

ROSANGELA DE FÁTIMA PEREIRA MARQUESONE

**MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO DE BIG DATA
COMO APOIO NA TRANSIÇÃO PARA A
ECONOMIA CIRCULAR NA INDÚSTRIA TÊXTIL**

São Paulo
2022

ROSANGELA DE FÁTIMA PEREIRA MARQUESONE

**MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO DE BIG DATA
COMO APOIO NA TRANSIÇÃO PARA A
ECONOMIA CIRCULAR NA INDÚSTRIA TÊXTIL**

Versão Corrigida

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
Título de Doutor em Ciências.

São Paulo
2022

ROSANGELA DE FÁTIMA PEREIRA MARQUESONE

**MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO DE BIG DATA
COMO APOIO NA TRANSIÇÃO PARA A
ECONOMIA CIRCULAR NA INDÚSTRIA TÊXTIL**

Versão Corrigida

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
Título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração:
Engenharia de Computação

Orientador:
Profa. Dra. Tereza Cristina Melo de Brito
Carvalho

São Paulo
2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 11 de maio de 2022.

Assinatura do autor: *Rosângela de F. P. Marquesone*

Assinatura do orientador:

FICHA CATALOGRÁFICA

Marquesone, Rosângela de Fátima Pereira

Modelo de implementação de big data como apoio na transição para a economia circular na indústria têxtil/ R. F. P. Marquesone. – versão corrigida. – São Paulo, 2022.

180 p.

Tese (Doutorado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais (PCS).

1. Big Data#1. 2.Economia Circular #2.3. Indústria Têxtil #3. 4. Sustentabilidade #4.5. Modelo de Implementação #5. I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais (PCS). II. t.

Àquela que ilumina meus passos, minha
amada mãe, Maria.

*“Permita que a compaixão aflore em seu ser:
A compaixão é a compreensão da real necessidade de outrem,
a união com a essência dos seres.”*

–Trigueirinho

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por preencher meus dias com saúde, energia e amor pela vida.

Aos meus pais, José e Maria, meu profundo agradecimento. Vocês são minha base e minha fonte diária de inspiração.

Agradeço ao meu amado Evandro, meu parceiro e meu amigo, do qual partilho sonhos e desafios. Viver ao seu lado com a Millie e o Bart é um prazer imensurável. Obrigada pelo cuidado, pelo amor e pela paciência, principalmente na etapa final do doutorado. Que a gente continue assim, um sempre apoiando o outro.

Um agradecimento especial à minha família, pelas palavras de apoio e momentos partilhados. É muito bom poder contar com vocês. Em especial, agradeço aos meus irmãos, Ronaldo e Ivan, por serem meus companheiros desde o meu nascimento.

Agradeço aos amigos que fiz no LARC e no LASSU durante o mestrado e doutorado. Vocês tornaram meus dias mais leves e me acolheram quando precisei. Não me atrevo a citar todos os nomes aqui, pois felizmente a lista de pessoas queridas que conheci nesse período é vasta. Vocês moram em meu coração.

Akio, você irradia amor por onde passa. Obrigada, meu amigo, por estar sempre disposto a ajudar e por dividir comigo os bons e desafiadores momentos dessa jornada.

Eduardo Teruyia, agradeço por se empolgar com o projeto Educast. Os diálogos sobre gestão de projetos foram enriquecedores. Também agradeço pela amizade que conquistamos nesse período.

Agradeço imensamente ao diretor do LARC, Prof. Wilson Ruggiero, pela confiança e por todas as oportunidades creditadas a mim nessa trajetória. Admiro sua habilidade de gestão e sua visão de longo alcance. Aprendi e aprendo muito contigo.

Agradeço aos amigos pela compreensão, por reabastecerem minha energia e preencherem meus dias com alegria. Dri, Valéria, Brito, Ivanete, Geraldo, Thiago, Jacques, Renata, Vanessa, Jac, Josi, Bruno, Maria, Indayba. Thesko e Josane, obrigada por estarem sempre por perto, pelo carinho, pelo apoio e por nos acolherem como membros da família. Sou grata por ter vocês ao meu lado.

Agradeço a Mariza Ushijima Leone, pelo auxílio na etapa final do doutorado. Obrigada por ser prestativa e por sanar minhas dúvidas relacionadas a burocracias.

Agradeço aos meus estudantes. Sempre fui apaixonada por estudar, e com vocês pude descobrir a paixão de ensinar. Também agradeço à Universidade de São Paulo (USP) pelo suporte à pesquisa, e à sociedade, que possibilita o avanço do saber.

Escrever os agradecimentos é uma missão que faço com satisfação. E, diante de uma área em que se predomina a participação de homens, sou profundamente grata por ter convivido com mulheres que me inspiraram no decorrer do doutorado. Por esse motivo, destino o espaço seguinte a essas mulheres incríveis.

Agradeço imensamente à minha orientadora, Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho. Sou privilegiada por tê-la como orientadora e mentora. Obrigada por ensinar-me a enxergar além e a escutar o que diz minha alma. Obrigada pelos desafios, pelo diálogo sempre edificante e por vibrar comigo a cada conquista. Sua generosidade, sua paciência e seu amor em tudo o que faz é inspirador. Sou imensamente grata pelos memoráveis momentos partilhados. Tais experiências me fortaleceram não somente como profissional, mas também como humana. Você é muito especial em minha vida!

Agradeço a Ilse Maria Biason Guimarães, pelas reuniões realizadas comigo e com a Profa. Tereza, proporcionando percepções valiosas para a pesquisa do doutorado.

Agradeço a Karen Langona, minha ex-coordenadora, da qual tenho orgulho de hoje tê-la como amiga. Muito obrigada pela amizade, por inspirar-me a ser uma pessoa condizente com meus valores, a acreditar no ser humano, a ser ética e a sempre carregar a confiança no bolso.

Agradeço a Profa. Alessandra Montini, por ter acreditado em meu potencial e pelas oportunidades cedidas na área acadêmica. Sua energia é admirável, assim como o seu coração.

Agradeço profundamente minha amiga Jacqueline (Jack DataLovers), por ser minha parceira nessa trajetória, desde o dia que nos conhecemos no início do doutorado. Não há palavras suficientes que possam expressar o quanto sou grata por sua amizade. Obrigada por cada conversa, pelas orações, pelos momentos de choros e risadas, por cada café com brigadeiro de churros no café da USP. Conte sempre comigo!

Agradeço as professoras que tive o prazer de conhecer, interagir e ter aulas durante o mestrado e o doutorado. Profa. Anarosa, Profa. Anna Reali, Profa. Cíntia, Profa. Liria, Profa. Solange, obrigada por mostrarem que as mulheres podem alcançar voos cada vez maiores. É uma honra ver mulheres como vocês e minha orientadora na ciência e na engenharia.

Dayana Colli, obrigada por ter me acompanhado durante grande parte do doutorado. Você foi essencial em minha jornada de autoconhecimento. Obrigada pelo diálogo e por me ajudar a seguir com meu propósito.

Por fim, finalizo os agradecimentos de forma especial, agradecendo a uma mulher que (re)encontrei há pouco tempo, e que desde então ocupa um espaço significativo em minha jornada. María Eugenia Dajer (Negrita), minha amiga/irmã, obrigada por ter permitido que sua alma fosse tocada para abrir uma porta de luz em meu caminho. Você é muito especial para mim, me inspira e me dá forças, por meio da sua amizade, sua energia, seu amor pela vida e pelo servir. Serei eternamente grata ao universo por você e o Silvio (*my friend*) terem cruzado nosso caminho.

O filósofo Rumi disse certa vez a seguinte frase: "*O que você procura está procurando você*". Essa frase tem reverberado em minha mente e me acompanhado em minha jornada. Se o que eu procuro me procura também, meu único desejo é que eu continue sempre nessa busca, visto que até hoje ela tem me proporcionado momentos memoráveis, ao lado de pessoas especiais.

RESUMO

A indústria têxtil é considerada uma das mais antigas e maiores do mundo, gerando crescimento econômico e grande demanda de empregos. Entretanto, essa indústria adota predominantemente o modelo de produção linear, baseado no padrão "pegar-usar-descartar", resultando na elevada extração de recursos naturais e no aumento crescente de geração de resíduos. Dada essa circunstância, a transição para a economia circular surge como uma alternativa, visando modelos de negócios baseados em estratégias de redução, reutilização e reciclagem, e considerando não somente a dimensão econômica, mas também a social e a ambiental. Entretanto, apesar de promissora, a transição para a economia circular nessa indústria é considerada complexa, havendo barreiras como a falta de transparência e a falta de conscientização. Nesse cenário, tecnologias de big data podem auxiliar nessa transição, oferecendo mecanismos para identificar e prever as melhores ações em direção ao desenvolvimento sustentável. Entretanto, ainda não é amplamente explorado na literatura como big data pode auxiliar nessa transição. Portanto, essa tese tem como objetivo explorar essa lacuna, identificando um modelo de implementação de big data para apoiar a transição para a economia circular na indústria têxtil. Inicialmente foram investigados os desafios de sustentabilidade, mapeando-os de acordo com as dimensões volume, variedade e velocidade, utilizadas na definição de big data. Na sequência, o trabalho foi apoiado em três métodos de pesquisa. Primeiramente, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, identificando benefícios, demandas e barreiras referentes à aplicabilidade de big data na transição para a economia circular. A partir dessa identificação do estado da arte, o segundo método de pesquisa incluiu a especificação de um modelo de implementação de big data. O modelo proposto foi denominado 7S, por compor sete elementos identificados como facilitadores para essa transição. Após o levantamento dos requisitos, os artefatos do modelo proposto constituíram a especificação, a arquitetura e a proposta de implementação. Para avaliar o modelo, o terceiro método adotado englobou uma avaliação empírica do modelo por meio do estudo de caso de uma empresa da indústria têxtil, que atua com um modelo de negócio circular baseado em trocas de vestuários. Também foi realizada uma análise qualitativa de estudos de caso de economia circular na indústria têxtil, obtidos a partir de uma iniciativa global denominada Global Mapping Project. Os resultados obtidos da avaliação indicam que os elementos propostos no modelo 7S podem apoiar as empresas na transição para a economia circular na indústria têxtil, por meio de uma estratégia orientada a dados.

Palavras-chave – big data, economia circular, indústria têxtil, sustentabilidade.

ABSTRACT

The textile industry is considered one of the oldest and largest in the world, generating economic growth and great demand for jobs. However, this industry predominantly adopts the linear production model, based on the “take-make-dispose” pattern, resulting in high extraction of natural resources and increasing waste generation. Given these circumstances, the transition to the circular economy emerges as an alternative, targeting business models based on reduction, reuse and recycling strategies, and considering not only the economic dimension, but also the social and environmental ones. However, despite being promising, the transition to the circular economy in this industry is considered complex, with barriers such as lack of transparency and lack of awareness. In this scenario, big data technologies can help in this transition, offering mechanisms to identify and predict the best actions towards sustainable development. However, it is not yet widely explored in the literature how big data can help in this transition. Therefore, this thesis aims to explore this gap, identifying a big data implementation model to support the transition to a circular economy in the textile industry. Initially, an investigation of the sustainability challenges was carried out, mapping them according to the dimensions volume, variety and velocity, used in the definition of big data. Subsequently, the work was supported by three research methods. First, a systematic review of the literature was carried out, identifying benefits, demands and barriers regarding the applicability of big data in the transition to the circular economy. Based on this identification of the state of the art, the second research method included was the specification of a big data implementation model. The proposed model was called 7S, as it comprises seven elements identified as facilitators for this transition. After defining the requirements, the artifacts of the proposed model constituted the specification, the architecture and the implementation proposal. To evaluate the model, as a third research method it was adopted an empirical evaluation of the model via a case study of a company in the textile industry, which operates with a circular business model based on clothing swap. A qualitative analysis of circular economy case studies in the textile industry was also carried out, obtained from a global initiative called the Global Mapping Project. The results obtained from the evaluation indicate that the elements proposed in the 7S model can support companies in the transition to the circular economy in the textile industry, through a data-driven strategy.

Keywords – big data, circular economy, textile industry, sustainability.

LISTA DE FIGURAS

1	Estrutura da tese	27
2	Quantidade de dados gerados globalmente.	31
3	Evolução do ecossistema Hadoop.	33
4	Quantidade anual de artigos sobre economia circular indexados na base de dados Scopus.	41
5	Diagrama sistêmico de economia circular.	43
6	Protocolo de revisão sistemática.	68
7	Modelo de economia circular usando big data <i>analytics</i> e a abordagem de <i>stakeholder</i>	78
8	Recursos necessários para a combinação entre big data e economia circular.	85
9	Necessidade de recursos para se avançar no contexto de economia circular.	93
10	Modelo 7S para aplicabilidade de big data com foco na transição para a economia circular	107
11	Proposta de arquitetura do modelo 7S em diferentes níveis.	109
12	Proposta de implementação do modelo	121
13	Quadrante para definição da organização de dados no modelo 7S.	128
14	Exemplo de estudo de caso do projeto GMP	135
15	Regiões dos estudos de caso por continente.	136

16	Regiões de ocorrência dos estudos de caso.	137
17	Impactos identificados nos estudos de caso.	138
18	Elementos de economia circular presentes em ao menos 10 estudos de caso.	139
19	Posicionamento da <i>startup</i> The Swapshop no quadrante para definição da organização de dados no modelo 7S.	147

LISTA DE TABELAS

1	Categorias de big data <i>analytics</i>	38
2	Estratégias da economia circular	49
3	Estratégias do Framework ReSOLVE.	51
4	Big data, indústria têxtil e economia circular.	63
5	Lista de artigos selecionados na revisão sistemática	69
6	Lista de periódicos referentes aos artigos selecionados.	71
7	Benefícios de big data para economia circular.	79
8	Demandas e barreiras para adoção de big data no contexto de economia circular	87
9	Intersecção entre big data e economia circular.	100
10	Elementos do modelo 7S em níveis	119
11	Mapeamento das funcionalidades da implementação proposta e o le- vantamento de requisitos.	127
12	Relação dos estudos de caso selecionados da plataforma Knowledge Hub.	176

LISTA DE SIGLAS

ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção
BI	<i>Business Intelligence</i>
CSR	<i>Corporate Social Responsibility</i>
GDPR	<i>General Data Protection Regulation</i>
GRI	<i>Global Reporting Initiative</i>
HDFS	<i>Hadoop Distributed File System</i>
IA	Inteligência Artificial
IOT	<i>Internet of Things</i>
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais
MFA	<i>Multi-Fibre Arrangement</i>
MR	<i>MapReduce</i>
NOSQL	<i>Not Only Structured Query Language</i>
NVS	Normas Voluntárias de Sustentabilidade
ODS	Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
OLTP	<i>On-line Transactional Processing</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PSS	<i>Product-Service Systems</i>
RF	Requisito Funcional

RNF	Requisito Não Funcional
REP	Responsabilidade Estendida do Produtor
SQL	<i>Structured Query Language</i>
TIC	Tecnologia da Informação e de Comunicação

SUMÁRIO

1	Introdução	16
1.1	Motivação	19
1.2	Objetivo de pesquisa e hipótese	22
1.3	Questões de pesquisa	23
1.4	Método de pesquisa	24
1.5	Estrutura da tese	25
2	Contextualização	28
2.1	Big data	28
2.1.1	Evolução dos dados	28
2.1.2	Definição de big data	30
2.1.3	Os Vs de big data	31
2.1.4	Big data analytics	36
2.2	Economia circular	38
2.2.1	Contexto histórico	39
2.2.2	Definição de economia circular	42
2.2.3	Características e modelos de negócios da economia circular	45
2.2.4	Economia circular e sustentabilidade	51
2.3	Indústria têxtil	53

2.3.1	Contexto da indústria têxtil	53
2.3.2	Os Vs da indústria têxtil	54
2.4	Considerações do capítulo	61
3	Big Data aplicado à economia circular - Revisão sistemática	65
3.1	Descrição do método	65
3.2	Benefícios referentes à aplicação de big data na transição para a economia circular	71
3.2.1	Compreensão	72
3.2.2	Monitoramento	73
3.2.3	Previsão	75
3.2.4	Tomada de decisão	76
3.2.5	Colaboração	77
3.3	Demandas e barreiras para a adoção de big data na transição para a economia circular	81
3.4	Big data na transição para a economia circular na indústria têxtil	88
3.5	Considerações do capítulo	91
4	Modelo 7S para implementação de big data como apoio na transição para a economia circular	95
4.1	Interseção entre big data e economia circular	95
4.2	Desafios da integração entre big data e economia circular	100
4.3	Requisitos do modelo de integração entre big data e economia circular	102
4.4	Especificação do modelo 7S	105

4.5	Proposta de arquitetura de modelo	107
4.5.1	Nível I - Compreensão	110
4.5.2	Nível II - Predição	113
4.5.3	Nível III - Automação	116
4.6	Implementação do modelo	120
4.6.1	Proposta de implementação do modelo	121
4.6.2	Organização de dados do modelo proposto	127
4.7	Considerações do capítulo	129
5	Avaliação do modelo	132
5.1	Origem dos dados	132
5.2	Descrição do estudo de caso	140
5.3	Avaliação do modelo 7S	142
5.3.1	Nível I do modelo 7S	143
5.3.2	Nível II do modelo 7S	144
5.3.3	Nível III do modelo 7S	145
5.4	Considerações do capítulo	147
6	Considerações finais	150
6.1	Análise geral	150
6.2	Contribuições	154
6.3	Limitações	155
6.4	Trabalhos futuros	156

6.5	Publicações	157
	Referências	161
	Apêndice A - Lista de estudos de caso	176

1 INTRODUÇÃO

A indústria têxtil é considerada uma das mais antigas indústrias, com significativa contribuição à geração de empregos e ao crescimento econômico (ISLAM; KHAN; ISLAM, 2013; BHATIA; DEVRAJ, 2017). Segundo a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT), o Brasil está posicionado no *ranking* global como o quinto maior produtor têxtil e o quarto maior na produção de vestuário (ABIT, 2015). Com atividades voltadas à produção de fibras, fios, tecidos, confecção de vestuários e artigos têxteis, a indústria têxtil é responsável por atender necessidades básicas do ser humano, bem como produzir artigos têxteis para setores como a área automotiva, área de saúde e produtos para o lar (SINGLETON, 2013).

Entretanto, apesar do poder econômico significativo, a indústria têxtil é também reconhecida pelos impactos ambientais e sociais gerados ao longo do ciclo de vida de um produto (GUPTA et al., 2022). Estima-se que as roupas representam 60% da produção na indústria têxtil e que o número de roupas produzidas aproximadamente dobrou nos últimos 15 anos (NATURE, 2018). Esse aumento trouxe desafios críticos, dado que predomina na indústria o modelo de produção linear, caracterizado pela extração de matérias-primas virgens, pela produção e comercialização de um produto e pelo seu descarte (pós-produção ou pós-consumo), tornando-se um resíduo. Tal abordagem resulta na contínua extração de recursos naturais e na geração crescente de resíduos, causando escassez de recursos e danos ao meio ambiente. Além desses fatores, a indústria têxtil também é caracterizada por fatores como o uso intensivo de água, de energia e de produtos químicos ao longo de toda a cadeia produtiva (KOSZEWSKA, 2019; SAHA;

DEY; PAPAGIANNAKI, 2021; MUNGCHAROEN; VARABUNTOONVIT; POOLSAWAD, 2021). No âmbito social, também apresenta desafios críticos, devido a fatores como condições inadequadas de trabalho, baixos salários e iniquidades de gênero (BRYDGES, 2021; LY, 2021).

Somada à adoção do modelo de produção linear, os impactos sociais e ambientais ocorridos nessa indústria são também atribuídos à predominância nas últimas décadas do modelo de negócio *fast fashion*, caracterizado por fatores como produção em massa de vestuário a preços acessíveis, prototipação rápida, coleções disponíveis em curtos prazos e estratégias de *marketing* que impulsionam o consumidor a adquirir peças de vestuário de novas coleções (JOY et al., 2012; KIM; CHOO; YOON, 2013; NEUMANN; MARTINEZ; MARTINEZ, 2020). Como resultado, tem-se identificado uma produção crescente de itens de vestuário, contínua extração de matérias-primas, mudança no estilo de consumo e aumento de resíduos, prejudicando o ecossistema e a qualidade de vida do ser humano (TURKER; ALTUNTAS, 2014; KALAMBURA; PEDRO; PAIXÃO, 2020).

Diante desse cenário, identifica-se a necessidade de um modelo alternativo de produção, que considere não somente a prosperidade econômica, como também a equidade social e a preservação ambiental, permitindo que as ações atuais não comprometam as gerações futuras, conforme a definição de sustentabilidade apresentada no relatório de Brundtland, em 1987 (BRUNDTLAND, 1987). Nesse contexto, a economia circular tem sido identificada como um instrumento promissor para se alcançar os pilares de desenvolvimento sustentável (EMF, 2014; GEISSDOERFER et al., 2018; CHEN et al., 2021a; SAHA; DEY; PAPAGIANNAKI, 2021).

Em contraste ao modelo linear, a economia circular propõe uma abordagem que visa estender a durabilidade e o uso de um produto e possibilitar a sua circularidade, para assim evitar a extração de novos recursos e conseqüentemente a geração de resíduos (EMF, 2014; GUPTA et al., 2022). Para isso, sua proposta visa uma forma de produção e de consumo com foco na restauração e na regeneração dos produtos e dos

materiais, somados a modelos de negócios baseados em práticas de redução, reutilização e reciclagem. Para esse cenário, é proposta uma abordagem holística e sistêmica, que considere as dimensões econômicas, ambientais e sociais ao longo de todo o ciclo de vida de um produto (EMF, 2014; KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017).

