em relação aos outros trabalhos desenvolvidos, que foram alcançados melhores resultados e atendeu-se também a legislação vigente para lançamento de efluentes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20<sup>a</sup> ed. Washington: American Public Health Association, 1998.
2. CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Volume 5. 10<sup>a</sup> ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFMG. Belo Horizonte -1997.
3. C.T.M.J. Frijters, R.H.Vos, G.Scheffer, R.Mulder. **Decolorizing and detoxifying textile wastewater, containing both soluble and insoluble dyes, un a full scale combined anaerobic/aerobic system**. Science direct -2006.
4. DOS SANTOS, E. V. M *et al* . **Avaliação de dois TDH no tratamento biológico de efluente têxtil em reatores com fungos**. II Congresso de Pesquisa e Inovação tecnológica da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. João Pessoa – PB – 2007.
5. ELTAIEF KHELIFI, LAMIA AYED, HASSIB BOUALLAGUI, YOUSSEF TOUHAMI, MOKTAR HAMDI. **Effect of nitrogen and carbon sources on Indigo and Congo red Decolorization by *Aspergillus alliaceus* strain 121C**. Science direct. 2008.
6. FÉLIX, J.P.L *et al* . **Remoção de DQO e fenóis totais presentes em efluentes de indústria petrolífera utilizando reatores de leito fixo e fluxo contínuo inoculado com *Aspergillus niger* AN400. Gestão e tratamento de resíduos líquidos gerados na cadeia produtiva do petróleo: 1<sup>a</sup> Coletânea de trabalhos técnicos /coordenador Mário Takayuki Kato; prefácio Antônio Fernando de Souza Queiroz. – Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2006.**
7. FERREIRA, O. P. **Desenvolvimento de materiais porosos biodimensionais, à base de Al<sup>3+</sup> e M<sup>2+</sup> (Zn, Mg), para uso na remediação de efluentes de indústrias têxteis**. 132 p. Dissertação (Mestrado) – Laboratório de Química do Estado Sólido – LQES, Universidade Estadual de Campinas, 2001.





8. G.K. PARSHETTI, S.D. KALME, S.S. GOMARE, S.P. GOVINDWAR. **Biodegradation of Reactive blue-25 by *Aspergillus ochraceus* NCIM-1146**. Science Direct – 2007.
9. MUSTAFA, ISIK ; DELIA, TEREZA SPONZA. **Effects of alkalinity and co-substrate on the performance of an up flow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor through decolonization of Congo Red azo dye**. Bioresource Technology - 2004.
10. MUSTAFA, ISIK ; DELIA, TEREZA SPONZA. **Anaerobic/aerobic treatment of a simulated textile wastewater**. Bioresource Technology – 2007.
11. 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.
12. SANTOS, E. M. A *et al.* **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**. Artigo técnico – Engenharia Sanitária e ambiental- 2006.
13. SPEECE, R.E., 1996. **Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewater**. Archae press, Nashville, Tennessee, USA.
14. TUNUSSI, J.L; SOBRINHO, P.A. **Remoção de cor e nitrificação de efluentes de tinturaria têxtil através de processos biológicos anaeróbio aeróbio**. AIDIS, 2003.
15. VAN DER ZEE, F., VILLAYERDE, S. **Combined anaerobic-aerobic treatment of azo dyes-A short review of bioreactor studies**. Water Research, v. 39, p.1425-1440. 2005.
16. ZAIAT, M . **Desenvolvimento de reator anaeróbio horizontal de leito fixo para tratamento de águas residuárias**. Dissertação (D. Sc) – Escola de Engenharia de São Carlos/ USP, São Paulo, 1996.