



## **Análise do reuso de efluente de lavanderia de jeans tratado por fotocatalise heterogênea**

**RIBEIRO, Valquíria A. S.<sup>1,2</sup>, TAVARES, Célia R. G.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná/ UTFPR (valquiria@utfpr.edu.br)

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Maringá/ UEM (celia@deq.uem.br)

### **Resumo**

O *jeanswear* é uma das peças mais utilizada em todo o planeta, e com o fortalecimento e crescimento do mercado da moda, a cada coleção surge novas possibilidades de lavagens diferenciadas que estimulam os consumidores adquirirem novas peças. Para tanto, as lavanderias de jeans durante os seus processos de beneficiamento de peças confeccionadas utilizam produtos químicos e corantes que são transportados para as fibras por meio da água, podendo de acordo com Salem (2010) chegar ao consumo de 350 L Kg<sup>-1</sup> de material processado. E final do processo são gerados efluentes que se descartados sem o tratamento adequado, podem provocar impactos ao ambiente incalculáveis. Neste estudo foi realizado o tratamento de efluentes de lavanderia de jeans por fotocatalise heterogênea empregando os óxidos de zinco e de titânio como fotocatalisadores, os quais mostraram bons resultados na remoção de cor. Porém, para o objetivo de reuso do efluente em novos processos de beneficiamento e tingimento de peças confeccionadas o catalisador dióxido de titânio se mostrou mais adequado.

Palavras-chave: Tratamento de Efluentes. Corantes Têxteis. Reuso de Efluente. Tingimento.  
Área Temática: Águas Residuárias.

## **Analysis of reuse of jeans laundry effluent treated by heterogeneous photocatalysis**

### **Abstract**

*The jeanswear is one of the pieces most used around the world, and the strengthening and growth of the fashion market, each collection comes new possibilities for different washes that encourage consumers buy new parts. To this end, the denim laundries during his pieces made of beneficiation processes use chemicals and dyes that are transported to the fibers through the water, and can according to Salem (2010) consume up to 350 kg L<sup>-1</sup> processed material. And end of the process effluents that are discharged without proper treatment, can cause incalculable impact the environment. Thus, the academic community over the past decades has been studying the use of heterogeneous photocatalysis applied to the treatment of textile effluents, which has the advantage destruction of the dye molecule eliminating the middle and decreasing the volume of solid waste generated in wastewater treatment processes (TEIXEIRA&JARDIM, 2004). This study was conducted the treatment of jeans laundry wastewater by heterogeneous photocatalysis using zinc and titanium oxides as photocatalysts, which showed good results in removing color. However, for the purpose of reusing the effluent of new processes the titanium dioxide catalyst was more appropriate.*

Key words: Wastewater treatment. Textile dyes. Effluent reuse. Dyeing.  
Theme Area: Wastewater



## 1 Introdução

As lavanderias industriais pertencem ao segmento de beneficiamento/acabamento têxtil e trabalham na área dos efeitos visuais, os que tem o objetivo alterar a textura da peça, de forma a trabalhar a linguagem definida pelos estilistas. Para tanto, Borges *et al.* (2008) afirmam que a água, dentro da indústria têxtil, é a principal matéria-prima empregada, sendo utilizada como veículo de transporte de agentes químicos e corantes, podendo de acordo com Salem (2010) chegar ao consumo de  $350 \text{ L Kg}^{-1}$  de material processado.

Sendo assim, a indústria têxtil necessita de tecnologias que proporcionem a minimização da quantidade de água potável empregada em seus processos, visando a redução dos impactos provocados no ambiente, visto que o seu processo produtivo gera grande quantidade de efluentes líquidos e resíduos sólidos, os quais apresentam elevada carga orgânica, forte coloração e compostos químicos tóxicos, que não podem ser descartados na rede de esgoto ou em corpos de água, ou simplesmente ser lançados ao solo sem um tratamento adequado para remoção desses agentes contaminantes.

Diante disso, a busca pela preservação do ambiente torna-se essencial para a sustentabilidade do setor têxtil e nesse sentido, a pesquisa acerca da utilização da fotocatalise heterogênea aplicada ao tratamento de efluentes têxteis, se mostra promissora, uma vez que esse método promove a destruição da molécula do corante eliminando-o do meio, além de diminuir a geração do resíduo sólido e de melhorar as condições do efluente tratado, podendo proporcionar o seu reuso (TEIXEIRA & JARDIM, 2004).

