

# MONTAGEM E AVALIAÇÃO DE REATOR DE LABORATÓRIO PARA TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTE TÊXTIL NO SISTEMA LAB (LODOS ATIVADOS POR BATELADA)

IMPLEMENTATION AND EVALUATION OF A LABORATORY SCALE BIOLOGICAL REACTOR FOR THE TREATMENT OF TEXTILE WASTEWATER WITH TECHNOLOGIES AND TECHNIQUES OF SEQUENCING BATCH REACTORS (SBR).

Fecha de Recepción: Outubro 25 / 2006  
Fecha de Aprobación: Novembro 27 / 2006

Prof. MSc Álvaro Chávez Porras  
Prof. Dr. Ricardo de Lima Isaac

**RESUMO:** O trabalho preparou em escala de laboratório o reator biológico, do sistema de Lodos Ativados por Batelada (LAB), e avaliou o desempenho no tratamento de efluente de indústria têxtil. A pesquisa desenvolveu-se nos laboratórios de Saneamento e Protótipos do Departamento de Saneamento e Ambiente, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Quanto à fase líquida (despejo), no reator biológico após inoculação descrita neste estudo, avaliou-se a eficiência do sistema LAB nos parâmetros: SST (sólidos suspensos totais) da Serie de Sólidos, Cor ADMI (medição do valor para efluentes de origem têxtil), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Carbono Orgânico Dissolvido (COD). No sistema conseguiu-se uma eficiência dos parâmetros na faixa de 60 a 70%.

**PALAVRAS CHAVES:** Efluentes têxteis, lodos ativados por batelada (LAB).

**ABSTRACT:** This work deals with the development and implementation at laboratory scale of a methodology for the treatment of wastewater from a textile factory, using Sequencing Batch Reactors (SBR) –and activated sludge process based on biological reactors-- and the evaluation of its efficiency. To verify the efficiency of the proposed method (or process), the following parameters were evaluated, TSS (Total Suspended Solids), Color ADMI, COD (Chemical Oxygen Demand) and DOC (Dissolved Organic Carbon). The results indicate efficiencies in the range 60 to 70 % for each one of the parameters considered in this study.

**KEYWORDS:** Wastewater, textile industry, biological treatment, SBR.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINA–UNICAMP, São Paulo, Brasil; FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO, DEPARTAMENTO DE SANEAMENTO E AMBIENTE.

<sup>1</sup> Engenheiro Industrial, MSc., doutorando, docente e pesquisador do Departamento de Saneamento e Ambiente da Universidade Estadual de Campinas, SP, Brasil.  
<sup>2</sup> Engenheiro Civil, Ph.D., docente e pesquisador do Departamento de Saneamento e Ambiente da Universidade Estadual de Campinas, SP, Brasil.

## I. INTRODUÇÃO

Lançar efluentes industriais e esgotos sanitários sem tratamento nos corpos de água é uma prática que gera alto grau de contaminação dos mananciais. Entre as indústrias geradoras de grande quantidade de contaminantes está a indústria têxtil, a qual engloba uma variedade de processos e empresas gerando diferentes efluentes e resíduos sólidos perigosos; particularmente, esta prática afeta consideravelmente ou mata a vida aquática, evitando a penetração de luz, impedindo a fotossíntese, elevando os valores de salinidade (alta condutividade) e limitando seu uso na agricultura.

Na indústria, os processos caracterizam-se pelo consumo intensivo de água, com operações descontínuas no processo produtivo. No Brasil, o consumo de água varia na faixa de 40 a 290 Litros de água por kg de material processado; esta indústria usa 20 t/ano de corantes, dos quais cerca de 20% são descartados em efluentes para serem tratados e/ou lançados nos corpos d'água.

Tentando avaliar um tratamento para estes despejos, de efluente de indústria têxtil, desenvolveu-se uma pesquisa nos laboratórios de Saneamento e Protótipos do Departamento de Saneamento e Ambiente, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, onde se preparou em escala de bancada de laboratório o reator biológico, do sistema de Lodos Ativados por Batelada (LAB), e avaliou seu desempenho.

