



ESTUDO DE PROCESSOS DE REUSO DE EFLUENTE EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL

¹Clara Rodrigues Pereira (Centro Universitário Senai Cimatec) – clara.r.pereira@gmail.com; ²Lílian Lefol Nani Guarieiro (Centro Universitário Senai Cimatec) – lilian.guarieiro@fieb.org.br;

Resumo: Os processos de tingimento e acabamento são os principais responsáveis pela geração dos rejeitos têxteis, devido à sua composição de corantes que garantem a coloração do tecido. Assim, o objetivo deste artigo foi estudar e descrever os processos que vêm sendo empregados no tratamento de efluente têxtil para serem reutilizados no consumo interno da própria organização ou em outros fins. A metodologia aplicada foi a revisão sistemática utilizando palavras chaves sobre o tema e bases científicas de dados. Foi possível concluir que as técnicas de resina de troca iônica, fotólise direta, membranas de microfiltração e nanofiltração são as mais utilizadas no aprimoramento do processo de tratamento do efluente têxtil.

Palavras-Chaves: indústrias têxteis; tratamento de efluente têxtil; reuso de água residual; efluente têxtil.

STUDY OF EFFLUENT REUSE PROCESSES IN A TEXTILE INDUSTRY

Abstract: The dyeing and finishing processes are the main responsible for the generation of the textile waste, due to its composition of dyes that guarantee the coloring of the fabric. Thus, the objective of this article was to identify and study and describe the processes that have been used in the treatment of textile effluent to be reused in the internal consumption of the organization itself or for other purposes. The applied methodology was the systematic review using key words on the subject and scientific bases of data. It was possible to conclude that the techniques of ion exchange resin, direct photolysis, microfiltration and nanofiltration membranes are the most used in the improvement of the treatment process of the textile effluent.

Keywords: textile industries; treatment of textile effluent; residual water reuse; textile effluent.



1. INTRODUÇÃO

O segmento têxtil tem se destacado mundialmente por ser um ramo industrial dinâmico, caracterizado pelo seu amplo conjunto de atividades produtivas. O Brasil assume o quinto lugar mundial na produção de têxteis, em que 52,2% estão concentradas na região Sudeste, 28,3% na região Sul, 15,6% no Nordeste, 3,5% no Centro-Oeste e 0,4% no Norte [1].

No Brasil, assim como nos outros países, o processo de beneficiamento têxtil constitui de um conjunto de processos aplicados aos materiais deste segmento, em que o principal objetivo é transformá-los do estado cru em artigos brancos, tintos, estampados e acabados. Este processo passa por diversas etapas que vão desde a chegada da matéria-prima até o tecido estar pronto para o uso de diversos fins. As suas divisões são compostas pelas etapas: beneficiamento do algodão; fiação; engomagem; tecelagem; chamosagem; desengomagem; alvejamento; mercerização; texturização; malharia; tingimento; estamparia; lavagem; acabamento; secagem; manufaturamento [2].

Tais etapas são responsáveis pela geração de efluentes, contendo produtos químicos e água industrial, são oriundas dos processos de: engomagem; desengomagem; cozimento; mercerização; alvejamento; tingimento; estamparia; acabamento [3]. Dentre os processos citados anteriormente, pode-se destacar os de tingimento e acabamento que são os principais geradores dos rejeitos têxteis, por apresentarem corantes que caracterizam a coloração e toxicidade do efluente, quando não conseguem ser fixados nas fibras.

Devido à sua alta solubilidade na água e à sua baixa capacidade em se alto degradar, o corante têxtil garante a este resíduo industrial, um alto nível de contaminação ao ser depositado no meio ambiente. O descarte do efluente têxtil em aquíferos naturais, se torna preocupante em relação à preservação ambiental no Brasil, uma vez que os esgotos que apresentam este tipo de resíduo são considerados como os mais poluentes nos setores industriais. Desta forma, muitas empresas têm buscado remediar estes efluentes, em busca de tratamento para os mesmos, afim de eliminar a sua toxicidade e lhe atribuir outras finalidades.

