

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

ASPECTOS ASSOCIADOS À PROMOÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA TÊXTIL: ESTUDO BIBLIOMÉTRICO E ANÁLISE DE TENDÊNCIAS

* Marcos Pereira de Araujo ¹
André Felipe de Melo Sales Santos ¹
Rosângela Gomes Tavares ¹

ASPECTS ASSOCIATED WITH THE PROMOTION OF SUSTAINABILITY IN THE TEXTILE INDUSTRY: A BIBLIOMETRIC STUDY AND TREND ANALYSIS

Recibido el 6 de julio de 2022. Aceptado el 18 de enero de 2023

Abstract

The environmental impacts associated with the textile industry have made sustainability perspectives evident in studies related to the subject, including aspects such as eco-efficiency, cleaner production and water reuse. With the growth of these studies, it becomes necessary to assess trends in research development, and bibliometrics can be a relevant tool for this analysis. Thus, this study aimed to identify the factors that have contributed to the development of sustainability in the textile industry, including aspects related to eco-efficiency, cleaner production and water reuse. For this, a bibliometric analysis was carried out, as well as a complementary systematic analysis, for the evaluation of the studies. With this, it was analyzed that the number of publications related to the theme has been increasing in recent years, highlighting the relevance of discussions on the association between the aforementioned factors and their application in the textile sector. It was also understood that aspects such as cleaner production and reuse of water are extremely important and must be dealt with in depth in studies on sustainability. Therefore, this evaluation allowed us to understand that cleaner production is essential for sustainable management in the textile chain and that reuse technologies are necessary to enable quality of treated textile wastewater and allow reuse for other purposes in the industry itself. With the results obtained, it is believed that the findings presented here provide more perspectives for an understanding of the development of research in relation to the subject.

Keywords: eco-efficiency, cleaner production, water reuse.

¹ Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil.

* *Autor correspondente:* Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos, Recife - PE, 52171-900. Brasil. Email: marcos.pereiraa@ufrpe.br

Resumo

Os impactos ambientais associados à indústria têxtil têm feito com que perspectivas de sustentabilidade estejam em evidência nos estudos relacionados à temática, incluindo aspectos como ecoeficiência, produção mais limpa e reúso de águas. Com o crescimento destes estudos, torna-se necessário avaliar as tendências de desenvolvimento nas pesquisas, e a bibliometria pode ser uma ferramenta relevante para esta análise. Assim, este estudo objetivou identificar os fatores que têm contribuído para o desenvolvimento da sustentabilidade na indústria têxtil, incluindo os aspectos relacionados à ecoeficiência, à produção mais limpa e ao reúso de águas. Para isso, foi realizado uma análise bibliométrica, assim como uma análise sistemática complementar, para a avaliação dos estudos. Com isso, analisou-se que o número de publicações relacionadas à temática tem sido crescente nos últimos anos, evidenciando a relevância das discussões sobre a associação entre os fatores supracitados e sua aplicação no setor têxtil. Compreendeu-se, ainda, que aspectos como produção mais limpa e reúso de águas são extremamente importantes e que devem ser tratados com aprofundamento nos estudos sobre sustentabilidade. Diante disso, esta avaliação permitiu entender que a produção mais limpa é fundamental para a gestão sustentável na cadeia têxtil e que as tecnologias de reúso são necessárias para possibilitar qualidade às águas residuais têxteis tratadas e permitirem a reutilização em outros fins na própria indústria. Com os resultados obtidos, acredita-se que as descobertas aqui apresentadas fornecem mais perspectivas para uma compreensão sobre o desenvolvimento da pesquisa em relação ao assunto.

Palavras-chave: ecoeficiencia, produção mais limpa, reúso de águas.

Introdução

A produção de têxteis, especialmente os tratamentos úmidos realizados e os processos de acabamento, são responsáveis pelo alto consumo de água no setor e demandam a utilização de uma variedade de produtos químicos. Como resultado desses vários processos, quantidades consideráveis de água poluída são liberadas e resíduos são gerados. Nesse contexto, analisa-se que a gestão da produção, o consumo de água e a geração e o tratamento de efluentes estão entre as sérias preocupações da atual indústria têxtil (Vineta *et al.*, 2014; Castro *et al.*, 2019; Tayyab *et al.*, 2020; Methneni *et al.*, 2021; Raj *et al.*, 2021).

Sendo assim, a indústria têxtil têm buscado valorizar a inclusão de aspectos ambientais nos processos produtivos a partir do incremento de técnicas consideradas ambientalmente positivas, buscando atender aos princípios da Gestão Ambiental e da Sustentabilidade. Nesse sentido, a implementação de ferramentas e tecnologias baseadas na Ecoeficiência, na Produção Mais Limpa (P+L) e no Reúso de águas tem se tornado importante para minimizar a poluição ambiental causada, e, conseqüentemente, incentivar a geração de benefícios econômicos e operacionais (Silva *et al.*, 2021).

Diante desse contexto, torna-se necessário avaliar e/ou compreender de forma abrangente as tendências de desenvolvimento nas pesquisas relacionadas, gerando perspectivas para a definição de estudos futuros voltados à temática. Nesse sentido, acredita-se que a análise

bibliométrica pode ser utilizada como um meio para alavancar essas análises. A análise bibliométrica tem se tornado uma ferramenta relevante para a avaliação de informações científicas e para mensurar as tendências de pesquisa relacionadas à uma respectiva área do conhecimento, campo de estudo e/ou temática. Esse tipo de análise torna-se útil para decifrar e mapear o conhecimento científico cumulativo e a evolução de campos bem estabelecidos, dando sentido a grandes volumes de dados não estruturados. Diante disso, a bibliometria possibilita uma visão macroscópica e abrangente dos estudos que se destacam, considerando, por exemplo, os principais autores, instituições, países, periódicos e citações (Donthu *et al.*, 2021; Kasavan *et al.*, 2021).

Nesse contexto, este estudo objetivou identificar os fatores que têm contribuído para o desenvolvimento da sustentabilidade na indústria têxtil, principalmente em relação às questões ambientais, incluindo os aspectos relacionados à ecoeficiência, à P+L e ao reúso de águas, a partir da análise do panorama, da evolução da produção científica e das tendências de pesquisa.

Metodologia

Este trabalho de pesquisa teve, como base principal, a análise bibliométrica, utilizada por possibilitar uma investigação abrangente em relação às tendências de pesquisa no contexto estudado. Para isso, foi definido um delineamento metodológico sistemático que possibilitasse, principalmente, o atendimento aos aspectos evidenciados (Figura 1).

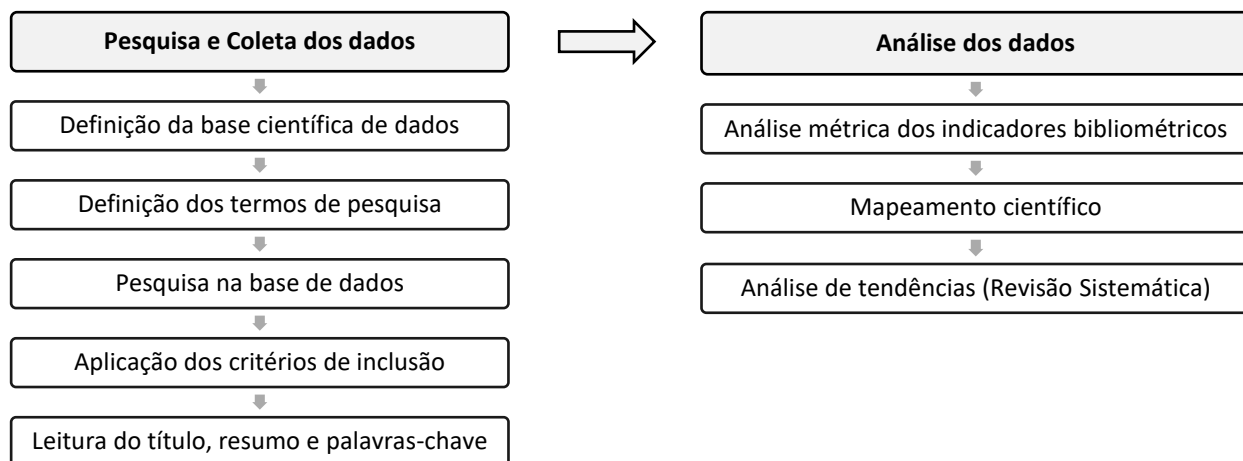


Figura 1. Procedimentos metodológicos de pesquisa, coleta e análise dos dados.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Estratégias de pesquisa e coleta dos dados

Por meio de critérios e estratégias de pesquisa previamente definidos (Figura 2), foram obtidos 133 artigos que formaram a base de dados para a análise realizada neste estudo.

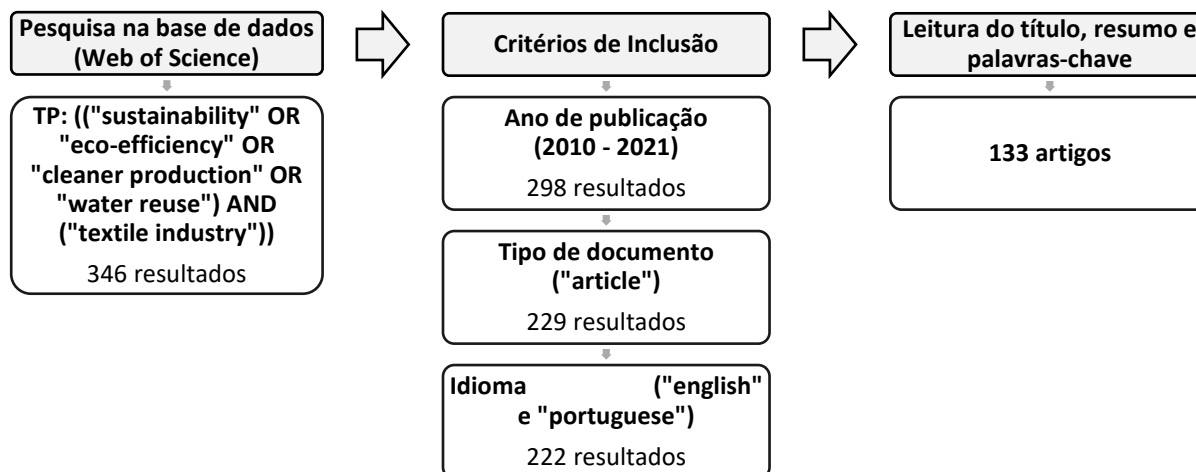


Figura 2. Critérios e estratégias de pesquisa e coleta dos dados e seleção dos estudos.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A base de dados escolhida para a realização do estudo foi o Web of Science (WoS), caracterizado como um banco de dados de grande relevância para a literatura científica e, principalmente para a bibliometria, por apresentar um conjunto de metadados que inclui resumos, palavras-chave, número de citações, autores, países, universidades e fator de impacto de periódicos (Kasavan *et al.*, 2021).

