



II-494 - ESTUDO COMPARATIVO DE REMOÇÃO DE CORANTES NATURAIS POR TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO E BIOLÓGICO (*Trametes versicolor* e *Lentinus edodes*)

Valéria de Lima Jardim⁽¹⁾

Bióloga pela Universidade Católica de Goiás. Mestranda em Engenharia do Meio Ambiente pela Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

Fernanda Neiva Uto⁽²⁾

Bióloga pela Universidade Estadual de Goiás e Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Centro Federal de Ensino Tecnológico – GO. Mestranda em Engenharia do Meio Ambiente pela Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

Leonardo Ramos da Silveira⁽³⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins. Mestrando em Engenharia do Meio Ambiente pela Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

Ana Elisa Barreto Matias⁽⁴⁾

Tecnóloga em Química Industrial pelo Centro Federal de Ensino Tecnológico – GO. Mestranda em Engenharia do Meio Ambiente pela Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

Mariângela Fontes Santiago⁽⁵⁾

Professora Dr. em Química da Faculdade de Farmácia - Universidade Federal de Goiás.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal de Goiás, Praça Universitária s/n. Setor Universitário. CEP - 74605-220. Goiânia GO, telefone (62)3209-6084. e-mail: valj@terra.com.br

RESUMO

Os corantes naturais são utilizados em larga escala pelos processos industriais, ocasionando cor aos efluentes, que potencialmente pode causar alterações sensoriais as águas de abastecimento. O objetivo do presente trabalho foi comparar a remoção de corantes naturais (colorau e açafraão) através de dois tratamentos: físico-químico, por Teste de Jarros e por fungos de degradação branca com *Trametes versicolor* e *Lentinus edodes*. O experimento consistiu no preparo de soluções, simulando um efluente contendo colorau, açafraão e solução mista de açafraão e colorau. Os resultados demonstram que o experimento físico-químico é insatisfatório quanto a remoção de cor em água residuária contendo colorau, no entanto resultados significantes foram verificados no ensaio microbiológico, devido a propriedade de oxidação das enzimas, indicando que o fungo pode ser uma alternativa de biorremediação para o tratamento de água residuária com cor.

PALAVRAS-CHAVE: remoção de cor, açafraão, colorau, tratamento biológico, teste de jarros.

INTRODUÇÃO

A remoção de cor de efluentes tem sido um constante desafio para a ciência. Assim, a coagulação química com sais metálicos, processo de curtíssima duração e, em contrapartida, de elevada importância para o sucesso e eficiência do tratamento da água, assume como principal objetivo prover os mecanismos necessários à desestabilização das partículas coloidais. Desta forma, a aproximação entre estas partículas tende a formar flocos, com dimensões e densidades próprias que proporcionam condições para sua separação física da água, por sedimentação/flotação e/ou filtração, rápida ou direta (Leal, 2002).

Processo semelhante ocorre no teste dos jarros (*Jar Test*). O ensaio dos jarros procura estabelecer as melhores condições para que o tratamento convencional da água seja eficiente. De acordo com CETESB (1976), é necessário encontrar uma faixa de pH onde o processo de coagulação/floculação/decantação seja satisfatório, evidenciado pela limpidez do sobrenadante.

No intuito de buscar soluções adequadas para otimização dos processos de tratamento de água residuária ou de abastecimento, o presente trabalho objetiva avaliar a eficiência do sistema físico-químico quanto à remoção de cor em água com a presença de colorau.



MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizados os corantes naturais colorau e açafrão, em dois ensaios distintos: físico-químico com utilização de Teste de Jarros e microbiológico com os fungos de decomposição branca *Trametes versicolor* e *Lentinus edodes*. Para tanto, preparou-se um efluente sintético, simulando a contaminação das águas por corantes. As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Saneamento da Escola de Engenharia Civil – UFG, enquanto que para as microbiológicas, utilizou-se o Laboratório de Enzimologia da Faculdade de Farmácia – UFG.

Os parâmetros utilizados no ensaio físico-químico foram: cor verdadeira, cor aparente, pH, turbidez e temperatura. Para o experimento microbiológico foi importante obter dados de cor e atividade enzimática dos fungos.

