



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**IARA LÍCIA PEREIRA LIMA**

**INOVAÇÃO NAS ROTAS TECNOLÓGICAS PARA A IMPLANTAÇÃO DA  
ECOLOGIA INDUSTRIAL E ECONOMIA CIRCULAR NO SETOR TÊXTIL  
DO AGRESTE DE PERNAMBUCO: ESTUDO DE PRECEITOS PARA A  
SUSTENTABILIDADE SETORIAL**

**RECIFE – PE  
2022**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**INOVAÇÃO NAS ROTAS TECNOLÓGICAS PARA A IMPLANTAÇÃO DA  
ECOLOGIA INDUSTRIAL E ECONOMIA CIRCULAR NO SETOR TÊXTIL  
DO AGRESTE DE PERNAMBUCO: ESTUDO DE PRECEITOS PARA A  
SUSTENTABILIDADE SETORIAL**

**IARA LÍCIA PEREIRA LIMA**

**Orientadora:** Profa. Dra. Soraya Giovanetti El-Deir

**Coorientador:** Prof. Dr. José Fernando Thomé Jucá

**RECIFE – PE  
2022**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**IARA LÍCIA PEREIRA LIMA**

**INOVAÇÃO NAS ROTAS TECNOLÓGICAS PARA A IMPLANTAÇÃO DA  
ECOLOGIA INDUSTRIAL E ECONOMIA CIRCULAR NO SETOR TÊXTIL  
DO AGRESTE DE PERNAMBUCO: ESTUDO DE PRECEITOS PARA A  
SUSTENTABILIDADE SETORIAL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental; Área de Concentração: Engenharias I; Linha de Pesquisa: Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos.

**Orientadora:** Profa. Dra. Soraya Giovanetti El-Deir  
**Coorientador:** Prof. Dr. José Fernando Thomé Jucá

**RECIFE– PE  
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- L732i Lima, Iara Lícia Pereira  
Inovação nas rotas tecnológicas para a implantação da Ecologia Industrial e Economia Circular no Setor Têxtil do Agreste de Pernambuco: Estudo de preceitos para a sustentabilidade setorial / Iara Lícia Pereira Lima. - 2022.  
120 f. : il.
- Orientador: Soraya Giovanetti El El-Deir.  
Coorientador: Jose Fernando Thome Juca.  
Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Recife, 2022.
1. Indústria Têxtil. 2. Lavanderias Industriais. 3. Resíduos Sólidos Têxteis. 4. Sustentabilidade Setorial. I. El-Deir, Soraya Giovanetti El, orient. II. Juca, Jose Fernando Thome, coorient. III. Título



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**INOVAÇÃO NAS ROTAS TECNOLÓGICAS PARA A IMPLANTAÇÃO DA  
ECOLOGIA INDUSTRIAL E ECONOMIA CIRCULAR NO SETOR TÊXTIL  
DO AGRESTE DE PERNAMBUCO: ESTUDO DE PRECEITOS PARA A  
SUSTENTABILIDADE SETORIAL**

*Iara Lícia Pereira Lima*

Aprovado em: 19 de agosto de 2022

---

Prof.(a) Dra. LILIANA ANDREA SANTOS (ITEP)  
Examinadora Externa

---

Prof.(a) Dra. ROSÂNGELA GOMES TAVARES (PPEAMB/UFRPE)  
Examinadora Interna

---

Prof.(a) Dra. SORAYA GIOVANETTI EL-DEIR (PPEAMB/UFRPE)  
Orientadora

---

Prof. Dr. MARCUS METRI CORRÊA (PPEAMB/UFRPE)  
Coordenador

*“Alguns homens veem as coisas como são, e dizem ‘Por quê?’. Eu sonho com as coisas que nunca foram e digo ‘Por que não?’”.*

*George Bernard Shaw*

## AGRADECIMENTOS

À Deus em primeiro lugar, pela proteção da vida, discernimento e por guiar e iluminar meu caminho.

À minha mãe Maria Soraia e ao meu pai Francisco Ferreira, por todos os ensinamentos ao longo da vida, por estarem ao meu lado e por todas as vezes que abriram mão de si mesmos em benefício meu e de meus irmãos. Obrigada por serem minha fortaleza e meu amor maior!

Aos meus irmãos Rosa Nayara e Lucas Lima por serem meus maiores exemplos de força, amizade, companheirismo e humanidade. Gratidão a Deus por ter vocês ao meu lado!

Ao meu namorado Anderson Brito, pela parceria no último ano, por me acolher, não me deixar desanimar e sempre me lembrar de quem eu sou e do quanto sou capaz.

Aos meus amigos, em especial, à Sóstenes Gomes pelo apoio profissional, elaboração dos mapas da pesquisa e pela amizade sincera desde a graduação até aqui. E à Bruna Letícia, por ser um dos meus exemplos de resiliência, superação e amor à vida acadêmica.

À minha orientadora Professora Soraya Giovanetti El-Deir, por todos os ensinamentos, dedicação, oportunidade de crescimento e aprendizado acadêmico, profissional e pessoal. Gratidão sempre!

À querida Jacqueline Macêdo, pelo auxílio enquanto estive no Agreste de Pernambuco.

Às lavanderias têxteis do Agreste de Pernambuco e Associações deste mesmo segmento, que prontamente participaram deste trabalho.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, por todo suporte e dedicação ao longo desta trajetória.

Aos pesquisadores do Grupo Gestão Ambiental em Pernambuco (Gampe/UFRPE), pelas oportunidades, conhecimentos adquiridos e compartilhados, especialmente aos amigos Marcos Pereira e Nathalia Nascimento.

Aos membros da banca avaliadora, pela disponibilidade e contribuições realizadas.

À Capes e Facepe, que em parceria apoiaram financeiramente a realização desta pesquisa.

Por fim, a todos que direta e indiretamente me apoiaram, emanaram energias positivas e contribuíram para o meu crescimento e amadurecimento. Essa conquista, de alguma forma, é fruto da contribuição de todos vocês. Meus sinceros agradecimentos.

LIMA, I. L. P. **Inovação nas rotas tecnológicas para a implantação da Ecologia Industrial e Economia Circular no Setor Têxtil do Agreste de Pernambuco: Estudo de preceitos para a sustentabilidade setorial.** 2022. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2022.

## RESUMO

A indústria têxtil voltada para a produção de artigos de vestuário é uma das atividades que mais crescem no mundo, com isso, detém elevados interesses sociais, econômicos, políticos e culturais. No Brasil, esta é uma das indústrias que mais se desenvolvem e empregam profissionais, denotando elevado interesse econômico. Para além desta importância econômico-social, a indústria têxtil é responsável por práticas que configuram impactos negativos e degradação ambiental, sendo esta, uma das atividades mais poluentes do planeta. A exemplo disso destacam-se os resíduos sólidos provenientes das lavanderias de beneficiamento de jeans e do processo de customização das peças. Na tentativa de mitigação e diminuição dos impactos ambientais advindos da indústria têxtil, há a inserção de práticas no processo produtivo denominadas de ecologia industrial, que considera a reutilização, reciclagem, diminuição, remanufatura de insumos e a diminuição do uso de matérias-primas. Este dinamismo está pautado no conceito de economia circular, que considera os modelos circulares e adotam estas práticas dentro do cotidiano industrial. O Arranjo Produtivo Local (APL) do Agreste Pernambucano é um dos maiores polos industriais têxteis do país e confere desenvolvimento econômico e social para a região na qual está inserido, ressaltando os municípios de Caruaru, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama. O objetivo deste estudo é propor inovação nas rotas tecnológicas dos resíduos sólidos têxteis provenientes do beneficiamento de jeans a partir das práticas da Ecologia Industrial e da Economia Circular no APL do Agreste de Pernambuco, buscando o desenvolvimento da sustentabilidade do setor. A pesquisa está ordenada em quatro capítulos em estruturas de artigos científicos provenientes dos estudos. Optou-se pela aplicação de uma metodologia dividida em quatro fases, uma para cada objetivo específico a ser alcançado, sendo estas: (i) o estudo bibliográfico, bibliométrico, cientométrico e infométrico; (ii) o estudo documental e da legislação setorial; (iii) o levantamento de dados primários a partir de visitas técnicas locais, levantamento fotográfico, o georreferenciamento das áreas e o conhecimento das rotas tecnológicas já existentes na região de estudo; (iv) a proposição e a precificação da rota/rotas tecnológicas mais viáveis para a região e que atenda aos princípios da ecologia industrial e da economia circular. A partir dos resultados apresentados, espera-se que essa pesquisa contribua para o desenvolvimento da sustentabilidade ambiental do setor têxtil do Agreste Pernambucano frente às discussões acerca dos resíduos sólidos industriais em questão.

**Palavras-chave:** Indústria Têxtil, Lavanderias Industriais, Resíduos Sólidos Têxteis, Sustentabilidade Setorial.

LIMA, I. L. P. **Inovação nas rotas tecnológicas para a implantação da Ecologia Industrial e Economia Circular no Setor Têxtil do Agreste de Pernambuco: Estudo de preceitos para a sustentabilidade setorial.** 2022. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2022.

## ABSTRACT

The textile industry focused on the production of clothing items is one of the fastest growing activities in the world, with this, it holds high social, economic, political and cultural interests. In Brazil, this is one of the industries that most develop and employ professionals, denoting high economic interest. In addition to this economic and social importance, the textile industry is responsible for practices that configure negative impacts and environmental degradation, which is one of the most polluting activities on the planet. As an example of this, solid waste from the jeans processing laundries and the process of customizing the pieces stand out. In an attempt to mitigate and reduce the environmental impacts arising from the textile industry, there is the insertion of practices in the production process called industrial ecology, which considers the reuse, recycling, reduction, remanufacturing of inputs and the reduction of the use of raw materials. This dynamism is based on the concept of circular economy, which considers circular models and adopts these practices within the industrial routine. The Local Productive Arrangement (APL) of Agreste Pernambucano is one of the largest textile industrial centers in the country and provides economic and social development for the region in which it is inserted, highlighting the municipalities of Caruaru, Santa Cruz do Capibaribe and Toritama. The objective of this study is to propose innovation in the technological routes of solid textile waste from the processing of jeans from the practices of Industrial Ecology and Circular Economy in the APL of Agreste de Pernambuco, seeking the development of sustainability in the sector. The research is organized into four chapters in structures of scientific articles from the studies. We chose to apply a methodology divided into four phases, one for each specific objective to be achieved, namely: (i) the bibliographic, bibliometric, scientometric and infometric study; (ii) the study of documents and sectoral legislation; (iii) the survey of primary data from local technical visits, photographic survey, georeferencing of areas and knowledge of existing technological routes in the study region; (iv) the proposition and pricing of the most viable technological route/routes for the region and that meets the principles of industrial ecology and circular economy. Based on the results presented, it is expected that this research will contribute to the development of environmental sustainability in the textile sector of Agreste Pernambucano in the face of discussions about industrial solid waste in question.

**Keywords:** Textile Industry, Industrial Laundries, Solid Textile Waste, Sector Sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1. Publicações sobre economia circular, indústria têxtil e resíduos sólidos têxteis durante o período de 2010 e 2020.....	36
Figura 2. Indicadores selecionados para a pesquisa entre os anos de 2010 e 2021...	38
Figura 3. Nuvem de palavras.....	41

### CAPÍTULO 3

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.....	69
Figura 2. Mapa de localização das lavanderias do APL do Agreste de Pernambuco	74
Figura 3. Localização dos agrupamentos de lavanderias em Caruaru – PE.....	74
Figura 4. Localização dos agrupamentos de lavanderias em Toritama – PE.....	75
Figura 5. Localização da lavanderia de estudo em Santa Cruz do Capibaribe – PE..	75
Figura 6. Fluxograma das lavanderias de beneficiamento de jeans no APL de Pernambuco.	77
Figura 7. Fibras de tecidos resultantes das secadoras. Figura 7a. Retirada de fibras das secadoras. Figura 7b. Acondicionamento das fibras de tecidos.....	78
Figura 8. Rota tecnológica dos resíduos têxteis das lavanderias de Caruaru.....	79
Figura 9. Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Figura 9a. Armazenamento de fibras de tecidos. Figura 9b. Armazenamento de lodo têxtil.....	80
Figura 10. Rota tecnológica dos resíduos têxteis das lavanderias de Toritama e Santa Cruz do Capibaribe.....	81

### CAPÍTULO 4

Figura 1. Rota propositiva dos resíduos sólidos têxteis das lavanderias do APL do Agreste de Pernambuco utilizando a aplicação da Ecologia Industrial e Economia Circular.....	103
Figura 2. Rota propositiva dos resíduos sólidos têxteis utilizando a aplicação da Ecologia Industrial e Economia Circular em consonância com a tecnologia da Internet das Coisas.....	106

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

Tabela 1. Quantitativo de publicações com relação aos indicadores e às bases científicas.....	35
Tabela 2. Contribuição das produções científicas por regiões geográficas.....	36
Tabela 3. Frequência de palavras.....	41

### CAPÍTULO 3

Tabela 1. Grau de conformidade legal das rotas tecnológicas aplicada às lavanderias têxteis.....	73
Tabela 2. Descrição das características das empresas estudadas.....	76

### CAPÍTULO 4

Tabela 1. Grau de internalização dos indicadores de Ecologia Industrial e Economia Circular nas rotas tecnológicas.....	98
Tabela 2. Notas atribuídas à internalização dos indicadores em cada rota tecnológica.....	102
Tabela 3. Diagnóstico dos resíduos sólidos das lavanderias têxteis do APL Pernambucano.....	107
Tabela 4. Custo médio mensal para cada empreendedor.....	108

## LISTA DE QUADROS

### CAPÍTULO 1

Quadro 1. Classificação dos periódicos com relação aos <i>Qualis</i> 2013-2016 e 2017-2020 e ao fator de impacto (JCR) 2020.....	38
--	----

### CAPÍTULO 3

Quadro 1. Avaliação qualitativa da conformidade legal das rotas tecnológicas.....	83
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ALC	Associação de Lavanderias de Caruaru
ACIT	Associação Comercial e Industrial de Toritama
APL	Arranjo Produtivo Local
APLCAPE	Arranjo Produtivo Local de Confecções do Agreste Pernambucano
ASDF	Americas Sustainable Development Foundation
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CNPJ	Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FI	Fator de Impacto
GFA	Global Fashion Agenda
JCR	Journal Citation Reports
Kg	Quilograma
Kg/hab/ano	Quilograma por habitante por ano
Km	Quilômetro
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
m <sup>3</sup> .mês <sup>-1</sup>	Metro cúbico por mês
MTR	Manifesto do Transporte dos Resíduos
ODM	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
R\$.mês <sup>-1</sup>	Reais por mês
R\$.ton <sup>-1</sup>	Reais por tonelada
ton.mês <sup>-1</sup>	Tonelada por mês
ton.m <sup>-3</sup>	Tonelada por metro cúbico
WRAP	Waste & Resources Action Programme
WRI	World Resources Institute

## SUMÁRIO

<b>1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
2.1. Objetivo Geral.....	17
2.2. Objetivos Específicos.....	17
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>18</b>
3.1. Ecologia Industrial e Economia Circular .....	18
3.2. Indústria têxtil e resíduos sólidos têxteis .....	20
3.3. O Setor Têxtil Brasileiro.....	21
3.4. Lavanderias industriais têxteis.....	22
<b>4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>23</b>
<b>CAPÍTULO 1: O ESTADO DA ARTE SOBRE A APLICAÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR NOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA INDÚSTRIA TÊXTIL.....</b>	<b>29</b>
1. INTRODUÇÃO.....	30
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	31
2.3. Bibliometria, cientometria e infometria .....	31
3. METODOLOGIA.....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
4.1. Produção científica mundial.....	34
4.2. Características quali-quantitativas da produção científica.....	38
4.3. Frequência de palavras .....	41
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	42
AGRADECIMENTOS .....	43
REFERÊNCIAS .....	43
<b>CAPÍTULO 2: RESÍDUOS SÓLIDOS TÊXTEIS: UMA ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO SETORIAL NO BRASIL .....</b>	<b>46</b>
1. INTRODUÇÃO.....	47
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	48
2.1. Revoluções industriais e políticas públicas.....	48
3. METODOLOGIA.....	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	51
4.1. Legislação nacional pertinente sobre resíduos sólidos.....	51
4.2. Legislação ambiental pertinente à Indústria Têxtil .....	53

4.3. Legislação de resíduos sólidos têxteis.....	54
4.4. Situação dos resíduos sólidos têxteis no Brasil.....	56
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	58
AGRADECIMENTOS .....	59
REFERÊNCIAS .....	59
<b>CAPÍTULO 3: ROTAS TECNOLÓGICAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DAS LAVANDERIAS DE BENEFICIAMENTO DE JEANS DO APL TÊXTIL DO AGRESTE PERNAMBUCANO .....</b>	<b>65</b>
1. INTRODUÇÃO.....	66
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	67
2.1. Resíduos Sólidos de lavanderias têxteis.....	67
3. METODOLOGIA.....	68
3.1. O APL do Agreste Pernambucano .....	68
3.2. Passos metodológicos .....	69
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	73
4.1. Caracterização dos empreendimentos .....	73
4.2. Etapas de beneficiamento e geração de resíduos.....	77
4.3. Especificação das rotas tecnológicas.....	79
4.4. Conformidade legal das rotas .....	83
4.5. Ecologia Industrial e Economia Circular nas rotas tecnológicas .....	84
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	86
AGRADECIMENTOS .....	89
REFERÊNCIAS .....	89
<b>CAPÍTULO 4: MELHORIAS PROCESSUAIS DOS MODELOS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS TÊXTEIS DAS LAVANDERIAS DE JEANS DO APL DO AGRESTE PERNAMBUCANO .....</b>	<b>94</b>
1. INTRODUÇÃO.....	95
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	96
2.1. Rotas tecnológicas dos resíduos sólidos têxteis .....	96
3. METODOLOGIA.....	97
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	101
4.1. Análise das rotas tecnológicas existentes .....	101
4.2. Proposição de modelos gerenciais para as lavanderias têxteis do APL de Pernambuco.....	103
4.3. Avaliação econômica das rotas .....	106
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	110

AGRADECIMENTOS .....	111
REFERÊNCIAS .....	111
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>117</b>
APÊNDICE A.....	119
ANEXO A.....	120

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

As discussões acerca de sistemas de produção mais limpa estão se tornando cada vez mais comuns dentro das organizações, assim, ampliando o interesse em tecnologias, produtos, práticas profissionais e avanço de pesquisas em processos produtivos dentro do contexto da sustentabilidade (ÀLVAREZ; BÁRCENA; GONZÁLEZ, 2017).

Considerando sistemas industriais ambientalmente adequados, têm-se os conceitos de Ecologia Industrial e Economia Circular, que partem do princípio da compreensão do fluxo de material e energia no ambiente industrial e da inserção de práticas sustentáveis nestes sistemas produtivos (CHAGAS, 2020).

No âmbito da Ecologia Industrial o objetivo é a redução da utilização de matérias-primas e energia, conseqüentemente diminuindo o processo de poluição e degradação ambiental. Além deste conceito, visa a redução da devolução de resíduos para o meio ambiente através de ciclos de produção fechados, gerando produtividade coletiva em empresas do mesmo segmento e da mesma região (SILVA, 2017). A adoção da proposta de Ecologia Industrial faz com que a indústria integre um sistema baseado em Economia Circular, que propõe um modelo de gestão em que, num plano ideal, ocorra o reaproveitamento e valorização dos recursos investidos (FERRONATO et al., 2019).

De acordo com Aguiar, Pessoa e El-Deir (2019), o conceito de Ecociclos ou Ecologia Industrial pode ser aplicado desde que este tenha condições técnicas, gerenciais, mercadológicas, econômicas e financeiras favoráveis, para que assim não se apresentem como fatores limitantes desta prática. Tais ações baseiam-se no conceito natural de biomimética, em que as funcionalidades de uma estrutura biológica presente na natureza podem ser utilizadas para soluções de problemáticas da sociedade, podendo orientar as empresas para mudanças de sistemas lineares para cadeias cíclicas, assim como no processo de Economia Circular presente na natureza (TATE et al., 2019).

A indústria têxtil inclui todas as etapas que envolvem os tecidos, desde a fiação ao beneficiamento e confecção, sendo estes naturais ou sintéticos, com empresas aderindo a todos os processos ou apenas a um deles (AMARAL et al., 2018). Para além da importância da atividade, do impacto positivo na economia mundial e do destaque cultural, esta, é uma das atividades que mais demanda o uso de recursos naturais no planeta e, também, a que mais polui, destacando os resíduos gerados no processo produtivo (BRYDGES, 2021). Neste sentido, os conceitos sobre Ecologia Industrial e Economia Circular possuem aplicabilidade dentro do setor têxtil, possibilitando o

desenvolvimento sustentável dessa atividade, assim como, o desenvolvimento de modelos de negócios em conformidade legal ambiental e inovação tecnológica (TODESCHINI et al., 2017).

Com base nestas informações, o presente estudo abordou os resíduos sólidos das lavanderias têxteis e a aplicabilidade dos conceitos sustentáveis já apresentados anteriormente dentro das rotas tecnológicas destes resíduos, tendo o Arranjo Produtivo Local (APL) do Agreste de Pernambuco como desígnio para o estudo.

Considerando que o APL do Agreste Pernambucano possui importância para o desenvolvimento econômico e social do estado de Pernambuco e da região em que este está inserido, bem como, o crescimento de debates relacionados à conservação ambiental e a sustentabilidade, espera-se que esta pesquisa agregue no processo de elevação dos impactos socioeconômicos positivos e no auxílio à melhoria da qualidade ambiental, configurando efeitos favoráveis no setor industrial têxtil de Pernambuco no que se refere ao ambiente natural, econômico, humano e cultural. Além disso, é válido salientar que a economia do estado de Pernambuco está profundamente atrelada à produção têxtil da região.

Com este estudo, pretende-se desenvolver a aplicação da Ecologia Industrial pautada na Economia Circular nas rotas tecnológicas dos resíduos sólidos têxteis, buscando internalizar a inovação na estruturação de preceitos para a sustentabilidade setorial.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Propor a aplicação da Ecologia Industrial visando a Economia Circular na inovação das rotas tecnológicas dos resíduos sólidos provenientes do beneficiamento de jeans do polo industrial do setor têxtil do Agreste Pernambucano.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Aprofundar o conhecimento a respeito da Indústria Têxtil e das Rotas Tecnológicas de Resíduos Sólidos Têxteis através da compreensão do “estado da arte”, a partir de estudo bibliométrico, cientométrico e infométrico, identificando a disseminação de informações, produção científica e evolução deste campo referente à internalização

do conceito de Ecologia Industrial e Economia Circular;

- ✓ Realizar análise crítica para ajustes na legislação setorial referente ao tema, através de levantamento documental;
- ✓ Determinar as rotas tecnológicas da destinação dos resíduos sólidos das lavanderias têxteis a partir do levantamento de dados primários e análises das informações coletadas em campo por meio de visitas técnicas;
- ✓ Propor inovações nos modelos de gerenciamento dos resíduos sólidos das lavanderias de jeans do Setor Têxtil Pernambucano, no âmbito da Ecologia Industrial e Economia Circular.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1. Ecologia Industrial e Economia Circular**

A Ecologia Industrial traz a possibilidade de uma abordagem específica de gestão de recursos e na contribuição da formação de novos contextos e padrões territoriais que auxiliam no processo de administração desses meios (CERCEAU; MAT; JUNQUA, 2018).

A prática da Ecologia Industrial tem se difundido ao longo das décadas, principalmente nos processos de engenharia, como um método que pode fornecer subsídios para o desenvolvimento dos processos industriais tradicionais através do foco em inovação e modelos de negócios e, o conceito e aplicação dentro do processo de desenvolvimento sustentável (SULLIVAN; THOMAS; ROSANO, 2018).

O conceito de Ecologia Industrial baseia-se na minimização da geração de resíduos dentro das atividades industriais através do compartilhamento de recursos entre outras organizações, sendo estes, água, energia, resíduos sólidos, subprodutos e outros materiais (AL-THANI; AL-ANSARI, 2021). É válido ressaltar que estes conceitos de métodos de produção mais sustentáveis, que visam integração entre indústria e meio ambiente, também integram a aplicação do conceito de desmaterialização, reduzindo a exploração das matérias-primas de forma crescente e exagerada e abrindo o pressuposto para um desenvolvimento que considere o tripé da sustentabilidade, ou seja, social, econômico e ambiental (MARQUES; SILVA; EL-DEIR, 2020). Empresas que visam a

sustentabilidade utilizam-se constantemente dos conceitos de transmaterialização, no qual altera-se a matéria-prima para outra ambientalmente menos impactante e, de desmaterialização até atingir o nível de imaterialização, que configura o processo de máxima redução de insumos (SILVA et al., 2021).

No âmbito da obtenção de benefícios sustentáveis, a prática da Ecologia Industrial e suas ferramentas podem auxiliar no processo de obtenção da Economia Circular nos aspectos conceituais, técnicos e políticos, onde esta, complementa a base para a estrutura da Ecologia Industrial, haja vista que os modelos de produção circulares buscam obter desenvolvimento econômico aliado ao uso racional dos recursos naturais (SAAVEDRA et al., 2018; WALMSLEY et al., 2019).

Ao tomar como base as discussões acerca do conceito da Economia Circular, vale ressaltar a prática da Economia Linear, sendo um modelo bastante comum e que se baseia na exploração de recursos, produção e eliminação destes, considerando assim que estes produtos alcançarão o fim da vida útil, sem a possibilidade de posterior reutilização ou reinserção no ciclo produtivo (ARAÚJO, 2018). Frente a esta questão da Economia Linear, surge o modelo de Economia Circular, que utiliza de métodos para a racionalização dos recursos naturais e de produtos advindos de tecnologias mais sustentáveis, menos industrializadas e até mais artesanais. Tal iniciativa enfatiza modelos de negócios que resultem em produtos a partir de ciclos produtivos fechados, tornando-se uma alternativa a práticas menos sustentáveis e buscando um equilíbrio social, econômico e ambiental (SANTOS et al., 2018; WALMSLEY et al., 2019).

Para países em desenvolvimento, a Economia Circular pode ser considerada uma ferramenta que corrobora com o desenvolvimento sustentável e as melhorias na gestão de resíduos sólidos destes locais. Estas iniciativas impactam positivamente à nível mundial, visto que, evidencia os princípios da valorização destes materiais e impulsionam a economia (FERRONATO et al., 2019).

Christensen (2021) verificou que governos locais (municipal e estadual) podem contribuir positivamente para a aplicabilidade da Economia Circular, tornando-se um impulsionador ativo desta prática junto às empresas. Assim, estas destacam a relevância da presença de legislação e de políticas públicas pertinentes que apoiem a este método de produção.

De acordo com a *Americas Sustainable Development Foundation* (ASDF, 2020), existem alguns referenciais que devem ser analisados no processo de implementação da Economia Circular, numa determinada organização ou até num país. Destaca-se assim o

conceito transformador desta prática, a dependência da sua implementação com relações econômicas e de cadeias de abastecimento global, apoio governamental, a realidade em que o local de aplicação estiver inserido, a possibilidade de contribuir positivamente para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e as mudanças climáticas.

Uma pesquisa realizada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) constatou que apenas 30% das empresas entrevistadas demonstraram conhecimento acerca da Economia Circular, entretanto, 76,5% do total de entrevistados já praticavam ações voltadas para a Economia Circular, mesmo não possuindo conhecimento referente ao tema. Das práticas desenvolvidas, destacaram-se a de otimização de processos produtivos, a utilização de insumos circulares, ou seja, materiais mais sustentáveis e renováveis, produtos advindos da reciclagem, reutilização, remanufatura e o aproveitamento máximo das matérias-primas e, a troca de resíduos entre as empresas, chamada de simbiose industrial (CNI, 2020).

### **3.2. Indústria têxtil e resíduos sólidos têxteis**

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT, 2013), a maior parte da produção têxtil mundial é concentrada no continente Asiático, liderado pela China. Em contrapartida, o Brasil é o quarto maior produtor de itens de vestuário e está na quinta posição de manufaturados têxteis. Para além disso, a indústria brasileira detém a maior cadeira têxtil completa do Ocidente, sendo o segundo maior empregador da indústria de transformação e produziu 2,04 milhões de toneladas de têxteis e 9,04 bilhões de peças de confecções, em 2019 (ABIT, 2021).

Com o desenvolvimento da indústria no período intitulado de Revolução Industrial, desenvolveu-se também as discussões e as problemáticas ambientais acerca desta temática, de forma mais expressiva. Nesse caso, os impactos ambientais provenientes da indústria têxtil são severos quanto aos preceitos abióticos e biocenóticos (SILVA et al., 2019). A produção voltada ao mercado têxtil revela-se como de elevada capacidade de impactos negativos, em especial, relativo à quantidade de resíduos sólidos que são gerados diariamente (RODRIGUES; HENKES, 2018). A indústria têxtil utiliza diversos tipos de produtos químicos em suas etapas, que resultam numa problemática ambiental relacionada ao tratamento dos efluentes e à correta gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos advindos destas atividades, interferindo assim no processo de

desenvolvimento destas organizações em países que possuem legislação ambiental compatível com este setor (HOLKAR et al., 2016).

Dentre os resíduos sólidos gerados por esta indústria, têm-se como exemplo as sobras de tecidos após a customização ou produção das peças. Tais produtos são gerados por fibras de algodão, em sua maioria. Ao final do processo de confecção, a destinação final deste ocorre em aterros sanitários e ou são incinerados, não havendo um processo de reciclagem ou de reintegração desses materiais no processo produtivo, geralmente (SILVA et al., 2018).

Os resíduos sólidos têxteis representam 5% da quantidade de resíduos gerados no mundo. Porém, com baixa taxa de reciclagem, cerca de 95% destes materiais possuem capacidade de recuperação através da reutilização, reciclagem e outros processos e tratamentos, inclusive baseados na adesão à Economia Circular (TODOR; KISS; CIOATA, 2021).

Segundo Shirvanimoghaddam et al. (2020), a forma de produção e consumo referente à indústria têxtil deve ser modificada para uma alternativa mais sustentável, em virtude que esta atividade representa em termos econômicos e sociais. Ressalta-se que, além de refletir costumes e culturas, esta também detém 2% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial. A elevação do consumo destes materiais dar-se de forma expressiva, bem como uma interferência negativa na problemática ambiental ao longo da cadeia produtiva, como também no processo de disposição final e nos baixos índices das práticas de reciclagem das peças, ao fim do uso.

### **3.3. O Setor Têxtil Brasileiro**

De acordo com a Confederação Nacional da Indústria (CNI), o setor têxtil no Brasil é formado por diversos estágios que compõem essa cadeia produtiva, destacando-se como uma das poucas indústrias que detém todas as etapas do setor a âmbito mundial, partindo do cultivo das fibras à produção do tecido (CNI, 2017). De modo geral, a cadeia produtiva têxtil brasileira é formada por três etapas principais, sendo, a fiação, a tecelagem e o acabamento/beneficiamento (VIEIRA, 2018).

O Brasil é o 4º maior produtor de artigos de vestuário e o 5º maior produtor têxtil do mundo. Para além desta importância socioeconômica, o setor responde pelo quarto maior gasto com mão de obra, ou seja, uma das categorias que mais gera empregos no país (ABIT, 2013). Sendo assim, um dos setores mais tradicionais brasileiros, destacando-se a indústria de confecção (ROSSI, 2019).

No âmbito do vestuário, o Brasil é referência na produção de *jeans wear* e o 4º maior consumidor de denim, tecido que compõe as peças de jeans, resultando em um faturamento bilionário e empregando 1,5 milhões de trabalhadores em 2018 (MODEFICA; FGV; REGENERATE, 2020). Os maiores produtores têxteis concentram-se nas regiões Sudeste, Sul e Nordeste, respectivamente, confeccionando uma média de 46,5 peças/hab/ano, chegando a atingir 2 milhões de toneladas de têxteis em 2017 (MENDES JUNIOR, 2017; ABIT, 2018; IEMI, 2019).

Muito embora exista a relevância econômica do setor no país, ressalta-se as questões sociais e ambientais relacionadas às más condições de trabalho ou serviço análogo à escravidão e aos impactos ao solo, ar, corpos hídricos e a geração de resíduos sólidos ao longo da cadeia produtiva, guiando à reflexão de reavaliar os modelos produtivos e o consumo dos produtos (AMARAL et al., 2019). Isso resulta em uma problemática de perda de competitividade do Brasil, uma vez que o setor tem relevância econômica para o país, em especial na empregabilidade, fazendo-se necessário analisar estratégias internacionais que podem auxiliar na definição de novos planejamentos no contexto brasileiro (SANTOS, 2020).