Quanto à fase líquida ou despejo, no reator biológico após inoculação (descrita no estudo), avaliou-se a eficiência do sistema LAB nos parâmetros:

- SST (sólidos suspensos totais) da Serie de Sólidos,
- Cor ADMI (medição do valor para efluentes de origem têxtil),
- Demanda Química de Oxigênio (DQO) e
- Carbono Orgânico Dissolvido (COD).

No final da fase de avaliações, no sistema conseguiu-

se uma eficiência dos quatro parâmetros na faixa de 60 a 70%.

## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo PÔRTO (2002), FERREIRE da SILVA (2004), SALES et al (2003), USEPA (1997), SOUZA et al (2005), YAMAGUTI et al (2005) e FUKUNAGA (2003), todos os resíduos da industrial têxtil, neste caso, efluentes líquidos finais, variam em suas características, nos corantes empregados nos processos. O despejo gerado é pouco homogêneo, com alta variabilidade de vazão, pH e de carga orgânica, além de sua pouca biodegradabilidade, presença de sais dissolvidos, corantes sintéticos, substâncias tóxicas, metais, detergentes, óleos e graxas.

Para BRESAOLA & CANTELLI (2001), e PÔRTO (2002), para atender à legislação, principalmente os padrões legais de emissão e de qualidade, a indústria têxtil tem como processos de tratamento mais utilizados, os biológicos; um dos mais usados é o processo de Lodos Ativados de Fluxo Intermitente ou Lodos Ativados por Batelada (LAB). Estes são processos aeróbios de tratamento biológico que usam as reações metabólicas dos microrganismos para produzir um efluente de qualidade pela oxidação e conversão da matéria orgânica em dióxido de carbono, água e biosólidos (lodo). O oxigênio introduzido permitirá a vida de microrganismos em altas concentrações e as colônias formadas usarão os poluentes como alimento e os incorporarão em seu metabolismo, removendo as partículas dissolvidas e não sedimentáveis do despejo; na remoção dos poluentes podem trabalhar em todos os tamanhos de partículas (em suspensão ou dissolvidas) de uma maneira efetiva. São bastante usados no tratamento de águas residuárias com alta carga orgânica e para tratamento de despejos industrial, além de serem muito simples de operar; sendo um método efetivo na relação custo – benefício, HELMREICH et al (2000) e NETO & SILVA (2005). No caso de despejo têxtil, o processo biológico con-

siste numa oxidação dos compostos orgânicos, para efetuar uma redução da cor e o início da nitrificação. A nitrificação é a oxidação biológica de amônio para nitrito e a oxidação de nitrito para nitrato, realizada por bactérias especializadas, que desenvolvem atividades bioquímicas em presença de oxigênio dissolvido; estes sistemas também têm capacidade de quebrar compostos orgânicos mais resistentes. Para sua boa operação eles requerem um tempo de retenção celular (idade de lodo) alto para conseguir uma atividade biológica que inicie a nitrificação o que faria possível o controle da toxicidade, alcançando uma alta redução na DQO e cor, alcançando um alto grau de estabilização do lodo. Entre as vantagens, o sistema é adequado para áreas de espaço limitado com versatilidade de operação; permite variações na carga orgânica, na aeração e nas mudanças dos tempos e ciclos. O sistema é o mais adequado para zonas urbanas com limitação de área ou indústrias com áreas pequenas. Como recomendação no tratamento, os efluentes devem ser neutralizados e suplementados com nutrientes como uréia (N) e ácido fosfórico (P); por exemplo, adicionaram ao despejo nitrogênio e fósforo como nutrientes na relação:

$$\text{DBO: N: P} = 100:5:1$$

Então, como objetivo geral do trabalho se elaborou a montagem de um reator de laboratório (inocular) para tratamento biológico deste efluente têxtil no sistema de Lodos Ativados por Batelada (LAB) de 40 L, e avaliou-se a sua eficiência nos parâmetros: Cor ADMI, DQO (demanda química de oxigênio), COD (carbono orgânico dissolvido) e Serie de Sólidos; sendo importante o desenvolvimento de uma metodologia apropriada para estes efluentes industriais com elevados valores de Cor, demanda de oxigênio, carbono dissolvido e variabilidade de sólidos (suspensos e dissolvidos).