Os termos de pesquisa foram definidos a partir da análise da literatura científica, tendo como base estudos já publicados sobre a temática da sustentabilidade no setor têxtil, além dos objetivos definidos para este escrito. Com isso, os vocábulos foram incluídos no WoS através da ferramenta Topic (título, resumo e palavras-chave) por meio das seguintes palavras-chave e operadores: (\"sustainability\" OR \"eco-efficiency\" OR \"cleaner production\" OR \"water reuse\") AND (\"textile industry\").

O tipo de documento considerado na coleta de dados limitou-se apenas aos artigos de pesquisa, e a busca pelos artigos foi realizada em 16 de janeiro de 2022, sendo aplicada em um único dia devido a atualização do banco de dados na plataforma ser diária. O período de tempo avaliado

considerou artigos publicados entre os anos de 2010 e 2021. Os artigos também foram selecionados de acordo com a linguagem de escrita, considerando os estudos publicados em inglês e português. Após a obtenção dos resultados na base de dados, foi realizada uma leitura preliminar do título, resumo e palavras-chave dos estudos, buscando verificar e selecionar os artigos que, de fato, apresentavam relevância dentro do contexto e do objetivo da pesquisa.

Análise dos dados

De maneira geral, esta etapa do trabalho foi realizada a partir dos seguintes procedimentos: a análise de desempenho, produtividade e métricas de publicação; o mapeamento científico; e a análise de tendências, por meio de uma revisão sistemática.

A avaliação de desempenho, ou seja, a análise métrica dos indicadores relacionados às publicações, observa as contribuições e o desempenho dos diferentes constituintes da pesquisa, como autores, periódicos, países e instituições (Donthu *et al.*, 2021). Nesse sentido, foram examinados os índices relacionados ao crescimento de publicações ao longo do período de estudo, assim como as publicações com maior contribuição científica no grupo de artigos com base no número de citação, além dos autores e países mais produtivos.

O mapeamento científico foi realizado como meio para evidenciar a forma como os constituintes da pesquisa se relacionam a partir da construção e análise de redes bibliométricas. Em uma rede, dois constituintes são conectados quando apresentam alguma relação e infere-se que as publicações citadas em conjunto com frequência são de temáticas semelhantes. Sendo assim, para essa estruturação foram utilizadas as técnicas de análise de cocitação, coautoria e coocorrência de palavras-chave e, a partir disso, foram geradas redes que possibilitaram o entendimento da estrutura bibliométrica e intelectual da temática de estudo. Essas redes foram constituídas por agrupamentos temáticos, também chamados de clusters, gerados de acordo com a frequência e a força de ligação entre os constituintes a partir das temáticas de estudo.

A construção e análise das redes bibliométricas foi, então, realizada através do software VOSviewer versão 1.6.18. Esse software fornece uma interface gráfica de redes que são agrupadas por meio dos clusters e de “nós” e “links”. Cada nó em uma rede representa uma entidade (artigo, autor, país, instituição, palavra-chave, periódico) e o seu tamanho indica a ocorrência, ou seja, o número de vezes que um determinado tópico ocorre no grupo dos estudos. Os links, por sua vez, explicam a relação e a ligação entre os tópicos que se manifestam no agrupamento temático. Cada cluster temático é representado por uma cor, e os nós e links nesse cluster podem ser usados para explicar a cobertura dos tópicos (nós) e do tema (cluster) e os relacionamentos (links) entre os tópicos (nós) em relação a esse tema (Donthu *et al.*, 2021).

Para o levantamento das tendências e dos principais aspectos, assim como das evidências relacionadas à inserção da sustentabilidade na indústria têxtil por meio dos objetivos da ecoeficiência, Produção Mais Limpa e reúso de águas, foi utilizada uma revisão sistemática como método complementar. Esse tipo de investigação disponibiliza um resumo das principais informações pertinentes à uma questão específica, através da extração e análise dos dados, apreciação crítica e síntese da informação selecionada no grupo de estudos (Sampaio e Mancine, 2007). Nesse contexto, os artigos foram categorizados de acordo com as dimensões e técnicas da P+L e as tecnologias e processos de tratamento de efluentes associados ao reúso de águas.

Resultados e discussão

Quantificação da produção total e evolução das publicações

Buscando verificar, ao longo do tempo, o crescimento das 133 publicações relacionadas à temática do estudo e identificadas no levantamento realizado, analisou-se o número de artigos de acordo com o ano de publicação, assim como o montante do número de publicações no período entre os anos de 2010 e 2021 (Figura 3).

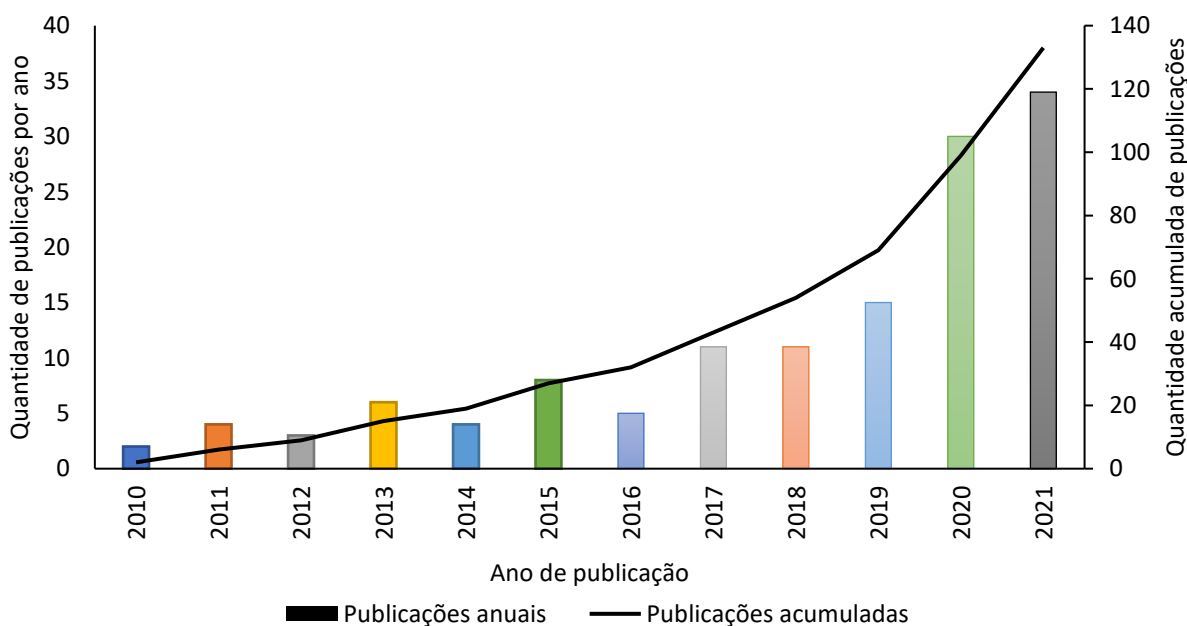


Figura 3. Crescimento da produção científica entre 2010 e 2021.

Fonte: Dados da pesquisa. Elaboração própria dos autores.

Observou-se que nos primeiros anos do período estudado, as pesquisas publicadas na temática analisada tiveram um aumento lento ao longo do tempo. No entanto, constatou-se que nos três últimos anos do período (2019, 2020, 2021) houve um aumento progressivo no número de publicações, resultando em cerca de 59.4% das pesquisas obtidas em todo o levantamento. Verificou-se que os estudos publicados nestes três últimos anos abordaram temáticas relacionadas, principalmente, à implementação e à gestão da sustentabilidade na indústria têxtil, incluindo aspectos como produção mais limpa, economia circular, avaliação do ciclo de vida e reúso de águas.

Analisou-se que no início do período (2010 a 2013), os estudos que abordavam a temática da sustentabilidade na indústria têxtil enfatizam tópicos de pesquisa relacionados à tratamento de efluentes têxteis, com destaque para a investigação dos processos de nanofiltração e ultrafiltração, objetivando o reúso de águas. Identificou-se que os trabalhos publicados entre 2014 e 2017 incluíram novos aspectos na área, incluindo, com maior frequência, alguns termos como gestão sustentável, ecoeficiência, produção mais limpa e tecnologias para a remoção de cor no tratamento de efluentes.

Análise métrica das publicações mais citadas

O número de citações é utilizado como um indicador para avaliar o impacto das publicações e a qualidade destas, com destaque para os estudos que frequentemente são citados na área de pesquisa (Kasavan *et al.*, 2021). Sendo assim, identificou-se, no levantamento realizado, as publicações que apresentavam maiores contribuições científicas a partir do número de citações registradas na base de dados, de acordo com os critérios utilizados neste estudo (Tabela 1).

Entre os 10 artigos mais citados, 6 foram publicados entre 2010 e 2014, e os demais, nos anos de 2017 e 2019, especificamente. Constatou-se, ainda, que, das 10 publicações, 7 produções foram publicadas no periódico Journal of Cleaner Production. Verificou-se, também, que os estudos elencados dentre os mais citados apresentaram pesquisas relacionadas a diversas temáticas voltadas à sustentabilidade na indústria têxtil e evidenciaram aspectos sobre P+L, reúso de águas, desenvolvimento sustentável, economia circular, tratamento de efluentes têxteis,ecoinovação, simbiose industrial e gestão ambiental.

Os artigos elencados entre os mais citados apresentaram uma discussão em relação às oportunidades para a sustentabilidade, não apenas na produção têxtil, mas também no consumo e vestuário. Dentre outros aspectos, evidenciou-se o tratamento de águas residuais têxteis por meio de tecnologias associadas aos processos de membrana, buscando obter efluentes tratados que apresentassem qualidade para a reutilização na indústria.

Sob o ponto de vista da P+L, os artigos destacados dentre os mais citados, apresentaram ferramentas para a avaliação de desempenho de conservação de água e controle de poluição em nível de processo de tecnologia de P+L na indústria têxtil, assim como investigaram alternativas

de tratamento de efluentes têxteis econômicas e aplicáveis, buscando integrar as concepções e princípios da gestão das águas às opções de implementação ligadas aos conceitos de P+. Vantagens econômicas e ambientais associadas à P+L na indústria têxtil também foram avaliadas sob a perspectiva de contribuição para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Tabela 1. Lista das publicações mais citadas.