### **3.4. Lavanderias Industriais Têxteis**

Há diversos processos que envolvem a cadeia de produção têxtil, sendo a indústria de beneficiamento ou o procedimento de lavagem das peças uma dessas etapas (SOUTO, 2017; SILVA FILHO, 2021). Estas empresas constituem uma parte do setor de produção da moda mundial (SILVA; MENELAU; RIBEIRO, 2021).

As lavanderias de beneficiamento de peças de jeans detêm processos químicos e físicos nas diversas etapas (ALVES; LIMA, 2021). Os processos que ocorrem dentro das lavanderias têm por finalidade deixar as peças mais confortáveis e atrativas aos consumidores e de acordo com as tendências do mercado. Assim, não existe uma sequência de métodos a seguir e sim um objetivo final a ser alcançado, de acordo com a demanda de cada cliente (LUIZ; VALENTIM, 2020).

Junto ao processo de lavagem do jeans, há outras metodologias ou subprocessos de lavagem, que se relacionam com as transformações das peças (COELHO et al., 2018). Destas etapas de lavagem, destacam-se os diferentes tipos de jeans: i) Amaciado: usa técnicas químicas de desengomagem para melhorar a peça com relação à sensação ao toque e conforto; (ii) Estonado: utiliza pedras vulcânicas, como a pedra-pomes, criando

um aspecto desgastado ou “desbotado” ao tecido; (iii) *Destroyed*: aplicação de procedimentos físicos que garantem desgaste ou corte às peças, dando aparência de destruído; (iv) *Used*: utiliza-se, comumente, solução química de permanganato de potássio para a descoloração da área aplicada; e (v): Tingimento: confere a aplicação de corantes químicos para alterar a coloração das peças (DUARTE; SILVA, 2020; SANTOS; CARMO, 2020). A partir do exemplo de tais processos físico-químicos, este setor evidencia a geração de resíduos quimicamente complexos (VIANA et al., 2018).

#### **4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

Visando o atendimento dos objetivos propostos, a presente dissertação está estruturada em quatro capítulos a seguir:

Capítulo 1 – Pesquisa bibliométrica da produção científica acerca da Economia Circular aplicada aos resíduos sólidos da indústria têxtil, compreendendo os anos de 2010 e 2021. O presente capítulo trata-se da evolução da produção acadêmica acerca do tema, em um intervalo de 10 anos, utilizando-se de técnicas de bibliometria e de análise de estatística textual.

Capítulo 2 – Análise documental da legislação ambiental brasileira referente ao setor têxtil no país. Neste capítulo, a legislação setorial foi estudada, buscando-se entender quais os aspectos legais que corroboram com a temática de resíduos sólidos têxteis no Brasil e as possibilidades de mudanças ou melhorias através de análise crítica.

Capítulo 3 – Compreensão das rotas tecnológicas dos resíduos sólidos têxteis do Arranjo Produtivo Local do Agreste de Pernambuco. Neste terceiro capítulo, buscou-se entender a geração dos resíduos dentro das lavanderias de beneficiamento de jeans e as rotas tecnológicas destes materiais nas empresas estudadas, por meio de visitas técnicas aos empreendimentos.

Capítulo 4 – Proposição de rotas tecnológicas circulares e a precificação destes modelos de gerenciamento. Neste último capítulo, ocorreu a proposição de melhorias nos modelos de gerenciamento já existentes, visando a internalização da Ecologia Industrial e Economia Circular nas rotas e a possibilidade de redução de geração de resíduos e custos operacionais.

#### **REFERÊNCIAS**

ABIT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO.  
**Indústria têxtil e de confecção brasileira: cenários, desafios, perspectivas e demandas.**  
Brasília: ABIT, 2013.

ABIT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. **Perfil do Setor**. São Paulo. ABIT: 2018.

ABIT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. **Perfil do setor têxtil brasileiro**. Brasília: ABIT, 2021. Disponível em: <<https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>>. Acesso em: 10 nov. 2021.

AGUIAR, A. C.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. Modelos de gerenciamento de resíduos sólidos: proposta para melhoria contínua. **Resíduos sólidos: os desafios da gestão/ Ilana Lopes da Silva Nunes, Lidiane Almeida Pessoa, Soraya Giovanetti El-Deir.** – 1. ed.- Recife: EDUFRPE, 2019.

ALVES, J. R. S.; LIMA, A. R. F. Remediação de efluente industrial em lavanderias do polo têxtil no Agreste Pernambucano. **V Congresso Internacional de Gestão e Tecnologias**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.31692/2596-0857>.

AL-THANI, N. A.; AL-ANSARI, T. Comparing the convergence and divergence within industrial ecology, circular economy, and the energy-water-food nexus based on resource management objectives. **Sustainable production and consumption**, v. 27, p. 1743 – 1761, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.04.008>.

ÁLVAREZ, M. E. P.; BÁRCENA, M. M.; GONZÁLEZ, F. A. On the sustainability of machining processes. Proposal for a unified framework through the triple bottom-line from an understanding review. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 3890-3904, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.071>.

AMARAL, M. C.; ZONATTI, W. F.; SILVA, K. L.; KARAM JUNIOR, D.; AMATO NETO, J.; BARUQUE-RAMOS, J. Reciclagem industrial e reuso têxtil no Brasil: estudo de caso e considerações referentes à economia circular. **Gestão & Produção**, v. 25, n. 3, p. 431-443, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X3305>.

AMARAL, W. A. N., OMETTO, A. R., IRITANI, D. R., MOREIRA, N., GOMES, G. M., & IWASAKA, F. I. **Moda circular no Brasil**. Piracicaba, SP: Esalq/USP. 2019.

AMORIM, J. F. O.; PRAZERES, R. V.; SANTOS, C. O. Desenvolvimento do APL de confecções: Um estudo socioeconômico sobre o Agreste Pernambucano. **Revista Economia Política do Desenvolvimento**, v. 3, n. 5, p. 39–56, 2016.

ARAÚJO, D. M. O. L. Economia Circular – Avaliação do ciclo de vida em dois produtos Efacec. **Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Biológica)** – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2018.

ASDF – AMERICAS SUSTAINABLE DEVELOPMENT FOUNDATION. **Diretrizes para a elaboração de um roteiro nacional de Economia Circular no Brasil**. Factor: Ideas for change. RFP/UNIDO/7000003530. Brasil, 2020.

AVILA, A. P. S.; MACIEL, D. H.; SILVEIRA, I.; RECH, S. Os resíduos têxteis sólidos no contexto de abordagens sustentáveis: Ciclo de vida, economia circular e upcycling. **Mix Sustentável**, v. 4, n. 3, p. 17 – 24, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2018>.

BRYDGES, T. Closing the loop on take, make, waste: Investigating circular economy practices in the Swedish fashion industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 293, p. 126245, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126245>.

CERCEAU, J.; MAT, N.; JUNQUA, G. Territorial embeddedness of natural resource management: A perspective through the implementation of industrial ecology. **Geoforum**, v. 89, p. 29-42, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.01.001>.

CHAGAS, M. J. R. **Perspectivas da Indústria Têxtil Cearense em um contexto de Economia Circular**. 2020. 132 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, DF, 2020.

CHRISTENSEN, T. B. Towards a circular economy in cities: Exploring local modes of governance in the transition towards a circular economy in construction and textile recycling. **Journal of Cleaner Production**, v. 305, e127058, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127058>.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **O setor têxtil e de confecção e os desafios da sustentabilidade**. Brasília: CNI, 2017.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Pesquisa sobre economia circular - 2019**. Ano 1, n. 1, abr. 2020.

COELHO, C. P. G.; VIANA, M. A.; LORENA, E. M. G.; HOLANDA, R. M. Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados no processo de beneficiamento nas lavanderias de jeans. **Resíduos sólidos: Impactos socioeconômicos e ambientais/** João Paulo de Oliveira Santos, Rodrigo Cândido Passos da Silva, Daniel Pernambucano de Mello, Soraya Giovanetti El-Deir. – 1. ed.- Recife: EDUFRPE, 2018.

DUARTE, A. D.; SILVA, G. L. Aplicação da ferramenta de análise de ciclo de vida (ACV) no processo de tratamento de efluentes em uma lavanderia de beneficiamento de jeans. **Exacta**, n. 18, v. 2, p. 355-367, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5585/exactaep.v18n2.8370>.

FERRONATO, N.; RADA, E. C.; PORTILLO, M. A. G.; GIOCA, L. I.; RAGAZZI, M.; TORRETTA, V. Introduction of the circular economy within developing regions: A comparative analysis of advantages and opportunities for waste valorization. **Journal of environmental management**, v. 230, p. 366-378, 2019.

HOLKAR, C. R.; JADHAV, A. J.; PINJARI, D. V.; MAHAMUNI, N. M.; PANDIT, A. B. A critical review on textile wastewater treatments: Possible approaches. **Journal of Environmental Management**, v. 182, p. 351 – 366, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.07.090>.

IEMI – INTELIGÊNCIA DE MERCADO. **Brasil Têxtil 2019: Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira**. São Paulo, 2019.

MARQUES, M. M. N.; SILVA, T. S.; EL-DEIR, S. G. Estratégias para a desmaterialização dos resíduos sólidos: Discussões do congresso brasileiro de resíduos sólidos. In: SILVA, T. S.; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 9 – 20.

MENDES JUNIOR, B. O. **A indústria têxtil no Nordeste, Norte de Minas e Norte do Espírito Santo: Contextualização e Perspectivas**. Caderno Setorial ETENE. Fortaleza, 2019.

MODEFICA, FGVces, REGENERATE. **Fios da Moda: Perspectiva Sistêmica para a Circularidade**. São Paulo, 2020.

PERNAMBUCO. Lei Estadual Nº 14.549, de 21 de dezembro de 2011. Altera a Lei nº 14.249, de 17 de dezembro de 2010, que dispõe sobre licenciamento ambiental, infrações e sanções

administrativas ao meio ambiente, e dá outras providências. Pernambuco, **Diário Oficial do Estado**, 22 dez. 2011.

RODRIGUES, L. S.; HENKES, J. A. Gerenciamento de Resíduos Sólidos em uma Indústria Têxtil. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 700 – 744, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v7e12018700-744>.

ROSSI, F. E. **Os principais problemas relacionados ao comércio internacional do setor têxtil brasileiro**. 2019. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Comércio Internacional) - Universidade de Caxias do Sul, Bento Gonçalves, 2019.

SAAVEDRA, Y. M. B.; IRITANI, D. R.; PAVAN, A. L. R.; OMETTO, A. R. Theoretical contribution of industrial ecology to circular economy. **Journal of cleaner production**, v. 170, p. 1514 – 1522, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.260>.

SANTOS, J. P. O.; SILVA, E. V. L.; SOUZA, A. L.; EL-DEIR, S. G. Economia Circular como via para minimizar o impacto ambiental gerado pelos resíduos sólidos. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos: Tecnologias e boas práticas de economia circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 8 – 17.

SANTOS, G. F. **Análise da importância da competitividade da indústria têxtil brasileira frente ao contexto mundial**. 2020. 61 f. Dissertação (Mestrado em Propriedade Intelectual) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

SANTOS, C. N.; CARMO, B. C. O desafio da sustentabilidade nas lavanderias industriais de Cianorte. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 83771-83785, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-714>.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO A MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Estudo econômico do arranjo produtivo local de confecções do agreste pernambucano**, 2012. Recife, 2013.

SCHMITT, F.; SILVA, D. M.; BOHRER, R. E. G.; SOUZA, E. L.; BISOGNIN, R. P.; GUERRA, D. Gerenciamento de resíduos sólidos em uma empresa de confecção de vestuário no município de Três Passos/RS. **Revista de Estudos Ambientais (Online)**, v. 21, n. 2, p. 58 – 70, 2019. DOI: [10.7867/1983-1501.2019v21n2p58-70](https://doi.org/10.7867/1983-1501.2019v21n2p58-70).

SHIRVANIMOGHADDAM, K.; MOTAMED, B.; RAMAKRISHNA, S.; NAEBE, M. Death by waste: Fashion and textile circular economy case. **Science of the total environment**, v. 718, e137317, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137317>.

SILVA, T. M. L. **Princípios de Ecologia Industrial na concepção e produção de peças de vestuário: Estudo de múltiplos casos empresariais no Polo de Confecções do Agreste de Pernambuco**. 2017. 125f. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

SILVA, T. L.; CAZETTA, A. L.; SOUZA, P. S. C.; ZHANG, T.; ASEFA, T.; ALMEIDA, V. C. Mesoporous activated carbon fibers synthesized from denim fabric waste: Efficient adsorbents for removal of textile dye from aqueous solutions. **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 482 – 490, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.034>.

SILVA, H. M. A.; ALMEIDA, J. V. S.; ALMEIDA, S. S. M.; TORRES, M. F. M.; MARTINS, M. U. E. Comparativo da conscientização dos impactos da geração de resíduos sólidos em indústrias têxteis de pequeno e grande porte na cidade de Jaguaruana – CE. In: ALVES, L. S.

- F.; BEZERRA, J. A.; SILVA, M. M. N. (Org.). **Sustentabilidade, políticas públicas e interdisciplinaridade no semiárido**. v. 2. Pau dos Ferros – RN, 2019. p. 177 – 188.
- SILVA, B. L.; XAVIER, M. G. P. Inovação e tecnologia em lavanderias de jeans do polo têxtil do agreste pernambucano e a implementação das atividades de reúso de água. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 41458 – 41476, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n6-620.
- SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G.; ALMEIDA, I. M. S.; FREITAS, G. P. Indústria 4.0 na geração dos resíduos sólidos: materialização, transmaterialização, desmaterialização, imaterialização. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 99 – 110.
- SILVA, M. F.; MENELAU, A. S.; RIBEIRO, A. R. B. Impactos ambientais registrados nos estudos das lavanderias têxteis do arranjo produtivo do Agreste Pernambucano: Uma releitura pela perspectiva da sustentabilidade ambiental. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 77 - 103, 2021.
- SILVA FILHO, A. R. A. S.; DUARTE, A. D.; SINESIO, E. P.; SILVA, G. L.; PESSÔA, S. G. S. Classificação, caracterização e diagnóstico das lavanderias de beneficiamento de jeans na cidade de Caruaru – PE, no Agreste Pernambucano. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.12186>.
- SOUTO, T. J. M. P. **Estudo do comportamento químico e ambiental de efluentes industriais e resíduos sólidos oriundos de lavanderias do polo têxtil no agreste pernambucano**. 2017. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.
- SULLIVAN, K.; THOMAS, S.; ROSANO, M. Using industrial ecology and strategic management concepts to pursue the sustainable development goals. **Journal of cleaner production**, v. 174, p. 237 – 246, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.201>.
- TATE, W. L.; BALS, L.; BALS, C.; FOERSTL, K. Seeing the forest and not the trees: Learning from nature's circular economy. **Resources, conservation & recycling**, v. 149, p. 115 – 129, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.05.023>.
- TODESCHINI, B. V.; CORTIMIGLIA, M. N.; CALLEGARO-DE-MENEZES, D.; GHEZZI, A. Innovative and sustainable business models in the fashion industry: Entrepreneurial drivers, opportunities, and challenges. **Business Horizons**, v. 60, p. 759-770, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.07.003>.
- TODOR, M. P.; KISS, I.; CIOATA, V. G. Development of fabric-reinforced polymer matrix composites using bio-based components from post-consumer textile waste. **Material today: Proceedings**, v. 45, p. 4150 – 4156, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.927>.
- LUIZ, S.; VALENTIM, A. F. Lavanderia em jeans e a sustentabilidade em moda: comparativo entre processos tradicionais e ecológicos. **Projética**, v. 12, n. 1, p. 297-326, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5433/2236-2207.2021v12n1p297>.
- VIANA, M. A.; LIRA, E. B. S.; COELHO, C. P. G.; BEZERRA, P. X. G.; LORENA, E. M. G.; HOLANDA, R. M. Pegada hídrica em indústria de beneficiamento de jeans no Agreste Pernambucano. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 3, n. 1, p. 61-68, 2018. DOI: <https://doi.org/10.24221/jeap.3.1.2018.1723.061-068>.
- VIEIRA, L. G. **Mudanças na especialização do setor têxtil vestuarista brasileiro frente ao processo de internacionalização produtiva**. 2018. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso

(Bacharelado em Relações Internacionais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

WALMSLEY, T. G.; ONG, B. H. Y.; KLEMES, J. J.; TAN, R. R.; VARBANOV, P. S. Circular integration of processes, industries and economies. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 107, p. 507 – 515, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.03.039>.

## CAPÍTULO 1

### O ESTADO DA ARTE SOBRE A APLICAÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR NOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA INDÚSTRIA TÊXTIL

#### RESUMO

A indústria têxtil e, por consequência, os resíduos sólidos provenientes do setor, conferem impactos ambientais nocivos ao meio ambiente, principalmente, por meio dos modelos de produção linear. Métodos inovadores consideram o modelo produtivo circular, em que há o aproveitamento máximo de matérias-primas, produção mais limpa e sustentável. O presente estudo objetivou analisar a produção acadêmica mundial acerca da aplicação da Economia Circular na indústria têxtil, destacando os resíduos sólidos do setor, a fim de aprofundar as discussões sobre rotas tecnológicas destes materiais, no espaço temporal de 2010 à 2021. O levantamento bibliométrico, cientométrico e infométrico foram realizados através de três principais fontes de pesquisa e bases científicas: *Web of Science* (WoS), *Science Direct* (Elsevier) e *SciVerseScopus* (Scopus), por meio da sistematização de etapas, prosseguindo numa divisão metodológica fragmentada em três etapas: (i) levantamento de dados, (ii) tratamento dos dados e (iii) análise dos dados qualiquantitativos. Os resultados evidenciaram um aumento na produção científica nos anos de 2019, 2020 e 2021 (considerando o primeiro semestre), principalmente, destacando os indicadores analisados na pesquisa. O continente Europeu detém 60,12% dos artigos e um total de 33 países foram analisados no estudo. Observou-se que 165 pesquisadores contribuíram para o avanço científico das pesquisas relacionadas a aplicação da Economia Circular nos resíduos sólidos têxteis. Estas publicações estão em revistas com diferentes fatores de impacto, havendo classificação Qualis/Capes para a maioria destes. Na nuvem de palavras, os destaques foram para os indicadores, *Circular Economy*, *Textile*, *Fashion* e *Recycle*. Concluiu-se que os estudos devem ser mais aprofundados para as pesquisas e publicações acadêmicas do tema, visando ampliar a compreensão e identificar estratégias operacionais para a aplicação de tais conceitos.

**Palavras-chave:** Materiais Recicláveis, Modelo de Produção Sustentável, Sustentabilidade Setorial.

#### THE STATE OF THE ART ON THE APPLICATION OF THE CIRCULAR ECONOMY IN SOLID WASTE FROM THE TEXTILE INDUSTRY

#### ABSTRACT

The textile industry and, consequently, the solid waste from the sector, confer harmful environmental impacts to the environment, mainly through linear production models. Innovative methods consider the circular production model, in which there is maximum use of raw materials, cleaner and more sustainable production. The present study aimed to analyze the world academic production on the application of the Circular Economy in the textile industry, highlighting the solid waste of the sector, in order to deepen the discussions on technological routes of these materials, in the time frame from 2010 to 2021. The bibliometric survey, Scientometric and Infometric were carried out through

three main sources of research and scientific bases: Web of Science (WoS), Science Direct (Elsevier) and SciVerseScopus (Scopus), through the systematization of stages, proceeding in a methodological division divided into three stages: (i) data collection, (ii) data processing and (iii) qualitative and quantitative data analysis. The results showed an increase in scientific production in the years 2019, 2020 and 2021 (considering the first semester), mainly, highlighting the indicators analyzed in the research. The European continent holds 60.12% of the articles and a total of 33 countries were analyzed in the study. It was observed that 165 researchers contributed to the scientific advancement of research related to the application of Circular Economy in textile solid waste. These publications are in journals with different impact factors, with Qualis/Capes classification for most of them. In the word cloud, the highlights were for the indicators, Circular Economy, Textile, Fashion and Recycle. It was concluded that the studies should be more in-depth for research and academic publications on the subject, aiming to broaden understanding and identify operational strategies for the application of such concepts.

**Keywords:** Recyclable Materials, Sustainable Production Model, Sectoral Sustainability.

## 1. INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos têxteis representam impactos negativos ao meio ambiente que podem ser agravados em decorrência da baixa prática de reutilização e reciclagem por empresas que representam este tipo de atividade (NAVONE et al., 2020). A degradação ambiental causada pela indústria têxtil possui a capacidade de afetar ambientes como água, ar e solo, especialmente, em virtude do modelo conhecido por *fast fashion*, caracterizado pelo rápido ciclo de vida e do aumento do consumo a partir da diminuição do preço dos produtos (CLAXTON; KENT, 2020; BRYDGES, 2021). De acordo com Hole e Hole (2020), apenas nos Estados Unidos, 11 milhões de toneladas de resíduos têxteis são dispostos em aterros sanitários e estes resíduos representam 5% da ocupação dos aterros mundiais.

O modelo de produção linear ainda é o mais comum no setor, que realiza uso e descarte de matérias-primas e produtos, caracterizando-se como de maior potencial de provocar degradação ambiental (WANG et al., 2020). Considerando os impactos inerentes à indústria têxtil, modelos de negócios inovadores e que visam o consumo consciente e a produção mais limpa vêm tornando-se essenciais no setor têxtil (FIDAN; AYDOGAN; UZAL, 2021). A exemplo disso, destaca-se a introdução da Economia Circular, que visa a inserção de práticas sustentáveis e de baixo desperdício no processo produtivo. Porém, esta é uma estratégia que tem um potencial de expansão para uma abordagem holística dentro do setor. Entretanto, na maioria dos casos, é muito vinculada

apenas aos resíduos sólidos, resultando na diminuição dos desperdícios de matéria e energia (BRYDGES, 2021). Com isso, o desafio atual das indústrias é utilizar métodos e estratégias que atinjam a prática sustentável alinhadas ao *triple bottom line*, maximizando os rendimentos, em consonância com o meio ecológico e social (TATE et al., 2019).

Tais práticas são consideráveis devido às ameaças ambientais pertinentes à indústria têxtil serem descritas como de grau elevado, destacando a etapa de lavagem do jeans por ser a de maior incidência de riscos ambientais e de danos à saúde humana (LORENA et al., 2018). As lavanderias têxteis, em especial as de beneficiamento de jeans, destacam-se pelos impactos ambientais negativos em virtude da elevada produção de resíduos sólidos e efluentes líquidos tóxicos (SOUTO, 2017; SILVA et al., 2018; SILVA FILHO et al., 2021). A etapa de beneficiamento destes materiais, que englobam as lavanderias, é caracterizada também pelos processos físicos e químicos aos quais os tecidos são submetidos (ARAÚJO et al., 2019).

Nesta perspectiva, e visando ampliar a compreensão acerca da temática em questão, o presente estudo objetivou analisar a produção acadêmica mundial acerca da aplicação da Economia Circular na indústria têxtil, destacando os resíduos sólidos do setor, a fim de aprofundar as discussões sobre rotas tecnológicas destes materiais, apropriando-se do espaço temporal de janeiro de 2010 à julho de 2021, nas principais plataformas de pesquisas acadêmicas.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. Bibliometria, cientometria e infometria**

A determinação do “estado da arte” tem por objetivo realizar a revisão de literatura acerca do tema em evidência, ou seja, verificar o que foi escrito e publicado, os aspectos já abordados e os avanços a serem alcançados, resultando assim em uma contextualização do trabalho que será aplicado (PRODANOV; FREITAS, 2013). Para Gil (2008), o levantamento ou pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de materiais acadêmicos já existentes, sendo estes livros ou artigos científicos. Este processo apresenta como principal vantagem a elevação do nível e da variedade das informações referentes ao tema do estudo. Para além deste levantamento, existem as pesquisas bibliométricas, cientométricas e infométricas, para complementar as análises relacionadas ao estudo do “estado da arte”.

A bibliometria pode ser definida como sendo a representação de um conjunto de

leis e princípios que são aplicados à métodos estatísticos e matemáticos, para determinar o mapeamento da produtividade científica de periódicos e autores (CAFÉ; BRÄSCHER, 2008). O levantamento bibliométrico aplica uma metodologia quantitativa de avaliação de trabalhos científicos que apresentam as mesmas particularidades enquanto as referências representam os métodos discursivos utilizados nesse processo (RODRIGUES; VIERA, 2016). O processo quantitativo da bibliometria pode ser útil para a investigação de um tema de interesse de trabalhos relacionados a uma mesma área de estudo, além de mensurar a contribuição do conhecimento científico acerca do tema, dentre outras iniciativas científicas de conhecimento mais aprofundado de um objeto de pesquisa (ZANINI; PINTO; FILIPPIM, 2012).

A análise cientométrica ou cienciometria avalia a produção científica, considerando a colaboração entre autores, os países e as instituições (DANUELLO; OLIVEIRA, 2012). A cienciometria tem o objetivo de quantificar o progresso científico, auxiliando na tomada de decisões sobre os temas e áreas que necessitam de atenção diferenciada. Está pautada em indicadores bibliométricos, configurando assim numa parte do levantamento bibliométrico (SILVA; BIANCHI, 2001).

O levantamento infométrico é considerado o mais recente dentre os métodos apresentados anteriormente, onde ocorre uma apropriação do estudo bibliométrico e cientométrico para determinar os aspectos cognitivos, ou seja, o desenvolvimento e o fluxo das informações referente ao tema proposto dentro da comunidade científica (SANTOS; KOBASHI, 2009).

### **3. METODOLOGIA**

O estudo do estado da arte através da análise dos impactos ambientais causados pela indústria têxtil, dos resíduos sólidos têxteis e da Economia Circular no setor têxtil, à nível mundial, deu-se através de levantamento bibliográfico inicial (livros, artigos, dentre outras produções científicas). Este processo de aproximação do tema foi realizado através de três principais fontes de pesquisa e bases científicas: *Web of Science* (WoS), *Science Direct* (Elsevier) e *SciVerseScopus* (Scopus). Também foram realizadas buscas por estudos locais, como dissertações de mestrado, teses de doutorado e artigos científicos publicados em periódicos nacionais e internacionais.

A partir deste levantamento inicial, foram seguidos os procedimentos de levantamento bibliométrico, cientométrico e infométrico, respectivamente. A pesquisa prosseguiu numa divisão metodológica fragmentada em três etapas: (i) Levantamento de

dados, (ii) Tratamento dos dados e (iii) Análise dos dados.

(i) *Levantamento dos dados*

Os dados foram obtidos a partir do levantamento realizado nas plataformas científicas *Web of Science (WoS)*, *Science Direct (Elsevier)* e *SciVerseScopus (Scopus)*, onde, o acesso às bases de dados deu-se através do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). Para a consulta, utilizou-se como critério de busca as palavras-chave ou os indicadores bibliométricos correlatos à temática de Economia Circular e resíduos sólidos têxteis, sendo estes, “*Circular Economy*” AND “*Fashion Industry*” e “*Circular Economy*” AND “*Textile Waste*”, considerando o título, resumo e palavras-chave. Salienta-se que, houve a tentativa de inclusão de palavras-chave relacionadas às rotas tecnológicas dos resíduos sólidos têxteis e às lavanderias industriais têxteis; contudo os resultados obtidos não seriam suficientes para compor uma amostragem final significativa.

Foram priorizados estudos no formato de artigos científicos, no idioma em inglês, considerando como fundamento para a temporalidade um período mínimo de dez anos (2010-2021), ressaltando que no ano de 2021 foi considerado apenas o primeiro semestre. A área de conhecimento do periódico também foi considerada, dando preferência às áreas de Engenharias 1 e Ciências Ambientais. No entanto, outras sub áreas temáticas foram incluídas em virtude de se enquadrarem no estudo e possuírem relevância na pesquisa.

Dos artigos localizados inicialmente, efetivou-se a retirada de pesquisas duplicadas através do *software Mendeley*. O *Mendeley* é uma ferramenta utilizada, principalmente, para gerenciar referências e bastante popular dentro da comunidade acadêmica (KATCHANOV; MARKOVA; SHMATKO, 2019). Os artigos restantes foram submetidos a uma análise de forma integral, visando determinar as pesquisas relevantes para o trabalho, estabelecendo uma amostra final. Os trabalhos não utilizados serviram de suporte para a discussão deste estudo.

(ii) *Tratamento dos dados*

A etapa de tratamento dos dados foi efetuada após o levantamento da amostra final, onde, o material coletado foi separado em grupos. Tais categorias envolvem o ano de publicação, os autores, as instituições de ensino as quais os autores representam, periódicos e países para a determinação das regiões geográficas das pesquisas. Os indicadores foram quantificados em virtude do número de vezes em que estes apareceram

nos títulos, resumos e palavras-chave. Outros aspectos relevantes foram o *Qualis*, considerando os quadriênios 2013-2016 e 2017-2020, este último, foi divulgado de forma preliminar pela Capes, mas que se encontra em fase de finalização e, o Fator de Impacto (FI) ou *Journal Citation Reports (JCR) 2020*, que analisa o desempenho dos periódicos por meio das publicações e citações.

Todos os aspectos mencionados foram tratados no *software Excel* através do uso de planilhas, fórmulas, confecção de gráficos, quadros e tabelas, possibilitando a avaliação qualitativa e quantitativa da amostra.

### (iii) *Análise dos dados*

No que se refere à etapa final da pesquisa, após a elaboração dos gráficos, tabelas e quadros, foram realizadas as discussões acerca das análises qualitativas e quantitativas a partir destes elementos gráficos. A análise textual foi executada através do *software Iramuteq (Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires)*. Com isso, foi possível realizar o agrupamento de palavras em função da repetição destas nos segmentos de texto analisados. Resultando assim, na frequência e na formação da nuvem de palavras, a partir do título, resumo e palavras-chave, dos termos mais relevantes ao tema analisado.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Produção científica mundial**

A plataforma *Web of Science* foi a que apresentou maior número de publicações com relação à temática de Economia Circular, totalizando 7.523 trabalhos. Este indicador possui relevante importância na pesquisa em virtude da crescente busca por melhorias na gestão ambiental empresarial, diminuição na utilização de insumos, adoção de práticas mais sustentáveis e menos lineares nos ciclos produtivos. A partir disso, é possível compreender as crescentes discussões acerca do tema no que se refere aos trabalhos acadêmicos.

A palavra-chave “*Textile Waste*”, apresentou-se como a de menor número de pesquisas acadêmicas relacionados a este tema, provavelmente, indicando que as discussões acerca dos resíduos têxteis ainda se encontram em fase inicial, sendo que se faz necessário compreender a importância do tema para o aumento das contribuições acadêmicas, de forma considerável.

A utilização dos indicadores “*Circular Economy AND Fashion Industry AND Textile Waste*” resultou em um baixo quantitativo de publicações, impossibilitando assim, a utilização destes de forma conjunta, pois a amostra final para prosseguir com a pesquisa ficaria comprometida. Porém, a combinação destes indicadores separadamente, destacando a Economia Circular como indicador principal, obteve-se um resultado de 77 artigos científicos para “*Circular Economy AND Fashion Industry*” e 106 trabalhos para a combinação “*Circular Economy AND Textile Waste*”, somando-se as três plataformas selecionadas (Tabela 1).

**Tabela 1.** Quantitativo de publicações com relação aos indicadores e às bases científicas.

<b>Keywords</b>	<b>WoS</b>	<b>Science Direct</b>	<b>Scopus</b>
<i>Circular Economy</i>	7.523	3.772	7.119
<i>Fashion Industry</i>	1.021	156	1.156
<i>Textile Waste</i>	1.187	171	505
<i>Circular Economy AND Fashion Industry</i>	32	12	33
<i>Circular Economy AND Textile Waste</i>	47	16	43
<i>Circular Economy AND Fashion Industry AND Textile Waste</i>	4	5	10

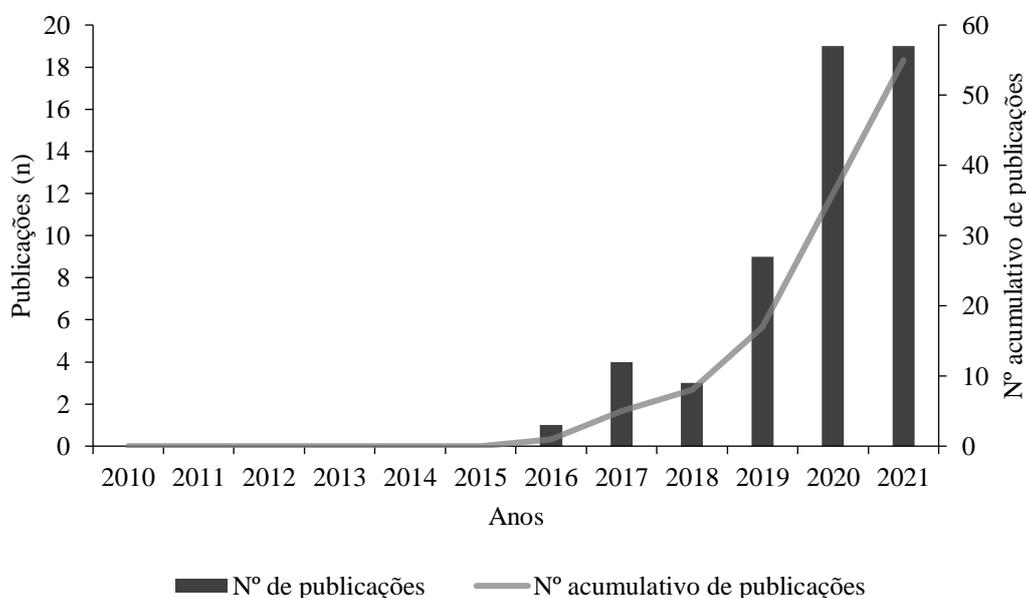
Fonte: Autor (2021).