O impacto ambiental sofrido pelos rejeitos têxteis desperta interesse às organizações industriais que visam estudos e a implementação de práticas que possibilitem o reuso de água, com o intuito de reduzir o consumo e os custos de produção [4]. Neste contexto, a escassez de água no Brasil é um fator que vem preocupando uma boa parte do país, principalmente a região nordeste, em que a falta de abastecimento, além de afetar a população, provoca danos consideráveis na economia, visto que, o consumo de água de muitas indústrias é realizado através de reservatórios, que estão cada vez mais vazios devido à ausência de chuva [5].

Diante deste cenário, muitas indústrias do segmento têxtil procuram alternativas de tratamento para eliminar os compostos tóxicos presentes nos efluentes. Alguns processos vêm sendo utilizados, como: biológicos (Aeróbico e Anaeróbico); coagulação química; físico-químicos; entre outros. Contudo, a eficiência destes processos não tem sido satisfatória, sendo necessário o desenvolvimento e/ou aplicação de técnicas associadas a estes. Estudos demonstram que a associação de



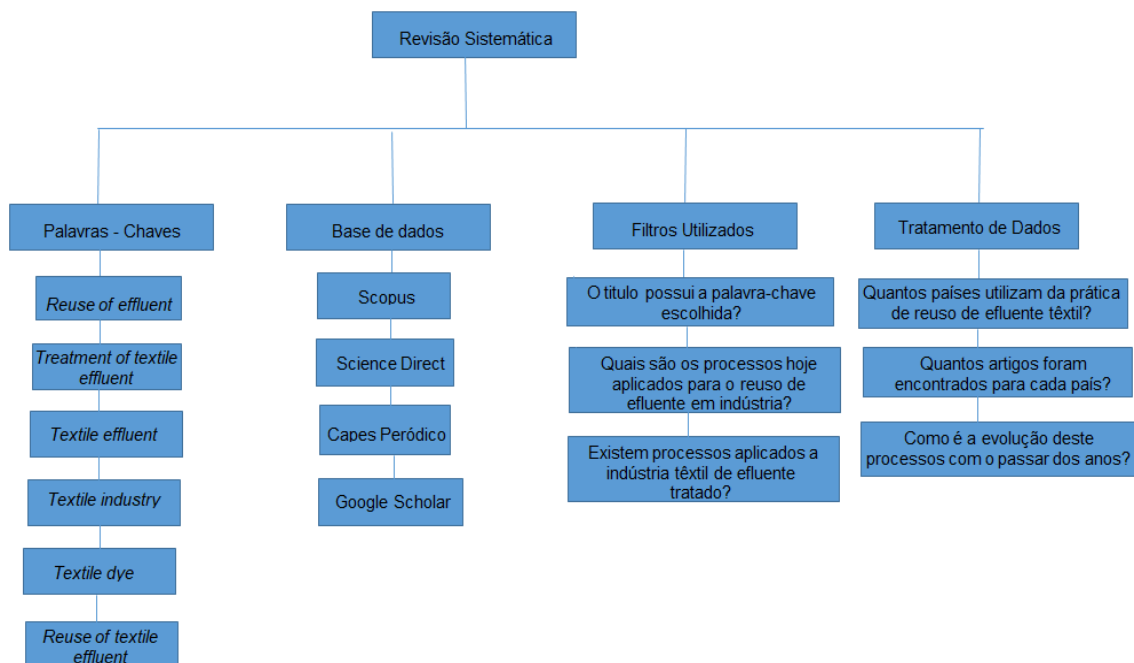
técnicas como ultrafiltração, nanofiltração e processos de oxidação eletroquímica podem trazer resultados satisfatórios quando comparados com os processos citados anteriormente [4].

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi descrever e avaliar as vantagens e desvantagens das técnicas que vêm sendo empregadas na indústria têxtil, visando a remoção dos contaminantes presentes no efluente gerado para que ele possa ser reutilizado em outras etapas deste processo industrial.

