



II-075 - AVALIAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE REUSO INDUSTRIAL: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE EFLUENTE TÊXTIL TRATADO POR SISTEMA CONVENCIONAL E POR PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO

Marília Cleto Meirelles Ribeiro⁽¹⁾

Engenheira Química, Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Mônica Maria Diniz Leão

Engenheira Química. Doutora em Engenharia Ambiental (INSA – França), Professora Associada, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Leonardo Fernandes Coelho R. dos Santos

Graduando em Engenharia Química, Aluno de Iniciação Científica do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Mariana da Mata Sacramento

Graduanda em Engenharia Química, Aluna de Iniciação Científica do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental / Escola de Engenharia / Universidade Federal de Minas Gerais - Av. Contorno, 842 / 804 - Centro - Belo Horizonte - MG - CEP: 30110-060 - Brasil - Tel: + 55 (31) 3409-1887 - e-mail: marilia@cleto.eng.br

RESUMO

A indústria têxtil apresenta elevado potencial para aplicação de técnicas que viabilizem o reuso de água. O efluente industrial que atualmente é tratado por processo convencional – lodos ativados – pode ser submetido a um tratamento posterior para remoção de componentes recalcitrantes a fim de ser reutilizado. Este estudo analisa a utilização de processo oxidativo avançado, através de reagente de Fenton, como forma de tratamento complementar ao efluente têxtil, visando a seu reuso. A qualidade do efluente, antes e após o tratamento proposto, é monitorada em termos de 16 parâmetros físico-químicos definidos como adequados para a caracterização de águas sujeitas a uso industrial têxtil. Resultados obtidos demonstram que a intervenção por reagente de Fenton proporciona adequação parcial do efluente às diretrizes físico-químicas de qualidade para reuso. A maioria dos parâmetros atende aos limites recomendados ou alcança redução significativa, indicando a possibilidade de reuso industrial do efluente após o tratamento adicional sugerido.

PALAVRAS-CHAVE: Efluente Têxtil; Processo Oxidativo Avançado; Reuso de Efluente.

INTRODUÇÃO

Devido à grande quantidade de água demandada na produção, e às diversas possibilidades de recondicionamento e/ou reciclagem de seus efluentes, tratados por processos convencionais ou não, a indústria têxtil apresenta elevado potencial para aplicação de técnicas que viabilizem o reuso de água. Geralmente as indústrias têxteis conduzem o tratamento de seus efluentes até o nível biológico, utilizando sistema de lodos ativados, capaz de adequá-los às condições legais de lançamento. O tratamento complementar vem como uma opção de polimento do efluente, inclusive visando a seu reuso.

Para identificação das possibilidades de reuso de água na indústria, a caracterização dos efluentes gerados é fundamental, já que alguns parâmetros físico-químicos são essenciais à avaliação da qualidade da água requisitada para uso industrial. A comparação entre a caracterização físico-química antes e após intervenção de um tratamento adicional sobre o efluente indica se o tratamento sugerido pode ser necessário e/ou suficiente para o reuso proposto.

Em função da aplicação industrial, o grau exigido de qualidade da água pode variar significativamente. Muitas aplicações exigem que um maior número de parâmetros sejam atendidos, de modo que sejam minimizados os riscos ao processo, produto ou sistema no qual a água será utilizada.^[1] Na literatura, a qualidade da água a ser utilizada em processos têxteis possui limites de tolerância e restrições que variam conforme o autor.



Dentre as opções de tratamentos que visam ao polimento de efluentes industriais, destacam-se os processos oxidativos avançados (POA), apresentando vantagens por destruírem poluentes ao invés de simplesmente transferi-los de fase. Os POA se caracterizam pela geração de radicais hidroxila ($\cdot\text{OH}$), altamente oxidantes, que são capazes de provocar a mineralização da matéria orgânica a dióxido de carbono, água e íons inorgânicos. São processos de operação simples e podem degradar compostos recalcitrantes e não-biodegradáveis.^[2]

Um dos processos mais difundidos é o Fenton homogêneo, no qual se utilizam peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e íons Fe^{2+} em solução. Os radicais hidroxila, responsáveis pela degradação dos poluentes, são gerados pela decomposição do peróxido catalisada pelos íons ferrosos. A dosagem ótima desses reagentes é fundamental para a eficiência do processo e varia de acordo com a tipologia do efluente. Para o efluente têxtil em estudo, verificam-se resultados eficazes para a relação mássica $\text{DQO}:[\text{H}_2\text{O}_2]:[\text{Fe}^{2+}]$ de 1:2:2.^[3] Ajuste de pH na faixa de 3,0 e temperatura entre 20-40°C também são essenciais para a eficácia do tratamento.^[2]

Este trabalho tem como objetivo definir a qualidade da água requerida para uso industrial têxtil, identificando parâmetros físico-químicos relevantes à caracterização do efluente sujeito a reuso e avaliar a possibilidade de reuso de efluente têxtil tratado por sistema convencional e adicionalmente por processo oxidativo avançado.