Inicialmente, o número de artigos encontrados nas três plataformas selecionadas para a pesquisa foi de 183 publicações. Após o tratamento deste universo amostral no *Mendeley*, e conseqüentemente, a retirada de duplicadas, a pesquisa ficou concentrada em 89 artigos. Por fim, com a retirada de materiais fora do eixo temático da pesquisa, obteve-se uma amostra final de 55 artigos científicos.

Nota-se que dentro do espaço temporal selecionado para a pesquisa, as discussões acerca dos resíduos sólidos dentro da indústria têxtil e a aplicabilidade da Economia Circular no setor iniciaram no ano de 2016, concentrando-se nos anos de 2020 e 2021, de forma ascendente. O número de publicações nos anos de 2020 e 2021 correspondem a 69,09% da amostragem geral considerada neste estudo (Figura 1). As mudanças relacionadas à indústria têxtil, especialmente aos itens de vestuário, têm se intensificado de forma positiva, corroborando para a sustentabilidade e a aplicação da Economia

Circular por considerarem as demandas dos consumidores atuais, sendo estes intitulados de Geração Z (GAZZOLA et al., 2020). Tal informação pode fundamentar as crescentes pesquisas sobre o setor na atualidade.

**Figura 1.** Publicações sobre economia circular, indústria têxtil e resíduos têxteis durante o período de 2010 e 2020.



Fonte: Autor (2021).

As produções científicas relacionadas aos indicadores selecionados englobaram 4 continentes, 33 países, 74 instituições e 165 autores. Dentre as publicações coletadas nas bases *Web of Science*, *Science Direct* e *Scopus*, o continente Europeu detém 60,12% dos artigos; a Ásia, 19,05%; a Oceania, 8,93%; e a América, 11,90%. Deste último, a América do Norte detém 4,76% e a América do Sul 7,14%.

Um total de 33 países e 165 pesquisadores contribuíram para o avanço científico das pesquisas relacionadas ao tema focal. Os países com maior número de pesquisadores contribuintes foram a China (Ásia), com 21 autores (12,50%); a Itália (Europa), com 16 autores (9,52%); o Brasil (América), com 12 pessoas envolvidas (7,14%); e a Austrália (Oceania), com 11 cientistas (6,55%) (Tabela 2). Destacando as instituições: “*The Hong Kong Polytechnic University*” (China); “*Politecnico di Torino*” (Itália); “*Universidade Federal do Rio Grande do Sul*” (Brasil); e, “*Queensland University of Technology*” (Austrália).

**Tabela 2.** Contribuição das produções científicas por regiões geográficas.

Continentes	País/Região	Contribuição por autores	Contribuição (%)
-------------	-------------	--------------------------	------------------

América do Norte	<i>Canadá</i>	4	2,38
	<i>EUA</i>	4	2,38
Oceania	Austrália	11	6,55
	Nova Zelândia	4	2,38
Europa	República Tcheca	3	1,79
	Lituânia	9	5,36
	Reino Unido	10	5,95
	Turquia	3	1,79
	Suécia	7	4,17
	Dinamarca	8	4,76
	Itália	16	9,52
	Noruega	3	1,79
	Romênia	3	1,79
	Países Baixos	1	0,60
	Alemanha	1	0,60
	União Europeia	1	0,60
	Áustria	2	1,19
	Portugal	6	3,57
	Escandinávia	2	1,19
	França	3	1,79
	Eslovênia	2	1,19
	Estônia	5	2,98
	Croácia	3	1,79
	Espanha	4	2,38
Inglaterra	2	1,19	
Finlândia	7	4,17	
América do Sul	Brasil	12	7,14
Ásia	Turquia	3	1,79
	Índia	5	2,98
	China	21	12,50
	Coreia do Sul	3	1,79

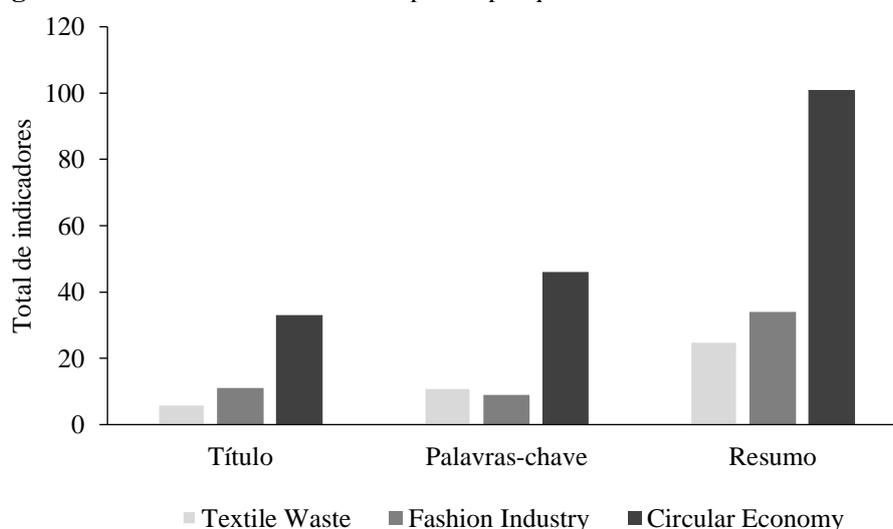
Fonte: Autor (2021).

Vale ressaltar que a China detém a maior produção têxtil mundial, já o Brasil é um dos principais produtores e consumidores. A Itália é um país que vêm aplicando o modelo de Economia Circular em seus processos produtivos para impulsionar a economia setorial dentro da União Europeia (ABIT, 2013; COLUCCI; VECCHI, 2020; TEDESCO; MONTACCHINI, 2020). Ademais, a análise proporcionou verificar que (i) existe elevação de estudos relacionados à aplicação da Economia Circular em multinacionais e em modelos de produção “*fast fashion*” no continente asiático; (ii) estratégias de produção mais sustentáveis, reciclagem e oportunidades no setor na América do Sul; (iii) e, os impactos dos resíduos sólidos provenientes da cadeia de produção de peças na Europa, contribuindo com as possibilidade de inovações tecnológicas no que tange a indústria têxtil e os impactos negativos a esta relacionados.

#### 4.2. Características quali quantitativas da produção científica

Dentre os indicadores selecionados, a palavra-chave *Circular Economy* foi a que mais se destacou na análise dos títulos, resumos e palavras-chave. No item resumo, este indicador apareceu 101 vezes e, o indicador *Fashion Industry* destacou-se com 46 repetições. Já a palavra-chave *Textile Waste* foi a que apareceu com menos frequência em relação aos outros termos. Com isso, é possível verificar que os estudos relacionados à aplicação da Economia Circular dentro dos processos da indústria têxtil, mais precisamente na área de vestuário, têm se intensificado. A inserção da problemática dos resíduos provenientes desta atividade industrial junto às discussões do método circular ainda se encontram em fase inicial de pesquisas e implementação no setor (Figura 2).

**Figura 2.** Indicadores selecionados para a pesquisa entre os anos de 2010 e 2021.



Fonte: Autor (2021).

No que se refere às revistas científicas e periódicos, foram selecionados 36 periódicos diferentes. As revistas mais utilizadas pelos autores foi a *Journal of Cleaner Production*, com 6 pesquisas científicas, que representa 10,9% das publicações analisadas e, a *Sustainability*, com 5 artigos, totalizando 9,09% do total da amostra final. Ambas as revistas são dominantes em pesquisas em áreas que correspondem à produção mais limpa e desenvolvimento sustentável. É válido destacar a revista *Waste Management*, relacionada às pesquisas voltadas para a gestão de resíduos (Quadro 1).

**Quadro 1.** Classificação dos periódicos com relação aos *Qualis* 2013-2016 e 2017-2020 e ao fator de impacto (JCR) 2020.

Revista/Periódico	Publicações	Qualis	Qualis	Qualis (2017-2020)	Fator de Impacto –
-------------------	-------------	--------	--------	--------------------	--------------------

		(2013-2016) Engenharias I	(2013-2016) Ciências Ambientais		JCR (2020)
<i>Journal of Cleaner Production</i>	6	A1	A1	A1	9,297
<i>Sustainability</i>	5	A2	-	A1	3,251
<i>Waste Management</i>	3	A1	A1	A1	7,145
<i>Journal of Fashion Marketing and Management</i>	3	-	-	A2	3,329
<i>The Design Journal</i>	3	-	-	A3	-
<i>Sustainable Production and Consumption</i>	2	-	B1	A1	5,032
<i>Waste Management &amp; Research</i>	2	A1	A2	A4	3,549
<i>Business Strategy and the Environment</i>	2	-	-	A1	10,302
<i>Polymers</i>	2	-	-	A2	4,329
<i>Business Horizons</i>	1	-	-	A1	6,361
<i>Science of the Total Environment</i>	1	A1	A1	A1	7,963
<i>Computers in Industry</i>	1	-	-	A1	7,635
<i>Current opinion in Green and Sustainable Chemistry</i>	1	-	B2	B2	6,457
<i>Procedia Environmental Science, Engineering and Management</i>	1	-	-	-	-
<i>Management and marketing</i>	1	-	-	-	0,41
<i>The International Journal of Productivity and Performance Management</i>	3	-	-	A2	0,67
<i>Revista de Gestão</i>	1	-	-	-	-
<i>Social Responsibility Journal</i>	1	-	-	-	-
<i>Strategic Design Research Journal</i>	1	-	-	A4	-
<i>Journal of Environmental Research, Engineering and Management</i>	1	-	-	-	-
<i>International Journal of Fashion Design, Technology and Education</i>	1	-	-	-	-
<i>The Sociological Review Monographs</i>	1	-	-	-	-
<i>Journal of Engineered Fibers and Fabrics</i>	1	-	-	B1	1,573
<i>FIIB Business Review</i>	1	-	-	-	-
<i>Critical Reviews in Environmental Science and Technology</i>	1	-	A1	A1	12,561

<i>Cogent Business &amp; Management</i>	1	-	-	B1	0,35
<i>Brazilian Journal of Operations &amp; Production Management</i>	1	B4	B3	C	0,18
<i>Gestão &amp; Produção</i>	1	B2	B1	B2	-
<i>The Journal of Design, Creative Process &amp; the Fashion Industry</i>	1	-	-	-	-
<i>Laws</i>	1	-	-	-	-
<i>SN Applied Sciences</i>	1	-	-	-	0,32
<i>Proceedings of the Estonian Academy of Sciences</i>	1	-	-	-	1,045
<i>Social Ecology: Journal of Ecological Thought and Sociological Research of the Environment</i>	1	-	-	-	-
<i>Environmental Science and Pollution Research</i>	1	-	-	-	4,223
<i>Production Planning &amp; Control</i>	1	-	-	A2	7,044
<i>Urban Science</i>	1	-	-	B3	-

Fonte: Autor (2021).

Silva (2021) afirma que o *Qualis* realiza a métrica do desempenho das revistas acadêmicas à nível nacional. Tal informação, justifica a utilização deste fator na pesquisa, onde, o quadriênio 2013-2016 para as áreas de Engenharias I e Ciências Ambientais demonstrou que dentre os periódicos analisados, 11 possuem avaliação para pelo menos uma das áreas, representando um percentual de 30,5% da amostra final, com avaliações diversificando-se entre A1 e B3. O quadriênio 2017-2020 determina uma única avaliação para o periódico, sem considerar as diferentes áreas do conhecimento como critério de avaliação. Este, ainda se encontra em fase de refinamento pela Capes. Das 36 revistas, 14 apresentaram *Qualis* que variaram entre A1, A2 e B1, demonstrando que 38,8% dos periódicos possuem elevada importância acadêmica à nível nacional, consequentemente, elevando-se a qualidade das pesquisas selecionadas.

Com relação ao aspecto Fator de Impacto (FI) ou *Impact Factor*, este considera as citações que os artigos de uma determinada revista recebem ao longo do ano em função do número de publicações, conferindo o nível de relevância mundial de um periódico. Houve uma variação do *Impact Factor* da pesquisa entre 0,18 (*Brazilian Journal of Operations & Production Management*) e 12,561 (*Critical Reviews in Environmental Science and Technology*). Todavia, 33,33% das revistas analisadas apresentaram fator de



<i>Waste</i>	85
<i>Model</i>	85
<i>Business</i>	75
<i>Fashion Industry</i>	64
<i>Sustainable</i>	57
<i>Circular</i>	56
<i>Textile Waste</i>	53
<i>Sustainability</i>	48
<i>Product</i>	46
<i>Consumer</i>	43
<i>Clothe</i>	41

Fonte: Autor (2021).

Os termos mais frequentes nas pesquisas foram *Circular Economy*, *Textile*, *Fashion* e *Recycle*. As empresas e pesquisadores estão compreendendo a importância e os benefícios do potencial, ainda inexplorado, da sustentabilidade aplicada aos resíduos sólidos industriais têxteis (MOORHOUSE; MOORHOUSE, 2017).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que, dentro do espaço temporal analisado para o desenvolvimento da pesquisa, as discussões acerca dos resíduos sólidos dentro da indústria têxtil e a aplicabilidade da Economia Circular, registrou-se elevação significativa das publicações acadêmicas no ano de 2016, concentrando-se um quantitativo, nos anos de 2020 e 2021 de forma ascendente.

Observou-se que houve diferença significativa no quantitativo dos artigos encontrados nas plataformas de busca *Science Direct*, *Web of Science*, e *Scopus*, quando usados indicadores do eixo temático. Dentre as publicações coletadas, o tema é bastante observado como tema acadêmico na Europa, sendo que diversos grupos de pesquisa estão em formação na Ásia, em particular na China, o que reflete o desenvolvimento tecnológico daquela nação e o direcionamento para a sustentabilidade setorial. Também foi destaque a produção acadêmica da Itália, país polo da moda mundial, havendo claros reflexos nos estudos investigativos. Já o Brasil, como um dos principais produtores e consumidores, trata da questão como tema emergente, havendo o processo de consolidação tanto da indústria têxtil quanto deste objeto na academia.

Os indicadores analisados pelo método proposto demonstraram resultado explicativo a respeito da produção acadêmica, deixando claro quão relevante é a temática

para estudos científicos. Com isso, foi possível verificar que os estudos relacionados à aplicação da *Circular Economy* dentro dos processos da indústria têxtil, mais precisamente na área de vestuário, têm se intensificado de forma positiva. Já a palavra *Textile Waste* foi a que apareceu com menos frequência em relação aos outros termos analisados. Estas publicações estão em revistas com diferentes fatores de impacto, havendo classificação Qualis/Capes para a maioria destes. Na nuvem de palavras, os termos em destaques (*Circular Economy, Textile, Fashion e Recycle*) refletem como estas temáticas estão regularmente inseridas nos artigos, sendo parte da fundamentação teórica utilizada pelos autores.

Por fim, os resultados demonstram que os estudos devem ser mais aprofundados para as pesquisas e publicações acadêmicas acerca dos resíduos sólidos têxteis e da aplicação da Economia Circular no setor, visando ampliar a compreensão da temática discutida em questão. Desta forma, a academia estará com maior proximidade com o setor, assumindo os desafios operacionais deste como casos de estudos acadêmicos.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – Facepe pelo apoio financeiro, através do Edital nº 18/2020 da Capes/Facepe. Ao Grupo Gestão Ambiental em Pernambuco – Gampe pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, W. C.; DE JESUS, J. O. N.; PEDRO, F. J. D.; RODRIGUES, L. K. O.; SANTOS, D. S.; SANTOS, I. S. Estudo socioeconômico do Polo de Confecções no Agreste de Pernambuco: uma análise descritiva e exploratória. **Brazilian Journal of Devepoment**, v. 5, n. 11, p. 26812-26826, 2019. DOI: 10.34117/bjdv5n11-304.

BRYDGES, T. Closing the loop on take, make, waste: Investigating circular economy practices in the Swedish fashion industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 293, p. 126245, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126245>.

CAFÉ, L.; BRÄSCHER, M. Organização da informação e bibliometria. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, n. Esp, p. 54-75, 2008.

CLAXTON, S.; KENT, A. The management of sustainable fashion design strategies: An analysis of the designer's role. **Journal of Cleaner Production**, n. 268, p. 12112, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122112>.

COLUCCI, M.; VECCHI, A. Close the loop: Evidence on the implementation of the circular economy from the Italian fashion industry. **Business Strategy and the Environment**, v. 30, p. 856-873, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/bse.2658>.

DANUELLO, J. C.; OLIVEIRA, E. F. T. Análise Cientométrica: produção científica e redes colaborativas a partir das publicações dos docentes dos programas de pós-graduação em fonoaudiologia no Brasil. **Em Questão**: Edição Especial, v. 18, p. 65 – 79, 2012.

FIDAN, F. D.; AYDOGAN, E. K.; UZAL, N. An integrated life cycle assessment approach for denim fabric production using recycled cotton fibers and combined heat and power plant. **Journal of Cleaner Production**, n. 287, p. 125439, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125439>.

GAZZOLA, P.; PAVIONE, E.; PEZZETTI, R.; GRECHI, D. Trends in the Fashion Industry. The Perception of Sustainability and Circular Economy: A Gender/Generation Quantitative Approach. **Sustainability**, n. 12, p. 2809, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12072809>.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ª ed. São Paulo: Editora Atlas S. A. 2008.

HOLE, G.; HOLE, A. S. Improving recycling of textiles based on lessons from policies for other recyclable materials: A minireview. **Sustainable Production and Consumption**, v. 23, p. 42-51, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.04.005>.

LORENA, E. M. G.; LORENA, C. G.; MEDEIROS, R. M. M.; EL-DEIR, S. G.; HOLANDA, R. M.; ARAÚJO, V. D. Modelo de gestão de riscos em lavanderias de beneficiamento no arranjo produtivo local (APL) têxtil e de confecções de Pernambuco, Brasil. **Revista Produção Online**, v. 18, n. 2, p. 620-640, 2018.

MOORHOUSE, D.; MOORHOUSE, D. Sustainable Design: Circular Economy in Fashion and Textiles. **The Design Journal**, n. 20, p. 1756-3062, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352713>.

NAVONE, L.; MOFFITT, K.; HANSEN, K.; BLINCO, J.; PAYNE, A.; SPEIGHT, R. Closing the textile loop: Enzymatic fibre separation and recycling of wool/polyester fabric blends. **Waste Management**, v. 102, p. 149-160, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.026>.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2ª ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale. 2013.

RODRIGUES, C.; VIERA, A. F. G. Estudos bibliométricos sobre a produção científica da temática Tecnologias de Informação e Comunicação em bibliotecas. **Revista de Ciência da Informação e Documentação**, v. 7, n. 1, p. 167-180, 2016.

SANTOS, R. N. M.; KOBASHI, N. Y. Bibliometria, cientometria, infometria: Conceitos e Aplicações. **Pesquisa Brasileira Ciência e Informação**, v. 2, n.1, p. 155 – 172, 2009.

SILVA FILHO, A. R. A. S.; DUARTE, A. D.; SINESIO, E. P.; SILVA, G. L.; PESSÔA, S. G. S. Classificação, caracterização e diagnóstico das lavanderias de beneficiamento de jeans na cidade de Caruaru – PE, no Agreste Pernambucano. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.12186>.

SILVA, J. A.; BIANCHI, M. L. P. Cientometria: A métrica da ciência. **Revista Paidéia**, v. 11, n. 20, p. 5 – 10, 2001.

SILVA, T. S. **Impacto da gestão socioambiental em rede colaborativa do Comitê Ecos de Pernambuco nos Planos de Logística Sustentável institucionais**. 2021. 90f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2021.

SOUTO, T. J. M. P. **Estudo do comportamento químico e ambiental de efluentes industriais e resíduos sólidos oriundos de lavanderias do polo têxtil no agreste pernambucano.** 2017. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

TATE, W. L.; BALS, L.; BALS, C.; FOERSTL, K. Seeing the forest and not the trees: Learning from nature's circular economy. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 149, p. 115 – 129, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.05.023>.

TEDESCO, S.; MONTACCHINI, E. From Textile Waste to Resource: A Methodological Approach of Research and Experimentation. **Sustainability**, n. 12, p. 10667, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su122410667>.

WALMSLEY, T. G.; ONG, B. H. Y.; KLEMES, J. J.; TAN, R. R.; VARBANOV, P. S. Circular integration of processes, industries and economies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 107, p. 507 – 515, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.03.039>.

WANG, B.; LUO, W.; ZHANG, A.; TIAN, Z., LI, Z. Blockchain-enabled circular supply chain management: A system architecture for fast fashion. **Computers in Industry**, n. 123, p. 103324, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103324>.

ZANINI, G. B; PINTO, M. D. S; FILIPPIM, E. S. Análise bibliométrica aplicada à gestão do conhecimento. **Revista Conhecimento Interativo**, v. 6, n. 2, p. 124-140, 2012.

## CAPÍTULO 2

### RESÍDUOS SÓLIDOS TÊXTEIS: UMA ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO SETORIAL NO BRASIL

#### RESUMO

O setor têxtil representa impactos positivos às esferas econômicas, sociais e culturais de uma sociedade; contudo essa atividade é considerada a segunda indústria mais poluente do mundo. Dentre os impactos causados, destacam-se a produção de resíduos sólidos, os problemas de gestão e gerenciamento no Brasil e as necessidades de atender aos padrões legais exigidos. Com isso, o objetivo deste estudo foi de realizar o levantamento da legislação ambiental referente ao setor, focando nos resíduos sólidos têxteis. A metodologia da pesquisa consistiu em análise bibliográfica e documental, onde, no primeiro momento, fez-se o levantamento bibliográfico para a aproximação do tema de pesquisa e, na segunda etapa, foi realizado o levantamento documental referente à legislação ambiental e Políticas Públicas do setor têxtil. Os resultados obtidos a partir da investigação demonstraram que os acordos internacionais foram ferramentas que impulsionaram a legislação ambiental vigente no país. Além disso, o Brasil possui um arcabouço legal bem fundamentado, especialmente no que tange às questões dos resíduos sólidos. Em contrapartida, verificou-se a necessidade de Políticas Públicas e um marco legal específico para a indústria têxtil, tendo em vista o seu potencial econômico e social, assim como o de impactos ambientais negativos ao ambiente. É importante que a sociedade civil como principal consumidor desta atividade, além das empresas e do poder público, una-se em função de melhorias de métodos de produção e consumo, utilizando-se de meios legais, para impactar positivamente a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos dentro do setor, considerando o desenvolvimento da indústria e tecnológico.

**Palavras-chave:** Gestão Ambiental, Instrumentos Legais, Responsabilidade Socioambiental.

#### SOLID TEXTILE WASTE: AN ANALYSIS OF SECTORAL LEGISLATION IN BRAZIL

#### ABSTRACT

The textile sector represents positive impacts to the economic, social and cultural spheres of a society; however, this activity is considered the second most polluting industry in the world. Among the impacts caused, the production of solid waste, the management and management problems in Brazil and the need to meet the required legal standards stand out. With that, the objective of this study was to carry out the survey and critical discussions of the environmental legislation referring to the sector, focusing on textile solid waste. The research methodology consisted of bibliographic and documentary analysis, where, at first, a bibliographic survey was carried out to approach the research topic and, in the second step, a document survey was carried out regarding environmental legislation and Public Policies of the sector. textile. The results obtained from the investigation showed that international agreements were tools that boosted the environmental legislation in force in the country. In addition, Brazil has a well-founded

legal framework, especially with regard to solid waste issues. On the other hand, there was a need for Public Policies and a specific legal framework for the textile industry, in view of its economic and social potential, as well as its negative environmental impacts on the environment. It is important that civil society, as the main consumer of this activity, in addition to companies and public authorities, unite in order to improve production and consumption methods, using legal means, to positively impact the management and management of waste. within the sector, considering the development of industry and technology.

**Keywords:** Environmental management, Legal Instruments, Social and Environmental Responsibility.

## 1. INTRODUÇÃO

A necessidade humana por itens de vestuário e outros produtos afins desenvolveu a Indústria Têxtil Mundial. Assim, esta encontra-se presente em diversos países resultando em significativos impactos positivos nas esferas social, econômica, política e cultural, onde, a demanda por estes materiais resultou no desenvolvimento da infraestrutura e tecnologias aliadas ao tema (FUJITA; JORENTE, 2015).

Muito embora o setor têxtil proporcione ganhos socioeconômicos, sendo pautado num viés cultural, é válido considerar as questões ambientais acerca deste tema, em especial os resíduos gerados ao longo do processo produtivo, a possibilidade de reutilização destes materiais e melhorias no processo de gestão e gerenciamento (TONIOLLO; ZANCAN; WÜST, 2015). Para Cerceau, Mat e Junqua (2018), a gestão dos recursos é moldada a partir das particularidades territoriais em que estes se encontram, assim como esse processo de gestão contribui para o desenvolvimento e formação de novos territórios.

Mesmo o setor têxtil sendo uma das maiores atividades da indústria de transformação, é composto por práticas insustentáveis no quesito ambiental (ALBUQUERQUE; SANTOS; MOITA NETO, 2021). Em virtude destas questões, a indústria têxtil no Brasil teve que se adequar para atender à legislação ambiental vigente no país. Além disso, tais ajustes legais pressupõem uma representatividade setorial, uma qualificação técnico operacional, que podem elevar a competitividade neste setor empresarial e garantir maior segurança para os consumidores. Estes últimos, cada vez mais estão conscientes em relação às premissas ambientais (ZONATTI et al., 2015).

No que se refere à problemática ambiental advinda do setor têxtil, destacam-se os resíduos provenientes desta atividade, que são compostos de elevada carga orgânica e de

materiais tóxicos (VIOTTO et al., 2019). De acordo com a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2009), existe a geração de resíduos sólidos industriais em todas as etapas produtivas da indústria têxtil, destacando alguns resíduos perigosos oriundos de embalagens de produtos químicos e da geração de lodo do tratamento de efluentes, além de restos de fios e tecidos das confecções.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 10004 (ABNT, 2004), os resíduos de alguns processos inerentes à indústria têxtil devem ter tratamento e destinação ambientalmente adequados, visto que a variedade e a complexidade da composição, além de apresentar capacidade de solubilidade em água.

O *Global Fashion Agenda* (GFA, 2021) ou Agenda Global da Moda é um fórum mundial que visa a inserção de práticas de desenvolvimento sustentável dentro do setor de artigos de vestuário. Esta publicou, no relatório anual intitulado de “Fashion CEO – Agenda 2021”, que as prioridades atuais destas indústrias estão voltadas para ações de sustentabilidade, adequações legais, desenvolvimento de pessoas e comunidades, diminuição de impactos sobre mudanças climáticas e biodiversidade. Tais metas podem ser alcançadas através de ambientes de trabalho seguros e respeitosos, melhores condições salariais, adoção de sistemas circulares, uso eficiente de recursos e escolha inteligente de matérias-primas, buscando assim um processo de produção mais limpa. Neste sentido, essa pesquisa teve por objetivo realizar o levantamento da legislação ambiental referente à temática da indústria têxtil no Brasil, em especial da gestão e do gerenciamento dos resíduos sólidos deste setor, com discussões críticas acerca da legislação setorial.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. Revoluções industriais e Políticas Públicas**

No âmbito das discussões acerca da estruturação legal de um país, é válido considerar que há pressões internas e externas que compõem esse processo. Com isso, os acordos internacionais são importantes ferramentas que induziram e impulsionam a formação da legislação ambiental brasileira, possibilitando correções internas nos processos e delimitando inovação em atividades que configuram ameaças ambientais.

É importante mencionar que no processo de evolução mundial, vários fatores interagiram ao longo da história. A chamada globalização, vinculada às diversas fases da Revolução Industrial, geraram a ascensão do capitalismo transnacional, cunhando a forma

com que a sociedade e as atividades antrópicas passaram a apropriar os recursos naturais, estimulando discussões ambientais entre os países, na atualidade.

Tratando-se da Revolução Industrial, o processo histórico de desenvolvimento técnico operacional da produção industrial vem agregando diferentes bases energéticas e formas de produção, dividindo-se em quatro níveis, partindo da Indústria I 1.0 até a Indústria I 4.0 (FONSECA; VENIR, 2020; SANTOS et al., 2020; SHARMA et al., 2021). Na 1ª Revolução Industrial, ocorreu a introdução de facilitadores de produção mecânica e maquinários à vapor na Inglaterra. Ressalta-se que nesta etapa a indústria têxtil, em especial o setor de vestuário, foi uma das que se desenvolveu de forma mais acentuada. Na 2ª Revolução Industrial, houve a disseminação do processo industrial da Inglaterra para a França e posteriormente para a Europa nórdica, além dos Estados Unidos e Japão. Neste momento, os sistemas eram baseados em processos de montagem e melhorias de eficiência e custos, como também pela utilização do aço, da eletricidade e da extração e utilização de petróleo.

Na 3ª Revolução Industrial, ocorreu o desenvolvimento da automação, da eletrônica, da informática, da robótica e da genética. Já na 4ª Revolução Industrial e atual Indústria 4.0 foi marcada pelo processo de revolução digital, que permite a interação entre meio físico, biológico e digital.

A crise ambiental proveniente das fases da Revolução Industrial agravou-se após a Segunda Guerra Mundial, passando a evidenciar preocupações em comunidades científicas, sociedades civis e representantes de diversas nações (PASSOS, 2009). Para marcar o início das discussões ambientais no mundo e o ponto de partida que posteriormente resultou em Políticas Públicas ambientais no Brasil, houve a Conferência de Estocolmo, da Organização das Nações Unidas (ONU, 1972). Esta reunião foi um direcionamento dos países para as questões ambientais mundiais.

Em 1987, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento utilizou pela primeira vez o conceito de Desenvolvimento Sustentável, documentando-o através do Relatório Brundtland ou “Nosso Futuro Comum”. Por definição, este desenvolvimento se baseia em um crescimento socioeconômico que não interfira nas gerações futuras (ONU, 1987).

Muito embora os debates mundiais ainda estivessem em fase inicial, as preocupações acerca da proteção à saúde humana e à qualidade ambiental advindas dos perigos dos resíduos sólidos foram amplamente discutidas na Convenção de Basileia, em 1989. Tal discussão resultou na adequação mundial sobre a gestão de resíduos perigosos,

por meio de uma cooperação internacional (ONU, 1989). Além disso, a internalização deste tratado internacional pelo Brasil deu-se através do Decreto nº 875 (BRASIL, 1993) e do Decreto nº 4.581 (BRASIL, 2003).

A partir da consolidação do termo “Desenvolvimento Sustentável”, a disseminação perpetuou até a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Conferência Eco-92 ou Rio-92, que aconteceu no Rio de Janeiro (ONU, 1992). Nesse encontro, aprofundou-se as discussões mundiais, firmando o acordo internacional da Agenda 21 Global, com definições de metas econômicas, sociais e ambientais, a partir do *triple bottom line* ou tripé da sustentabilidade, como arcabouço para as ações sustentáveis. Desde então, a Agenda 21 Global é considerada um guia para o desenvolvimento sustentável no governo brasileiro.

Tratando-se então de acordos internacionais, vinculado às discussões da evolução da indústria e na formação do aparato legal brasileiro, a I 4.0 destaca-se atualmente pela evolução tecnológica e pelas necessidades de melhorias de gestão e da área ambiental, à medida que esta indústria se desenvolve, consolidando uma necessidade de interação entre a cadeia produtiva e o consumidor final (SHARMA et al., 2021). Para além disso, a era da digitalização, na qual as indústrias estão inseridas atualmente, exige modelos de negócio mais sustentáveis e aliados ao processo de Economia Circular, resultando em um aumento nas perspectivas de desenvolvimento sustentável (KHAN, AHMAD; MAJAVA, 2021).

Considerando o desenvolvimento sustentável como base da legislação brasileira, o Brasil tornou-se signatário dos Objetivos do Desenvolvimento do Milênio (ODM), o qual estabelecia oito áreas temáticas primordiais (ONU, 2000). Posterior a esta, foi estabelecida a Agenda 2030, composta pelos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ONU, 2015), visando o alcance de 169 metas, por meio de ações e padrões socioeconômicos e ambientais sustentáveis, que levem benefícios à sociedade, além de impactos positivos à nível mundial.