### III. MATERIAIS E MÉTODOS

#### A. *Investigação Experimental*

O trabalho de investigação preparou e avaliou o des-

empenho, em escala de laboratório, de um reator no sistema de Lodos Ativados por Batelada (LAB) de 40 L de capacidade, no tratamento de efluente de indústria têxtil. Os despejos usados no laboratório para montar o reator, foram provenientes de uma indústria têxtil da região de Americana, no Estado de São Paulo, que realiza as operações de tecelagem, preparação, tingimento, estampagem e acabamento. Na investigação, avaliou-se a eficiência do sistema: quanto à estabilidade do reator, no parâmetro de quantidade de sólidos, o seja os SST (sólidos suspensos totais da Serie de Sólidos) em valores estáveis no transcurso da o tratamento; e quanto a avaliação de eficiência do tratamento de despejos, nos parâmetros Cor ADMI, Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Carbono Orgânico Dissolvido (COD), além de pH e temperatura.

O efluente foi coletado diretamente no tanque de equalização na industria; e armazenado nos laboratórios da UNICAMP, em geladeira à temperatura inferior a 4 oC; colocado à temperatura ambiente 24 horas antes de ser usado. Eram corrigidos o pH e adicionado nutrientes, no efluente bruto, no final de cada semana, para ser usado na semana seguinte.

Os nutrientes, uréia com 47 % de nitrogênio (N) e ácido fosfórico com 32 % de fósforo (P), foram adicionados com base no valor adotado de DBO<sub>5,20</sub> no Efluente Bruto (EB) de 900 mg de O<sub>2</sub>/L. Considerou-se uma relação para adição de nutrientes de DBO<sub>5,20</sub> : N : P em 100 : 5 : 1 (BRESAOLA & CANTELLI, 2001; PÔRTO, 2002), e para cada 20 litros foram adicionados 1,92 g. de uréia e 0,4 mL de ácido fosfórico.

A correção do pH foi feita com uma solução de barrilha a 50 mg/L ou com uma solução de ácido clorídrico. Definiu-se a faixa de correção de pH entre 7,0 e 8,0. Foram mantidas no reator biológico as seguintes condições operacionais:

O reator funcionou sete dias na semana; as trocas de efluente tratado por efluente bruto eram feitas de segunda a sábado; no ultimo dia (domingo) o reator

permanecia só em movimentação e aeração; a aeração e mistura do reator foram obtidas através de 5 bombas de mistura e difusão de ar e pedras porosas (bombas tipo aquário caseiro); o reator funcionou com fluxo intermitente ou batelada, em ciclos de 24 horas (na Figura 1 mostram-se as operações diárias efetuadas no reator biológico); nos ciclos fizeram-se as operações de enchimento (feito de forma quase instantânea), reação (22 horas), sedimentação (1,5 hora) e esvaziamento em repouso (0,5 hora); retirou-se diariamente uma fração correspondente a 1/20 (2 L) da capacidade do reator, com a mistura em movimentação para garantir um tempo de residência celular (idade de lodo) de 23,3 dias; para manter a fração de lodo de 50% na operação de esvaziamento retiravam-se 18 L de efluente tratado do reator (para um total de 20 L); o descarte do efluente tratado e o esvaziamento foram feitos por meio de

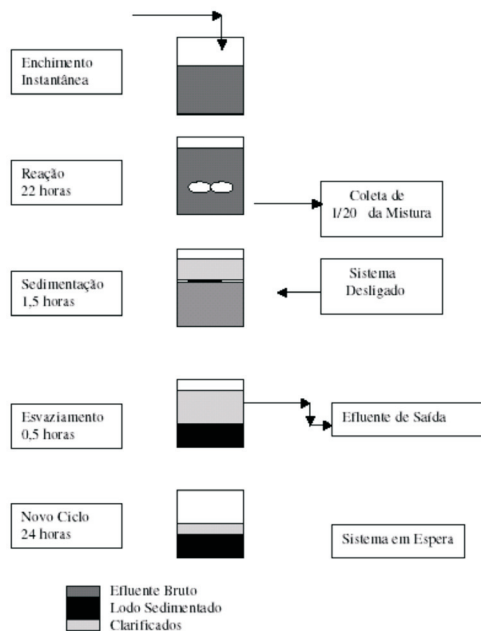


Figura 1. Operações Efetuadas nos Reactores Biológicos.  
Fonte: PÔRTO,2002

válvulas hidráulicas colocadas no reator; no enchimento do reator usou-se um tanque de 20 litros de capacidade que alimentava por gravidade o reator.

