

XVI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE
15º SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES
DE LÍNGUA PORTUGUESA

**ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DA APLICAÇÃO DE ACV VOLTADA PARA A
GESTÃO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA TÊXTIL**

*Gustavo José de Araújo Aguiar¹ ; Amanda Maria Albuquerque de Aguiar² ; Jefferson Lira da
Silva³ ; Cássia Gisele Dias Porto⁴ ; Gilson Lima da Silva⁵ & José Floro de Arruda Neto⁶*

RESUMO – A indústria têxtil representa parte essencial na economia de países subdesenvolvidos. Entretanto, esse empreendimento em toda a sua cadeia tem elevado impacto ambiental devido ao alto consumo de água e químicos, além do fato de gerar um efluente de difícil tratamento. Dessa forma, é necessário avaliar alternativas para a minimização do consumo de água, ou ainda, de potencializar a capacidade de reuso da água dentro da cadeia têxtil. A Análise de Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta útil em tomadas de decisões para a questão ambiental devido a sua capacidade de apresentar o impacto ao meio ambiente gerado por determinado produto ou processo. Nesse sentido, esse trabalho busca levantar as pesquisas na literatura que utilizaram ACV para avaliar alternativas de reuso da água no setor têxtil. Os resultados demonstraram que existem diversos métodos de tratamento do efluente têxtil e que estes podem ser comparados através da ferramenta de ACV de forma a se determina qual deles possui menor impacto ambiental e maior potencial de reuso.

ABSTRACT– The textile industry represents an essential part of the economy of underdeveloped countries. However, this enterprise in its entire chain has a high environmental impact due to the high consumption of water and chemicals, in addition to the lack of generating an effluent that is difficult to treat. Thus, it is necessary to evaluate alternatives for the minimization of water consumption, or even to enhance the capacity of water reuse within the textile chain. Life Cycle Assessment (LCA) is a useful tool in decision making for environmental issues due to its ability to present the impact on the environment generated by a given product or process. In this sense, this work seeks to survey the research in the literature that used LCA to evaluate alternatives for water reuse in the textile sector. The results showed that there are several methods of treatment of textile effluent and that they can be compared through the LCA tool in order to determine which one has less environmental impact and greater reuse potential.

Palavras-Chave – Análise de ciclo de vida; indústria têxtil; reuso de água.

¹) Universidade Federal de Pernambuco (UFPE): Av. Marielle Franco, s/n - Km 59 - Nova, 55014-900, (81)982124971, gustavo.aguiar@ufpe.br

²) Universidade de Pernambuco: Av. Gov. Agamenon Magalhães, Santo Amaro, 50100-010, (81)99208-6388, amanda.aguiar2006@hotmail.com

³) Universidade Federal de Pernambuco (UFPE): Av. Marielle Franco, s/n - Km 59 - Nova, 55014-900, (81)994574307, lira.silva@ufpe.br

⁴) Universidade Federal de Pernambuco (UFPE): Av. Marielle Franco, s/n - Km 59 - Nova, 55014-900, (81)992494935, cassia.porto@ufpe.br

⁵) Universidade Federal de Pernambuco (UFPE): Av. Marielle Franco, s/n - Km 59 - Nova, 55014-900, (81)9996-8941 gilson.lsilva@ufpe.br

⁶) Universidade Federal de Pernambuco (UFPE): Av. Marielle Franco, s/n - Km 59 - Nova, 55014-900, (81)994571534, floro.arruda@ufpe.br

INTRODUÇÃO

A indústria têxtil é um empreendimento de importância vital para os países em desenvolvimento (JAAFARZADEH *et al.*, 2018). Grande parte dos processos que usam água nesses países é realizada em pequenas instalações que são carentes de recursos financeiros para a implementação de maquinário apropriado para o tratamento adequado de seus efluentes. Esse aspecto acaba gerando problemas ecológicos nas proximidades das instalações do empreendimento (SAXENA *et al.*, 2017). A indústria têxtil é conhecida por ser uma das indústrias que têm um dos maiores potenciais poluidores no mundo (GARVENT, 2017; SHEN, 2014; IPCC, 2014).