Nº	Título	Ano	Primeiro Autor	Periódico	Total de citações	Número Médio de Citações por Ano
1	Emerging design strategies in sustainable production and consumption of textiles and clothing	2011	Niinimaki, K.	Journal of Cleaner Production	198	16.5
2	Institutional incentives in circular economy transition: The case of material use in the Dutch textile industry	2017	Fischer, A.	Journal of Cleaner Production	104	17.33
3	Reactive dyes rejection and textile effluent treatment study using ultrafiltration and nanofiltration processes	2012	Aouni, A.	Desalination	99	9
4	Pilot-scale evaluation of nanofiltration and reverse osmosis for process reuse of segregated textile dyewash wastewater	2012	Kurt, E.	Desalination	87	7.91
5	Sustainable textile production: a case study from a woven fabric manufacturing mill in Turkey	2014	Alkaya, E.	Journal of Cleaner Production	83	9.22
6	A process-level water conservation and pollution control performance evaluation tool of cleaner production technology in textile industry	2017	Chen, L.	Journal of Cleaner Production	65	10.83
7	Integrated water management and CP implementation for wool and textile blend processes	2010	Baban, A.	Clean-Soil Air Water	65	5
8	Cleaner Production in the textile industry and its relationship to sustainable development goals	2019	Oliveira Neto, G. C.	Journal of Cleaner Production	58	14.5
9	Identifying eco-innovation in industrial symbiosis under linguistic preferences: A novel hierarchical approach	2017	Tseng, M.	Journal of Cleaner Production	56	9.33
10	Toward an systemic navigation framework to integrate sustainable development into the company	2013	Zhang, F.	Journal of Cleaner Production	55	5.5

Além disso, analisou-se que os estudos aprofundaram a investigação em relação à aplicabilidade de diferentes medidas de produção sustentável, buscando demonstrar os benefícios ambientais e econômicos através de aplicações voltadas para o consumo de água, geração de efluentes,

consumo de energia, emissões de gases de efeito estufa e consumo de sal. Vale destacar que aspectos sobre os atributos de ecoinovação também foram estudados, visando melhorias para o desempenho da simbiose industrial.

Produção de publicações de acordo com os autores

Os resultados do levantamento realizado mostraram que, entre os anos de 2010 e 2021, 200 autores tiveram participação na publicação de pesquisas na temática. Com isso, o estudo bibliométrico desenvolvido refletiu o fato de que a produção científica apresenta a participação de diversos pesquisadores. Nesse contexto, foi realizada uma análise em relação aos autores que possuíam três ou mais publicações no período analisado, evidenciando o total de publicações, o número de citações registradas para os autores, assim como a instituição de afiliação e o país (Tabela 2).

Tabela 2. Lista dos autores com mais publicações.

Autor	Artigos publicados	Citações	País	Afiliação
Oliveira Neto, G.C.	7	122	Brasil	Universidade Nove de Julho
Silva, P.C.	5	21	Brasil	Universidade Federal de Pernambuco
Tucci, H.N.P.	5	21	Brasil	Universidade Nove de Julho
Correia, J.M.F.	4	66	Portugal	Universidade do Porto
Yang, Y.Q.	4	98	USA	Universidade de Nebraska
Cinperi, N.C.	3	31	Turquia	Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento de Yünsa
Souza, A.A.U.	3	26	Brasil	Universidade Federal de Santa Catarina
Dizge, N.	3	129	Turquia	Universidade de Mersin
Ozturk, E.	3	31	Turquia	Universidade de Ciências Aplicadas de Isparta
Wang, L.L.	3	75	China	Universidade de Xi'an Jiaotong

Na análise de autoria, constatou-se que 10 autores publicaram três ou mais pesquisas sobre os aspectos de sustentabilidade na indústria têxtil entre os anos de 2010 e 2021, de acordo com os critérios adotados neste estudo. Verificou-se que não houve uma alta concentração de publicações por autor, principalmente quando se verifica que o autor mais produtivo publicou 7 trabalhos no período, o que corresponde a cerca de 5.26% de todos os estudos obtidos nesta análise. Evidencia-se, também, o fato de que somente 10 autores de todo o grupo publicaram estudos associados à temática e obtidos neste levantamento, correspondendo a 5% de todo o conjunto de autores registrados pelo Web of Science, em relação à esta pesquisa.

Além de ser um dos pesquisadores mais citados nos estudos relacionados à temática, Oliveira Neto foi o autor com o maior número de publicações (7 registros) no período analisado. Constatou-se que, das 7 publicações desenvolvidas pelo autor, 5 foram realizadas em parceria com Silva e Tucci, elencados, também, como autores que mais publicaram acerca do tema abordado. Analisou-se que

os autores supracitados desenvolveram, durante o período estudado, pesquisas acerca da implementação e da gestão da P+L na indústria têxtil. Alguns aspectos foram avaliados com maior profundidade por Oliveira Neto, Silva e Tucci, como os seguintes: o impacto da reutilização de água e materiais como prática de P+L; a influência das partes interessadas na adoção da P+L; o desempenho econômico, ambiental e operacional relacionados à adoção da P+L; e a relação entre as práticas de P+L e o porte da empresa na indústria têxtil brasileira (Oliveira Neto *et al.*, 2020; Oliveira Neto *et al.*, 2021a; Oliveira Neto *et al.*, 2021b; Oliveira NETO *et al.*, 2021c; Silva *et al.*, 2021).

Autores como Correia e Yang tiveram, cada um, 4 publicações registradas na base de dados utilizada nesta análise bibliométrica. É importante ressaltar que os estudos desenvolvidos por Correia, especificamente, foram publicados em parceria com Oliveira Neto, Silva e Tucci, abordando as temáticas evidenciadas anteriormente. Verificou-se que, por sua vez, Yang desenvolveu estudos voltados para os aspectos relacionados à tecelagem e ao tingimento de fibras têxteis por meio de processos e tecnologias consideradas ambientalmente corretas. Analisou-se que o autor supracitado discutiu e evidenciou, em suas pesquisas, princípios pertinentes à redução de resíduos e à reutilização e reciclagem de recursos como meios para o desenvolvimento da sustentabilidade na indústria têxtil, e termos como “corante disperso”, “tingimento com solvente”, “avaliação do ciclo de vida”, “ácido polilático” e “dimensionamento de urdidura” foram abordados com frequência nas publicações (Reddy *et al.*, 2013; Xu *et al.*, 2015; Zhao *et al.*, 2015; Xu *et al.*, 2016).

Dos 10 autores que mais publicaram no período analisado, cinco tiveram 3 publicações, cada um, registradas na base de dados. Cinperi e Ozturk estudaram, em coautoria, técnicas que contribuem para a eficiência hídrica e redução de efluentes têxteis, assim como abordaram pesquisas relacionadas às práticas de minimização e substituição de produtos químicos em fábricas têxteis e à eficiência energética em processos de produção têxtil (Ozturk e Cinperi, 2018; Ozturk *et al.*, 2020a; Ozturk *et al.*, 2020b). Em relação aos estudos publicados por Souza e Dizge, identificou-se que os aspectos mais relevantes evidenciados por ambos estiveram ligados às tecnologias e aos processos de tratamento de efluentes têxteis associados ao reúso de águas. Souza, especificamente, publicou pesquisas sobre a integração dos processos baseados em reação de Fenton e de troca catiônica, além do processo de nanofiltração, enquanto Dizge estudou os efeitos dos processos de oxidação avançada e das tecnologias de membranas (Kurt *et al.*, 2012; Hildebrand *et al.*, 2014; Nadeem *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2020a). Por fim, Wang retratou, em seus estudos, as perspectivas sobre as tecnologias de conservação da água e o controle da poluição na indústria têxtil ao nível da P+L, assim como avaliou a pegada hídrica na indústria de vestuário, além de identificar e discutir as dificuldades e desafios na gestão de resíduos da cadeia de suprimentos têxteis (Chen *et al.*, 2017; Yang *et al.*, 2020b; Li *et al.*, 2021).

Mediante as informações obtidas na base de dados utilizada nesta pesquisa, constatou-se que 2 dos 10 autores mais produtivos estavam vinculados à Universidade Nove de Julho. Isso justifica o

fato da entidade supracitada estar listada como a segunda instituição que apresenta o maior número de produções sobre o tema, com 7 publicações. É importante ressaltar que, apesar de não ter apresentado nenhum autor com um número total de publicações que possibilitasse a menção dentre os mais produtivos, a Universidade de Donghua, da China, se destacou como a instituição com o maior número de publicações totais na temática deste levantamento (9 artigos), de acordo com o WoS. Além das duas instituições anteriormente citadas, destacou-se, no número de produções, a Universidade Federal de Santa Catarina, com 5 publicações.

A análise de coautoria fornece informações em relação às interações ou às relações sociais entre autores, suas afiliações e seus países e os impactos equivalentes no desenvolvimento do campo de pesquisa (Clemente e Galvão, 2019). Diante do levantamento realizado nesta pesquisa, obteve-se o mapa de rede do conjunto de autores que trabalharam em coautoria no período de estudo, restringindo-se a análise de coautoria a artigos de pesquisa onde os autores possuíam um número mínimo de 2 publicações.

Apesar da rede gerada retornar 40 itens associados a autores, pode-se inferir que a densidade desta é baixa, uma vez que a rede não se apresentou tão conectada, onde os itens não estavam interligados uns aos outros. Isso demonstra que, apesar da produção entre os autores ser significativa, a colaboração entre os estudiosos poderia evoluir nas áreas de pesquisa que envolvem as temáticas abordadas, influenciado no desenvolvimento de novos estudos. Nesse sentido, buscou-se analisar, de maneira específica, como o maior conjunto de itens conectados na rede de coautoria estaria apresentado (Figura 4).

