



APLICAÇÃO DO PROCESSO DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO-FILTRAÇÃO PARA REMOÇÃO DE TURBIDEZ DE EFLUENTE DE COLORAÇÃO CAPILAR

R. S. SYLLOS¹, D. C. C. MARTINS¹, T. K. F. S. FREITAS¹, A. P. J. SCANDELA¹ e C. R. G. TAVARES¹

¹ Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Química
E-mail para contato: renansyllos@outlook.com

RESUMO – Os efluentes gerados nos salões de beleza nos processos de coloração capilar são poluidores e necessitam de tratamento anteriormente a seu descarte. Devido às suas características o processo de coagulação-floculação-filtração (CFF) é indicado como um pré-tratamento ao seu descarte ou envio à rede coletora de esgoto. Diante disso, este estudo teve como objetivo caracterizar e tratar três efluentes distintos de tintura capilar pelo processo de CFF, utilizando coagulante natural (Tanfloc) e polimérico (PAC), visando a remoção da turbidez. Para o estudo foram coletados três efluentes de processos distintos de coloração capilar (pigmentação loira, marrom e castanha). As respostas do processo de CFF diferiram para os três efluentes tratados, no entanto, para todas as condições avaliadas as remoções foram superiores a 90%. As melhores eficiências de remoção de turbidez, para os três efluentes avaliados, foram superiores a 99% e obtidas com o uso de coagulante PAC, em pH 7,00 em 200,0 mg L⁻¹ para o efluente 1, e pH 8,00 em 300 mg L⁻¹ para os efluentes 2 e 3.

1. INTRODUÇÃO

O tratamento inadequado de efluentes, assim com seu descarte *in natura* no solo e em corpos hídricos impactam e comprometem a saúde ambiental dos ecossistemas. Em vista desta prática, atualmente um dos maiores problemas enfrentados é a presença de poluentes recalcitrantes e emergentes nas águas subterrâneas e superficiais, como fármacos (Serna-Galvis *et al.*, 2019) e produtos cosméticos e de higiene pessoal (Biel-Maeso *et al.*, 2019).

Paralelamente a este cenário, o setor da beleza no Brasil tem apresentado na última década um crescimento anual de 10% (Rodrigues *et al.*, 2016). Dentre as atividades que compõem esse setor, os salões de beleza têm ganhado espaço no mercado, de maneira que, entre o período de 2012 a 2016, o número de estabelecimentos quase quadruplicou, sendo estimado que atualmente haja mais de um milhão de estabelecimentos no país (Sebrae, 2017; Bast, 2016).

Nos salões de beleza, o principal segmento é o de estética capilar, que engloba serviços de corte, penteado, alongamento, alisamento, hidratação, descoloração e coloração. Para todos esses processos de embelezamento, a água é um dos principais insumos. A cada serviço químico prestado, estima-se que sejam utilizados de 15 a 20 L de água no processo de



lavagem dos cabelos, os quais são convertidos em efluentes nos lavatórios de cabelo (Rodrigues *et al.*, 2016; Sebrae, 2016). Esse efluente, embora seja complexo e variável de acordo com o processo de estética aplicado, de maneira geral, é composto por água, shampoos, condicionadores, tinturas, descolorantes e resíduos capilares. Apresentam como característica elevada cor, turbidez e matéria orgânica, predominantemente recalcitrante, sólidos suspensos e dissolvidos e toxicidade (Sebrae, 2007; Micolich, 2013).

O efluente gerado nos salões, via de regra, ou é descartado diretamente no ambiente ou é incorporado à rede coletora de esgoto. No entanto, suas características o aproximam muito mais a um efluente industrial do que ao urbano (Ajuzie e Osaghae, 2011), motivo pelo qual o sistema convencional de tratamento de esgoto nem sempre é eficiente para seu tratamento, contribuindo com a contaminação das águas superficiais com produtos cosméticos e de cuidados pessoais (Brausch e Rand, 2011).

O tratamento adequado para o efluente gerado nos lavatórios de salão de beleza é, dessa forma, uma necessidade. Nesse contexto, levando em consideração as características desse efluente, a coagulação-floculação-filtração torna-se um processo em potencial para o seu pré-tratamento anteriormente ao seu descarte ou envio à rede coletora de esgoto, uma vez que grande parte de seus poluentes se encontram na forma coloidal.