As duas partes do estudo estão descritas abaixo:

ENSAIO FÍSICO-QUÍMICO – TESTE DE JARROS

No ensaio físico-químico, foi utilizado apenas o corante natural colorau. Desta forma, o experimento foi dividido em 4 partes:

1 - Preparação da Solução: inicialmente preparou-se a solução-padrão diluindo-se 8g de colorau em 50mL de água tratada e aferindo com água destilada para 1L. Logo após, no intuito de simular água residuária colorida, diluiu-se a solução padrão em aproximadamente 12,6L de água, obtendo então uma concentração de 5%.

2 – Correção de pH: para melhor reação entre o coagulante e a solução no ensaio físico-químico, o pH foi corrigido para 8,0 por meio da adição de 4mL de solução de carbonato de sódio sob agitação. Foram medidos os parâmetros iniciais do efluente simulado (pH, temperatura, cor aparente, cor verdadeira e turbidez).

3 – Determinação da Dosagem Ótima de Coagulante Químico: para o ensaio de determinação dos processos de coagulação/floculação/decantação, utilizou-se o Teste de Jarros, conforme APHA (1998). Em cada um dos jarros, num total de 6, foi colocado 2L de efluente simulado e quantidades crescentes de solução de Sulfato de Alumínio PA com concentrações de 5gL^{-1} sendo 20, 30, 40, 50, 60, 70mL.

4 – Processo de Coagulação/Floculação/Decantação: o efluente foi agitado com rotação de 250 rpm para mistura rápida, durante 40 segundos. Adicionou-se simultaneamente as diferentes dosagens nos jarros, durante esse processo. A mistura lenta ocorreu em rotação de 45 rpm durante 15 minutos e o tempo de decantação foi de 30 minutos. Procedeu-se então, a leitura dos parâmetros: pH, cor verdadeira, cor aparente, turbidez e temperatura para verificar se houve a remoção de cor do efluente simulado.

Os parâmetros de coagulação, floculação e velocidade de sedimentação foram definidos em laboratório conforme as dimensões de cada unidade de coagulação, floculação e decantação.

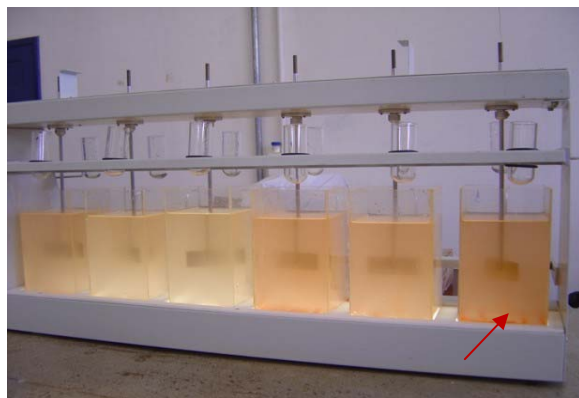
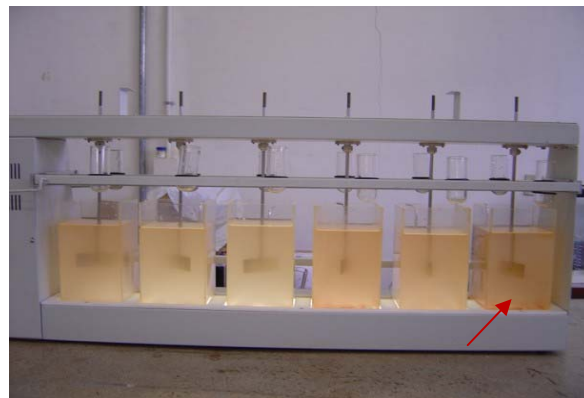
RESULTADOS DO ENSAIO FÍSICO-QUÍMICO

A caracterização do efluente simulado, antes do Teste de Jarros e conseqüente adição de coagulante químico pode ser observada na tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros iniciais do efluente simulado.

EFLUENTE SIMULADO
Cor Verdadeira: 60 PtCo
Cor Aparente: 107 PtCo
Turbidez: 23,2 UT
Temperatura: 25°C

O processo de coagulação/floculação/decantação mostrou-se pouco eficiente na remoção da cor do efluente simulado. Apenas em um dos jarros (jarro 6), foi possível perceber razoável mudança na cor do efluente quando compara-se as figuras 01 e 02.

**Figuras 01: Homogeneização da amostra.****Figura 02: Decantação da amostra.**

A tabela 2 apresenta os valores dos parâmetros analisados após a remoção de cor do efluente simulado. Observa-se que o pH final do efluente apresentou pouca variação entre os jarros. O ensaio com Teste de Jarros mostrou que as maiores porcentagens de remoção de cor verdadeira apresentaram pH final baixo, presente nos jarros 6 e 5, respectivamente.