2. METODOLOGIA

A metodologia aplicada para o desenvolvimento deste estudo foi a revisão sistemática (Figura 1). Este método foi desenvolvido conforme as seguintes etapas: i) as palavras-chaves utilizadas em inglês foram “reuse of effluent”, “textile industry”, “textile dye”, “textile effluent”, “reuse of textile effluent”, “treatment of textile effluent”; ii) as bases de dados utilizadas para pesquisa foram Scopus (www.scopus.com), Science Direct (www.sciencedirect.com), Capes (www-periodicos-capes-gov-br.ez68.periodicos.capes.gov.br) e o Google Scholar (scholar.google.com.br/); iii) o período de busca estabelecido foi de 2010 a 2018; iv) foi verificado se o título dos artigos possuía a palavra – chave determinada; v) foi realizada a leitura dos resumos, conforme o filtro estabelecido (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma da Revisão sistemática.



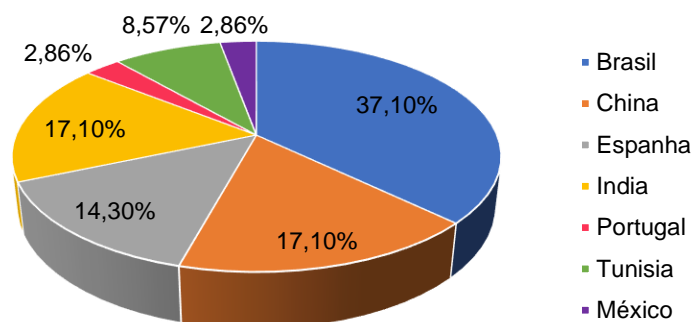
O processo de tratamento de dados da revisão sistemática (Figura 1) foi fundamental para identificar os documentos essenciais para o desenvolvimento deste artigo e com isso, alcançar o objetivo proposto para este estudo.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da revisão sistemática foi possível obter informações importantes para o desenvolvimento do presente estudo. Foi realizada a leitura dos mesmos com o intuito de verificar quais direcionaram suas pesquisas para aplicação na indústria têxtil, apresentando os processos utilizados. Assim, foi possível obter 35 artigos com foco na indústria têxtil onde observa-se que tais pesquisas foram desenvolvidas apenas no Brasil, China, Espanha, Índia, Portugal, Tunísia e México (Figura 2).

Figura 2. Percentagem dos artigos selecionados com base nos seus países de origem.



A partir da seleção dos artigos encontrados foi construída a Figura 3, que relaciona a quantidade de artigos escolhidos para o desenvolvimento deste estudo de acordo com o seu ano de publicação. O objetivo foi mostrar a evolução do tema reuso de efluente têxtil com o passar dos anos, de forma que este vem sendo estudado destacando novos processos que contribuem para aprimorar as técnicas de tratamento. Apesar da importância do tema, foi possível perceber que ainda são poucos os estudos publicados e a quantidade de publicação não tem sofrido um aumento ao longo dos últimos anos.

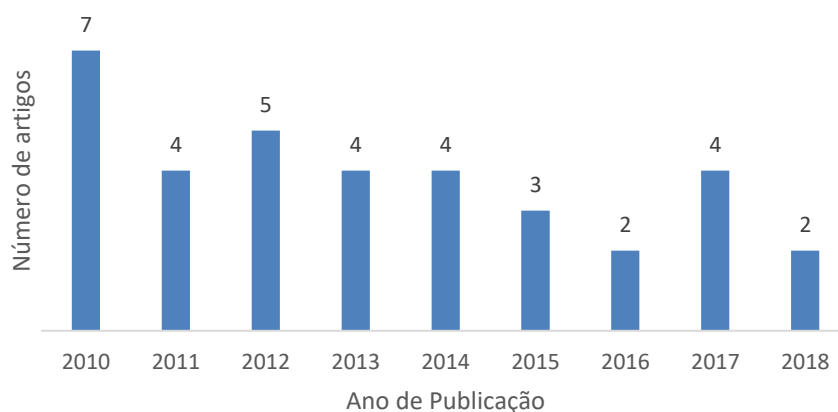
Através da leitura dos artigos selecionados foi possível identificar alguns processos que podem ser utilizados para o tratamento de efluentes, como o têxtil, proporcionando o conhecimento de como cada um funciona e quais as suas aplicações. Neste contexto, empresas buscam técnicas, a exemplo do tratamento biológico e tratamento físico-químico, com o intuito de remover os contaminantes que fazem parte da composição dos rejeitos industriais. Porém, estes métodos não se mostram totalmente eficientes neste objetivo, de forma que é necessário recorrer a outros processos que possam aprimorar ou complementar o tratamento de efluente. Assim, testes vêm sendo desenvolvidos para avaliar o funcionamento de novas técnicas que possam ser incrementadas em diferentes segmentos industriais, visando a remoção total dos compostos poluentes presentes nos rejeitos [6].