Assim, este estudo teve como objetivo caracterizar e tratar três efluentes distintos de tintura capilar pelo processo de coagulação-floculação-filtração, utilizando coagulante natural e polimérico, visando a remoção da turbidez.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os efluentes foram coletados em um salão de beleza na região de Maringá-PR. Foram utilizados três efluentes de processo de coloração capilar: tintura loira (efluente 1), marrom (efluente 2) e castanha (efluente 3). Os mesmos foram caracterizados com relação aos parâmetros de pH, turbidez, cor aparente, sólidos totais (ST), sólidos suspensos totais (SST) e sólidos dissolvidos totais (SDT), de acordo com metodologias propostas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

A atividade coagulante tanto do coagulante natural a base de tanino (Tanfloc SG) quanto do polimérico a base de policloreto de alumínio (PAC) foi avaliada em relação ao efeito do pH (7,00 e 8,00) e concentração do coagulante (100,0; 200,0 e 300,0 mg L⁻¹). O ajuste de pH em todos os efluentes foi realizado pela adição de soluções aquosas de HCl (1,0 mol L⁻¹) ou NaOH (1,0 mol L⁻¹) e medido em pHmetro digital (marca Digimed, modelo DM-22, precisão de 0,05%) utilizando um eletrodo combinado de pH de vidro-Ag/AgCl (marca Digimed, modelo DME-CV1, faixa de leitura de 1,0-14,0).

Todos os ensaios de coagulação-floculação (CF) foram realizados pelo teste de jarros (Jar Test, marca Milan, modelo JT 102/6) e em triplicatas de amostras. Os testes de CF foram realizados com 150 mL de amostra com pH previamente ajustado de acordo com cada ensaio. Em todos eles, as amostras foram submetidas a 1 min de agitação rápida (120 rpm), seguida de 15 min de agitação lenta (20 rpm). Sequencialmente, o efluente foi filtrado em papel filtro quantitativo faixa branca (marca Unifil), uma vez que, de acordo com Richter (2009), o mesmo simula a ação de um filtro real, este processo foi denominado coagulação-floculação-

filtração (CFF). A eficiência do processo foi avaliada pela remoção da turbidez de acordo com a Equação 1.

$$\% \text{ Remoção} = \frac{T_{\text{inicial}} - T_{\text{final}}}{T_{\text{inicial}}} \times 100 \quad (1)$$

Em que: T_{inicial} e T_{final} são a turbidez do efluente, dada em NTU, antes e após o tratamento, respectivamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características do Efluente

As características físico-químicas dos efluentes coletados estão apresentadas na Tabela 1. É possível observar que, embora os três efluentes sejam de processos distintos de coloração capilar, todos apresentaram pH básico, próximo a 8,00. Pinheiro (2016) aborda que a abertura da cutícula do fio do cabelo, necessária para o processo de despigmentação da cor natural do fio e pigmentação com os corantes da tinta, ocorre em pH entre 8,00 e 10,0 justificando os valores encontrados.

Tabela 1 – Características físico-químicas dos efluentes a serem tratados

Parâmetro	Efluente 1 ^a	Efluente 2 ^b	Efluente 3 ^c	Média ± desvio padrão
pH	8,10	7,60	8,00	7,9 ± 0,3
Cor aparente (mg PtCo L ⁻¹)	3700	5500	6200	5133 ± 1290
Turbidez (NTU)	975	928	803	902 ± 89
ST (mg L ⁻¹)	1253	690	1310	1084 ± 343
SST (mg L ⁻¹)	980	385	305	557 ± 369
SDT (mg L ⁻¹)	273	305	1005	528 ± 414

Efluentes referentes às colorações: (a) loira, (b) marrom e (c) castanha.

Fonte: autores.

Os valores de cor aparente e turbidez foram elevados nos três efluentes analisados e podem ser explicados devido à grande presença de SDT e SST no meio aquoso, respectivamente. Foi observado que, quanto maior a concentração de SDT, maior contribuição para o aumento na cor aparente do efluente, podendo ser verificado, ainda, um aumento na cor aparente com o aumento da pigmentação da tinta. Também se verificou que um aumento na quantidade SST ocasionou um aumento na turbidez. Porém, foi observado um efeito contrário à cor aparente, em que um aumento da pigmentação de tinta diminui a turbidez. A turbidez do efluente ocorre principalmente pela presença de cremes e condicionadores provenientes tanto da pasta de tintura, quanto do enxague e hidratação realizados posteriormente ao tingimento do cabelo, enquanto que a cor aparente é decorrente da presença de pigmentos.