Nesse sentido, o presente trabalho objetiva apresentar resultados do trabalho realizado com efluente de lavanderia de jeans por meio da fotocatalise heterogênea, empregando como catalisador o óxido de zinco e o dióxido de titânio, visando ao reuso do efluente no processo produtivo têxtil, reduzindo então, a captação de água potável para esse fim.

## 2 Materiais e Métodos

O efluente foi coletado no tanque de equalização da Lavanderia Dinâmica, situada em Maringá, na qual são realizados diversos processos de beneficiamento de peças confeccionadas de jeans e artigos PT (pronto para tingir), tais como, tingimentos com diferentes classes de corantes, desengomagem, purga, alveamento, caustificação, estonagem, branqueamento, clareamento, *used, hand used*, pincelado, marmorizado, dentre outros.

Os parâmetros empregados nos ensaios de tratamento de efluente da lavanderia industrial, neste trabalho, foram anteriormente determinados (RIBEIRO, 2015) por meio de planejamento experimental e analisados estatisticamente. Sendo assim, as condições adotadas foram:

- com  $\text{TiO}_2$  : concentração de catalisador  $2,5 \text{ gL}^{-1}$ , 2 horas de reação, 100 L de efluente, pH do efluente de 2,5 e 660 W de potência;
- com  $\text{ZnO}$  : concentração de catalisador  $2,0 \text{ gL}^{-1}$ , 4 horas, pH 8, 100 L de efluente e 660 W de potência.

O efluente foi caracterizado, acidificado e armazenado em freezer à temperatura de  $4^\circ\text{C}$ , visando a conservação de suas propriedades durante o período de realização dos ensaios.

As amostras de efluentes foram também caracterizadas ao final do tratamento fotocatalítico para determinar o efeito do tratamento no efluente. As características físico-químicas analisadas foram: pH, cor, turbidez, espectro de máxima absorvância, concentração dos metais zinco e titânio.



As metodologias e equipamentos utilizados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1– Metodologias para determinação das características físico-químicas dos efluentes

Parâmetros	Técnica analítica	Unidade	Aparelho
pH	Direto, Potenciométrico	-	Peagâmetro Digimed DM 20
Espectro de Máx. Absorbância.	Espectrofotometria, varredura	-	HACH-LANGE, modelo DR/500
DQO	Espectrofotometria em 600 nm	mg L <sup>-1</sup>	Espectrofotômetro
Cor Verdadeira	Direto, espectrometria	mg PtCo L <sup>-1</sup>	HACH DR 2010
Turbidez	Direto, espectrometria	FAU	
Metais	Espectroscopia de absorção atômica	mg L <sup>-1</sup>	AA240FS

Fonte: o autor

Para a determinação da remoção de cor do efluente se empregou a seguinte equação:

$$\text{Descoloração} = \frac{(\text{Abs}(i) - \text{Abs}(f)) * 100}{\text{Abs}(i)} \quad \text{Equação (1)}$$

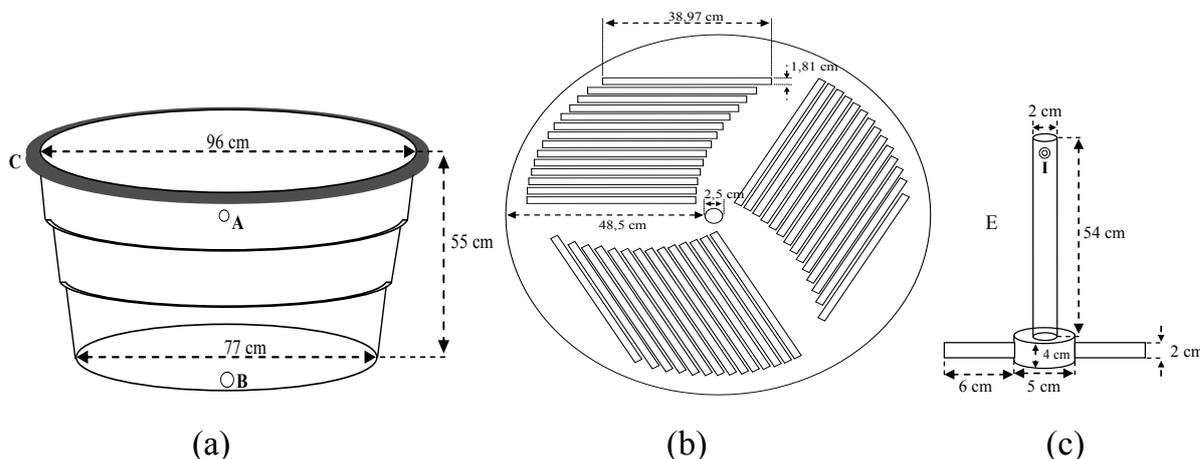
Em que,  $\text{Abs}(i)$  é o valor da absorbância inicial e  $\text{Abs}(f)$  é o valor da absorbância final, após o tratamento do efluente.