A figura 03 mostra que a remoção de cor aparente foi pouco representativa, havendo remoção de cor verdadeira significativa apenas na dosagem 60 mL (jarro 5) e 70 mL (jarro 6) de coagulante em pH próximo a 4,0. Nos quatro primeiros jarros ocorreu um acréscimo de cor aparente, e de cor verdadeira no jarro 1, o que representa 0% de remoção. De uma forma geral, o experimento apresentou índices de decaimento de cor que variam entre 0 e 36,3%.

Tabela 02: Parâmetros Físico-Químicos analisados e percentual de remoção de cor.

PARÂMETROS							
JARRO	COR AP. (PtCo)	COR V. (PtCo)	TURBIDEZ (UT)	pH	REMOÇÃO COR. AP (%)	REMOÇÃO COR V. (%)	DOSAGEM DE COAGULANTE (mL)
1	280	68	32,5	4,11	SR*	SR*	20
2	251	59	38,6	4,00	SR*	1,6	30
3	164	54	20,7	3,96	SR*	10	40
4	122	58	12,0	3,92	SR*	3,3	50
5	104	40	15,9	3,88	2,8	33,3	60
6	101	38	13,1	3,84	5,6	36,3	70

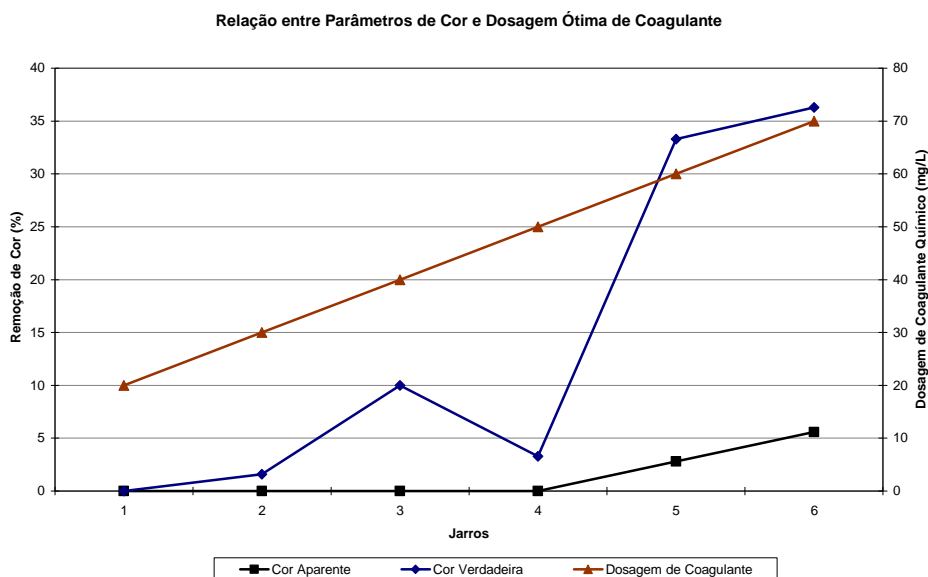


Figura 03: Relação entre a dosagem do coagulante e remoção de cor.

Segundo Richter e Azevedo Neto (2003), a cor é sensível ao pH e sua remoção é mais fácil a pH baixo, o que foi parcialmente comprovado pelas análises de alguns jarros do experimento, conforme figura 04. Porém, para Di Bernardo (2005) não existe uma dosagem ótima de coagulante e tampouco pH ótimo de coagulação, termos usados na prática. O que existe é um par de valores: dosagem do coagulante *versus* pH de coagulação. Considera-se que o principal interferente na remoção da cor do efluente produzido pode ser a natureza do corante e o tipo de coagulante químico. Di Bernardo (2005), afirma que substâncias com a presença de grupos funcionais e cadeias aromáticas podem influenciar a coagulação, por isso é fundamental o emprego de técnicas analíticas para se conhecer as propriedades das substâncias que compõem os efluentes. Este mesmo autor, em seu estudo sobre a utilização do amido como auxiliar no processo de floculação, considera que o amido é um importante aliado na remoção de cor e turbidez de águas residuárias, porém sua eficiência está relacionada com quantidades consideráveis, o que não ocorreu neste experimento, Di Bernardo *et al.* (2000). Além disso, o tipo de coagulante utilizado no experimento pode não ser adequado para remoção de cor. Aziz *et al.* (2007) em sua pesquisa sobre coagulantes para remoção de cor de efluente rico em matéria orgânica, demonstrou que o sulfato de alumínio proporciona pouca redução de cor quando comparado com outros tipos de coagulante.