Visando obter uma melhor compreensão dos desafios de sustentabilidade existentes na indústria têxtil, nesse trabalho é apresentado um estudo referente ao levantamento de tais desafios, categorizando-os de acordo com as dimensões volume, variedade e velocidade. Ao todo, foram categorizados 12 desafios, demonstrando a necessidade de novas abordagens para a resolução desses e uma análise de como esses se relacionam com as dimensões de volume, variedade e velocidade de dados, no contexto de big data.

Além dessa investigação, o trabalho apresenta, também, uma síntese de um processo de revisão sistemática da literatura, realizada com o objetivo de identificar o estado da arte em relação à adoção de big data com foco na transição para a economia circular. Essa síntese contém a identificação de benefícios, demandas e barreiras existentes nessa interseção de temas, denotando a necessidade de se avançar em novos estudos teóricos e práticos, para auxiliar empresas que desejam investir em big data para fins de sustentabilidade, a partir de estratégias de circularidade.

A partir da síntese obtida da revisão sistemática da literatura, é apresentada, também, uma proposta de modelo de implementação de big data, que incorpora elementos para que empresas possam avançar na adoção de estratégias orientadas a dados no processo de transição para a economia circular. São descritos os artefatos do modelo, identificando como esses podem contribuir para o alcance dos requisitos levantados.

Em adição, exemplos da adoção de estratégias de circularidade são apresentados nesse trabalho, a partir da participação da autora em um projeto denominado Global Mapping Project (GMP)(CIRCLE ECONOMY, 2021c), voltado ao levantamento de estudos de casos globais referentes à adoção de economia circular na indústria têxtil.

Além disso, uma avaliação do modelo proposto é realizada em um estudo de caso, referente a um modelo de negócios baseado na troca de itens de vestuário, que visa o prolongamento de uso desses itens, por meio da reutilização.

1.1 Motivação

Embora a economia circular seja considerada um instrumento promissor para o desenvolvimento sustentável ao longo da cadeia produtiva na indústria têxtil, são identificadas barreiras para que essa transição ocorra de forma efetiva (KAZANCOGLU et al., 2020; MISHRA; JAIN; MALHOTRA, 2020; CHEN et al., 2021a). Por exemplo, a falta de transparência ao longo da cadeia de suprimentos impede que as empresas e os consumidores identifiquem os impactos causados em cada etapa da produção, e assim identifiquem quais medidas devem ser tomadas em direção à sustentabilidade (MUKENDI et al., 2020; GARCIA-TORRES et al., 2021). Também impede que os consumidores tenham conhecimento de como o produto foi produzido e dos cuidados necessários para mantê-lo e descartá-lo (GARCIA-TORRES et al., 2021).

Estudos também apresentam a necessidade de colaboração entre os diversos agentes envolvidos na indústria têxtil, tais como fabricantes, fornecedores, varejistas e consumidores, para que a transição para a economia circular ocorra de forma efetiva (EISENREICH; FÜLLER; STUCHTEY, 2021). Essa colaboração é considerada essencial para se alcançar a circularidade nos modelos de negócios propostos, uma vez que a sustentabilidade só é obtida a partir da atuação coletiva (GUPTA et al., 2019; KAZANCOGLU et al., 2020). Alinhado a esse contexto, também é identificado como barreira a falta de educação e de conscientização dos produtores e consumidores, tornando-os relutantes à adoção de estratégias como serviços de reparo, revenda de roupas e confecção a partir de materiais reciclados, gerando assim um entrave para a escalabilidade de tais modelos de negócios (CHEN et al., 2021a; ETC, 2022).

Assim, a transição para a economia circular na indústria têxtil é considerada desafiadora e complexa, necessitando de inovações em relação a modelos de negócios e ao ciclo de vida de um produto. Nesse contexto, a literatura aponta que tecnologias digitais são necessárias para contribuir no rompimento das barreiras existentes a essa transição (EMF, 2014; ADA et al., 2021; DWIVEDI et al., 2021; FROMHOLD-EISEBITH et al., 2021; HEIM; HOPPER, 2021).

Dentre as tecnologias identificadas como propulsoras da economia circular, está o big data, possibilitando que empresas possam utilizar dados internos e externos gerados ao longo da indústria para poder identificar, prever e extrair informações úteis para a definição de estratégias, a melhoria dos processos operacionais e a redução de incertezas referentes a estratégias e modelos de negócios circulares (BRESSANELLI et al., 2018; GUPTA et al., 2019; LIU; LIU; OSMANI, 2021). Entretanto, apesar de ser considerada uma das principais tecnologias para apoiar a transição para a economia circular, fatores como a complexidade inerente à economia circular e a novidade referente à adoção de tecnologias digitais resultam em poucos estudos que exploram esse relacionamento (UÇAR; DAIN; JOLY, 2020).

Somado a esse fator, identifica-se que, embora as indústrias estejam aderindo tecnologias digitais nos últimos anos, tais como computação em nuvem, internet das coisas (*Internet of Things* - IoT) e inteligência artificial (IA), Frank, Dalenogare e Ayala indicam que a implementação de tais tecnologias ainda é desafiadora para as empresas, devido à imaturidade para lidar com dados de larga escala (FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019). Considerando a indústria têxtil, a adoção de big data concentra-se somente em determinadas aplicações, tais como campanhas de *marketing*, experiência do consumidor e previsão de vendas (SILVA; HASSANI; MADSEN, 2019; HACK-POLAY et al., 2020). Nesse contexto, argumenta-se que o investimento feito em big data deve ser também utilizado para auxiliar na eliminação ou na redução das barreiras para a economia circular (AHMAD et al., 2020; GUPTA; KUMAR; WASAN, 2021; MODGIL et al.,

2021). Entretanto, empresas ainda enfrentam desafios para identificar estratégias para extrair valor dos seus dados para fins de desenvolvimento sustentável (GUPTA et al., 2019), havendo ainda poucos estudos que exploram essa prática.

A maioria dos estudos referentes à big data aplicado à economia circular aborda o tema no contexto da indústria 4.0 (ADA et al., 2021; BAG et al., 2021b; DWIVEDI et al., 2021; HUYNH, 2021; ROMERO et al., 2021), de forma que big data é discutido brevemente, sendo apenas um elemento dentro do contexto geral investigado. Poucos estudos apresentam big data de forma isolada, considerando o contexto de economia circular (GUPTA et al., 2019; JABBOUR et al., 2019). Em adição, em uma recente revisão da literatura referente à ligação entre big data e sustentabilidade, foi identificado que, embora ambas as áreas sejam amplamente exploradas na literatura, há poucos estudos científicos referentes ao relacionamento dessas (GARRIGÓS-SIMÓN et al., 2021). Nessa análise, percebe-se a necessidade de se aprofundar no conhecimento sobre sustentabilidade, economia circular e big data, para assim se definir estratégias inovadoras a partir dessa intersecção. Pesquisas adicionais são necessárias para identificar como big data deve ser incorporado nas empresas com foco no desenvolvimento sustentável, a partir de soluções no contexto de economia circular (BAG; PRETORIUS, 2020).

Assim, além de contribuir para o avanço tecnológico e prosperidade econômica, destaca-se a necessidade de identificar como big data e demais tecnologias podem auxiliar nos desafios contemporâneos referentes ao consumo excessivo, escassez de recursos, crescimento populacional e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), determinados pelas Organizações das Nações Unidas (ONU). Uma das evidências dessa necessidade é a informação apresentada pela Global Footprint Network. Observou-se que, em 2018, o uso dos recursos naturais ocorreu 1,7 vezes mais rápido do que a capacidade do ecossistema de se regenerar (UNFCC, 2018). Dado esse déficit ecológico, existe uma preocupação global de que, caso o padrão persista, será necessário o equivalente a aproximadamente três planetas para prover os recursos naturais,

considerando as estimativas de crescimento populacional (ONU, 2021). Assim, é imprescindível que haja esforços coletivos para reduzir os impactos causados na produção e no consumo de produtos e assim promover a sustentabilidade (RØPKE, 2009).

Embora a adoção de tecnologia de big data não seja a resposta final para o alcance de desenvolvimento sustentável na indústria têxtil, essa pode contribuir para que as barreiras existentes de economia circular sejam rompidas e que os modelos de negócios sejam aperfeiçoados, por meio de uma estratégia orientada a dados (ETC, 2022). Para isso, torna-se necessário identificar de que maneira o big data pode contribuir para que essa transição ocorra, promovendo transformações que beneficiem não somente a indústria têxtil, mas também toda a sociedade.

1.2 Objetivo de pesquisa e hipótese

A partir da motivação apresentada, o objetivo principal desse trabalho é o desenvolvimento de um modelo de implementação de big data que auxilie empresas da indústria têxtil na transição para a economia circular, com foco no desenvolvimento sustentável.

Para atingir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos devem ser satisfeitos:

- Estudar e analisar iniciativas existentes na transição para a economia circular na indústria têxtil;
- Estudar e analisar propostas de adoção de big data, identificando como essas podem auxiliar na transição para a economia circular;
- Especificar um modelo de implementação de big data, como foco na transição para a economia circular na indústria têxtil.

Diante desses objetivos, a seguinte hipótese é estabelecida:

Um modelo de implementação de big data provê mecanismos que possibilitam auxiliar a indústria têxtil no processo de transição para a economia circular.

1.3 Questões de pesquisa

A partir do objetivo apresentado, esta tese propõe a seguinte questão principal de pesquisa (QPP):

#QPP - Como um modelo de implementação de big data pode auxiliar empresas da indústria têxtil na transição para a economia circular?

Essa questão é motivada pela necessidade identificada na literatura de uma compreensão mais aprofundada de como as empresas da indústria têxtil podem utilizar big data como estratégia para apoiar a transição para a economia circular. Visa investigar técnicas e tecnologias existentes no contexto de big data, identificando-se como essas podem ser aplicadas no contexto de economia circular.

Essa questão principal subdivide-se, ainda, nas seguintes questões:

#QP1 - O que é big data, economia circular e indústria têxtil e qual a relação entre esses termos?

Visa identificar, a partir da revisão da literatura, as características, as oportunidades e os desafios referentes à cada um dos temas principais (big data, economia circular e indústria têxtil) abordados na tese, que formarão a base para a continuidade da pesquisa.

#QP2 - Como big data pode contribuir na transição para a economia circular na indústria têxtil?

Visa identificar oportunidades apresentadas na literatura sobre o papel de big data na transição para a economia circular. O objetivo será compreender as peculiaridades da indústria têxtil, identificando-se como big data pode ser utilizado para apoiar os

modelos de negócios circulares nessa indústria. Será investigado como e quais ações são propostas na literatura para esse fim.

#QP3 - Quais os requisitos técnicos para a implementação de big data para auxiliar na transição para a economia circular na indústria têxtil?

Por fim, essa questão de pesquisa complementa as anteriores, por meio da identificação dos requisitos para que big data possa ser implementado nas empresas da indústria têxtil, com foco em apoiar a transição para a economia circular.

1.4 Método de pesquisa

Como pode ser observado, essa tese insere-se no contexto de pesquisa aplicada, com foco em propor soluções para a indústria têxtil. Para esse trabalho são aplicados três métodos de estudo.

Inicialmente é realizada uma revisão sistemática da literatura, com o objetivo de se obter um levantamento do estado da arte sobre a questão principal de pesquisa, oferecendo também maior confiabilidade e reprodutibilidade da investigação realizada (JESSON; MATHESON; LACEY, 2011). Nessa revisão sistemática, visando alcançar os objetivos definidos nesse trabalho, os seguintes tópicos são investigados:

1. Big data;
2. Economia circular;
3. Indústria têxtil;
4. Big data aplicado à economia circular;
5. Big data aplicado à economia circular na indústria têxtil.

Os estudos dos tópicos big data, economia circular e indústria têxtil são inicialmente investigados de forma isolada para obter-se uma fundamentação teórica sobre

cada tema. Após essa compreensão, investiga-se como big data tem sido utilizado no contexto de economia circular, para assim obter-se uma compreensão das barreiras, das necessidades e das oportunidades obtidas. Por fim, investiga-se a aplicação de big data na transição para a economia circular especificamente para a indústria têxtil, considerando os modelos de negócios circulares nela propostos. Essa escolha de realizar a investigação por diferentes etapas deve-se ao fato de haver poucos trabalhos referentes à adoção de big data como apoio na transição para a economia circular especificamente para a indústria têxtil. Assim, será utilizado o conhecimento de trabalhos de áreas correlatas, para obter-se percepções e aplicá-las à indústria têxtil.

A partir da revisão sistemática da literatura, o método de pesquisa adotado incluiu a especificação de um modelo, identificando-se os requisitos necessários para a implementação de big data na transição para a economia circular na indústria têxtil. Na sequência, é realizada a avaliação do modelo proposto por meio de estudo de caso com base em dados secundários. Para isso, foi utilizado como base um estudo de caso disponibilizado publicamente em uma plataforma on-line chamada Knowledge Hub, que oferece uma biblioteca digital de estudos de caso no contexto de economia circular (RHOADES et al., 2020).

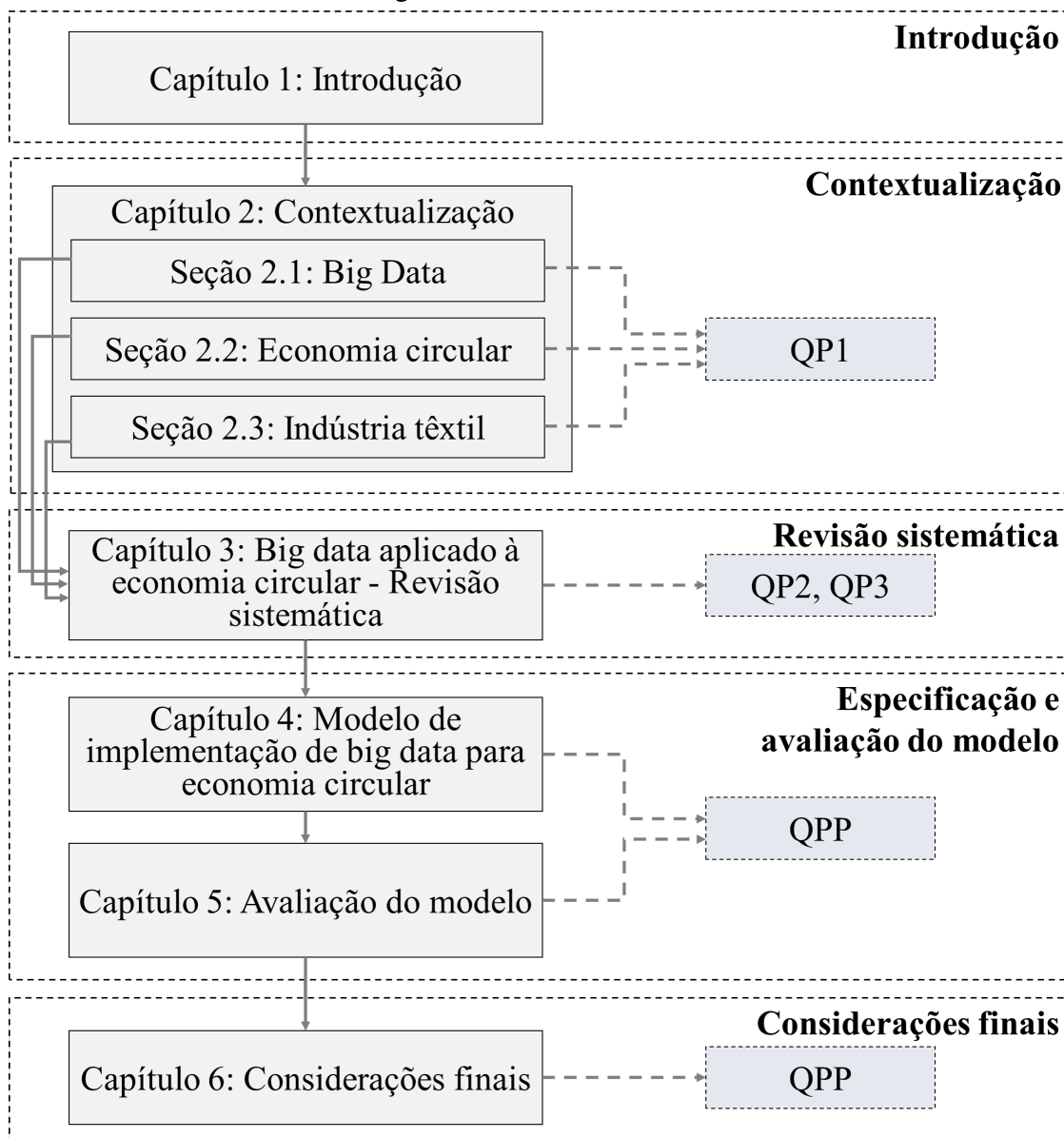
Por fim, é importante ressaltar que nesse trabalho a ênfase é dada para a indústria têxtil, considerando os modelos de negócios circulares da indústria e seus desafios ambientais e sociais causados ao longo da cadeia produtiva. Entretanto, o estudo também considera artigos referentes à indústria de vestuário e à indústria da moda que abordam o tema têxtil, uma vez que há um relacionamento direto entre as três indústrias.

1.5 Estrutura da tese

O restante da tese contém a estrutura a seguir. O **Capítulo 2** apresenta uma contextualização dos conceitos-chave usados nos capítulos seguintes. Dessa forma, é apre-

sentada uma revisão da literatura sobre os temas economia circular, indústria têxtil e big data. A partir desse estudo, obtém-se a fundamentação teórica para a compreensão posterior da interseção entre esses temas. No **Capítulo 3**, são apresentados os resultados da revisão sistemática da literatura sobre a transição para a economia circular, identificando o papel de big data nesse processo. Para isso, são descritos detalhes do protocolo adotado para a revisão, bem como a síntese dos resultados obtidos. A partir dessa revisão, o **Capítulo 4** descreve o modelo proposto, apresentando as características e os requisitos para a aplicabilidade de big data como apoio na transição para a economia circular. Esse modelo é, então, avaliado e discutido a partir de um estudo de caso no **Capítulo 5**. Uma discussão sobre a viabilidade e a forma de utilização do modelo proposto em cada cenário de um estudo de caso é apresentada. Por fim, as considerações finais, contendo as contribuições, as limitações e a proposta de trabalhos futuros da tese são apresentadas no **Capítulo 6**. A Figura 1 contém uma representação visual dos capítulos e as perguntas de pesquisa correspondentes.

Figura 1: Estrutura da tese



Fonte: Autora.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

Este capítulo contextualiza os principais tópicos utilizados nesta tese: big data, economia circular e indústria têxtil. Na Seção 2.1 é feita uma contextualização dos conceitos relacionados a big data, bem como seu histórico, seus desafios e suas oportunidades. Na Seção 2.2, inicialmente é descrito o contexto histórico relacionado à economia circular. Na sequência, são apresentadas as definições propostas na literatura, bem como as características, as estratégias e os modelos de negócios circulares com foco na sustentabilidade. Na Seção 2.3 é mostrado um panorama da indústria têxtil, descrevendo-se suas características, contextualizando os desafios ambientais e sociais existentes e a estrutura da cadeia produtiva dessa indústria. Por fim, a Seção 2.4 contém as considerações finais do capítulo.

2.1 Big data

A primeira contextualização feita nesse capítulo refere-se a big data, contendo uma fundamentação teórica referente à evolução dos dados no decorrer das últimas décadas, a definição do termo e as dimensões utilizadas para caracterizar os desafios e as oportunidades no gerenciamento de dados providos por big data.

2.1.1 Evolução dos dados

Embora os dados não sejam algo recente, sendo esses gerados e utilizados por empresas há décadas, é possível identificar que sua utilização foi sendo modificada

ao longo dos anos, conforme novas inovações em Tecnologias de Informação e de Comunicação (TIC) foram geradas. A literatura apresenta uma forma de distinguir a evolução dos dados por meio de três gerações: 1. Geração 1.0 - inteligência de negócios (*Business Intelligence* - BI); 2. Geração 2.0 - análise de mídia social; e 3. Geração 3.0 - *mobile analytics* (CHEN; CHIANG; STOREY, 2012; DONG; YANG, 2020; GROVER et al., 2018).

Na geração de inteligência de negócios (geração 1.0), popularizada nos anos 90, a coleta e o armazenamento de dados foram práticas aplicadas durante muitos anos. Os dados eram capturados majoritariamente em formato estruturado e armazenados em sistemas de gerenciamento de banco de dados relacional. Esta prática permitiu às organizações a geração de relatórios, a adoção de técnicas de mineração de dados e análises estatísticas para apoiar o processo de tomada de decisão. Essa geração também caracterizou-se pela adoção da técnica de Processamento de Transações On-Line (*Online Transactional Processing* - OLTP) e painéis de visualização (DONG; YANG, 2020).