#### Tratamento do efluente

Os ensaios foto-oxidativos foram realizados em reator tipo lama, no qual o catalisador era mantido em suspensão durante todo o processo, por meio de agitação mecânica. O fotorreator foi instalado no Laboratório de Gestão, Controle e Preservação Ambiental (LGCPA), da Universidade Estadual de Maringá (UEM) e consistia de um tanque com capacidade de 300L. Posicionado sobre o tanque foi utilizada uma placa circular móvel de metal, na qual foram fixadas 44 lâmpadas germicidas de 15 W cada, totalizando uma fonte de radiação ultravioleta de 660 W (Figura 1).

Figura 1 – Esquema do reator tipo lama em escala semipiloto

(a) reator com capacidade de 300 L. (b) tampa do reator com 44 lâmpadas germicidas. (c) agitador mecânico.





O efluente foi colocado no reator, corrigido o pH e adicionado o catalisador, sob agitação, para homogeneizar a solução, durante 10 minutos e após esse período, foi colocado em funcionamento as lâmpadas germicidas para iniciar o tratamento do efluente. Cada condição de tratamento do efluente foi realizada em duplicata para verificar a reprodutibilidade do tratamento. No final do processo os efluentes passaram pela etapa de decantação visando a separação sólido-líquido.

#### *Reuso do Efluente*

Os ensaios realizados com o efluente tratado, bem como os ensaios de qualidade do material têxtil foram realizados no laboratório de lavanderia industrial e no laboratório de beneficiamento têxtil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Câmpus Apucarana.

A partir da amostra de tecido plano 100% algodão, realizou-se os processos de desengomagem, alvejamento, tingimento e amaciamento. Enquanto que as amostras de jeans, passaram pelas etapas de desengomagem, estonagem enzimática, marmorizado e amaciamento. Para realização desses processos foram seguidos os procedimentos adotados usualmente nas lavanderias industriais. Todos os ensaios foram realizados em máquina de canecas para beneficiamento têxtil da marca Kimak (Figura 2).

Figura 2- Máquina de tingimento em canecas empregada nos ensaios de beneficiamento de artigos PT e jeans



Fonte: o autor

#### *Ensaio de Qualidade do Substrato Têxtil*

Para garantir a qualidade do produto beneficiado, procedeu-se no material tingido, o ensaio de variação de cor e análise de manchamento. A variação de cor foi medida em espectrofotômetro de bancada de alta resolução para ensaios de colorimetria da área têxtil, com capacidade de medição por reflexão e transmissão na faixa de 360 a 700 nm, e a análise de manchamento foi realizada em cabine de luz, utilizando iluminantes padrão.

Para os processos do beneficiamento do jeans, as análises de qualidade são apenas visuais.



### 3 Resultados e Discussão

#### *Ensaio de Tratamento dos Efluentes*

Os resultados dos tratamentos realizados utilizando o  $\text{TiO}_2$  e  $\text{ZnO}$  como fotocatalisadores são apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2- Características físico-químicas - efluente tratado com  $\text{TiO}_2$  (concentração de  $2,5 \text{ gL}^{-1}$ , 2 horas, pH 2,5 e 660 W de potência)

Parâmetro	Unidade medida	Efluente I			Remoção Média (%)
		Bruto	Tratado	Réplica	
pH	-	7,06	2,51	2,54	*
Cor	mg Pt-Co $\text{L}^{-1}$	1948	130	124	93,48
Turbidez	FAU	683	32	45	94,36
DQO	mg. $\text{L}^{-1}$	1142,4	242,8	210,0	80,18
DBO <sub>5</sub>	mg. $\text{L}^{-1}$	235	82	87	64,04
DBO <sub>5</sub> /DQO	-	0,21	0,34	0,41	*
Absorbância ( $\lambda$ )	-	0,571	0,036	0,033	93,95
Odor	-	Forte	Ausente	Ausente	*
Titânio	mg. $\text{L}^{-1}$	nd	39,95	37,90	38,93

Observação: (\*) não se aplica; (nd) não detectado pela metodologia utilizada

Tabela 3 - Características físico-químicas - efluente tratado com  $\text{ZnO}$  (concentração de  $2,0 \text{ gL}^{-1}$ , 4 horas, pH 8 e 660 W de potência).