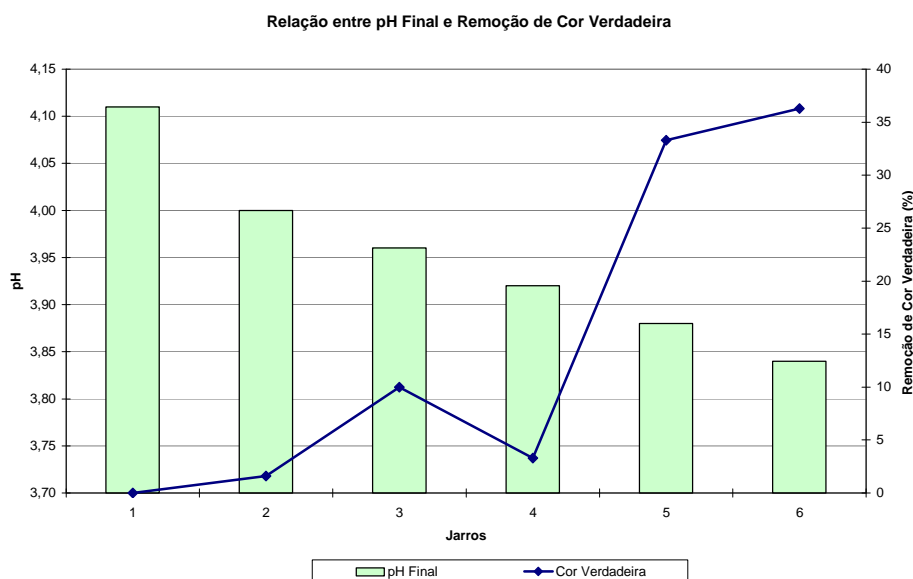


Figura 04: Relação entre pH final e remoção de cor verdadeira.



ENSAIO MICROBIOLÓGICO – FUNGOS DE DECOMPOSIÇÃO BRANCA

Os fungos utilizados no trabalho pertencem às espécies *Lentinus edodes* e *Trametes versicolor*, das cepas CCT4519 e CCT4521 respectivamente. Esses microrganismos fazem parte da coleção de fungos cultivados pelo grupo de pesquisa do Laboratório de Enzimologia, obtidos da Fundação Tropical André Tosello (Campinas – SP).

No ensaio microbiológico foram utilizados dois corantes naturais: açafrão e colorau, sendo que estes estavam presentes individualmente e combinados entre si. O meio de cultura utilizado foi preparado com caldo de batata e glicose. O experimento foi dividido em três etapas:

1 – Preparação da Solução Padrão: a concentração da solução padrão foi 10 vezes maior que a utilizada no ensaio físico-químico, pois o meio de cultura BGA (caldo de batata, glicose e ágar) reduz e dilui a cor da solução a ser tratada.

2 – Preparação das Amostras: as amostras contendo as soluções padrão de colorau e açafrão foram feitas conforme a tabela 03. Foram usados Erlenmeyers de 500mL em duplicata com meio de cultura, solução padrão com corantes e 5 discos de inóculos do fungo. As amostras 1 e 2 foram preparadas com 50mL de meio de cultura e solução de colorau. Nas amostras 3 e 4, estava presente a solução de açafrão e meio de cultura. Já as amostras 5 e 6 foram preparadas com solução de colorau e açafrão, além do meio de cultura. Todos os frascos e meios de cultura foram e autoclavados a 120°C durante 15 minutos e filtrado a vácuo no caso da solução padrão, a fim de obter e manter a condição estéril para inoculação (Tabela 03).