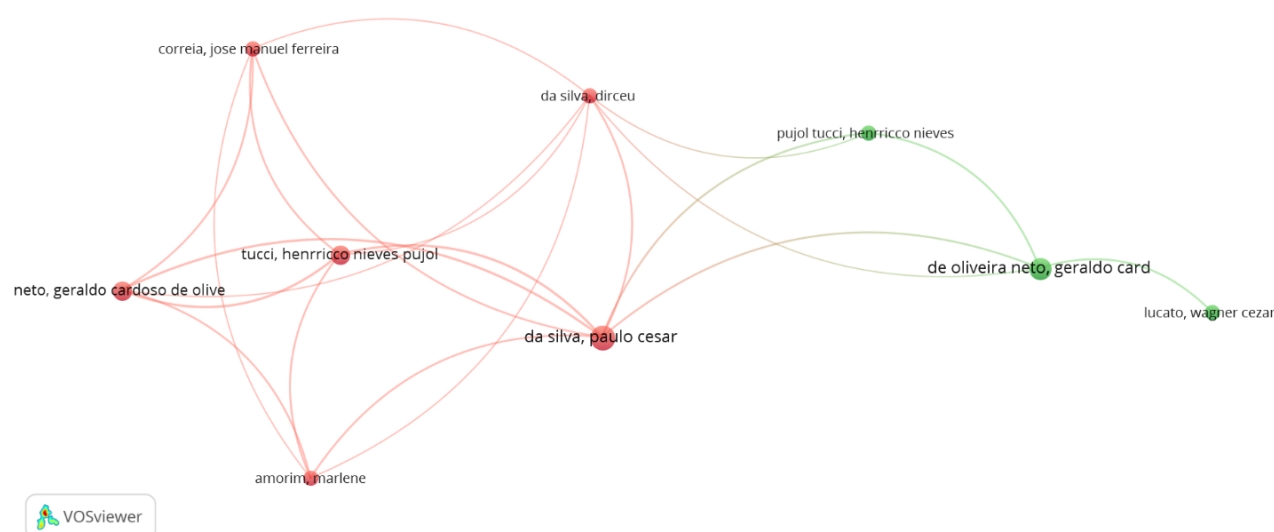


Figura 4. Rede de coautoria entre autores – maior conjunto de itens conectados.

Fonte: Elaborado por meio do VOSviewer, a partir de Web of Science (2022).

Conforme analisado, constatou-se que o maior conjunto de itens conectados incluiu apenas 9 autores. Verificou-se que o mapa constituiu-se, principalmente, de dois clusters, destacando-se o fato de que a rede concentrou-se em alguns autores específicos, como Tucci, Oliveira Neto e Silva. Nesse sentido, infere-se que o fato dos supracitados estarem em evidência, reitera a avaliação de que estes autores se apresentam entre os mais prolíferos neste estudo e que, de fato, desenvolveram estudos em parceria.

Produção de publicações de acordo com os países

Por meio do levantamento dos autores mais produtivos e demais aspectos evidenciados anteriormente, constatou-se que o Brasil se destacou como o país mais impactante e produtivo nas pesquisas relacionadas ao objeto de estudo. Diante disso, buscou-se identificar a distribuição das publicações obtidas nesta análise bibliométrica nas regiões do mundo, observando a classificação dos artigos produzidos em relação aos países (Figura 5).

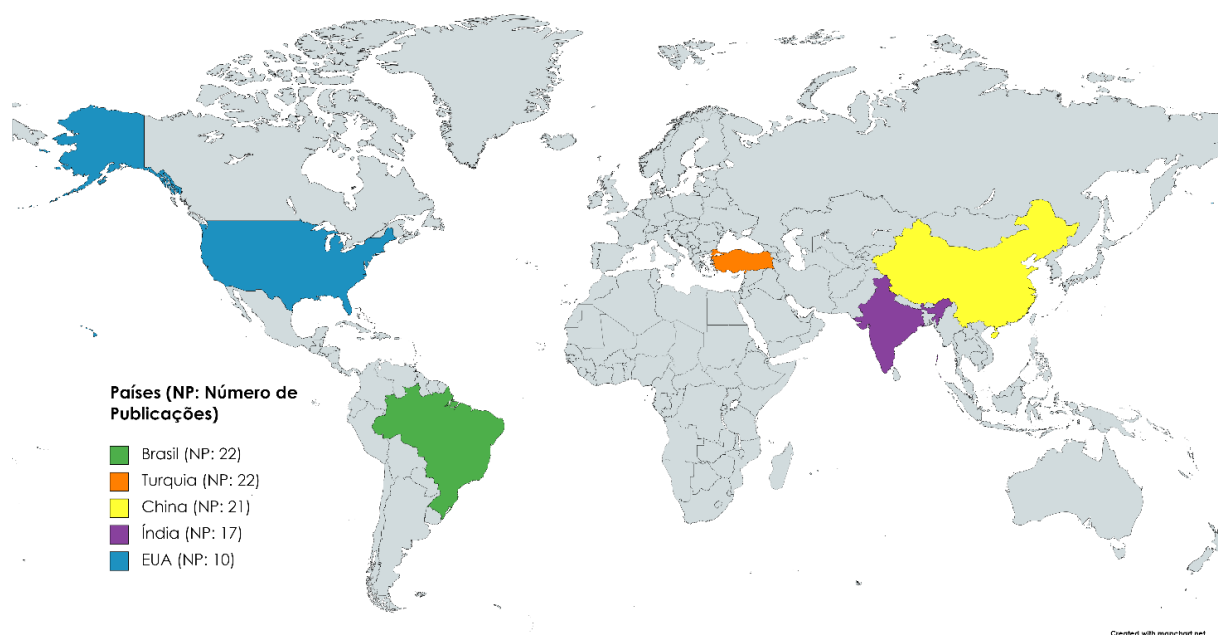


Figura 5. Distribuição das produções em relação aos países que mais publicaram.

Fonte: Elaborado por meio de <https://mapchart.net/world.html>, a partir de Web of Science (2022).

No levantamento bibliométrico realizado, identificou-se que 44 países tiveram participação nas 133 produções publicadas em relação à temática deste estudo, entre os anos de 2010 e 2021. Dentre estes, especialmente Brasil, Turquia, China, Índia e EUA foram os países mais produtivos nos últimos anos, cada um com dez ou mais publicações registradas.

Vale ressaltar que a representatividade do Brasil, no que diz respeito ao desenvolvimento de diversos estudos e à relevância como uma localidade que tem importantes publicações associadas à temática da indústria têxtil, pode ser explicada pelo fato de que o país se destaca como a região que apresenta a maior e mais completa cadeia do setor têxtil no Ocidente. Fatores como ser responsável por processos que englobam desde a produção de fibras até o comércio de confecções, desfiles de moda e varejo, tornam eminente a atuação e a importância do Brasil no setor (ABIT, 2020). Por sua vez, China e Índia ocupam o topo da lista dos países que se destacam na importação de têxteis em todo o mundo, onde são evidenciados, também, Turquia e EUA (ABIT, 2022).

Nas 22 publicações registradas para o Brasil, verificou-se que temáticas associadas à implementação e gestão da P+L na indústria têxtil estão entre as mais abordadas nos trabalhos, incluindo-se, nestes aspectos, a importância da responsabilidade social. Além destes pontos, estudos voltados para a importância da P+L como ferramenta para o reúso de águas na indústria têxtil e abordagens sobre as características das águas residuais têxteis e das tecnologias de tratamento que possibilitam, principalmente, a remoção de cor característica dos efluentes gerados nesta indústria, também são destacados (Hildebrand *et al.*, 2014; Criado *et al.*, 2020; Oliveira Neto *et al.*, 2020; Lombardi Netto *et al.*, 2021; Oliveira Neto *et al.*, 2021b).

Assim como o Brasil, a Turquia e a China também se destacaram nos estudos da temática supracitada. Com um quantitativo de 22 produções publicadas e associadas ao país, constatou-se que na Turquia foram desenvolvidas pesquisas em temas referentes, principalmente, à P+L e à gestão sustentável na indústria têxtil, assim como à economia circular, à eficiência hídrica e energética, à tomada de decisão e ao tratamento e reúso de águas residuais têxteis (Acar *et al.*, 2015; Ozturk e Cinperi, 2018; Kazancoglu *et al.*, 2020; Ozer e Guven, 2021; Ozturk *et al.*, 2020a). Já na China, onde foram evidenciados 21 artigos registrados na base de dados, identificou-se que a maior parte dos estudos abordavam tópicos relacionados ao desenvolvimento da sustentabilidade na indústria têxtil, tratamento e reutilização de efluentes, controle da poluição e conservação da água, assim como aos processos sustentáveis de produção de têxteis, P+L e gestão de resíduos (Chen *et al.*, 2017; Xu; *et al.*, 2018; Li; *et al.*, 2021).

Índia e Estados Unidos registraram, respectivamente, 17 e 10 artigos sobre a temática da sustentabilidade na indústria têxtil e os aspectos de P+L, ecoeficiência e reúso de águas. Os estudos desenvolvidos e registrados para os países supracitados tiveram uma abordagem semelhante aos analisados nos outros países, evidenciando-se temas referentes ao desenvolvimento sustentável e desempenho ambiental no segmento têxtil, à sustentabilidade no tratamento de efluentes têxteis, à reutilização de águas e à sustentabilidade na cadeia de suprimentos (Pattnaik e Dangayach, 2019; Roy *et al.*, 2020; Shahi *et al.*, 2020; Majumdar e Sinha, 2021).

Para a realização da análise de coautoria entre países, restringiu-se a coleta de dados ao requisito de que, para cada país, seria necessário o registro de, no mínimo, 2 artigos. Nesse sentido, constatou-se que 26 países cumpriram o requisito supracitado, porém, 19 destes estavam vinculados no mapa de rede (Figura 6).

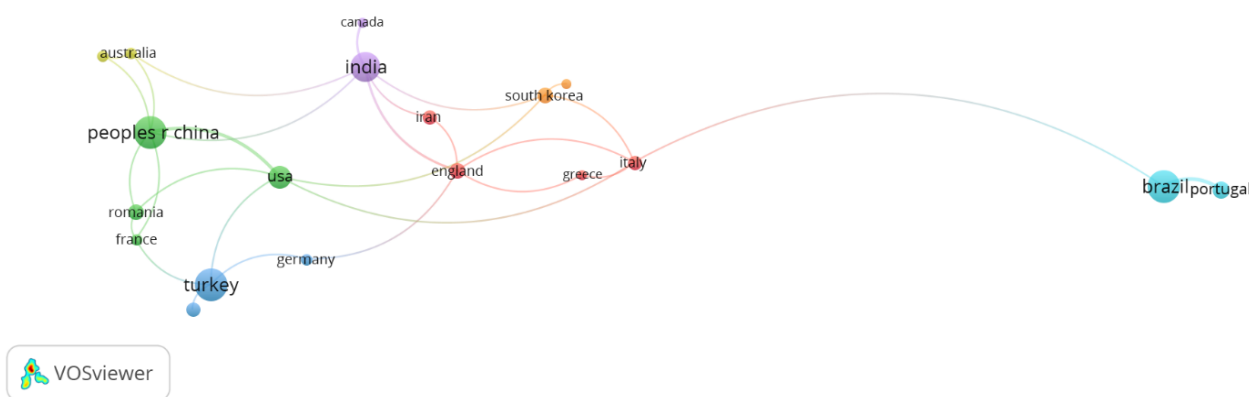


Figura 6. Rede de coautoria entre países.

