

## REMOÇÃO DE COR E DQO DE EFLUENTE DE INDÚSTRIA TÊXTIL EM REATORES DE LEITO FIXO E FLUXO ASCENDENTE COM FUNGOS

Elivânia Vasconcelos Moraes dos Santos

- Tecnologia Ambiental – CEFET-CE

Rua Monsenhor Otávio de Castro, 677 apto. 701 CEP 60.050-150 Fortaleza - CE

E-mail: [lili.v.m.s@hotmail.com](mailto:lili.v.m.s@hotmail.com)

Heraldo Antunes Silva Filho

- Tecnologia Ambiental – CEFET-CE

Rua Tomás Acioli, 603 Joaquim Távora CEP 60.135-180 Fortaleza - CE

E-mail: [heraldo\\_antunes@yahoo.com.br](mailto:heraldo_antunes@yahoo.com.br)

Ivinne Peixoto de Melo

- Ensino Médio – CEFET-CE

E-mail: [favim@hotmail.com](mailto:favim@hotmail.com)

Raimundo Bemvindo Gomes

- Área de Química e Meio Ambiente – CEFET-CE

E-mail: [bemvindo@cefet-ce.br](mailto:bemvindo@cefet-ce.br)

Kelly de Araújo Rodrigues

- Área de Química e Meio Ambiente – CEFET-CE

E-mail: [kellyar@bol.com.br](mailto:kellyar@bol.com.br)

Glória M<sup>a</sup> Marinho Silva Sampaio

- Área de Química e Meio Ambiente – CEFET-CE

E-mail: [gloriamarinho@cefet-ce.br](mailto:gloriamarinho@cefet-ce.br)

### RESUMO

Esta pesquisa tem como proposta avaliar o desempenho de reatores biológicos inoculados com a espécie fúngica *Aspergillus niger* AN400 na remoção de Cor Real, Cor Aparente e DQO (Demanda Química de Oxigênio), de água residuária industrial têxtil. O estudo foi desenvolvido em três fases: caracterização física e química do efluente têxtil; cultivo, produção e contagem de esporos; montagem e operação de dois reatores de leito fixo e fluxo ascendente inoculados com os fungos. A caracterização nos possibilitou confirmar que esse tipo de efluente possui elevados valores das variáveis estudadas, além de altas concentrações de corantes, e mostrou que o efluente industrial se enquadra nos padrões de lançamento na rede coletora pertencente ao Sistema de Esgotamento Sanitário dos Distritos Industriais. Porém, está fora dos padrões de lançamento em mananciais, confirmando a necessidade de tratamento para evitar a poluição de corpos hídricos adjacentes às indústrias. Os resultados obtidos na operação dos reatores indicam que o desenvolvimento de sistemas de tratamento com fungos tem relevante eficiência, pois apresentam boas remoções das variáveis investigadas.

PALAVRAS-CHAVE: cor; efluente têxtil; fungo, *Aspergillus niger*.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Kapdan e Kargi (2002), corantes têxteis são compostos químicos de difícil degradação e de potente ação poluidora tanto no solo quanto na água. O uso indiscriminado nas indústrias têxteis e os prejuízos causados ao meio ambiente e à saúde do homem conduzem à determinação de medidas que minimizem e degradem xenobióticos, deslignificar e descolorir.

Os trabalhos de Prenafeta Boldu (2002) destacaram a atividade microbiana como importante fator na eliminação de produtos químicos do ambiente, os fungos têm sido amplamente empregados, em processos biológicos, para remoção de compostos de difícil degradação, pois são capazes de reciclar compostos como, lignina, celulose, quitina, melanina e queratina.

De acordo com Pelczar et al., (1980), *Aspergillus sp.* é um fungo filamentosos muito importante economicamente, sendo utilizado em fermentações industriais para a produção de ácido cítrico, ácido glicônico, glicoamilase e várias enzimas. Esse fungo se reproduz por meio de esporos (conídias), formando micélios compostos por hifas septadas e ramificadas.

Muitas estações de tratamento de água brasileiras encontram-se, ou trabalhando acima de sua capacidade, ou produzindo água com qualidade insatisfatória. Procurando suprir a demanda sempre crescente de água, mantendo sua qualidade, defronta-se com a escassez de recursos. A partir de tal constatação, faz-se necessário que se investiguem em laboratório novas tecnologias, que permitam estudar as inúmeras possibilidades de se obter água em quantidade mantendo a qualidade e custos baixos.