Para o trabalho experimental, foram realizadas as seguintes atividades: Deu-se partida ao reator, inoculando-o com mistura em suspensão de “lodo biológico de tratamento de esgoto e de efluente têxtil” de estudos de bancada no laboratório; o despejo foi condicionado com nutrientes e corrigido nos valores de pH conforme descrito na metodologia; mediu-se diariamente a temperatura e pH no reator e caracterizou-se as amostras do EB (efluente bruto) e ET (efluente tratado) com os parâmetros Cor ADMI, DQO e COD e Série de Sólidos e operou-se até atingir o estado de equilíbrio, caracterizado pelas variações mínimas na eficiência de remoção destes parâmetros, ou pela pouca variação de sólidos em suspensão no interior do reator.

### B. Partida do Reator Biológico

Durante duas semanas foi adicionada, 200 mL, da mistura em suspensão, onde a capacidade de tratamento do reator foi aumentada gradativamente até atingir o valor desejado de 40 litros após três semanas. A operação das três semanas iniciais nos processos de enchimento, sedimentação e descarte do efluente no reator foi feita segundo o plano mostrado na Tabela 1.

Após a terceira semana de funcionamento o reator entrou na fase de troca normal diária, ou seja, descarte de 2 litros de mistura (1/20 do total da capacidade do tratamento do reator), sedimentação, descarte de 18 litros de efluente tratado e o enchimento de 20 litros de EB. Operação continua até entrar na fase de equilíbrio.

Tabela 1. Início do Reator Biológico

Semana	Dia	Substrato inicial ( L )	Descarte mistura - ( L )	Descarte tratado - ( L )	Bio mistura + ( L )	Efluente bruto + ( L )	total enchimento + ( L )
1	1	0,0	0,0	0,0	0,2	5,0	5,2
	2	5,2	0,0	2,6	0,2	5,0	7,8
	3	7,8	0,0	3,9	0,2	5,0	9,1
	4	9,1	0,0	4,6	0,2	5,0	9,8
	5	9,8	0,0	4,9	0,2	5,0	10,1
	6	10,1	0,0	5,0	0,2	10,0	15,2
	7	15,2	0,0	7,6	0,2	10,0	17,8
2	8	17,8	0,0	8,9	0,2	10,0	19,1
	9	19,1	0,0	9,6	0,2	10,0	19,8
	10	19,8	0,0	9,9	0,2	10,0	20,1
	11	20,1	0,0	10,0	0,2	20,0	30,2
	12	30,2	0,0	15,1	0,2	20,0	35,3
	13	35,3	0,0	17,7	0,2	20,0	37,9
	14	37,9	0,0	18,9	0,2	20,0	39,1
3	15	39,1	2,0	17,1	0,0	20,0	40,0
	16	40,0	2,0	18,0	0,0	20,0	40,0
	17	40,0	2,0	18,0	0,0	20,0	40,0
	18	40,0	2,0	18,0	0,0	20,0	40,0
	19	40,0	2,0	18,0	0,0	20,0	40,0
	20	40,0	2,0	18,0	0,0	20,0	40,0
	21	40,0	2,0	18,0	0,0	20,0	40,0

Após a terceira semana de funcionamento o reator entrou na fase de troca normal diária, ou seja, descarte de 2 litros de mistura (1/20 do total da capacidade do tratamento do reator), sedimentação, descarte de 18 litros de efluente tratado e o enchimento de 20 litros de EB. Operação continua até entrar na fase de equilíbrio.

### C. Caracterização do Efluente Bruto

Das coletas primeiro de 400 L, após uma semana de 300 L, e uma semana depois outra de 300 L, tomouse, aleatoriamente, um litro de cada para análises de laboratório num lapso não maior de 48 horas da coleta. Na Tabela 2 são mostrados os resultados da ca-

racterização feita nos despejos brutos coletados com relação aos parâmetros pH, Cor ADMI, DQO e COD.