Parâmetro	Unidade medida	Efluente II			Remoção Média (%)
		Bruto	Tratado	Réplica	
pH	-	6,65	7,08	7,06	*
Cor	mg Pt-Co $\text{L}^{-1}$	1536	170	196	88,08
Turbidez	FAU	258	25	32	87,84
DQO	mg. $\text{L}^{-1}$	543	104	112	80,11
DBO <sub>5</sub>	mg. $\text{L}^{-1}$	379	20	22	94,45
DBO <sub>5</sub> /DQO	-	0,70	0,19	0,20	*
Absorbância ( $\lambda$ )	-	0,385	0,014	0,027	94,67
Odor	-	Forte	Ausente	Ausente	*
Zinco	mg. $\text{L}^{-1}$	nd	1,44	1,37	1,40

Observação: (\*) não se aplica; (nd) não detectado pelo equipamento.

Conforme apresentado, os dois efluentes brutos empregados nos ensaios apresentaram alta coloração, elevada DQO e DBO, além de forte odor, os quais foram ocasionados devido à presença de vários produtos químicos utilizados nas lavanderias de jeans.

A relação entre a DBO e DQO é um dos parâmetros utilizados para indicar a biodegradabilidade de resíduos líquidos e pode ser um dos indicativos da eficiência de um sistema de tratamento de efluente, ou seja, se o efluente tratado, realmente foi degradado ou se o processo levou a formação de subprodutos tóxicos.

Segundo Sarria *et al.* (2002) e Farré *et al.* (2007) a biodegradabilidade do efluente é representada pela razão  $\text{DBO}_5/\text{DQO}$ , sendo considerado valores acima de 0,4 como biodegradável e o intervalo de 0,3 à 0,39 como parcialmente biodegradável. Dessa forma, os valores apresentados indicam que o tratamento realizado utilizando o  $\text{TiO}_2$  conduziu à formação de compostos com maior facilidade de degradação, enquanto que os ensaios realizados com  $\text{ZnO}$  conduziram a formação de subprodutos, diminuindo a biodegradabilidade do efluente.

Os ensaios realizados com o  $\text{TiO}_2$  também mostraram, em termos percentuais, superiores na remoção de cor, turbidez e DQO. Observou-se a ocorrência de solubilização do



metal, porém o  $\text{TiO}_2$  pode apresentar um efeito positivo sobre o substrato têxtil visto que esse óxido já é empregado sobre têxteis para obtenção de proteção ultra violeta.

#### *Reuso do Efluente Tratado*

Os efluentes tratados foram utilizados em ensaios desengomagem, alvejamento, tingimento, amaciamento, estonagem enzimática e marmorizado. As características físico-químicas da água e dos efluentes tratados empregados nesses processos estão apresentados na Tabela 4.

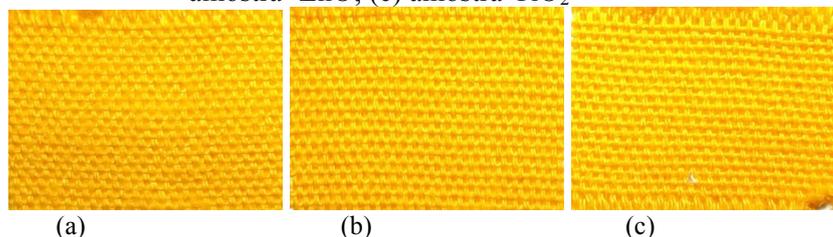
Tabela 4 - Características físico-químicas das águas de reuso para os ensaios de tingimento em artigos PT e beneficiamento do jeans.

Parâmetro	Unidade medida	Água Industrial	Água de Reuso - ZnO	Água de Reuso - $\text{TiO}_2$
pH	-	7,33	7,10	7,08
Cor	mg Pt-Co/L	7	170	124
Turbidez	FAU	5	25	45
DQO	$\text{mg.L}^{-1} \text{O}_2$	17	104	210
DBO <sub>5</sub>	$\text{mg.L}^{-1} \text{O}_2$	5	20	87
Odor	-	inodoro	inodoro	inodoro
Zinco	$\text{mg.L}^{-1}$	nd	1,436	nd
Titânio	$\text{mg.L}^{-1}$	nd	nd	37,903

Obs. As águas de reuso passaram por ajuste de pH antes dos processos de tingimento de artigos PT e de beneficiamento de jeans.

Os resultados visuais da etapa de tingimento das amostras estão apresentados na Figuras 3a, 3b e 3c.