Esta pesquisa tem como proposta estudar o tratamento biológico de esgoto industrial têxtil empregando reatores inoculados com a espécie fúngica *Aspergillus niger* AN400, como forma de minimizar problemas ambientais pelo desenvolvimento de técnicas de baixo custo para degradação de compostos persistentes.

## 2. OBJETIVOS

Reduzir as concentrações de Cor e DQO de água residuária industrial têxtil, através do emprego de reatores de leito fixo e fluxo ascendente inoculados com a espécie fúngica *Aspergillus niger* AN400.

### 2.1. Objetivos Específicos

- Caracterizar o efluente de uma indústria têxtil;
- Operar dois reatores de fluxo contínuo contendo a espécie fúngica *Aspergillus niger* AN400 para remover cor e DQO;
- Estudar a influência dos meios suportes empregados nos reatores na remoção de cor e DQO.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em três etapas: caracterização física e química do efluente têxtil, produção e contagem dos esporos de *Aspergillus niger* AN400; montagem e operação de dois reatores de leito fixo e fluxo ascendente inoculados com o mesmo fungo, e os meios suportes: manta agulhada de poliamida para o reator 1 (R1), e espuma de poliuretano para o reator 2 (R2).

### 3.1. Primeira Etapa: Caracterização Física e Química do Efluente Têxtil

A água residuária para caracterização foi coletada, de uma indústria têxtil do Estado do Ceará que possui apenas um sistema de tratamento preliminar e um tanque de equalização. As coletas foram realizadas de forma composta durante o mês de novembro do ano de 2005. Dentro desse mês, ocorreram quatro coletas, sendo uma coleta por semana. As variáveis determinadas foram: potencial hidrogeniônico (pH) pelo potenciômetro Micronal B474, cor real, cor aparente e turbidez pelo espectrofotômetro DR/2000, salinidade pelo refratômetro de mão Q767-3, condutividade elétrica pelo condutivímetro CA150P, temperatura, demanda química de oxigênio (DQO), demanda biológica de oxigênio (DBO), nitrato, nitrito, amônia total, fósforo total, ortofosfato, sólidos suspensos voláteis (SSV) conforme Apha (1998) e concentração dos corantes usados na indústria

conforme metodologia referenciada em Dos Santos (2005). As análises foram realizadas no Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias - LIAMAR (CEFETCE).

### 3.2. Segunda Etapa: Cultivo, Produção e Contagem dos Esporos de *Aspergillus niger* AN400

Os esporos de *Aspergillus niger* AN400 foram cultivados em placas de Petri, em meio de cultura Ágar Sabouraud Dextrose Cloranfenicol – ASDC (Acumedia, Baltimore) acrescido de 1mL solução de Vishniac (Tabela I) por litro de meio de cultura, por três dias, em estufa bacteriológica na temperatura de 30°C.

Tabela I: Composição química da solução de vishniac.

| Produto Químico  | g/L de solução |
|--|----------------|
| EDTA – etileno diamino tetracético   | 10,0           |
| ZnSO <sub>4</sub> . 7 H <sub>2</sub> O   | 4,40           |
| MnCl <sub>2</sub> . 4 H <sub>2</sub> O   | 1,00           |
| CoCl <sub>2</sub> . 6 H <sub>2</sub> O   | 0,32           |
| (NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> . 4 H <sub>2</sub> O | 0,22           |
| CaCl <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O  | 1,47           |
| FeSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O  | 1,00           |

Os esporos de *Aspergillus niger* AN400 foram removidos das placas com solução de Tween 80 e transferidos para tubos de ensaio, previamente esterilizados. Para contagem dos esporos foi preparada uma suspensão utilizando 50 µL de suspensão de esporos, previamente agitados em agitador Vórtex, mais 950 µL de solução de Tween 80, perfazendo uma diluição de 1:20. Em seguida foram transferidos 20 µL da solução preparada, para uma câmara de Neubauer, com profundidade de 0,1 mm e área mínima de 1/400 mm<sup>2</sup>. A contagem dos esporos foi realizada em microscópio ótico com aumento de 400 vezes em dezesseis campos.