### **3. METODOLOGIA**

O processo de construção do estudo dividiu-se em dois momentos, onde ambos se complementaram. O primeiro foi o levantamento bibliográfico, que visou, a busca por conhecimentos acerca da indústria têxtil, dos resíduos sólidos têxteis e aprofundar o conhecimento da legislação pertinente. O segundo foi o levantamento e análise

documental da legislação para avaliar o processo legal desta indústria no Brasil, frente à gestão de resíduos sólidos têxteis e os impactos ambientais inerentes à esta atividade.

A pesquisa ou levantamento documental deu-se através da coleta e análise de fontes e documentos secundários, agregando embasamento para o adequado desenvolvimento do trabalho. É válido ressaltar que as pesquisas bibliográfica e documental podem ser confundidas, pois ambas partem do princípio das “fontes de papel”. Contudo, o levantamento documental dista do levantamento bibliográfico em decorrência da divergência das fontes de pesquisa, pois no documental as fontes não passaram por um processo analítico (GIL, 2008).

De forma complementar, o levantamento documental teve como foco as Políticas Públicas (acordos internacionais e legislação pertinente), com leitura crítica para analisar a legislação setorial pertinente ao tema, a fim de estabelecer discussões que possam ser internalizadas e, possivelmente, resultando em ajustes a estes documentos, incorporando preceitos para a sustentabilidade setorial, de Ecologia Industrial e de Economia Circular na indústria têxtil.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Legislação nacional pertinente sobre resíduos sólidos**

A Constituição Federal brasileira, no que se refere à questão ambiental, dispõe sobre a valorização do trabalho humano e de atividades econômicas pautadas na garantia de existência de dignidade e justiça social asseguradas a partir de alguns princípios, dentre estes, o de defesa do meio ambiente mediante atividades de potenciais impactos ambientais advindos de produtos e serviços destas práticas econômicas (BRASIL, 1988, Art. 170).

Antes das discussões ambientais trazidas pela Constituição Federal, a Lei nº 6.938, que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) (BRASIL, 1981) e foi regulamentada pelo Decreto nº 99.274 (BRASIL, 1990), trouxe objetivos, diretrizes e instrumentos que focavam na preservação e no equilíbrio ambiental nacional. A partir de então, foi possível a compatibilidade entre o desenvolvimento econômico-social em conformidade com a esfera ambiental, destacando as atividades potencialmente poluidoras existentes no Brasil, inclusive as demandas acerca dos resíduos sólidos. Contudo, apesar desta Lei não mencionar diretamente os resíduos sólidos, configurou-se como a base da legislação ambiental brasileira.

O marco legal que discorre exclusivamente sobre resíduos e compõe a principal base desse conteúdo no Brasil é a Lei nº 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010), regulamentada pelo Decreto nº 10.936 (BRASIL, 2022). Essa Lei estabelece diretrizes e instrumentos para que o setor público, privado e sociedade civil possam lidar com os resíduos, de forma ambientalmente adequada.

No ano de 2007, foi sancionada a Lei nº 11.445 ou Lei do Saneamento Básico (BRASIL, 2007), regulamentada pelo Decreto nº 7.217 (BRASIL, 2010), no qual, diretrizes nacionais para o saneamento foram estabelecidas, considerando o manejo adequado de resíduos sólidos como um dos princípios fundamentais para a manutenção da saúde pública e da proteção ambiental. Salienta-se que em 2020, o Marco Legal do Saneamento foi atualizado por meio da Lei nº 14.026 (BRASIL, 2020).

Para este último, as ações e os serviços relacionados ao saneamento básico de responsabilidade privada, incluindo os resíduos, devem ser um compromisso assumido pelo gerador. Complementar a estas informações, o Manifesto do Transporte dos Resíduos (MTR), definido na Portaria nº 280 do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2020), é uma ferramenta obrigatória no país para todos os geradores de resíduos passíveis de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, visando o rastreamento das rotas tecnológicas destes materiais.

Buscando impactar positivamente a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou normas que auxiliam nesse processo, dentre essas, a Norma Brasileira NBR 10004 (ABNT, 2004a) que categoriza os resíduos e os rejeitos em perigosos e não perigosos, considerando os riscos potenciais para o meio ambiente e a saúde pública. Estes podem ser classificados em: (i) Classe I – perigosos: são aqueles que apresentam grau de periculosidade e características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. (ii) Classe II A – não perigosos e não inertes: detendo propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. (iii) Classe II B – não perigosos e inertes: quaisquer resíduos que, quando submetido a uma amostra de uma forma representativa e a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiverem os constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

A Norma ABNT NBR 10007 (ABNT, 2004b) deve ser considerada no processo de amostragem de resíduos para a determinação das características do resíduo, do método de tratamento, da classificação, etc. Já para os procedimentos e as metodologias de diferenciação dos resíduos sólidos entre Classe I (perigosos) e Classe II (não perigosos), admite-se a Norma ABNT NBR 10005 (ABNT, 2004c).

Por fim, a Lei nº 9.605 ou Lei de Crimes Ambientais (BRASIL, 1998, Art. 54) discorre acerca de sanções nas esferas penal e administrativa oriundas de ações e atividades lesivas ao meio ambiente e ao descumprimento da legislação vigente citada anteriormente, onde, relata-se sobre o lançamento inadequado de resíduos sólidos e o manejo em desconformidade legal destes materiais que, por ventura, se enquadrem na definição de perigosos. Desta forma, o arcabouço legal brasileiro está estruturado para a gestão de resíduos sólidos.

Nas discussões acerca dos resíduos sólidos no Brasil, faz-se necessário a internalização de processos de educação para a sustentabilidade nos processos legais. Tal ação poderia contribuir para que modelos de gerenciamento que visem o cumprimento da legislação ocorram de forma apropriada. Com isso, a responsabilização dos geradores pelos resíduos gerados os traz a informação desta obrigatoriedade, mas não os auxilia no caminho da obtenção de meios para se atingir este fim de forma ambientalmente adequada.

Para tanto, o Manifesto do Transporte dos Resíduos (MTR) pode representar um avanço na rastreabilidade de rotas tecnológicas destes materiais, contudo, garantir processos de fiscalização dessa atividade poderia assegurar que os procedimentos atrelados aos resíduos fossem devidamente cumpridos.

#### **4.2. Legislação ambiental pertinente à Indústria Têxtil**

A Lei nº 6.938 (BRASIL, 1981), regulamentada pelo Decreto nº 99.274 (BRASIL, 1990), destaca as ações provenientes da indústria têxtil, vestuário e artefatos de tecidos como uma atividade potencialmente poluidora e de utilização de recursos naturais em um grau médio, no Anexo VIII. Contudo, a Lei nº 7.804 (BRASIL, 1989), que altera os mecanismos e aplicações da PNMA, ressalta que todas as atividades que possuem potenciais poluidores, bem como extração, produção e transporte de produtos e subprodutos poluentes, devem realizar o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF/APP).

Este cadastro técnico é regulamentado pela Instrução Normativa nº 11 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2018). Além disso, esta instrução descreve as atividades têxteis que se enquadra nos desígnios da Lei, sendo estas, o beneficiamento de fibras têxteis vegetais e sintéticas, fabricação e acabamento de fios e tecidos, tingimento, estamparia e outros acabamentos em artigos de tecidos, fabricação de calçados e componentes de calçados.

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente nº 237 (CONAMA, 1997) ressalta que a indústria têxtil, de vestuário e de artefatos de tecidos é um tipo de empreendimento/atividade impactante e, portanto, passível de todo o processo de licenciamento e fiscalização pelos órgãos e autoridades competentes. Com isso, é válido destacar o conceito de impacto ambiental trazido pela Resolução Conama nº 001 (CONAMA, 1986), que determina este termo como qualquer alteração a nível químico, físico e biológico do meio ambiente, proveniente de atividades humanas e que resultem em problemas à saúde, à biota, ao meio social, econômico, estético, sanitário e à qualidade dos recursos naturais e ambientais.

No âmbito das discussões legais acerca dos impactos ambientais, a Constituição Federal (BRASIL, 1988, Art. 221) ainda aborda no inciso 1º que é de responsabilidade do poder público realizar as exigências, na forma da Lei, acerca de obras ou atividades que provoque significativa degradação ambiental, exigindo-se assim, estudo prévio de impacto ambiental. Além disso, é de competência da União, Estados, do Distrito Federal e dos Municípios a proteção ao meio ambiente e o combate a qualquer tipo de poluição.

#### **4.3. Legislação de resíduos sólidos têxteis**

Tratando-se de resíduos sólidos têxteis, a Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), regulamentada pelo Decreto nº 10.936 (BRASIL, 2022), destaca os resíduos sólidos industriais como todos os que são gerados no processo produtivo e nas instalações industriais. Além disso, incentiva os empreendimentos a realizarem a reutilização, o tratamento e a reciclagem dos resíduos, corroborando assim para as práticas sustentáveis e a possível inserção da Ecologia Industrial nos processos.

Os resíduos da indústria têxtil, sendo estes resíduos de acabamentos, corantes, pigmentos, lodo de tratamento de efluentes, fibras processadas, fibras não processadas, dentre outros resíduos inerentes ao processo industrial, estão inclusas na Lista Brasileira de Resíduos Sólidos, definida pela Instrução Normativa nº 13 (IBAMA, 2012).

Considerando que a indústria têxtil se enquadra no Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF/APP), esta também se vincula ao Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Sólidos Perigosos (CNORP), instituído através da Instrução Normativa nº 01 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2013), que fornece informações acerca dos resíduos e dos rejeitos sólidos categorizados como perigosos.

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente nº 313 (CONAMA, 2002) considera a necessidade da elaboração de programas que instituem o Plano Nacional e os Planos Estaduais de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais, além de dispor sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais, a fim de fornecer informações acerca da geração, das características, do armazenamento, do transporte, do tratamento, da reutilização, da reciclagem, da destinação e da disposição ambientalmente adequada destes resíduos. Sendo assim é necessário que as indústrias tipificadas na Resolução, incluindo a indústria têxtil, forneçam essas informações anualmente.

A Portaria nº 280 do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2020) institui o Manifesto do Transporte dos Resíduos (MTR) como uma ferramenta *online* que dispõe de informações fornecidas através dos responsáveis pelo Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de uma localidade, incluindo os resíduos industriais para o controle e as melhorias no processo de gestão destes materiais. As ferramentas mencionadas estão ancoradas junto ao Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir), implementado pela Lei nº 14.026 (BRASIL, 2020), que atualiza o Marco Legal do Saneamento no Brasil.

A Norma Brasileira da Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR ABNT 10004 (ABNT, 2004a) classifica os resíduos de materiais têxteis como do tipo Classe II - não perigosos, desde que estes não estejam contaminados com substâncias listadas nos anexos C, D e E da Norma e que não apresentem características de periculosidade. Contudo, a mesma normatização destaca que o lodo proveniente do tratamento de efluentes advindos de processo de tintura como potencialmente tóxico, possuindo assim características de resíduos sólidos de Classe I – perigosos. Com isso, muito embora os resíduos sólidos têxteis não se enquadrem como perigosos, de acordo com as normas, nos processos de confecção, estes ainda possuem grau de risco ambiental e são passíveis de gestão e de gerenciamento adequados. Mas, se os resíduos têxteis se enquadrassem em resíduos perigosos em virtude dos riscos ambientais inerentes à este setor, provavelmente,

se elevaria a qualidade e rigorosidade do processo de licenciamento e fiscalização da indústria.

Para fins de armazenamento destes resíduos até todo o processo de logística da destinação e da disposição final adequadas, segue-se a Norma Brasileira NBR ABNT 12.235 (ABNT, 1992) para os resíduos sólidos de Classe I (perigosos), a fim de, promover a proteção da saúde e do meio ambiente. Também se segue a Norma Brasileira NBR ABNT 11.174 (ABNT, 1990) para resíduos sólidos não perigosos, ou seja, Classe II A (não inertes) e Classe II B (inertes).

Frente a estas questões legais, estas práticas e atividades em desacordo com a legislação e regulamentos ambientais vigentes configuram-se em crimes ambientais, de acordo com a Lei nº 9.605 (BRASIL, 1998, Art. 54) que determina as sanções penais e administrativas derivadas de condutas lesivas ao meio ambiente.

Considerando a importância mundial e econômica desta atividade e a elevada presença no Brasil deste setor, a ausência de um marco legal que corrobore com a gestão da qualidade ambiental por parte destas indústrias dificulta a transparência e a acessibilidade a dados do gerenciamento dos resíduos sólidos. Desta forma, os impactos ambientais negativos potenciais não são devidamente monitorados, ocasionando uma problemática na inconsistência de informações do setor a respeito desta questão. Assim, o processo de gestão e de gerenciamento dos resíduos têxteis no Brasil apresentam-se desconexos do desenvolvimento social, econômico e tecnológico da indústria na localidade, dificultando a aplicação da filosofia de Economia Circular e Ecologia Industrial.

#### **4.4. Situação dos resíduos sólidos têxteis no Brasil**

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), no Brasil foram geradas 82.477.300 toneladas de resíduos sólidos em 2021, representado por 390 kg/hab/ano (ABRELPE, 2021). Ainda segundo esta associação, 60,2% destes materiais recebem disposição ambientalmente adequada, seguindo os preceitos legais estabelecidos no país. Dados provenientes do Relatório “Fios da Moda” da Fundação Getúlio Vargas (FGV), em parceria com outras instituições, que se baseia na empregabilidade da Economia Circular no setor têxtil, destacam que 8,9 bilhões de toneladas de peças de vestuário são produzidas no Brasil, a cada ano (MODEFICA; FGV; REGENERATE, 2020). Considerando que este processo produtivo gera resíduos, o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) estima que

170 mil toneladas de resíduos têxteis são produzidas por ano, onde 20% destes são reciclados, os outros 80% recebem disposição ambientalmente adequada (aterros sanitários) ou inadequada (depósitos a céu aberto, incineração, aterros controlados), apenas no Estado de São Paulo. A depender da localidade, tal volume pode variar a exemplo das 46 ton.dia<sup>-1</sup> são descartadas somente na região do Brás, em São Paulo (SEBRAE, 2014; AMARAL et al., 2018).

Relacionando a situação dos resíduos têxteis no Brasil e a evolução do processo industrial no mundo, Bruno (2017, p. 45) afirma que a indústria têxtil brasileira encontra-se na fase inicial da I 4.0, baseado no modelo da Internet das Coisas (*Internet of Thing - IOT*) que promove ferramentas de otimização na utilização de recursos naturais como, água, energia, emissão de poluentes líquidos, sólidos e gasosos e na diminuição da chamada indústria *fast fashion* (modelo de produção rápido e barato em mão de obra e matérias-primas), aproximando assim, produção e consumo. Com isso, a Indústria 4.0 pode representar uma aliada nos processos de gestão e de gerenciamento de resíduos sólidos têxteis, por exemplo, baseando-se em conceitos pré-definidos como os de desenvolvimento sustentável (ARAGÃO JÚNIOR et al., 2021). Assim como várias empresas no mundo, a indústria *fast fashion* também começou a dar os primeiros passos rumo às práticas inovadoras da Indústria 4.0, ao considerar o elevado número e os tipos de diversidade de consumidores dessa forma de atividade (PERONI; VITALI, 2017).

Contudo, segundo dados do *World Resources Institute* (WRI), o crescimento do modelo produtivo baseado em *fast fashion* ocasiona rápidas mudanças na velocidade de consumo. A exemplo, em 2014, os consumidores compraram 60% mais peças de vestuário quando comparadas ao ano de 2000, mas com valores reduzidos, resultando numa maior necessidade de matérias-primas, de recursos naturais e, provavelmente, no aumento da geração de resíduos têxteis (WRI, 2017).

Muito embora exista destaque para os quatro modelos de Revolução Industrial já mencionados, existem as discussões a respeito da Indústria 5.0, que se destaca pela interação entre seres humanos e máquinas (inteligência artificial). Este modelo de evolução futurista pode acarretar em impactos positivos e na diversificação de oportunidades (DEMIR; DOVEN; SEZEN, 2019; SHARMA; GARG; KIRAN, 2020).

Considerando os problemas inerentes à indústria têxtil e a situação destes resíduos no Brasil, os modelos de Revolução Industrial 3.0, 4.0 e 5.0 possuem elevada capacidade de melhorias na relação indústria/meio ambiente, em virtude do desenvolvimento tecnológico proveniente destes. A exemplo disso, tem-se a possibilidade de gerar

soluções para melhorias na gestão e no gerenciamento de resíduos sólidos, através das ferramentas que estas proporcionam (TORRES, 2021).

Atualmente, a situação dos resíduos sólidos têxteis no Brasil é determinada a partir de estimativas de instituições presentes na área. Com a inexistência de Políticas Públicas que determinem diretrizes, objetivos e metas, especificamente para a atividade têxtil, há divergência nas informações de produção de peças, disposição e destinação de resíduos, volume de materiais descartados e, resultando, no decaimento do padrão de gestão e gerenciamento dos resíduos e rejeitos advindos da área.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os acordos internacionais servem como impulsionadores de discussões que resultam em Políticas Públicas. A indústria mundial vem passando por um processo evolutivo que ocorre até os dias atuais, resultante de inovações tecnológicas, além da incorporação de novos paradigmas, como questões relativas aos preceitos social e ambiental. Estas discussões demandaram conferências mundiais sobre meio ambiente e, demonstraram papel fundamental na formação do arcabouço legal brasileiro.

O Brasil detém uma legislação ambiental consolidada, principalmente no que se refere aos resíduos sólidos. Destacando-se a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Para além destas duas legislações, é válido ressaltar que a Lei de Crimes Ambientais dispõe de sanções acerca dos crimes contra a natureza. Já para os resíduos sólidos têxteis, não existe uma legislação específica para o setor. Contudo, há Leis, Decretos, Portarias, Resoluções e Normas que tratam de resíduos industriais e perigosos, de modo geral.

Ao realizar uma análise da legislação ambiental relacionada à indústria têxtil no Brasil, primeiramente é importante salientar a responsabilidade compartilhada existente dentro da sociedade no que tange as questões de conservação da qualidade ambiental. Com isso, poderia se ter a presença do poder público na elaboração, na aplicação e na fiscalização de Políticas Públicas de forma eficiente. Tal visão poderia contar com a participação da sociedade civil, com consumidores dos produtos e serviços, além das empresas que formam o setor, para que assim, tais diretrizes e princípios legais fossem aplicados, de forma eficiente.

A partir disso, para atingir a responsabilidade compartilhada e a aplicação efetiva da legislação setorial, faz-se necessário o comprometimento das três esferas sociais (sociedade, empresas e poder público) das seguintes formas: i) aplicação de educação

para a sustentabilidade que auxilie na conscientização e nas mudanças do padrão de consumo da sociedade, visto que, a indústria produz a partir de uma prévia demanda do consumidor; ii) indústrias que priorizem modelos de produção tecnológicos, sustentáveis e que considerem o propósito das empresas e do produto final acima da lucratividade; iii) a existência de instrumentos legais ambientais específicos para o setor têxtil e consequentes melhorias na aplicação e fiscalização das leis por parte das autoridades competentes, além de instrumentos econômicos da gestão ambiental visando incentivar a produção mais limpa, a aplicação da Ecologia Industrial e a incorporação da Economia Circular.

Por fim, o avanço tecnológico e industrial, bem como mudanças nos padrões de produção e de consumo podem tornar-se aliados para melhorias na gestão e no gerenciamento dos materiais, além da construção de legislação setorial específica, contribuindo assim para o avanço econômico, social e ambiental da indústria têxtil no Brasil e seu destaque mundial, atendendo as demandas ambientais baseadas no tripé da sustentabilidade.

## **AGRADECIMENTOS**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – Facepe pelo apoio financeiro, através do Edital nº 18/2020 da Capes/Facepe. Ao Grupo Gestão Ambiental em Pernambuco – Gampe pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

## **REFERÊNCIAS**

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma Brasileira ABNT NBR. 11174** – Armazenamento de resíduos classes II – não inertes e III - inertes. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma Brasileira ABNT NBR. 12235** – Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma Brasileira ABNT NBR. 10004** - Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004a.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma Brasileira ABNT NBR. 10007** - Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma Brasileira ABNT NBR. 10005** - Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004c.

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021**. Abrelpe, São Paulo/SP. Disponível em: < <https://abrelpe.org.br/panorama-2021/>>. Acesso em: 14 mar. 2022.

ALBUQUERQUE, S. F.; SANTOS, M. S. F.; MOITA NETO, J. M. Gerenciamento dos resíduos sólidos têxteis pré-consumo da indústria de confecção do vestuário em Teresina/PI. **Sustainability in Debate**, v. 12, n. 3, p. 39-50, 2021. DOI: 10.18472/SustDeb.v12n3.2021.40474.

AMARAL, M. C.; ZONATTI, W. F.; SILVA, K. L.; KARAM JUNIOR, D.; AMATO NETO, J.; BARUQUE-RAMOS, J. Reciclagem industrial e reuso têxtil no Brasil: estudo de caso e considerações referentes à economia circular. **Gestão & Produção**, v. 25, n. 3, p. 431-443, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X3305>.

ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. I.; GUEDES, F. L.; SANTOS JÚNIOR, J. I. Pilares da indústria 4.0 na gestão de resíduos sólidos: análise por meio de estudo bibliométrico. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 31 – 50.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 02 set. 1981.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 7.804, de 18 de julho de 1989. Altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, a Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, a Lei nº 6.803, de 2 de julho de 1980, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 20 jul. 1989.

BRASIL. Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 07 de jun. de 1990.

BRASIL. Decreto nº 875, de 19 de julho de 1993. Promulga o texto da Convenção sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 20 set. de 1993.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Lei de crimes ambientais. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao

meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 13 fev. 1998.

BRASIL. Decreto nº 4.581, de 27 de janeiro de 2003. Promulga a Emenda ao Anexo I e Adoção dos Anexos VIII e IX à Convenção de Basiléia sobre o Controle do Movimento Transfronteiriço de Resíduos Perigosos e seu Depósito. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 28 jan. 2003.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 08 jan. 2007.

BRASIL. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 22 jun. 2010.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 ago. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 280, de 29 de junho de 2020. Regulamenta os arts. 56 e 76 do Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, e o art. 8º do Decreto nº 10.388, de 5 de junho de 2020, institui o Manifesto de Transporte de Resíduos - MTR nacional, como ferramenta de gestão e documento declaratório de implantação e operacionalização do plano de gerenciamento de resíduos, dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos e complementa a Portaria nº 412, de 25 de junho de 2019. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 jun. 2020.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 16 jul. 2020.

BRASIL. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 jan. 2022.

BRUNO, F. S. **A quarta revolução industrial do setor têxtil e de confecção: A visão do futuro para 2030**. 2ª ed. São Paulo: Estação das Letras e Cores. 2017.

CERCEAU, J.; MAT, N.; JUNQUA, G. Territorial embeddedness of natural resource management: A perspective through the implementation of industrial ecology. **Geoforum**, v. 89, p. 29-42, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.01.001>.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil**. 2ª ed. São Paulo: CETESB: SINDITÊXTIL. 2009.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 17 de fev. 1986.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 22 de dez. 1997.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 313, de 28 de outubro de 2002. Dispõe sobre o inventário nacional de resíduos sólidos industriais. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 22 de nov. 2002.

DEMIR, K. A.; DOVEN, G.; SEZEN, B. Industry 5.0 and human-robot co-working. **Procedia Computer Science**, v. 158, p. 688 – 695, 2019. DOI: 10.1016/j.procs.2019.09.104.

FONSECA. E. S.; VERNI, D. E. S. Indústria 4.0: os impactos, desafios e perspectivas para o administrador. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, e2579108451, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8451>.

FUJITA, R. M. L.; JORENTE, M. J. A Indústria Têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural. **Revista Moda, Palavra e-periódico**, v.8, n. 15, p.153 - 174, 2015.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ª ed. São Paulo: Editora Atlas S. A. 2008.

GFA – GLOBAL FASHION AGENDA. **Fashion CEA agenda: priorities for a prosperous industry**. GFA: Global Fashion Agenda, 2021.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Instrução normativa nº 13, de 18 de dezembro de 2012. Define a Lista Brasileira de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 20 de dez. 2012.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Instrução normativa nº 01, de 25 de janeiro de 2013. Regulamenta o Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos (CNORP), estabelece sua integração com o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF-APP) e com o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental (CTF-AIDA), e define os procedimentos administrativos relacionados ao cadastramento e prestação de informações sobre resíduos sólidos, inclusive os rejeitos e os considerados perigosos. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 30 de jan. 2013.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Instrução normativa nº 11, de 13 de abril de 2018. Altera a Instrução Normativa nº 6, de 15 de março de 2013, que regulamenta o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos

Ambientais - CTF/APP e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 17 de abr. 2018.

KHAN, I. S.; AHMAD, M. O.; MAJAVA, J. Industry 4.0 and sustainable development: A systematic mapping of triple bottom line, circular economy and sustainable business models perspectives. **Journal of Cleaner Production**, v. 297, e126655, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126655>.

MODEFICA, FGVces, REGENERATE. **Fios da Moda: Perspectiva Sistêmica para a Circularidade**. São Paulo, 2020.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração de Estocolmo**, 1972. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Declaracao%20de%20Estocolmo%201972.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2022.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Relatório Brundtland: Nosso Futuro Comum**, 1987. Disponível em: <https://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/temas-em-discussao-na-rio20/ecodesenvolvimento-conceito-desenvolvimento-sustentavel-relatorio-brundtland-onu-crescimento-economico-pobreza-consumo-energia-recursos-ambientais-poluicao.aspx>. Acesso em: 05 de jan. 2022.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Convenção da Basiléia**, 1989. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/residuos/importacao-exportacao/convencao-de-basileia-exportacao-e-importacao-de-residuos#:~:text=A%20Conven%C3%A7%C3%A3o%20de%20Basileia%20sobre,22%20de%20mar%C3%A7o%20de%201989.&text=A%20Conven%C3%A7%C3%A3o%20procura%20coibir%20o,gest%C3%A3o%20ambientalmente%20adequada%20desses%20res%C3%ADduos.>. Acesso em: 05 jan. 2022.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, 1992. **Agenda 21**. Disponível em: <https://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/a-rio20/rio-92-agenda-21-e-objetivos-do-milenio-programas-para-o-meio-ambiente-e-desenvolvimento-dos-paises-com-energia-limpa.aspx>. Acesso em: 09 mar. 2022.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ODM: **Objetivos do Desenvolvimento do Milênio**, 2000. Disponível em: <http://www.odmbrasil.gov.br/os-objetivos-de-desenvolvimento-do-milenio>. Acesso em: 10 fev. 2022.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ODS: **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/70103-pnud-anuncia-campanha-de-promocao-dos-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods>. Acesso em: 08 mar. de 2022.

PASSOS, P. N. C. A conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente. **Revista Direitos Fundamentais e Democracia**, v. 6, 2009.

PERONI, S.; VITALI, F. Interfacing fast-fashion design industries with semantic web technologies. **Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web**, v. 44, p. 37 – 53, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.websem.2017.06.001>.

SANTOS, J. P.; ANDRADE, A. A.; FACO, J. F. P.; SANTOS, E. B. Indústria 4.0 – Esforços para ajustar o homem a Revolução 4.0. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, e125942949, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i4.2949>.

SEBRAE - SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Retalhos de tecidos: no lugar do desperdício, negócios sustentáveis**. São Paulo, 2014. Disponível em: < <https://respostas.sebrae.com.br/retalhos-de-tecidos-no-lugar-do-desperdicio-negocios-sustentaveis/>>. Acesso em: 10 de mar. 2022.

SHARMA, I.; GARG, I.; KIRAN, D. Industry 5.0 And Smart Cities: A Futuristic Approach. **European Journal of Molecular & Clinical Medicine**, v. 7, p. 2750-2756, 2020. ISSN: 2515- 8260.

SHARMA, A. K.; BHANDARI, R.; PINCA-BRETOTÉAN, C.; SHARMA, C.; DHAKAD, S. K.; MATHUR, A. A study of trends and industrial prospects of Industry 4.0. **Materials Today: Proceedings**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.321>.

TONIOLLO, M.; ZANCAN, N. P.; WÜST, C. **Indústria têxtil: Sustentabilidade, impactos e minimização**. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Porto Alegre, 23-26 nov. 2015.

TORRES, B. M. **Proposta de rota tecnológica sustentável e inteligente para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos**. 2021. 86f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental) – Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Recife, 2021.

WRI – WORLD RESOURCES INSTITUTE. **The Apparel Industry’s Environmental Impact in 6 graphics**. Washington, 2017. Disponível em: < [https://www-wri-org.translate.goog/insights/apparel-industrys-environmental-impact-6-graphics?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=pt&\\_x\\_tr\\_hl=pt-BR&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-wri-org.translate.goog/insights/apparel-industrys-environmental-impact-6-graphics?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=sc)>. Acesso em: 08 de mar. 2022.

VIOTTO, H. G. F.; ANGELIS NETO, G.; SCHUSTER, B. S.; TABONI JUNIOR, L. R.; MAZZUCO, A. Gestão sustentável do lodo proveniente da lavanderia têxtil. **Anais do X Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Encontro Anual do IBEAS, Fortaleza, 04-07 Nov, 2019.

ZONATTI, W. F.; AMARAL, M. C.; GASI, F.; BARUQUE-RAMOS, J.; DULEVA, W. Reciclagem de resíduos do setor têxtil e confeccionista no Brasil, panorama e ações relacionadas. **Sustentabilidade em Debate**. Brasília, v. 6, n. 3, p. 50 – 69, 2015. DOI: 10.18472/SustDeb.v6n3.2015.15892.

### CAPÍTULO 3

## ROTAS TECNOLÓGICAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DAS LAVANDERIAS DE BENEFICIAMENTO DE JEANS DO APL TÊXTIL DO AGRESTE PERNAMBUCANO

### RESUMO

O beneficiamento do jeans é uma relevante atividade econômica para a região em que está inserido. Contudo, este processo resulta na geração de resíduos sólidos com potenciais consequências negativas ao ambiente, fazendo-se necessário o gerenciamento adequado. O presente estudo teve por objetivo especificar as rotas tecnológicas dos resíduos sólidos têxteis das lavanderias de beneficiamento de jeans do Arranjo Produtivo Local (APL) do Agreste Pernambucano, considerando os municípios de Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe como estudo de caso. Nestes municípios, foram identificadas as lavanderias registradas nas associações, realizado o georreferenciamento e determinados os clusters para a definição das visitas de campo, num total de 6 lavanderias nos três municípios. Por meio de roteiro e observação participativa, foram levantadas informações das rotas tecnológicas dos resíduos e procedimentos de cada unidade fabril, com identificação dos resíduos que foram constituídos das fibras de tecidos, lodo têxtil e embalagens de produtos químicos, com produção de volume que varia de  $0,5 \text{ ton.mês}^{-1}$  a  $10 \text{ ton.mês}^{-1}$ . Nas lavanderias de Caruaru uma única rota foi observada, e outra em Toritama e Santa Cruz do Capibaribe, segregando os resíduos em resíduos perigosos (embalagens de produtos químicos) e não perigosos (lodo e fibras de tecidos). As lavanderias analisadas possuíam acondicionamento e local para armazenamento dos materiais, destinando os resíduos ao aterro sanitário industrial de Caruaru, logística reversa e incineração. O grau de conformidade legal do gerenciamento variou de médio-alto a alto, porém, a aplicação da Ecologia Industrial e Economia Circular não foram constatadas. Com isso, o estudo contribui para a compreensão do gerenciamento dos resíduos sólidos têxteis e possíveis falhas, abrindo pressuposto às pesquisas de inovação das rotas e o estabelecimento de melhorias no modelo focado no desenvolvimento sustentável do APL Pernambucano.

**Palavras-chave:** Indústria de Transformação, Materiais Têxteis, Modelos de Gerenciamento, Sustentabilidade Empresarial.

### TECHNOLOGICAL ROUTES OF SOLID WASTE FROM JEANS IMPROVEMENT LAUNDRY ROOMS IN THE APL TEXTILE OF AGRESTE PERNAMBUCANO

### ABSTRACT

The processing of jeans is a relevant economic activity for the region in which it is located. However, this process results in the generation of solid results with possibilities of changes to the environment, if necessary the management. The present study aimed to specify the technological scales of textile solid waste from the jeans processing laundries of the Local Productive Arrangement (APL) of Agreste Pernambucano, considering the

municipalities of Caruaru, Toritama and Santa Cruz do Capibaribe as a case study. In these municipalities, the laundries registered in the associations were identified, georeferencing was carried out and the clusters were determined to define the laundries in the three municipalities. Through a script and participatory observation, information was collected from the waste separation units and materials manufacturing procedures, with identification of the characteristics that were constituted by the fibers of fabrics, fabrics and packaging of chemical products, with a volume production that varies from  $0.5 \text{ ton}\cdot\text{month}^{-1}$  to  $10 \text{ ton}\cdot\text{month}^{-1}$ . In the Caruaru laundries, a single route was observed, and outside in Toritama and Santa Cruz do Capibaribe, segregating waste into hazardous waste (chemical product packaging) and non-hazardous waste (sludge and fabric fibers). The laundries had packaging and a place to store the materials, sending the waste to the industrial sanitary landfill in Caruaru, reverse logistics and incineration. The degree of legal compliance of management varies from medium-high to high, however, the application of Industrial Ecology and Circular Economy were not verified. With this, a study to contribute to the understanding of solid materials and management failures, aiming to change the research of innovation of the routes and the establishment of improvement not focused on the sustainable development of the Pernambucano model.