Figura 3 - Ensaios de Tingimento com o Corante Amarelo BG-R. (a) amostra padrão; (b) amostra- ZnO; (c) amostra- $\text{TiO}_2$



Verifica-se nas figuras acima, que todas as amostras, independentemente do tipo de água utilizada no tingimento, apresentaram aparência semelhante, sem apresentar manchamento do tecido. Quanto à intensidade colorística, os resultados estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Intensidade colorística dos ensaios de tingimento

Amostra	Intensidade Colorística (%)
Amostra Padrão	100,00
Amarelo (ZnO)	120,57
Amarelo ( $\text{TiO}_2$ )	119,83

Apesar de apresentar diferença de intensidade colorística, nos resultados obtidos em espectrofotômetro, esta não é perceptível ao olho humano, não interferindo na qualidade do produto. Mas essa análise apontou algo positivo, indicando que quando se utilizar o efluente tratado por fotocatalise com ZnO ou  $\text{TiO}_2$  pode-se utilizar quantidade menor de corante no



processo, visto que este terá maior capacidade de exaustão, provavelmente porque pela ocorrência de ativação dos sítios ativos da fibra celulósica intensificando o processo de tingimento.

Os processos realizados em amostras de jeans apresentaram alteração apenas na amostra do processo de estonagem enzimática processada com a água de reuso tratada por ZnO. Isso ocorreu devido a presença de Zn interferir na atividade das enzimas levando a desnaturação precoce.

As amostras de jeans beneficiadas com o efluente de reuso tratado pela fotocatalise com TiO<sub>2</sub> não apresentaram nenhuma variação quando comparados as realizadas com água industrial, mostrando que o reuso desse efluente é viável para esses fins.

#### 4 Conclusão

O processo de tratamento de efluentes empregado nesse trabalho apresentou bons resultados na remoção de cor, turbidez, DQO e DBO, indicando a capacidade de redução desses parâmetros, tanto com o uso do ZnO como do TiO<sub>2</sub>. Porém, se o efluente for descartado em corpos receptores de água deve-se atentar que o tratamento realizado com ZnO sugeriu a formação de compostos recalcitrantes, indicados pela redução da relação DBO<sub>5</sub>/DQO após a fotocatalise.

Quanto à reutilização em processos de beneficiamento de artigos jeans e PT, todos os métodos de tratamento se mostraram eficientes, para obtenção de água de reuso, contudo quanto ao efluente tratado com catalisador à base de zinco, deve-se ter especial atenção nos processos realizados por meio de enzimas, para evitar a desativação precoce das mesmas, o que pode comprometer a qualidade do material ou levá-los ao reprocesso.

Dessa forma, visando a reutilização do efluente em processos de lavanderia de jeans o mais indicado nesse trabalho foi o tratamento fotocatalítico com TiO<sub>2</sub>, visto que, esse não provocará danos ao material beneficiado.

#### Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 105:A01:2011. Ensaio de Solidez à Cor: Princípios Gerais de Ensaio. São Paulo, 2011.

BORGES, J. K., BATTISTI, A. M., ANDREAUS, J., BARCELLOS., I. O. “Blenda de náilon-6,6/ quitosana como adsorvente de corantes ácidos para reutilização das soluções de corantes tratadas em tingimentos de poliamida.” *Polímeros Ciência e Tecnologia*, 2008: 215-221.

FARRÉ, M. J., FRANCH, M. I., AYLLÓN, J. A., PERAL, J., DOMÈNECH, X. “Biodegradability of treated aqueous solutions of biorecalcitrant pesticides by means of photocatalytic ozonation.” *Desalination* 211, 2007: 22-33.

RIBEIRO, V. A. S. Tratamento de efluente de lavanderia industrial de jeans por fotocatalise heterogênea aplicando catalisadores em suspensão e imobilizado, Tese de Doutorado em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2015, 132 p.



SALEM, V. **Tingimento Têxtil**: Fibras, Conceitos e Tecnologias. São Paulo: Blucher: Golden Tecnologia, 2010.

SARRIA, V., PARRA, S., ADLER, N., PÉRINGER, P., BENITEZ, N., PULGARIN, C. “Recent developments in the coupling of photoassisted and aerobic biological processes for the treatments in the coupling of photoassisted and biological processes for the treatment of biorecalcitrant compounds.” *Catalysis Today*, 76, 2002: 301-315.

TEIXEIRA, C. P. A. B., JARDIM, W. F. “**Caderno Temático**: Processos Oxidativos Avançados - Conceitos Teóricos.” Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas. Vol. 3. Campinas, SP, 2004.