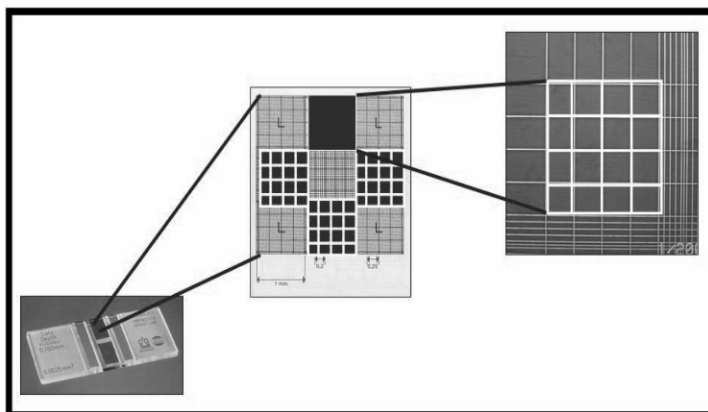


Figura 1: Câmara de Neubauer

Para efeito de cálculo do número de esporos foi empregada a Equação 1. A contagem de esporos se faz necessária para inocularmos uma mesma quantidade em cada reator.

$$\text{Esporos/mL} = \text{esporos contados} \times \text{diluição} \times 2,5 \times 10^5$$

Equação (1)

### 3.3. Terceira Etapa: Montagem e Operação dos Reatores de Leito Fixo e Fluxo Ascendente Inoculados com Esporos de *Aspergillus niger* AN400

Foram montados dois reatores aeróbios, de leito fixo e fluxo ascendente, denominados R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub>, ambos inoculados com *Aspergillus niger* AN400, na concentração de  $2 \times 10^6$  esporos/mL. Os reatores foram confeccionados em acrílico com volume total de 5 litros; diâmetro interno de 90 mm; 80 cm de altura; dispositivos de entrada e saída da amostra a ser tratada, e um dispositivo para entrada de ar, cujo fornecimento foi realizado por mini-compressores de ar. Para a entrada do afluente aos reatores foram usadas duas bombas peristálticas controlando-se a vazão. Os meios suportes empregados foram: manta agulhada de poliamida cortada em quadrados de 2 x 2 cm, e espuma de poliuretano cortada em cubos de 2 cm de arestas, sendo pesadas e acomodadas dentro dos reatores, R<sub>1</sub> preenchido com manta de poliamida e R<sub>2</sub> com espuma de poliuretano. Os reatores inicialmente foram alimentados com uma solução constituída com 50% glicose e 50% Sabouraud Dextrose e, Cloranfenicol na concentração de 0,05 g/L como inibidor bacteriano. Foram inoculados  $2 \times 10^6$  esporos /mL nos reatores e estes, ficaram após a inoculação dos esporos, 24 horas sem recirculação e sem aeração, para evitar a perda de esporos, retornando a recircular e aerar após esse período.

Com o crescimento da massa fúngica em uma semana com recirculação e aeração, o meio de cultura foi substituído pelo efluente têxtil, acrescido de 0,5 g de glicose/L; 0,05 g de cloranfenicol/L; 1mL de solução de Vishniac/L e o pH ajustado entre 4 e 5, com ácido clorídrico 1M, Iniciando assim a operação dos reatores, com tempo de detenção hidráulica (TDH) ajustado para 12 horas. As variáveis investigadas foram: Cor Real, Cor Aparente e DQO. A concentração de glicose testada para esse TDH foi de 0,5 g/L, alcançando resultados de eficiência semelhantes aos adquiridos com a concentração inicial, mesmo cessando o seu acréscimo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da caracterização do efluente estão apresentados na Tabela II.

