

ANÁLISE DAS PRÁTICAS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA TÊXTIL BRASILEIRA

ANALYSIS OF WASTE MANAGEMENT PRACTICES IN BRAZILIAN TEXTILE INDUSTRY

Aline Araújo Inácio Rolim* E-mail:allinearolim@gmail.com

Marcos Guizoni Bett* E-mail:marcosgbett@gmail.com

*Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville - SC

Resumo: A indústria têxtil do Brasil é uma grande geradora de resíduos, que devem ser corretamente manipulados e acondicionados para cumprimento da legislação. Este artigo visa identificar as práticas de gerenciamento de resíduos utilizadas pelas empresas brasileiras da indústria têxtil, entre físico-químicas e biológicas, e compará-las em relação ao investimento financeiro empregado. Para isto, foi feita uma pesquisa empírica por meio de questionário estruturado com 98 empresas brasileiras da indústria têxtil. Os dados obtidos foram analisados e organizados em tabelas, obtendo-se uma relação de quais são as práticas mais utilizadas entre as empresas pesquisadas e quanto investimento financeiro estas práticas demandam.

Palavras-chave: Resíduos. Efluentes têxteis. Gerenciamento de resíduos. Indústria Têxtil.

Abstract: The textile industry of Brazil is a large waste producer, which must be properly manipulated and addressed for the compliance of the legislation. This article aims to identify the waste management practices that Brazilian companies from textile industry use, between physicochemical and biological, and to compare them according the financial investment required. To accomplish that, it was conducted an empirical research through a structured questionnaire with 98 Brazilian companies from the textile industry. The data collected were analyzed and organized in tables, attaining a relation about which are the most used practices between the searched companies and how much financial investment these practices demand.

Keywords: Waste. Textile Effluents. Waste Management. Textile Industry.

1 INTRODUÇÃO

A indústria têxtil no Brasil, segundo dados de 2018, conta com 27,5 mil empresas formais, responsáveis pela produção de 8,9 milhões de peças e que contribuem para um faturamento de 51,58 bilhões (ABIT, 2018). A efemeridade das

tendências e os fatores culturais, como conforto, estética e novidade, tornam esta indústria uma grande geradora de resíduos, fazendo-se necessária a discussão sobre processos de produção responsáveis (LEITE, 2009 apud MILAN, 2010).

É fundamental que os resíduos da indústria têxtil sejam manipulados e acondicionados da forma correta, seguindo o que regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305 de 02/08/2010, que pauta a destinação de resíduos industriais.

Este projeto de pesquisa tem por objetivo geral identificar os procedimentos utilizados pelas empresas brasileiras da indústria têxtil em relação às suas práticas de gerenciamento de resíduos. Diante dos conjuntos de práticas identificados, pretende-se criar um comparativo em relação ao percentual de reaproveitamento de resíduos e o investimento financeiro realizado.

As contribuições desta pesquisa podem ser sentidas por profissionais responsáveis pela área de meio ambiente e sustentabilidade das empresas têxteis do Brasil, como forma de ampliar sua compreensão das práticas realizadas de gestão dos resíduos e a consideração de melhorias nestas práticas. As universidades, por sua vez, podem utilizar os resultados desta pesquisa como ponto de partida para aprofundamento em novas pesquisas, como ampliar a avaliação ou mesmo propor novas práticas de gestão de resíduos na indústria têxtil.

Para atingir os objetivos selecionados, foi realizada uma pesquisa empírica quantitativa por meio de questionário estruturado com 98 empresas brasileiras da indústria têxtil. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente e interpretados por meio de distribuições de frequência, obtendo uma relação de quais as práticas mais utilizadas entre as empresas pesquisadas e quanto de investimento financeiro estas práticas demandam.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Fundamentação Teórica

Os efluentes da indústria têxtil, por conta de sua composição e volume descartado, estão entre os mais poluentes em relação à indústria como um todo (VANDEVIVERE; BIANCHI; VERSTRAETE, 1998). Os processos industriais têxteis utilizam um volume muito alto de água, especialmente nos processos de lavagem e tingimento dos tecidos. Esta água, somada aos corantes e outros compostos orgânicos e inorgânicos, gera efluentes de grande complexidade química (PIZATO et al., 2017), o que dificulta sua degradação.