Zamani (2011) em seu trabalho apontou que a degradação ambiental da indústria têxtil ocorre ao longo de todos os processos de produção, desde a extração das matérias primas até o acabamento final do produto. Além disso, a cadeia têxtil também é um setor com elevado consumo de água, onde são usados cerca de 200 a 400 litros por quilo de produto acabado (ERKANLI *et al.*, 2018). Silva *et al.* (2015) em seu trabalho destacaram que para uma situação de crescente crise hídrica, é necessário o uso de ferramentas ambientais que funcionem como alicerce do uso sustentável dos recursos naturais. Um fator agravante para a região Nordeste do país é o déficit hídrico da região, com um índice pluviométrico baixo de 550mm/ano, comparado com o índice da região Sudeste de 1500mm/ano (SILVA e XAVIER; 2018).

Os efluentes têxteis possuem valores elevados de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Suspensos Totais (SST) e baixo valor de Oxigênio Dissolvido (OD), juntamente com forte presença de cor (WORLD BANK, 2010). A problemática da presença da cor não condiz apenas com a questão estética no ponto de lançamento, mas também afeta a visibilidade no corpo d'água receptor, reduzindo a disponibilidade de luz para as plantas aquáticas (MANSOUR *et al.*, 2007; ZAHARIA *et al.*, 2009).

Uma das maneiras de reduzir esses impactos ambientais é através de uma eficiente gestão da água focada no reuso da água residuária na cadeia têxtil através de seu tratamento. Entretanto, é necessário avaliar se o método de tratamento utilizado além de atender os padrões de qualidade necessários, seja viável economicamente e não gere degradação ao meio ambiente.

A Análise de Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta que pode auxiliar a encontrar os pontos de maior impacto ambiental e possíveis melhorias no produto através da inovação e desenvolvimento do seu ciclo de vida (MANDA *et al.*, 2015). A ACV é capaz de quantificar a degradação ambiental através de todo a cadeia de produção, através do uso de categorias de impacto. Além disso, a ACV também pode ser usada para avaliar padrões de uso e como ferramenta de auxílio de decisão (ISO, 2006).

Nesse contexto o presente trabalho teve como objetivo levantar os artigos existentes de ACV voltados para o reuso da água residuária têxtil, através de uma análise bibliométrica e uma revisão sistemática da literatura.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi subdividido em 3 fases, que definem o método da revisão sistemática: (1) Pesquisa na base de dados, (2) Análise bibliométrica e (3) Análise sistemática.

Pesquisa na base de dados

A base de dados *Scopus* foi a selecionada por ser reconhecida como uma plataforma de grande abrangência científica. O acesso foi realizado através do portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no intuito de identificar os trabalhos de ACV voltados para o reuso de água na indústria têxtil. O tratamento dos artigos científicos foi realizado através da metodologia conhecida como os Principais Itens Para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-Análises (PRISMA), que é subdividida em 4 etapas: Identificação, Seleção, Elegibilidade e Inclusão (MOHER *et al.*, 2010).

A pesquisa na *Scopus* foi realizada no mês de junho de 2022. A primeira etapa da metodologia PRISMA, identificação, se caracterizou pela busca das palavras-chave “*life cycle assessment*”, “*life cycle analysis*” e “*water footprint*” associadas entre si pelo operador Booleano “*or*”. Essa *string* de busca foi associada com o operador Booleano “*and*” às seguintes palavras-chaves associadas com “*or*”: “*water reuse*” e “*water reclamation*”. Por fim, essa união de *strings* foi associada a palavra-chave “*textile industry*” usando o Booleano “*and*”. A busca identificou um total de 26 publicações encontradas na base de dados.

A segunda etapa, seleção, foram aplicados critérios de exclusão através dos filtros disponíveis na base de dados, sendo removidos os artigos de revisão, papéis de conferência e livros. Após isso, a amostra foi reduzida para 19 artigos científicos. A terceira etapa, elegibilidade, foi realizada a leitura dos títulos e resumos dos artigos que passaram pela etapa anterior. Dessa forma, três artigos foram descartados do conjunto, resultando em 15 artigos. A última etapa, inclusão, os artigos restantes foram lidos na íntegra, removendo os artigos que não faziam parte escopo do tema analisado. Entretanto, os 15 artigos da etapa anterior permaneceram.

Análise bibliométrica

Uma análise qualitativa foi realizada utilizando o *software* VOSviewer para a criação de redes bibliométricas. As cores dos conjuntos representam os *clusters* (agrupamentos construídos pelo *software*), que são constituídos por círculos interligados por arcos. O tamanho dos círculos indica o

impacto na análise realizada, enquanto que a espessura dos arcos representa a força de ligação entre os círculos na análise. As redes foram geradas no intuito de avaliar as relações de coautoria, de citação e de coocorrência.