MATERIAIS E MÉTODOS

A indústria têxtil selecionada para este estudo é uma empresa de grande porte que se situa no distrito de Justinópolis, em Ribeirão das Neves, Minas Gerais. Essa indústria trata seus efluentes para descarte através de uma estação convencional que inclui etapas de gradeamento, equalização, neutralização e sistema biológico de lodos ativados. A vazão média de lançamento de efluentes da ETEI é de 24,4 mil $\text{m}^3/\text{mês}$.

Foram tomadas 10 amostras simples à saída da ETEI. A frequência de coleta do efluente em estudo foi definida de acordo com a demanda dos ensaios a serem realizados, de forma que abrangesse os períodos seco e chuvoso. As operações de coleta, preservação, armazenamento e transporte das amostras foram realizadas de acordo com a norma da ABNT NBR 9898 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – e recomendações da USEPA.^[4,5]

Cada amostra coletada foi dividida em duas partes: a primeira foi submetida a caracterização físico-química; a segunda foi submetida a tratamento por processo oxidativo avançado.

PRIMEIRA PARTE: Caracterização físico-química

Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico a fim de selecionar parâmetros físico-químicos considerados relevantes à caracterização de águas para uso industrial têxtil. Tal procedimento foi feito com base em recomendações, restrições e limites toleráveis estabelecidos para a qualidade da água requerida por indústrias têxteis, disponíveis em estudos acadêmicos, manuais de uso e reúso de água, livros, cartilhas e publicações destinados à utilização e conservação de água na indústria. Como produto, foi gerado um quadro com a compilação de dados sobre requisitos da água para aplicação na indústria têxtil. Cabe ressaltar que para alguns parâmetros foram obtidos valores limites, sendo esses apenas indicativos, pois muitos se referem a indústrias estrangeiras e apresentam divergências entre si, mas podem ser úteis para uma avaliação inicial e para a seleção de parâmetros para controle da eficácia do tratamento de efluentes visando a seu reúso. Na caracterização físico-química do efluente empregaram-se os parâmetros selecionados nesse estudo.

SEGUNDA PARTE: Aplicação de processo oxidativo avançado

Utilizou-se reagente de Fenton, à base de peróxido de hidrogênio e sulfato ferroso heptahidratado, ambos do fabricante Merck. Para acidificação e neutralização das amostras, foram utilizados ácido sulfúrico e hidróxido de sódio, da marca Synth e Merck, respectivamente. Após determinação da DQO de cada amostra do efluente da ETEI, transferiu-se para um béquer envolto por papel alumínio, de forma a evitar interferências causadas pela luz, um volume de 1000 mL da amostra, que foi acidificada até pH 3, seguida de adição de solução aquosa de sulfato ferroso 50 g/L e de solução de peróxido de hidrogênio 55 g/L em volumes suficientes para que fosse estabelecida uma relação mássica de 1:2:2 ($\text{DQO}:[\text{H}_2\text{O}_2]:[\text{Fe}^{2+}]$). O sistema foi mantido em aparelho *jar-test* sob agitação mecânica por 120 minutos, a 100 rpm, e temperatura ambiente. Em seguida, procedeu-se à neutralização da solução contida no béquer e posterior decantação do lodo formado. A caracterização físico-química a que foi submetido o efluente da ETEI foi repetida nas amostras tratadas por reagente de Fenton.