Em termos de quantidade, estima-se que de 10% a 15% das 800.000 toneladas de corante produzidas por ano no mundo todo são descartadas no meio ambiente (PALMIERI; CENNA MO; SANNIA, 2005). Estes resíduos são caracterizados como “alto” nos parâmetros de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) (CORREIA; STEPHENSON; JUDD, 1994). Muitos destes corantes são tóxicos (PODGORNIK; POLJANSEK; PERDIH, 2001), mutagênicos e cancerígenos, e devido a isso, conferem alta periculosidade para o ecossistema (ACEMIOGLU, 2004).

Além da alta demanda de oxigênio, toxicidade e quantidade de sólidos suspensos nos efluentes têxteis, a própria cor constitui um grande problema para o meio ambiente. A cor do efluente afeta a fotossíntese de plantas aquáticas pois reduz a penetração de luz na água, e a presença de anéis aromáticos, metais e cloretos torna este efluente tóxico às espécies aquáticas (AKSU, 2005).

No Brasil é obrigatório o tratamento dos efluentes industriais antes do descarte, e a resolução 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece os padrões de qualidade para lançamento destes efluentes nos corpos de água receptores (CONAMA, 2011). Entre as diretrizes da resolução, constam valores de pH, temperatura, índices de DQO e DBO.

A complexidade e variedade de estruturas químicas dos resíduos têxteis impedem que alguma prática de tratamento seja universalmente utilizada. Os corantes contidos nos efluentes têxteis são designados para terem resistência à radiação ultravioleta, por exemplo, o que gera uma dificuldade em seus processos de decomposição (NILSSON et al., 2006).

Tanto métodos físico-químicos quanto métodos biológicos são amplamente usados, sendo os últimos objeto de muitas pesquisas recentes. Métodos físico-químicos envolvem separação de fases: sedimentação, decantação, filtração, centrifugação, coagulação e flotação (SILVA et al., 2008). Os métodos físico-químicos mais comuns são adsorção, fotoquímicos e oxidativos, destacando-se os POAs (Processos de Oxidação Avançados). Entre os métodos biológicos, destacam-se bioadsorção, bioacumulação e biodegradação.

A adsorção é a adesão de moléculas de um fluido a uma superfície sólida. Uma grande vantagem do processo de adsorção no tratamento de resíduos têxteis é a possibilidade de recuperação do corante em uma forma concentrada e também a reutilização do sólido adsorvente (KIMURA et al., 1999).

Vasques et al. (2011) cita que, entre os sólidos adsorventes mais utilizados para tratamento de efluentes têxteis, estão o carvão ativado e produtos agrícolas, como sementes de girassol, polpa de maçã, palha de trigo e outros. A autora ainda destaca que outros adsorventes de baixo custo têm sido alvo de pesquisas, como dos materiais residuais, a exemplo do lodo resultado da produção de biogás em biodigestores anaeróbios e das cinzas que permanecem no fundo de caldeiras.

Outro tipo de tratamento de caráter físico-químico é o Processo Oxidativo Avançado (POA), a exemplo do método Fenton. O método Fenton com irradiação solar é vantajoso pois tem um método de operação simples, baixo custo de capital operacional e baixo gasto energético, já que não depende de irradiação (BORBA, 2010).

O objetivo dos POAs é produzir espécies altamente oxidantes em quantidade suficiente para mineralizar e/ou destruir os poluentes (solutos) (SILVA et al, 2008). O reagente Fenton é o resultado da reação entre peróxido de hidrogênio com íon ferroso, e produz radicais que atuam como fortes agentes oxidantes.