Análise sistemática

Baseado no objetivo deste trabalho sobre a aplicação de ACV voltada para o reuso de água da indústria têxtil, os dados apresentados nos artigos foram utilizados para a elaboração de tabelas-resumo para sistematizar as informações.

RESULTADOS

Análise bibliométrica

A análise de coautoria dos países correspondentes às instituições dos autores dos trabalhos resultou em uma rede bibliométrica composta por 10 países que foram divididos em um *cluster* principal com mais de um país e 5 *clusters* individuais com um único país (Figura 1). Esse resultado mostra a baixa interação entre pesquisadores de países diferentes. A Espanha e a China juntas representam praticamente 67% do total de artigos encontrados (ambas com 5 documentos publicados), o que mostra uma concentração de pesquisas nesses dois países. Além disso, o único trabalho que contempla autores de países diferentes foi o elaborado por Mattioli *et al.* (2005), que são autores de 5 países diferentes (Espanha, França, Itália, Bélgica e Holanda). Os outros trabalhos que não tiveram colaboração com pesquisadores de outros países estão localizados na China, na Turquia, Bangladesh, Reino Unido e Índia.

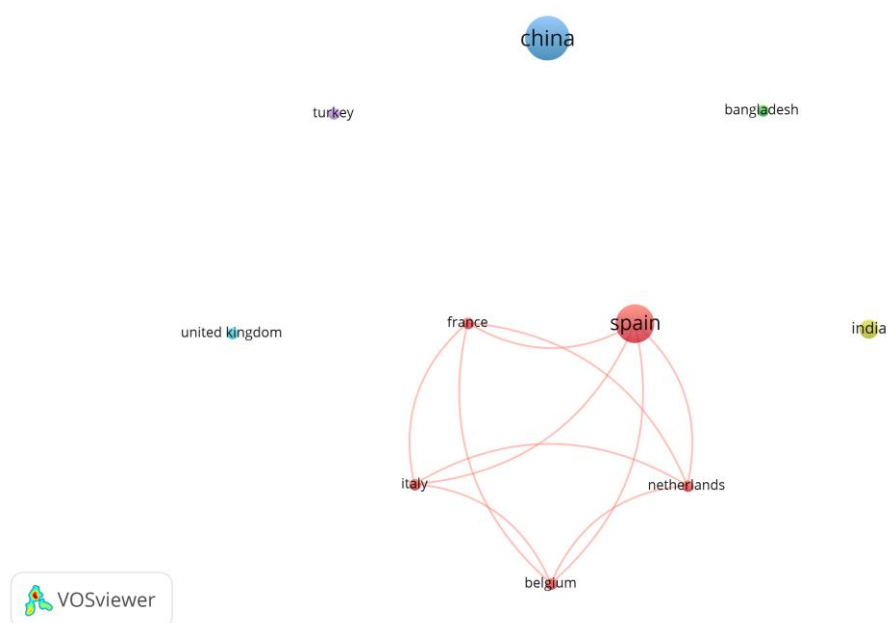


Figura 1 – Rede bibliométrica de coautoria entre os países

A rede de citação foi elaborada com o intuito de entender a relação de citações entre os 15 artigos encontrados na literatura. O tamanho do círculo representa a quantidade de vezes que o artigo foi citado, e a linha que interliga os artigos na rede representa a presença de citação (Figura 2).