RESULTADOS

Para reuso de água na indústria têxtil, o efluente deve atender às seguintes exigências de qualidade: não possuir excesso de ácido nem álcali; apresentar pH compreendido entre 5 e 9, mas o mais próximo possível de 7; não ser corrosivo para tanques e tubulações; não conter substâncias que formam espuma e cheiros desagradáveis.^[6] As águas utilizadas na produção de têxteis não podem causar manchas. Para tanto, devem ser livres de corantes e possuir baixos teores de turbidez, cor e ferro. Águas duras podem causar coágulos que se depositam nos tecidos e problemas em alguns dos processos que usam sabão. Nitratos e nitritos podem causar problemas na etapa de tingimento e recomenda-se que não estejam presentes em quantidades significativas.^[7]

O excesso de matéria orgânica é prejudicial ao produto e ao processo, na medida em que alguns ácidos orgânicos de origem húmica podem interferir na cor dos pigmentos utilizados na produção de têxteis, causando manchas e colorações não uniformes nos produtos. Além disso, a demanda adicional de oxigênio exercida pela elevada concentração de matéria orgânica em operações de branqueamento leva à necessidade de uso de agentes branqueadores em excesso. A alcalinidade elevada, especialmente em águas duras ou em processos alcalinos, promove a precipitação de carbonatos de cálcio e magnésio. Tais precipitados interferem em inúmeros processos na fabricação de tecidos, já que podem reagir com certos corantes e bloquear os difusores de umidificadores utilizados no processo têxtil.^[8]

Devido à irregularidade provocada, a aderência desigual de sólidos em suspensão aos produtos tingidos gera tecidos de qualidade prejudicada, podendo também influenciar no brilho obtido em tais tecidos. Já a presença de manganês interfere nas operações de branqueamento devido à oxidação do manganês a permanganato, que causa manchas, descoloração e opacidade no tecido. A formação de complexos de manganês com corantes ainda é capaz de torná-los inativos.^[8]

O controle da condutividade é frequentemente discutido na literatura, especialmente em trabalhos que abordam o reúso de efluentes, por ser um indicador da quantidade de eletrólitos, em geral utilizados nos processos têxteis, seja na forma de sais, ácidos, bases e surfactantes, entre outros produtos, e que dificilmente são removidos pelos sistemas de tratamento usuais. No entanto, assim como os sólidos dissolvidos, a condutividade não apresenta riscos diretos ao processo industrial ou ao produto. Sua importância está associada principalmente a um provável acúmulo, uma vez que a elevação exagerada na quantidade de sais dissolvidos no efluente pode prejudicar o desenvolvimento de microorganismos e conseqüentemente levar a uma perda de eficiência ou até mesmo a um colapso do sistema de tratamento biológico que eventualmente possa ser utilizado para depuração das águas residuais após sua utilização.

A Tabela 1 apresenta a reunião dos dados sobre requisitos da água para aplicação na indústria têxtil e serve de subsídio para a avaliação da possibilidade de reuso do efluente antes e após o tratamento por processo oxidativo avançado.

Tabela 1: Diretrizes de qualidade da água para uso industrial têxtil

Parâmetro	Etapa do processo*									Geral								
	E		L		B		T											
Cor	5	5	5	5	5	5	5	5	0	50				0	X	1,0**		
DQO									30				X	10		30	20	
pH		6,5-10		3-10,5		2-10,5		3,5-10				5-9						
Alcalinidade									X	100			X	50				
Dureza	25	25	25	25	25	25	25	25	X	50	70	X	X	10	X			
Condutividade														0,1		1,8	0,5	
SDT	100	100	100	100	100	100	100	100		200	500			50				
SST	5	5	5	5	5	5	5	5				0	X	0				
Turbidez										25				1	X			
Nitrato											0,5				X			
Nitrito												X			X			
Cloreto											250	X						
Sulfato											250							
Ferro	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		0,2	0,3	X		0,1	X			
Manganês	0,05	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		0,1	0,05	X	X		X			
Cobre	0,01									0,01	0,01							
Referência	[9]	[10]	[9]	[10]	[9]	[10]	[9]	[10]	[11]	[12 a]	[12 b]	[4]	[5]	[13]	[6]	[14]	[15]	

**NOTAS:**

Limites expressos em mg/L, exceto para pH (unidades), condutividade (mS/cm), turbidez (UNT) e cor (uH).

X – Parâmetros de relevância para a qualidade da água utilizada no processo industrial têxtil, sem especificação de limites.

* E = Engomagem; L = Lavagem; B = Branqueamento; T = Tingimento.