Tabela 03: Descrição da composição das amostras e dos meios estudados no ensaio microbiológico

Amostras	Meios	Descrição
1	Coloral	Caldo de batata, glicose, solução de colorau e fungo
2		Caldo de batata, glicose, solução de colorau e fungo
3	Açafrão	Caldo de batata, glicose, solução de açafrão e fungo
4		Caldo de batata, glicose, solução de açafrão e fungo
5	Colorau + Açafrão	Caldo de batata, glicose, solução de colorau e açafrão e fungo
6		Caldo de batata, glicose, solução de colorau e açafrão e fungo
7	Controle A	Solução de açafrão e fungo
8	Controle B	Solução de colorau e fungo
9	Controle C	Solução de colorau e açafrão e fungo
10	Controle D	Solução de colorau e açafrão
11	Controle E	Solução de colorau
12	Controle F	Solução de açafrão

3 – Determinação Enzimática: os Erlenmeyers foram mantidos estáticos, em temperatura e luz ambiente por 20 dias. A cada três dias retirou-se alíquotas para a medição e determinação de produção enzimática e cor, totalizando seis coletas. As análises foram feitas em espectrofotometria. Para determinação da atividade enzimática da lacase foi utilizado o método de SZKLARZ *et al.*, (1989), com modificações.

RESULTADOS DO ENSAIO MICROBIOLÓGICO

No ensaio microbiológico o fungo *Trametes versicolor* apresentou melhores resultados de remoção de cor em relação ao *Lentinus edodes*.

Na primeira leitura, os valores de cor estavam altos, devido a baixa atividade enzimática do fungo *Lentinus edodes*. Os valores de redução de cor variaram conforme o corante utilizado: em relação ao colorau, ao final da 6ª leitura, percebe-se que a cor é reduzida de 97,5 a 100%, para as amostras que continham o açafrão foi reduzida em até 33,3% e a mistura de colorau e açafrão teve sua cor reduzida no mínimo em até 15%. A figura 05 apresenta os valores de remoção de cor em relação a solução de colorau. A figura 06 apresenta os valores de remoção de cor da solução de açafrão. Por fim, a figura 07 apresenta os valores de remoção de cor da solução de coloral e açafrão.



Quanto a atividade enzimática, pode-se dizer que *Lentinus edodes* não obteve resultados satisfatórios. Em meio de cultura com solução de colorau, a amostra 1 apresentou maior produção enzimática na 2ª leitura com $4,68 \cdot 10000 \text{ U.mL}^{-1}$, sendo o menor valor na 6ª leitura com $0,65 \cdot 10000 \text{ U.mL}^{-1}$. Na amostra 2 (duplicata), $3,66 \cdot 10000 \text{ U.mL}^{-1}$ foi a maior produção enzimática na 1ª leitura, e a menor foi $-1,39 \cdot 10000 \text{ U.mL}^{-1}$ no último dia. Sendo que o valor negativo representa a ausência da enzima lacase na amostra. O controle, solução de colorau com fungo e sem meio de cultura, apresentou pico de produção enzimática na 3ª e última leitura, aproximadamente no 9º e 18º dia do experimento. (Figura 08). Situação parecida ocorreu com o fungo na presença de solução de açafrão e solução de colorau e açafrão conjunta.

Para o tratamento com o fungo *Trametes versicolor* foi observado que a produção enzimática foi induzida pela presença dos corantes naturais. As figuras 09 e 10 mostram que os maiores valores para produção de enzimática ocorreram com solução açafrão e açafrão e colorau juntos, pois os controles que representam o fungo e o meio de cultura sem a solução de corantes apresentam produção enzimática bem mais baixa.

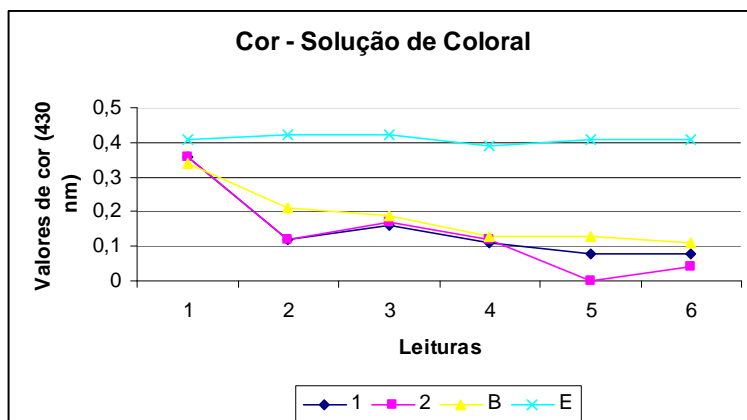


Figura 05: Leituras de cor da solução de colorau. Sendo que 1 e 2 são as soluções completas de meio adicionado de colorau e fungo inoculado. B é o controle da solução com o fungo. E é a solução controle de cor do colorau sem tratamento.