**Keywords:** Transformation Industry, Textile Materials, Management Models, Corporate Sustainability.

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão de recursos ambientais tem a tendência de moldar uma determinada sociedade e configurar benefícios econômicos a esta localidade (ZENG et al., 2021). Com isso, o gerenciamento de resíduos sólidos advindos de processos industriais tem demandado, cada vez mais, estratégias sustentáveis na esfera internacional (SAAVEDRA et al., 2018).

As atividades industriais têxteis, em especial as relacionadas as peças de vestuário, geram resíduos que, em sua maioria, são formados por corantes tóxicos (HOLKAR et al., 2016). Portanto, fabricar peças de vestuário que estejam em conformidade com métodos mais sustentáveis ou induzindo modelos circulares tem se tornado um desafio para os profissionais atuantes neste setor produtivo (MARQUES et al., 2019).

Tratando-se do setor de produção de roupas, a cadeia produtiva do jeans destaca-se na atividade têxtil pela sua relevância econômica e, também, as consequências ambientais (MORITA et al., 2020). O jeans, peça proveniente do tecido denim, tem composição variada, com algodão, poliéster e produtos químicos advindos das transformações a que este é submetido, tornando-se um dos principais geradores de resíduos têxteis no mundo (YOUSEF et al., 2019; YOUSEF et al., 2020).

As peças de jeans são submetidas à processos de beneficiamento/acabamento que geram rejeitos com potencial de impactar o meio ambiente de forma negativa (LORENA et al., 2018). Os impactos negativos provocados ao ambiente são, principalmente, causados por resíduos sólidos com carga orgânica elevada e compostos químicos com características de toxicidade (RIBEIRO; TAVARES, 2018). Com a utilização de materiais sintéticos, os descartes desta prática constituem-se de metais pesados, agravando os riscos inerentes a estes processos (SCHMIDT et al., 2020). Além de perdas de materiais e fibras de tecido na execução das etapas de lavagem, o principal resíduo sólido é o lodo têxtil oriundo do tratamento dos efluentes das lavanderias industriais (SOUTO, 2017).

A maneira de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos têxteis pode gerar vantagens ambientais competitivas quando utilizada de forma alternativa a outras atividades e demandas industriais, resultando em diferencial para as empresas, que se sobressaem no mercado (NUNES et al., 2018). Para tanto, é válido identificar as diversas etapas da rota tecnológica dos resíduos processuais, englobando o entendimento das etapas de geração, segregação, acondicionamento, manejo, tratamento e disposição final (AGUIAR; PESSOA; EL-DEIR, 2019). Diante das questões expostas, o presente estudo teve por objetivo especificar as rotas tecnológicas dos resíduos sólidos de lavanderias de beneficiamento de jeans dos municípios de Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe, considerados os três principais que compreendem o Arranjo Produtivo Local (APL) têxtil do Agreste de Pernambuco.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Resíduos Sólidos de lavanderias têxteis**

O processo de beneficiamento das peças a partir da lavagem do jeans gera sobras de tecidos sem função para a indústria, as quais transformam-se em rejeitos e recebem um tratamento ambientalmente inadequado, em sua maioria (AVILA et al., 2018). Durante o processo de lavagem, há o desprendimento das fibras dos tecidos dentro dos maquinários utilizados (SILVA et al., 2021). Cerca de dois terços destes resíduos têxteis destinam-se ao aterro sanitário e, alguns destes materiais, chamados de microtêxteis, são lançados nos corpos hídricos, chegando ao oceano e, eventualmente, são absorvidos por seres vivos, na cadeia alimentar (SHIRVANIMOGHADDAM et al., 2020).

Para além de fibras de tecidos, outro resíduo produzido em volume considerável é o lodo têxtil, resultante do tratamento de águas residuárias das lavanderias têxteis, o qual é constituído por matéria orgânica, metais pesados, surfactantes e outras substâncias tóxicas (SCHNEIDERS et al., 2018). É válido mencionar que a produção de lodo está diretamente vinculada à eficiência e tecnologia do tratamento dos efluentes, assim como a composição química varia de acordo com os processos adotados no beneficiamento, estando presentes, majoritariamente, os compostos de CaO (Carbonato de Cálcio), MgO (Óxido de Magnésio), SiO<sub>2</sub> (Dióxido de Silício) e matéria orgânica, tornando este resíduo o principal problema ambiental para as unidades fabris deste segmento (MOURA et al., 2021a; MOURA et al., 2021b).

A utilização da reciclagem de resíduos têxteis provenientes das indústrias da moda e a doação destes materiais é comum em países desenvolvidos, muito embora, apesar desta prática, grandes volumes ainda são descartados (NAYAK et al., 2020). Visando a problemática dos resíduos têxteis, o *Waste & Resources Action Programme* (WRAP), no Reino Unido, lançou uma iniciativa intitulada de “Textiles 2030”, que detém um roteiro para acelerar a sustentabilidade na Indústria Têxtil e a aplicação de métodos circulares nos processos produtivos e na destinação final dos resíduos (WRAP, 2021).

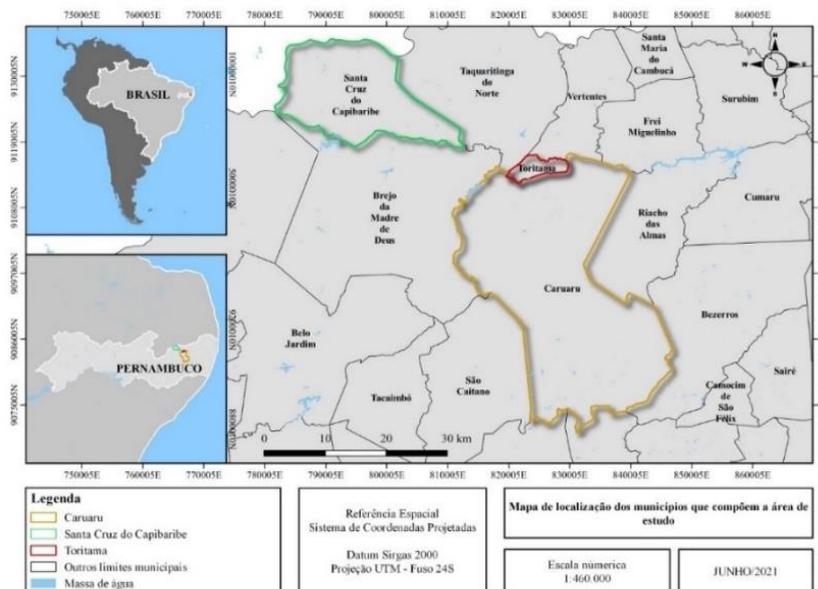
### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 O APL do Agreste Pernambucano**

Um Arranjo Produtivo Local (APL) é um conjunto de empresas que possui especialidades similares, visando o desenvolvimento comum e gerando emprego e renda para uma determinada Região (SILVA FILHO et al., 2021). Esta é considerada de elevada importância para o desenvolvimento da Mesorregião do Agreste de Pernambuco, do Estado como um todo e do Brasil, através da relevância socioeconômica oriunda da atividade têxtil existente neste local. O APL de Confecções do Agreste Pernambucano (APLCAPE), localizado na região semiárida do Nordeste brasileiro, é constituído por dez municípios, sendo estes Caruaru, Toritama, Santa Cruz do Capibaribe, Surubim, Cupira, Agrestina, Brejo da Madre de Deus, Riacho das Almas, Vertentes e Taquaritinga do Norte. Dentre os municípios citados, destacam-se Caruaru, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama face a produção mais elevada nestes, tornando-se o centro produtivo de confecções de Pernambuco e referência no Nordeste Brasileiro (AMORIM; PRAZERES; SANTOS, 2016). Desta forma, foram consideradas as lavanderias de beneficiamento de

jeans destes três principais municípios para o estudo de caso (Figura1).

**Figura 1.** Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Autor, 2021.

Segundo o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2013), estima-se que hajam 18.803 unidades produtivas, considerando os dez municípios do APL e as diversas etapas da produção têxtil. Além disso, o APLCAPE emprega um total de 107.177 pessoas nas unidades dos dez municípios que o compõe, desta população, duas pessoas por família são empregadas no setor têxtil Pernambucano. O faturamento anual deste setor industrial é, em média, R\$ 1,1 bilhão de reais e o rendimento médio bruto dos trabalhadores varia de R\$ 583,72 (quinhentos e oitenta e três reais e setenta e dois centavos) à R\$ 1.419,50 (um mil, quatrocentos e dezenove reais e cinquenta centavos), a depender da área de atividade do funcionário. Dentre as categorias de empresas existentes no APL Pernambucano, salientam-se as lavanderias de jeans, as quais representam impactos ambientais negativos na região (SILVA; XAVIER, 2020). O faturamento anual destes empreendimentos varia de R\$ 1.000.000 à R\$ 3.000.000 milhões de reais ao ano, a depender da capacidade de produção, ressaltando a relevância econômica desta atividade no Agreste de Pernambuco e, a geração de emprego e renda.

### 3.2 Passos metodológicos

A pesquisa utilizou-se de método exploratório e descritivo que caracteriza-se pela observação e descrição dos fenômenos existentes *in loco*, além do conhecimento da

realidade estudada (GIL, 2017). Foi realizado o levantamento bibliográfico acerca dos estudos acadêmicos na área e, posteriormente, foram consideradas quatro etapas para o cumprimento do objetivo: (i) Levantamento de dados primários; (ii) Georreferenciamento e determinação da amostra; (iii) Visitas às empresas/gestores; (iv) Análise dos dados coletados.

*(i) Levantamento de dados primários*

Para esta primeira etapa, buscou-se informações acerca das lavanderias têxteis presentes nos três municípios do estudo. De acordo com Silva Filho (2013), é contestável a quantidade de lavanderias existentes em virtude da presença de micro e pequenas empresas na periferia e na zona rural e que, atuam na clandestinidade. Portanto, para coleta de informações seguras, contatou-se a Associação de Lavanderias de Caruaru (ALC) e a Associação Comercial e Industrial de Toritama (ACIT).

A partir disso, foram coletadas lista das lavanderias têxteis existentes nos três municípios de acordo com o cadastro nas instituições procuradas. As três listas eram compostas por nome das empresas, Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica (CNPJ), telefone para contato e endereço completo dos empreendimentos. As empresas coletadas foram submetidas à verificação de atividade no Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica da Receita Federal Brasileira e as que estavam inativas na inscrição da Receita Federal foram desclassificadas da pesquisa.

*(ii) Georreferenciamento e determinação da amostra*

A utilização do *software* de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) foi relevante para a confecção de mapa de localização dos municípios do APL do Agreste de Pernambuco a serem estudados, para a localização espacial dos empreendimentos e para a determinação da amostra analisada.

A localização das empresas deu-se em virtude do endereço determinado nas listas coletadas. Realizou-se a busca de cada lavanderia separadamente através do *software* Google Earth Pro versão 7.3, configurado em coordenadas UTM (*Universal Transversa de Mercator*), adicionando um ponto de localização para cada endereço e possibilitando extrair a latitude e longitude de cada ponto. Após a identificação da localização das empresas, os pontos foram salvos em formato KLM (*Keyhole Markup Language*), formato este que possibilita a exportação e análise em ferramentas SIG. Os dados foram exportados e analisados para a posterior confecção dos mapas no *software* livre QGIS versão 3.24, configurado no Datum Sirgas 2000, zona 24S, referente ao fuso em que os

municípios de Pernambuco estão enquadrados. A partir dos dados georreferenciados das lavanderias, a área de estudo foi submetida a uma análise de agrupamentos ou clusterização. Os *clusters* ou aglomerados, no ramo empresarial denominam-se como concentrações de empresas que se relacionam num mesmo setor e região geográfica, garantindo vantagem competitiva e trabalho colaborativo (SILVA et al., 2013).

Para a determinação dos *clusters* no *software* QGIS, ao analisar a espacialização das lavanderias, considerou-se a formação de três locais diferentes em cada um dos três municípios, sendo as localidades no mapa com maiores aglomerações de lavanderias, visando a formação de três agrupamentos para cada município em virtude da proximidade geográfica. Para os municípios de Caruaru e Toritama, foi possível a determinação dos três grupos de lavanderias. Contudo, apenas uma localidade foi considerada em Santa Cruz do Capibaribe, pois há apenas uma empresa na lista que foi disponibilizada.

O método de clusterização definido no QGIS foi o agrupamento *K-means*, o qual define-se o número de grupos para a camada vetorial de pontos analisados. Este agrupa as áreas em virtude da similaridade e da distância euclidiana (em linha reta) de um ponto a outro (CASTRO et al., 2010). Após a divisão dos grupos no *software*, utilizou-se o complemento “matriz de distância” para verificar as distâncias mínima e máxima entre as lavanderias dentro de cada *cluster* nos municípios de Caruaru e Toritama. Também foi delimitado um *buffer*, que é a definição de uma região no entorno dos elementos estudados nos mapas com distância determinada a partir da região mais central da área analisada, formando um raio em quilômetros que abrange as lavanderias de cada agrupamento.

É válido ressaltar que para além de questões geográficas, os grupos foram determinados à luz da Ecologia Industrial, considerando princípios deste conceito, como a possibilidade de Simbiose Industrial ou probabilidade de parcerias entre as empresas, reutilização e reciclagem de resíduos e, gerenciamento cíclico dos materiais (SILVA, 2017). A partir desta etapa, foi selecionada uma empresa representante de cada agrupamento, sendo considerado prioridade o *cluster* de maior aglomeração para a representação da amostra, buscando-se 3 em Toritama, 3 representantes em Caruaru e 1 em Santa Cruz do Capibaribe, totalizando um universo amostral de 7 lavanderias.

### *(iii) Visitas às empresas/gestores*

Nesta etapa, foram destinadas visitas específicas às empresas do universo amostral, a fim de, vivenciar o processo de beneficiamento do jeans e delinear a rota

existente dos resíduos sólidos a serem analisados, nos meses de abril e maio de 2022. Foi elaborado um roteiro estruturado para a coleta de informações em campo referentes à caracterização socioeconômica do empreendimento (Apêndice A): (i) função do entrevistado na empresa; (ii) localização da empresa; (iii) área útil; (iv) número de funcionários; (v) produção de peças por dia; (vi) média de produção mensal; (vii) meses de maior produção no ano; (viii) faturamento anual; (ix) tempo de atuação no mercado. Para Aguiar (2020) esta análise possibilita conhecer as condições econômicas e socioculturais do ambiente de estudo.

Ainda tratando-se do roteiro, itens referentes à rota tecnológica dos resíduos sólidos foram considerados: (i) tipos de resíduos sólidos gerados nas etapas de beneficiamento do jeans; (ii) quantidade de resíduos produzida; (iii) segregação dos resíduos; (iv) local de acondicionamento; (v) local de destinação final; (vi) frequência de coleta.

#### *(iv) Análise dos dados coletados*

Para além da coleta realizada através do roteiro, foram reunidas informações através de observações participativas e diálogos com os gestores utilizando-se de um caderno de campo para o registro das análises. Os dados obtidos na coleta das informações foram sistematizados através do *Excel*, onde foram, posteriormente, analisados para a verificação e construção do fluxograma da rota tecnológica atual das áreas de estudo.

Realizou-se análise dos modelos em função da conformidade legal das rotas tecnológicas, a fim de verificar nas lavanderias a existência de princípios que norteiam o gerenciamento dos resíduos sólidos nesses empreendimentos. Para a seleção de indicadores de conformidade legal processual, considerou-se a Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), a Instrução Normativa nº 001 da Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH, 2019), que dispõe sobre a Declaração Anual de Resíduos Sólidos e o mapeamento dos resíduos do estado e a Norma Brasileira nº 12.235 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1992), que dispõe sobre condições para o armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Ressalta-se que, muito embora a maioria dos resíduos sólidos têxteis gerados não sejam considerados perigosos de acordo com as normas estabelecidas no Brasil, considerou-se normas para resíduos perigosos em virtude de sua complexidade e exigências de entidades ambientais estaduais.

Com isso, a análise foi qualitativa, de presença ou ausência, considerando os 11 princípios selecionados, de acordo com preceitos legais estabelecidos nas políticas e

normas citadas: (i) Acondicionamento adequado dos resíduos perigosos; (ii) Local de armazenamento adequado dos resíduos perigosos; (iii) Isolamento e sinalização do local de armazenamento; (iv) Utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) para o manejo de resíduos perigosos; (v) Plano de Emergência para resíduos sólidos perigosos; (vi) Existência de Declaração Anual de Resíduos Sólidos (DARS); (vii) Existência de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS); (viii) Incentivo à pesquisa científica e tecnológica para melhoria da operação de gerenciamento de resíduos sólidos; (ix) Trabalhos com Educação Ambiental; (x) Sistema de logística reversa de embalagens de resíduos perigosos e (xi) Disposição e destinação ambientalmente inadequadas. O grau de conformidade legal considerou a pontuação final das rotas dentro de cada empreendimento, variando de baixo à alto (Tabela 1).

**Tabela 1.** Grau de conformidade legal das rotas tecnológicas aplicada às lavanderias têxteis.

Grau de conformidade	Pontuação
Baixo	0 - 2
Médio-baixo	3 - 5
Médio-alto	6 - 8
Alto	9 - 11

Fonte: Autor, 2022.

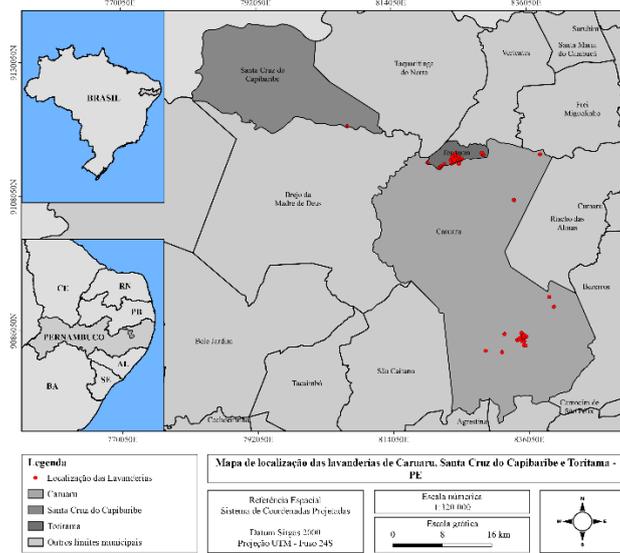
Baseando-se em outros estudos científicos, analisou-se a existência de princípios de Ecologia Industrial e Economia Circular na rota atual e observação de em qual/quais dimensões das revoluções industriais esta se encontra.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização dos empreendimentos

Um total de 80 lavanderias têxteis foram identificadas, sendo 27 em Caruaru, 52 em Toritama e 1 em Santa Cruz do Capibaribe. No entanto, das 80 empresas, 6 foram excluídas na etapa inicial da pesquisa, em virtude de estarem inativas na inscrição da Receita Federal, ficando a amostra final em 74 empresas, que representam os pontos georreferenciados, dos quais 26 estão em Caruaru, 47 em Toritama e 1 em Santa Cruz do Capibaribe (Figura 2).

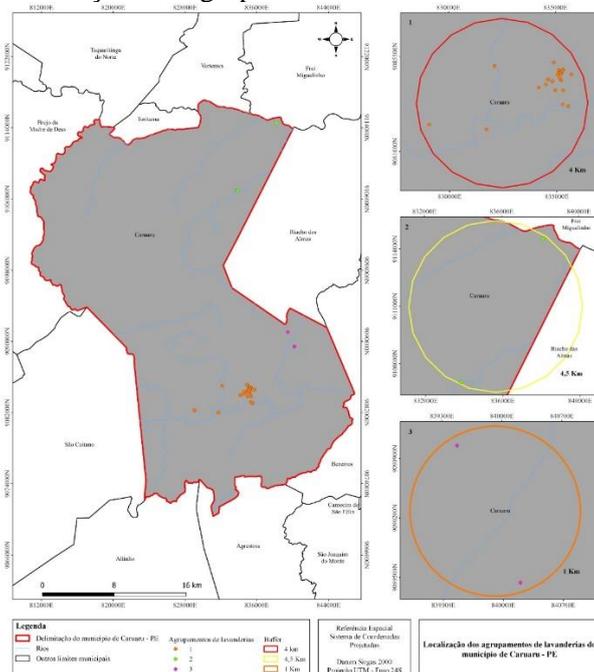
**Figura 2.** Mapa de localização das lavanderias do APL do Agreste de Pernambuco.



Fonte: Autor, 2022.

No município de Caruaru, verificou-se que o agrupamento 1 apresenta variação de distâncias de 21m (mínima) à 1,5 Km (máxima) entre as empresas, um raio de abrangência de 4 Km. Para o grupo 2, a distância entre as lavanderias é de 8,5 Km e o raio de abrangência, 4,5 Km. Já no último agrupamento, a distância é de 1,7 Km e o raio, 1 Km (Figura 3). Com isso, a partir do agrupamento 1, foram identificadas as três empresas representantes do município, concentradas no Bairro Salgado.

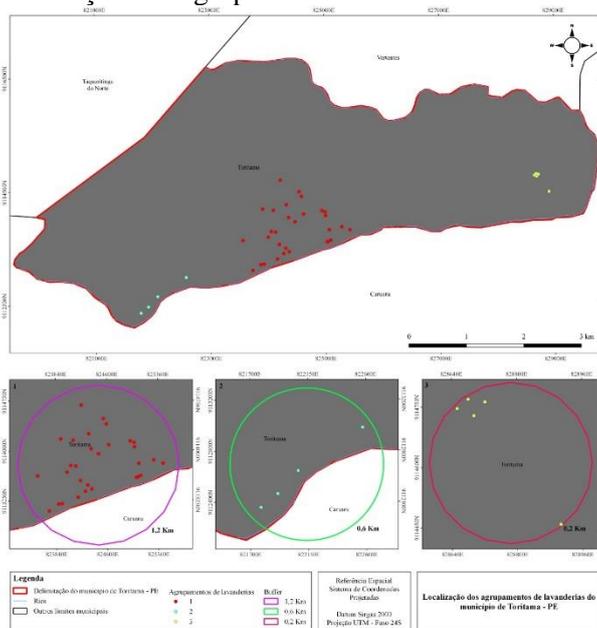
**Figura 3.** Localização dos agrupamentos de lavanderias em Caruaru – PE.



Fonte: Autor, 2022.

Para o município de Toritama, no agrupamento 1, a variação de distância é entre 27 m à 1,7 Km e o raio de abrangência é de 1,2 Km. No grupo 2, as distâncias variam de 220 m à 1,6 Km., com um raio é de 0,6 Km. Para o agrupamento 3, a variação deu-se entre 43 m e 1,6 Km, adentrando um raio de 0,2 Km (Figura 4). É válido destacar que, neste município, houveram dificuldades no que se refere à coleta de dados em campo. As lavanderias presentes no agrupamento 3 não tiveram disponibilidade de participar da pesquisa. Com isso, buscou-se a terceira lavanderia da amostra do município nos demais *clusters*, detectando-se outra ausência de disponibilidade e resultando em 2 lavanderias de estudo.

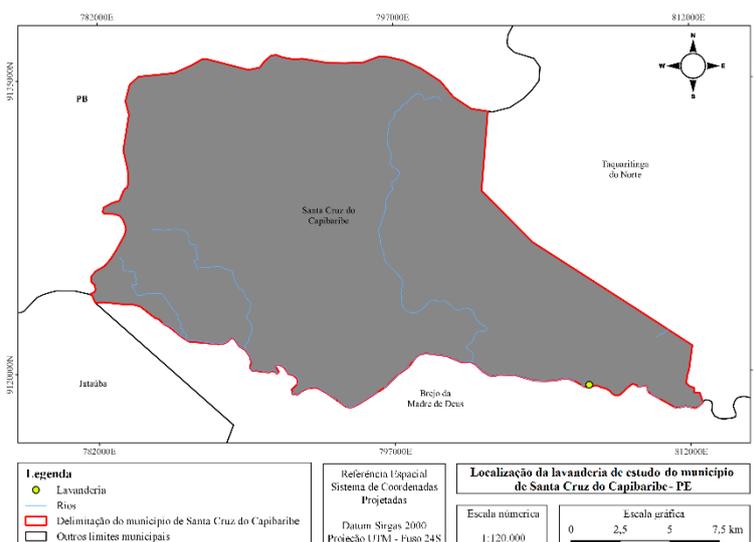
**Figura 4.** Localização dos agrupamentos de lavanderias em Toritama – PE.



Fonte: Autor, 2022.

Em Santa Cruz do Capibaribe, não foram delimitados agrupamentos, distâncias e raio de abrangência em virtude de existir apenas um *case* que se enquadrou nos parâmetros no local, de acordo com os dados primários coletados (Figura 5).

**Figura 5.** Localização da lavanderia de estudo em Santa Cruz do Capibaribe – PE.



Fonte: Autor, 2022.

Os dados obtidos junto aos gestores determinaram as características dos empreendimentos analisados em Caruaru (A, B e C), Toritama (D e E) e da lavanderia em Santa Cruz do Capibaribe (F), possibilitando a compreensão do perfil de cada uma dessas organizações. O resultado da caracterização da amostra determinou o porte das empresas atendendo os requisitos estabelecidos: capacidade de produção, área útil ocupada e número de funcionários, conforme a Lei nº 14.549 (PERNAMBUCO, 2011) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Descrição das características das empresas estudadas.

Município	Área útil (m <sup>2</sup> )	Número de funcionários	Produção (mil peças/dia)	Média de produção (mil peças/mês)	Tempo de atuação no mercado (anos)
Caruaru (A)	1.000	47	9,0	150 a 200	20
Caruaru (B)	500	10	1,0	20	8
Caruaru (C)	750	23	2,5	60	14
Toritama (D)	900	150	3,0	80	8
Toritama (E)	1.400	35	3,5	80	20
Santa Cruz do Capibaribe (F)	500	15	1,5	27	22

Fonte: Autor, 2022.

A capacidade produtiva das empresas de pequeno porte está entre 501 e 3.000 peças/dia, área útil de 500 à 3.000 m<sup>2</sup> e de 10 a 49 funcionários; lavanderias de médio porte tem produção entre 3.001 e 5.000 unidades/dia, área útil de 3.001 e 10.000 m<sup>2</sup> e entre 50 e 99 empregados; já as de grande porte tem uma produção de 5.001 a 10.000 unidades/dia, área útil entre 10.001 a 15.000 m<sup>2</sup> e acima de 99 funcionários (SILVA

FILHO et al., 2021). Observou-se que há representatividade de empresas de pequeno, médio e grande porte em Caruaru, apenas de médio em Toritama e de pequeno porte em Santa Cruz do Capibaribe, quando analisada a capacidade de produção de peças por dia. Com relação a área útil dos empreendimentos, todos enquadram-se como de pequeno porte. No que diz respeito ao número de funcionários, apenas o empreendimento D em Toritama especifica-se como grande e as demais na categoria de médio porte.

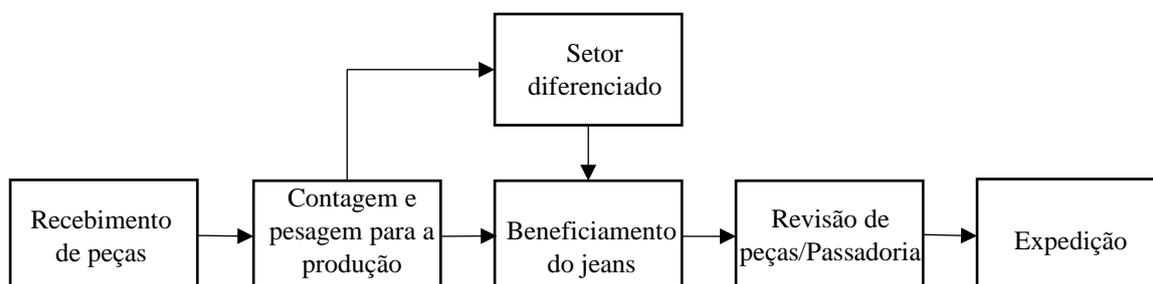
A partir disso, provavelmente, a área útil não é um indicador com interferência na capacidade de produção das lavanderias, mantendo-se o porte de médio a elevado na maioria das representantes do universo amostral. Segundo os gestores entrevistados, alterações na regularidade de produção de peças está diretamente relacionada à sazonalidade existente no setor têxtil da região, em que, os meses de maior produção anual compreendem a época de festividades juninas (maio e junho), por ser uma atividade que denota desenvolvimento econômico na região e, os meses próximos ao fim de ano (outubro, novembro e dezembro). Tal característica justifica-se como uma relação direta com a elevação da produtividade e com momentos de incremento na negociação de produtos para todo país. Estas informações também refletem diretamente na variação do volume de produção de resíduos sólidos têxteis pelas lavanderias e, conseqüentemente, no aumento de custos operacionais para os gestores.

Em Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe as lavanderias estão ativas no mercado em um período compreendido entre 8 e 22 anos, sendo consideradas empresas experientes no ramo de beneficiamento de jeans na região.

#### 4.2 Etapas de beneficiamento e geração de resíduos

Os resíduos sólidos têxteis identificados nas etapas de beneficiamento do jeans são comuns a todas as lavanderias, sendo estes as fibras de tecidos provenientes dos processos físicos e advindas das lavagens com etapas químicas, embalagens de produtos químicos e o lodo têxtil proveniente do tratamento dos efluentes. Verificou-se também, que os setores existentes são comuns a todas as empresas (Figura 6).

**Figura 6.** Fluxograma das lavanderias de beneficiamento de jeans no APL de Pernambuco.



Fonte: Autor, 2022.

Na primeira etapa, há o recebimento de peças e posterior contagem e pesagem para o envio ao setor produtivo. A pesagem é realizada de acordo com o tipo de beneficiamento em que a peça será submetida e a capacidade do maquinário, em geral 40 kg de itens por lavagem. Nesta etapa inicial, inexistente a produção de resíduos sólidos têxteis. Se forem aplicados efeitos diferenciados ou de customização nas peças, como “puídos” (efeitos de desgaste físico) ou “bigodes” (manchas resultantes do uso de permanganato de potássio), estas são direcionadas ao setor diferenciado, antes da etapa de lavagem. No setor diferenciado, os resíduos sólidos gerados são pequenas fibras de tecidos resultantes dos processos de desgaste.

Na etapa de beneficiamento, há três tipos de maquinários: as lavadoras, as centrífugas e as secadoras. As lavadoras fazem os processos de beneficiamento das peças a partir da demanda de cada cliente (jeans amaciado, *destroyed*, estonado, tingido, etc...) e os resíduos são pequenas fibras de tecidos. As centrífugas retiram o excesso de água após o processo de lavagem e os resíduos são fibras de tecidos que, junto à água residuária, são encaminhadas à estação de tratamento de efluentes (ETE). As secadoras realizam a retirada total de água residual existente na peça, onde os resíduos são restos de tecidos provenientes das secadoras, estas, em maior volume e ricas em compostos químicos tóxicos (Figura 7). Os resíduos são retirados (Figura 7a) e seguidos para a etapa de acondicionamento (Figura 7b).

**Figura 7.** Fibras de tecidos resultantes das secadoras. **Figura 7a.** Retirada de fibras das secadoras. **Figura 7b.** Acondicionamento das fibras de tecidos.