Dentre os métodos biológicos de tratamento dos efluentes têxteis, os fungos se mostram os seres vivos mais apropriados para a remoção dos corantes (Kaushik e Malik, 2009, p.129 apud Peixoto, Marinho e Rodrigues, 2013, p.102). Essa descoloração ocorre por bioadsorção, que é a adesão do soluto à biomassa fúngica. A

bio sorção por meio de carbono ativado e resinas orgânicas detêm os melhores desempenhos e capacidade de serem versáteis à um número grande de corantes (CRINI, 2008), no entanto o custo é elevado, o que indica a precisão de soluções mais baratas para os materiais bio sorventes (HAI; YAMAMOTO; FUKUSHI, 2007).

Bioacumulação trata-se do acúmulo do soluto em células em fase de desenvolvimento em decorrência de seu metabolismo (AKSU; DÖNMEZ, 2005). A biodegradação, por sua vez, é definida pela quebra das ligações carbônicas dos corantes por meio de enzimas. Os fungos que demonstram maior efetividade para esse processo são os chamados fungos da podridão branca (FBC), e devido à sua propensão em degradar a lignina (um polímero polifenólico heterogêneo vasto na natureza), toma parte do ciclo do carbono com facilidade. (POINTING, SB., 2001)

Este trabalho trata dos métodos de tratamento dos efluentes da indústria têxtil brasileira. Entretanto, o tratamento somente não é suficiente para reduzir os impactos negativos da emissão destes efluentes poluidores. Queiroz (2016) cita que o desenvolvimento da indústria têxtil depende de sua aderência à Produção mais Limpa. Práticas da Produção mais Limpa podem ser aplicadas a processos, produtos e serviços com a redução ou eliminação de matérias-primas tóxicas, economia no uso de insumos, água e energia, a consequente redução da geração de resíduos e o reúso dos recursos (BASTIAN, 2009).

2.2 Metodologia

O presente estudo é exploratório, já que tem por objetivo analisar quantitativamente as práticas de gerenciamento de resíduos da indústria têxtil no Brasil. Para isto, foi determinada estatisticamente uma amostra entre as 27.500 empresas da indústria têxtil (ABIT, 2018), considerando uma confiabilidade de 90% e partindo do método de determinação de amostra para grandes populações (BUSSAB; MORETTIN, 2014). A amostra selecionada é de 98 empresas, sorteadas aleatoriamente entre a população.

As variáveis da pesquisa são:

- Percentual de efluentes tratados;
- Quantidade de empresas que terceirizam o tratamento de efluentes;
- Quantidade de empresas que realizam tratamentos físico-químicos;
- Investimento financeiro em tratamentos físico-químicos;
- Tipo de tratamento físico-químico empregado;
- Quantidade de empresas que realizam tratamentos biológicos;
- Investimento financeiro em tratamentos biológicos;
- Tipo de tratamento biológico empregado.

Os dados correspondentes a estas variáveis foram obtidos por meio de questionário estruturado fechado, respondido pelas 98 empresas selecionadas. Para cada pergunta do questionário há cinco alternativas de resposta. As perguntas do questionário e respectivas respostas possíveis são como segue:

1) Qual o percentual de efluentes tratados por sua empresa?

- a) 0 a 20%
- b) 21 a 40%
- c) 41 a 60%
- d) 61 a 80%
- e) 81 a 100%

2) Sua empresa terceiriza o tratamento de efluentes?

- a) Não
- b) Sim, parcialmente menos que 50%
- c) Sim, parcialmente em torno de 50%
- d) Sim, parcialmente mais que 50%
- e) Sim, totalmente

- 3) Sua empresa realiza tratamentos físico químicos como prática de gerenciamento de efluentes?
- a) Não
 - b) Sim, parcialmente menos que 50%
 - c) Sim, parcialmente em torno de 50%
 - d) Sim, parcialmente mais que 50%
 - e) Sim, totalmente
- 4) Qual o volume de investimento financeiro em tratamentos físico químicos despendido por sua empresa no gerenciamento de resíduos?
- a) Menos que R\$ 1000,00
 - b) Entre R\$ 1000,00 e R\$ 10.000,00
 - c) Entre R\$ 10.000 e R\$ 50.000,00
 - d) Entre R\$ 50.000 e R\$ 100.000,00
 - e) Mais que R\$ 100.000,00
- 5) Quais tratamentos físico químicos sua empresa pratica?
- a) Não se aplica
 - b) Adsorção
 - c) Fotoquímicos
 - d) Oxidativos
 - e) Todos os anteriores
- 6) Sua empresa realiza tratamentos biológicos como prática de gerenciamento de efluentes?
- a) Não
 - b) Sim, parcialmente menos que 50%
 - c) Sim, parcialmente em torno de 50%
 - d) Sim, parcialmente mais que 50%
 - e) Sim, totalmente