** SAC - *spectral absorption coefficient* (m^{-1}), a 426 nm.

Ressalta-se que o grau de qualidade da água requerido para um determinado uso hoje pode ser diferente do que tenha sido padrão no passado ou do que venha a sê-lo no futuro, pois o desenvolvimento tecnológico, bem como problemas associados a escassez de recursos e poluição, podem causar restrições quanto ao grau de qualidade até então considerado adequado.^[1]

Diante das diretrizes apresentadas na Tabela 1, foram definidos como relevantes à caracterização de efluentes sujeitos a reuso industrial têxtil os parâmetros apresentados na Tabela 2, com os respectivos métodos analíticos selecionados.

Tabela 2: Relação de parâmetros físico-químicos e métodos analíticos selecionados

Parâmetro	Método analítico	Referência ^[16]
Cor	Espectrofotométrico de varredura	De Mio & Campos, 1998 ^{[17]*}
Demanda Química de Oxigênio - DQO	Colorimétrico, refluxo fechado	Standard Methods 5220 D
pH	Potenciométrico	Standard Methods 4500-H ⁺ B
Alcalinidade total	Titulometria potenciométrica	Standard Methods 2320 B
Dureza total	Titulométrico	Standard Methods 2340 C
Condutividade	Potenciométrico	Standard Methods 2510 B
Sólidos Dissolvidos Totais - SDT	Gravimétrico, secagem 180°C	Standard Methods 2540 C
Sólidos Suspensos Totais - SST	Gravimétrico, secagem 103-105°C	Standard Methods 2540 D
Turbidez	Nefelométrico	Standard Methods 2130 B
Nitrato	Colorimétrico (salicilato de sódio)	Rodier & Rodi, 1981 ^[18]
Nitrito	Colorimétrico	Standard Methods 4500-NO ₂ ⁻ B
Cloreto	Titulométrico	Standard Methods 4500-Cl ⁻ B
Sulfato	Turbidimétrico	Standard Methods 4500-SO ₄ ²⁻ E
Ferro total	Absorção atômica	Standard Methods 3111 C
Manganês total	Absorção atômica	Standard Methods 3111 C
Cobre total	Absorção atômica	Standard Methods 3111 C

* adaptado

A caracterização físico-química do efluente antes e após intervenção do tratamento complementar proposto são apresentados na Figura 1 e na Tabela 3.

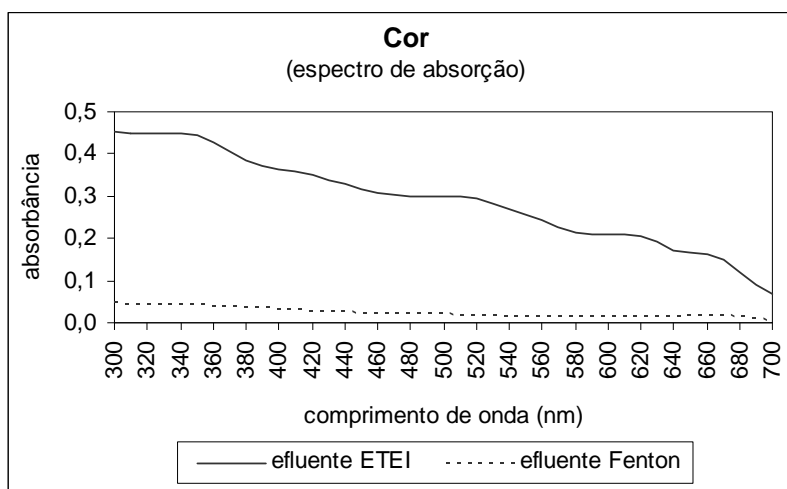


Figura 1: Determinação de cor do efluente por varredura do espectro



Tabela 3: Resultados da caracterização físico-química do efluente

Parâmetro	Unidade	ETEI	Fenton	Parâmetro	Unidade	ETEI	Fenton
DQO	mgO ₂ /L	211	62	Nitrato	mg/L	3,2	3,2
pH	-	7,7	7,5	Nitrito	mg/L	0,33	0,01
Alcalinidade	mgCaCO ₃ /L	374	77	Cloreto	mg/L	1780	1746
Dureza	mgCaCO ₃ /L	96	69	Sulfato	mg/L	245	1362
Condutividade	mS/cm	6,8	8,3	Ferro	mg/L	0,94	0,50
SDT	mg/L	4700	5976	Manganês	mg/L	0,12	0,04
SST	mg/L	49	5,6	Cobre	mg/L	0,11	0,02
Turbidez	UNT	25	3,1				

De um modo geral, o efluente apresentou melhora de sua qualidade após a aplicação do reagente de Fenton. Todos os parâmetros sofreram redução em suas concentrações iniciais, com exceção apenas de sulfato, que por consequência, influenciou no aumento também da concentração de SDT e da condutividade.