Neste cenário, através do estudo realizado foi possível perceber que os métodos como resina de troca iônica, fotólise direta, microfiltração e nanofiltração são destacadas por serem eficientes durante a descontaminação dos resíduos, chamando atenção para os dois últimos processos citados, que são eficientes quando aplicados



na indústria têxtil. A tecnologia de resina de troca iônica é uma técnica que apresenta bons resultados ao ser aplicada para o tratamento de águas residuais, por promover a remoção de diferentes espécies, desenvolver uma cinética rápida, proporcionando a recuperação deste efluente para outros fins. Desta forma, este método torna-se eficaz para a reutilização de resíduos, como por exemplo, na indústria de policloreto de vinila localizada na Espanha [7]. O processo de fotólise direta apresenta elevada eficiência, quando acrescentada na cadeia de tratamento de águas industriais. Este consiste na incidência de radiação ultravioleta sobre o efluente bruto, promovendo a degradação fotoquímica do mesmo, resultando na remoção da sua coloração [8].

Figura 3. Relação quantidades de artigos com seu ano de publicação.



Neste presente estudo foi possível notar que outras técnicas são utilizadas no tratamento do efluente têxtil, como a degradação biológica, a coagulação química e a oxidação química. Porém, a maior parte da matéria orgânica no efluente não é biodegradável, tornando o tratamento biológico ineficiente. Os métodos de tratamento químico, como adsorção, floculação, coagulação, são eficientes na remoção de cor, mas estas tecnologias produzem quantidade de resíduos perigosos que requerem tratamento adicional, tornando a tecnologia dispendiosa [6]. Desta forma, a separação por membranas, caracterizada pela microfiltração e nanofiltração são consideradas para o tratamento do efluente, para substituir os outros processos mencionados anteriormente. Um dos fatores a ser avaliado nesta técnica, é o fluxo de permeação, que representa a taxa de passagem do solvente e do soluto, ou seja, se ocorrer a redução deste fluxo com o tempo, pode ocorrer a redução da produção de água [6].

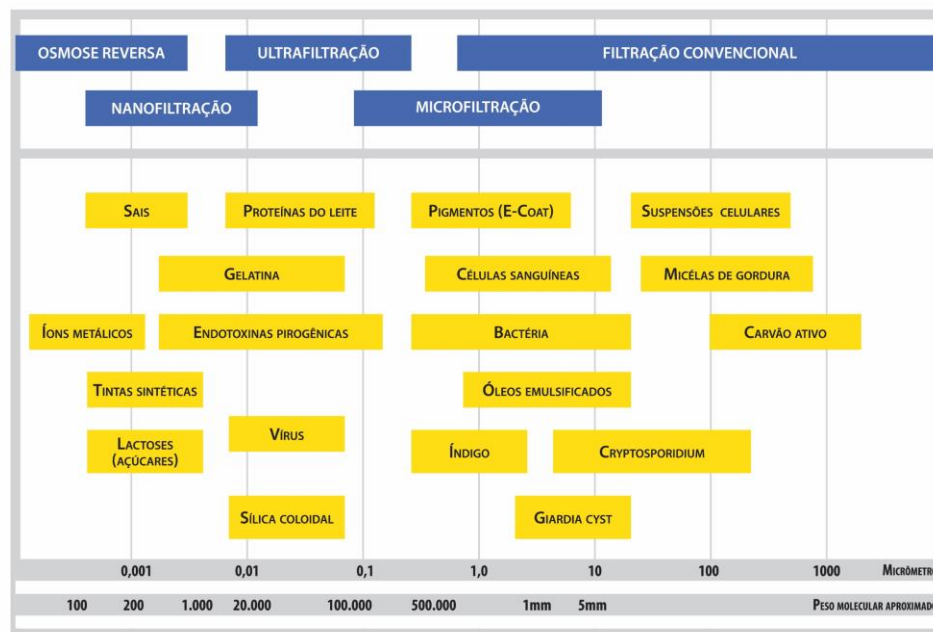
A membrana de nanofiltração, por possuir poros de tamanhos reduzidos, necessita de um tratamento prévio para evitar as incrustações e a danificação do sistema. Para isso, métodos mais eficientes e menos onerosos são considerados para serem monitorados automaticamente e exigirem menos produtos químicos durante o processo. Desta forma, a técnica de microfiltração é combinada à nanofiltração para remover os sólidos em suspensão e os corantes coloidais. Ela é caracterizada pela capacidade de reutilizar o corante através da sua recuperação por possuir poros que permitem esta facilidade, de forma que o produto permeado já pode ser reutilizado para atividades simples, como lavagem de pisos. Para que o produto da microfiltração