- 7) Qual o volume de investimento financeiro em tratamentos biológicos despendido por sua empresa no gerenciamento de resíduos?
- a) Menos que R\$ 1000,00
 - b) Entre R\$ 1000,00 e R\$ 10.000,00
 - c) Entre R\$ 10.000 e R\$ 50.000,00
 - d) Entre R\$ 50.000 e R\$ 100.000,00
 - e) Mais que R\$ 100.000,00
- 8) Quais tratamentos biológicos sua empresa pratica?
- a) Não se aplica
 - b) Biossorção
 - c) Bioacumulação
 - d) Biodegradação
 - e) Todos os anteriores

O questionário foi disponibilizado para as empresas pela plataforma Google Forms. As empresas foram contactadas via telefone para que entendessem a pesquisa e receberam um email contendo um link para o questionário.

Após a coleta dos dados, estes foram organizados em planilhas e gráficos utilizando o software Excel 16.0. Foram plotados gráficos de distribuição de frequência e, assim, obteve-se uma relação entre as práticas mais utilizadas, entre físico-químicas ou biológicas, os tipos de práticas e uma comparação de volume de investimento financeiro despendido entre estas práticas.

REFERÊNCIAS

ABIT - Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. **Perfil do Setor.** 2017-2018. Disponível em: <https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>> Acesso em: 30 de setembro de 2019

ACEMIOGLU, Bilal. Adsorption of Congo red from aqueous solution onto calcium-rich fly ash. **Journal Of Colloid And Interface Science**, [s.l.], v. 274, n. 2, p.371-379, jun. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2004.03.019>.

AKSU, Zümriye. Application of biosorption for the removal of organic pollutants: a review. **Process Biochemistry**, [s.l.], v. 40, n. 3-4, p.997-1026, mar. 2005.

AKSU, Zümriye; DÖNMEZ, Gönül. Combined effects of molasses sucrose and reactive dye on the growth and dye bioaccumulation properties of *Candida tropicalis*. **Process Biochemistry**, [s.l.], v. 40, n. 7, p.2443-2454, jun. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2004.09.013>.

BASTIAN, E. Y. O. **Guia técnico ambiental da indústria têxtil**. São Paulo: CETESB; SINDITÊXTIL, 2009. p.85

BORBA, Fernando Henrique. **Aplicação dos Processos Foto-Fenton e Eletrofloculação no Tratamento de Efluente de Curtume**. 2010. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. (2012). **Resolução CONAMA nº. 430, de de 13 de maio de 2011**. Complementa e altera a Resolução nº 357/2005, de 17 de março de 2005 , do CONAMA. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL, **LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília - DF, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm> Acesso em: 30 de setembro de 2019

BUSSAB, Wilton de Oliveira; MORETTIN, Pedro Alberto. **Estatística básica**. 9. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2014.

CORREIA, Venceslau M.; STEPHENSON, Tom; JUDD, Simon J.. Characterisation of textile wastewaters - a review. **Environmental Technology**, [s.l.], v. 15, n. 10, p.917-929, out. 1994. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09593339409385500>.

CRINI, Grégorio. Kinetic and equilibrium studies on the removal of cationic dyes from aqueous solution by adsorption onto a cyclodextrin polymer. **Dyes And Pigments**, [s.l.], v. 77, n. 2, p.415-426, jan. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dyepig.2007.07.001>.