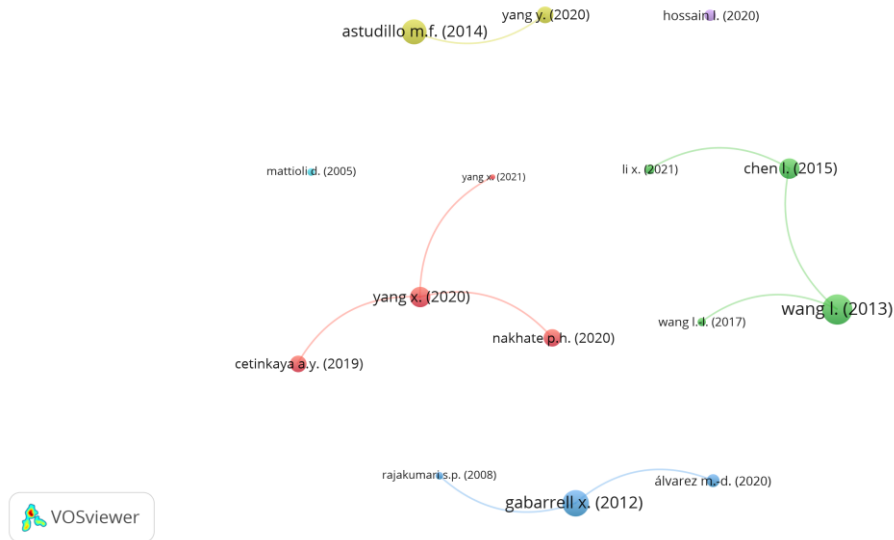


Figura 2 – Rede bibliométrica de citação dos artigos

A partir da Figura 2, foi possível identificar 4 *clusters* principais, onde ocorreram a presença de citação. Há o *cluster* azul, onde há a citação do trabalho de Rajakumari e Kanmani (2008) na pesquisa de Gabarrell *et al.* (2012), que por sua vez foi citado por Álvarez *et al.* (2020). Todos os três trabalhos apresentaram um estudo de ACV voltados para avaliar a análise de ciclo de vida de diversas formas de tratamento do efluente têxtil. No *cluster* vermelho ocorreu a citação dos trabalhos de Nakhate *et al.* (2019) e de Centikaya e Bilgili (2019) pelo trabalho de Yang, X. *et al.* (2020), que foi citado pelo trabalho de Yang e López-Grimau (2021).

O trabalho mais antigo encontrado na base de dados foi elaborado por Mattioli *et al.* (2005), que buscaram avaliar a versatilidade do tratamento do efluente têxtil em termos de tratabilidade e reusabilidade ao longo dos processos têxteis. O trabalho com maior número de citações foi elaborado por Wang *et al.* (2013), que estimaram a pegada hídrica azul e cinza de toda a indústria têxtil chinesa a nível de setor.

Análise sistemática

A Tabela 1 apresenta os artigos encontrados na literatura, ao lado de um breve resumo do escopo do trabalho e suas principais conclusões.

Quadro 1 – Trabalhos encontrados na literatura, seu escopo e principais conclusões

Referência	Escopo e principais conclusões
Yang e López-Grimau (2021)	Os autores buscaram reduzir o impacto econômico e ambiental em escala industrial ao comparar um tratamento híbrido de reator com biofilme em leito móvel junto a um biorreator de membrana com o tratamento usual com lodo ativado. O estudo mostrou que o tratamento híbrido tem menor custo operacional devido a menor taxa de descarga de efluente, resultado da sua alta qualidade de tratamento.
Li <i>et al.</i> (2021)	O trabalho teve como objetivo avaliar a pegada hídrica de 80 indústrias têxteis da China usando modularidade. Os autores concluíram que há duas vantagens ao ser usado esse método: Primeiramente, os resultados de diferentes produtos e processos podem ser comparados, dessa forma, as causas e seus fatores de influência podem ser analisados, dessa forma, oportunidades de redução de consumo de água podem ser encontradas; secundamente, é possível reduzir a complexidade e dificuldade de uma análise de pegada hídrica, ao serem usados um número limitado de módulos para criar ilimitados produtos variantes.
Hossain e Khan (2020)	Os autores realizaram a pegada hídrica do cultivo do algodão e transporte, e para a indústria têxtil de Bangladesh foi calculada ao analisar a quantidade de algodão importada, a capacidade de produção e capacidade de fios e fabricos de algodão, o volume de efluente, o número de trabalhadores e carga poluidora de 2012 a 2016. O estudo apontou que a pegada hídrica anual foi de 1.8 bilhões de m ³ , o que pode acarretar no esgotamento da água subterrânea e afetar a saúde da população local com o lançamento de efluentes.
Álvarez <i>et al.</i> (2020)	O trabalho buscou avaliar a aplicação de um processo eletroquímico com irradiação ultravioleta para a remoção de cor em efluentes contendo tingimentos reativos, ao compará-lo com o tratamento convencional de descoloração. Os autores concluíram que o tratamento eletroquímico possui um melhor desempenho ambiental, devido a ausência de um tratamento terciário.
Yang, Y. <i>et al.</i> (2020)	A pesquisa foi realizada no intuito de avaliar a pegada hídrica nas cadeias de produção vestidos de seda <i>Crepe de Chine</i> e de seda brocada. Os resultados mostraram que a seda brocada apresenta maiores pegadas de degradação e esgotamento da água comparadas as da seda <i>Crepe de Chine</i> .
Yang, X. <i>et al.</i> (2020)	Os autores compararam o impacto ambiental de três diferentes formas de tratamento biológico de efluente têxtil de uma indústria local. Os resultados apontaram que o uso de reator de biofilme em leito móvel é o mais eficaz, além disso, é o método mais atrativo economicamente, uma vez que reduz 68.4% dos gastos com capital, e por fim, é o método que possui o menor impacto ambiental encontrado pela análise de ciclo de vida.
Nakhate <i>et al.</i> (2019)	O trabalho buscou estimar as pegadas ambientais da Estação de tratamento de efluente têxtil na Índia com o uso de ACV portão-ao-portão com reciclagem em ciclo fechado em dois fluxos diferentes de efluente. Os resultados mostraram que o