Tabela II: Caracterização Física e Química da Água Residuária Têxtil estudada

| Caracterização        | Médias  |         | Caracterização        | Médias  |         |
|-----------------------|---------|---------|-----------------------|---------|---------|
| PARÂMETROS            | E.B     | T.E     | PARÂMETROS            | E.B     | T.E     |
| CONDUTIVIDADE (uS/cm) | 1846,35 | 1981,50 | NITRITO (mg/L)        | 0,10    | 39,67   |
| COR REAL (uH)         | 177,00  | 104,60  | NITRATO (mg/L)        | 0,32    | 0,34    |
| COR APARENTE (uH)     | 620,00  | 438,20  | OPS (mg/L)            | 0,69    | 0,68    |
| TURBIDEZ (UT)         | 107,40  | 81,60   | PP (mg/L)             | 8,97    | 9,63    |
| TEMPERATURA (°C)      | 33,50   | 33,80   | PO (mg/L)             | 13,58   | 9,32    |
| pH                    | 6,84    | 7,17    | PT (mg/L)             | 23,23   | 19,87   |
| SALINIDADE            | 1,03    | 1,30    | SSV (mg/L)            | 37,80   | 62,20   |
| DQO (mg/L)            | 1045,02 | 332,17  | ÓLEOS E GRAXAS (mg/L) | 10,66   | 10,02   |
| DBO (mg/L)            | 144,16  | 85,22   | SULFETO (mg/L)        | 2,07    | 1,32    |
| OD (mg/L)             | 0,00    | 0,00    | SULFATO (mg/L)        | 75,90   | 87,11   |
| AMÔNIA (mg/L)         | 14,50   | 9,63    | CLORETOS (mg/L)       | 1086,46 | 1185,23 |

Estes valores correspondem às médias aritméticas das quatro coletas realizadas para a caracterização do efluente têxtil. Na caracterização, observou-se a necessidade de analisar os pontos de entrada e saída do tratamento preliminar, a fim de conhecer o comportamento do efluente na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da indústria. Entretanto, para alimentação dos reatores foi utilizado apenas o efluente final da ETE, pois o mesmo possuía uma menor quantidade de sólidos grosseiros. Os resultados indicaram que o efluente têxtil apresenta altos valores de DQO e Cor Aparente, sendo as médias do esgoto bruto (EB) 1045 mg/L e 620 uH,

respectivamente (com desvios padrão de 569,6576 para DQO e 589,0738 para Cor Aparente), e 332 mg/L e 438,20 uH, respectivamente, no tanque de equalização (TE), com desvios padrão de 328,0954 para DQO, e 286,8077 para Cor Aparente.

O Fósforo Total foi outra variável que revelou um alto valor (23,23 mg/L no EB e 19,87 mg/L na saída do TE, com desvios padrão de 11,37418 e 14,28208, respectivamente), devido à grande quantidade de detergentes utilizados no processo de lavagem e acabamento do tecido.

O pH apresentou-se numa faixa neutra, com uma média de 6,84 no EB e 7,17 na saída do TE, com desvios padrão de 1,713561 e 1,362629, respectivamente. Esta situação é característica de efluente têxtil, pois na etapa de branqueamento do tecido utiliza-se o hipoclorito de sódio e o pH é estabilizado com bicarbonato de sódio.

Estudos de ZHANG et al., (1999) mostraram que as temperaturas entre 25°C, 30°C e 35°C favorecem o crescimento da massa fúngica e o melhor desempenho da remoção de cor pela mesma. A temperatura média obtida nas análises realizadas foi de 33°C, que se localiza dentro da faixa que favorece a remoção de cor, proposta por Zhang.

Notou-se que as variáveis investigadas comportaram-se como o esperado, pois, comparando-as com outras pesquisas que utilizaram água residuária têxtil como objeto de estudo, os resultados obtidos foram condizentes com o tipo de efluente estudado. De forma que DQO, Cor e Turbidez apresentaram altos valores médios.

A partir da contagem dos esporos na câmara de Neubauer, obteve-se uma média de 443 esporos, que foram utilizados na Equação 1, sendo o fator de diluição igual a 20, conforme descrito na metodologia. A concentração encontrada a partir da suspensão de esporos de *Aspergillus niger* AN400 foi de  $22181 \times 10^5$  esporos/mL. A partir dessa concentração, foi feito um cálculo de diluição para estimar o volume necessário desta suspensão que correspondesse a  $2 \times 10^6$  esporos/mL conforme Equação 2, obtendo como resultado 4,5 mL.

$$\begin{aligned} \text{Esporos/mL} &= 443,62 \times 20 \times 2,5 \times 10^5 & \text{Equação (1)} \\ \text{Esporos/mL} &= 22181 \times 10^5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_1 \times V_1 &= C_2 \times V_2 & \text{Equação (2)} \\ 22181 \times 10^5 \times V_1 &= 2 \times 10^6 \times 5000 \\ V_1 &= \frac{2 \times 10^6 \times 5000}{22181 \times 10^5} = 4,5 \text{ mL} \end{aligned}$$