Fonte: Elaborado por meio do VOSviewer, a partir de Web of Science (2022).

Por meio da análise de coautoria, constatou-se uma comunicação e colaboração entre autores de vários países em pesquisas relacionadas às temáticas abordadas neste estudo. Analisou-se que China foi o país que apresentou a maior força de ligação e o maior número de links, demonstrando que o país teve, dentre as demais nações, a maior cooperação e colaboração em pesquisas associadas à temática de estudo com os outros países. USA e Índia apresentaram força e números de ligações próximos ao da China. Embora o Brasil tenha apresentado uma força de ligação próxima a dos países anteriormente citados, verificou-se que o país tem uma baixa ligação (número de links), estando conectado apenas à Itália e Portugal. Analisou-se, ainda, que outros países, como Coréia do Sul, Itália e Inglaterra apresentaram relevância para a formação de uma rede de colaboração entre pesquisadores de vários países.

Análise dos padrões de pesquisa a partir da coocorrência de palavras-chave

A análise de palavras-chave fornece uma visão ampla sobre os principais padrões, tendências, direcionamentos e fronteiras dos estudos na temática, além de permitir o monitoramento do desenvolvimento da ciência. Nesse tipo de análise, pressupõe-se que palavras que frequentemente aparecem juntas têm uma relação temática entre si (Kasavan *et al.*, 2021; Zeng *et al.*, 2021).

A avaliação realizada por meio da análise de coocorrência de palavras-chave foi desenvolvida a partir de todas as palavras-chave incluídas nos artigos. Além disso, utilizou-se o critério de que a palavra-chave deveria elencar em um número mínimo de 6 vezes para que pudesse ser incluída na rede. Sendo assim, o mapeamento do conjunto de termos interligados gerou uma rede de 34 palavras, divididas em 4 clusters (Figura 7).

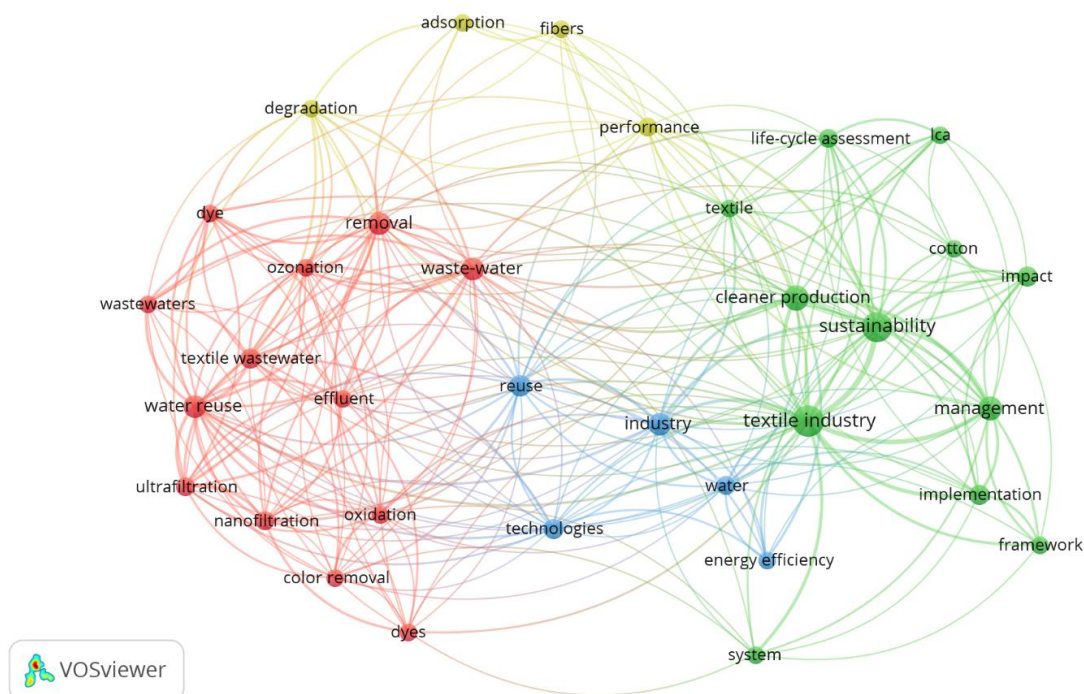


Figura 7. Rede de coocorrência de palavras-chave.

Fonte: Elaborado por meio do VOSviewer, a partir de Web of Science (2022).

Dentre os itens mais recorrentes obtidos através do mapeamento, verificou-se que, de maneira geral, termos como “textile industry” (indústria têxtil), “sustainability” (sustentabilidade), “water reuse” (reúso de água), “cleaner production” (produção mais limpa), “removal” (remoção), “waste-water” (águas residuais), “management” (gerenciamento), “industry” (indústria) e “reuse” (reúso) apresentaram as maiores forças de ligação, as maiores frequências e o maior número de ligações. O fato das primeiras quatro palavras-chave supracitadas elencarem entre as mais recorrentes, pode ser justificado a partir dos mecanismos de busca que foram utilizados no levantamento. É importante destacar que, mesmo sendo utilizado como um termo de busca, a palavra “eco-efficiency” (ecoeficiência) não teve uma frequência mínima que possibilitasse a sua presença no mapeamento de rede apresentado anteriormente.

Verificou-se que o cluster 1, cor vermelha, composto por 13 itens, agrupou palavras-chave associadas, de maneira geral, a processos de tratamento de efluentes têxteis e reúso de águas. Os termos “removal”, “water reuse” e “waste-water” foram citados com maior frequência e tiveram, também, as maiores forças de ligação. A conectividade entre os itens agrupados no cluster supracitado indica que estudos de reúso de águas na indústria têxtil estão associados a tecnologias de tratamento de águas residuais têxteis e à remoção de corantes. Dentre os processos de tratamento, as técnicas baseadas no uso de membranas (nanofiltração e ultrafiltração), assim como técnicas de oxidação (ozonização) apresentaram similaridade com as palavras-chave elencadas neste cluster.

No cluster 2, cor verde, foram agrupados 12 itens que indicaram um aprofundamento nos estudos relacionados à implantação, à gestão, à estrutura e aos impactos da sustentabilidade na indústria têxtil, incluindo os aspectos de P+L e avaliação do ciclo de vida. Os termos “textile industry”, “sustainability”, “cleaner production” e “management” foram mais frequentes e apresentaram as maiores forças de ligação. O termo “cotton” (algodão) também está incluído no agrupamento indicando pesquisas voltadas para a avaliação do impacto dos processos sustentáveis na matéria-prima da indústria têxtil e na forma como esta é utilizada.

O cluster 3, cor azul, que agrupa 5 itens, evidencia aspectos que estão atrelados aos estudos desenvolvidos, principalmente, por Ozturk *et al.* (2020a; 2020b). Destacam-se, neste agrupamento, palavras-chave relacionadas a pesquisas que, de maneira geral, abordaram o uso de tecnologias associadas a melhorias na eficiência energética e hídrica na indústria têxtil por meio de processos de fomento ao reúso de águas e à redução de efluentes.

Em relação ao cluster 4, cor amarelo, composto por 4 itens, analisou-se um destaque em relação à palavra-chave associada à avaliação de desempenho. Identificou-se que o termo é recorrente nos estudos obtidos e está associado à investigação do desempenho das medidas que visam a sustentabilidade na indústria. No mesmo agrupamento, verifica-se a presença dos termos associados à processos e técnicas que visam a remoção de corantes, nesse caso, adsorção e degradação. Além disso, constata-se a presença do termo “fibers” (fibras), visto como uma palavra-chave em evidência nos estudos sobre o desenvolvimento destes materiais de forma natural e sobre os efeitos da adsorção dos corantes nestas fibras.

Análise sistemática das tendências em relação à temática

Foi realizada uma análise que englobou a avaliação da Produção Mais Limpa na indústria têxtil a partir da categorização dos estudos em relação às seguintes dimensões, técnicas e ações básicas características da P+L: gestão e uso eficiente de águas; matérias-primas e insumos; práticas operacionais; processos e tecnologias; e produtos.

Por meio da categorização supracitada, realizou-se a distribuição das pesquisas a partir dos objetivos e dos principais resultados obtidos (Figura 8). Esta distribuição possibilitou identificar a forma como as principais dimensões, técnicas e ações associadas à P+L foram evidenciadas e apresentadas nos estudos.

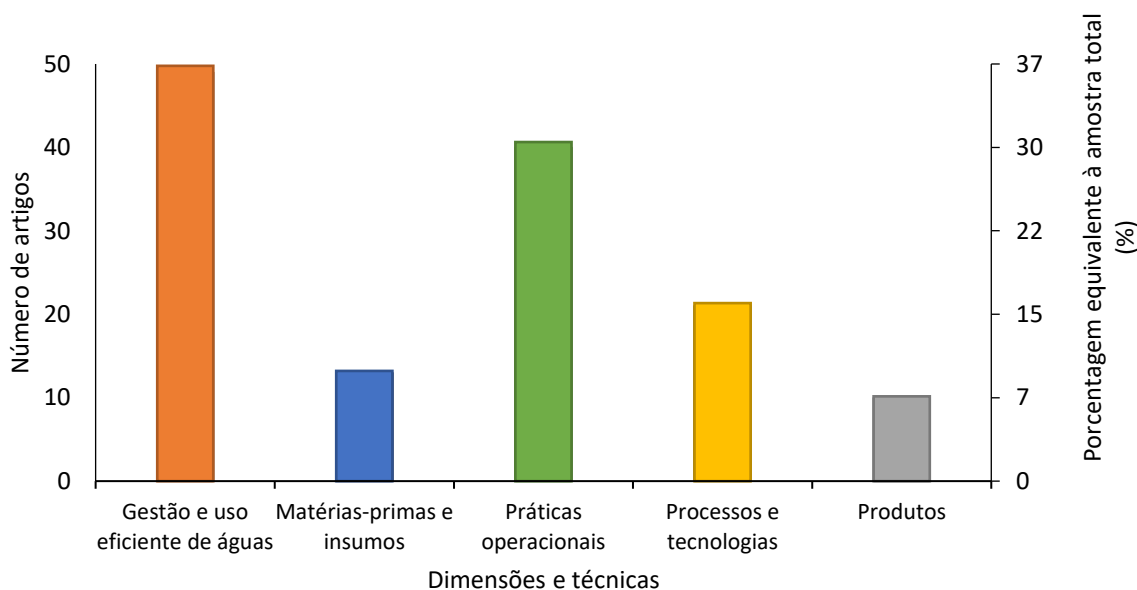


Figura 8. Dimensões e técnicas da P+L abordadas nos estudos.