HAI, Faisal Ibney; YAMAMOTO, Kazuo; FUKUSHI, Kensuke. Hybrid Treatment Systems for Dye Wastewater. **Critical Reviews In Environmental Science And**
Revista Produção Online. Florianópolis, SC, v.30, n.12, p. 15-26, 12/11, 2019

Technology, [s.l.], v. 37, n. 4, p.315-377, 14 maio 2007. Informa UK Limited.
<http://dx.doi.org/10.1080/10643380601174723>

KIMURA, Irene Y. et al. Efeito do pH e do Tempo de Contato na Adsorção de Corantes Reativos por Microesferas de Quitosana. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, [s.l.], v. 9, n. 3, p.51-57, set. 1999.

MILAN, G. S.; VITORAZZI, C.; REIS, Z. C. **Um estudo sobre a redução de resíduos têxteis e de impactos ambientais em uma indústria de confecções do vestuário**. In: VI CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO Energia, Inovação, Tecnologia e Complexidade para a Gestão Sustentável, n. 6 p. 01-24, Niterói – RJ, 2010. Disponível em:
<http://www.inovarse.org/sites/default/files/T10_0237_0980_0.pdf>. Acesso em: 30 de setembro de 2019

NILSSON, I. et al. Decolorization of synthetic and real textile wastewater by the use of white-rot fungi. **Enzyme And Microbial Technology**, [s.l.], v. 38, n. 1-2, p.94-100, jan. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enzmictec.2005.04.020>.

PALMIERI, G.; CENNAME, G.; SANNIA, G.. Remazol Brilliant Blue R decolourisation by the fungus *Pleurotus ostreatus* and its oxidative enzymatic system. **Enzyme And Microbial Technology**, [s.l.], v. 36, n. 1, p.17-24, jan. 2005. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.enzmictec.2004.03.026>.

PEIXOTO, F. MARINHO, G. RODRIGUES, K. Corantes Têxteis: uma revisão. **Holos**, Vol. 5. 2013. SALEM, VID. Tingimento têxtil: fibras, conceitos e tecnologias. São Paulo: Blucher: Golden Tecnologia, p.297, 2010.

PIZATO, Everton et al. Caracterização de efluente têxtil e avaliação da capacidade de remoção de cor utilizando o fungo *Lasiodiplodia theobromae* MMPI. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [s.l.], v. 22, n. 5, p.1027-1035, out. 2017.

PODGORNIK, Helena; POLJANLEK, Ida; PERDIH, Anton. Transformation of Indigo carmine by *Phanerochaete chrysosporium* ligninolytic enzymes. **Enzyme And Microbial Technology**, [s.l.], v. 29, n. 2-3, p.166-172, ago. 2001. Elsevier BV.
[http://dx.doi.org/10.1016/s0141-0229\(01\)00372-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0141-0229(01)00372-6).

POINTING, S.B. Feasibility of bioremediation by white-rot fungi. **Applied Microbiology And Biotechnology**, [s.l.], v. 57, n. 1-2, p.20-33, 1 out. 2001. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s002530100745>.

QUEIROZ, Marluce Teixeira Andrade et al. Gestão de Resíduos na Indústria Têxtil e sua Relação com a Qualidade da Água: estudo de caso. **Iberoamerican Journal Of Industrial Engineering**. Florianópolis, p. 114-136. nov. 2016.

SILVA, Cristiano Pochmann da et al. Avaliação da Degradação do Corante Vermelho Bordeaux através de Processo Fotoquímico. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s.i.], v. 13, n. 1, p.73-77, mar. 2008.

VANDEVIVERE, Philippe C.; BIANCHI, Roberto; VERSTRAETE, Willy. Treatment and Reuse of Wastewater from the Textile Wet-Processing Industry: Review of Emerging Technologies. **Journal Of Chemical Technology & Biotechnology**, [s.i.], v. 72, n. 4, p.289-302, ago. 1998.

VASQUES, Andressa Regina et al. Adsorção dos corantes R016, RR2 e RR141 utilizando lodo residual da indústria têxtil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s.i.], v. 16, n. 3, p.245-252, set. 2011.