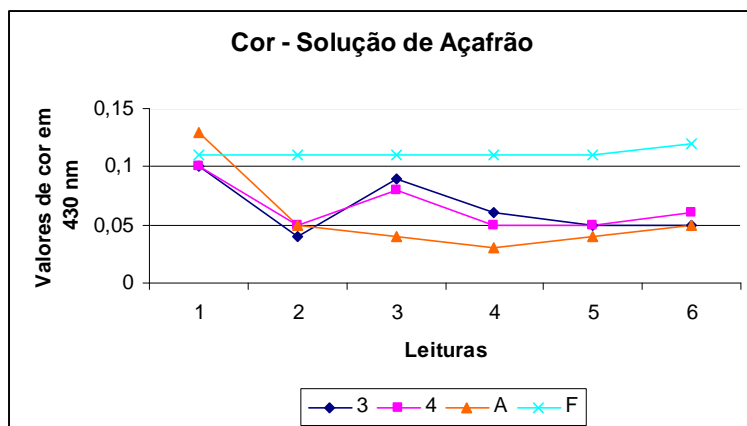


Figura 06: Leituras de cor da solução de açafrão. Sendo que 3 e 4 são as soluções completas de meio de cultura, açafrão e fungo. A é o controle da solução com o fungo. F é a solução controle de cor do açafrão sem tratamento.

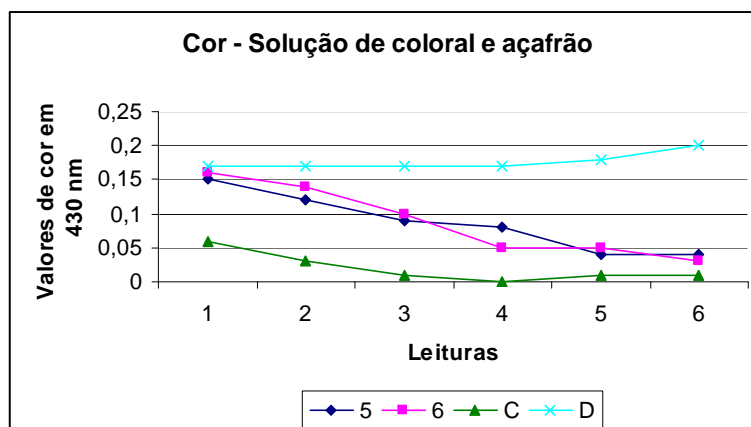


Figura 07: Leituras de cor da solução de colorau e açafrão. Sendo que 5 e 6 são as soluções completas de meio de cultura, solução e fungo. C é o controle da solução com o fungo. D é a solução controle de cor do açafrão e colorau sem tratamento.

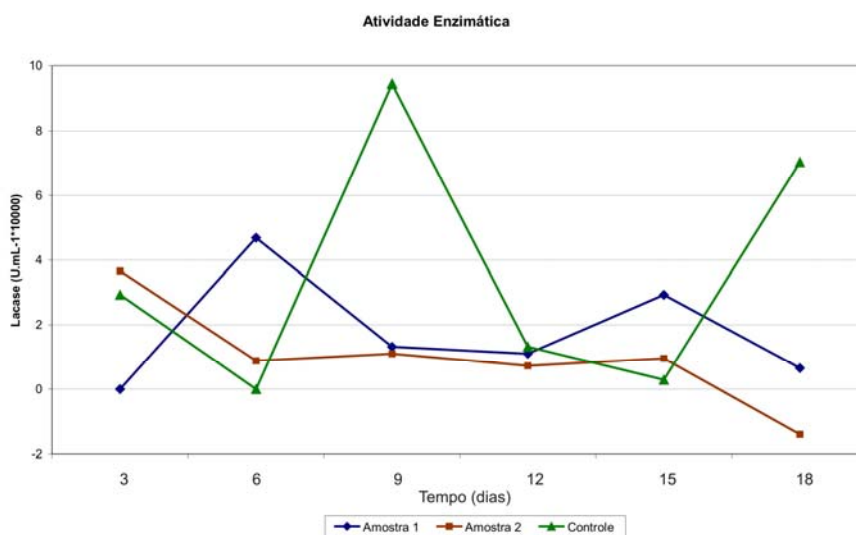


Figura 08: Leituras das atividades enzimáticas de *Lentinus edodes* em meio contendo solução de colorau.