À medida que a Internet se tornou amplamente utilizada no início dos anos 2000, novas técnicas de coleta e análise de dados foram adotadas, surgindo a geração 2.0, voltadas à análise de mídia social e de conteúdos gerados na Web. Esta geração foi caracterizada pela introdução de novas fontes de dados, como registros de logs, dados de mídia social e dados de eventos coletados em tempo real (CHEN; CHIANG; STOREY, 2012). Um crescente volume de dados foi observado, impulsionado por inovações na área de TIC, que possibilitou a redução de custo e o aperfeiçoamento no processamento, no armazenamento e na comunicação dos dados (RUSS, 2021). Essa geração caracterizou-se, também, pela extração de dados em formatos não estruturados, necessitando de formas de armazenamento alternativas, que atendessem aos requisitos de escalabilidade e flexibilidade dos dados. Nesse contexto, empresas identificaram a necessidade de investir em soluções voltadas a áreas de estudo como análise de redes sociais, mineração de opinião e análise da Web (MARQUESONE, 2016).

Por fim, a geração de *mobile analytics* (geração 3.0) inicia-se em 2010, sendo caracterizada pela quantidade em larga escala de dispositivos móveis conectados, bem como sensores de IoT e dispositivos habilitados para Internet (CHEN; CHIANG; STOREY, 2012). Essa geração resultou na adaptação das organizações para coletar, processar e analisar volumes sem precedentes de dados, para desenvolver estratégias a partir de técnicas como análise de contexto e visualização de dados móveis, bem como para reformular o modelo de negócio e assim obter vantagem competitiva a partir da análise de tais dados (MAZZEI; NOBLE, 2019).

2.1.2 Definição de big data

Em 2001, Doug Lanney apresentou os desafios de gerenciamento de dados a partir das dimensões volume, variedade e velocidade de dados (LANEY et al., 2001). Essa descrição foi, então, utilizada para a definição do termo big data, tornando-se, popularmente, conhecida como "os Vs de Big Data". Considerando essa abordagem, a consultoria Gartner afirma que “big data são ativos de informações de grande volume, variedade e velocidade que demandam formas inovadoras e rentáveis de processamento para melhor percepção e tomada de decisão” (GANDOMI; HAIDER, 2015).

Essa definição destaca que big data não está relacionado somente à quantidade de dados em larga escala produzida atualmente, mas também inclui desafios e benefícios relacionados à variedade e à velocidade. A partir dessa definição, adotada nesse trabalho, é possível identificar que projetos no contexto de big data requerem o investimento em novas abordagens para armazenar, processar e analisar dados de larga escala. Por fim, essa definição da consultoria Gartner também enfatiza o benefício obtido em projetos de big data, auxiliando o processo de tomada de decisão por meio da capacidade de extrair percepções significativas dos dados.

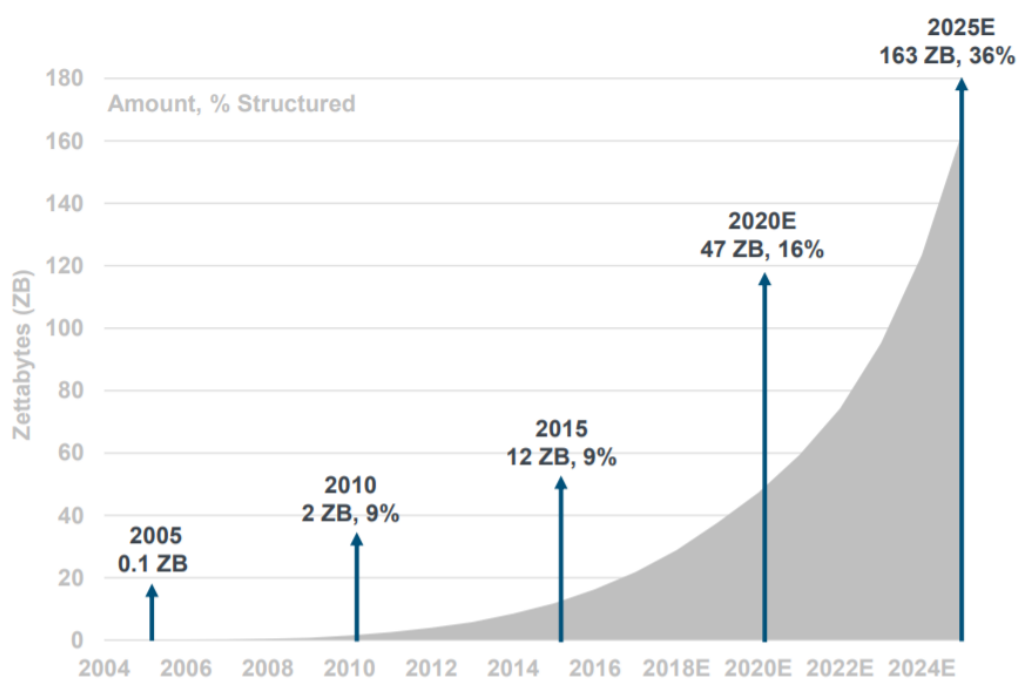
Visando elucidar o contexto dos desafios e das oportunidades decorrentes de big data, a próxima seção apresenta detalhes referentes a cada um dos Vs aqui descritos.

2.1.3 Os Vs de big data

Embora o volume, a variedade e a velocidade dos dados sejam considerados os pilares de big data, atualmente, outros Vs também são descritos na literatura, como a veracidade e o valor dos dados (CHEN; ZHANG, 2014; UDDIN; GUPTA et al., 2014; CONBOY et al., 2020). Uma descrição detalhada desses atributos é apresentada a seguir.

O volume está relacionado à quantidade massiva de dados gerados nas últimas décadas. Essa quantidade sem precedentes de dados é criada a partir de interações entre humanos e máquinas, por meio de soluções como mídias sociais, aplicativos móveis, servidores, agentes inteligentes e sensores. Conforme ilustrado na Figura 2, a quantidade global de dados foi estimada em 12 zettabytes no ano de 2015. Devido à tendência de aumento crescente da geração e do compartilhamento de dados nos últimos anos, estima-se que em 2025 o volume global de dados será de 163 zettabytes.

Figura 2: Quantidade de dados gerados globalmente.



Fonte: (REINSEL; GANTZ; RYDNING, 2017).

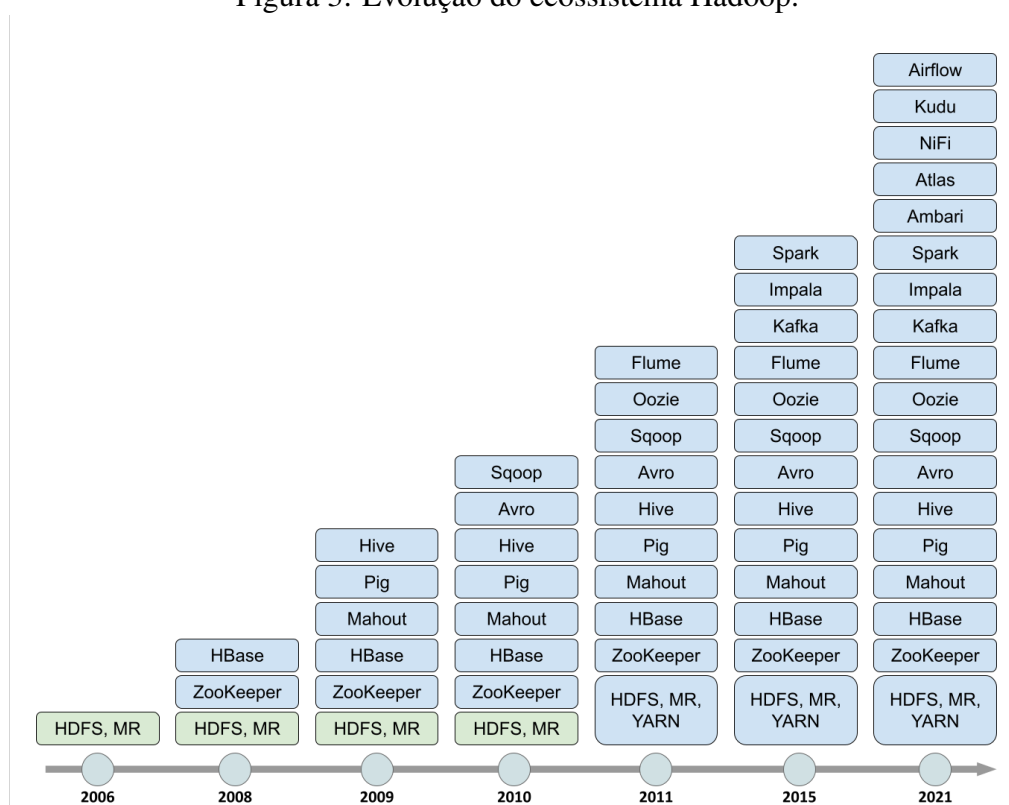
Em relação a tecnologias capazes de fornecer escalabilidade para armazenar e processar bases de dados na ordem de terabytes e petabytes, merece ser destacado o Apache Hadoop, um arcabouço de código aberto para o armazenamento e o processamento distribuído de uma quantidade massiva de dados, a partir de *hardware* de baixo custo (BORTHAKUR et al., 2011). Sua infraestrutura fornece alta disponibilidade e tolerância a falhas, abstraindo as complexidades existentes em ambientes de processamento distribuído (GOLDMAN et al., 2012). Sua implantação pode ser realizada tanto em data centers locais como em ambientes de computação em nuvem (ULLAH; AWAN; KHIYAL, 2018), estando o arcabouço disponível nas principais provedoras de nuvem públicas, tais como Amazon Web Services, Microsoft Azure e Google Cloud Platform (DEMCHENKO, 2019).

A estrutura do Apache Hadoop era inicialmente, em 2006, composta de dois arcabouços: o Hadoop Distributed File System (HDFS) para o armazenamento distribuído dos dados e o MapReduce (MR), provendo mecanismos para o processamento de dados em larga escala. Tais projetos foram inspirados em dois artigos publicados por engenheiros do Google (GHEMAWAT; GOBIOFF; LEUNG, 2003; DEAN; GHEMAWAT, 2008), nos quais foi mostrada a arquitetura utilizada para lidar com o armazenamento e o processamento de dados em larga escala da companhia. A partir da disponibilização desses arcabouços, diversas empresas e instituições de pesquisa passaram a utilizar o Apache Hadoop em sua infraestrutura de dados. Diante dessa ampla adoção, desde o seu lançamento oficial, em 2006, sua estrutura evoluiu, tornando-se um ecossistema de soluções de código aberto, oferecendo técnicas e ferramentas que atendam a requisitos inerentes a projetos de big data (MARQUESONE, 2016; RAJ, 2018).

Conforme mostrado na Figura 3, desde 2006 foram incorporados novos subprojetos ao ecossistema Hadoop. Como exemplo, podem-se citar os subprojetos: para prover uma linguagem de alto nível para o processamento de dados de larga escala (subprojetos Pig, Hive, Mahout, Spark); para efetuar a ingestão de dados no HDFS

(subprojetos Sqoop, Kafka, Flume, NiFi); para oferecer maior desempenho na leitura dos dados (subprojetos HBase, Impala e Kudu); para realizar o agendamento de *jobs* (subprojetos Oozie e Airflow); para prover a governança de dados (subprojeto Atlas); para efetuar a serialização de dados (subprojeto Avro); para gerir os recursos de um *cluster* (subprojeto YARN e Ambari); e, por último, para a sincronização de processos (subprojeto Zookeeper).

Figura 3: Evolução do ecossistema Hadoop.



Fonte: Adaptado de (MARQUESONE, 2016).

Além do grande volume de dados, big data também traz desafios e oportunidades referentes à variedade de dados. Essa dimensão está relacionada ao fato de que, na era da digitalização, os dados são gerados não apenas em formato estruturado, a partir de sistemas transacionais, mas também em formato não estruturado, como texto, vídeo, imagens e áudio, sendo esses a maioria dos dados atualmente (CONBOY et al., 2020; SAWADOGO; DARMONT, 2021).

A variedade de dados exigiu mudanças significativas nas organizações (CHEN; MAO; LIU, 2014). Como as tecnologias tradicionais de gerenciamento de dados são projetadas para lidar com dados estruturados em estruturas relacionais, as organizações que decidem lidar com fontes de dados variadas necessitaram reformular sua infraestrutura, identificando alternativas de armazenamento, processamento e governança de dados (SAWADOGO; DARMONT, 2021).

Em relação à tecnologia de big data que fornece escalabilidade e flexibilidade para lidar com a variedade de dados, além do Apache Hadoop, uma outra abordagem adotada é o uso de tecnologias *Not Only Structured Query Language* (NoSQL) (HAN et al., 2011; DAVOUDIAN; CHEN; LIU, 2018). Sendo uma das alternativas aos sistemas tradicionais de gerenciamento de banco de dados relacionais, NoSQL refere-se a um conceito de tecnologias de bancos de dados projetadas para lidar com dados em larga escala, contendo as seguintes características em comum: projetado para ambientes de *cluster*, possui escalabilidade horizontal, apresenta ausência de esquema predefinido e ausência de uso de SQL para consulta aos dados (CHEN; MAO; LIU, 2014).

As tecnologias existentes no conceito NoSQL são divididas em quatro categorias: bancos de dados orientado a chave-valor; bancos de dados orientado a documentos; bancos de dados orientado a colunas; e bancos de dados orientado a grafos (DAVOUDIAN; CHEN; LIU, 2018). Exemplos de soluções incluem o DynamoDB (banco de dados orientado a chave-valor), MongoDB (banco de dados orientado a documentos), Cassandra (banco de dados orientado a colunas) e Neo4J (banco de dados orientado a grafos).

Adicionalmente, apresenta-se na literatura o conceito de *data lake*, como uma proposta de evolução de soluções no contexto de arquitetura de dados (MADERA; LAURENT, 2016). *Data lake* é definido como um método de armazenamento de grande volume e variedade de dados, que apresenta estratégias que possibilitam a integração de dados oriundos de diversas fontes, podendo esses serem armazenados em sua

forma original e, posteriormente, analisados conforme a necessidade (SAWADOGO; DARMONT, 2021). Há uma predominância de empresas que adotam esse método a partir da implantação do Apache Hadoop, por esse oferecer a escalabilidade e flexibilidade necessária à proposta de *data lake* (PASUPULETI; PURRA, 2015).

Além do volume e da variedade de dados, big data também incorpora a dimensão velocidade. Essa dimensão está relacionada a dois aspectos principais. Em uma primeira perspectiva, refere-se à velocidade com que os dados estão sendo gerados atualmente, destacando-se o fato de que tais dados são gerados a ritmos crescentes, por fontes e formatos variados (MARQUESONE, 2016). Em uma segunda perspectiva, a velocidade dos dados está relacionada à necessidade de aquisição e de análise de eventos em tempo real ou próximo ao tempo real, a partir do momento em que um dado é gerado (CHEN; MAO; LIU, 2014).

Segundo Lee, a velocidade de geração de dados trouxe a necessidade de desenvolvimento de soluções voltadas ao processamento em tempo real de dados em larga escala (LEE, 2017). Por exemplo, para lidar com bilhões de dispositivos conectados que geram dados em ritmo constante, novas soluções de processamento de *streaming* e de processamento de eventos complexos são aperfeiçoadas para serem compatíveis com a velocidade necessária para processar tais dados (EBERSOLD; GLASS, 2015). Exemplos de tecnologias incluem o Apache Kafka, uma plataforma de código aberto para o processamento em tempo real de dados que lida com o requisito de velocidade de dados (THEIN, 2014) e o Apache Storm, um sistema de processamento distribuído e em tempo real de dados (ALLEN; JANKOWSKI; PATHIRANA, 2015).

Como big data tem apresentado um potencial cada vez mais proeminente nos negócios, a veracidade dos dados tornou-se um atributo importante a ser considerado com o passar dos anos. Este atributo está relacionado à qualidade dos dados, revelando a importância de, mesmo com dados massivos, definir políticas que permitam às organizações verificar a confiabilidade em termos de precisão, consistência, atualidade e

integridade dos dados (GANDOMI; HAIDER, 2015). A partir da estratégia do processo de tomada de decisão orientado a dados, avaliar a veracidade dos dados tornou-se crucial para evitar ações baseadas em dados imprecisos. Conforme afirmado por Lee, ao medir a veracidade dos dados, os gestores podem decidir não utilizar as percepções obtidas pelos dados, caso a veracidade desses não seja comprovada (LEE, 2017).

É importante destacar que, mesmo na era dos dados, a capacidade de extrair informações úteis e significativas é considerada mais importante do que a capacidade de adquirir grandes volumes de dados (CHEN; CHIANG; STOREY, 2012). Portanto, o valor também é um atributo que deve ser considerado. Embora as organizações tenham a possibilidade de coletar dados diversos e em vasta quantidade, é crucial saber quais dados podem produzir informações valiosas (MARQUESONE, 2016).

A partir de uma definição clara do valor dos dados, as organizações são capazes de identificar quais combinações de dados fornecerão informações úteis e valiosas, concentrando seus esforços para extrair delas percepções acionáveis. Essa capacidade pode resultar em inovação e melhor desempenho dos negócios (GROVER et al., 2018), além de permitir que as organizações avaliem os benefícios e os custos da coleta e/ou geração de dados antes de iniciar a execução de um projeto (LEE, 2017).

2.1.4 Big data analytics

Após a introdução do termo big data, foi introduzido na literatura o termo big data *analytics*, denotando as soluções específicas de análise de dados que incorporam o contexto dos Vs de big data. Big data *analytics* pode ser definido como “uma nova geração de tecnologias e arquiteturas, projetadas para extrair valor econômico de volumes muito grandes de uma ampla variedade de dados, permitindo a captura, a descoberta e/ou a análise de alta velocidade” (MIKALEF et al., 2019). Essa definição permite identificar que o termo está intrinsecamente relacionado aos atributos de big data, fornecendo métodos, técnicas e tecnologias para extrair percepções úteis dos

dados.

A partir de uma perspectiva empresarial, Dong e Yang complementam o termo big data *analytics*, identificando-o como aplicativos específicos para gerenciar, priorizar e analisar big data para fins de negócios (DONG; YANG, 2020). Os autores também destacam que as organizações precisam usar big data *analytics* para gerarem novas maneiras para compreender o comportamento do consumidor e desenvolver estratégias de inovação.

Big data *analytics* também é considerado uma extensão dos termos tecnologias de big data, análise de negócios e inteligência de negócio (CÔRTE-REAL et al., 2019). A partir desses três tópicos, esse conceito propõe o uso de tecnologias para gerenciar com eficácia grandes volumes de dados, melhorando as percepções de negócios a partir da análise de dados escalonáveis (SIDDIQA et al., 2016). Essa fusão resulta no uso de diversas técnicas já existentes no contexto de análise de dados, tais como estatística, visualização de dados, mineração de dados e aprendizado de máquina.

Uma das formas de se compreender os métodos e as técnicas existentes no contexto de big data *analytics* é a sua divisão nas seguintes categorias: análise descritiva, análise preditiva e análise prescritiva (DELEN, 2019). Cada categoria apresenta uma perspectiva sobre a capacidade analítica que ela oferece, bem como suas possíveis aplicações e as técnicas necessárias para se alcançar o objetivo desejado de análise de dados. A análise descritiva tem como foco a análise de dados históricos, possibilitando responder e identificar padrões referentes ao passado ou ao momento atual. As análises preditivas e prescritivas, por sua vez, são voltadas ao provisionamento de informações referentes a ações futuras, provendo percepções úteis de uma determinada estratégia (MARQUESSONE, 2016). Conforme destacam Ertz et al., tais categorias podem ser compreendidas como um elo que, ao serem integradas, possibilitam a manipulação de dados brutos até a capacidade de apoio no processo de tomada de decisão (ERTZ et al., 2022). Um breve resumo de cada categoria é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Categorias de big data *analytics*.

Categoria	Descrição
Análise descritiva	Busca responder à questão "o que está acontecendo?", por meio de técnicas de modelagem que possibilitam descrever ou imitar um sistema ou processo. Sua adoção oferece meios para realizar medidas de desempenho e obter dados referentes a indicadores que forneçam uma visão sobre a situação passada e a atual de um determinado contexto (HAZEN et al., 2018).
Análise preditiva	Busca responder à questão "o que irá acontecer?", por meio de técnicas que possibilitam realizar previsões sobre o desempenho de um sistema ou processo. Sua adoção permite gerar modelos preditivos, provendo informações sobre possíveis comportamentos futuros (HAZEN et al., 2018).
Análise prescritiva	Busca responder à questão "o que fazer para acontecer?", por meio de técnicas de automação do processo de tomada de decisão (DELEN, 2019). Fornece mecanismos para, além de prever um determinado evento, também identificar o melhor curso de ação para se alcançar o resultado desejado.

Fonte: Autora.

Observa-se que técnicas e tecnologias de big data estão sendo propostas para possibilitar que os dados forneçam conhecimentos valiosos às organizações, possibilitando a realização de análises a partir da integração de dados de larga escala e de formatos variados, de acordo com a velocidade necessária de uma determinada solução.

A junção entre a capacidade de tecnologias de big data para prover escalabilidade, desempenho e flexibilidade dos dados, somada à capacidade analítica oriunda das técnicas de big data *analytics* tornam big data um recurso chave para auxiliar no desenvolvimento de produtos e serviços a partir da tomada de decisão orientada a dados (CHEN; MAO; LIU, 2014).

2.2 Economia circular

Dando sequência à contextualização dos conceitos-chave desse trabalho, nessa seção são apresentados fundamentos referentes à economia circular, contendo informações sobre seu contexto histórico, definição, características e sua relação com o termo

sustentabilidade.