Observa-se pelo espectro de absorção que a cor alcançou remoção praticamente total. A demanda química de oxigênio foi consideravelmente reduzida, em cerca de 71% de sua condição inicial. O tratamento complementar foi capaz de degradar a maior parte da matéria orgânica refratária ao tratamento biológico, conjugando os poderes oxidante e coagulante do processo Fenton.

Não houve grande variação sobre o pH do efluente, que já apresentava resultados neutros à saída da ETEI. A alcalinidade apresentou quase 80% de redução após o tratamento proposto, enquanto a dureza foi reduzida em aproximadamente 28%. Tais resultados não estão relacionados à oxidação pelo reagente de Fenton, mas são devidos à etapa de neutralização do efluente que, possuindo originalmente alcalinidade e dureza, sob a adição de hidróxido, proporciona a precipitação simultânea de Mg(OH)₂ e CaCO₃ pelas reações expressas nas equações 1 a 3.



A condutividade e a concentração de SDT sofreram aumento de 22% e 27%, respectivamente, principalmente devido ao acréscimo da quantidade de íons sulfato, e foram também acentuadas pelos íons Na⁺ adicionados pela neutralização do efluente. Os parâmetros SST e turbidez apresentaram comportamentos bastante similares, apresentando elevadas reduções (89% e 88%, respectivamente). As partículas em suspensão, bem como as coloidais, ambas responsáveis pela turbidez, são removidas pela coagulação proporcionada pelo sulfato ferroso, que em pH na faixa de 7-8 apresenta efeito coagulante ótimo.

Para a concentração de nitrato não foi verificada remoção notável após tratamento proposto. Já o nitrito foi reduzido em 97%, devido à sua conversão a nitrato após oxidação. O teor de cloreto apresentou diminuta redução. Sua presença no efluente da ETEI deve-se à etapa de desinfecção e principalmente aos sais utilizados no tingimento. O tratamento complementar não é capaz de removê-lo. O sulfato sofreu aumento de sua concentração em cerca de 6 vezes, em relação à sua condição inicial. Tal fato deve-se não só à adição de sulfato ferroso ao efluente, mas também à utilização de ácido sulfúrico para ajuste de pH anterior à adição do reagente de Fenton.

A respeito dos metais, observou-se que ferro, manganês e cobre tiveram suas concentrações iniciais reduzidas, por precipitação. Ressalta-se que não só o ferro originalmente presente no efluente é favorável ao tratamento proposto, atuando como catalisador na formação de radicais oxidantes, como também manganês e cobre, na presença de H₂O₂, podem atuar como catalisadores no processo Fenton.

A comparação entre a qualidade do efluente e aquela recomendada pelas diretrizes da Tabela 1 demonstra que o efluente da ETEI atendeu aos limites indicados apenas para os parâmetros pH, turbidez e sulfato. Após tratamento complementar, o efluente mostrou conformidade aos seguintes parâmetros: pH, alcalinidade, dureza, sólidos suspensos totais, turbidez e manganês. Embora não tenham alcançado os limites propostos, os



seguintes parâmetros apresentaram reduções consideráveis após aplicação de Fenton: DQO, nitrito, ferro e cobre.

CONCLUSÕES

No âmbito da indústria têxtil, o reúso está sujeito ao atendimento de padrões de qualidade definidos por certos parâmetros considerados por este estudo essenciais à caracterização de águas/efluentes que se propõem a uso/reúso no processamento de tecidos: DQO, pH, alcalinidade, dureza, condutividade, turbidez, nitrato, nitrito, cloreto, sulfato, ferro, manganês, cobre e cor. Os parâmetros SDT e SST – também utilizados neste estudo como variáveis de controle de qualidade de águas sujeitas a reúso – podem ser suprimidos, na medida em que condutividade e turbidez, respectivamente, fornecem informações similares e apresentam métodos de determinação mais simples.

A análise físico-química do efluente da ETEI, com base em tais parâmetros, indica que o tratamento por sistema convencional é insuficiente para obtenção da qualidade requerida para uso industrial têxtil.