Constatou-se que a maior parte dos artigos obtidos neste levantamento (aproximadamente 37%) abordaram aspectos associados à gestão e ao uso eficiente de águas na indústria têxtil. Dentre os estudos englobados neste universo, o de Panda *et al.* (2021) evidencia a importância da adoção de iniciativas de tecnologia, ideias e recursos que incentivem a reciclagem e o reúso da água na indústria têxtil. Os autores supracitados enfatizam que fatores como layout adequado de máquinas, programas de melhoria de qualidade e atualizações tecnológicas de equipamentos de processamento podem ser eficazes.

As ações relacionadas às práticas operacionais na indústria têxtil, enquanto técnicas associadas à P+L, foram evidenciadas em cerca de 30% dos estudos. Relacionado a esse contexto, a pesquisa realizada por Silva *et al.* (2021) forneceu dados que permitiram observar que a implantação da P+L pode ser fundamental e influenciar na redução do consumo de produtos químicos e da geração de efluentes, por meio da gestão da água na estação de tratamento, e na reutilização e reciclagem de resíduos e otimização no uso de matérias-primas.

Identificou-se que mais de 15% dos artigos tiveram como objetivo principal a proposta de ações voltadas pra inserção de tecnologias e mudanças de processos ou equipamentos, como forma de abordagem associada à P+L e, conseqüentemente, com foco no desenvolvimento da sustentabilidade na indústria. Dentre essas ações, pode-se destacar os parâmetros apresentados por Oliveira Neto *et al.* (2019) ao defenderem a substituição de equipamentos antigos por outros novos como uma prática eficiente.

Em relação aos aspectos de matérias-primas e insumos, verificou-se que, aproximadamente, 10% dos estudos analisados evidenciaram perspectivas voltadas ao consumo de materiais, incluindo a substituição e a introdução de novas matérias-primas, bem como o impacto dessas ações na geração de resíduos e no desempenho da indústria. Estudos como o de Pisitsak *et al.* (2018) enfatizam a viabilidade do uso de materiais naturais na indústria, evidenciando o potencial destes insumos para minimizar desperdícios e criar processos mais seguros. Para os supracitados, a substituição de substâncias sintéticas nocivas deve fazer parte das estratégias de desenvolvimento sustentável dos fabricantes de têxteis que valorizam produtos com aspectos ambientais.

Constatou-se que cerca de 7% das pesquisas abordaram perspectivas para o desenvolvimento e adequação de produtos, principalmente focadas na composição destes, além dos serviços relacionados, com o objetivo de valorizar a produção sustentável. Autores como Niinimäki e Hassi (2011) evidenciam um conjunto de estratégias de design e fabricação para a indústria têxtil e de vestuário buscando reduzir o impacto ambiental da produção e do consumo. Segundo os supracitados, a curta vida útil dos têxteis, e principalmente do vestuário, é um dos principais problemas do atual sistema industrial baseado na obsolescência programada.

Nesta análise, buscou-se, também, identificar estudos desenvolvidos que abordassem e tivessem o objetivo de avaliar tecnologias e processos de tratamentos de efluentes têxteis com foco no reúso de águas na indústria. Sendo assim, foram identificados e selecionados 19 artigos e, com isso, analisados os principais aspectos em relação às técnicas, eficiências e principais resultados (Tabela 3).

Analisou-se que, dentre os estudos verificados, a maior parte (63.2%) evidencia o uso de processos de tratamento por meio uso de tecnologias de membranas, seja de forma unitária ou combinada. Em relação ao aspecto supracitado, pode-se destacar as perspectivas enfatizadas por Curic *et al.* (2021) ao defenderem que a tecnologia de membrana é, de fato, uma das melhores tecnologias disponíveis. Em seu estudo, os autores observaram um alto potencial de reaproveitamento de efluentes têxteis tratados devido à qualidade do tecido de malha de algodão tingido com o permeado de ultrafiltração, que apresentou-se semelhante à da lavagem com a água utilizada convencionalmente no processo. Semelhantemente, Nadeem *et al.* (2019) avaliaram que o tratamento de águas residuais têxteis por meio de arranjos sequenciais de ultrafiltração e nanofiltração podem representar um forte incentivo para a reutilização destes efluentes no processamento úmido na indústria têxtil.

Tabela 3. Tecnologias e processos de tratamento de efluentes têxteis identificados.

Tecnologia/Processo de Tratamento	Referência
Ultrafiltração	Majewska-Nowak e Kawiecka-Skowron (2011)
Ultrafiltração e nanofiltração	Aouni <i>et al.</i> (2012)
Nanofiltração + osmose reversa	Kurt <i>et al.</i> (2012)
Nanofiltração direta	Aouni <i>et al.</i> (2014)
Foto-Fenton	Starling <i>et al.</i> (2017)
Tratamento biológico + oxidação avançada	Nadeem <i>et al.</i> (2017)
Ozonização + filtração de areia, ultrafiltração + osmose reversa	Yin <i>et al.</i> (2019)
Ultrafiltração + Nanofiltração	Nadeem <i>et al.</i> (2019)
Osmose Reversa	Sahinkaya <i>et al.</i> (2019)
Destilação por membrana a vácuo e termovaporação	Ramlow <i>et al.</i> (2019)
Destilação por Membrana de Contato Direto	Silva <i>et al.</i> (2020b)
Biorreator de membrana	Yang <i>et al.</i> (2020a)
Eletrocoagulação/Eletrofloculação	Cominote <i>et al.</i> (2020)
Oxidação avançada química/eletroquímica + troca catiônica com macroalgas marinhas para remoção do ferro	Silva <i>et al.</i> (2020a)
Eletrocoagulação/Eletrofloculação	Criado <i>et al.</i> (2020)
Ultrafiltração	Curic <i>et al.</i> (2021)
Processos oxidativos avançados (POAs)	Ramos <i>et al.</i> (2021)
Coagulação/precipitação + microfiltração cerâmica + nanofiltração	Celebi <i>et al.</i> (2021)
Biorreator de Membrana	Yang; Lopez-Grimau (2021)

Para Al Sawaf e Karaca (2018), as tecnologias de biorreator de membrana, reator de lote sequencial e reator de lote rotativo são tecnologias concorrentes que podem ser usadas na indústria têxtil como alternativas sustentáveis. Yang *et al.* (2020a) observaram que a qualidade de novos tecidos tingidos com efluente proveniente do tratamento com biorreator de membrana estava dentro dos limites aceitáveis na indústria têxtil. Evidenciando estes aspectos, Yang e Lopez-Grimau (2021) avaliaram que, comparando-se um sistema de biorreator de membrana com o tratamento convencional de lodo ativado, foi verificada a viabilidade para reduzir o impacto econômico e ambiental em escala industrial.

Em relação ao processo de osmose reversa, Sahinkaya *et al.* (2019) destacaram que a demanda de água de alta qualidade torna essas tecnologias mais atraentes do que as outras alternativas, como o reaproveitamento de efluentes tratados biologicamente, por exemplo, visto que, no último caso, verifica-se, muitas vezes, um alto teor de sais dissolvidos, DQO e cor. No contexto dos tratamentos biológicos, Nadeem *et al.* (2017) analisaram que a combinação dessas técnicas com processos de oxidação avançada podem gerar bons resultados em relação ao tratamento e recuperação de efluentes têxteis. Segundo os supracitados, as águas residuais tratadas por meio da combinação foram reutilizadas com segurança para fins de tingimento, contribuindo para a redução de NaCl e Na₂CO₃ no banho de tingimento.

Sobre os processos combinados de tratamento, vale destacar que, por meio dessas técnicas, surge uma alternativa bastante eficiente no processo de remoção dos poluentes presentes nos efluentes têxteis, podendo aumentar a eficiência da degradação orgânica (Garcia *et al.*, 2020). Sendo assim, em relação aos estudos observados neste levantamento bibliométrico, foram destacados processos combinados de tratamento como: ozonização, filtração de areia, ultrafiltração e osmose reversa; oxidação avançada e troca catiônica; coagulação/precipitação, microfiltração cerâmica e nanofiltração.

Nesse contexto, Silva *et al.* (2020a) avaliaram que o efluente têxtil resultante da aplicação do processo de foto-fenton seguido de troca catiônica com Laminaria hyperborea foi reutilizado com sucesso em processos de lavagem, branqueamento e tingimento. Por meio do estudo da combinação de processos de ozonização, filtração de areia, ultrafiltração e osmose reversa, Yin *et al.* (2019) identificaram um sistema de tratamento eficaz, onde os efluentes gerados nos processamentos apresentaram aspectos que atendiam aos padrões de reutilização de água. Já Celebi *et al.* (2021), analisando a coagulação/precipitação de pH elevado integrada à microfiltração cerâmica como método de pré-tratamento seguido de nanofiltração (NF) para aumentar a eficiência de recuperação de água, avaliaram que através do sistema pode ser gerado e reciclado um efluente têxtil de alta qualidade na indústria a um custo econômico.

Abordando os aspectos sobre a eletrocoagulação/eletrofoculação, Criado *et al.* (2020) avaliaram que o processo estudado se destacou como um método de tratamento de efluentes eficaz e economicamente competitivo, além de ser uma alternativa promissora para aplicação na indústria têxtil, principalmente porque o efluente pode ser reaproveitado nas etapas de lavagem do processo de tingimento. Ainda nesse contexto, Cominote *et al.* (2020) analisou que a técnica supracitada pode ter grande eficiência na remoção de substâncias que absorvem a luz na faixa espectral do visível independente das características iniciais do efluente bruto têxtil, além de contribuir para as remoções de turbidez e DQO.

Em relação aos processos oxidativos avançados, como eletro-oxidação, foto-Fenton e oxidação clássica de Fenton, resultados como os apresentados por Ramos *et al.* (2021), evidenciam que esses processos, de fato, são amplamente estudados para o tratamento de efluentes têxteis por se mostrarem promissores, principalmente, devido à alta redução relatada de cor e DQO.