2.2.1 Contexto histórico

Desde a primeira revolução industrial, diversas transformações ocorreram no modelo de produção. Um exemplo mais recente é a ascensão da indústria 4.0, caracterizada pela capacidade de agregar inteligência e automação ao setor manufatureiro (LASI et al., 2014), integrando tecnologias digitais no processo industrial, tais como impressão 3D, big data, IoT e IA (SILVA et al., 2019). Entretanto, apesar das mudanças significativas e dos avanços tecnológicos ocorridos, ainda se mantém na indústria o modelo de produção linear e unidirecional, adotado no início da primeira revolução e intensificado no período pós-guerra (LIU; RAMAKRISHNA, 2021).

Identifica-se que o modelo linear segue o conceito “pegar-usar-descartar”, também conhecido como produção em massa, no qual recursos são extraídos da natureza, transformados em um produto e, então, usados e descartados na forma de resíduo, sem que sejam considerados os impactos ecológicos ao longo da cadeia produtiva (GUPTA et al., 2019; KOSZEWSKA, 2019; LIU; RAMAKRISHNA, 2021).

Embora possa gerar ganhos de esfera econômica, diversas questões estão sendo discutidas sobre a continuidade da adoção do modelo linear (ESPOSITO; TSE; SOUFANI, 2018). Dentre as questões levantadas, incluem-se a falta de soluções para a redução e a gestão de resíduos, a falta de estratégias que prolonguem a vida útil de produtos e a falta de iniciativas para a redução da emissão de gases poluentes (BOARD et al., 2019). Diante desse contexto, aliado a estimativas de crescimento populacional, argumenta-se que o modelo linear está atingindo seus limites, uma vez que um aumento crescente de produção excede a capacidade de extração de recursos finitos (BONVIU, 2014).

Em busca de estratégias direcionadas ao desenvolvimento sustentável, modelos econômicos já propostos décadas atrás estão sendo amplamente discutidos atualmente. Exemplos incluem a economia verde (PEARCE; MARKANDYA; BARBIER, 1989), a bi-

oeconomia (GEORGESCU-ROEGEN, 1977) e a economia circular (PEARCE; TURNER; TURNER, 1990), que, por diferentes abordagens, buscam oferecer soluções a partir de um sistema econômico que atenda simultaneamente às dimensões ambiental e social (D'AMATO et al., 2017).

Diversos autores atribuem a definição do termo economia circular a Pearce e Turner (PEARCE; TURNER; TURNER, 1990), por sua proposta de um sistema de ciclo fechado e sustentável, com funcionamento similar a um sistema natural, utilizando ecologicamente os resíduos gerados e retornando-os ao sistema econômico (PRIETO-SANDOVAL; GARCÍA; GOENAGA, 2016; BLOMSMA; BRENNAN, 2017; SARIATLI, 2017; BRUEL et al., 2019). A partir de uma discussão sobre o tema, os autores introduzem o termo apresentando a necessidade de que a economia e os ambientes naturais coexistam em equilíbrio. Também discutem os desafios e os *trade-offs* para esse alcance, relatando a necessidade de um sistema econômico que atenda o padrão de vida da sociedade, porém evitando ações que possam ser irreversíveis ao meio ambiente.

Também é possível observar na literatura que o conceito de economia circular é embasado em diversos campos de estudo, tais como ecologia industrial (GRAEDEL, 1996), biomimética (BENYUS, 1997), *design* regenerativo (LYLE, 1996) e *cradle-to-cradle* (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2010). Assim, economia circular é identificada como um conceito “guarda-chuva”, por englobar um conjunto de diferentes campos epistemológicos em sua definição (HOMRICH et al., 2018).

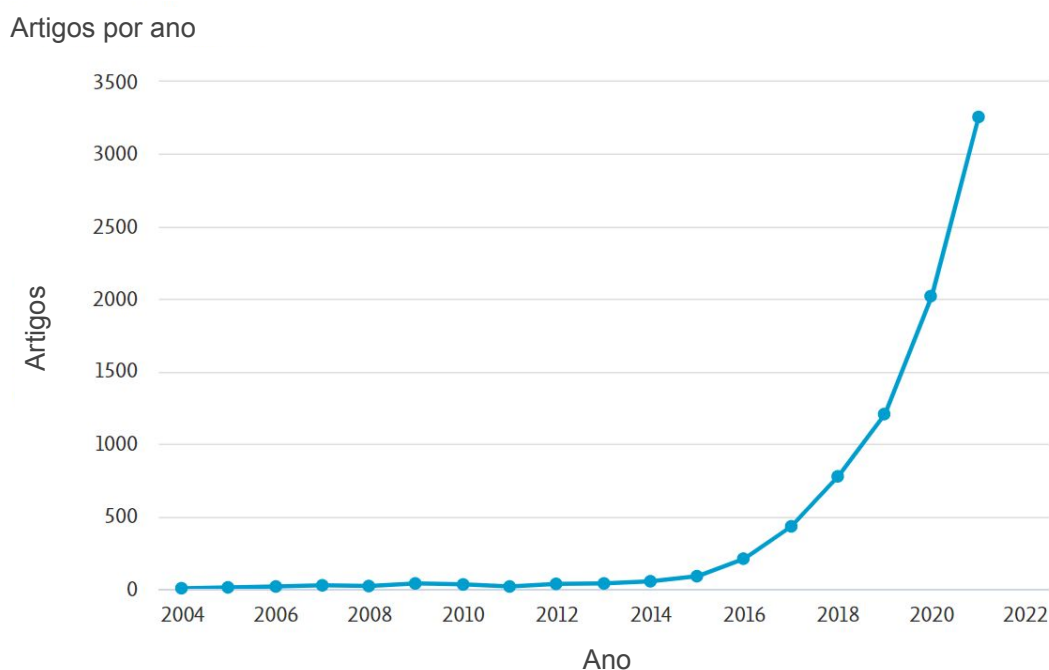
Embora economia circular não seja um tema recente, é possível observar na última década um crescente interesse pelo conceito, sendo considerado uma das estratégias chave para se atingir os objetivos de sustentabilidade (GEISSDOERFER et al., 2017; ESPOSITO; TSE; SOUFANI, 2018). O interesse contínuo por esse tema pode ser observado a partir da análise dos resultados de pesquisa de artigos indexados na base de dados Scopus.

O resultado da busca a partir da palavra-chave em inglês “*circular economy*” re-

sultou em 8.881 artigos. Conforme apresentado na Figura 4, é possível observar que o interesse tem sido crescente desde 2014, sendo registrado anualmente mais de mil artigos sobre esse tema a partir de 2018, com uma quantidade superior a três mil artigos em 2021. Em contrapartida, os termos ‘*bioeconomy*’ e ‘*green economy*’ resultaram em 2.560 e 1.889 artigos, respectivamente.

O crescente aumento de estudos relacionados à economia circular nos últimos anos denota que esse conceito ainda é emergente. A transição para a economia circular enquadra-se no contexto de um sistema complexo e de caráter interdisciplinar, tornando desafiador a compreensão sobre sua dinâmica e de que maneira esse conceito incorpora as dimensões sociais, ambientais e econômicas em suas práticas (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017).

Figura 4: Quantidade anual de artigos sobre economia circular indexados na base de dados Scopus.



Fonte: Autora.

Diversos estudos estão sendo realizados nos últimos anos para identificar barreiras, requisitos, limitações e oportunidades desse conceito (KORHONEN; HONKASALO;

SEPPÄLÄ, 2018; BAUWENS; HEKKERT; KIRCHHERR, 2020; HINA et al., 2022), entretanto, a compreensão sobre economia circular ainda é confusa, havendo tensões e divergências em suas práticas e definições (KALMYKOVA; SADAGOPAN; ROSADO, 2018). Dessa forma, além de haver a necessidade de avanço de estudos referentes à prática de economia circular, também é identificada a necessidade de se avançar em estudos teóricos sobre o tema (SEHNEM et al., 2019).

2.2.2 Definição de economia circular

Desde a proposta de economia circular apresentada por Pearce e Turner (PEARCE; TURNER; TURNER, 1990), debates e estudos são continuamente realizados sobre esse conceito. A partir de uma revisão sistemática da literatura, 114 definições sobre economia circular foram identificadas e analisadas (KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017). Nesse estudo, os autores relatam que uma das definições mais adotadas em outros trabalhos foi a apresentada pela Fundação Ellen MacArthur (EMF, 2012), na qual economia circular é definida da seguinte forma:

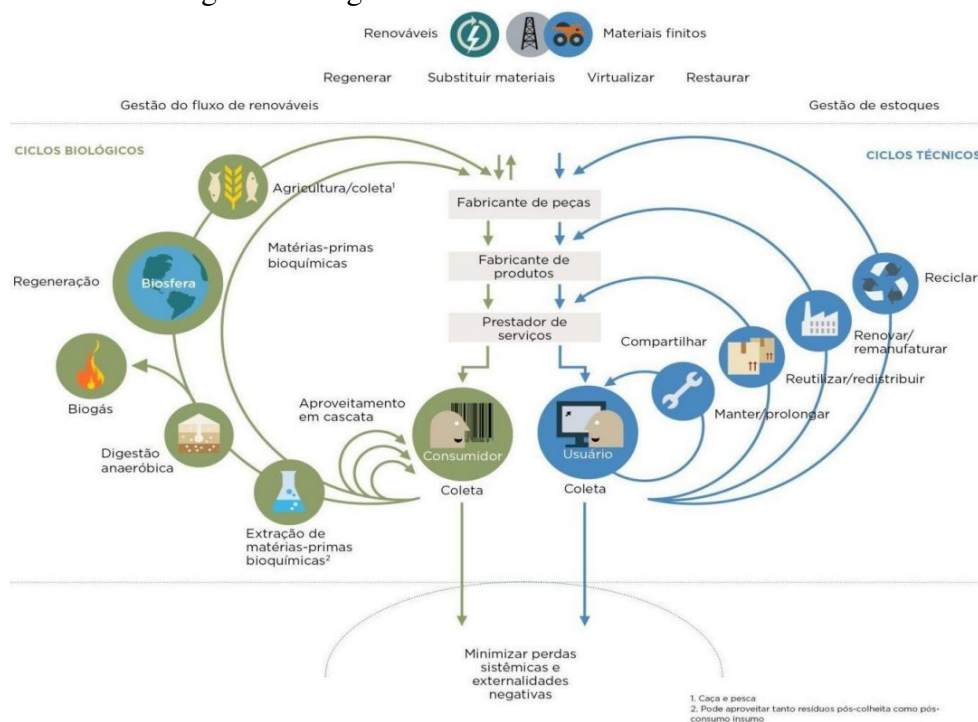
Economia circular é um sistema industrial restaurador ou regenerativo por intenção e *design*. Substitui o conceito de “fim de vida” por restauração, faz uso de energia renovável, elimina o uso de produtos químicos tóxicos, que prejudicam a reutilização, e visa a eliminação de resíduos por meio do *design* superior de materiais, produtos, sistemas, e dentro disso, modelos de negócios (EMF, 2012, p.7).

A partir dessa definição, é possível identificar uma visão do conceito de economia circular com foco na eficiência de recursos naturais, de forma que os produtos sejam projetados para serem posteriormente reutilizados, reduzindo a extração de novas matérias primas para a produção de novos produtos e oferecendo meios para prover a circularidade desses. A definição também destaca a importância do design dos materiais e produtos para se atingir esse objetivo, bem como o desenvolvimento de novos modelos de negócios.

Conforme apresentado na Figura 5, a proposta pode ser compreendida por meio de

um diagrama sistêmico denominado "diagrama borboleta", referente à sua configuração. O diagrama propõe a adoção de ciclos biológicos e técnicos no ciclo de vida dos produtos, baseando-se na proposta do conceito *cradle-to-cradle*, no qual os recursos são regenerados naturalmente pela biosfera ou são reutilizados para a produção de novos produtos, a partir de uma perspectiva técnica (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2010). Essa proposta é ancorada em três princípios. O primeiro refere-se à preservação e ao aprimoramento do capital natural, por meio da gestão de fluxos renováveis e da gestão de estoques que possibilitem regenerar, substituir materiais, virtualizar e restaurar recursos. O segundo princípio refere-se à capacidade de otimizar os processos, possibilitando a circularidade total dos produtos, materiais e dos componentes, tanto no nível técnico quanto no biológico. Insere-se aqui práticas como reutilização, reparação e reciclagem, que possibilitem, a partir de tais práticas, a eliminação de resíduos a zero. Por fim, o terceiro princípio refere-se ao estímulo da efetividade do sistema por meio da identificação e divulgação de externalidades negativas (EMF, 2012).

Figura 5: Diagrama sistêmico de economia circular.



Fonte: Adaptado de (EMF, 2012).

Também é possível identificar, no diagrama, a necessidade de uma visão sistêmica e holística, uma vez que as ações adotadas em cada etapa possuem impacto direto em outras, além da necessidade de interação entre elas, para se alcançar os objetivos de sustentabilidade.

Embora seja amplamente adotada, Kirchherr, Reike e Hekkert argumentam que aspectos adicionais e relevantes para a compreensão do conceito de economia circular não estão incorporados na definição proposta pela Fundação Ellen MacArthur (KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017). Os autores apresentam uma proposta complementar a essa definição, descrevendo o uso de novas estratégias para substituir o fim da vida dos produtos, por meio de modelos de negócios baseados nos princípios conhecidos como “4 Rs”, referentes à redução, reutilização, recuperação e reciclagem. Também estabelecem a definição de níveis hierárquicos referentes às estratégias de economia circular, e por fim, enfatizam a necessidade de que soluções projetadas no contexto de economia circular incorporem as dimensões econômicas, ambientais e sociais em sua proposta (KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017).

Economia circular refere-se a um sistema econômico baseado em modelos de negócio que substituem o conceito de “fim da vida” por redução, alternativamente, reutilizando, reciclando e recuperando materiais em processos de produção/distribuição e consumo. Opera no nível micro (produtos, empresas e consumidores), no nível intermediário (parques eco-industriais) e no nível macro (cidade, região, nação e além), com o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável, criando simultaneamente qualidade ambiental, prosperidade econômica e equidade social, para benefício das gerações atual e futuras (KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017, p.229).

A partir dessa definição, é possível observar que as estratégias de adoção de economia circular são amplas, necessitando de novas formas de pensamento, tanto na produção quanto no consumo, para assim atender os objetivos de sustentabilidade em diferentes níveis hierárquicos.

2.2.3 Características e modelos de negócios da economia circular

É possível observar, a partir das definições apresentadas, que o modelo de economia circular incorpora diferenças expressivas em sua proposta, quando comparado ao modelo linear. Conforme apresentado pela Fundação Ellen MacArthur, esse conceito pode ser identificado a partir dos seguintes princípios: eliminação de resíduos e poluição desde a concepção; capacidade de manter produtos e materiais em uso; e regeneração de sistemas naturais (EMF, 2014). Uma descrição desses princípios é apresentada a seguir, sendo descritos, também, modelos de negócios circulares, que visam promover meios economicamente viáveis e inovadores, com base em estratégias de redução, reuso, recuperação e reciclagem (BOCKEN et al., 2016).

2.2.3.1 Eliminação de resíduos e poluição desde a concepção do produto

A economia circular busca estender o valor em cada estágio do ciclo de vida do produto, incluindo a fase final, aumentando assim a durabilidade desse, bem como possibilitando maior intensividade de seu uso (LIU; RAMAKRISHNA, 2021). Para isso, propõe-se que a durabilidade de um produto seja avaliada desde a fase de concepção. Diante desse cenário, aplica-se a abordagem de *design* para durabilidade ou *design* para longevidade (DISSANAYAKE; WEERASINGHE, 2021), envolvendo estratégias para garantir que o produto, como um vestuário, por exemplo, seja produzido com materiais que prolonguem sua vida útil. Isso inclui a adoção de soluções que conservem os recursos utilizados, além de manter sua função e o valor econômico em circulação (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018).

É importante destacar que o conceito de *design* para durabilidade também envolve a preocupação com o impacto ambiental, por isso o sistema é projetado para reduzir a quantidade de matéria prima utilizada; minimizar a poluição; otimizar o consumo de energia e de água; e não gerar resíduos (EMF, 2014; MODGIL et al., 2021). Busca-se a maximização do uso de energias renováveis e a reconfiguração dos produtos, com

foco na redução de matérias primas e no uso de materiais com maior durabilidade e que sejam, preferencialmente, biodegradáveis. Em adição, visando a criação de impacto positivo social e ambiental, conforme a proposta do conceito de economia circular, deve-se considerar nesse processo que sejam garantidas as condições de trabalho adequadas, gerando o bem-estar aos envolvidos (KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017).

Além do *design* para durabilidade, a literatura também contempla a proposta de *design* para desperdício zero. Nesse contexto, propõe-se um sistema que promove a concepção de um produto sem que haja a geração de resíduos e o uso excedente de materiais, como água e energia (GUPTA et al., 2022).

Por fim, a busca pela eliminação de resíduos e poluição desde a concepção de um produto visa uma abordagem holística para as etapas de criação de um produto, considerando também suas características estéticas e de funcionalidade (CARRICO; KIM, 2014). Também são discutidas as etapas do processo de *design* por meio de outras abordagens, tais como a de *design* para compostagem, *design* para remanufatura, *design* para ciclo biológico e *design* para desmontagem (BOCKEN et al., 2016; REIKE; VERMEULEN; WITJES, 2018; DISSANAYAKE; WEERASINGHE, 2021).

2.2.3.2 Capacidade de manter produtos e materiais em uso

O *design* para durabilidade envolve, também, a criação de modelos de negócio que incluem a manutenção e o reparo dos produtos, possibilitando prolongar o seu uso. Para isso, torna-se importante um avanço no quesito compartilhamento de responsabilidades, para que as empresas possam oferecer serviços adequados na gestão do fim de vida dos produtos (CAI; CHOI, 2019). A partir dessa abordagem, ao invés de repassar a responsabilidade para o consumidor, como ocorre tradicionalmente no modelo linear, os fabricantes e os varejistas da economia circular compartilham a responsabilidade pelo fim de vida do produto, por meio de modelos de negócios baseados em sistema produto-serviço (*Product-Service System - PSS*), no qual a prestação de

serviços é agregada aos produtos oferecidos (LIU; RAMAKRISHNA, 2021). Para esse cenário, identifica-se, também, a necessidade de políticas referentes à Responsabilidade Estendida do Produtor (REP), que visa a imposição de responsabilidade aos produtores em relação aos impactos ambientais causados ao longo do ciclo de vida dos seus produtos (DIDDI; YAN, 2019).

Além das estratégias mencionadas, novos modelos de negócios são, também, identificados como propulsores do prolongamento da durabilidade e longevidade de um produto. Nesse quesito, considerando a indústria têxtil, pode-se mencionar o modelo de negócio baseado na revenda de vestuário, que possibilita que novos clientes continuem utilizando um determinado produto, aumentando seu tempo de vida útil (MACHADO et al., 2019). Também são introduzidos serviços baseados em acesso, no qual o cliente, ao invés de pagar pelo direito de posse, paga para ter acesso ao uso de um produto. Nesse caso, são desenvolvidos serviços, como o aluguel de roupas, baseados em assinatura, no qual o cliente tem a possibilidade de trocar uma peça do vestuário de acordo as regras estipuladas no contrato, além de ter acesso a serviços como reparo e manutenção (DISSANAYAKE; WEERASINGHE, 2021).

2.2.3.3 Regeneração de sistemas naturais

Ao invés de considerar os recursos infinitos, o conceito de economia circular visa a atuação em um ciclo fechado em seu processo produtivo, reduzindo a extração de recursos naturais e evitando a geração de resíduos (BRYDGES, 2021). Nessa abordagem holística e sistêmica, há uma tentativa de integração durante as atividades produtivas, onde o produto resultante de um nível é utilizado como insumo para o nível seguinte, mimetizando os ciclos da natureza e possibilitando a regeneração de sistemas naturais (GUPTA et al., 2019). Nesse cenário, uma das abordagens adotadas é o *design* para reciclagem.

Tendo como base o contexto da indústria têxtil, a proposta de *design* para recicla-

gem tem como objetivo o desenvolvimento de produtos têxteis que possam ser transformados em matérias primas ao final de seu ciclo de vida. Para isso, a concepção deve considerar aspectos que não dificultem ou impossibilitem a reciclagem dos têxteis em novas fibras. Essa estratégia é considerada um desafio no cenário atual, uma vez que os produtos são projetados tradicionalmente com base no modelo linear, não considerando a logística reversa, que possibilite recuperar e reciclar produtos (SANDVIK; STUBBS, 2019). Nessa abordagem, a indústria têxtil enfrenta desafios como: a dificuldade de separação de fibras, uma vez que os tecidos normalmente são constituídos por multifibras, como poliéster e algodão; a dificuldade em remover os produtos químicos e corantes das fibras, tornando-as reutilizáveis; a dificuldade em desmontar os artigos têxteis, removendo acessórios como botões e zíperes; e o desafio em escalar o serviço de reciclagem, havendo a necessidade de novas soluções tecnológicas para se avançar nessa estratégia (DISSANAYAKE; WEERASINGHE, 2021).

Diante dos cenários apresentados, é possível identificar a necessidade de movimentos em diversos aspectos na transição para a economia circular. O compartilhamento de responsabilidade do consumidor no gerenciamento das operações no fim do ciclo de vida do produto é visto como uma abordagem necessária, para que assim possam ser desenvolvidos meios para que os produtos voltem a ser reutilizados (SANDVIK; STUBBS, 2019).