	processo de ozonização contribui significativamente no impacto ambiental e que o tratamento com filtro de carbono ativado impõe menor degradação ambiental.
Centikaya e Bilgili (2019)	Os autores realizaram a ACV comparando o sistema de membrana de osmose reversa e o sistema de membrana capacitiva de deionização para aprimorar a qualidade e a recuperação de efluentes têxteis para reuso. Os resultados apontaram que o sistema de membrana capacitiva possui em média milhares de vezes menores valores nas categorias de impacto do que a osmose reversa.
Wang <i>et al.</i> (2017)	O trabalho buscou avaliar as pegadas hídricas do setor de manufatura das indústrias têxteis chinesas. Os resultados mostraram que houve um aumento considerável na pegada hídrica operacional azul de 1996 a 2011. O estudo mostra que o efeito inibidor da remoção de poluentes faz com que a pegada hídrica operacional cinza se torna maior do que o reuso de água no aumento da pegada hídrica operacional azul.
Chen <i>et al.</i> (2015)	O objetivo desse trabalho é definir uma ferramenta de gestão de água de produtos industriais dividida em duas partes: O uso direto da água causado pelo processo produtivo dos produtos industrial e o uso indireto da água através do uso de materiais e energia durante a produção. Os resultados do trabalho mostraram que essa ferramenta pode identificar os processos e produtos que mais consomem água, permitindo as empresas tomar medidas eficientes e específicas para economizar a água e reduzir a poluição.
Astudillo <i>et al.</i> (2014)	Os autores buscaram elaborar um inventário de ciclo de vida da produção de seda de alta qualidade sob condições tropicais no sul da Índia. Os resultados mostraram que a produção de seda seguindo práticas recomendadas é mais intensiva nos insumos, além disso, na base de massa, os impactos ambientais são superiores àqueles relatados por fibras naturais.
Wang <i>et al.</i> (2013)	A pesquisa focou na estimativa da pegada hídrica azul direta e a pegada hídrica cinza direta da indústria têxtil chinesa a nível de setor. Os resultados apontam que a pegada hídrica azul direta aumentou no período de 2001 a 2010.
Gabarrell <i>et al.</i> (2012)	Os autores aplicaram ACV para comparar a performance ambiental do tratamento de resíduo têxtil usando <i>Trametes versicolor</i> com o tratamento por adsorção de carbono ativado. Os resultados apontaram que apesar dos impactos ambientais associados com esterilização e aeração, o tratamento biológico possui menor impacto que o sistema físico químico.
Rajakumari e Kanmani (2008)	O estudo apresentou a inventarização dos insumos para o tratamento de água residuária têxtil usando pré-tratamento, osmose reversa e evaporador ao longo de duas estações de tratamento estudadas. O trabalho concluiu que o sistema de osmose reversa consome menos energia e gera um impacto na saúde humana menor do que os demais métodos.
Mattioli <i>et al.</i> (2005)	Os autores coletaram dados em companhias têxteis sobre a caracterização do processo de efluentes acerca da tratabilidade e reusabilidade. O resultado dessa busca permitiu projetar esquemas de reuso de água otimizado, e com o uso de ACV, avaliar e comparar cenários diferentes de reuso de água.