Os valores encontrados nos parâmetros foram bastante variáveis entre as coletas efetuadas; por serem os processos de beneficiamento têxtil realizados em bateladas é muito difícil considerar uma correlação destes diferentes parâmetros, dificultando o tratamento. Os referenciados na bibliografia, também encontram-se nesta faixa de variabilidade. Comparado com alguns efluentes brutos da indústria têxtil, o despejo apresenta um valor de Cor alta.

Os resultados quanto a Séries de Sólidos para as coletas de EB são mostradas na Tabela 3.



Tabela 2. Resultados da Caracterização do EB

Coleta No	Quant. Litros	pH	Cor ADMI	DQO		Carbono Dissolv.(mg/L)		
		media	media	Abs	mg/l	CTD	CID	COD
1	400	11,0	740	0,940	2436	503,0	98,0	405,0
2	300	6,3	910	1,060	2753	502,0	99,9	402,1
3	300	7,5	870	0,950	2463	499,0	10,1	488,9

Tabela 3. Resultados da Séries de Sólidos para EB (mg/L)

Coleta	ST	STF	STV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
1	2660	1977	683	269	215	54	2391	1762	629
2	2520	1569	951	280	224	56	2240	1345	895
3	2300	1405	895	206	165	41	2094	1240	854

#### D. Fases do Tratamento de Efluentes

O reator operou de forma contínua; no primeiro mês, em três semanas, ele foi inoculado (início de operações) e no segundo mês esperou-se até alcançar certo equilíbrio para SST da mistura.

Recolheram-se amostras, quase diariamente, para a determinação dos valores de pH e temperatura do reator e semanalmente para a determinação dos valores de Sólidos Sedimentáveis (SS). A tabela 4 mostra os dados de operação de alguns dias do reator referente a estes parâmetros avaliados na mistura (dados obtidos ao final do período de reação).

Pode-se observar o crescimento dos Sólidos Sedimentáveis desde o início das operações até uma estabilização quase no final do período onde o reator atinge o valor de equilíbrio de, aproximadamente, 150 mL/L de sólidos sedimentáveis presentes na mistura.

A estabilização dos valores nos sólidos também se apresenta nos SST da mistura do reator, incremen-

Tabela 4. Operação Diária do Reator

Teste Dia	TEMP o C	pH	SS mL/L
1	23,0	7,3	60
9	24,0	7,7	65
14	23,0	7,3	75
22	24,0	8,3	80
27	22,0	7,8	85
29	22,5	7,8	90
38	22,0	7,4	95
39	22,0	7,4	100
50	22,0	7,9	110
53	23,0	7,6	120
66	21,0	8,2	130
69	22,0	8,3	135
74	21,0	7,9	140
77	22,0	7,8	150
81	23,0	8,3	150
84	22,0	7,6	150
Equilíbrio			

tando-se de dados inferiores a 300 mg/L até valores acima ou próximos a 3000 mg/L ao final do segundo mês do início das operações. Os resultados mostraram eficiência do tratamento do despejo bruto, no reator, para Cor ADMI superiores a 70%, DQO valores

superiores a 65%, e COD perto do 70%.

Apos a operação do tratamento num volume estabelecido por batelada, na quantidade de EB, lodo resultante e ET, logro-se uma idade do lodo ( $\theta_c$ ) de 23 dias e ciclos de 24 horas.

Os SST para o efluente tratado no reator diminuíram até um valor de equilíbrio aproximado de 250 mg/L. Pode-se inferir que as quantificações de sólidos não atingidos pela sedimentação incorporam muitas partículas suspensas pouco sedimentáveis e também aquelas que por efeito das bolhas do ar tendem a ficar no sobrenadante no tempo de sedimentação.

#### IV. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Nas considerações do tratamento de efluente no reator biológico e conforme a experimentação, conclui-se que este, após o início das operações (com inoculo ou semente de outros reatores que tratavam esgoto doméstico ou efluente têxtil sem adição de coagulantes, CAP u outros floculadores químicos) e logo após três semanas adicionando-se despejo têxtil bruto, ele operou por um tempo até atingir uma estabilidade funcional.