Conclusões

Acredita-se que a investigação bibliométrica realizada, complementada por meio de uma análise sistemática, permitiu um aprofundamento em relação a alguns aspectos elencados nos estudos publicados durante o período de 2010 e 2021. Verificou-se que o número de publicações relacionadas à temática tem sido crescente nos últimos anos, com um aumento

progressivo analisado, especialmente, a partir do ano de 2019. Este fato evidencia a importância do assunto e do interesse crescente neste tópico em todo o mundo, assim como a relevância da associação entre Produção Mais Limpa, Ecoeficiência, Reúso de águas e Sustentabilidade na indústria têxtil.

Analisou-se que a maioria dos estudos relacionados foram concentrados principalmente nas áreas de pesquisa de Ecologia e Ciências Ambientais e de Engenharia, e que Brasil, Turquia, China, Índia e EUA se destacaram como os países mais ativos neste campo. Identificou-se que o universo de autores se apresentou bastante variado e que a densidade da rede de colaboração entre estes ainda é muito baixa, o que pode limitar o desenvolvimento de novos estudos. Com isso, acredita-se que seria relevante uma maior conexão entre autores que trabalham com temáticas específicas elencadas neste estudo, dada a importância do aperfeiçoamento das discussões sobre a associação entre os fatores supracitados e sua aplicação no setor têxtil.

Através da avaliação dos objetivos, dos termos mais recorrentes e das tendências e perspectivas de pesquisa abordadas nos estudos obtidos, compreendeu-se que aspectos como P+L e reúso de águas são, de fato, extremamente importantes e que devem ser tratados com aprofundamento nos estudos sobre sustentabilidade. Esta avaliação permitiu entender que a P+L, em suas dimensões e técnicas, influencia em melhorias operacionais, na implantação de processos, tecnologias e matérias-primas cada vez mais sustentáveis, assim como na redução da geração de resíduos perigosos, no desenvolvimento de produtos ecológicos duráveis e na gestão eficiente dos recursos hídricos. Em relação às tecnologias associadas ao reúso de águas e sua implantação e desenvolvimento na indústria têxtil, identificou-se que as técnicas estudadas e adotadas nos últimos anos têm contribuído e se apresentam necessárias à busca por possibilitar a qualidade de águas residuais têxteis tratadas conveniente para outros fins na própria indústria.

Embora este estudo tenha revelado tendências e características, é importante considerar a existência de limitações. Dentre estas, pode-se destacar o fato de ser utilizada apenas uma plataforma de base de dados e, com isso, acredita-se que em trabalhos futuros pode ser considerada a inclusão de novas fontes. É importante considerar, também, a associação entre os termos e palavras-chave de pesquisa, pelo fato destes serem específicos e este fator poder influenciar na constituição das redes de conexão bibliométricas, por exemplo, e na avaliação das informações. Além disso, a análise de tendências sobre a P+L e as tecnologias de tratamento de efluentes têxteis associadas ao reúso de águas pode ser mais abrangente a partir de investigações específicas sobre cada uma das temáticas.

Nesse sentido, estudos futuros poderão ser realizados a partir das tendências aqui observadas e considerando as lacunas identificadas a partir do estado da arte. Sendo assim, sugere-se o

desenvolvimento de pesquisas que possam avaliar modelos de produção, bem como aspectos e impactos econômicos e sociais associados à sustentabilidade na indústria têxtil, a partir de ferramentas relacionadas à P+L, ao reúso de águas e a ecoeficiência.

Acredita-se, então, que este escrito permitiu uma discussão abrangente e importante sobre os fatores Produção Mais Limpa, Ecoeficiência e Reúso de águas associados à Sustentabilidade na indústria têxtil. Avalia-se, ainda, que as descobertas aqui apresentadas fornecem mais perspectivas para uma compreensão sobre o desenvolvimento da pesquisa em relação ao assunto.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências bibliográficas

- ABIT, Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. Perfil do setor (2020) Acesso em: 06 abr. 2022. Disponível em: <https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>
- ABIT, Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (2022) Síntese do comércio exterior brasileiro no setor têxtil e de confecção – fevereiro de 2022. 2022. Acesso em: 15 abr. 2022. Disponível em: https://www.abit.org.br/uploads/arquivos/NO_%20S%C3%ADntese%20COMEX%20BR%20202212.pdf
- Acar, Eda; Kilic, Merve; Guner, Mucella. (2015) Measurement of sustainability performance in textile industry by using a multi-criteria decision making method. *Tekstil Ve Konfeksiyon*, **25**(1), 3-9.
- Al Sawaf, M. B., Karaca, F. (2018) Different stakeholders' opinions toward the sustainability of common textile wastewater treatment technologies in Turkey: A Case study Istanbul province. *Sustainable Cities and Society*, **42**, 194-205. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.06.027>.
- Alkaya, E., Demirer, G. N. (2014) Sustainable textile production: a case study from a woven fabric manufacturing mill in Turkey. *Journal of Cleaner Production*, **65**, 595-603. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.008>.
- Aouni, A., Fersi, C., Cuartas-Uribe, B., Bes-Pia, A., Alcaina-Miranda, M. I., Dhahbi, M. (2012) Reactive dyes rejection and textile effluent treatment study using ultrafiltration and nanofiltration processes. *Desalination*, **297**, 87-96. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2012.04.022>.
- Aouni, A., Fersi, C., Dhahbi, M. (2014) Performance evaluation of direct nanofiltration process to fouling by treating rinsing-bath effluents for water reuse. *Desalination and Water Treatment*, **52**(7-9), 1770-1785. <https://doi.org/10.1080/19443994.2013.813623>.
- Baban, A., Yediler, A., Ciliz, N. K. (2010) Integrated water management and CP implementation for wool and textile blend processes. *Clean-Soil Air Water*, **38**(1), 84-90. <https://doi.org/10.1002/clen.200900102>.
- Castro, A. M., Nogueira, V., Lopes, I., Rocha-Santos, T., Pereira, R. (2019) Evaluation of the potential toxicity of effluents from the textile industry before and after treatment. *Appl. Sci.*, **9**. <https://doi.org/10.3390/app9183804>.
- Celebi, M. D., Dilaver, M., Kobya, M. (2021) A study of inline chemical coagulation/precipitation-ceramic microfiltration and nanofiltration for reverse osmosis concentrate minimization and reuse in the textile industry. *Water Science and Technology*, **84**(9), 2457-2471. <https://doi.org/10.2166/wst.2021.439>.

- Chen, L., Wang, L., Wu, X., Ding, X. (2017) A process-level water conservation and pollution control performance evaluation tool of cleaner production technology in textile industry. *Journal of Cleaner Production*, **143**, 1137-1143. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.006>.
- Clemente, D., Galvão, G. (2019) *Bibliometria: Teoria e Prática*. Curso de Difusão USP, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Produção, São Paulo.
- Cominote, M., Silva, G. L., Heringer, N. M. F., Gazel, F., Oliveira, R. C. S. (2020) Evaluation of treatment of textile effluent by electroflocculation with monitoring and automatic control considering a feasibility study of the use of photovoltaic Generation. *Periodico Tche Química*, **17**(35), 507-523. Acesso em: 06 abr. 2022. Disponível em: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/1022052.pdf>.
- Criado, S. P., Gonçalves, M. J., Tavares, L. B. B., Bertoli, S. L. (2020) Optimization of electrocoagulation process for disperse and reactive dyes using the response surface method with reuse application. *Journal of Cleaner Production*, **275**, 122690. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122690>.
- Curic, I., Dolar, D., Karadacic, K. (2021) Textile wastewater reusability in knitted fabric washing process using UF membrane technology. *Journal of Cleaner Production*, **299**, 126889. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126899>.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., Lim, W. M. (2021) How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, **133**, 285–296, <https://doi.org/10.1016/j.ibusres.2021.04.070>.
- Fischer, A., Pascucci, S. (2017) Institutional incentives in circular economy transition: The case of material use in the Dutch textile industry. *Journal of Cleaner Production*, **155**, 17-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.038>.
- Garcia, V. S. G., Rosa, J. M., Borrelly, S. I. (2020) Toxicity and color reduction of a textile effluent containing reactive red 239 dye by electron beam irradiation. *Radiation Physics and Chemistry*, **172**, 108765. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2020.108765>.
- Hildebrand, C., Kuglin, V. B., Brandao, H. L., Vilar, Vitor J. P., Souza, S. M. A. G. U., Souza, A. A. U. (2014) Insights into nanofiltration of textile wastewaters for water reuse. *Clean Technologies and Environmental Policy*, **16**(3), 591-600. <https://doi.org/10.1007/s10098-013-0665-8>.
- Kasavan, S., Yusoff, S., Fakri, M. F. R., Siron, R. (2021) Plastic pollution in water ecosystems: A bibliometric analysis from 2000 to 2020. *Journal of Cleaner Production*, **313**, 127946. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127946>.
- Kazancoglu, I., Kazancoglu, Y., Yarimoglu, E., Kahraman, A. (2020) A conceptual framework for barriers of circular supply chains for sustainability in the textile industry. *Sustainable Development*, **28**(5), 1477-1492. <https://doi.org/10.1002/sd.2100>.
- Kurt, E., Koseoglu-Imer, D. Y., Dizge, N., Chellam, S., Koyuncu, I. (2012) Pilot-scale evaluation of nanofiltration and reverse osmosis for process reuse of segregated textile dyewash wastewater. *Desalination*, **302**, 24-32. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2012.05.019>.
- Li, X., Wang, L., Ding, X. (2021) Textile supply chain waste management in China. *Journal of Cleaner Production*, **289**, 125147. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125147>.
- Lombardi Netto, A., Salomon, V. A. P., Ortiz-Barrios, M. A., Florek-Paszowska, A. K., Petrillo, A., Oliveira, O. J. (2021) Multiple criteria assessment of sustainability programs in the textile industry. *International Transactions In Operational Research*, **28**(3), 1550-1572. <https://doi.org/10.1111/itor.12871>.
- Majewska-Nowak, K., Kawiecka-Skowron, J. (2011) Ceramic membrane behaviour in anionic dye removal by ultrafiltration. *Desalination and Water Treatment*, **34**(1-3), 367-373. <https://doi.org/10.5004/dwt.2011.2806>.
- Majumdar, A., Sinha, S. K. (2021) Economic sustainability benchmarking of environmental initiatives: a case of wastewater treatment plant. *Benchmarking-An International Journal*, **28**(6), 2008-2022. <https://doi.org/10.1108/BIJ-09-2020-0482>.