3.2 Tratamento por Coagulação-floculação-filtração (CFF)

A eficiência do tratamento por CFF dos três efluentes nas condições operacionais estudadas estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Eficiência das remoções de turbidez obtida pelo tratamento por coagulação-floculação-filtração

Condições experimentais			Remoções (%) \pm Desvio padrão		
pH	Coagulante	Concentração coagulante (mg L ⁻¹)	Efluente 1 ^a	Efluente 2 ^b	Efluente 3 ^c
7,00	PAC	100,0	99,63 \pm 0,36 ^a	98,76 \pm 0,30 ^a	97,39 \pm 0,76 ^a
7,00	PAC	200,0	99,90 \pm 0,03^b	99,77 \pm 0,09 ^b	98,80 \pm 0,46 ^b
7,00	PAC	300,0	99,80 \pm 0,03 ^c	99,86 \pm 0,01 ^c	99,24 \pm 0,22 ^c
7,00	Tanfloc	100,0	99,27 \pm 0,26 ^a	94,14 \pm 3,16 ^d	89,78 \pm 0,34 ^d
7,00	Tanfloc	200,0	99,12 \pm 0,75 ^a	95,16 \pm 2,84 ^a	90,78 \pm 0,57 ^e
7,00	Tanfloc	300,0	99,41 \pm 0,36 ^a	96,56 \pm 2,15 ^a	94,52 \pm 1,87 ^f
8,00	PAC	100,0	99,69 \pm 0,13 ^a	96,39 \pm 1,33 ^a	94,77 \pm 0,39 ^g
8,00	PAC	200,0	99,72 \pm 0,09 ^d	99,35 \pm 0,39 ^e	97,70 \pm 0,62 ^h
8,00	PAC	300,0	99,83 \pm 0,03 ^e	99,87 \pm 0,03^f	99,33 \pm 0,05ⁱ
8,00	Tanfloc	100,0	98,64 \pm 0,22 ^f	94,40 \pm 1,72 ^g	91,48 \pm 0,37 ^j
8,00	Tanfloc	200,0	99,24 \pm 0,29 ^a	95,47 \pm 1,01 ^a	92,74 \pm 1,02 ^k
8,00	Tanfloc	300,0	99,65 \pm 0,18 ^a	95,22 \pm 1,77 ^a	94,53 \pm 0,87 ^l

Efluentes referentes às colorações: (a) loira, (b) marrom e (c) castanha.

Em negrito constam as melhores remoções de turbidez obtidas para a CFF de cada efluente.

Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença significativa pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$).

Fonte: autores.

Todas as condições de tratamento apresentaram excelente desempenho com remoções de turbidez superiores a 90% (Tabela 2). No entanto, os três efluentes processados apresentaram diferentes respostas de remoção de turbidez para as condições experimentais avaliadas, sendo coerente com a distinção de suas características físico-químicas iniciais (Tabela 1). Os Testes de Tukey realizados mostraram que, para os três efluentes, os melhores e piores valores de remoção de turbidez obtidos foram significativamente diferentes entre si.

Para o efluente 1, a melhor eficiência de remoção (99,90%) ocorreu com o uso do coagulante PAC, em pH 7,00 em concentração de 200,0 mg L⁻¹. Já a menor remoção (98,64%) ocorreu com o uso do coagulante natural Tanfloc, em pH 8,00 em 100,0 mg L⁻¹.

Para o efluente 2, as maiores e menores remoções de turbidez (99,87 e 94,40%, respectivamente), ocorreram para as condições experimentais pH 8,00, PAC, 300,0 mg L⁻¹ e pH 8,00, Tanfloc, 100 mg L⁻¹.

A melhor eficiência de tratamento do efluente 3 (99,33% de remoção de turbidez), por sua vez, foi obtida com o uso do coagulante PAC, em 300,0 mg L⁻¹ em pH 8,00. Já a menor remoção de turbidez ocorreu em condição experimental de pH 7,00 utilizando Tanfloc em 100,0 mg L⁻¹.



De um modo geral, o coagulante PAC, por ser um coagulante polimérico, apresentou melhor desempenho no processo de CFF dos efluentes avaliados, gerados ao final de processo de coloração capilar.

Embora para os três efluentes o coagulante Tanfloc tenha apresentado o pior desempenho, quando utilizado em sua menor concentração experimentada, para todas as condições no qual o mesmo foi avaliado, as remoções de turbidez foram superiores a 90% e, em alguns casos, se aproximou ao desempenho do coagulante PAC. Sua utilização, embora não seja tão eficiente quanto a do PAC, não deve ser descartada, uma vez que, além de também ser um coagulante comercial, possui as vantagens de ser de origem natural e gerar um lodo mais biodegradável e menos impactante ao ambiente, quando comparado ao coagulante metalizado.