Onde:

$C_1$  = Concentração de esporos contada

$V_1$  = Volume da solução de esporos correspondente à concentração final desejada

$C_2$  = Concentração de esporos desejada ( $2 \times 10^6$ )

$V_2$  = Volume de cada reator

Os resultados da eficiência dos reatores foram avaliados em três aspectos: entrada do efluente (E), saída do efluente do reator 1 ( $R_1$ ) e saída do efluente do reator 2 ( $R_2$ ).

Os resultados preliminares referentes à primeira quinzena de tratamento foram: remoção de 18,64% de DQO, 27,86% de Cor Real e 42,67% de Cor Aparente referentes a  $R_1$ , e remoção de 10,16% de DQO, 28,84% de Cor Real e 51,08% de Cor Aparente referentes a  $R_2$ . Contudo, a eficiência do tratamento aumentou conforme a adaptação dos fungos ao efluente.

Após o período de adaptação da massa fúngica, observou-se bons resultados nas remoções de DQO, sendo analisado também, o ciclo de vida do *Aspergillus niger* AN400, que explica quedas nos índices de remoção após um mês, ou seja, a cada mês ocorre uma liberação de células mortas que ocasiona a diminuição da eficiência de remoção desta variável. Na Figura 2, nota-se este ciclo, que equivale ao intervalo dos pontos 3 a 11.

Observando a Figura 2, percebe-se que apesar das reduções periódicas na taxa de remoção da concentração de DQO, o tratamento biológico proposto, alcançou picos de até 100%, permitindo constatar que o sistema, dentro das suas limitações, pode remover satisfatoriamente essa variável, principalmente, quando de início já são tomadas providências para controlar as eventuais reduções na eficiência de remoção.

Apesar de diminuir a eficiência de remoção de DQO, devido principalmente ao ciclo do fungo, ainda existe remoção nos pontos 3 e 11. Os resultados mostraram que os dois reatores (R1 e R2), seguiram a mesma dinâmica e apresentaram valores de remoção próximos em todo o experimento, demonstrando assim, que os meios suportes tiveram eficiência semelhante.