Para que os modelos de negócios circulares possam escalar e oferecer valor por meio das abordagens apresentadas, é necessária a criação de políticas que incentivem ações como: extensão de durabilidade e prolongamento do uso de um produto; uso de materiais biodegradáveis; emprego de recursos naturais adequados; e, de reciclagem dos produtos (DISSANAYAKE; WEERASINGHE, 2021). Também é identificado que a educação e a conscientização dos consumidores são de suma importância para se avançar na transição, uma vez que esses são os direcionadores dos modelos de negócio de uma empresa e que precisam contribuir com suas ações para que a circularidade dos

produtos ocorra de forma adequada (BOCKEN; HARSCH; WEISSBROD, 2022).

A partir do contexto de ciclo fechado, uma outra perspectiva baseia-se na filosofia dos 10 R's, que está relacionada às seguintes estratégias: recusar, repensar, reduzir, reutilizar, reparar, reformar, remanufaturar, reaproveitar, reciclar e recuperar (POTTING et al., 2017; MODGIL et al., 2021; MORSELETTA, 2020). Conforme descrito na Tabela 2, essas estratégias podem ser organizadas em três grupos: i) aplicação útil de materiais; ii) extensão da vida útil dos produtos e suas partes; e iii) fabricação e uso mais inteligentes do produto. É possível observar que essa proposta se alinha aos princípios apresentados pela Fundação Ellen MacArthur, incorporando novas propostas, além dos 4 R's, previamente apresentados.

Tabela 2: Estratégias da economia circular

Grupo	Categoria	Significado
Uso e fabricação inteligentes do produto	R0 - Recusar	Reutilizar o produto abandonando sua função ou oferecendo a mesma função com um produto radicalmente diferente, prolongando o uso dos materiais.
	R1 - Repensar	Tornar o uso do produto mais intensivo (e.g., compartilhando produtos ou colocando produtos multifuncionais no mercado).
	R2 - Reduzir	Aumentar a eficiência na fabricação ou uso do produto consumindo menos recursos naturais.
Prolongar a vida útil do produto e suas peças	R3 - Reutilizar	Reutilizar produto descartado que ainda está em boas condições e cumpre sua função original.
	R4 - Reparar	Reparar e fazer manutenção de produto com defeito para que possa ser usado com sua função original.
	R5 - Reformar	Restaurar um produto antigo e atualizá-lo.
	R6 - Remanufaturar	Usar partes do produto descartado em um novo produto com a mesma função.
	R7 - Reaproveitar	Usar produtos descartados ou suas partes em um novo produto com uma função diferente.
Aplicações úteis de materiais	R8 - Reciclar	Processar materiais para obter a mesma qualidade (maior ou menor grau).
	R9 - Recuperar	Incinerar material com recuperação de energia.

Fonte: Adaptado de (POTTING et al., 2017).

A partir das informações apresentadas, observa-se que a economia circular engloba soluções visando “desacelerar o ciclo de produção”, permitindo reduzir a quantidade de novos produtos sendo produzidos. Alinhado a esse objetivo, também visa soluções que possibilitem “fechar o ciclo de produção”, de forma que, ao invés de uma abordagem baseada na extração contínua de novos recursos e na geração de resíduos, o que era para se tornar resíduo passa a ser utilizado em diferentes etapas da cadeia produtiva (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018).

Também é possível observar que, embora a reciclagem e a recuperação sejam práticas sugeridas na economia circular, elas são as últimas desejadas, uma vez que a atuação dessas envolve uma complexidade maior do processo de reaproveitamento de materiais, além de exigir maior consumo de recursos e de energia, quando comparadas com as práticas anteriores (POTTING et al., 2017). Dessa forma, as práticas referentes ao uso e fabricação inteligente do produto, como por exemplo a partir da redução de consumo de matérias-primas, e ao prolongamento da vida útil do produto, como por exemplo pela reutilização do produto por outro consumidor, devem ser priorizadas (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018).

Por fim, uma das propostas apresentadas na literatura para guiar empresas na transição para a economia circular, contendo orientações sobre modelos de negócios circulares é o *framework* ReSOLVE, proposto pela Fundação Ellen MacArthur (EMF, 2015). Conforme apresentado na Tabela 3, o *framework* é composto de seis estratégias de desenvolvimento de modelos de negócios, referentes a: regenerar (*regenerate*), compartilhar (*share*), otimizar (*optimize*), criar ciclos (*loop*), virtualizar (*virtualize*) e trocar (*exchange*). Percebe-se uma consonância das estratégias apresentadas com os 10 R's, adicionando também soluções voltadas à virtualização, que, por meio da transformação digital, possibilitam a redução na produção de produtos físicos, podendo, assim, reduzir a extração de matéria-prima e a geração de resíduos oriundos dessa produção.

Tabela 3: Estratégias do Framework ReSOLVE.

Estratégia	Descrição
Regenerar (<i>Regenerate</i>)	Refere-se a estratégias que visam a adoção de energia e materiais renováveis. Também incorpora meios que possibilitam a retenção e a regeneração da saúde da biosfera. Tem-se, como exemplo, o processo de compostagem.
Compartilhar (<i>Share</i>)	Refere-se a modelos de negócios voltados à economia compartilhada e a estratégias que possibilitam prolongar o uso dos produtos. Tem-se, como exemplo, o serviço de compartilhamento de carros, bibliotecas e serviços de aluguel de roupas.
Otimizar (<i>Optimize</i>)	Visa a adoção de tecnologias que promovam maior desempenho das organizações nas estratégias circulares, possibilitando, por exemplo, aumentar a eficiência de produtos e reduzir a geração de resíduos.
Criar ciclos (<i>Loop</i>)	Refere-se a estratégias que possibilitam eliminar a geração de resíduos e convertê-los em recursos, por meio de ciclos técnicos e biológicos. Exemplos incluem a reciclagem e a remanufatura de produtos.
Virtualizar (<i>Virtualize</i>)	Propõe estratégias voltadas à troca de produtos físicos por produtos virtuais e pela prestação de serviços, evitando assim a extração de recursos e geração de resíduos. Como exemplo, tem-se o serviço de streaming de músicas, evitando a produção de mídias físicas.
Trocar (<i>Exchange</i>)	Visa estratégias que possibilitam a troca de itens antigos e não renováveis por novos itens, baseados em tecnologias avançadas e materiais renováveis. Exemplos incluem a fabricação de peças a partir da impressão 3D.

Fonte: Adaptado de (EMF, 2015)

2.2.4 Economia circular e sustentabilidade

A economia circular é considerada por diversos estudos uma abordagem viável para se alcançar o desenvolvimento sustentável, mas há estudos que apresentam críticas sobre a economia circular para esse fim (GEISSDOERFER et al., 2017; KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018). Uma das principais críticas refere-se ao fato de que, embora sua proposta incorpore a dimensão econômica, ambiental e social, é observado uma maior concentração de estudos e soluções propostas considerando somente a dimensão ambiental e econômica, sem avaliar questões referentes ao âmbito social (GEISSDOERFER et al., 2017; KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017). Há o argumento de que a sustentabilidade só pode realmente ser alcançada em sua totalidade na economia cir-

cular caso haja um equilíbrio entre as três dimensões (MIES; GOLD, 2021).

Além disso, há um debate de que a circularidade não leva necessariamente à sustentabilidade (LIU; RAMAKRISHNA, 2021), de forma que a transição de um modelo linear para um modelo circular pode apresentar desafios para esse alcance. Por exemplo, o uso de tecnologia verde não é suficiente para fornecer abordagens sustentáveis eficazes, uma vez que tal uso pode resultar em redução do custo de produção, o que pode resultar em preços mais baixos, e, eventualmente, gerar maior demanda do mercado e aumento da produção (SAHA; DEY; PAPAGIANNAKI, 2021). Por esse motivo, é enfatizada a necessidade de uma visão holística nesse conceito, para que uma ação sustentável numa dimensão não gere impactos negativos em outras dimensões (KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017).

A partir de uma análise crítica da adoção de economia circular na Europa, Kovacic, Zora e Strand argumentam que a total circularidade proposta no conceito de economia circular é inviável, uma vez que os recursos naturais, uma vez utilizados, perdem parte de sua capacidade regenerativa, não podendo assim ter um comportamento similar a de um ciclo biológico, desafiando as leis da termodinâmica (KOVACIC; STRAND; VÖLKER, 2019). Entretanto, mesmo que não se alcance a total circularidade, os autores destacam que a economia circular pode oferecer mudanças positivas significativas. Como exemplo, pode-se citar a gestão de resíduos ao gerar uma mudança cultural nas empresas e na sociedade, estimulando-os em práticas de consumo consciente, no prolongamento do uso de um produto e no destino adequado aos resíduos.

A partir de uma outra perspectiva, Korhonen, Honkasalo e Seppälä apresentam um estudo sobre os desafios e as limitações da economia circular para contribuir com o desenvolvimento sustentável. Concluem que, dado o desafio de se avaliar tal contribuição a partir de um cenário global, cada projeto ou processo de economia circular deve ser avaliado de forma individual, para se obter uma compreensão adequada da viabilidade e dos impactos causados por esse (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018).

2.3 Indústria têxtil

Após a contextualização de big data e economia circular, nessa seção são apresentados fundamentos referentes à indústria têxtil, descrevendo o contexto dessa indústria e os impactos sociais e ambientais causados por essa.

2.3.1 Contexto da indústria têxtil

A indústria têxtil é considerada uma das indústrias de substancial potencial econômico, desempenhando um papel relevante no setor manufatureiro. No que tange à confecção de vestuário, ela se insere nos grupos básicos de bens de consumo, ao lado dos alimentos, dado que as roupas são usadas pelas pessoas durante toda a nossa vida, do nascimento à morte (KOSZEWSKA, 2019).

O comércio global desta indústria foi avaliado em U\$ 807 bilhões em 2019 (SAHA; DEY; PAPAGIANNAKI, 2021), representando cerca de 2% do produto interno bruto (PIB) mundial (THORISDOTTIR; JOHANNSDOTTIR, 2019). É também responsável pela criação de mais de 75 milhões de colaboradores em todo o mundo, considerando toda a cadeia produtiva (SAHA; DEY; PAPAGIANNAKI, 2021). Embora tenha atuação em nível global, países como China, Índia e Bangladesh concentram a maioria desses colaboradores, havendo a prevalência de mulheres na força de trabalho (CERCHIA; PICCOLO, 2019; SAHA; DEY; PAPAGIANNAKI, 2021). Atualmente, a China é considerada a líder na indústria, sendo responsável pelo fornecimento de aproximadamente um quarto da indústria global (UDDIN, 2019; ATKAR et al., 2021).

Embora tenha passado por uma revolução nos últimos anos com o apoio dos avanços tecnológicos, ainda predominam-se atividades intensivas em mão de obra na produção de fios, tecidos e confecções na indústria têxtil. A partir dessas atividades, a indústria têxtil fornece o principal insumo para a indústria do vestuário, havendo assim uma ligação direta entre as duas indústrias (NORDÅS, 2004).

A cadeia produtiva da indústria têxtil também caracteriza-se pela necessidade de um número elevado de fornecedores e parceiros no processo operacional. Por exemplo, uma única jaqueta pode conter mais de 100 operações, considerando desde a etapa de extração de matéria-prima até a embalagem e distribuição (BRUN; KARAOSMAN; BARRESI, 2020). Como resultado dessa fragmentação, há a existência de múltiplos fornecedores e a terceirização de trabalhadores, atuando em diferentes níveis do processo produtivo, o que torna dinâmica e desafiadora a gestão de toda a cadeia.

A indústria têxtil também tem enfrentado desafios decorrentes da competição global e da customização em massa, gerando entraves para atender à volatilidade de demanda e responder às mudanças no ambiente de negócios. Por atuar em escala global, a logística para movimentação de matérias-primas e produtos acabados nessa indústria é complexa e geograficamente dispersa (KOSZEWSKA, 2018).

A fabricação de um vestuário tem maior concentração em países em desenvolvimento, sendo esses vestuários exportados para países desenvolvidos para serem comercializadas por empresas de varejo. Segundo Ernst, Ferrer e Zult, esse cenário intensificou-se após o desmantelamento em dezembro de 2004 do Acordo Multifibras (*Multi-Fibre Arrangement* - MFA), responsável por reger o comércio mundial de têxteis, definindo e impondo limites às cotas de importação entre países em desenvolvimento e países desenvolvidos (ERNST; FERRER; ZULT, 2005). Como resultado desta abolição, a distribuição geográfica da produção nesta indústria foi intensificada, tornando-a mais competitiva em termos de preço e qualidade e possibilitando que proprietários de marcas multinacionais de moda e varejistas ocupassem uma posição dominante na cadeia produtiva (ATKAR et al., 2021).

2.3.2 Os Vs da indústria têxtil

Diversos estudos estão sendo realizados nos últimos anos, investigando impactos ambientais e sociais causados pela indústria têxtil. Nessa seção, é apresentada uma

descrição das características da indústria em relação a tais desafios. Para essa compreensão, os desafios são apresentados a partir da perspectiva dos mesmos Vs utilizados na definição inicial de big data: volume, variedade e velocidade. Essa abordagem tem como objetivo aproximar os temas big data e sustentabilidade, além de auxiliar na compreensão dos principais desafios da indústria, por meio de um conjunto de dimensões (MARQUESONE; CARVALHO, 2022).

2.3.2.1 Volume

A partir da dimensão **volume** no contexto de sustentabilidade na indústria têxtil, é possível identificar um conjunto de desafios existentes nesta indústria, decorrentes da produção e uso excessivo de recursos naturais. A partir da revisão da literatura, os seguintes fatores foram identificados:

- O grande volume de roupas produzidas.
- O grande volume de matérias-primas extraídas.
- O grande volume de gases poluentes emitidos.
- O grande volume de água utilizada.
- O grande volume de resíduo gerado.

O primeiro fator expressa o cenário atual da indústria têxtil com um volume crescente de roupas produzidas. O número de roupas produzidas dobrou desde 2000, ultrapassando 100 bilhões de roupas pela primeira vez em 2014 (REMY; SPEELMAN; SWARTZ, 2016). Para esta produção, estima-se que foram utilizadas aproximadamente 111 milhões de toneladas de fibras em 2019, um crescimento de 50% em relação a 2008 (MATLIN et al., 2020). Entre os fatores identificados para esse aumento está a adoção do conceito *fast fashion*, definido como um modelo de negócios com foco em atender as últimas tendências da moda, aliado à uma resposta ágil à demanda do

consumidor, com preços razoáveis (SU; CHANG, 2017). Tal modelo encurtou o tempo e o custo de produção das roupas, permitindo a introdução frequente de novas coleções (KOSZEWSKA, 2018). Além disso, há estudos indicando que o aumento foi decorrente da maior competitividade da indústria (AHMAD et al., 2020), uma vez que, dado o curto ciclo de vida dos produtos, as empresas enfrentam dificuldades em prever a demanda por uma nova coleção e assim optam por gerar uma quantidade excessiva de estoque, para atender as demandas no prazo e na quantidade desejada.

O volume sem precedentes de roupas produzidas resulta em consequências ambientais alarmantes. Um exemplo é o segundo fator, referente ao grande volume de matéria-prima extraída para a fabricação de roupas. A indústria têxtil usa recursos naturais (por exemplo, algodão e linho) e sintéticos (por exemplo, poliéster, propileno e náilon) para a produção de roupas, e ambos geram desafios ambientais críticos (CHEN et al., 2021b). No que se refere à extração de recursos naturais, o modelo linear adotado resulta em fatores como degradação do solo, alto consumo de água para o cultivo e tratamento da fibra, além da perda de biodiversidade. Em relação ao uso de materiais sintéticos, o principal desafio é o fato de esses materiais serem majoritariamente de origem fóssil, como o poliéster, resultando no acúmulo de microplásticos que são despejados diariamente nos oceanos, poluindo os mares, além de não serem biodegradáveis, podendo levar de 20 a 200 anos para se decompor (CHEN et al., 2021b).

O terceiro fator identificado também apresenta desafios alarmantes. A indústria têxtil é considerada a segunda maior poluente do mundo (SAHA; DEY; PAPAGIANNAKI, 2021; MUNGCHAROEN; VARABUNTOONVIT; POOLSAWAD, 2021), sendo responsável por aproximadamente 1,2 bilhão de toneladas de emissões de gases de efeito estufa (CHEN et al., 2021b), decorrentes de atividades como a produção de fibras, de tecidos e a distribuição dos produtos. O quarto fator, por sua vez, refere-se ao crescente volume de água utilizado nas fases de produção de fibras, confecção de roupas, tingimento e lavagem durante seu uso pelos consumidores. Estima-se que 93 bilhões

de metros cúbicos sejam consumidos anualmente pela indústria têxtil (ÜTEBAY; ÇELIK; ÇAY, 2020). O algodão, uma das principais matérias-primas utilizadas, é uma das que mais utiliza água em sua produção (KABIR et al., 2019), sendo estimado a utilização de aproximadamente 2.700 litros de água na produção de uma única camiseta.

Por fim, o último fator refere-se ao crescente volume de resíduos têxteis descartados em aterros ou sendo incinerados, gerando severos impactos ambientais ao meio ambiente (DIDDI; YAN, 2019). Estima-se que 92 milhões de toneladas de resíduos têxteis sejam gerados anualmente, com 134 milhões de toneladas por ano esperados até 2030 (LI; LEONAS, 2021; CHEN et al., 2021b). Esse volume substancial de roupas incineradas ou aterradas não só resulta em impactos ambientais, devido à emissão de gases poluentes, deterioração do solo e poluição marinha, mas também representa perda econômica, uma vez que os materiais das roupas poderiam ser reaproveitados para o desenvolvimento de novas fibras, vestuário ou mesmo outros materiais.

2.3.2.2 Variedade

Em relação à dimensão **variedade** no contexto dos desafios da sustentabilidade na indústria têxtil, os seguintes fatores foram identificados:

- A grande variedade de *stakeholders*, etapas e materiais envolvidos ao longo da cadeia produtiva.
- A grande variedade de informações desconhecidas e ocultas sobre o processo produtivo e o impacto ambiental causado.
- A grande variedade de condições inadequadas de trabalho na indústria.
- A grande variedade de componentes químicos utilizados na produção.

O primeiro fator é uma das características intrínsecas da indústria têxtil. A cadeia produtiva da indústria têxtil é considerada fragmentada, multifacetada e complexa,

por abranger desde a etapa de produção da matéria-prima até a venda do vestuário, havendo nesse contexto um conjunto vasto de procedimentos (MA; LEE; GOERLITZ, 2016). Por exemplo, a manufatura de um item têxtil pode envolver uma série de etapas, tais como fiação, tecelagem, tingimento, estamparia, acabamento, colagem, secagem, lavagem, branqueamento, corte e costura (UDDIN, 2019). Por esse motivo, ao longo da cadeia produtiva, há diversos stakeholders envolvidos, sendo esses responsáveis por uma atividade específica no ciclo produtivo.

Conforme apresentado por Freeman, *stakeholder*, ou parte interessada, pode ser definida como qualquer grupo ou indivíduo que pode afetar ou ser afetado pelas realizações do propósito de uma organização (FREEMAN, 1984). Assim, a ampla variedade de *stakeholders* envolvidos na indústria têxtil torna desafiador o objetivo de se alcançar uma indústria têxtil sustentável, uma vez que os materiais utilizados, bem como os processos envolvidos em cada etapa possuem impacto direto no desenvolvimento sustentável (GUPTA et al., 2022).

Em complemento ao cenário exposto, o segundo fator está relacionado à variedade de informações desconhecidas e ocultas da indústria têxtil. Dada a complexidade da indústria, os dados necessários para se avaliar o impacto ambiental e social causado tornam-se por vezes obscuros, não sendo divulgados aos consumidores e, muitas vezes, nem mesmo identificados pelas empresas (THORISDOTTIR; JOHANNSDOTTIR, 2019). As características da cadeia produtiva da indústria têxtil, aliadas a fatores como vantagem competitiva e estratégias de *marketing*, culminam na falta de transparência e de rastreabilidade do ciclo de vida de um vestuário (AGRAWAL et al., 2021).

O terceiro fator identificado representa, também, um desafio alarmante para a indústria têxtil. Apesar do potencial econômico e do número de empregos diretos e indiretos gerados pelo setor, identificam-se questões sociais que precisam ser avaliadas e corrigidas (SAHA; DEY; PAPAGIANNAKI, 2021). Apoiados por fatores como falta de transparência e falta de legislação mais rígida, produtores de fibras, fornecedores

e fabricantes de roupas relatam más condições em seus locais de trabalho (NORDÅS, 2004). Esse cenário ocorre, principalmente, em países em desenvolvimento, como Bangladesh, em que a indústria têxtil é predominante no país. Nesses países, a maioria do grupo de trabalhadores são mulheres, que trabalham em fábricas com condições precárias de instalações e sem garantias de respeito aos seus direitos trabalhistas, além de receberem baixos salários (HUQ; STEVENSON; ZORZINI, 2014).