- Methneni, N., Morales-González, J. A., Jaziri, A., Mansour, H. B., Fernandez-Serrano, M. (2021) Persistent organic and inorganic pollutants in the effluents from the textile dyeing industries: Ecotoxicology appraisal via a battery of biotests. *Environmental Research*, **196**, 110956. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110956>.
- Nadeem, K., Guyer, G. T., Dizge, N. (2017) Polishing of biologically treated textile wastewater through AOPs and recycling for wet processing. *Journal of Water Process Engineering*, **20**, 29-39. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2017.09.011>.
- Nadeem, K., Guyer, G. T., Keskinler, B., Dizge, N. (2019) Investigation of segregated wastewater streams reusability with membrane process for textile industry. *Journal of Cleaner Production*, **228**, 1437-1445. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.205>.
- Niinimäki, K., Hassi, L. (2011) Emerging design strategies in sustainable production and consumption of textiles and clothing. *Journal of Cleaner Production*, **19**(16), 1876-1883. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.04.020>.
- Oliveira Neto, G. C., Ferreira Correia, J. M., Silva, P. C., Sanches, A. G. O., Lucato, W. C. (2019) Cleaner Production in the textile industry and its relationship to sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*, **228**, 1514-11525. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.334>.
- Oliveira Neto, G. C., Tucci, H. N. P., Correia, J. M. F., Silva, P. C., Silva, V. H. C., Ganga, G. M. D. (2020) Assessing the implementation of Cleaner Production and company sizes: Survey in textile companies. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, **15**. <https://doi.org/10.1177/1558925020915585>.
- Oliveira Neto, G. C., Correia, J. M. F., Tucci, H. N. P., Silva, P. C., Silva, D. (2021a) Relationship between cleaner production practices and company size in the Brazilian textile industry. *Environmental Engineering and Management Journal*, **20**(2), 203-216.
- Oliveira Neto, G. C., Silva, P. C., Tucci, H. N. P., Amorim, M. (2021b) Reuse of water and materials as a cleaner production practice in the textile industry contributing to blue economy. *Journal of Cleaner Production*, **305**, 127075. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127075>.
- Oliveira Neto, G. C., Tucci, H. N. P., Correia, J. M. F., Silva, P. C., Silva, D., Amorim, M. (2021c) Stakeholders' influences on the adoption of cleaner production practices: A survey of the textile industry. *Sustainable Production and Consumption*, **26**, 126-145. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.001>.
- Ozer, B., Guven, B. (2021) Energy efficiency analyses in a Turkish fabric dyeing factory. *Energy Sources Part A: Recovery Utilization and Environmental Effects*, **43**(7), 852-874. <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1755392>.
- Ozturk, E., Cinperi, N. C. (2018) Water efficiency and wastewater reduction in an integrated woolen textile mill. *Journal of Cleaner Production*, v. **201**, 686-696. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.021>.
- Ozturk, E., Cinperi, N. C., Nazli C., Kitis, M. (2020a) Green textile production: a chemical minimization and substitution study in a woolen fabric production. *Environmental Science and Pollution Research*, **27**(36), 45358-45373. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10433-8>.
- Ozturk, E., Cinperi, N. C., Nazli C., Kitis, M. (2020b) Improving energy efficiency using the most appropriate techniques in an integrated woolen textile facility. *Journal of Cleaner Production*, **254**, 120145. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120145>.
- Panda, S. K. B. C., Sen, K., Mukhopadhyay, S. (2021) Sustainable pretreatments in textile wet processing. *Journal of Cleaner Production*, **329**, 12972. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129725>.
- Pattnaik, P., Dangayach, G. S. (2019) Analysis of influencing factors on sustainability of textile wastewater: a structural equation approach. *Water Air and Soil Pollution*, **230**(7), 156. <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4206-x>.
- Pisitsak, P., Tungsombatvisit, N., Singhanu, K. (2018) Utilization of waste protein from Antarctic krill oil production and natural dye to impart durable UV-properties to cotton textiles. *Journal of Cleaner Production*, **174**, 1215-1223. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.010>.
- Raj, D. S., Nagarajan, S. V., Raman, T., Venkatachalam, P., Parthasarathy, M. (2021) Remediation of textile effluents for water reuse: Decolorization and desalination using *Escherichia fergusonii* followed by detoxification with activated charcoal. *Journal of Environmental Management*, **277**. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111406>.

- Ramlow, H., Correa, V. H. M., Machado, R. A. F., Bierhalz, A. C. K., Marangoni, C. (2019) Intensification of water reclamation from textile dyeing wastewater using thermal membrane technologies - Performance comparison of vacuum membrane distillation and thermopervaporation. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, **146**, 107695. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2019.107695>.
- Ramos, M. D. N., Lima, J. P. P., Aquino, S. F., Aguiar, A. (2021) A critical analysis of the alternative treatments applied to effluents from Brazilian textile industries. *Journal of Water Process Engineering*, **43**, 102273. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102273>.
- Reddy, N., Zhang, Y., Yang, Y. (2013) Corn distillers dried grains as sustainable and environmentally friendly warp sizing agents. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, **1**(12), 1564-1571. <https://doi.org/10.1021/sc4002017>.
- Roy, M., Sen, P., Pal, P. (2020) An integrated green management model to improve environmental performance of textile industry towards sustainability. *Journal of Cleaner Production*, **271**, 122656. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122656>.
- Sahinkaya, E., Tuncman, S., Koc, I., Guner, A. R., Ciftci, S., Aygun, A., Sengul, S. (2019) Performance of a pilot-scale reverse osmosis process for water recovery from biologically-treated textile wastewater. *Journal of Environmental Management*, **249**, 109382. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109382>.
- Sampaio, R., Mancini, M. (2007) Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, **11**(1), 83-89. <https://doi.org/10.1590/s1413-35552007000100013>.
- Shahi, S. K., Shiva, A., Dia, M. (2021) Integrated sustainable supply chain management and firm performance in the Indian textile industry. *Qualitative Research In Organizations and Management*, **16**(3-4), 614-635. <https://doi.org/10.1108/QROM-03-2020-1904>.
- Silva, L. G. M., Moreira, F. C., Cechinel, M. A. P., Mazur, L. P., Souza, A. A. U., Souza, S. M. A. G. U., Boaventura, R. A. R., Vilar, V. J. P. (2020a) Integration of Fenton's reaction based processes and cation exchange processes in textile wastewater treatment as a strategy for water reuse. *Journal of Environmental Management*, **272**, 111082. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111082>.
- Silva, R. S., Ramlow, H., D' Avila, C. K. C. Siqueira, R. C. C. V., Machado, R. A. F., Marangoni, C. (2020b) Steady state evaluation with different operating times in the direct contact membrane distillation process applied to water recovery from dyeing wastewater. *Separation and Purification Technology*, **230**, 115892. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.115892>.
- Silva, P. C., Oliveira Neto, G. C., Correia, M. F., Tucci, H. N. P. (2021) Evaluation of economic, environmental and operational performance of the adoption of cleaner production: survey in large textile industries. *Journal of Cleaner Production*, **278**, 123855. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123855>.
- Starling, M. C. V. M., Castro, L. A. S., Marcelino, R. B. P., Leao, M. M. D., Amorim, C. C. (2017) Optimized treatment conditions for textile wastewater reuse using photocatalytic processes under UV and visible light sources. *Environmental Science and Pollution Research*, **24**(7), 6222-6232. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6157-8>.
- Tayyab, M., Jemai, J., Limc, H., Sarkar, B. (2020) A sustainable development framework for a cleaner multi-item multi-stage textile production system with a process improvement initiative. *Journal of Cleaner Production*, **246**, 119055. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119055>.
- Tseng, M., Bui, T. (2017) Identifying eco-innovation in industrial symbiosis under linguistic preferences: A novel hierarchical approach. *Journal of Cleaner Production*, **140**, 1376-1389. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.014>.
- Vineta, S., Silvana, Z., Sanja, R., Golomeova, S. (2014) Methods for waste Waters treatment in textile industry. *International Scientific Conferece*. Gabrovo, Bulgária.

- Xu, S., Chen, J., Wang, B., Yang, Y. (2015) Sustainable and hydrolysis-free dyeing process for poly lactic acid using nonaqueous medium. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, **3**(6), 1039-1046. <https://doi.org/10.1021/sc500767w>.
- Xu, S., Chen, J., Wang, B., Yang, Y. (2016) An environmentally responsible polyester dyeing technology using liquid paraffin. *Journal of Cleaner Production*, **112**, 987-994. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.114>.
- Xu, C., Cheng, H., Liao, Z. (2018) Towards sustainable growth in the textile industry: a case study of environmental policy in China. *Polish Journal of Environmental Studies*, **27**(5), 2325-2336. <https://doi.org/10.15244/pjoes/79720>.
- Yang, X., Lopez-Grimau, V. (2021) Reduction of cost and environmental impact in the treatment of textile wastewater using a combined MBBR-MBR system. *Membranes*, **11**(11), 892. <https://doi.org/10.3390/membranes11110892>.
- Yang, X., Lopez-Grimau, V., Vilaseca, M., Crespi, M. (2020a) Treatment of textile wastewater by CAS, MBR, and MBBR: a comparative study from technical, economic, and environmental perspectives. *Water*, **12**(5), 1306. <https://doi.org/10.3390/w12051306>.
- Yang, Y., He, W., Chen, F., Wang, L. (2020b) Water footprint assessment of silk apparel in China. *Journal of Cleaner Production*, **260**, 121050. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121050>.
- Yin, H., Qiu, P., Qian, Y., Kong, Z., Zheng, X., Tang, Z., Guo, H. (2019) Textile wastewater treatment for water reuse: a case study. *Processes*, **7**(1), 34. <https://doi.org/10.3390/pr7010034>.
- Zeng, J., Qu, J., Ma, H., Gou, X. (2021) Characteristics and Trends of household carbon emissions research from 1993 to 2019: a bibliometric analysis and its implications. *Journal of Cleaner Production*, **295**, 126468. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126468>.
- Zhang, Y., Kang, H., Hou, H., Shao, S., Sun, X., Qin, C., Zhang, S. (2013) Toward an systemic navigation framework to integrate sustainable development into the company. *Journal of Cleaner Production*, **54**, 199-214. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.03.054>.
- Zhao, Y., Zhao, Y., Xu, H., Yang, Y. (2015) A sustainable slashing industry using biodegradable sizes from modified soy protein to replace petro-based Poly(Vinyl Alcohol). *Environmental Science & Technology*, **49**(4), 2391-2397. <https://doi.org/10.1021/es504988w>.