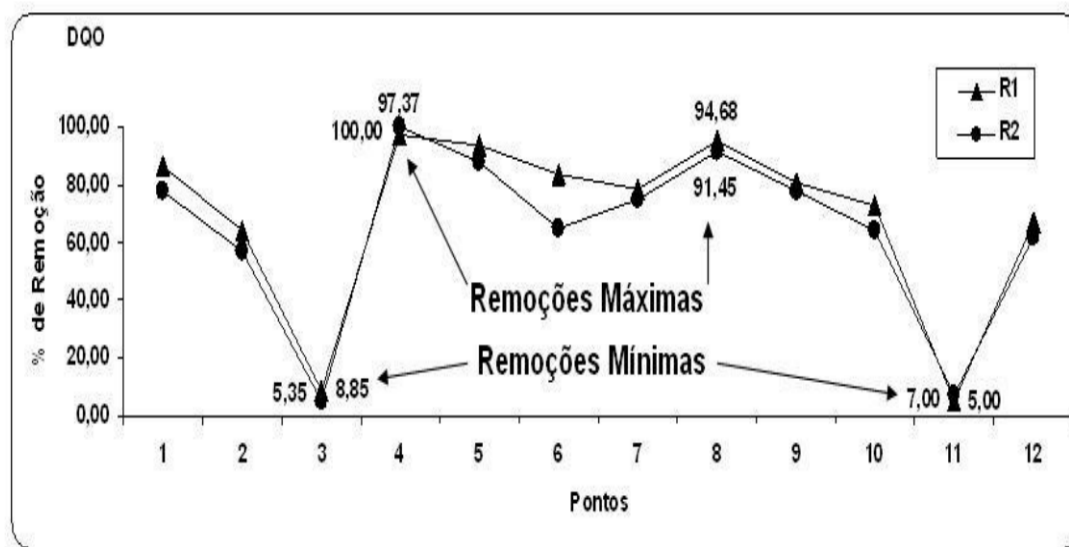


Figura 2: Resultados de concentração de DQO

A Cor Real e a Cor Aparente (Figuras 3 e 4) foram outros parâmetros positivos na pesquisa, sendo conseguida uma remoção média final entre 90 e 98%. A cor é um indicador indireto da presença dos corantes no efluente, além de ser o primeiro sinal de poluição a ser identificado, logo, tornou-se importante a sua redução. A remoção de cor tem grande correlação com a faixa de pH do efluente que se está analisando. Segundo Di Bernardo (1993), quanto menor o pH, maior o valor de Cor Verdadeira. A água residuária afluente ao reator biológico era acidificada a um pH entre 4 e 5. Portanto, mesmo diante de alguma interferência na Cor Real devido ao pH baixo, o tratamento mostrou-se muito satisfatório, pois os índices de remoção de Cor tanto Aparente quanto Real foram inicialmente mais baixos e, conforme consolidava a adaptação dos fungos aos meios suportes essa eficiência só tendeu a crescer alcançando picos de 94,44 a 97,5, nos pontos 4 (R1) e 8 (R2), para Cor Real e 7(R1) e 10 (R2) . Observou-se também, que a eficiência referente à Cor Aparente foi sempre superior à Cor Real.

Para Cor Real e Aparente, os meios suportes também obtiveram semelhante eficiência nos dois reatores.