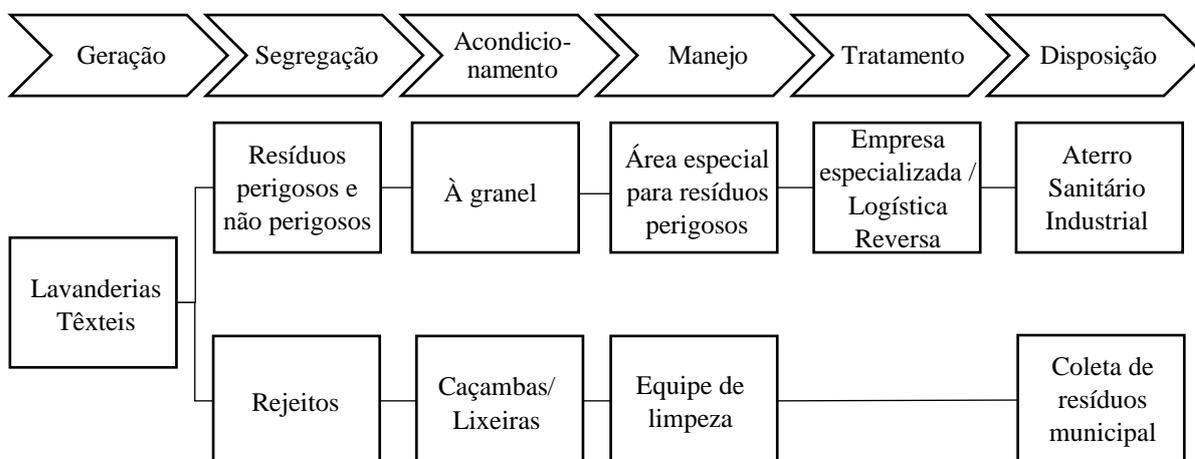
Fonte: Autor, 2022.

Outro material bastante comum é constituído dos restos de pedra-pomes utilizada no processo de estonagem do jeans. Porém, atualmente, este material vem sendo substituído por enzimas, visto que realizam o mesmo processamento têxtil de forma mais sustentável e sem produção de resíduos (ORLANDELLI et al., 2012; LIMA, 2020). Os demais resíduos (embalagens perigosas e lodo) não são gerados nas etapas de beneficiamento, mas em outros locais que denotam suporte às etapas e auxílio à qualidade ambiental, sendo estes, o depósito de estoque de produtos químicos e a ETE da empresa.

### 4.3 Especificação das rotas tecnológicas

A verificação do gerenciamento dos resíduos sólidos têxteis nas lavanderias possibilitou a compreensão da rota tecnológica desses materiais nos empreendimentos, como é o caso das empresas em Caruaru (Figura 8).

**Figura 8.** Rota tecnológica dos resíduos têxteis das lavanderias de Caruaru.



Fonte: Autor, 2022.

Em todos os empreendimentos do município de Caruaru, o gerenciamento dos resíduos sólidos provenientes das etapas de beneficiamento do jeans deu-se de modo similar, considerando todas as etapas de gerenciamento estabelecidas na Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010). A segregação dos resíduos nos processos divide-se entre rejeitos, resíduos perigosos e não perigosos. Os rejeitos (pequenas fibras oriundas de processos físicos) são descartados junto aos resíduos comuns, em virtude do baixo volume produzido e da inexistência de contaminação química. Estes são acondicionados em lixeiras, destinados à coleta municipal e, posteriormente, ao aterro sanitário de Caruaru. Já os resíduos perigosos (embalagens de químicos) e não perigosos (fibras de tecidos e lodo) são encaminhados ao setor de armazenamento de resíduos da empresa (Figura 9).

Ambos os resíduos não perigosos são acondicionados em sacos resistentes (Figuras 9a e 9b), que comportam em média 15 Kg de resíduo cada, fechados e armazenados em local identificado e isolado, onde não há trânsito de pessoas e possibilidade de mistura desses materiais.

**Figura 9.** Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. **Figura 9a.** Armazenamento de fibras de tecidos. **Figura 9b.** Armazenamento de lodo têxtil.



Fonte: Autor, 2022.

Verificou-se ineficiência no acondicionamento em virtude de os sacos não estarem identificados ou existir simbologia que indique a presença de risco. É válido destacar que, no empreendimento C, o lodo da ETE não é acondicionado em sacos, mas ainda se utiliza do método de acondicionamento à granel (que deve ser em montes, dentro de edificações, protegidos de vento e com base impermeabilizada), estabelecido pela Norma Brasileira NBR nº 12.235 (ABNT, 1992). Contudo, os resíduos são retirados do leito de secagem e dispostos em estrutura de alvenaria até o momento da coleta para a disposição final, não sendo a estrutura mais indicada por não ser uma base de revestimento impermeabilizado. Quando há elevado acúmulo destes materiais, aciona-se empresa especializada na coleta de resíduos sólidos industriais que faz o recolhimento e transporte para o aterro sanitário industrial de Caruaru. As embalagens de resíduos perigosos são separadas, acondicionadas em local específico para estes materiais e realiza-se a logística reversa junto à empresa fornecedora dos produtos químicos utilizados.

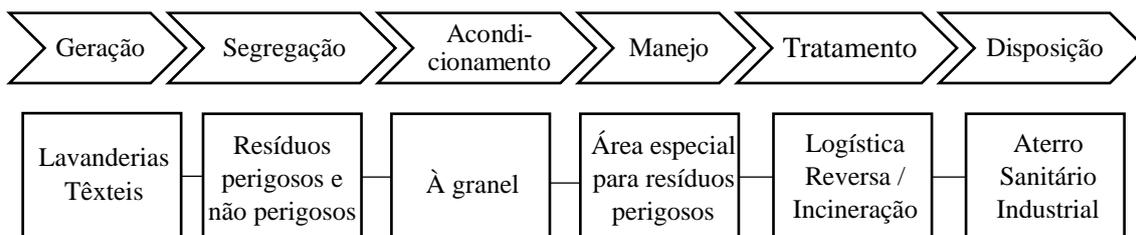
A rota tecnológica dos resíduos sólidos têxteis dos empreendimentos A, B e C ocorre de maneira correta quando consideradas as exigências estabelecidas pelas autoridades ambientais competentes, tendo em vista que todos os empreendimentos possuem Licença Ambiental para a operação das atividades. Porém, é válido considerar

as possibilidades de melhorias no processo de gerenciamento para além do cumprimento às autoridades licenciadoras.

Estratégias eficientes podem ser adotadas para a melhoria dos processos, como a separação de resíduos urbanos dos têxteis, não permitindo a mistura desses materiais e a internalização da reciclagem nas rotas, muito embora, têxteis multimateriais ou complexos necessitem de processos diferenciados (PIRIBAUER; BARTL, 2019). Estudos realizados na Austrália, Brasil e Itália demonstraram algumas possibilidades de reuso, reutilização e reciclagem têxtil em função de melhorias no gerenciamento de resíduos, destacando o uso na produção de energia térmica, agricultura, construção civil e produção de peças de vestuário sustentáveis, resultando em diminuição de custos, volume de resíduos destinados a aterros e aumento de cenários de produção mais limpa (AVELAR, 2012; SHIRVANIMOGHADDAM et al., 2020; PATTI; CICALA; ACIENO, 2021).

Nos empreendimentos em Toritama e em Santa Cruz do Capibaribe, verificou-se a mesma rota tecnológica observando a segregação dos resíduos sólidos têxteis nas tipologias de resíduos perigosos e não perigosos (Figura 10).

**Figura 10.** Rota tecnológica dos resíduos têxteis das lavanderias de Toritama e Santa Cruz do Capibaribe.



Fonte: Autor, 2022.

A rota de gerenciamento em questão não difere da rota anterior quando se considera a submissão aos órgãos licenciadores ambientais, resultando num correto modelo de gerenciamento, nesse sentido. Em comparação ao modelo anterior, este trata de todos os resíduos têxteis de modo que não haja combinação destes materiais com resíduos sólidos destinados à coleta urbana, que detêm características diferenciadas. A inserção da reutilização e reciclagem de resíduos nas rotas, somado à adoção de parcerias com outras empresas e instituições para a obtenção de fluxos fechados, é um importante agente para a inovação de modelos de gerenciamento convencionais, ou seja, que visam apenas a disposição final dos resíduos em aterros (CHRISTENSEN, 2021).

No empreendimento D, em Toritama, os resíduos não perigosos são acondicionados em sacos resistentes e encaminhados à área de resíduos, distante das áreas de trabalho da empresa. Uma vez ao mês 1 tonelada de resíduo é destinada ao aterro sanitário industrial de Caruaru e a uma empresa especializada em incineração de resíduos. Com isso, o lodo têxtil é encaminhado ao aterro e as fibras de tecido são destinadas ao processo de incineração ambientalmente adequado.

No empreendimento E, os processos ocorrem de maneiras semelhantes, porém, o acondicionamento do lodo é realizado em solo impermeável até o momento da coleta. Este gestor, contrata uma empresa em Recife para fazer a coleta e disposição dos resíduos no aterro, com frequência mensal, dispondo de 10 toneladas de resíduos.

No caso de Santa Cruz do Capibaribe, o gestor da empresa relatou que apesar da lavanderia atuar com diversos tipos de beneficiamento, o que atrai maior número de clientes é o processo de tinturaria. Com isso, não há elevada geração de fibras têxteis provenientes de etapas físicas de desgaste dos tecidos. As demais fibras produzidas e o lodo recebem o acondicionamento e manejo similares aos demais municípios. Porém, as fibras de tecido são incineradas junto à lenha nas caldeiras que gera vapor para o maquinário. É válido mencionar que, este tipo de tratamento requer manuseio e controle adequados dos poluentes atmosféricos.

Com relação ao lodo, este é destinado ao aterro sanitário industrial de Recife, onde uma empresa especializada é acionada para realizar o transporte, havendo geração de 2 toneladas de resíduos a cada 4 meses, em média  $0,5 \text{ ton.mês}^{-1}$ . Em todos os empreendimentos em questão, as embalagens de produtos químicos perigosos destinam-se à logística reversa junto aos fornecedores desses materiais.

O estudo e compreensão das rotas tecnológicas dos resíduos de lavanderias têxteis pode corroborar com melhorias no processo de gerenciamento destes materiais, conferindo contribuições positivas no modelo a ser adotado de acordo com cada realidade empresarial, atendendo aos parâmetros ambientais, conformidade processual e denotando diminuição de custos aos empreendedores.

O gerenciamento dos resíduos considerando os pilares ambiental, econômico e social da sustentabilidade, resultam em elevada eficiência e desenvolvimento do setor têxtil pernambucano. Para Ferreira e Jucá (2017), há sempre sistema de coleta e aterros sanitários envolvidos nas rotas tecnológicas, porém, considerar os aspectos sociais, econômicos e ambientais da realidade de estudo torna-se primordial para a compreensão e desenvolvimento das ações. Modelos de gerenciamento de resíduos devem estar

alinhados à Política Nacional de Resíduos Sólidos, com inclusão de curto e médio prazo e considerar critérios técnicos, sustentáveis, culturais e tecnológicos aplicados à região de análise (JUCÁ et al., 2014).

Com isso, para além da análise da rota de destinação dos resíduos num viés de redução dos custos e elevação de mudanças processuais positivas para essa operação, faz-se interessante que o gestor e os colaboradores compreendam a finalidade ambiental existente nas ações realizadas ao longo do processo, reiterando a relevância ambiental das etapas de gerenciamento, a importância social e ganhos econômicos, não apenas, o foco na destinação ou disposição final destes materiais.

#### 4.4 Conformidade legal das rotas

A análise qualitativa a partir da conformidade legal das rotas tecnológicas dos estabelecimentos analisados identificou a presença ou ausência dos 11 itens norteadores da qualidade dos modelos de gerenciamento (Quadro 1).

**Quadro 1.** Avaliação qualitativa da conformidade legal das rotas tecnológicas.

Conformidade legal	Caruaru			Toritama		SCC	Fonte
	A	B	C	D	E	F	
Acondicionamento adequado dos resíduos perigosos	1	1	0	1	1	1	(ABNT, 1992)
Local de armazenamento adequado dos resíduos sólidos perigosos	1	1	0	1	1	1	
Isolamento e sinalização do local de armazenamento	1	1	1	1	1	1	
Utilização de EPI para o manejo de resíduos perigosos	1	1	1	1	1	1	
Plano de emergência para resíduos sólidos perigosos	0	0	0	0	0	0	
Existência de Declaração Anual de Resíduos Sólidos (DARS)	1	1	1	1	1	1	(PERNAMBUCO, 2019)
Existência do Plano de Gestão de Resíduos Sólidos	1	1	1	1	1	1	(BRASIL, 2010)
Incentivo à pesquisa científica e tecnológica para melhoria da operação da GRS.	1	1	1	1	1	1	
Trabalhos com educação ambiental	0	0	0	0	0	0	
Sistema de logística reversa de embalagens perigosas	1	1	1	1	1	1	
Disposição e destinação ambientalmente adequadas	1	1	1	1	1	0	

Total	9	9	7	9	9	8
-------	---	---	---	---	---	---

Legenda: SCC = Santa Cruz do Capibaribe.  
Fonte: Autor, 2022.

Muito embora as empresas em Caruaru detenham a mesma rota tecnológica dos resíduos, existe a diminuição da qualidade a partir da conformidade legal de forma mais expressiva no Empreendimento C, que atendeu apenas a 7 dos 11 itens considerados. A lavanderia em questão denota falhas na etapa de acondicionamento e no local adequado de armazenamento destes materiais, em virtude de não atender a etapa de impermeabilização do solo, estabelecida para acondicionamento à granel, na Norma Brasileira nº 12.235 (ABNT,1992).

O caso estudado em Santa Cruz do Capibaribe detém falhas operacionais que resultam em não conformidade legal no que diz respeito ao tratamento das fibras têxteis com características de toxicidade, realizando-se este processo de forma autônoma. Este case descumpra assim, a destinação e/ou disposição final dos resíduos de forma ambientalmente adequada, de acordo com a Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010).

Todas as lavanderias analisadas não possuem Plano de Emergência para os casos de contaminação de resíduos sólidos, tanto ao meio ambiente quanto aos trabalhadores, e inexistem processos de Educação Ambiental junto aos colaboradores, conforme estabelecidos na legislação. Contudo, os resultados dos itens legais analisados demonstraram que as rotas tecnológicas existentes e a operação das etapas nos empreendimentos apresentam elevada qualidade quando se considera a conformidade legal ambiental, onde duas empresas apresentam grau médio-alto e quatro possuem grau alto.

#### **4.5 Ecologia Industrial e Economia Circular nas rotas tecnológicas**

Métricas e ferramentas de avaliação de modelos que utilizam métodos circulares ainda se configuram num campo de pesquisa em desenvolvimento, muito embora existam instrumentos promissores para a identificação da Ecologia Industrial e Economia Circular nos processos produtivos (CAMANA et al., 2021). De acordo com Silva (2017), existem princípios da Ecologia Industrial pertinentes aos resíduos sólidos que englobam ações referentes ao: (i) Engajamento produtivo ou Simbiose Industrial: que é a parceria entre empresas do mesmo segmento ou de diferentes segmentos com potencial de interação para trocas de materiais; (ii) Reutilização e reciclagem de resíduos: é a destinação de resíduos de modo que os impactos ambientais negativos sejam reduzidos; (iii) Aplicação

da desmaterialização e transmaterialização: produzir um mesmo bem com menos demanda de matéria-prima e de recursos ambientais e, troca de materiais por um bem mais durável. Ao considerar estes princípios vinculados ao uso de recursos durante o máximo de tempo possível e somado à mínima geração de resíduos ou gerenciamento cíclico, tem-se a aplicação da Economia Circular dentro dos Arranjos Produtivos Locais e que resulta no fortalecimento industrial de forma mútua (OLIVEIRA; FRANÇA; RANGEL, 2018).

A partir destas questões, as rotas tecnológicas das lavanderias analisadas não atendem à maioria dos princípios da Ecologia Industrial voltada às discussões sobre resíduos sólidos, nem da Economia Circular quanto à circularidade nos processos. Porém, estes atendem ao Princípio da Desmaterialização e Transmaterialização, quando utilizam enzimas no beneficiamento em oposição à pedra-pomes, reduzindo a produção desse resíduo, a demanda por essa matéria-prima e substituindo um material por outro mais durável e sustentável.

Os empreendedores visam o atendimento à legislação ambiental vigente, a destinação e disposição ambientalmente adequada dos resíduos e a redução de custos com a disposição final, assim, não existindo preocupação na aplicação de métodos de reintegração de resíduos aos processos. A inserção de novos modelos produtivos que consideram estes princípios pode refletir no desenvolvimento das empresas, conseqüentemente do APL, através de novos métodos, tecnologias e tendências de mercado. A transição para padrões circulares traz oportunidade de transformação de economias e o aumento de vantagens competitivas e sustentáveis (EUROPEAN COMMISSION, 2015; LY, 2021). Consumidores mostram-se cada vez mais preocupados em adquirir produtos têxteis oriundos de cadeias produtivas mais sustentáveis, fazendo com que as empresas assumam os benefícios do gerenciamento eficiente dos resíduos e modifiquem os processos (MOORHOUSE; MOORHOUSE, 2017).

Com relação às tecnologias, as empresas do estudo encontram-se na Revolução Industrial 3.0, apropriando-se do desenvolvimento e utilização de maquinários em função da produção e do gerenciamento dos resíduos e na Revolução Industrial 4.0 apenas quando se refere ao *marketing* comercial. A evolução das empresas agregando a Economia Circular com a I 4.0 ocasionaria em estratégias circulares, especialmente pela adoção da Internet das coisas (do inglês *Internet of things* – IoT) (RAJPUT; SINGH, 2019), permitindo a identificação de falhas para a otimização dos processos, a recuperação de informações em tempo real, as melhorias de coleta de dados, o

compartilhamento de recursos, a reciclagem, a valoração de produtos e o desenvolvimento sustentável (KHAN; AHMAD; MAJAVA, 2021).

Considerando que, os recursos naturais deveriam ser compartilhados pela sociedade, entidades, poder público, biocenose e biótopo, pois são bens comuns, que precisariam ser passíveis de acesso por todos. Quando utilizados em favor de benefícios individuais, podem resultar em consequências negativas a todos, conhecido como Tragédia dos Coletivos (OSTROM, 1990).

Observa-se que em relação ao Arranjo Produtivo Local da Indústria Têxtil, localizada no Agreste de Pernambuco, a finitude de alguns insumos representa fator limitante para o sucesso empresarial. A escassez hídrica desta região, além do potencial poluidor do lançamento de efluentes sem o devido tratamento, a produção de resíduos sólidos, a disposição inadequada de rejeitos e a ausência de circularidade nos processos produtivos representam um desafio para este setor industrial. Para além da Tragédia dos Comuns (HARDIN, 1968), a queda da qualidade ambiental dos ecossistemas adjacentes a este APL decorrente de tal estado da arte, assim como a ausência da implantação plena da lógica de Ecologia Industrial, reflete-se na constatação da Tragédia dos Coletivos (OSTROM, 1990), visto o comprometimento dos recursos naturais.

O desenvolvimento tecnológico apoiado em modelos de Revolução Industrial mais atuais e incorporado aos princípios de Ecologia Industrial e Economia Circular, provavelmente, ocasionariam em melhorias processuais, ganhos econômicos e ambientais para o Arranjo Produtivo Local de Pernambuco.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Observou-se a existência de uma única rota tecnológica de resíduos sólidos nas empresas analisadas no município de Caruaru e outra rota para as lavanderias em Toritama e Santa Cruz do Capibaribe. A segregação dos materiais é detalhada como resíduos não perigosos e perigosos, sendo composto por fibras de tecidos, lodo têxtil e embalagens de materiais perigosos, respectivamente. Em ambas as rotas, a disposição final destes é o aterro sanitário, contudo alguns resíduos são destinados para o tratamento, por meio da incineração e da logística reversa, priorizando a redução de custos operacionais.

Com relação à legalidade da aplicação das rotas em cada um dos empreendimentos analisados, o empreendimento C em Caruaru e a empresa F em Santa Cruz do Capibaribe

obtiveram os menores índices de qualidade, a partir da conformidade legal. Apesar disso, todas as lavanderias do estudo enquadraram-se no grau de conformidade de médio-alto a alto, quanto ao atendimento às questões de gerenciamento destes resíduos, de acordo com a legislação vigente. Já a ausência de aplicação da maioria dos princípios de Ecologia Industrial e Economia Circular vinculados à falta de modernidade da indústria na região de estudo corrobora com a limitação do desenvolvimento socioeconômico e ambiental do APL Pernambucano.

Desta feita, a questão que se apresenta é a identificação de estratégias para a melhoria setorial. Recomenda-se para o setor têxtil do Agreste Pernambucano, algumas estratégias no campo da gestão ambiental:

- (i) normativa/legal: a internalização de normas e leis específicas ao setor têxtil da região, especialmente no que tange à questão dos resíduos sólidos, limitando a geração desses materiais em consonância com o porte das organizações e demandando formas de tratamento economicamente viáveis, no sentido de limitar o uso de recursos comuns. Para além disso, o estabelecimento de Políticas Públicas para métodos de produção que visem reduzir ou extinguir os resíduos, de modo que a restrição do volume destes não impacte negativamente a produção e a economia dos empreendimentos;
- (ii) técnica/operacional: a introdução de profissionais qualificados no mercado para o cumprimento eficiente das leis, capazes de atuar no desenvolvimento do setor junto às empresas e na minimização de impactos ao meio ambiente, bem como, a fiscalização efetiva na região por parte do poder público. Também se vislumbra a possibilidade de internalizar tecnologias mais limpas, visando o estabelecimento de uma produção sustentável. A incorporação de técnicas de reuso e reciclagem de resíduos têxteis, aplicando princípios de Ecologia Industrial e Economia Circular, buscando possibilitar melhorias operacionais e implantar a sustentabilidade e a circularidade nos modelos de gerenciamento, enquadrando-os à realidade da região e à aplicabilidade destes princípios pelos gestores responsáveis.
- (iii) administrativa/gerencial: a criação de Comitês, Agências Regulatórias, entidades ou órgãos específicos para o desenvolvimento têxtil local em consonância com a conservação ambiental, garantindo a presença de

profissionais na região que auxiliem na gestão ambiental e na aplicabilidade das normas e leis junto aos empreendedores.

- (iv) educacional/comportamental: para além dos ditames legais, faz-se necessário estruturar atividades de sensibilização junto à sociedade, obedecendo os preceitos da educação para a sustentabilidade, buscando alcançar os indicadores dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ONU, 2015). Tal iniciativa busca alertar a população, de uma forma geral, e este setor produtivo, especificamente, visando mudanças comportamentais nos modelos de consumo da sociedade, ressaltando os possíveis impactos positivos existentes através do consumo consciente.
- (v) infraestrutura/construtiva/de engenharia: vislumbra-se pelo menos dois direcionamentos para essa estratégia: (a) estruturação de espaço físico que possibilitasse reuniões do poder público, da sociedade civil, das empresas e da comunidade acadêmica, estabelecendo um ambiente dialógico para a troca de informações, conhecimento, pesquisas, exposição de ideias e opiniões, além da existência em espaços virtuais, permitindo o acesso a outros grupos que estejam vinculados diretamente a tais questões; (b) melhorias nas instalações para armazenamento temporário de resíduos perigosos à granel, a fim de garantir a impermeabilidade do solo e, conseqüentemente, a qualidade ambiental. E, infraestrutura necessária para a implantação de tecnologias de produção mais limpa e da lógica da Ecologia Industrial, com unidades fabris que utilizem tais materiais com matéria-prima ou insumos processuais, além do aproveitamento de resíduos e tratamento prévio de rejeitos.

Para além das recomendações aqui identificadas, percebe-se que há desafios a serem superados para a implantação plena da Economia Circular e da Ecologia Industrial no APL têxtil do Agreste Pernambucano. Desta forma, está clara a necessidade de continuidade de pesquisas que tenham por objeto este APL, buscando, cada vez mais, compreender os desafios e possíveis estratégias para a implantação da sustentabilidade setorial.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – Facepe pelo apoio financeiro, através do-\* Edital nº 18/2020 da Capes/Facepe. Ao Grupo Gestão Ambiental em Pernambuco – Gampe pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma Brasileira ABNT NBR. 12235** – Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

AGUIAR, A. C.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. Modelos de gerenciamento de resíduos sólidos: proposta para melhoria contínua. **Resíduos sólidos: os desafios da gestão/ Ilana Lopes da Silva Nunes, Lidiane Almeida Pessoa, Soraya Giovanetti El-Deir.** – 1. ed.- Recife: EDUFRPE, 2019.

AGUIAR, A. C. **Indicadores para o gerenciamento de resíduos sólidos em empreendimentos varejistas da região metropolitana do Recife - PE (Brasil).** 2020. 167 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.

AMORIM, J. F. O.; PRAZERES, R. V.; SANTOS, C. O Desenvolvimento do APL de confecções: Um estudo socioeconômico sobre o Agreste Pernambucano. **Revista Economia Política do Desenvolvimento**, v. 3, n. 5, p. 39–56, 2016.

AVELAR, N. V. **Potencial dos resíduos sólidos da indústria têxtil para fins energéticos.** 2012. 71 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

AVILA, A. P. S.; MACIEL, D. H.; SILVEIRA, I.; RECH, S. Os resíduos têxteis sólidos no contexto de abordagens sustentáveis: Ciclo de vida, Economia Circular e Upcycling. **Mix Sustentável**, v. 4, n. 3, p. 17-24, 2018. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073>.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 ago. 2010.

CAMANA, D.; MANZARDO, A.; TONIOLO, S.; GALLO, F.; SCIPIONI, A. Assessing environmental sustainability of local waste management policies in Italy from a circular economy perspective. An overview of existing tools. **Sustainable Production and Consumption**, v. 27, p. 613-629, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.01.029>.

CASTRO, B. M.; FREITAS, S. M.; PRATA, B. A.; EVANGELISTA, G. L. “Raio de Influência”: um método de agrupamento alternativo para Análise de Cluster. **19º Simpósio Brasileiro de Probabilidade e Estatística**. São Pedro, SP, 2010.

CHRISTENSEN, T. B. Towards a circular economy in cities: Exploring local modes of governance in the transition towards a circular economy in construction and textile recycling. **Journal of Cleaner Production**, v. 305, e127058, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127058>.

EUROPEAN COMMISSION. **Closing the loop**: An EU action plan for the Circular Economy. 2015. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614>. Acesso em: 01 mai. 2022.

FERREIRA, C. F. A.; JUCÁ, J. F. T. Metodologia para avaliação dos consórcios de resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 513-521, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017147551>.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6ª ed. Atlas. São Paulo, 2017.

HOLKAR, C. R.; JADHAV, A. J.; PINJARI, D. V.; MAHAMUNI, N. M.; PANDIT, A. B. A critical review on textile wastewater treatments: Possible approaches. **Journal of Environmental Management**, v. 182, p. 351-366, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.07.090>.

HARDIN, G. The Tragedy of the Commons. **Science**, v. 162, p. 1243-1248, 1968.

JUCÁ, J. F. T.; LIMA, J. D.; LIMA, D. A.; MARIANO, M. O. H.; LUCENA, L. F. L.; FIRMO, A. L. B. Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. **Jaboatão dos Guararapes, PE: Grupo de Resíduos Sólidos**. UFPE, 2014. DOI: <https://doi.org/10.13140/2.1.3547.8082>.

KHAN, I. S.; AHMAD, M. O.; MAJAVA, J. Industry 4.0 and sustainable development: A systematic mapping of triple bottom line, Circular Economy and Sustainable Business Models perspectives. **Journal of cleaner production**, v. 297, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126655>.

LIMA, J. S. **Imobilização de celulase em caulim e sua aplicação em processos de acabamento têxtil**. 2020. 111 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

LORENA, E. M. G.; LORENA, C. G.; MEDEIROS, R. M. M.; EL-DEIR, S. G.; HOLANDA, R. M.; ARAÚJO, V. D. Modelo de gestão de riscos em lavanderias de beneficiamento no arranjo produtivo local (APL) têxtil e de confecções de Pernambuco, Brasil. **Revista Produção Online**, v. 18, n. 2, p. 620-640, 2018.

LY, B. Competitive advantage and internationalization of a circular economy model in apparel multinationals. **Cogent Business & Management**, v. 8, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311975.2021.1944012>.

MARQUES, A. D.; MOREIRA, B.; CUNHA, J.; MOREIRA, S. From waste to fashion; a fashion upcycling contest. **Procedia CIRP**, v. 84, p. 1063-1068, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.217>.

MOORHOUSE, D.; MOORHOUSE, D. Sustainable Design: Circular Economy in Fashion and Textiles. **The Design Journal**, n. 20, p. 1756-3062, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352713>.

MORITA, A. M.; MOORE, C. C. S.; NOGUEIRA, A. R.; KULAY, L.; RAVAGNANI, M. A. S. S. Assessment of potential alternatives for improving environmental trouser jeans manufacturing performance in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 247, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119156>.

MOURA, L. S.; SILVA, C. L.; REIS, A. C. S.; MARINHO, E. P.; NÓBREGA, A. C. V.; CARNEIRO, A. M. P. Caracterização de lodo produzido nas lavanderias têxteis da região

Agreste de Pernambuco para uso em materiais de construção alternativos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, 2021a. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14078>.

MOURA, L. S.; SILVA, C. L.; REIS, A. C. S.; MARINHO, E. P.; NÓBREGA, A. C. V.; CARNEIRO, A. M. P. Avaliação da adesividade do ligante asfáltico modificado com lodo têxtil por meio do processamento digital de imagens. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, 2021b. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.13975>.

NAYAK, R.; HOUSHYAR, S.; PATNAIK, A.; NGUYEN, L. TV.; SHANKS, R. A.; PADHYE, R.; FEGUSSON, M. Sustainable reuse of fashion waste as flame-retardant mattress filling with ecofriendly chemicals. **Journal of Cleaner Production**, v. 251, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119620>.

NUNES, L. J. R.; GODINA, R.; MATIAS, J. C. O.; CATALÃO, J. P. S. Economic and environmental benefits of using textile waste for the production of thermal energy. **Journal of Cleaner Production**, n. 171, p. 1353-1360, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.154>.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ODS: **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**, 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/70103-pnud-anuncia-campanha-de-promocao-dos-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods>>. Acesso em: 15 jun. de 2022.

OLIVEIRA, F. R.; FRANÇA, S. L. B.; RANGEL, L. A. D. Princípios de economia circular para o desenvolvimento de produtos em arranjos produtivos locais. **Interações (Campo Grande)**, v. 20, p. 1179-1193, 2019. DOI: <https://doi.org/10.20435/inter.v20i4.1921>.

ORLANDELLI, R. C.; SPECIAN, V.; FELBER, A. C.; PAMPHILE, J. A. Enzimas de interesse industrial: produção por fungos e aplicações. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 7, n. 3, p. 97-109, 2012.

OSTROM, E. **Governing the Commons**. Cambridge University Press, 1990.

PATTI, A.; CICALA, G.; ACIERNO, D. Eco-Sustainability of the Textile Production: Waste Recovery and Current Recycling in the Composites World. **Polymers**, v. 13, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym13010134>.

PERNAMBUCO. Lei Estadual N° 14.549, de 21 de dezembro de 2011. Altera a Lei n° 14.249, de 17 de dezembro de 2010, que dispõe sobre licenciamento ambiental, infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, e dá outras providências. Pernambuco, **Diário Oficial do Estado**, 22 dez. 2011.

PIRIBAUER, B.; BARTL, A. Textile recycling processes, state of the art and current developments: A mini review. **Waste management and research**, v. 37, n. 2, p. 112-119, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1177/0734242X18819277>.

RAJPOT, S.; SINGH, S. P. Connecting circular economy and industry 4.0. **International Journal of Information Management**, v. 49, p. 98-113, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.03.002>.

RIBEIRO, V. A. S.; TAVARES, C. R. G. T. Análise do reuso de efluente de lavanderia de jeans tratado por fotocatalise heterogênea. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 1, n. 2, p. 395-404, 2018.

SAAVEDRA, Y. M. B.; IRITANI, D. R.; PAVAN, A. L. R.; OMETTO, A. R. Theoretical contribution of industrial ecology to circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 170, p. 1514-1522, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.260>.

SCHNEIDERS, D.; SILVA, J. D.; LAPA, K. R.; PINHEIRO, A. Tratamento de logo da indústria têxtil e produção de biogás em reator UASB. **Revista Aidis**, v. 11, n. 2, p. 182-201, 2018.

SCHMIDT, R. C. R.; ANDRADE, H. C.; JACQUES, P. H. M.; NOGUEIRA, H. J. M. E.; CUNHA, A. C. B. Tecnologia sustentável de tingimento de tecidos visando o controle de resíduos tóxicos, considerando a avaliação de estratégias para a geração de renda. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 44743-44759, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-190>.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO A MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Estudo econômico do arranjo produtivo local de confecções do agreste pernambucano**, 2012. Recife, 2013.

SHIRVANIMOGHADDAM, K.; MOTAMED, B.; RAMAKRISHNA, S.; NAEBE, M. Death by waste: Fashion and textile circular economy case. **Science of the Total Environment**, v. 718, e137317, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137317>.

SILVA, T. M. L. **Princípios de Ecologia Industrial na concepção e produção de peças de vestuário: Estudo de múltiplos casos empresariais no polo de confecções do agreste de Pernambuco**. 2017. 125 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Design) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

SILVA, R. I.; HERMANN, F. F.; SELLITTO, M. A.; PEREIRA, G. M.; BORCHARDT, M. Comportamento de cadeias de suprimentos observado em cluster: estudo de caso em uma empresa calçadista. **Holos**, v. 6, p. 226-240, 2013.