Por fim, o último fator identificado refere-se à variedade de produtos químicos utilizados na fabricação e no processamento das roupas. Conforme demonstrado no atributo volume, além do elevado volume de água consumido no ciclo de produção de uma peça de roupa, há também a preocupação com a poluição da água durante esse processo (GUPTA et al., 2022). Por exemplo, no processo de tingimento tradicional, é utilizada uma ampla variedade de produtos químicos, que acabam sendo transferidos para a água, poluindo e causando impactos à saúde e ao meio ambiente (KOSZEWSKA, 2018). Estima-se que aproximadamente 20% de toda a poluição industrial da água seja oriunda da indústria têxtil (SAHA; DEY; PAPAGIANNAKI, 2021). Por fim, outro impacto decorrente dessa variedade é a dificuldade na reciclagem das fibras, por terem suas estruturas alteradas pelos processos químicos.

2.3.2.3 Velocidade

Considerando a dimensão **velocidade**, os seguintes fatores foram identificados:

- Grande velocidade de produção de roupas.
- Grande velocidade de consumo das roupas.
- Grande velocidade de descarte das roupas.

Conforme discutido anteriormente, um dos fatores relacionados ao aumento expressivo da produção de roupas é a redução dos prazos entre as coleções. Algumas

marcas produzem atualmente novas coleções a cada quatro semanas, gerando obsolescência percebida, incentivando os consumidores a comprarem peças novas e descartarem as antigas (JIN et al., 2012; SAHA; DEY; PAPAGIANNAKI, 2021). Aliado a esse cenário, o volume crescente de roupas gerou o segundo fator apresentado, referente à quantidade de roupas descartadas em aterros ou incineradas. Estima-se que US\$3 bilhões em roupas e têxteis são depositados em aterros todos os anos, causando impactos prejudiciais à Terra, gerando também o desperdício de recursos valiosos (SAHA; DEY; PAPAGIANNAKI, 2021).

Diddi e Yan relatam que nos últimos anos os consumidores vêm perdendo o apego emocional com as roupas, o que favorece o fato de trocarem frequentemente de roupa por novas (DIDDI; YAN, 2019). Também argumentam que as roupas estão sendo descartadas atualmente pelo fato que novas gerações não possuem conhecimento e interesse no serviço de reparo de roupas. Como resultado, há baixa conscientização do consumidor, além da falta de mercado e serviços para o reparo e conserto de suas roupas.

Por fim, diretamente relacionado ao fator anterior, está a rapidez com que as roupas estão sendo descartadas. Estima-se que as pessoas estão utilizando 50% a menos suas roupas, quando comparado a duas décadas atrás (KOSZEWSKA, 2019). Somado a esse fator, identifica-se o descarte de roupas em aterros sanitários em um ritmo acelerado (SAHA; DEY; PAPAGIANNAKI, 2021). Conforme apresentado, um dos fatores observados na literatura é a necessidade de dividir a responsabilidade entre o consumidor e o vendedor de roupas após a venda da roupa, até o fim de sua vida útil (HVASS; PEDERSEN, 2019). No momento, a responsabilidade é passada do vendedor para o consumidor no ato da venda, de modo que a empresa fica isenta da necessidade de fornecer mecanismos e serviços adequados ao consumidor ao final do ciclo de vida (DIDDI; YAN, 2019). Outro desafio observado está relacionado ao processo de triagem e separação das fibras, pois atualmente é comum a fabricação de tecidos mistos, compostos por duas ou mais tipos de fibras. No entanto, a maioria das empresas de reciclagem atual-

mente não possui tecnologia adequada para automatizar os processos de separação de tipos de fibras e, assim, escalar esses processos (FILHO et al., 2019).

2.4 Considerações do capítulo

A contextualização dos principais temas de estudo feita nesse capítulo compõe a base do trabalho de pesquisa desta tese. A partir de uma revisão sobre os conceitos e o *status* das tecnologias de big data, da economia circular e da indústria têxtil, foi possível identificar conceitos, abordagens, desafios e oportunidades existentes, bem como identificar direcionamentos para uma compreensão da interseção entre os temas.

Conforme apresentado nesse capítulo, observa-se que o crescimento populacional, somado aos hábitos de consumo e à adoção do modelo linear de produção na indústria têxtil trouxe a necessidade de novas abordagens, capazes de equilibrar o crescimento econômico com a proteção ambiental e o bem estar social. Nesse contexto, a economia circular está sendo considerada uma alternativa viável para se alcançar os pilares de desenvolvimento sustentável, com propostas que visam solucionar os problemas identificados no modelo de produção linear, como a extração incessante de matérias-primas virgens, os danos ambientais causados ao longo da cadeia produtiva e a geração de resíduos têxteis. Entretanto, apesar de promissora, a transição para a economia circular é considerada complexa, exigindo esforços em níveis micro, meso e macro, a partir da atuação conjunta entre produtores, varejistas, consumidores e governantes. Diante das incertezas e necessidades de maior compreensão sobre as estratégias e modelos de negócios que possam contribuir para o desenvolvimento sustentável, big data é identificado como uma abordagem chave para auxiliar no processo de transição para a economia circular e assim prover harmonia entre a prosperidade econômica, ambiental e social (GUPTA et al., 2019).

A quantidade de dados gerados atualmente, a partir de entradas humanas e de má-

quinas, está mudando a forma como as organizações lidam com os dados em seus negócios (SAWADOGO; DARMONT, 2021). Além do volume, big data também oferece a capacidade de extrair dados úteis e significativos da integração de fontes de dados internas e externas. A partir de técnicas e tecnologias que possibilitam a análise de dados de larga escala e de fontes variadas, as tecnologias de big data podem ampliar a capacidade de percepção da empresa de sua estratégia de negócios, bem como identificar padrões ocultos que podem ser utilizados no processo de tomada de decisão, oferecendo maior vantagem competitiva e redução de riscos.

Dessa forma, identifica-se que essa capacidade pode ser utilizada como apoio na transição para a economia circular. Por exemplo, conforme declarado pela Fundação Ellen MacArthur, os fabricantes geralmente não conhecem todos os materiais utilizados para fabricar seus produtos. Essa falta de compreensão pode impedir uma melhor prática em direção à sustentabilidade, uma vez que não há a habilidade para se identificar questões como o reaproveitamento de materiais, a seleção desses e o impacto ambiental de seu uso (EMF, 2014). A compreensão a partir da captura, integração e análise de dados sobre os materiais utilizados pode permitir identificar meios para obter-se maior eficiência dos materiais, bem como estratégias que possibilitem avaliar as melhores práticas a serem adotadas ao longo do ciclo de vida do produto, inclusive ao final de sua vida.

Dessa forma, a partir da contextualização apresentada, observa-se que a economia circular é considerada um instrumento para que a indústria têxtil atue com foco no desenvolvimento sustentável. Para isso, as tecnologias de big data são identificadas como habilitadoras da economia circular, provendo meios para que as práticas adotadas sejam apoiadas por uma estratégia orientada a dados.

Com foco em consolidar o conhecimento obtido a partir dessa primeira etapa do estudo, na Tabela 4 é apresentado um resumo referente aos tópicos abordados, ressaltando as características oriundas do conceito de big data, as questões de sustentabili-

dade enfrentadas pela indústria têxtil e as práticas existentes no contexto de economia circular, que podem contribuir para a resolução dessas questões. Cada fator é apresentado a partir do volume, da variedade e da velocidade, sendo essas as dimensões utilizadas como base desse estudo.

Tabela 4: Big data, indústria têxtil e economia circular.

Dimensão	Características
Volume	Big data - Refere-se ao volume sem precedentes de dados, possibilitando obter melhor percepção e apoio no processo de tomada de decisão a partir de seu uso. - Contempla dados de ordem de megabytes, gigabytes, terabytes e petabytes.
	Indústria têxtil - Volume de roupas produzidas. - Volume de recursos utilizados. - Volume de água e energia utilizada. - Volume de gases poluentes gerados. - Volume de roupas descartadas.
	Economia circular - Visa prolongar a vida útil dos produtos, reduzindo a extração de novos recursos. - Visa um modelo de produção e consumo que não gere impacto negativo ao meio ambiente.
Variedade	Big data - Refere-se à variedade de dados gerados, a partir de uma variedade de fontes e formatos, sendo os dados não estruturados aqueles de maior volume. - Contempla dados estruturados e não estruturados.
	Indústria têxtil - Variedade de <i>stakeholders</i> , materiais e etapas da cadeia produtiva. - Variedade de informações ocultas. - Variedade de produtos químicos utilizados. - Variedade de condições inadequadas de trabalho.
	Economia circular - Visa a transparência no ciclo de produção de um produto. - Visa a colaboração entre os <i>stakeholders</i> de forma que todos os elos da cadeia sejam beneficiados. - Visa a inclusão das dimensões econômicas e sociais na formulação estratégia dos modelos de negócios.

Continuação da Tabela 4

Velocidade	Big Data - Refere-se à velocidade com que os dados são gerados e analisados, por meio de estratégias de seu processamento em tempo real. - Possibilidade de processamento de dados em lote e em tempo real.
	Indústria têxtil - Velocidade de produção. - Velocidade de consumo. - Velocidade de descarte.
	Economia circular - Visa a proposta de modelos de negócios que possibilitem prolongar a vida útil de um produto. - Visa o desperdício zero, de forma que os produtos são projetados para que as saídas desses possam ser reaproveitadas.

Fonte: Autora.

Para complementar a compreensão dos contextos apresentados, no capítulo seguinte é apresentada uma revisão sistemática da literatura referente à adoção de big data na indústria têxtil, com foco na transição para a economia circular. Os conhecimentos adquiridos nessa revisão são integrados e analisados para a definição do modelo proposto.

3 BIG DATA APLICADO À ECONOMIA CIRCULAR - REVISÃO SISTEMÁTICA

Este capítulo compreende as percepções obtidas a partir de uma revisão sistemática da literatura sobre a aplicabilidade de big data com foco na transição para a economia circular. Este estudo tem como objetivo identificar o estado da arte desse contexto, obtendo uma visão referente a oportunidades, necessidades e barreiras existentes no relacionamento entre big data e economia circular.

O capítulo inicia-se na Seção 3.1, contendo uma descrição do protocolo aplicado no processo de revisão sistemática da literatura e os resultados referentes a cada etapa. Na Seção 3.2 é apresentada uma discussão sobre os benefícios identificados na literatura referentes à adoção de big data na economia circular. A Seção 3.3 contempla um levantamento referente às demandas e às barreiras existentes para se alcançar os benefícios identificados. A partir desse contexto, a Seção 3.4 apresenta uma discussão sobre a adoção de big data para a economia circular no contexto da indústria têxtil, identificando os desafios inerentes à essa indústria. Por fim, na Seção 3.5 são apresentadas as considerações do capítulo.

3.1 Descrição do método

Um dos benefícios da adoção da revisão sistemática da literatura é a possibilidade de reduzir o viés normalmente existente em revisões não sistemáticas (BOOTH et al., 2021). Essa metodologia visa prover transparência às fases do processo de revisão,

bem como às descobertas de estudos sobre um determinado tema ou questão de pesquisa (JESSON; MATHESON; LACEY, 2011). Dessa forma, nesse trabalho foi utilizada a revisão sistemática da literatura com o propósito de investigar o estado da arte em relação à adoção de big data como apoio à transição para a economia circular.

Para a execução da revisão sistemática da literatura, foi estabelecido um protocolo de acordo com as práticas recomendadas (SAMPAIO; MANCINI, 2007), que compreendeu as seguintes etapas:

1. Elaboração da questão de pesquisa;
2. Seleção de bases para busca de artigos;
3. Estratégia de busca de artigos;
4. Critério de inclusão e de exclusão de artigos;
5. Seleção de artigos;
6. Síntese dos resultados.

Na primeira etapa do protocolo, foram estabelecidas as questões de pesquisa, com foco em guiar as etapas seguintes e possibilitar a análise do estado da arte do tema de interesse. Para essa etapa, as seguintes questões de pesquisa foram estabelecidas:

P1. Quais benefícios big data pode oferecer na transição para a economia circular?

P2. Quais são as demandas para o uso de big data no contexto de economia circular?

P3. Quais são as barreiras existentes para a adoção de big data no contexto de economia circular?

A partir dessas questões, busca-se obter um levantamento da literatura que auxilie na resolução da questão principal de pesquisa apresentada no Capítulo 1, referente

à identificação dos requisitos e dos benefícios para a implementação de big data na economia circular, considerando a indústria têxtil.

Na segunda etapa da revisão, foram determinadas as bases *on-line* a serem utilizadas para a busca dos artigos. Nessa revisão, foram realizadas as consultas nas bases de dados *on-line* Scopus e Web of Science, devido à amplitude de trabalhos disponibilizados em ambas. Nessa busca, todas as áreas e limites temporais foram mantidos, filtrando-se apenas os artigos publicados na língua inglesa.

Na terceira etapa, a estratégia para a busca de artigos foi definida por meio da combinação das palavras-chaves big data e *circular economy*. O uso de palavras-chaves de áreas correlatas também foi adotado com o objetivo de ampliar os resultados obtidos, uma vez que determinados artigos de áreas correlatas também podem estar relacionados ao tema da revisão literária.

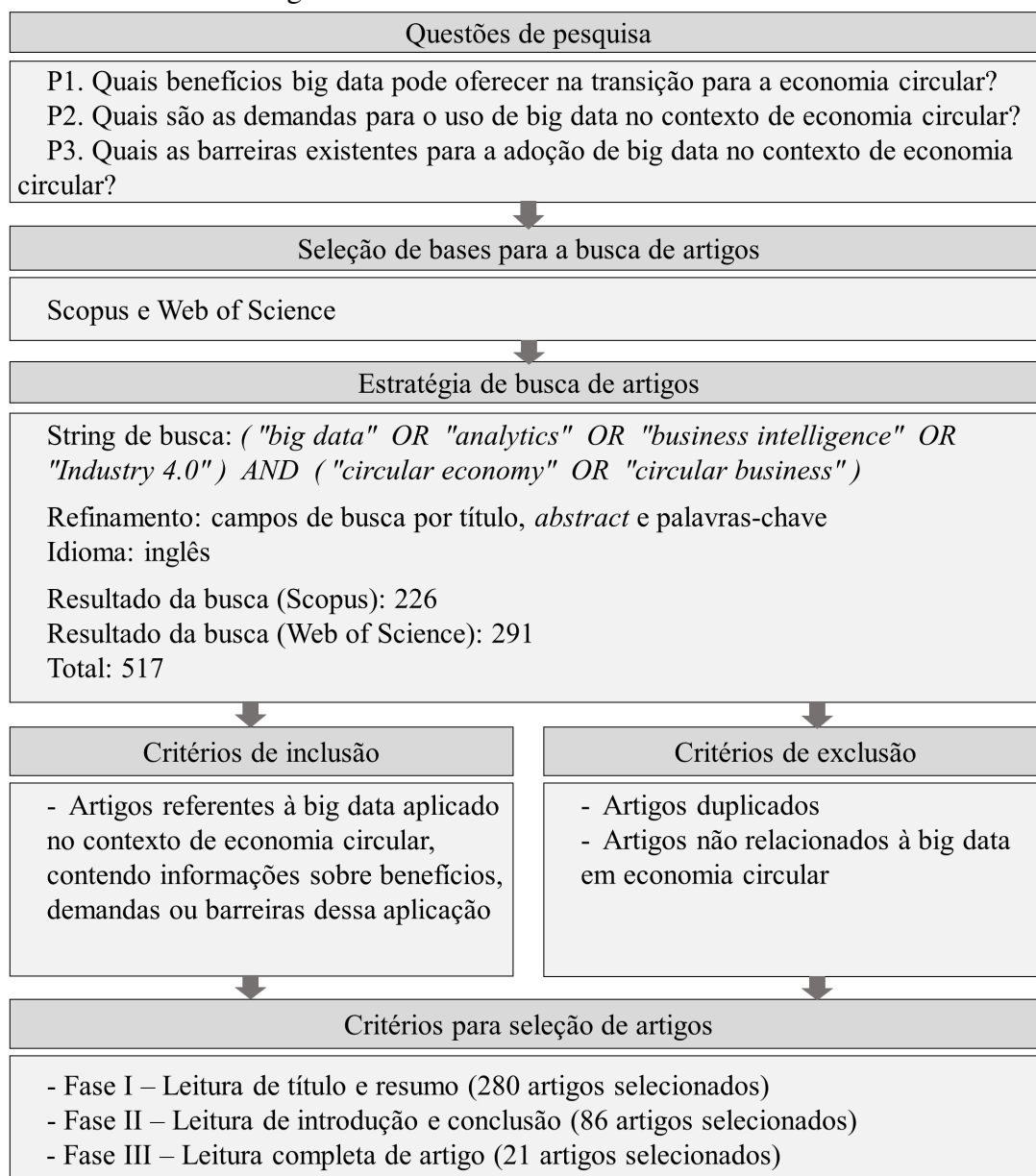
Ao aplicar as palavras-chaves como critérios de busca, foram retornados um total de 517 artigos, sendo 226 da Scopus e 291 da base Web of Science. A partir desse resultado, realizou-se o *download* dos artigos, iniciando-se a quarta etapa do protocolo, referente à seleção dos artigos a partir dos critérios de inclusão e de exclusão pré-estabelecidos.

Na quinta etapa, iniciou-se a seleção dos artigos. Em uma primeira fase, foi realizada a leitura do título e do resumo do artigo. Após essa filtragem, na fase seguinte foi realizada a leitura do resumo, da introdução e da conclusão de cada artigo, para identificar se esse estava relacionado ao tema de estudo e apresentava informações relevantes às questões de pesquisa. Após essa filtragem, foi realizada a leitura completa dos artigos selecionados. Ao final desse processo, foram identificados 21 artigos referentes à aplicabilidade de big data no contexto de economia circular.

A Figura 6 apresenta detalhes da execução das cinco primeiras etapas do protocolo. Os detalhes da última etapa, referente à síntese dos resultados, são apresentados nas

seções a seguir.

Figura 6: Protocolo de revisão sistemática.



Fonte: Autora.

A partir de uma pesquisa isolando os temas big data e economia circular (buscando-se pela palavra-chave em inglês *circular economy*) nas bases de dados Scopus, nota-se que o termo big data passou a ter um crescente interesse a partir de 2012, e o termo economia circular a partir de 2014. Entretanto, foram identificados estudos referentes à intersecção dos dois temas na seleção realizada somente a partir de 2017,

sendo em 2021 o maior número de trabalhos publicados. Também cabe observar que diversos estudos, embora façam referência à palavra big data no contexto de economia circular, não se aprofundaram sobre essa intersecção, descrevendo big data de maneira breve, como sendo um elemento no contexto de tecnologias digitais adotadas na economia circular, principalmente no contexto de indústria 4.0. Embora tais artigos sejam relevantes para se compreender como as tecnologias digitais apoiam a economia circular, esses não englobam estudos específicos sobre a adoção de big data, que é o foco desse estudo. Por esse motivo, esses artigos não foram selecionados para a revisão. A lista contendo o título e a referência dos artigos selecionados pode ser visualizada na Tabela 5.

Tabela 5: Lista de artigos selecionados na revisão sistemática

ID	Título / Referência	Ano
A-1	Scientific literature analysis on big data and internet of things applications on circular economy: a bibliometric study (NOBRE; TAVARES, 2017)	2017
A-2	Exploring how usage-focused business models enable circular economy through Digital Technologies (BRESSANELLI et al., 2018)	2018
A-3	A comprehensive review of big data analytics throughout product lifecycle to support sustainable smart manufacturing (REN et al., 2019)	2019
A-4	A review of emerging industry 4.0 technologies in remanufacturing (KERIN; PHAM, 2019)	2019
A-5	Circular economy and big data analytics: a stakeholder perspective (GUPTA et al., 2019)	2019
A-6	Unlocking the circular economy through new business models based on large-scale data: an integrative framework and research agenda (JABBOUR et al., 2019)	2019
A-7	Digitally-enabled sustainable supply chains in the 21st century: a review and a research agenda (JABBOUR et al., 2020)	2020
A-8	Analyzing barriers of circular food supply chains and proposing industry 4.0 solutions (ADA et al., 2021)	2021
A-9	A systematic literature review on data and information required for circular manufacturing strategies adoption (ACERBI et al., 2021)	2021
A-10	Big data analytics capability and decision-making: the role of data-driven insight on circular economy performance (AWAN et al., 2021)	2021
A-11	Big data-enabled large-scale group decision making for circular economy: an emerging market context (MODGIL et al., 2021)	2021

Continuação da Tabela 5

ID	Título / Referência	Ano
A-12	Circular economy under the impact of IT tools: a content-based review (RIZVI; AGRAWAL; MURTAZA, 2021)	2021
A-13	Green transition: the frontier of the digicircular economy evidenced from a systematic literature review (FELICE; PETRILLO, 2021)	2021
A-14	Industry 4.0 and the circular economy: a literature review and recommendations for future research (AWAN; SROUFE; SHAHBAZ, 2021)	2021
A-15	Integrating industry 4.0 and circular economy: a review (SAHU; AGRAWAL; KUMAR, 2021)	2021
A-16	Integration of digital economy and circular economy: current status and future directions (LIU; LIU; OSMANI, 2021)	2021
A-17	Role of institutional pressures and resources in the adoption of big data analytics powered artificial intelligence, sustainable manufacturing practices and circular economy capabilities (BAG et al., 2021a)	2021
A-18	The nexus between big data and sustainability: an analysis of current trends and developments (GARRIGÓS-SIMÓN et al., 2021)	2021
A-19	Towards a business analytics capability for the circular economy (KRISTOFFERSEN et al., 2021)	2021
A-20	How transitioning to industry 4.0 promotes circular product lifetimes (ERTZ et al., 2022)	2022
A-21	Linking circular economy and digitalisation technologies: a systematic literature review of past achievements and future promises (CHAUHAN; PARIDA; DHIR, 2022)	2022

Fonte: Autora.