O tratamento complementar proposto, conjugando os poderes oxidante e coagulante do reagente de Fenton, possibilita ao efluente a adequação dos seguintes parâmetros às diretrizes de qualidade para uso industrial têxtil: pH, alcalinidade (80% de redução), dureza (28%), sólidos suspensos totais (89%), turbidez (88%) e manganês (67%). Embora não alcancem os limites propostos, os seguintes parâmetros apresentam reduções notáveis após aplicação de Fenton: DQO (71%), nitrito (97%), ferro (47%) e cobre (82%). A condutividade e a concentração de sólidos dissolvidos sofrem aumento de 22% e 27%, respectivamente, em resposta ao aumento de 6 vezes da concentração de sulfato. Cloreto e nitrato não apresentam alterações notáveis em suas concentrações iniciais. A cor é suficientemente removida.

De um modo geral, o efluente apresentou melhora de sua qualidade após a aplicação do reagente de Fenton, indicando a possibilidade de reuso industrial após o tratamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fapemig (processo TEC 1123/06) e CAPES (Procad 0064/05-0).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CIRRA; FCTH; DTC Engenharia. *Conservação e reúso de água: manual de orientações para o setor industrial*. v.1. São Paulo: FIESP, 2004. 90 p.
2. TEIXEIRA, C. P. A. B.; JARDIM, W. F. *Processos oxidativos avançados: Caderno temático*. v. 3. Campinas: UNICAMP, 2004. 83 p.
3. RIBEIRO, M. C. M. *Avaliação da possibilidade de reúso de efluentes têxteis após tratamento complementar por processos oxidativos avançados*. 2009. 94 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
4. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9898: *Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores*. Rio de Janeiro: INMETRO, 1987. 34 p.
5. USEPA – U.S. Environmental Protection Agency. *Handbook for sampling and sample preservation of water and wastewater*. Cincinnati, 1982. 402 p.
6. ARAÚJO, M.; CASTRO, E. M. M. *Manual de Engenharia Têxtil*. v.2. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1984.
7. USEPA - U.S. Environmental Protection Agency. *Guidelines for Water Reuse*. Washington, 2004. p. 17.
8. DWAF - Department of Water Affairs & Forestry. *South African water quality guidelines*. v.3: Industrial Water Use. 2. ed, 1996.
9. WPCF - Water Pollution Control Federation. *Water Reuse Manual of Practice*. 2. ed. Water Pollution Control Federation, Alexandria, Virginia, 1989. In: USEPA - U.S. Environmental Protection Agency. *Guidelines for Water Reuse*. Washington, 2004.



10. NEMEROW, N. L.; DASGUPTA, A. *Industrial and Hazardous Waste Treatment*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. p. 22-24.
11. MALPEI, F.; ROZZI, A.; COLLI, S.; UBERTI, M. Size distribution of TOC in mixed municipal-textile effluents after biological and advanced treatment. *Journal of Membrane Science*. v. 131, n. 1-2, p. 71-83, 1997.
12. USEPA - U.S. Environmental Protection Agency. *In-plant Control of Pollution: Upgrading Textile Operations to Reduce Pollution*. Washington, 1974. p. 117-118.
13. LIN S. H.; CHEN M. L. Treatment of textile wastewater by chemical methods for reuse. *Water Research*, Great Britain, v. 31 n. 4, p. 868-876, 1997.
14. BRIK, M.; SCHOEBERL, P.; CHAMAM, B.; BRAUN, R.; FUCHS, W. Advanced treatment of textile wastewater towards reuse using a membrane bioreactor. *Process Biochemistry*. v. 41, n. 8, p. 1751-1757, 2006.
15. GOZÁLVEZ-ZAFRILLA, J. M.; SANZ-ESCRIBANO, D.; LORA-GARCÍA, J.; LEÓN HIDALGO, M. C. Nanofiltration of secondary effluent for wastewater reuse in the textile industry. *Desalination*. v. 222, n. 1-3, p. 272-279, 2008.
16. APHA; AWWA; WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21 ed. Washington: APHA, 2005.
17. DE MIO, G. P.; CAMPOS, J. R. Proposição de método para avaliação da remoção de cor em efluentes líquidos de indústria têxtil. In: XXVI Congresso Latinoamericano de Ingenieria Sanitária y Ambiental, 1998. Anais do XXVI Congresso Latinoamericano de Ingenieria Sanitária y Ambiental-CD-ROM. Lima - Peru, 1998.
18. RODIER, J; RODI, L. *Análisis de las aguas: aguas naturales, aguas residuales, aguas de mar*. Barcelona: Omega, 1981. 1059 p.