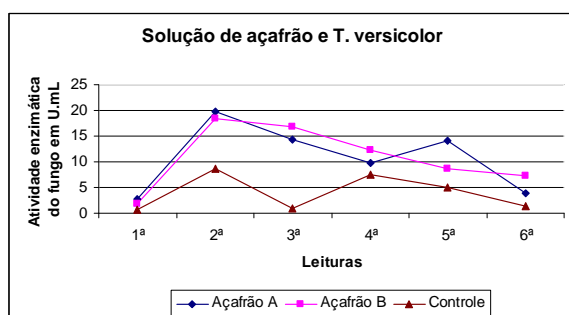


Figura 09: Produção enzimática de *Trametes versicolor* em solução de açafrão.

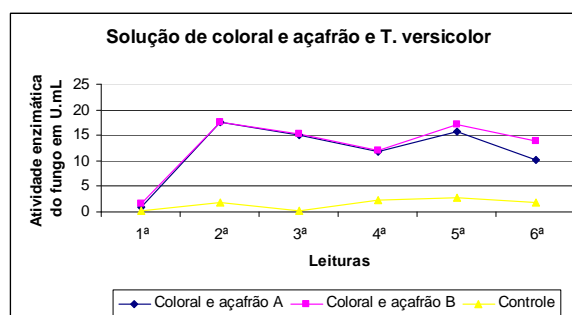


Figura 10: Produção enzimática de *Trametes versicolor* em solução de açafrão e colorau.



CONCLUSÕES

Apesar do tratamento físico-químico contemplar somente o corante colorau, verificou-se, neste ensaio, que existe uma estreita relação entre tipo da substância colorida, pH e dosagem/tipo de coagulante químico, e que estes componentes associados com a presença de substâncias diversas, foram considerados como interferentes no processo de coagulação/floculação/decantação para satisfatória remoção de cor. De acordo com os resultados de produção enzimática, pode-se observar que os corantes naturais serviram de fonte nutricional para os fungos, estimulando seu desenvolvimento e acentuando a produção enzimática. Desta forma, pode-se afirmar que os corantes naturais funcionaram, neste caso, como indutores do sistema enzimático, principalmente da enzima lacase. Quanto a remoção de cor, é possível inferir que existe uma estreita relação entre produção enzimática e remoção de cor, pois são diretamente proporcionais. A utilização de fungos para este fim revela-se uma alternativa promissora para reduzir a concentração de corantes naturais de águas residuárias.

AGRADECIMENTOS

FAPEG – Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de Goiás.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. AWWA. WPCF. (1998). 20.ed. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. Washington D.C.
2. AZIZ, H. A., MOHD, S. A., FARIDAH, N. A., MOHD, A. H. & ZAHARI, SHAHRIR. (2007). Colour Removal from Landfill Leachate by Coagulation and Flocculation Processes. **Bioresource Technology** 98, pp. 218 – 220.
3. CETESB. Técnicas de Abastecimento e Tratamento de Água. **Editora ABES** - 2ª Edição: São Paulo – SP. 951p. 1976.
4. DI BERNARDO, L. & DANTAS, A. Di B. (2005). *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. 2ª Edição: Rima. São Carlos – SP., pp. 167 – 247.
5. DI BERNARDO, L., DI BERNARDO, A. FROLLINI, E. & MARINELLI, P. S. (2000). “Emprego de Amido de Milho Catiônico Comum e Híbrido como Auxiliares de Coagulação/Floculação” in **Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Porto Alegre, Dez, 2000.
6. LEAL, F. C. T.; LIBANIO, M. (2002). Estudo da remoção de cor por coagulação química no tratamento convencional de águas de abastecimento. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol.7, pp. 117 – 128.
7. RICHTER, C. A. & AZEVEDO NETO, J. M. (2003). **Tratamento de Água – Tecnologia Atualizada**. Ed. Edgard Blücher: São Paulo – SP. 332p.
8. SZKLARZ, G. D.; ANTIBUS, R. K.; SINSABAUGH, R. L.; LINKINS, A. E. Production of phenoloxidasas and peroxidases by wood-rotting fungi. **Mycology**, v. 81, p. 234 - 240, 1989.