4. CONCLUSÕES

O processo de CFF apresentou excelente desempenho diante da remoção da turbidez dos três efluentes tratados, apresentando, em todas as condições experimentais avaliadas, eficiências de remoção superiores a 90%.

Para os três efluentes a melhor remoção de turbidez ocorreu com a utilização do coagulante PAC. Para o efluente 1 na condição de pH 7,00 e concentração de $200,0 \text{ mg L}^{-1}$ (99,90%), e para os efluentes 2 e 3 em pH 8,00 em 300 mg L^{-1} (99,87 e 99,33%, respectivamente). No entanto, devido às vantagens em se utilizar um coagulante natural, e às elevadas eficiências alcançadas nesse estudo (acima de 90%), o uso do Tanfloc para a remoção de turbidez de efluentes de salão de beleza pode ser considerada.

5. REFERÊNCIAS

- AJUZIE, C. U.; OSAGHAE, B. A. The bacterial and physico-chemical properties of hairsalo wastewater and contaminated soil in Benin metropolis. *Afri. J. Biotechnol.*, v. 11, n. 11, p. 2066-2069, 2011.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20. ed. USA: APHA, 1998.
- BAST, E. Número de salões de beleza quase quadruplicou nos últimos quatro anos. *Jornal Hoje*, São Paulo, 8 set. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2016/06/numero-de-saloes-de-beleza-quadruplicou-nos-ultimos-quatro-anos.html>>. Acesso em: 20 set. 2018.
- BIEL-MAESO, M.; CORADA-FERNÁNDEZ, C.; LARA-MARTÍN, P. A. Removal of personal care products (PCPs) in wastewater and sludge treatment and their occurrence in receiving soils. *Water Res.*, v. 150, p. 129-139, 2019.
- BRAUSCH, J. M.; RAND, G. M. A review of personal care products in the aquatic environment: environmental concentration and toxicity. *Chemosphere*, v. 82, p. 1518-1532, 2011.



- MICOLICHI, V. P. *Estudo da potencialidade de degradação de efluentes de centros estéticos através de processos fenton e foto-fenton*. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Química Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- PINHEIRO, A. S. A arte de colorir os cabelos. *Kosmoscience*, ago. 2016. Disponível em: <<https://www.kosmoscience.com/artigo-interno.php?id=31>>. Acesso em 20 out. 2018.
- RICHTER, C. *Água: métodos e tecnologias de tratamento*. São Paulo: Blucher, 2009.
- RODRIGUES, J. C.; OLIVEIRA, J. T.; PIRES, M. J. R.; BERNARDES, A. M.; HEBERLE, A. Estudo da oxidação fotoquímica em efluentes líquidos gerados em salões de beleza. In: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 10, 2016, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: ABES-RS/PUCRS, 2016, p. 1-11.
- SEBRAE. *Minha empresa sustentável: Salão de beleza*. Cuiabá: Centro Sebrae de Sustentabilidade, 2016. Disponível em: <http://sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Para%20sua%20empresa/Publica%C3%A7%C3%B5es/Salao_Beleza_ONLINE.pdf>. Acesso em: 20 set. 2018.
- SEBRAE. *Relatório consolidado projeto salão de beleza: redução de desperdício e eficiência energética*. Brasília/DF: SEBRAE, 2007. Disponível em: <<http://intranet.df.sebrae.com.br/download/ambiental/Relatorios/2007/Consolida%C3%A7%C3%A3o%20salao%20de%20beleza.pdf>>. Acesso em: 7 abr. 2018.
- SEBRAE. *Saiba como montar um salão de beleza*. Minas Gerais: SEBRAE/MG, 2017. Disponível em: <<https://www.sebraemg.com.br/atendimento/bibliotecadigital/documento/Cartilha-Manual-ou-Livro/Como-montar-um-Salao-de-Beleza>>. Acesso em: 20 set. 2018.
- SERNA-GALVIS, E. A.; BOTERO-COY, A. M.; MARTÍNEZ-PACHÓN, D.; MONCAYO-LASSO, A.; IBÁÑEZ, M.; HERNÁNDEZ, F.; TORRES-PALMA, R. A. Degradation of seventeen contaminants of emerging concern in municipal wastewater effluents by sonochemical advanced oxidation process. *Water Res.*, v. 154, p. 349-360, 2019.