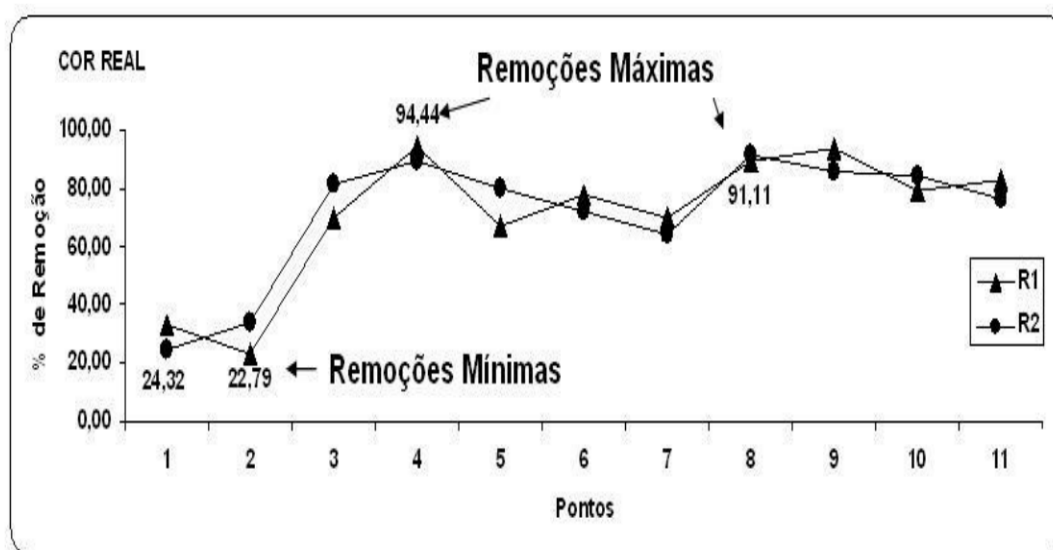


Figura 3: Resultados de concentração de Cor Real

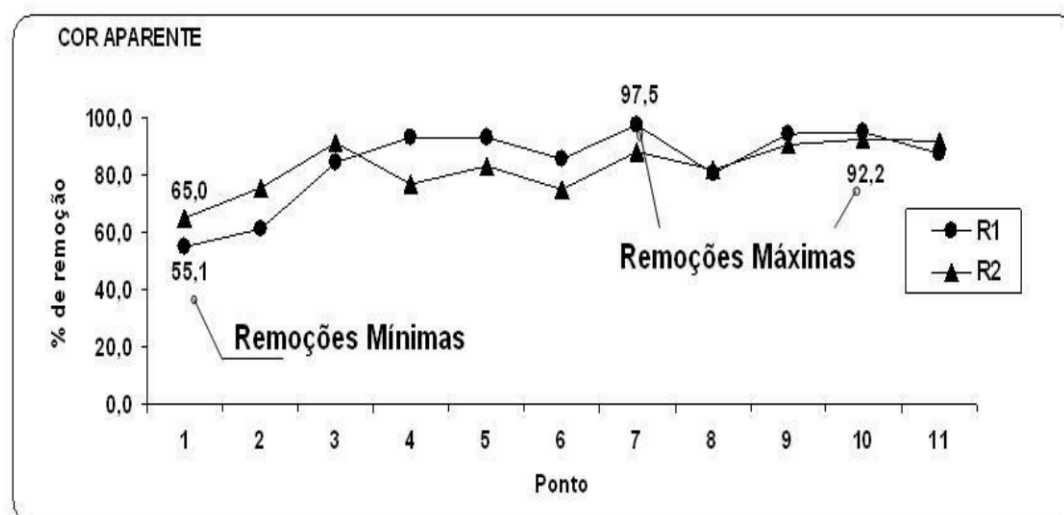


Figura 4: Resultados de concentração de Cor Aparente. LIAMAR, CEFET-CE.

Os valores de DQO e Turbidez apresentaram remoções instáveis no começo do experimento, porém estabilizaram-se em uma média de 80% no final. Essa instabilidade inicial era esperada e é justificável provavelmente devido à etapa de adaptação da massa fúngica ao efluente.

Os dois reatores (R1 e R2), mantiveram uma similaridade a nível de remoção das variáveis estudadas.

Foram analisadas outras variáveis com o objetivo de controlar os resultados de modo a comparar e compreender alguma alteração que viesse a ocorrer e que pudesse ter sido consequência de algum interferente, tendo menos destaque na pesquisa, pois, pretendeu-se enfatizar somente a quantidade indireta de matéria orgânica e materiais sólidos na forma de cor, devido ao seu enorme potencial poluidor. Estas variáveis apresentaram valores relativamente baixos de remoção, mostrando que o tratamento em conjunto ainda é a solução, ou seja, não existe hoje um único equipamento capaz de resolver todos os problemas das ETES, deve-se pensar no conjunto e na aplicação de diversas tecnologias para que se obtenha o resultado esperado.

## 5. CONCLUSÕES

Constatou-se com os resultados da caracterização, que o efluente têxtil proposto apresenta composição característica quanto ao seu tipo. Dentre essas características estão: elevada DQO e Cor Aparente, além de possuir uma alta carga poluidora, demonstrando a necessidade de um tratamento adicional ao executado pela indústria estudada.

As variáveis, Cor, Concentração de Corantes, DQO e Turbidez apresentaram as maiores concentrações nas entradas dos reatores, porém, obtiveram melhores remoções, possibilitando-nos confirmar que o tratamento escolhido adequa-se bem ao efluente têxtil.

Os meios suportes empregados nos dois reatores mostraram eficiência semelhante em todas as análises realizadas na pesquisa.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Apha. **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**. 18 ad Washington: American Public Health Association, 1998. paginação irregular.
2. Di Bernardo, L.; Di Bernardo, A; Centourione Filho, P.L. (2002). **Ensaio de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água**. São Carlos, 237p. Capítulo 2.
3. Dos Santos, André Bezerra. **Reductive Decolorisation of Dyes by Thermophilic Anaerobic Granular Sludge**. Wageningen, 2005 Amarante Júnior, O.P.; Santos, T.C.R. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. Quim. Nova, v. 25, nº4, pp. 589-593, 2002.
4. Kapdan, I.K.; Kargi, F. **Biological decolorization of textile dyestuff containing waetewater by *Coriolus versicolor* in rotatingbiological contactor**. Enzyme and Microbial Technology. v. 30, pp. 195-199, 2002.
5. Pelczar, M.; Chan, E. C. S.; Krieg, N. R. (1996). **Microbiologia: conceitos e aplicações**. 2ª ed. São Paulo: McGraw-Hill,. v. I, 517p.
6. Prenafeta Boldú, F. X. (2002). **Growth of on aromatic hydrocarbons: Environmental technology perspectives**. Thesis Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
7. Zhang, F., Knapp, J.S., Tapley, K.N., 1999. **Decolourisation of cotton blaching effluent with wood rotting fungus**. Water Res. 33 (4), 919-928.

## 7. AGRADECIMENTOS

- Ao CNPq pela bolsa de iniciação científica.
- Ao CEFETCE pelo financiamento dos estudos.