Os valores de pH, no reator, após tempo de reação, variaram na faixa de 7,5 até 8,0; sendo que o despejo bruto tinha sido ajustados na faixa de pH entre 7,0 e 8,0.

Com idade do lodo ( $\theta_c$ ) de 23 dias e ciclos de 24 horas, pode-se concluir que:

- Os valores de SS, na mistura do reator após tempo de reação, ficaram perto de 150 mL/L; alguns testes de SS feitos, para efluentes tratados, indicaram sólidos sedimentáveis inferiores a 1 mL/L.

- Os valores dos SST das misturas no reator ficaram com valores perto de 3.000 mg/L; a faixa de valores para efluentes tratados, ficou entre 250 mg/L e 350

mg/L; algumas avaliações foram feitas para os lodos resultando valores de teor de sólidos perto de 4 %.

- Para o reator, a eficiência de remoção de Cor ADMI no efluente ficou na faixa de 60 a 70%. Para a DQO, a eficiência de remoção foi de 70 a 75 %. Os resultados na eficiência de remoção de COD, na faixa de 65 a 75%.

Como estes efluentes em geral, caracterizam-se pela grande variabilidade da carga orgânica, elevada concentração de sais dissolvidos, presença de compostos orgânicos lentamente biodegradáveis, cor elevada e alta concentração de detergentes, podendo apresentar toxicidade e mutagenicidade, o tratamento biológico aeróbio, para estes casos, tem acogida e é bastante empregado na prática, mas recomenda-se, na maioria da vezes, avaliar as características do efluente bruto para sua possível aplicação.

#### REFERÊNCIAS

- [1]. BRESAOLA, R. & CANTELLI, D.L., (2001). "Tratamento de Efluentes Líquidos de uma Indústria Têxtil e seu Réus", 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Brasil.
- [2]. FERREIRE da SILVA, A, (2004). "Preparação, caracterização e aplicação de membranas de poli (fluoreto de vinil) para a redução de cor de Efluente Têxtil modelo.", Dissertação de Mestrado, Engenharia Química, Unicamp, Brasil.
- [3]. FUKUNAGA, M. T., (2003). "Estudo da degradação de efluentes aquosos derivados da indústria produtora de fenol através de eletrolise foto-assistida.", Tese de Doutorado, Engenharia Mecânica, Unicamp. Brasil.
- [4]. HELMREICH, B; SCHREFF, D; WILDERER, P., (2000). "Full scale experiences with small sequencing batch reactor plants in Bavaria". Water Science and Technology, v.41, n.1, p. 89-96.

[5]. NETO, H. G. & SILVA, E. L., (2005). "Cinética do consumo anaeróbico de fenol em reator operando em batelada", VI° Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Brasil.

[6]. PORTO, L., (2002). "Tratamento de Efluente Têxtil em Sistemas de Lodos Ativados de Fluxo Intermitente com a Adição de Carvão Ativado em Pó.". Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil, Unicamp, Brasil.

[7]. SALES, P; OLIVEIRA, M; KYIOMI, P; DUTRA, R; GOMES, W; BRITO, N; BARBOSA, A; SILVA, C; FIORENTINO, J; LOPES, T; PELEGRINI, R., (2003). "Tratamento de corante dispersivo por processo fotocatalítico com TiO<sub>2</sub>". Faculdades Integradas Claretianas, III Fórum de Estudos Contábeis, Rio Claro, São Paulo, Brasil,

[8]. SOUZA, T.C., FERREIRA, C. A., BRANDAO, P.C., HORI, E. C., ROMANIELO, L. L., (2005). "Avaliação do uso de biomassa como adsorvente para a separação de contaminantes orgânicos em efluentes líquidos" VI° Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Brasil.

[9]. USEPA (United States Environmental Protection Agency): "Profile of the Textile Industry", Office of Compliance Sector Notebook Project, Washington, DC, EUA, 1997.

[10]. YAMUGUTI, C. E., SOTTORIVA, P., SILVA, F. T., PAIVA, T. C.: "Remediação de efluentes da indústria têxtil utilizando processo fotoquímico UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>" VI° Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2005.