Dando continuidade à análise dos artigos selecionados, na Tabela 6 é apresentada a distribuição dos artigos em relação aos periódicos. Nota-se que somente dois periódicos apresentaram mais de dois artigos sobre o tema. O periódico “*Technological Forecasting and Social Change*” foi o que apresentou o maior número de artigos selecionados, seguido do periódico “*Sustainability*”. O primeiro periódico tem como objetivo estudos teóricos e empíricos que apresentam a relação entre fatores sociais, ambientais e tecnológicos. O segundo incorpora estudos teóricos e empíricos sobre a sustentabilidade nos âmbitos ambiental, cultural, econômico e social. O periódico “*Journal of Cleaner Production*”, também voltado à sustentabilidade, abrangeu dois artigos selecionados. Por fim, sete periódicos abrangeram somente um artigo.

Tabela 6: Lista de periódicos referentes aos artigos selecionados.

Periódico	Quantidade de artigos selecionados
Technological Forecasting and Social Change	7
Sustainability	6
Journal of Cleaner Production	2
Business Strategy and the Environment	1
Industrial Marketing Management	1
International Journal of Information Management	1
International Journal of Sustainable Engineering	1
Journal of Enterprise Information Management	1
Science of the Total Environment	1
Scientometrics	1

Fonte: Autora.

Pode-se observar que os artigos selecionados foram publicados em periódicos referentes a estudos de sustentabilidade, gestão da informação, estratégia empresarial, *marketing*, ciências sociais e engenharia. A diversidade de áreas demonstra a multidisciplinaridade obtida a partir da intersecção dos temas big data e economia circular.

Dando sequência ao processo de revisão, a seguir é apresentada a síntese dos resultados obtidos da análise, referente à identificação dos benefícios que big data pode oferecer na transição para a economia circular.

3.2 Benefícios referentes à aplicação de big data na transição para a economia circular

A partir da revisão sistemática da literatura realizada, tornou-se possível identificar que big data é considerado uma abordagem promissora para auxiliar na transição para a economia circular. Os benefícios são apresentados a partir de diversas perspectivas, tais como a capacidade de ampliar a compreensão de um determinado produto ou processo, o monitoramento do ciclo de vida de um produto e a capacidade de prover mecanismos para apoiar o processo de tomada de decisão em modelos de negócios circulares (JABBOUR et al., 2019; ACERBI et al., 2021; BAG et al., 2021a; RIZVI; AGRAWAL; MURTAZA, 2021). Ao analisar os trabalhos selecionados, identificou-se que

os benefícios propostos se enquadraram nas seguintes categorias: compreensão, monitoramento, previsão, tomada de decisão e colaboração. A seguir é apresentada a síntese dos resultados a partir de tais categorias.

3.2.1 Compreensão

A capacidade de aperfeiçoar a compreensão sobre os produtos e os processos realizados ao longo da cadeia de produção foi um dos benefícios identificados. Essa compreensão foi relatada em relação tanto ao nível de *design* quanto ao nível operacional, possibilitando identificar informações como a eficácia dos materiais, o impacto das operações realizadas, o fluxo dos resíduos gerados e o comportamento do usuário. Essa capacidade de compreensão possibilita que as empresas possam adquirir o conhecimento necessário para atender os objetivos da economia circular (AWAN; SROUFE; SHAHBAZ, 2021). Por exemplo, a identificação da eficácia dos materiais pode fornecer informações relevantes para identificar como esses podem auxiliar no aumento da durabilidade de um produto. A compreensão do impacto econômico, ambiental e social das operações realizadas podem contribuir para a identificação das melhores práticas sustentáveis ao longo do ciclo de vida de um produto (GARRIGÓS-SIMÓN et al., 2021). Jabbour et al. destacam, também, que essa compreensão a partir de big data pode auxiliar empresas que enfrentam desafios referentes ao *trade-off* existente nos pilares de sustentabilidade (JABBOUR et al., 2020).

Por meio de soluções de big data *analytics*, no contexto de análise preditiva e prescritiva, torna-se também possível obter uma maior compreensão sobre as condições, os tipos e o tempo de vida restante dos produtos, para assim identificar a melhor estratégia para sua manutenção ou reutilização (CHAUHAN; PARIDA; DHIR, 2022; ERTZ et al., 2022). Aliado a esse fator, a compreensão de dados referentes ao fluxo de resíduos também é útil para auxiliar nas decisões no processo de *design*, identificando como a concepção de um produto pode evitar a geração de resíduos, ou como os materiais

utilizados podem ser reaproveitados em novos ciclos de produção. Desse modo, tal compreensão pode oferecer maior transparência do processo, revelando padrões até então desconhecidos pelas empresas. Tal prática possibilita, também, prover autenticidade das operações, contribuindo para a colaboração entre *stakeholders* (REN et al., 2019).

Além dos fatores mencionados, uma das principais funcionalidades apresentadas na literatura é a possibilidade de utilizar tecnologias de big data para a concepção de modelos de negócios circulares, permitindo que as empresas tenham apoio no processo criativo, fornecendo informações sobre o material utilizado e percepções sobre o comportamento e as necessidades do consumidor (MODGIL et al., 2021). Ertz et al. argumentam que big data tem um papel importante no desenvolvimento de modelos de negócios como aluguel e compartilhamento de produtos (ERTZ et al., 2022). A partir de um estudo empírico com foco em avaliar o papel de big data *analytics* e seu desempenho na economia circular, Awan et al. identificaram que big data *analytics* possibilita aperfeiçoar a qualidade do processo de tomada de decisão no contexto de economia circular, oferecendo percepções sobre o melhor curso de ação referente à reformulação de produtos, à melhoria de eficiência de materiais e ao final do ciclo de vida desses produtos e materiais (AWAN et al., 2021).

3.2.2 Monitoramento

Além da compreensão, a capacidade de auxiliar no monitoramento foi identificada como um dos benefícios obtidos a partir de tecnologias de big data no processo de transição para a economia circular. Uma vez que a economia circular requer práticas sustentáveis, de forma que o modelo de negócio adotado incorpore benefícios tanto no âmbito econômico, quanto no ambiental e no social, o monitoramento das práticas sustentáveis foi identificado como um dos benefícios que big data pode oferecer às empresas, fornecendo tanto informações que as permitam monitorar o impacto ambiental e

social causado, bem como gerando indicadores que possibilitem medir a evolução das práticas adotadas (GARRIGÓS-SIMÓN et al., 2021). Big data facilita o monitoramento por meio de tecnologias que possibilitam integrar dados de fontes diversas, como relatórios, dispositivos de IoT e de registros de *log*. Bag et al. destacam, também, que tais dados podem ser utilizados para compreender e selecionar fontes de matéria prima que ofereçam maiores capacidades regenerativas (BAG et al., 2021a).

Ainda no contexto de monitoramento, alguns trabalhos ressaltam o benefício da adoção de big data para monitorar e compreender os dados referentes ao ciclo de vida do produto. A capacidade de gerar e integrar dados de diferentes fontes possibilita a compreensão de dados ao longo de toda a cadeia produtiva e não somente do fim de vida do produto. Ren et al. destacam que big data *analytics* é considerada uma das mais importantes tecnologias para prover esse conhecimento holístico (REN et al., 2019). Essa capacidade alinha-se com a anterior, pois possibilita que a análise de sustentabilidade seja realizada em cada etapa do ciclo de vida, permitindo compreender qual dessas necessita ser reformulada para atender aos requisitos pré-estabelecidos. Em adição, o monitoramento também pode auxiliar no desenvolvimento de modelos de negócios circulares possibilitando o monitoramento e o controle de estoques, evitando assim a produção excessiva de produtos e o uso elevado de recursos naturais (SAHU; AGRAWAL; KUMAR, 2021). Dessa forma, big data pode também contribuir com o princípio de redução, provendo informações adequadas sobre a demanda de produtos. O monitoramento, nesse contexto, pode não somente reduzir custos devido à produção adequada de estoque, como também pode prover percepções que possibilitem aumentar o rendimento em um processo.

Também relacionado ao monitoramento, iniciativas no contexto de economia circular podem ser beneficiadas com big data por meio de sua adoção para monitorar e acompanhar as mudanças de preferências dos clientes e identificar padrões de consumo, fornecendo assim informações que permitam às empresas adaptarem seu modelo

de negócio com base nas tendências identificadas (AWAN; SROUFE; SHAHBAZ, 2021; LIU; LIU; OSMANI, 2021).

Por fim, também foi destacada na literatura a capacidade de big data de prover o monitoramento em tempo real, otimizando a gestão de recursos utilizados, aperfeiçoando o desempenho dos processos e fornecendo percepções e recomendações à medida que novos dados são gerados (RIZVI; AGRAWAL; MURTAZA, 2021). Bressanelli et al. também relatam a possibilidade de utilizar big data e IoT para prover aos consumidores informações em tempo real referentes ao consumo de energia dos produtos adquiridos, bem como informar às empresas sobre as decisões relacionadas ao final do ciclo de vida do produto (BRESSANELLI et al., 2018). Os autores argumentam que big data é necessário para fornecer informações que possibilitem às empresas atingirem os objetivos da economia circular referentes à eficiência de recursos, extensão da longevidade de um produto e fechamento do ciclo.

3.2.3 Previsão

A capacidade de auxiliar na construção de modelos preditivos foi também identificada no contexto de economia circular, como sendo um dos benefícios da adoção de big data. A partir de técnicas de big data *analytics*, torna-se possível a construção de modelos preditivos baseados em dados de larga escala que possibilitam não somente monitorar como também prever a demanda de um novo produto, auxiliando no provimento adequado dos recursos necessários e na coordenação da cadeia produtiva (ADA et al., 2021).

Ertz et al. argumentam que a modelagem de modelos preditivos no contexto de big data possibilita a construção de modelos com maior taxa de exatidão, uma vez que esses podem ser construídos a partir de um conjunto mais vasto de dados, contendo múltiplas variáveis (ERTZ et al., 2022). Bressanelli et al. também argumentam que os dados coletados a partir de dispositivos de IoT e analisados por meio de técnicas de

big data *analytics* podem possibilitar a manutenção preventiva e preditiva na cadeia produtiva, evitando assim falhas e desperdício de materiais (BRESSANELLI et al., 2018).

3.2.4 Tomada de decisão

A tomada de decisão orientada a dados a partir de big data pode contribuir para a descoberta de inovações de modelos de negócios circulares, identificando meios para solucionar problemas como a geração de resíduos, bem como fornecendo percepções para a definição de uma estratégia, como a de logística reversa (SAHU; AGRAWAL; KUMAR, 2021). A partir de uma perspectiva de economia circular por meio do provimento de produtos como serviço, Acerbi et al. enfatizam que big data fornece percepções para a construção de produtos inteligentes, por meio de mecanismos para rastrear os serviços oferecidos e a fase de uso desses pelos consumidores (ACERBI et al., 2021). Por fim, Kerin e Pham destacam que big data pode fornecer percepções úteis para se alcançar a produção limpa, para se adotar o processo de desmaterialização dos produtos e para obter vantagem competitiva (KERIN; PHAM, 2019).

Ao considerar a economia circular, torna-se necessário a adoção de abordagens que possibilitem a integração e o compartilhamento de dados, uma vez que um modelo de negócio circular deve objetivar a sustentabilidade em todas as etapas da cadeia produtiva, além de gerar benefícios mútuos entre as partes interessadas (GUPTA et al., 2019; MODGIL et al., 2021). Nesse cenário, big data pode ser caracterizado como um elemento chave para a obtenção da capacidade de colaboração, a partir da utilização de técnicas que permitem integrar, processar e analisar dados de fontes diversas, possibilitando o compartilhamento desses com outros colaboradores (JABBOUR et al., 2020).

Chauhan, Parida e Dhir destacam que a partir de tecnologias de big data, as empresas podem integrar dados internos e de terceiros e utilizar essas informações para formular modelos de tomada de decisão que promovam a circularidade (CHAUHAN; PARIDA; DHIR, 2022). Também destacam que big data contribui para a tomada de decisão

em grupos de larga escala, definido por eles como um grande número de *stakeholders* que fazem parte do processo de tomada de decisão, auxiliando na distribuição de conhecimento, de custos e na identificação de mudanças comportamentais.

Em adição, ao avaliar os benefícios relatados, é identificado um enfoque na adoção de big data com o objetivo de contribuir para o aumento de transparência, facilitando a colaboração entre as partes interessas e contribuindo para o desenvolvimento sustentável de modelos de negócios (GUPTA et al., 2019; RIZVI; AGRAWAL; MURTAZA, 2021; KRISTOFFERSEN et al., 2021; ERTZ et al., 2022; CHAUHAN; PARIDA; DHIR, 2022). A partir da coleta, integração e análise de dados de todo o ciclo de vida do produto, juntamente com a capacidade de monitorar o desempenho de equipamentos e de indicadores ambientais, torna-se possível extrair percepções com base em uma visão ampliada, contribuindo para conectar e trocar informações referentes às interações em todo o elo da cadeia (BRESSANELLI et al., 2018; SAHU; AGRAWAL; KUMAR, 2021).

3.2.5 Colaboração

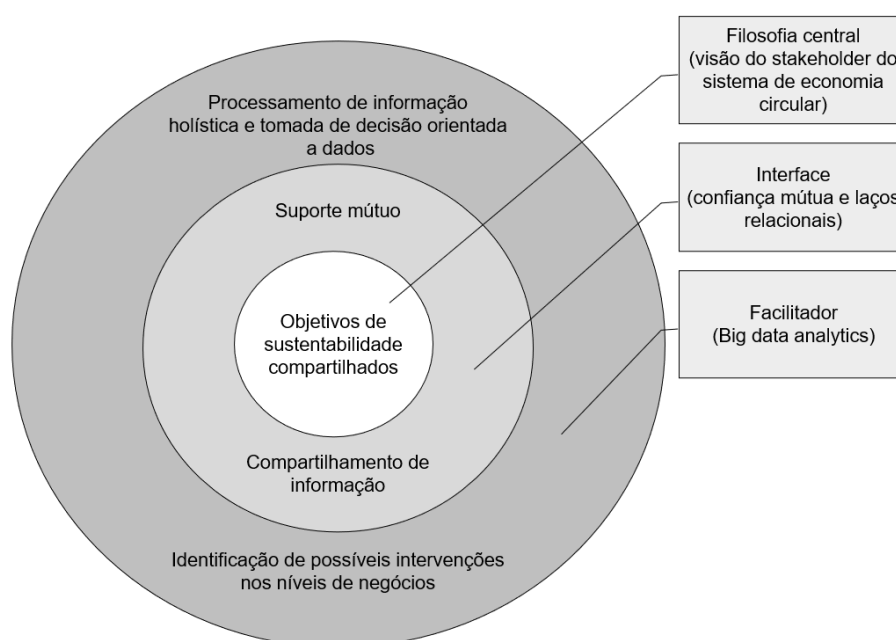
A integração de dados a partir da colaboração entre as partes interessadas é vista como essencial para se avançar na transição para a economia circular (GUPTA et al., 2019; MODGIL et al., 2021). Conforme apresentado na Figura 7, Gupta et al. propõem um modelo conceitual referente ao uso de big data para a economia circular, a partir da teoria de *stakeholder*. Nesse modelo proposto, big data *analytics* é identificado como um facilitador para que *stakeholders* possam atuar de forma colaborativa na proposta e na criação de valor em um modelo de negócio circular (GUPTA et al., 2019). O compartilhamento de informação e o suporte mútuo são identificados como uma interface entre as capacidades oferecidas por big data *analytics* e os objetivos de sustentabilidade. Também destacam que a adoção de big data *analytics* deve incorporar uma visão holística dos dados e apoiar o processo de tomada de decisão.

Jabbour et al. também dão uma contribuição significativa ao contexto de economia

circular e big data (JABBOUR et al., 2019). A partir do *framework* ReSOLVE proposto pela Fundação Ellen MacArthur (EMF, 2015), os autores apresentam uma proposta de integração do *framework* com as capacidades obtidas a partir de dados de larga escala. Essa integração também é proposta considerando o relacionamento entre os elementos do *framework*, as dimensões de volume, variedade, velocidade e veracidade de dados, no contexto de big data e os *stakeholders*, como fornecedores, produtores e consumidores (JABBOUR et al., 2019).

Percebe-se, assim, que ambos os modelos propostos, por Gupta et al. e Jabbour et al., enfatizam a necessidade de integrar os benefícios obtidos a partir de big data com as estratégias existentes no contexto de economia circular, tendo como premissa a colaboração entre *stakeholders*. Tal perspectiva difere da adoção de big data para estratégias não circulares, uma vez que nessas não há ênfase no processo de tomada de decisão a partir de uma visão holística e sistêmica, impulsionada por meio do compartilhamento de dados.

Figura 7: Modelo de economia circular usando big data *analytics* e a abordagem de *stakeholder*.



Fonte: Adaptado de (GUPTA et al., 2019).

Dessa forma, identifica-se, com base na síntese dos resultados da revisão sistemática da literatura, que big data pode ser utilizado em diferentes etapas do ciclo de vida de um produto, incorporando e integrando dados providos por *stakeholders*. Para consolidar a análise apresentada nessa seção, a Tabela 7 contém um resumo dos benefícios identificados na literatura, demonstrando como big data pode apoiar o processo de transição para a economia circular.

Tabela 7: Benefícios de big data para economia circular.

Categoria	Benefícios de big data para economia circular
Compreensão	<ul style="list-style-type: none"> - Detalhes de nível operacional e de <i>design</i> - Dados do ciclo de vida de um produto - Modelos de negócios de economia circular - Fluxos de resíduos - Comportamento do usuário - Dados de máquinas e equipamentos - Condições de um determinado produto - Compreensão das causas de defeitos de um determinado produto
Monitoramento	<ul style="list-style-type: none"> - Práticas sustentáveis - Monitoramento e controle de estoques - Dados do fim de vida do produto - Mudanças nas preferências dos consumidores e padrões de consumo - Ações sobre gerenciamento de resíduos - Indicadores ambientais - Gestão dos recursos por meio de monitoramento em tempo real - Análise em tempo real de desempenho de equipamento - Capacidade de monitoramento e recomendação em tempo real - Análise de meios para aumentar rendimento em processo
Previsão	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto financeiro das decisões relacionadas à cadeia produtiva - Previsão de falhas - Previsão de demanda de mercado - Simulações sobre ciclo de vida de produto - Apoio nas estratégias de ciclo fechado, provendo dados sobre condição e disponibilidade de produtos - Construção de modelos de precificação de produtos de segunda mão - Previsão de estratégias efetivas de recuperação de produtos

Continuação da Tabela 7

Categoria	Benefícios de big data para economia circular
Tomada de decisão	<ul style="list-style-type: none"> - Tomada de decisão informada sobre questões de produção e consumo - Auxílio nas decisões sobre utilização e rendimento de recursos - Geração de percepções sobre o <i>design</i> de produto e de modelos de negócios - Auxílio na formulação do <i>design</i> e desenvolvimento de produtos - Descoberta de relacionamentos de ciclo de vida de produtos - Identificação de pontos de desperdício - Auxílio na formulação de políticas - Auxílio na modelagem e otimização de problemas de logística reversa - Desenvolvimento de modelos de precificação eficazes - Auxílio no desenvolvimento de estratégias de economia circular - Identificação da estratégia efetiva para manutenção de um produto
Colaboração	<ul style="list-style-type: none"> - Auxílio na cooperação inter setorial - Auxílio na integração de informações entre <i>stakeholders</i> - Aumento de confiança, transparência e relacionamentos corporativos - Auxílio na triagem dos dados, promovendo transparência e automação - Aumento de transparência e melhoria de reputação - Aumento de transparência e autenticidade das informações - Integração de dados de interações físicas, cibernéticas e de <i>stakeholders</i> - Capacidade de conectar informações com fluxos de materiais - Melhoria na visibilidade de todas as etapas da cadeia produtiva - Visualização de informações holísticas - Auxílio na troca de informações e na colaboração - Auxílio na coordenação e colaboração nos níveis da cadeia produtiva - Auxílio no gerenciamento de redes diretas e reversas

Fonte: Autora.

A partir dos estudos avaliados na revisão sistemática, tornou-se possível responder a primeira questão de pesquisa, referente aos benefícios da adoção de big data na transição para a economia circular. Identificou-se que as tecnologias e as técnicas de big data disponíveis tornam possível a redução de incertezas na formulação de estratégias circulares, possibilita a obtenção de dados que apoiam o processo de tomada de decisão, fornece meios para o monitoramento e gerenciamento do ciclo de vida de um produto e possibilita a construção de modelos preditivos e prescritivos, capazes de otimizar as operações ao longo da cadeia produtiva, e, por fim, auxiliam na colaboração

entre os *stakeholders*, possibilitando a análise de dados integrados.

Entretanto, embora um conjunto vasto de benefícios tenham sido identificados, observa-se também a necessidade de se aprofundar nos estudos teóricos e práticos referentes à aplicação de big data na transição para a economia circular, dado que ainda não é claro como deve se proceder para alcançar tais benefícios, sendo a perspectiva prática ainda abstrata.