CONCLUSÃO

A ACV se mostrou uma ferramenta bastante útil para comparar diferentes opções de implementação tratamento de efluentes têxteis em relação aos seus impactos ambientais e potencial de reuso. Diversos tipos de medidas podem ser aplicados no processo da indústria têxtil para potencializar o reuso de água, o uso de reator de biofilme em leito móvel se apresentou com uma técnica eficiente de tratamento, com baixo impacto ambiental e custo relativamente baixo em relação às demais. Para trabalhos futuros, é necessária uma caracterização mais detalhada das águas residuárias têxteis, de forma que seja possível aumentar a precisão da ACV.

AGRADECIMENTOS – Os autores desse trabalho agradecem ao Grupo de Gestão Ambiental Avançada (GAMA), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e ao Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) por todo o apoio e incentivo para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ASTUDILLO, M. F.; THALWITZ, G.; VOLLRATH, F. (2014). “*Life cycle assessment of Indian silk*”. *Journal of Cleaner Production*, 81, 158–167. doi:10.1016/j.jclepro.2014.06.007
- CETINKAYA, A. Y.; BILGILI, L. (2019). “*Life Cycle Comparison of Membrane Capacitive Deionization and Reverse Osmosis Membrane for Textile Wastewater Treatment*”. *Water, Air, & Soil Pollution*, 230(7). doi:10.1007/s11270-019-4203-0
- CHEN, L.; DING, X.; WU, X. (2015). “*Water Management Tool of Industrial Products: A case study of screen printing fabric and digital printing fabric*”. *Ecological Indicators*, 58, 86–94. doi:10.1016/j.ecolind.2015.05.04
- ERKANLI, M.; YILMAZ, L.; ÇULFAZ-EMECEN, P.Z.; YETIS, U. (2017). “*Brackish water recovery from reactive dyeing wastewater via ultrafiltration*”. *J. Clean. Prod.* 165 (2017) 1204–1214.
- GABARRELL, X.; FONT, M.; VICENT, T.; CAMINAL, G.; SARRÀ, M.; BLÁNQUEZ, P. (2012). “*A comparative life cycle assessment of two treatment technologies for the Grey Lanaset G textile dye: biodegradation by *Trametes versicolor* and granular activated carbon adsorption*”. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 17(5), 613–624. doi:10.1007/s11367-012-0385-z
- GARVERT, U. (2017). “*A comparative study of recycling in the European and Brazilian textile industry*”. Doctoral dissertation. Sao Paulo School of Business Administration.
- HOSSAIN, L.; KHAN, M. S. (2020). “*Water Footprint Management for Sustainable Growth in the Bangladesh Apparel Sector*”. *Water*, 12(10), 2760. doi:10.3390/w12102760
- IPCC. Intergovernmental Panel On Climate Change. (2014). “*Mitigation of climate change*”. <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>>.

ISO 14040:2006. (2006). “*Environmental management – life cycle assessment – principles and framework*”. CEN (European Committee for Standardisation), Brussels.

JAAFARZADEH, N.; TAKDASTAN, A.; JORFI, S.; GHANBARI, F.; AHMADI, M.; BARZEGAR, G. (2018). “*The performance study on ultrasonic/Fe₃O₄/H₂O₂ for degradation of azo dye and real textile wastewater treatment*”. *Journal of Molecular Liquids*, 256, 462–470. doi:10.1016/j.molliq.2018.02.047

LI, X.; REN, J.; WU, Z.; WU, X.; DING, X. (2021). “*Development of a novel process-level water footprint assessment for textile production based on modularity*”. *Journal of Cleaner Production*, 291, 125884. doi:10.1016/j.jclepro.2021.125884.

MANDA, B. M. K.; WORRELL, E.; PATEL, M. K. (2015). “*Prospective life cycle assessment of an antibacterial T-shirt and supporting business decisions to create value*”. *Resources, Conservation and Recycling*, 103, 47–57. doi:10.1016/j.resconrec.2015.07.

MANSOUR, H. B.; CORROLER, D.; BARILLIER, D.; GHEDIRA, K.; CHEKIR, L.; MOSRATI, R. (2007). “*Evaluation of genotoxicity and pro-oxidant effect of the azo dyes: Acids yellow 17, violet 7 and orange 52, and of their degradation products by Pseudomonas putida mt-2*”. *Food and Chemical Toxicology*, 45(9), 1670–1677. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691507000907>.