SILVA, A. B.; PIMENTA, S. M.; CAPANEMA, M. A.; ABREU, A. L. D.; VALVERDE, F. T. A.; LEMOS, G. M. C. Análise do potencial de emissão de microplásticos por lavanderias têxteis em Goiânia e impactos potenciais. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.5, p. 271-284, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.005.0024>.

SILVA, B. L.; XAVIER, M. G. P. Inovação e tecnologia em lavanderias de jeans do polo têxtil do agreste pernambucano e a implementação das atividades de reúso de água. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 41458 – 41476, 2020. DOI: [10.34117/bjdv6n6-620](https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-620).

SILVA FILHO, A. R. A. **Desenvolvimento de sistema simplificado de gestão ambiental aplicada a micro e pequenas empresas de beneficiamento de jeans**. 2013. 199f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

SILVA FILHO, A. R. A.; DUARTE, A. D.; SINESIO, E. P.; SILVA, G. L.; PESSÔA, S. G. S. Classificação, caracterização e diagnóstico das lavanderias de beneficiamento de jeans na cidade de Caruaru – PE, no Agreste Pernambucano. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.12186>.

SOUTO, T. J. M. P. **Estudo do comportamento químico e ambiental de efluentes industriais e resíduos sólidos oriundos de lavanderias do polo têxtil no agreste pernambucano**. 2017. 114 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

WRAP – WASTE & RESOURCES ACTION PROGRAMME. **A new ground-breaking, expert-led initiative**. Reino Unido, 2021. Disponível em: <<https://wrap.org.uk/taking-action/textiles/initiatives/textiles-2030>>.

YOUSEF, S.; TATARIANTS, M.; TICHONOVAS, M.; SARWAR, Z.; JONUŠKIENĖ, I.; KLIUCININKAS, L. A new strategy for using textile waste as a sustainable source of recovered cotton. **Resources, Conversation & Recycling**, n. 145, p. 359-369, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.02.031>.

YOUSEF, S.; TATARIANTS, M.; TICHONOVAS, M.; KLIUCININKAS, L.; LUKOSIUTE, S. I.; YAN, L. Sustainable green technology for recovery of cotton fibers and polyester from textile waste. **Journal of Cleaner Production**, n. 254, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120078>.

ZENG, X.; XIAO, T.; XU, G.; ALBALGHITI, E.; SHAN, G.; LI, J. Comparing the costs and benefits of virgin and urban mining. **Journal of Management Science and Engineering**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmse.2021.05.002>.

## CAPÍTULO 4

### MELHORIAS PROCESSUAIS DOS MODELOS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS TÊXTEIS DAS LAVANDERIAS DE JEANS DO APL DO AGRESTE PERNAMBUCANO

#### RESUMO

Os resíduos sólidos têxteis conferem impactos ambientais negativos ao ambiente e elevam os custos operacionais das empresas, sendo um dos maiores desafios gerenciais do setor. É primordial a introdução de modelos de gerenciamento de resíduos circulares, visando o desenvolvimento da sustentabilidade setorial. Com isso, a presente pesquisa objetivou a proposição de modelos de gerenciamento baseados na Ecologia Industrial e Economia Circular nas lavanderias de beneficiamento de jeans do APL têxtil do Agreste de Pernambuco. A inovação destes modelos para os empreendimentos representativos pode ser a base da busca de elevação da eficiência econômica diminuindo os custos operacionais. Além do levantamento bibliográfico, a metodologia foi dividida em quatro etapas baseadas na seleção de indicadores, na análise das rotas existentes, na proposição de modelos circulares de gerenciamento e na avaliação econômica dos modelos propositivos. Nos casos estudados, não foram constatadas a aplicação de princípios da Ecologia Industrial e Economia Circular nas unidades fabris e o custo operacional da disposição final dos resíduos por tonelada varia de R\$ 150,00 à R\$ 2.000,00. Verificou-se a possibilidade de introdução da circularidade através de parcerias empresariais e de projetos sociais que beneficiam o setor têxtil, de artesanato local e da construção civil, bem como, a proposição da redução de 30% dos custos atuais, assim como dos benefícios ambientais. A aplicação desses processos denota desenvolvimento para o setor têxtil Pernambucano no âmbito econômico e empresarial, como na vertente ambiental no que se refere à diminuição da geração de resíduos têxteis.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento Industrial, Modelos Operacionais Circulares, Polo de Confecções de Pernambuco.

### PROCEDURAL IMPROVEMENTS OF SOLID TEXTILE WASTE MANAGEMENT MODELS IN THE JEANS LAUNDRY ROOMS OF APL DO AGRESTE PERNAMBUCANO

#### ABSTRACT

Textile solid waste gives negative environmental impacts to the environment and raises the operating costs of companies, being one of the biggest management challenges in the sector. The introduction of circular waste management models is essential, aiming at the development of sectoral sustainability. With this, the present research aimed at proposing management models based on Industrial Ecology and Circular Economy in the jeans processing laundries of the textile APL of Agreste de Pernambuco. The innovation of these models for representative enterprises can be the basis for the search to increase economic efficiency by reducing operating costs. In addition to the bibliographic survey, the methodology was divided into four stages based on the selection of indicators, the analysis of existing routes, the proposition of circular management models and the

economic evaluation of the propositional models. In the cases studied, the application of Industrial Ecology and Circular Economy principles was not observed in the manufacturing units and the operational cost of final disposal of waste per ton ranges from R\$ 150.00 to R\$ 2,000.00. It was verified the possibility of introducing circularity through business partnerships and social projects that benefit the textile sector, local crafts and civil construction, as well as the proposal to reduce current costs by 30%, as well as environmental benefits. The application of these processes denotes development for the Pernambucano textile sector in the economic and business scope, as in the environmental aspect with regard to the reduction of the generation of textile waste.

**Keywords:** Circular Operating Models, Industrial Development, Pernambuco Clothing Hub.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria têxtil caracteriza-se pelos relevantes impactos ambientais negativos ao meio ambiente, demandando inovações nas ferramentas de gestão e nas ações de gerenciamento empresarial para a elevação da sustentabilidade no setor (ARFO; MATARAZZO; SACCONI, 2020). Modelos de negócios circulares, somados à inovação tecnológica e digital, são ferramentas que podem impulsionar a economia da indústria, considerando a consciência ambiental cada vez mais aparente nos consumidores (HUYNH, 2021).

A principal problemática destas empresas é a gestão dos resíduos sólidos têxteis. Destes, metade do volume é gerado dentro da indústria, nos processos produtivos (RAPSKEVIČIENĖ; GURAUSKIENĖ; JUČIENĖ, 2019). A taxa de recuperação de resíduos no setor pode chegar a 90%, onde 50% pode ser reutilizado de forma direta nas próprias empresas (BUKHARI; CARRASCO-GALLEGO; PONCE-CUETO, 2018). Ações de redução na geração de resíduos e a reinserção, reutilização e reciclagem dos materiais gerados podem ser viabilizadas a partir de modelos de gestão de negócios sustentáveis (HULTBERG; PAL, 2021).

Na Suécia, empresas de sucesso que definem a moda mundial implementam princípios e ações a partir da circularidade, por esta ser uma ferramenta relevante para mudanças nas demais empresas do segmento (BRYDGES, 2021). Em países Europeus, a principal dificuldade de inserção de circularidade na indústria têxtil e desenvolvimento dessas ações no setor é o confronto entre a aquisição de bens gerados pelas empresas que utilizam métodos de produção mais limpa e a crença dos clientes na diminuição da qualidade dos produtos (NORRIS, 2019). Em contrapartida, para alguns consumidores,

adquirir produtos alinhados à sustentabilidade e à diminuição de exploração de recursos e de resíduos pode sobressair às crenças e aos valores culturais aliados ao vestuário tradicional, sendo notável a necessidade de educação para a sustentabilidade no setor da moda (MANIESON; PAYNE; FERRERO-REGIS, 2021).

Delinear rotas eficientes dos resíduos desta indústria, especialmente integrando a reutilização, reciclagem e circularidade de produtos para a diminuição de recursos, tem se tornado um desafio para o setor. Porém, é essencial que tal iniciativa seja incorporada pelo setor têxtil, visto a relevância no âmbito empresarial e de meio ambiente (ARONSSON; PERSSON, 2020).

O estudo tem como objetivo propor inovações nas rotas tecnológicas dos resíduos sólidos têxteis das lavanderias de beneficiamento de jeans do Arranjo Produtivo Local (APL) do Agreste de Pernambuco, tomando como base os princípios da Ecologia Industrial e Economia Circular.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. Rotas tecnológicas dos resíduos sólidos têxteis**

Discussões acerca do tratamento e destinação final dos resíduos, bem como os aspectos sociais, econômicos, culturais, ambientais e o avanço tecnológico, são imprescindíveis numa sociedade, quando se consideram os elevados riscos causados pelos resíduos (MARIANO; NORBERTO; MELO, 2020).

As rotas tecnológicas dos resíduos sólidos compreendem um conjunto de ações e processos que envolvem tecnologia e o fluxo dos resíduos, abrangendo desde a geração à disposição final, podendo haver etapas de segregação dos componentes, acondicionamento e diversas tecnologias de tratamento (MERSONI; REICHERT, 2017; GUEDES et al., 2020). A identificação e o conhecimento das rotas simplificam as estratégias e o processo de tomada de decisão, sendo a base para o planejamento de novos modelos gerenciais (PIMENTEL et al., 2020).

Considerando a realidade do gerenciamento dos resíduos no âmbito internacional, têm-se a União Europeia, que dispõe de prazos e normas a serem cumpridas, com autonomia para cada país-membro determinar o modelo mais qualificado à realidade local. No Estados Unidos da América existe agência exclusiva para fiscalização dos modelos de gerenciamento no país. No Japão, a aplicação das rotas tecnológicas é uma exigência legal (JUCÁ et al.; 2014). No Brasil, nem sempre são adotadas medidas

adequadas de gerenciamento dos resíduos, contribuindo com desperdícios e agravando a problemática ambiental oriunda desses materiais (FARIAS, 2018).

No que se refere às rotas tecnológicas dos resíduos sólidos têxteis, a inserção de novos modelos é crucial para o desenvolvimento do setor (KALAMBURA; PEDRO; PAIXÃO, 2020). A exemplo disso, pesquisas acadêmicas discutem as inovações do gerenciamento têxtil a partir de novos métodos envolvendo a Economia Circular e os benefícios econômicos e ambientais aliados à essa temática (AMARAL et al., 2018). Contudo, a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos têxteis pouco se relacionam na prática empresarial (SANTOS; CAMPOS, 2021).

Os estados-membros da União Europeia visualizam a Economia Circular como estratégia de desenvolvimento para a problemática dos resíduos têxteis, considerando a reutilização, a reciclagem e a correta segregação desses materiais (EUROPEAN COMMISSION, 2020). Para tanto, políticas e incentivos aplicados ao setor podem transformar positivamente a realidade dos resíduos têxteis em todo o mundo (HOLE; HOLE, 2020).

### **3. METODOLOGIA**

A pesquisa é de abordagem qualiquantitativa, que inclui a opinião, percepção e dados numéricos coletados pelos especialistas envolvidos, com características exploratória e descritiva (GIL, 2017). Desenvolveu-se, primeiramente, o levantamento de dados bibliográficos para a compreensão dos estudos relacionados ao tema e, posteriormente, visitas em campo e observação direta para o entendimento do assunto abordado.

As etapas da pesquisa foram divididas em: (i) Seleção dos indicadores de análise para as visitas aos empreendimentos; (ii) Análise das rotas tecnológicas existentes; (iii) Proposição de modelos gerenciais; (iv) Avaliação econômica dos modelos propositivos de gerenciamento.

#### *(i) Seleção dos indicadores de análise para as visitas aos empreendimentos*

Um total de 6 lavanderias foram selecionadas para representar o universo de empresas desse segmento existente na região. O quantitativo por município foi de 3 empresas em Caruaru, 2 em Toritama e 1 em Santa Cruz do Capibaribe. Para o estudo em questão, foram consideradas as rotas tecnológicas já existentes nas empresas selecionadas, buscando avaliar, através de visitas às empresas e gestores, os indicadores

qualitativos de análise das rotas e quantitativos para os custos operacionais do gerenciamento. As visitas ocorreram entre os meses de abril e maio de 2022.

A partir da análise de estudos científicos, dissertações e teses, foi possível selecionar os indicadores para a avaliação da qualidade processual das rotas tecnológicas dos resíduos sólidos têxteis no âmbito da Ecologia Industrial e Economia Circular (BESEN et al., 2007; SILVA, 2017; PAZ, 2019; TORRES, 2021); e indicadores de viés econômico para determinar os custos das rotas tecnológicas atuais (SILVA, 2020; RIBEIRO, 2019). A seleção dos indicadores auxilia no conhecimento da realidade, nas tomadas de decisões e no monitoramento dos modelos de gerenciamento dos resíduos. O uso de indicadores é uma ferramenta que auxilia os gestores no processo decisório e na avaliação de desempenho de uma atividade (BARROS; SILVEIRA, 2019).

Os indicadores selecionados foram detectados através de roteiro de campo aplicado às empresas (Apêndice A). No âmbito da Ecologia Industrial e Economia Circular foram delimitados 7 princípios: (i) responsabilidade compartilhada; (ii) qualificação técnica e educação continuada dos operadores; (iii) inovações tecnológicas; (iv) reutilização e reciclagem; (v) logística reversa; (vi) mineração urbana; (vii) simbiose industrial.

Para determinar os custos das rotas existentes, considerou-se 2 indicadores: (i) geração de resíduos produzidos em  $\text{ton.mês}^{-1}$ ; (ii) custo monetário para o empreendedor.

(ii) *Análise das rotas tecnológicas existentes*

O estudo das rotas tecnológicas no âmbito da Ecologia Industrial e Economia Circular foi realizado a partir dos indicadores estabelecidos e coletados em campo.

Os 7 indicadores coletados foram submetidos a análise em cada uma das rotas avaliadas, a fim de, detectar a aplicação da Ecologia Industrial e Economia Circular na atual conjuntura dos resíduos sólidos das lavanderias. Foi estabelecido o mesmo grau de relevância aos indicadores, não sendo atribuído pesos entre eles (SANTIAGO; DIAS, 2012). Cada indicador possui nota máxima de 5, que varia de acordo com o grau de internalização deste na rota analisada (Tabela 1).

**Tabela 1.** Grau de internalização dos indicadores de Ecologia Industrial e Economia Circular nas rotas tecnológicas.

Grau de internalização	Notas
Ausente	0
Baixo	1
Moderado	3

---

Elevado	5
---------	---

---

Fonte: Autor, 2022.

O somatório máximo possível da nota dos indicadores é de 35 pontos. Dessa forma, foi utilizada a classificação estabelecida por Paz (2019), onde as rotas que atingirem o percentual de até 40% do total de pontos (de 0 a 14 pontos) serão consideradas como uma “Rota Ineficiente”, entre 41% e 80% (de 15 a 28 pontos) é uma “Rota Mediana” e acima de 81% (de 29 a 35 pontos) é uma “Rota Eficiente” no âmbito da Ecologia Industrial e Economia Circular.

### *(iii) Proposição de modelos gerenciais*

Os dados obtidos foram confrontados e sintetizados para estabelecer proposições de rotas tecnológicas dos resíduos sólidos têxteis que resultem na implementação de práticas para a Ecologia Industrial e Economia Circular do setor têxtil Pernambucano. É válido ressaltar que para a inovação das rotas tecnológicas, além de considerar as rotas já existentes no local de estudo, outros modelos de rotas circulares já estudados foram examinados, viabilizando assim, a proposição do modelo de gerenciamento de resíduos sólidos mais adequado.

Visando a inovação das rotas, os princípios da Ecologia Industrial e Economia Circular foram considerados para atender modelos de características cíclicas, buscando atingir a responsabilidade compartilhada; a introdução de inovações tecnológicas; reutilização e reciclagem; logística reversa; mineração urbana; simbiose industrial e o avanço da revolução industrial dentro dos procedimentos (PIRIBAUER; BARTL, 2019; TEDESCO; MONTACCHINI, 2020; ZENG et al., 2021).

### *(iv) Avaliação econômica dos modelos propositivos de gerenciamento*

Para o processo de precificação das rotas tecnológicas circulares para a destinação dos resíduos, foi considerada a etapa da análise de custos econômicos da metodologia proposta por Silva (2020). Ressalta-se que a metodologia proposta pelo autor foi para um modelo de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos recicláveis e, para esta pesquisa, o modelo foi adaptado para a rota tecnológica baseada na realidade da indústria têxtil do APL de Pernambuco no tocante à adoção de práticas e ações para a implementação da Ecologia Industrial e Economia Circular no setor.

Ainda considerando a metodologia descrita anteriormente, adotou-se o princípio do modelo matemático proposto pelo mesmo autor para a precificação das rotas

propositivas, onde foram consideradas: (a) o diagnóstico dos resíduos sólidos têxteis; (b) a determinação dos custos (fixos/variáveis/totais); e (c) os custos unitários complementares (custo por tonelada de resíduo, custo por quilômetro percorrido, custo por unidade empresarial). No método proposto, todos os custos considerados são somados para se determinar o preço final do serviço a ser prestado para atender a rota tecnológica sugerida.

*(a) Diagnóstico dos resíduos sólidos têxteis*

Essa etapa foi realizada com o intuito de visualizar a atual situação dos resíduos sólidos têxteis nas unidades fabris representativas, considerando dados de entrada e de saída. Deste modo, utilizou-se como variáveis: a geração dos resíduos sólidos das unidades fabris; a densidade dos resíduos; o volume de resíduos a serem submetidos aos processos circulares.

A coleta da geração de resíduos foi realizada no momento das visitas. O resultado desta variável é o somatório de resíduos gerados nas 6 lavanderias representativas em ton.mês<sup>-1</sup>. Este cálculo considerou apenas o lodo têxtil e as fibras de tecidos coletadas ao longo dos processos (resíduos não perigosos), desconsiderando assim, as embalagens de resíduos perigosos por já possuírem um procedimento de destinação final ambientalmente adequada.

A estimativa da densidade dos resíduos considera a massa do material (ton) e o volume (m<sup>3</sup>) (VASCONCELOS; LEMOS, 2015). Com isso, adotou-se o valor de 0,16 ton.m<sup>-3</sup>, proposto por JUCÁ et al. (2014), para a densidade aparente dos resíduos sólidos em questão.

Considerando que os processos circulares tem por finalidade a reinserção de materiais na cadeia produtiva ou em outros segmentos industriais, o volume de resíduos (m<sup>3</sup>.mês<sup>-1</sup>) submetidos a esses processos foi calculado a partir da variável da geração de resíduos produzidos nas lavanderias analisadas dividido pela densidade aparente dos materiais.

*(b) Determinação dos custos (fixos/variáveis/total)*

Inicialmente foi realizado o levantamento de preços praticados pelo setor nos modelos de gerenciamento existentes, tomando por base as lavanderias selecionadas para o estudo. A verificação dos custos operacionais do gerenciamento dos resíduos sólidos das lavanderias têxteis considerou o custo descrito pelos gestores para a coleta e

disposição final dos materiais. O resultado final é a média aritmética dos valores coletados em campo. Os dados foram analisados junto a outros estudos de custos operacionais de rotas de resíduos presentes na literatura científica.

Destaca-se que todos os custos fixos relacionados à mão de obra, aquisição de veículos, tributos, depreciação de veículos e os custos variáveis de manutenção de veículos, custo de combustível em função da distância, óleos lubrificantes, dentre outros valores, não foram considerados e calculados de forma direta. Tal informação é válida, pois os custos deferidos pelos gestores já incluem todas estas variáveis em decorrência do orçamento de empresa especializada considerar todas essas questões.

O custo total do modelo propositivo de gerenciamento é o somatório dos custos referentes a cada unidade fabril analisada.

#### *(c) custos unitários complementares*

Os custos unitários foram calculados a partir do custo total dos modelos de gerenciamento. Os valores obtidos refletem os custos unitários por tonelada de resíduo, por quilômetro percorrido e para cada empreendimento analisado.

Para o valor por tonelada de resíduo, considerou-se o custo total dividido pela quantidade de resíduos ( $\text{ton.mês}^{-1}$ ) a serem submetidos aos processos circulares. O gasto por quilômetro percorrido foi definido a partir do custo total dividido pela distância percorrida entre os municípios (Km). Por fim, o ônus para cada empreendedor foi determinado pelo custo total da operação dividido pela quantidade de empresas participantes da pesquisa.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Análise das rotas tecnológicas existentes**

As visitas nas empresas selecionadas possibilitaram visualizar a existência de duas rotas tecnológicas. Na Rota A<sup>1</sup>, presente nas três lavanderias de Caruaru, todos os resíduos têxteis gerados são dispostos em aterro sanitário industrial. Já na Rota B<sup>2</sup>, internalizada nas empresas estudadas em Toritama e Santa Cruz do Capibaribe, além de destinar resíduos ao aterro, engloba processos de tratamento através da incineração desses

---

<sup>1</sup> Rota tecnológica demonstrada no capítulo 3, página 79.

<sup>2</sup> Rota tecnológica demonstrada no capítulo 3, página 81.

materiais. Ambas as rotas destinam embalagens de resíduos sólidos perigosos à logística reversa, junto à empresa fornecedora.

Para Lima et al. (2014), a proposição do trajeto dos resíduos de forma planejada configura-se como modelos gerenciais eficientes, visando a redução de impactos ambientais negativos, atendendo aos requisitos dispostos na legislação e minimizando a quantidade de rejeitos dispostos em aterros. Com isso, as rotas tecnológicas avaliadas denotam falhas principais no âmbito da disposição final, resultando em modelos que não utilizam métodos de redução de resíduos e rejeitos, apenas limitam-se à uma disposição dentro da legalidade. Nessa circunstância, a análise das duas rotas no contexto de indicadores de Ecologia Industrial e Economia Circular resultou na percepção da internalização desses processos no gerenciamento dos empreendimentos e atribuição das notas (Tabela 2).

**Tabela 2.** Notas atribuídas à internalização dos indicadores em cada rota tecnológica.

<b>Indicadores</b>	<b>Rota A</b>	<b>Rota B</b>
Responsabilidade compartilhada	1	1
Qualificação técnica e educação continuada dos operadores	1	1
Inovações tecnológicas	1	3
Reutilização e reciclagem	0	0
Logística reversa	5	5
Mineração urbana	0	0
Simbiose industrial	3	3
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>13</b>

Fonte: Autor, 2022.

A Rota A obteve um total de 11 pontos ou 31,42% do número total de pontos a serem atribuídos. Coletou-se um total de 13 pontos na Rota B, o que equivale a 37,14% do resultado máximo. Com isso, ambas as rotas se enquadram em modelos ineficientes no âmbito da Ecologia Industrial e Economia Circular (até 40% do número total de pontos). É válido a inovação de rotas em desconformidade com os métodos e os princípios circulares para a transição de modelos lineares com estas características, desvinculando o crescimento econômico da geração de resíduos e da elevação de impactos ambientais (VELICKO; AMRGINSKI; HEMKEMEIER, 2020).

O indicador de “inovações tecnológicas” foi o único com resultados diferentes entre um modelo gerencial e outro. Tal observação deu-se pelo fato de que na Rota B utiliza-se de tratamento através da incineração para alguns resíduos gerados, muito

embora existam tecnologias e procedimentos mais compatíveis com os princípios de modelos circulares de gerenciamento. Enquanto, a Rota A não detém de quaisquer metodologias de tratamento.

Inovações tecnológicas pautadas na reutilização de resíduos como matéria-prima na aquisição de novas mercadorias é uma ação que reduz a produção de resíduos e é economicamente positivo para as indústrias no quesito de obtenção de insumos (REIS; FERNANDES, 2021).

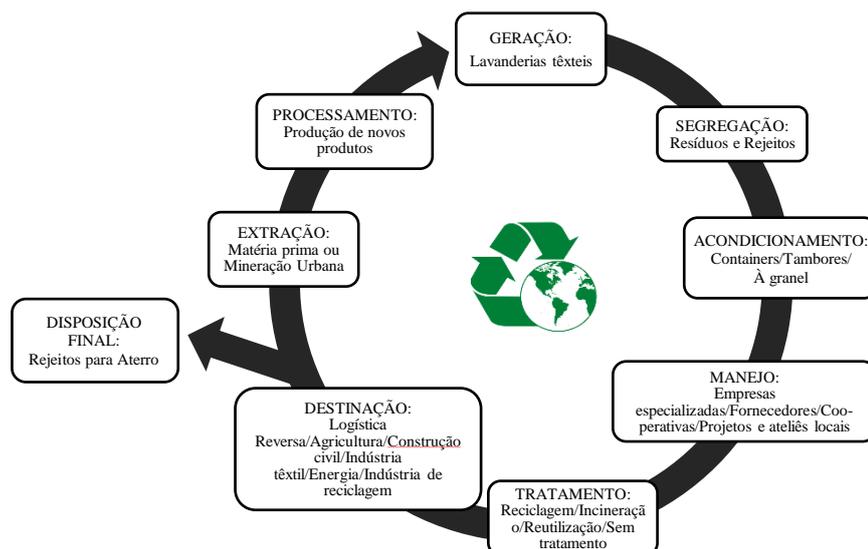
#### 4.2. Proposição de modelos gerenciais para as lavanderias têxteis do APL de Pernambuco

Os indicadores de Ecologia Industrial e Economia Circular no gerenciamento dos resíduos sólidos têxteis das lavanderias analisadas resultou na identificação de não conformidade processual em função da aplicação desses conceitos nos processos. Diante deste contexto, foram apresentadas rotas propositivas para as lavanderias estudadas na região como proposta de aperfeiçoamento dos modelos de gerenciamento de resíduos, visando a inserção de princípios circulares, a diminuição de custos e geração de resíduos.

A busca pela otimização da produção de bens visando a reutilização, reciclagem e reformulação de recursos causam a redução de desperdício e elevação do valor econômico proporcionalmente (FRICKE et al., 2015; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017; SANTOS, 2020).

O estudo para a proposição da rota com base teórica em técnicas circulares resultou em um modelo de destinação de resíduos de modo que o ciclo da destinação seja fechado, com máximo aproveitamento desses materiais considerando que todas as etapas atendem aos requisitos exigidos na legislação ambiental vigente (Figura 1).

**Figura 1.** Rota propositiva dos resíduos sólidos têxteis das lavanderias do APL do Agreste de Pernambuco utilizando a aplicação da Ecologia Industrial e Economia Circular.



Fonte: Autor, 2022.

A rota tecnológica propositiva da geração de resíduos sólidos têxteis nas lavanderias analisadas resultou na reinserção dos resíduos em processos produtivos de atividades industriais existentes na região, para além da indústria têxtil. Assim, corroborando com a diminuição de rejeitos, impactos ambientais e de custos operacionais não só para o setor têxtil como para outras atividades locais.

A segregação dos materiais foi estabelecida em resíduos (perigosos) e rejeitos, onde os rejeitos serão enviados à disposição final somente em casos de impossibilidade de reaproveitamento destes. O processo de gerenciamento e a correta destinação dos resíduos depende, principalmente, da segregação apropriada seguida pelos demais procedimentos que compõem as rotas (FERREIRA; JUCÁ, 2017).

A etapa de acondicionamento efetua-se em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010) e a Norma Brasileira NBR 12.235 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1992).

Na proposta, o manejo de resíduos (lodo) é realizado a partir de empresas especializadas na coleta e destinação de resíduos sólidos industriais, direcionando-os às empresas/locais de tratamento. Os empreendedores em parceria com os fornecedores realizarão o manejo de embalagens destinadas à logística reversa. Para os demais resíduos gerados (fibras de tecido), a proposição de manejo por cooperativas, projetos e ateliês voltados para a atividade têxtil do Agreste de Pernambuco pode contribuir para a inserção de práticas sociais e o estímulo às atividades regionais.

O processo de tratamento dos resíduos envolve a reciclagem do lodo e de fibras têxteis, a reutilização, a incineração de fibras de tecido, visto que é um processo já utilizado na região se não houver a possibilidade de reinserção total dos materiais na cadeia produtiva e, a ausência de tratamento de possíveis rejeitos.

A logística reversa é uma alternativa para melhorias processuais que resulta em controle de qualidade e transparência de informações no que se refere às mercadorias disponibilizadas aos consumidores (MIGLIANO; DEMAJOROVIC; XAVIER, 2014). Para além desse processo como destinação final de embalagens de resíduos perigosos, já praticado pelos empreendedores, a proposição de gerenciamento cíclico resultou na simbiose industrial, considerando o intercâmbio de resíduos, baseando-se em estudos

acadêmicos que demonstraram a capacidade de reutilização e reciclagem de lodo e fibras têxteis para agregar em outros empreendimentos (CAPELLEVEEN et al., 2021).

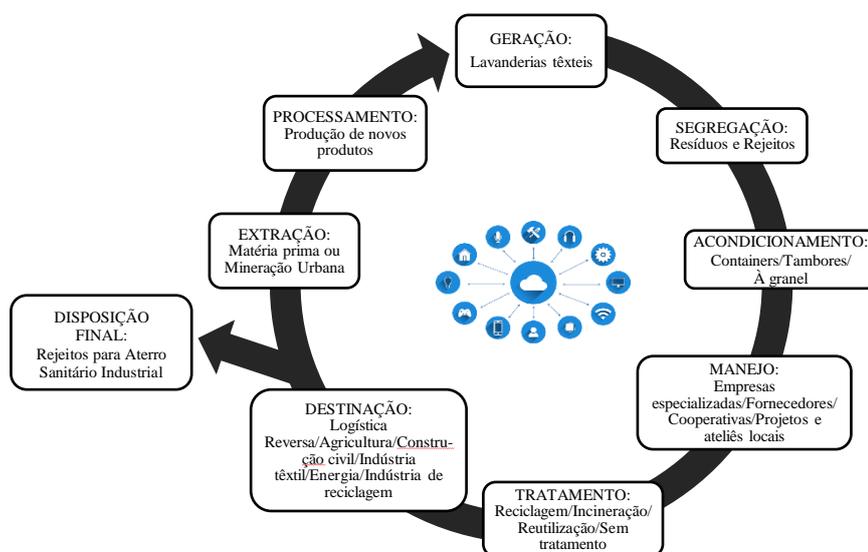
Estudos demonstraram a viabilidade de aplicação do lodo têxtil na agricultura (SHIRVANIMOGHADDAM et al., 2020); construção civil (MOURA et al., 2021a; MOURA et al., 2021b); e, energia térmica (AVELAR, 2012; NUNES et al., 2018). Considerando os municípios de Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe, as atividades de maior relevância econômica regional é a indústria têxtil e de construção civil. A partir disso, a destinação do lodo têxtil obteve estes serviços como eixo principal no modelo apresentado, podendo ser utilizado como fonte de energia térmica para os processos têxteis em substituição à lenha e, como briquetes na construção civil.

Para as fibras têxteis, o processo de destinação proposto é a reutilização desses materiais na própria indústria em parceria com entidades locais. A inserção de ateliês e cooperativas possibilita o empoderamento dessas pequenas organizações, a interdisciplinaridade entre sustentabilidade ambiental, social e econômica em consonância com design, tecnologia, moda e artesanato, reduzindo custos de matéria-prima para esse setor informal (NAVARRETE-HERNÁNDEZ; NAVARRETE-HERNÁNDEZ, 2018; MARQUES et al., 2019). Em casos de impossibilidade de reinserção de materiais nos diversos setores citados, os rejeitos serão encaminhados ao aterro sanitário industrial de Caruaru.

Os modelos circulares impulsionam os princípios do desenvolvimento sustentável, a diminuição da extração de recursos ambientais e a obtenção de novas matérias-primas através de resíduos, executando assim a mineração urbana, o processamento de novos bens de consumo e o gerenciamento cíclico dos materiais (SULLIVAN; THOMAS; ROSANO, 2018; FERRONATO et al., 2019; TATE et al., 2019).

Para além do modelo apresentado para as lavanderias do APL do Agreste de Pernambuco, considerando práticas de gerenciamento cíclico, é interessante a inserção de metodologias alinhadas ao desenvolvimento tecnológico como ferramenta de avanço na gestão dos resíduos sólidos no setor. De acordo com Khan, Ahmad e Majava (2021), a introdução da Indústria 4.0 nas empresas, predominantemente inserida através da Internet das Coisas (*Internet of Things* – IOT), contribui para o desenvolvimento da Economia Circular e de negócios sustentáveis. Com isso, delineou-se o mesmo modelo baseado na internalização da Internet das Coisas (Figura 2).

**Figura 2.** Rota propositiva dos resíduos sólidos têxteis utilizando a aplicação da Ecologia Industrial e Economia Circular em consonância com a tecnologia da Internet das Coisas.



Fonte: Autor, 2022.