possa ser reaproveitado para processos mais rigorosos, como os banhos de tinta, é necessário um breve polimento através das membranas de nanofiltração que são adequadas como uma etapa de aprimoramento para tratar efluentes têxteis e gerar um produto com potencial para reuso [9].

Os processos mencionados anteriormente são compostos por membranas de separação e vão variar conforme seu grau de filtração (Figura 4). As técnicas de nanofiltração, osmose reversa e ultrafiltração, removem materiais particulados microscópicos, ou seja, por possuírem um grau de filtração variando entre 0,001 e 0,1 microns, permitem a passagem de alguns componentes, atuando como barreira seletiva. Já os processos de microfiltração e filtração convencional, por apresentarem um intervalo de grau de filtração, entre 1 e 1000 microns, permitem a remoção de mais compostos, com peso molecular mais leve, facilitando a sua passagem.

Figura 4. Graus de Filtração das Membranas de Separação.



Fonte: WGM, 2017 [10].

Dando continuidade à análise dos artigos selecionados para o desenvolvimento deste estudo foi possível identificar quais as etapas da indústria têxtil que são responsáveis por gerar efluentes, afim de saber sua natureza e quais processos citados anteriormente podem ser aplicados para tratar os mesmos (Tabela 1). Estes rejeitos têxteis são caracterizados por apresentarem uma carga de compostos químicos elevadas, devido à presença de surfactantes e aditivos que contribuem para a não degradação destes resíduos. Além disso, as etapas de tingimento, estamparia e acabamento se destacam, pois são nelas que os corantes são aplicados às fibras até a consolidação do produto final, definindo assim, as principais características do rejeito, de forma que as composições contêm corantes de classes diferentes [11].



Os corantes são classificados de acordo com as suas características, aplicações e seu grau de poluição. Os principais encontrados nos rejeitos têxteis são os ácidos, reativos e sulfurosos. Os corantes ácidos são caracterizados por serem aniônicos e solúveis em água, onde são aplicados em nylon, seda, couro, lã, gerando ácidos orgânicos como poluentes. Os corantes reativos contêm grupos moleculares capazes de formar ligações com as fibras celulósicas ao serem aplicados no algodão, lã e celulose, formando sais, solução alcalina, surfactantes e produtos de acabamento. Os corantes sulfurosos normalmente são aplicados em fibras durante o tingimento e são caracterizados por serem resíduos tóxicos ao gerarem agentes redutores e oxidantes [13].

Tabela 1. Etapas do processo da indústria têxtil que geram efluentes

Etapas da Indústria Têxtil	Composição dos Efluentes
Engomagem	Agentes de Engomagem derivados do amido e óleos vegetais, (PVA) e carboximetilcelulose (CMC)
Desengomagem	Glicose da hidrólise do amido, PVA solúvel e CMC solúvel
Cozimento	Ceras, pectinas, álcoois, gomas, óleos e graxas, detergentes e NaOH
Mercerização	Bases, ácidos
Alvejamento	Agentes oxidantes, hipoclorito de sódio, H ₂ O ₂
Tingimento e Estamparia	Ureia, sais de amônio, polifosfatos, corantes e auxiliares de tingimento
Acabamento	Ureia, sais de amônio, polifosfatos, amidos, resinas, surfactantes, solventes, tensoativos, corantes, fenóis, biocidas, agentes sequestrantes, engomantes e sintéticos.