MATTIOLI, D.; FLORIO, L. D.; GIORDANO, A.; TARANTINI, M.; SCALBI, S.; AGUADO, M., BIANCHI, R., et al. (2005). “*Efficient Use of Water in the Textile Finishing Industry*”. *E-Water* 2005/8. <<http://www.ewa-online.eu/e-water-documents.html>>.

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G. (2010). “*Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement*”. *International Journal of Surgery*, 8, 5, 336-341. DOI: 10.1016/j.ijisu.2010.02.007.

NAKHATE, P. H.; MORADIYA, K. K.; PATIL, H. G.; MARATHE, K. V.; YADAV, G. D. (2019). “*Case study on sustainability of textile wastewater treatment plant based on lifecycle assessment approach*”. *Journal of Cleaner Production*, 118929. doi:10.1016/j.jclepro.2019.

RAJAKUMARI, S.P.; KANMANI, S. 2008. “*Environmental life cycle assessment of zero liquid discharge treatment technologies for textile industries, Tirupur: A case study*”. *J. Sci. Ind. Res.* 2008, 67, 461–467.

SAXENA, S.; RAJA, A. S. M.; & ARPUTHARAJ, A. (2017). “*Challenges in sustainable wet processing of textiles*”. In S. Muthu (Ed.), *Textiles and clothing sustainability* (pp. 43–79). Singapore: Springer. Retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-2185-5_2

SHEN, B. (2014). “*Sustainable Fashion Supply Chain: Lessons from H&M*”. *Sustainability* 2014, 6, 6239- 6249.

SILVA, B. L.; XAVIER, M.G.P. (2018). “*Desgaste e lavagem de jeans no Agreste produtivo de Pernambuco: tecnologia, inovação e competitividade nas lavanderias de Toritama*” in *Anais do XIII Congresso da a Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural do Regional Nordeste*, Juazeiro, Nov. 2018.

SILVA, V. P. R.; ALEIXO, D. O.; ALMEIDA, R. S. R.; CUNHA-CAMPOS, J. H. B.; ARAÚJO, L. E. (2015). “*Modelo integrado das pegadas hídrica, ecológica e de carbono para o monitoramento da pressão humana sobre o planeta*”. Revista Ambiência, v. 11 n. 3 p. 639-649.

WANG, L.L.; DING, X.M.; WU, X. Y. (2013). “*Blue and grey water footprint of textile industry in China*”. Water Science and Technology, 68(11), 2485–2491. doi:10.2166/wst.2013.532

WANG, L.L.; DING, X.M.; WU, X.Y. (2017). “*Water footprint assessment for Chinese textiles manufacturing sector*”. Ind Text 2017; 68(2): 116–120.

WORLD BANK. (2010). “*A detailed analysis on industrial pollution in Bangladesh*”. Workshop. Retrieved from <<https://documents.worldbank.org/curated/en/614901468768707543/pdf/922610WP0P11950DEL0FOR0GREE N0GROWTH.pdf>>

YANG, X.; LÓPEZ-GRIMAU, V.; VILASECA, M.; CRESPI, M. (2020). “*Treatment of Textile Wastewater by CAS, MBR, and MBBR: A Comparative Study from Technical, Economic, and Environmental Perspectives*”. Water, 12(5), 1306. doi:10.3390/w12051306.

YANG, X.; LÓPEZ-GRIMAU, V. (2021). “*Reduction of Cost and Environmental Impact in the Treatment of Textile Wastewater Using a Combined MBBR-MBR System*”. Membranes 2021, 11, 892. <https://doi.org/10.3390/membranes11110892>

YANG, Y.; H.E., W.; CHEN, F.; WANG, L. (2020). “*Water footprint assessment of silk apparel in China*”. Journal of Cleaner Production, 121050. doi:10.1016/j.jclepro.2020.12105

ZAHARIA, C.; SUTEU, D.; MURESAN, A.; MURESAN, R.; & POPESCU, A. (2009). “*Textile wastewater treatment by homogenous oxidation with hydrogen peroxide*”. Environmental Engineering and Management Journal, 8(6), 1359–1369. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/267393484>

ZAMANI, B. (2011). “*Carbon footprint and energy use of textile recycling techniques*”. Master of science thesis. Department of chemical and biological engineering, Chalmers University of Technology.