Esse modelo possibilita o rastreamento de informações acerca dos resíduos e dos fluxos destes materiais em tempo real, auxiliando na determinação do desempenho das rotas e na tomada de decisões (TING; SHEE; CHOONG, 2017). A rastreabilidade pode conferir referências sobre a utilização dos resíduos pós-destinação ou dos rejeitos pós-descarte, resultando em informações às demais empresas, sociedade e consumidores. Neste sentido, é notório que a tecnologia pode ser uma aliada no gerenciamento dos resíduos sólidos têxteis, tornando o processo menos impactante e mais transparente à sociedade, empresas, autoridades e entidades interessadas.

### 4.3. Avaliação econômica das rotas

Os dados relacionados à quantidade de resíduos sólidos gerados são referentes ao lodo e fibras de tecidos. Com isso, observou-se que inexistem informações acerca da geração destes resíduos separadamente, apenas da produção total (lodo + fibras). Verificou-se que a geração de resíduos nos empreendimentos analisados varia entre  $0,5 \text{ ton.mês}^{-1}$  à  $10 \text{ ton.mês}^{-1}$ . Adotando-se a densidade de  $0,16 \text{ ton.m}^{-3}$  (JUCÁ et al., 2014), obteve-se o volume de resíduos em  $\text{m}^3.\text{mês}^{-1}$  que serão analisados através dos processos de Ecologia Industrial e Economia Circular nas rotas propositivas (Tabela 3). O somatório da geração total de resíduos das lavanderias de beneficiamento de jeans é de  $20 \text{ ton.mês}^{-1}$  e um volume médio total de  $124,99 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$ .

**Tabela 3.** Diagnóstico dos resíduos sólidos das lavanderias têxteis do APL Pernambucano.

Município	GRm (ton.mês <sup>-1</sup> )	Vresm (m <sup>3</sup> .mês <sup>-1</sup> )
Caruaru (A)	5,5	34,37
Caruaru (B)	1,0	6,25
Caruaru (C)	2,0	12,50
Toritama (D)	1,0	6,25
Toritama (E)	10,0	62,50
Santa Cruz do Capibaribe (F)	0,5	3,12

Legenda: GRm = Geração média de resíduos sólidos têxteis. Vresm = Volume médio de resíduos sólidos a serem submetidos às rotas circulares.

Fonte: Autor, 2022.

Ao considerar estudos já mencionados na pesquisa, onde afirma-se a possibilidade de taxa de recuperação de até 90% destes materiais (BUKHARI; CARRASCO-GALLEGO; PONCE-CUETO, 2018), provavelmente o mesmo percentual poderia ser aplicado à realidade do APL têxtil do Agreste Pernambucano. A partir destes cálculos, obtêm-se um reaproveitamento volumétrico de resíduos de até 112,49 m<sup>3</sup>.mês<sup>-1</sup> ou 18 ton.mês<sup>-1</sup>. Desta forma, apenas 10% do volume total representaria a geração de rejeitos visto que não apresentaria viabilidade técnica e/ou financeira para algum processo de reaproveitamento, inexistindo a possibilidade de reinserção em etapas produtivas destes empreendimentos. Ressalta-se assim a importância da gestão e do gerenciamento adequados para as exequíveis etapas de circularidade.

Com relação aos custos atuais, os gestores afirmaram que existe parceria entre as lavanderias para que os resíduos sejam coletados conjuntamente, visando a diminuição de custos operacionais desta etapa. Com isso, a empresa de coleta, especializada em resíduos industriais, é acionada com frequência que varia de 1 à 4 meses, a depender do volume de produção de peças das empresas.

Nas lavanderias analisadas em Caruaru, a média de custo monetário para cada empreendedor na etapa de disposição final de resíduos é de R\$ 250,00 (duzentos e cinquenta reais) por tonelada. Em empreendimento analisado em Toritama, o custo é de R\$ 230,00 (duzentos e trinta reais) por tonelada, já outra empresa deste município possui custo médio mensal de R\$ 2.000,00 (dois mil reais), onde o valor pago pela incineração eleva o preço final do processo; contudo, o empreendedor não soube especificar os valores para cada um dos tipos de resíduos de forma dissociada. Em Santa Cruz do

Capibaribe, o empreendedor afirmou que o custo por tonelada destinada ao aterro é de R\$ 300,00 (trezentos reais), resultando em um gasto mensal de R\$ 150,00 (cento e cinquenta reais). Obteve-se os valores referentes ao custo total mensal de cada empreendimento em virtude da geração de resíduos (Tabela 4). O custo de disposição final dos resíduos das lavanderias estudadas varia de R\$ 230,00  $\text{mês}^{-1}$  (duzentos e trinta reais) à R\$ 2.000,00  $\text{mês}^{-1}$  (dois mil reais) por tonelada, resultando em uma média de R\$ 521,66  $\text{ton}^{-1}$  para cada unidade fabril. O gasto monetário total referente às empresas representativas do APL têxtil do Agreste de Pernambuco, sem considerar os processos de Ecologia Industrial e Economia Circular, equivale a R\$ 6.575,00  $\text{mês}^{-1}$  (seis mil quinhentos e setenta e cinco reais).

**Tabela 4.** Custo médio mensal para cada empreendedor.

Município	GRm (ton.mês <sup>-1</sup> )	Custo/tonelada (R\$.ton <sup>-1</sup> )	Custo mensal (R\$.mês <sup>-1</sup> )
Caruaru (A)	5,5	250,00	1.375,00
Caruaru (B)	1,0	250,00	250,00
Caruaru (C)	2,0	250,00	500,00
Toritama (D)	1,0	2.000,00	2.000,00
Toritama (E)	10,0	230,00	2.300,00
Santa Cruz do Capibaribe (F)	0,5	300,00	150,00

Legenda: GRm = Geração média de resíduos sólidos têxteis.

Fonte: Autor, 2022.

Na literatura não há estudos que demonstrem se estes valores são baixos ou elevados para os empreendedores deste segmento. Em contrapartida, o cuidado dos gestores em buscar estratégias de diminuição de custos evidencia a preocupação de melhorar a performance financeira dos negócios da região do APL de Pernambuco.

Um estudo realizado na China transformou materiais pós-consumo em matéria-prima, identificando que o custo desse processo é inferior ao preço da utilização de matéria-prima virgem, viabilizando a reutilização e reciclagem de resíduos em processos produtivos como estratégia de diminuição de recursos monetários e elevação de benefícios ambientais (ZENG et al., 2021). Para Oliveira et al. (2013), doar e reutilizar resíduos de lavanderias como fonte de matéria-prima para demais produtos diminui o impacto ambiental dessas atividades e os gastos relacionados à aquisição de insumos para o processo produtivo.

O tipo de veículo normalmente contratado pelos gestores tem capacidade de 30 m<sup>3</sup>, comporta em média 12 toneladas de resíduos. Se as empresas analisadas tivessem proximidade espacial, seriam necessários dois caminhões para realizar o transporte dos materiais em questão. Quando se considera o modelo propositivo circular com o uso da simbiose industrial vinculada à responsabilidade compartilhada entre o setor e demais tipologias empresariais da região, têm-se a possibilidade de diminuição destes custos monetários em função da dissociação de valores para a indústria têxtil.

A destinação destes resíduos para os demais setores empresariais diminuiria os custos relacionados à disposição em aterro e compartilha-os com empreendimentos parceiros. Analisando que a responsabilidade da destinação e disposição do lodo têxtil e fibras é dos empreendedores das lavanderias de beneficiamento de jeans e que existe a possibilidade de diminuição de custos com matérias-primas pelas empresas parceiras, existiria a viabilidade de repartição destes custos operacionais pelas empresas deste *cluster*. Sugere-se que as lavanderias arquem com 70% dos custos referentes ao transporte para a destinação do lodo e as demais empresas componentes do *cluster* (a exemplo, construção civil e projetos sociais de artesanato) com o restante do ônus financeiro. Com isso, o custo operacional da destinação do lodo para os processos circulares poderia diminuir em 30% para os responsáveis pelas lavanderias do APL, ocasionando uma despesa total de destinação de resíduos na ordem de R\$ 4.602,50 mês<sup>-1</sup> (quatro mil seiscentos e dois reais e cinquenta centavos).

Os valores por tonelada relacionados a este custo total foi de R\$ 230,12 ton.mês<sup>-1</sup> (duzentos e trinta reais e doze centavos), sendo que considerando uma distância total entre os municípios de 50 Km, o valor médio por quilômetro foi de R\$ 92,05 (noventa e dois reais e cinco centavos), ao passo que o valor médio por empreendedor foi de R\$ 767,08 (setecentos e sessenta e sete reais e oito centavos). Olhando por esta ótica, o custo eleva-se para os empreendimentos que geram menos resíduos; entretanto, considerando os valores em função da geração de resíduos, cada empreendedor custearia o valor atual coletado em campo decrescidos de 30%, variando de R\$ 105,00 (cento e cinco reais) à R\$ 1.610,00 (um mil seiscentos e dez reais). É válido ressaltar que os valores descritos se referem à coleta de resíduos com frequência mensal, sendo esta a regularidade máxima informada pelos gestores. Tal constância pode diminuir em virtude do porte das empresas e dos meses sazonais que afetam a produção das fábricas, resultando em uma menor produção de resíduos e, conseqüentemente, menores custos nessas épocas do ano.

Para além disso, as fibras de tecidos com destinação sugerida para a reutilização e reciclagem a partir de projetos sociais locais gerariam uma ação sem custo para os empreendedores, tendo em vista a não utilização de incineração e a doação destes materiais para estas entidades com coleta pelas mesmas, reduzindo ainda mais o custeio com os resíduos. O cálculo dessa redução foi impedido em função dos gestores não terem controle da quantidade de resíduos gerados e do custo obtido por categoria.

Com relação ao desenvolvimento tecnológico, existe a necessidade de ampliação global de estudos relacionados à Indústria 4.0 em consonância com os resíduos sólidos, sendo evidente a implantação da Internet das Coisas (*Internet of Things – IOT*) na aquisição da sustentabilidade relacionada ao tema (ARAGÃO JÚNIOR; OLIVEIRA JÚNIOR, 2021). A partir disso, é importante mencionar que o custo referente à utilização da “Internet das Coisas” no âmbito do gerenciamento dos resíduos sólidos têxteis do APL não foi considerado em virtude de ser uma tecnologia em estágio inicial de utilização no ramo dos resíduos sólidos. Contudo, tal afirmativa não exclui a relevância da evolução tecnológica dentro da indústria para o aperfeiçoamento das questões gerenciais do setor têxtil Pernambucano e, conseqüentemente, do país.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

É primordial a busca por metodologias de gerenciamento em consonância com a sustentabilidade, devido à complexidade dos resíduos sólidos têxteis e a relevância socioeconômica do setor em Pernambuco. A presente pesquisa demonstrou as falhas gerenciais nas rotas tecnológicas atuais dos resíduos quando confrontadas com os conceitos de Ecologia Industrial e Economia Circular. Aliado a isto, a proposição de modelos baseados na circularidade confere benefícios ambientais, econômicos e sociais para o setor têxtil Pernambucano.

A geração de rejeitos destinados ao aterro tem potencial de diminuição em até 90%, quando considera-se outros estudos. Os custos operacionais para os gestores poderiam decrescer em 30% a partir de parcerias institucionais e processos de simbiose industrial. Com isso, observa-se que um modelo de produção pautado na circularidade reflete em impactos positivos nas discussões acerca dos resíduos sólidos têxteis, na minimização da geração destes, na redução de rejeitos dispostos em aterros, no empoderamento de projetos sociais regionais voltados para o setor e na redução de custos

para os gestores do APL têxtil do Agreste de Pernambuco e dos demais empreendimentos relacionados.

Recomenda-se estudos futuros que visem aprofundar as discussões acerca das rotas tecnológicas dos resíduos têxteis provenientes das lavanderias de beneficiamento de jeans na Região e a aplicação da Ecologia Industrial e Economia Circular no setor têxtil do Agreste Pernambucano.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – Facepe pelo apoio financeiro, através do Edital nº 18/2020 da Capes/Facepe. Ao Grupo Gestão Ambiental em Pernambuco – Gampe pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma Brasileira ABNT NBR. 12235** – Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

AMARAL, M. C.; ZONATTI, W. F.; SILVA, K. L.; KARAM JUNIOR, D.; AMATO NETO, J.; BARUQUE-RAMOS, J. Reciclagem industrial e reuso têxtil no Brasil: estudo de caso e considerações referentes à economia circular. **Gestão & Produção**, v. 25, n. 3, p. 431-443, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X3305>.

ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. I. Internet das coisas na gestão de resíduos sólidos: revisão sistemática com análise bibliométrica da literatura. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 6, n. 3, p. 194-209, 2021. DOI: [10.24221/jeap.6.3.2021.4245.194-209](https://doi.org/10.24221/jeap.6.3.2021.4245.194-209).

ARFO, S.; MATARAZZO, A.; SACCONI, A. P. Iso 20121 applied to taomoda week for the enhancement of territorial resources towards the circular economy. **Procedia: Environmental science, engineering and management**, v. 7, n. 1, p. 31 – 35, 2020.

ARONSSON, J.; PERSSON, A. Tearing of post-consumer cotton T-shirts and jeans of varying degree of wear. **Journal of Engineered Fibers and Fabrics**, v. 15, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1177/1558925020901322>.

AVELAR, N. V. **Potencial dos resíduos sólidos da indústria têxtil para fins energéticos**. 2012. 71 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

BARROS, R. T. V.; SILVEIRA, A. V. F. Uso de indicadores de sustentabilidade para avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos na região metropolitana de Belo Horizonte. **Eng. Sanit. Amb.**, v. 24, n. 2, p. 411 – 423, 2019. DOI: [10.1590/S1413-41522019177499](https://doi.org/10.1590/S1413-41522019177499).

BESIN, G. R.; RIBEIRO, H.; JACOBI, P. R.; GUNTHER, W. R.; DEMAJOROVIC, J. Evaluation of sustainability of municipal programs of selective waste collection of recyclables

in partnership with scavengers organizations in Metropolitan São Paulo. Proceedings of the **International Conference on Sustainable Solid Waste Management: Sustainable Solid Waste Management**, v. 1, p. 90-96, 2007.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 ago. 2010.

BRYDGES, T. Closing the loop on take, make, waste: Investigating circular economy practices in the Swedish fashion industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 293, p. 126245, 2021.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126245>.

BUKHARI, M. A.; CARRASCO-GALLEGO, R.; PONCE-CUETO, E. Developing a national programme for textiles and clothing recovery. **Waste Management & Research**, v. 36, n. 4, p. 321-331, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1177/0734242X18759190>.

CAPELLEVEEN, G. V.; AMRIT, C.; ZIJM, H.; YAZAN, D. M.; ABDI, A. Toward building recommender systems for the circular economy: Exploring the perils of the European Waste Catalogue. **Journal of environmental management**, v. 277, p. 111430, 2021. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111430>.

CPRH – AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. Instrução Normativa Nº 001. **Disciplina o procedimento para envio da Declaração Anual de Resíduos Sólidos – DARS**. Pernambuco: CPRH, 2019.

Ellen MacArthur Foundation. **A new textiles economy: redesigning fashion's future**. 2017.

<A New Textiles Economy: Redesigning fashion's future ([ellenmacarthurfoundation.org](http://ellenmacarthurfoundation.org))>.

Acesso em: 15 mai. 2022.

EUROPEAN COMMISSION. **Communication from the Commission to the European Parliament, the council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions**. Bruxelas – BE, 2020. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2020:98:FIN>. Acesso em: 15 mai. 2022.

FARIAS, R. M. S. **Análise de rotas tecnológicas para gestão eficiente dos resíduos sólidos urbanos: Caso do Distrito Federal**. 2018. 205 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

FERREIRA, C. F. A.; JUCÁ, J. F. T. Metodologia para avaliação dos consórcios de resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 513-521, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017147551>.

FERRONATO, N.; RADA, E. C.; PORTILLO, M. A. G.; GIOCA, L. I.; RAGAZZI, M.; TORRETTA, V. Introduction of the circular economy within developing regions: A comparative analysis of advantages and opportunities for waste valorization. **Journal of environmental management**, v. 230, p. 366-378, 2019.

FRICKE, K.; PEREIRA, C.; LEITE, A.; BAGNATI, M. (Coords.). **Gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos: transferência de experiência entre a Alemanha e o Brasil**. Braunschweig: Technische Universität Braunschweig, 2015.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6ª ed. Atlas. São Paulo, 2017.

GUEDES, F. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. I.; ALVES, N. B. P.; MONTEIRO, B. G. P. L.; MARQUES, J. G. C. Análise da rota tecnológica de resíduos sólidos urbanos do Arquipélago de

Fernando de Noronha - PE, Brasil. **XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Vitória – ES, 2020.

HOLE, G.; HOLE, A. S. Improving recycling of textiles based on lessons from policies for other recyclable materials: A minireview. **Sustainable Production and Consumption**, v. 23, p. 42-51, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.04.005>.

HULTBERG, E.; PAL, R. Lessons on business model scalability for circular economy in the fashion retail value chain: Towards a conceptual model. **Sustainable Production and Consumption**, v. 28, p. 686-698, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.06.033>.

HUYNH, P. H. Enabling circular business models in the fashion industry: the role of digital innovation. **International journal of productivity and performance management**, v. 71, n. 3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJPPM-12-2020-0683>.

JUCÁ, J. F. T.; LIMA, J. D.; LIMA, D. A.; MARIANO, M. O. H.; LUCENA, L. F. L.; FIRMO, A. L. B. Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. **Jaboatão dos Guararapes, PE: Grupo de Resíduos Sólidos**. UFPE, 2014. DOI: <https://doi.org/10.13140/2.1.3547.8082>.

JUCÁ, J. F. T.; FIRMO, A.L.B.; OLIVEIRA, L.R.G.; BRITO, E.P.L.; SILVA, R.C.P.; GÓIS, T.M.L. **Estudo da geração e composição dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife**. Relatório técnico - Versão final. Recife/PE: Vital Engenharia, 2014.

KALAMBURA, S.; PEDRO, S.; PAIXÃO, S. Fast Fashion–Sustainability and climate change: A comparative study in Croatia and Portugal. **Soc. ekol. Zagreb**, v. 29, n. 2, p. 269-291, 2020. DOI: 10.17234/SocEkol.29.2.6.

KHAN, I. S.; AHMAD, M. O.; MAJAVA, J. Industry 4.0 and sustainable development: A systematic mapping of triple bottom line, Circular Economy and Sustainable Business Models perspectives. **Journal of cleaner production**, v. 297, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126655>.

LIMA, J. D.; JUCÁ, J. F.T.; REICHERT, G. A.; FIRMO, A. L. B. Uso de modelos de apoio à decisão para análise de alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos na Região Sul do Brasil. **Eng. Sanitária e Ambiental**, v.19, n.1, p. 33-42, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014000100004>.

MANIESON, L. A.; PAYNE, A.; FERRERO-REGIS, T. Unravelling the media representation of circular economy for fashion education. **International Journal of Fashion Design, Technology and Education**, v. 14, n. 3, p. 338-347, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/17543266.2021.1950846>.

MARIANO, M. O. H.; NORBERTO, A. S.; MELO, F. H. F. A. Gestão e hierarquização de rotas tecnológicas de resíduos sólidos urbanos. Um estudo de caso do Brasil. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**, v. 13, n. 3, p. 851-867, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.3.67465>.

MARQUES, A. D.; MOREIRA, B.; CUNHA, J.; MOREIRA, S. From waste to fashion; a fashion upcycling contest. **Procedia CIRP**, v. 84, p. 1063-1068, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.217>.

MERSONI, C.; REICHERT, G. A. Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida como técnica de apoio à decisão no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no município de Garibaldi/RS. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 863-875, 2017.

MIGLIANO, J. E. B.; DEMAJOROVIC, J.; XAVIER, L. H. Shared responsibility and reverse logistics systems for e-waste in Brazil. **Journal of Operations and Supply Chain Management**, v. 7, n. 2, p. 91-109, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.12660/joscmv7n2p91-109>.

MOURA, L. S.; SILVA, C. L.; REIS, A. C. S.; MARINHO, E. P.; NÓBREGA, A. C. V.; CARNEIRO, A. M. P. Caracterização de lodo produzido nas lavanderias têxteis da região Agreste de Pernambuco para uso em materiais de construção alternativos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, 2021a. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14078>.

MOURA, L. S.; SILVA, C. L.; REIS, A. C. S.; MARINHO, E. P.; NÓBREGA, A. C. V.; CARNEIRO, A. M. P. Avaliação da adesividade do ligante asfáltico modificado com lodo têxtil por meio do processamento digital de imagens. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, 2021b. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.13975>.

NAVARRETE-HERNÁNDEZ, P.; NAVARRETE-HERNÁNDEZ, N. Unleashing waste-pickers' potential: supporting recycling cooperatives in Santiago de Chile. **World Development**, v. 101, p. 293-310, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.08.016>.

NORRIS, L. Waste, dirt and desire: Fashioning narratives of material regeneration. **The Sociological Review Monographs**, v. 67, n. 4, p. 886-907, 2019.

NUNES, L. J. R.; GODINA, R.; MATIAS, J. C. O.; CATALÃO, J. P. S. Economic and environmental benefits of using textile waste for the production of thermal energy. **Journal of Cleaner Production**, n. 171, p. 1353-1360, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.154>.

OLIVEIRA, E. A. G.; WANDERLEY, R. G.; MENEZES, M. S.; LANDIM, P. C. **Reuso de Resíduos Têxteis em Comunidades Artesanais do Agreste Pernambucano**. 9º Colóquio da Moda. Fortaleza, CE. 2013.

PAZ, D. H. F. **Desenvolvimento de um sistema de apoio à gestão integrada de resíduos da construção e demolição**. 289 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

PIRIBAUER, B.; BARTL, A. Textile recycling processes, state of the art and current developments: A mini review. **Waste management and research**, v. 37, n. 2, p. 112-119, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1177/0734242X18819277>.

PIMENTEL, C. H. L.; NÓBREGA, C. C.; JUCÁ, J. F. T.; PIMENTEL, U. H. O.; MARTINS, W. A. A gestão das rotas tecnológicas de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos no município de João Pessoa – PB. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 7063-7088, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-126>.

RAPSIKEVIČIENĖ, J.; GURAUŠKIENĖ, I.; JUČIENĖ, A. Model of Industrial Textile Waste Management. **Environmental Research, Engineering and Management**, v. 75, n. 1, pág. 43-55, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5755/j01.arem.75.1.21703>.

REIS, F. B.; FERNANDES, P. R. B. A reutilização de resíduos sólidos na Economia Circular: Estudo de caso no mercado de calçadista. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 48456-48470, 2021. DOI: [10.34117/bjdv7n5-311](https://doi.org/10.34117/bjdv7n5-311).

RIBEIRO, G. B. M. **Indicadores de sustentabilidade em cadeia de suprimentos: Estudo de caso em indústria têxtil**. 2019. 85 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

- SANTIAGO, L.S.; DIAS, S.M.F. Matrix of sustainability indicators for the management of municipal solid waste. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, p. 203-212, 2012.
- SANTOS, G. F. **Análise da importância da competitividade da indústria têxtil brasileira frente ao contexto mundial**. 2020. 61 f. Dissertação (Mestrado em Propriedade Intelectual) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.
- SANTOS, P. S.; CAMPOS, L. M. S. Práticas de gestão de resíduos têxteis pós-consumo da indústria do vestuário no contexto da economia circular: uma análise da literatura. **Revista Brasileira de Gestão de Operações e Produção**, v. 18, n. 1, pág. 1-17, 2021. DOI: <https://doi.org/10.14488/BJOPM.2021.004>.
- SHIRVANIMOGHADDAM, K.; MOTAMED, B.; RAMAKRISHNA, S.; NAEBE, M. Death by waste: Fashion and textile circular economy case. **Science of the Total Environment**, v. 718, e137317, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137317>.
- SILVA, R. C. P. **Avaliação de modelos de coleta seletiva de recicláveis secos em perfis socioeconômicos: Estudo de caso de Recife – PE**. 2020. 209 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- SILVA, T. M. L. **Princípios de Ecologia Industrial na concepção e produção de peças de vestuário: Estudo de múltiplos casos empresariais no polo de confecções do agreste de Pernambuco**. 2017. 125 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Design) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.
- SULLIVAN, K.; THOMAS, S.; ROSANO, M. Using industrial ecology and strategic management concepts to pursue the sustainable development goals. **Journal of cleaner production**, v. 174, p. 237 – 246, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.201>.
- TATE, W. L.; BALS, L.; BALS, C.; FOERSTL, K. Seeing the forest and not the trees: Learning from nature's circular economy. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 149, p. 115 – 129, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.05.023>.
- TEDESCO, S.; MONTACCHINI, E. From Textile Waste to Resource: A Methodological Approach of Research and Experimentation. **Sustainability**, n. 12, p. 10667, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su122410667>.
- TING, N.Y.; SHEE, T. Y.; CHOONG, L. J. S. Internet of Things for Real-time Waste Monitoring and Benchmarking: Waste Reduction in Manufacturing Shop Floor, **Procedia CIRP**, v. 61. p. 382-386, 2017.
- TORRES, B. M. **Proposta de rota tecnológica sustentável e inteligente para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos**. 2021. 86f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental) – Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Recife, 2021.
- VASCONCELOS, K. B.; LEMOS, C. F. Densidade aparente dos resíduos da construção civil em Belo Horizonte – MG. **IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais**. Porto Alegre, RS. 2015.
- VELICKO, A. J.; AMRGINSKI, R. L.; HEMKEMEIER, M. Alternativas de reutilização de têxteis. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 11, pág. e96291110613-e96291110613, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10613>.

ZENG, X.; XIAO, T.; XU, G.; ALBALGHITI, E.; SHAN, G.; LI, J. Comparing the costs and benefits of virgin and urban mining. **Journal of Management Science and Engineering**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmse.2021.05.002>.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na análise bibliométrica, ficou evidenciado que a temática voltada para a Economia Circular no setor têxtil encontra-se em fase de ascensão ao considerar os últimos anos do estudo. Assim, a intensificação das pesquisas acadêmicas destes eixos temáticos reitera a relevância das publicações, comprovando as preocupações com o desenvolvimento do setor frente às discussões de sustentabilidade. Destacando assim, países Asiáticos, Europeus e da América do Sul que lideram a produção têxtil mundial.

Com o estudo do levantamento da legislação setorial nacional, constatou-se que os processos industriais vêm se desenvolvendo a partir das discussões sobre desenvolvimento sustentável e avanços tecnológicos, que se tornaram primordiais na ampliação do arcabouço legal brasileiro. Contudo, os dados relacionados à atividade têxtil no Brasil são fornecidos por entidades representativas do setor em detrimento da ausência de legislação específica para os resíduos têxteis, dificultando a transparência de informações relacionadas ao tema. Além disso, a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos sem considerar o desenvolvimento tecnológico e ambiental, dificultam a aplicação da Ecologia Industrial e Economia Circular no setor.

Analisando as lavanderias de beneficiamento de jeans do APL têxtil de Pernambuco, verificou-se a existência de duas rotas tecnológicas da disposição de resíduos em aterro sanitário industrial. Tal informação configura estas rotas como modelos de gerenciamento lineares, que tem como foco a disposição dos resíduos e a ausência do reaproveitamento destes materiais. Limitando assim o desenvolvimento socioeconômico e ambiental da região.

A inexistência de processos que considerem a Ecologia Industrial e Economia Circular corroboram com a queda da qualidade ambiental e o comprometimento dos recursos naturais da região estudada. Sendo assim, recomendadas estratégias nos âmbitos da normativa/legal, da técnica/operacional, da administrativa/gerencial, da educacional/comportamental e da infraestrutura/construtiva/de engenharia. Tais recomendações poderiam auxiliar nos desafios relacionados à implantação plena dos conceitos discutidos e, conseqüentemente, no alcance da sustentabilidade setorial.

As falhas gerenciais decorrentes da ausência de modelos de gerenciamento circulares na localidade de pesquisa refletem a necessidade de alinhamento de técnicas em consonância com a sustentabilidade. A proposição da circularidade dos resíduos sólidos têxteis poderia beneficiar a região em função da relevância socioeconômica deste

setor para o Estado de Pernambuco. Para além disso, a sugestão de novos modelos gerenciais possibilitaria a redução de custos monetários, a diminuição de rejeitos em aterros e o desenvolvimento de empresas e projetos em parceria com as unidades fabris.

Diante disto, faz-se necessário o alinhamento entre as empresas do setor, demais empreendimentos parceiros, projetos sociais, consumidores e poder público no que tange as questões da geração, destinação e disposição de resíduos sólidos e rejeitos têxteis. Recomenda-se o aprofundamento de estudos em conformidade com as rotas tecnológicas de resíduos das lavanderias do APL de Pernambuco, reiterando os significativos benefícios ambientais, sociais e econômicos da aplicação da Ecologia Industrial e Economia Circular no Agreste Pernambucano.

## APÊNDICE A

### Roteiro aplicado às lavanderias dos municípios

#### 1. Caracterização socioeconômica do empreendimento:

- 1) Função do entrevistado na empresa.
- 2) Localização da empresa.
- 3) Área útil do empreendimento.
- 4) Número de funcionários.
- 5) Produção de peças por dia.
- 6) Média de produção de peças mensal.
- 7) Meses de maior produção anual.
- 8) Faturamento anual.
- 9) Tempo de atuação no mercado.

#### 2. Levantamento qualiquantitativo dos resíduos sólidos têxteis gerados:

- 1) Tipos de resíduos sólidos gerados nas etapas do beneficiamento de jeans.
- 2) Quantidade de resíduos sólidos produzida nas etapas.
- 3) Modo de segregação dos resíduos.
- 4) Local de acondicionamento dos resíduos.
- 5) Local de destinação final.
- 6) Frequência de coleta e responsável por ela.

#### 3. Indicadores da Ecologia Industrial e Economia Circular:

- 1) Responsabilidade compartilhada.
- 2) Qualificação técnica e educação continuada dos operadores.
- 3) Inovações tecnológicas.
- 4) Reutilização e reciclagem.
- 5) Logística Reversa.
- 6) Mineração urbana.
- 7) Simbiose industrial.

#### 4. Custos para o empreendedor:

- 1) Geração de resíduos produzidos ( $\text{ton.mês}^{-1}$ ).
- 2) Custo monetário para o empreendedor.

**ANEXO A - PRODUÇÃO CIENTÍFICA RESULTANTE DA DISSERTAÇÃO:  
Artigo publicado na Revista Brasileira de Meio Ambiente & Sustentabilidade**



**APLICAÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR NOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA  
INDÚSTRIA TÊXTIL: BIBLIOMETRIA ENTRE 2010 E 2021**

**Iara Lícia Pereira Lima<sup>1</sup>  
Thamirys Suelle da Silva<sup>2</sup>  
Soraya Giovanetti El-Deir<sup>3</sup>**

**RESUMO**

A indústria têxtil e, por consequência, os resíduos sólidos provenientes do setor, conferem impactos ambientais nocivos ao meio ambiente, principalmente, por meio dos modelos de produção linear. Métodos inovadores consideram o modelo produtivo circular, em que há o aproveitamento máximo de matérias-primas, produção mais limpa e sustentável. O presente estudo objetivou analisar a produção acadêmica mundial acerca da aplicação da Economia Circular na indústria têxtil, destacando os resíduos sólidos do setor, a fim de aprofundar as discussões sobre rotas tecnológicas destes materiais, no espaço temporal de 2010 à 2021. O levantamento bibliométrico, cientométrico e infométrico foram realizados através de três principais fontes de pesquisa e bases científicas: *Web of Science (WoS)*, *Science Direct (Elsevier)* e *SciVerseScopus (Scopus)*, por meio da sistematização de etapas, prosseguindo numa divisão metodológica fragmentada em três etapas: (i) levantamento de dados, (ii) tratamento dos dados e (iii) análise dos dados quali-quantitativos. Os resultados evidenciaram um aumento na produção científica nos anos de 2019, 2020 e 2021 (considerando o primeiro semestre), principalmente, destacando os indicadores analisados na pesquisa. O continente Europeu detém 60,12% dos artigos e um total de 33 países foram analisados no estudo. Observou-se que 165 pesquisadores contribuíram para o avanço científico das pesquisas relacionadas a aplicação da Economia Circular nos resíduos sólidos têxteis. Estas publicações estão em revistas com diferentes fatores de impacto, havendo classificação Qualis/Capes para a maioria destes. Na nuvem de palavras, os destaques foram para os indicadores, *Circular Economy*, *Textile*, *Fashion* e *Recycle*. Concluiu-se que os estudos devem ser mais aprofundados para as pesquisas e publicações acadêmicas do tema, visando ampliar a compreensão e identificar estratégias operacionais para a aplicação de tais conceitos.

**Palavras-chave:** Materiais Recicláveis, Modelo de Produção Sustentável, Sustentabilidade Setorial.