Fonte: INAPAL QUÍMICA LTDA, 2018 [12].

4. CONCLUSÃO

Este artigo teve como foco de pesquisa o reuso de efluente têxtil como alternativa para reduzir o descarte de rejeitos no meio ambiente. Assim, utilizando a revisão sistemática como o método de construção deste estudo foi possível analisar que este tema tem despertado interesse em alguns países, sobretudo no Brasil, China e Índia. Os documentos coletados mostraram quais recursos estes países destacados utilizam no tratamento de efluente têxtil para reuso.

As técnicas de resina de troca iônica, fotólise direta, membranas de microfiltração e nanofiltração foram identificadas como as mais utilizadas nos países citados anteriormente, para remover os contaminantes presentes nos rejeitos têxteis. Com isso, este estudo mostrou as características do efluente e as etapas em que é gerado afim de saber qual destas técnicas destacadas melhor se adequa para tratar o mesmo. Pode-se concluir, que estes métodos são viáveis ao serem incrementados no processo de tratamento de efluente têxtil, uma vez que apresentaram resultados significantes na remoção dos poluentes.



5. REFERÊNCIAS

- ¹ MENEGON, Elizangela Maria Pas; POLI, Odilon Luiz; MAZZIONI, Sady. Inovação na indústria do segmento têxtil: um estudo sobre o perfil da produção científica nacional e internacional/Innovation in the textile industry: a study on the profile of national and international scientific production. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 4, p. 1093-1115, 2018.
- ² 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**, v. 8, n. 15, p. 114-135, 2016.
- ³ DUTRA, R. S. et al. Adição de resíduo de lodo da indústria têxtil na produção de blocos cerâmicos de vedação. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 10, n. 1, 2015.
- ⁴ ZANELLA, Geovani et al. Tratamento de banhos de tingimento têxtil por processos foto-Fenton e avaliação da potencialidade de reuso. **Quim. Nova**, v. 33, n. 5, p. 1039-1043, 2010.
- ⁵ PAIXÃO, Letícia Menezes Diniz. IMPACTOS DA ESCASSEZ DE ÁGUA NA ECONOMIA. **Resolução-Revista de direito e ciências gerenciais**, v. 1, n. 1, p. 151-163, 2016.
- ⁶ COUTO, Carolina Fonseca; MORAVIA, Wagner Guadagnin; AMARAL, Miriam Cristina Santos. Integration of microfiltration and nanofiltration to promote textile effluent reuse. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 19, n. 8, p. 2057-2073, 2017.
- ⁷ BLANCO, Laura et al. Assessing demineralization treatments for PVC effluent reuse in the resin polymerization step. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 20, p. 16631-16638, 2017.
- ⁸ MARCHINI, Andréia Eliane; MACHADO, Verônica Radaelli; STÜLP, Simone. Avaliação preliminar do potencial de reuso de efluente gerado em indústria de alimentos degradado por via fotoquímica. **Tecno-Lógica**, v. 15, n. 2, p. 67-72, 2011.
- ⁹ MASMOUDI, G. et al. New treatment at source approach using combination of microfiltration and nanofiltration for dyeing effluents reuse. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 11, n. 4, p. 1007-1016, 2014.
- ¹⁰ WGM SISTEMAS IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO LTDA. Filtração por Membranas. **WGM Sistemas**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.wgmsistemas.com.br/filtracaopormembranas.asp>> Acesso em: 22 mai.2018.
- ¹¹ PEIXOTO, F.; MARINHO, Gloria; RODRIGUES, Kelly. Corantes têxteis: uma revisão. **HOLOS**, v. 5, 2013.
- ¹² INAPAL QUÍMICA LTDA. Santa Catarina, 2017. Disponível em: <<http://www.inpalquimica.com.br/produtos>> Acesso em: 02 jun.2018.
- ¹³ C. I. GUARATINI, Cláudia.; VALNICE B. ZANONI, Maria. Corantes têxteis. **Quim. Nova**, v. 23, 2000.