Uma vez que o relacionamento entre big data e economia circular é considerado algo recente, diversas propostas de estudos complementares são apresentadas na literatura, com o objetivo de preencher as lacunas identificadas. Nobre e Tavares relatam a necessidade de novos estudos que apresentem a ligação entre economia circular, big data e IoT (NOBRE; TAVARES, 2017). Ertz et al. destacam que as soluções de big data no contexto de economia circular se concentram somente na etapa de uso dos produtos, havendo a necessidade de novos estudos referentes às demais etapas, como a de *design* e de a recuperação dos produtos (ERTZ et al., 2022). Kristoffersen et al. destacam a necessidade de estudos qualitativos e quantitativos que avaliem o relacionamento de causa e efeito referente à junção de *business analytics* e economia circular (KRISTOFFERSEN et al., 2021). Por fim, Jabbour et al. apresentam doze propostas de pesquisas referentes à integração entre economia circular e dados de larga escala. Tais propostas visam contribuir para que novos estudos teóricos e práticos sejam realizados sobre essa intersecção entre big data e economia circular (JABBOUR et al., 2019).

3.3 Demandas e barreiras para a adoção de big data na transição para a economia circular

Na seção anterior foi identificado que big data pode apoiar as empresas na transição para a economia circular a partir de diferentes abordagens. Sua capacidade de extrair percepções úteis dos dados, transformando-os em informação e conhecimento, torna big data um facilitador para reduzir as incertezas existentes nas práticas de eco-

nomia circular. Entretanto, mesmo diante das perspectivas observadas, a aplicabilidade de big data nesse contexto é considerada desafiadora e requer mudanças e investimentos para sua adoção.

Visando responder a segunda e a terceira questão de pesquisa, nessa revisão sistemática da literatura também foram avaliadas as demandas para a aplicabilidade de big data com foco na transição para a economia circular. Tais demandas foram apresentadas tanto em relação a questões técnicas, tais como a necessidade de segurança dos dados e de uma arquitetura que possibilite a integração desses, como também a fatores humanos, tais como a necessidade de conhecimento e habilidades para se atuar com soluções orientadas a dados.

Em relação a fatores técnicos, identificou-se a necessidade de abordagens que ofereçam segurança no acesso e no compartilhamento de dados (KERIN; PHAM, 2019), para possibilitar que os dados possam ser compartilhados de maneira a manter a sua confidencialidade e garantir que seu uso siga as políticas das organizações, bem como seja conforme às leis regulatórias (JABBOUR et al., 2019; FELICE; PETRILLO, 2021).

Considerando que a economia circular demanda o compartilhamento dos dados a partir de uma visão holística, possibilitando a integração dos dados ao longo de toda a cadeia produtiva, torna-se necessário o desenvolvimento de funcionalidades que possibilitem o acesso aos dados por *stakeholders*. Assim, também deve-se implementar estratégias que ofereçam mecanismos de autenticação, autorização e auditoria de acesso aos dados. Esse quesito alinha-se às necessidades apresentadas de gestão adequada da informação, garantindo a governança da integração dos dados (KRISTOFFERSEN et al., 2021).

Além de mecanismos de segurança de acesso aos dados, Acerbi et al. também argumentam que uma necessidade para se explorar os dados a partir de big data com foco na colaboração é a definição de um mecanismo de padronização do formato dos dados, para assim facilitar a colaboração entre *stakeholders* e garantir que os dados

obtidos possam ser posteriormente comparados (ACERBI et al., 2021). Sem um padrão pré-determinado, pode ser desafiador a análise a partir da integração dos dados, uma vez que cada fonte pode fornecer dados utilizando métricas e formatos distintos.

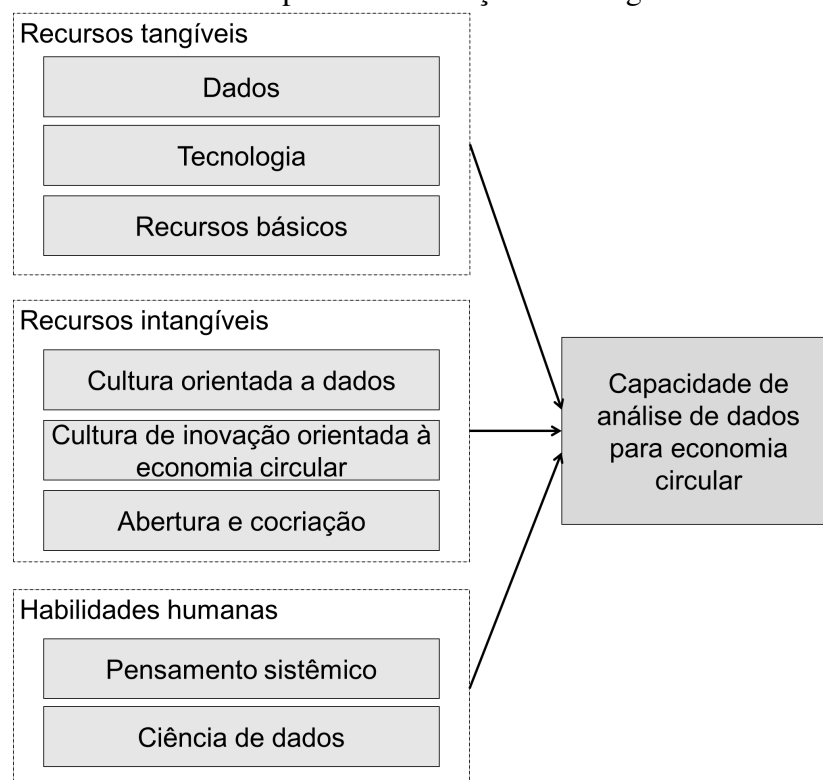
A partir de uma visão sobre a estratégia de remanufatura de produtos, Kerin e Pham argumentam que para o compartilhamento de dados com foco em obter uma maior aproximação entre *stakeholders* e possibilitar a co-criação de produtos, bem como a servitização de produtos, torna-se necessário o investimento em TIC (KERIN; PHAM, 2019). Também enfatizam que o investimento em tecnologias de big data pode aumentar a sustentabilidade por meio do *design* colaborativo e do aperfeiçoamento em processos relacionados ao fim de vida do produto.

A demanda por uma infraestrutura que possibilite o processamento de dados em larga escala também foi observada. Ren et al. descrevem a necessidade de uma arquitetura escalável e robusta que atenda não somente os requisitos de armazenamento de dados, mas também às necessidades de aplicações de big data para todos os *stakeholders* (REN et al., 2019). Os autores destacam que atualmente as arquiteturas de big data utilizadas na cadeia produtiva focam apenas em uma parte do ciclo de vida do produto, entretanto, é crucial a implementação de uma arquitetura holística, que cubra todos os estágios do ciclo de vida. Essa arquitetura deve, também, prover mecanismos que possibilitem preservar metadados, garantindo a governança adequada dos dados adquiridos. Também argumentam que a arquitetura holística deve ser projetada para escalar para novos componentes e tecnologias, conforme a necessidade. Entretanto, barreiras como a falta de estratégia tecnológica, preocupações com o custo e a falta de processos de gerenciamento de dados impedem o avanço para a construção dessa arquitetura. Alinhado a esse contexto, Felice e Petrillo argumentam que a análise de dados no contexto de economia circular em nível macro, como por exemplo em cidades inteligentes, requer arquiteturas de alto desempenho para o processamento integrado dos dados. Nesse cenário, sugerem a adoção de computação quântica para prover o

desempenho e a agilidade necessária das aplicações (FELICE; PETRILLO, 2021).

Kristoffersen et al. argumentam que a combinação entre big data e economia circular demanda oito recursos, que são divididos entre as categorias tangíveis, intangíveis e habilidades humanas (KRISTOFFERSEN et al., 2021). Conforme apresentado na Figura 8, a adoção de big data necessita de investimentos em dados, tecnologias e recursos básicos, sendo esses recursos tangíveis. Entretanto, somente a obtenção desses recursos não são suficientes para que os dados possam ser efetivamente transformados em valor nas estratégias de economia circular. Além desses, são também necessários os recursos intangíveis, referentes à cultura orientada a dados e à cultura de inovação orientada para economia circular e co-criação. Nesse cenário, a falta de cultura de inovação orientada a dados é considerada uma barreira para se avançar na capacidade de utilizar big data como apoio na transição para a economia circular. Por fim, destacam, também, a necessidade de pensamento sistêmico e de ciência de dados, como habilidades humana para essa combinação.

Figura 8: Recursos necessários para a combinação entre big data e economia circular.



Fonte: Autora.

Em consonância à essa proposta, Jabbour et al. destacam a necessidade de planejar e prover a capacitação para os colaboradores e parceiros, para que assim se avance na cultura orientada a dados e promova o conhecimento sobre práticas sustentáveis. Também argumentam que os temas economia circular e sustentabilidade devem ser abordados em instituições de ensino superior, com um currículo integrado à gestão de economia digital, envolvendo grandes volumes de dados (JABBOUR et al., 2019). Esse cenário demonstra a complexidade envolvida na ligação entre os temas, uma vez que a mudança cultural deve ocorrer em duas vertentes (economia circular e big data), sobre as quais ainda há incertezas para seu alcance.

É interessante observar que, assim como big data foi identificado na literatura como uma abordagem capaz de auxiliar no aumento de transparência e no compartilhamento de dados, estudos também relatam que sua adoção para a economia circular

demanda que esses dados sejam compartilhados, para que assim as análises voltadas ao contexto de economia circular possam ser realizadas de forma holística (GUPTA et al., 2019; JABBOUR et al., 2020). É possível observar, portanto, que big data pode ser um facilitador para prover maior transparência e possibilitar a colaboração na formulação de estratégias circulares, porém, essa capacidade só é obtida a partir do momento que a organização promova meios para sua aplicabilidade.

Além de promover maior transparência, a troca de dados auxilia as organizações na definição de criação de valor, que tradicionalmente segue um fluxo unidirecional (KERIN; PHAM, 2019). Em adição, por meio do compartilhamento de dados, organizações privadas passam a obter a visão socioambiental de outras perspectivas, como ONGs e instituições públicas, permitindo que, juntas, possam ser discutidas e identificadas formas inovadoras de solucionar os desafios socioambientais existentes, criando valor não apenas para uma única organização, mas para todos os envolvidos (JABBOUR et al., 2019). Entretanto, para se alcançar esse objetivo, torna-se necessário romper barreiras referentes à indisponibilidade de dados e investir em estratégias que promovam o relacionamento entre *stakeholders* (REN et al., 2019).

Dessa forma, a síntese dos resultados da revisão sistemática da literatura também identifica desafios referentes à adoção de big data para a economia circular. Uma lista que consolida as demandas e as barreiras observadas é apresentada na Tabela 8.

É possível observar que a aplicabilidade de big data no processo de transição para a economia circular apresenta uma série de demandas, tanto referentes a questões técnicas, quanto gerenciais. Diante do exposto, considera-se que a revisão da literatura possibilitou responder a segunda e a terceira questões de pesquisa estabelecidas na revisão sistemática, referentes às demandas e às barreiras existentes para que big data possa contribuir na transição para a economia circular. Somado aos benefícios identificados, observa-se a necessidade de se avançar em campos teóricos e práticos, para elucidar as questões inerentes à essa intersecção de temas.

Tabela 8: Demandas e barreiras para adoção de big data no contexto de economia circular

Categoria	Demandas e barreiras
Demandas	<ul style="list-style-type: none"> - Coleta de dados de todo o ciclo de vida do produto - Consolidação dos dados, para se obter um conhecimento holístico - Integração e interoperabilidade de dados - Automação da coleta de dados - Preservação de metadados - Mecanismos para análise da qualidade dos dados - Remoção de silos de dados - Acesso a informações das partes interessadas - Melhor compreensão da integração entre economia circular e dados de larga escala - Disponibilidade de informações sobre as características de <i>design</i> dos produtos no início e no fim do ciclo de vida - Gestão adequada da informação - Gestão integrada da informação e de sustentabilidade - Suporte de tecnologia da informação - Privacidade dos dados - Segurança e confidencialidade das informações - Compartilhamento seguro dos dados entre as partes interessadas - Padronização dos dados coletados - Escalabilidade para processamento de dados de larga escala - Cooperação intersetorial - Programas de treinamento de sustentabilidade e dados de larga escala - Promoção de recursos de compartilhamento de conhecimento
Barreiras	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de processos de gerenciamento de dados - Falta de cultura orientada a dados - Indisponibilidade de dados sobre o fluxo dos materiais - Falta de regulamentos e políticas apropriadas - Preocupações relacionadas a custos - Falta de cultura de conservação do ambiente - Falta de estratégia tecnológica - Falta de investimentos referentes à gestão de relacionamento

Fonte: Autora.

Conforme descrito anteriormente, esse estudo investigativo foi realizado considerando a adoção de big data na transição para a economia circular em diferentes áreas, uma vez que não há trabalhos específicos sobre essa intersecção no contexto da indústria têxtil. Entretanto, torna-se relevante identificar como as demandas e as barreiras identificadas enquadram-se no contexto dessa indústria, para assim determinar as estratégias necessárias para a adoção de big data pelas empresas a ela incorporadas. Diante

do exposto, na próxima seção é apresentada uma discussão sobre como a indústria têxtil enquadra-se nos fatores identificados nessa pesquisa.

3.4 Big data na transição para a economia circular na indústria têxtil

Considerando as demandas e as barreiras referentes à adoção de big data na transição para a economia circular na indústria têxtil, um dos principais fatores identificados é a falta de transparência e rastreabilidade na cadeia produtiva. Tradicionalmente, manter todas as informações em sigilo era considerado uma estratégia chave para que uma empresa pudesse se destacar em relação aos seus concorrentes, e, atualmente, mesmo a empresa tendo iniciativas sustentáveis, essas também são consideradas estratégias competitivas, e, portanto, tendem a não ser divulgadas com clareza pelas empresas (WISCHER et al., 2020). Entretanto, com as mudanças ocorridas nessa indústria, além das pressões realizadas por consumidores e ONGs, ocultar as informações pode ser considerado atualmente um risco, com a possibilidade de afetar a reputação da empresa. Somado a esse fator, não ter uma visão completa dos índices de sustentabilidade pode aumentar os riscos da empresa (BERTOLA, 2021).

Wischer et al. argumentam que, uma vez que ainda não há práticas e regulamentos bem estabelecidos sobre a transparência na indústria têxtil e do vestuário, as empresas que forem pioneiras nessa prática poderão obter vantagem competitiva (WISCHER et al., 2020). Nesse mesmo contexto, Nyman descreve que a transparência se tornou fundamental para que os consumidores confiem nas empresas da indústria têxtil e do vestuário, tornando-se ainda maior o risco das empresas que não disponibilizam suas informações de maneira aberta e precisa (NYMAN, 2020).

Embora a transparência não seja considerada a resposta final para se implantar modelos de negócio de economia circular na indústria têxtil, ela é considerada um elemento chave para que isso ocorra (BRUN; KARAOSMAN; BARRESI, 2020). Sem a trans-

parência de todo o processo produtivo, não é possível obter uma visão de cada etapa do ciclo de vida de um produto, impossibilitando a garantia de sustentabilidade em toda a cadeia. Entretanto, a indústria têxtil é caracterizada por uma cadeia produtiva global, dinâmica, fragmentada e geograficamente dispersa, havendo inúmeros contratos e subcontratos com diferentes partes envolvidas ao longo da cadeia. Essa característica é considerada a maior barreira existente em relação à transparência necessária para a economia circular nessa indústria (WISCHER et al., 2020).

Diante desse contexto, a adoção de big data pode auxiliar no aumento de transparência na indústria têxtil, possibilitando o avanço na transição para a economia circular. Os esforços das empresas em extrair percepções orientadas a dados e oferecerem uma divulgação transparente de informações no ciclo de vida do produto oferecerá maior credibilidade às mesmas, auxiliando em sua progressão, uma vez que as práticas sustentáveis estão ganhando cada vez mais relevância nessa indústria (WISCHER et al., 2020). Entretanto, ao mesmo passo que big data é considerado um facilitador para o aumento da transparência, as características mencionadas sobre a cadeia produtiva dessa indústria resultam em dados obscuros e opacos, sendo consideradas barreiras para se avançar na transição para a economia circular a partir da tomada de decisão orientada a dados.

Os dados na indústria têxtil podem tanto ser opacos para os consumidores, que não possuem conhecimento de como ocorreu o processo de produção, como também serem opacos para as empresas, que, por não sofrerem penalizações pela falta de conhecimento de sua cadeia de produção, acabam por não contabilizar e rastrear todo o processo produtivo. Dessa forma, a falta de inspeção e de penalidades possibilitam às empresas continuarem agindo de forma opaca e obscura em relação às suas práticas, podendo gerar lucros mesmo operando de maneira displicente (JESTRATIJEVIC; UANHORO; CREIGHTON, 2021).

O *Global Reporting Initiative* (GRI) (GRI, 2021), fundado em 1997, é um dos

principais contribuintes para auxiliar na geração de relatórios de sustentabilidade das empresas, para que essas divulguem de forma voluntária e não financeira suas práticas, bem como os impactos ambientais e sociais causados por seus negócios. Para isso, o GRI define um conjunto de diretrizes padronizadas para que as empresas divulguem suas práticas e suas melhorias de sustentabilidade. Os indicadores fornecidos por essas diretrizes incluem informações como o consumo de energia, de água, métricas sobre emissão de carbono, origem dos recursos da matéria-prima, bem como aspectos relacionados à gestão de resíduos, à inovação e ao ciclo de vida do produto.

Utilizando como base as diretrizes da GRI, nas últimas décadas as empresas estão divulgando relatórios de Responsabilidade Social Corporativa (*Corporate Social Responsibility - CSR*), como forma de apresentarem as práticas e o desempenho socioambiental e obterem um melhor relacionamento com *stakeholders* (BRUN; KARAOSMAN; BARRESI, 2020). Entretanto, mesmo diante da divulgação dos relatórios CSR das empresas na indústria têxtil, ainda são identificados problemas no que tange a transparência e a rastreabilidade (KSIĘŻAK, 2016; THORISDOTTIR; JOHANNSDOTTIR, 2019). Dentre eles, identifica-se o fato de que não há uma padronização na formatação e na divulgação dos relatórios, dificultando uma comparação entre as empresas. Além disso, pesquisadores ressaltam também o fato de que são as próprias empresas responsáveis por gerar seus relatórios, o que compromete a validação das informações, uma vez que essas tendem a supervalorizar ou distorcer as informações para enaltecer suas iniciativas, gerando o que é denominado atualmente de *greenwashing* (BARBEITO-CAAMAÑO; CHALMETA, 2020; JESTRATIJEVIC; UANHORO; CREIGHTON, 2021). Gonçalves e Silva relatam que apesar de haver esforços em promover um relato padrão, a maioria das organizações ainda segue suas próprias regras para relatar suas práticas (GONÇALVES; SILVA, 2021).

Além das barreiras apresentadas, uma outra, também observada na literatura para a adoção de big data como apoio nas estratégias circulares, é a falta de uma metodo-

logia para medir e divulgar a sustentabilidade, de forma que os estudos realizados são baseados na avaliação de conteúdos de relatórios de sustentabilidade autônomos, ou, em determinados casos, baseados em índices de sustentabilidade da indústria, utilizados como recomendação para divulgação de dados da sustentabilidade. Porém, mesmo nesse último cenário, a falta de uma metodologia dificulta a captura de padrões entre os dados (JESTRATIJEVIC; UANHORO; CREIGHTON, 2021). Como resultado, ainda é comum que as informações fornecidas sejam imprecisas, de difícil acesso, irrelevantes e com dificuldade de serem comparadas.

Por fim, é importante observar que a transparência de dados é algo cada vez mais exigido pelos consumidores, na indústria têxtil. Por meio de uma visão clara dos indicadores em uma plataforma de dados, os consumidores podem acessar os avanços das organizações, identificando como essas estão engajadas em sua proposta de valor sustentável, ao longo do ciclo de vida do produto. Dessa forma, com base nessa maior visibilidade do processo, os consumidores podem identificar quais organizações e marcas estão mais aderentes aos seus valores e princípios. Portanto, a adoção de big data para auxiliar nas práticas sustentáveis pode também ser um caminho para que as empresas atendam as atuais necessidades de seus clientes.

3.5 Considerações do capítulo

Nesse capítulo foi apresentado o processo de revisão da literatura realizado com foco na avaliação do estado da arte do uso de big data no contexto de economia circular. Conforme apresentado anteriormente, o desempenho dos negócios da economia circular pode ser aperfeiçoado por meio da aplicabilidade da big data. Isso pode ser alcançado devido à possibilidade de adquirir dados internos e externos no processo de tomada de decisão orientado a dados. Os dados históricos também podem ser integrados para implantar modelos preditivos, aplicando esses modelos a dados em tempo real e permitindo que as empresas tomem decisões assertivas no momento adequado (AN-

TIKAINEN; UUSITALO; KIVIKYTÖ-REPONEN, 2018).

Portanto, foi possível identificar que big data pode ser aplicado a partir de diversas fontes de dados, em formatos estruturados e não estruturados. Além disso, tais fontes de dados podem ser relacionadas a dados gerados por humanos (por exemplo, dados sociais) e gerados por máquina (por exemplo, dados de sensores, dados de negócios e dados operacionais). Esta capacidade aumenta a oportunidade de obter um melhor entendimento sobre o modelo de negócio, tanto da produção como da perspectiva do consumidor (AWAN et al., 2021).

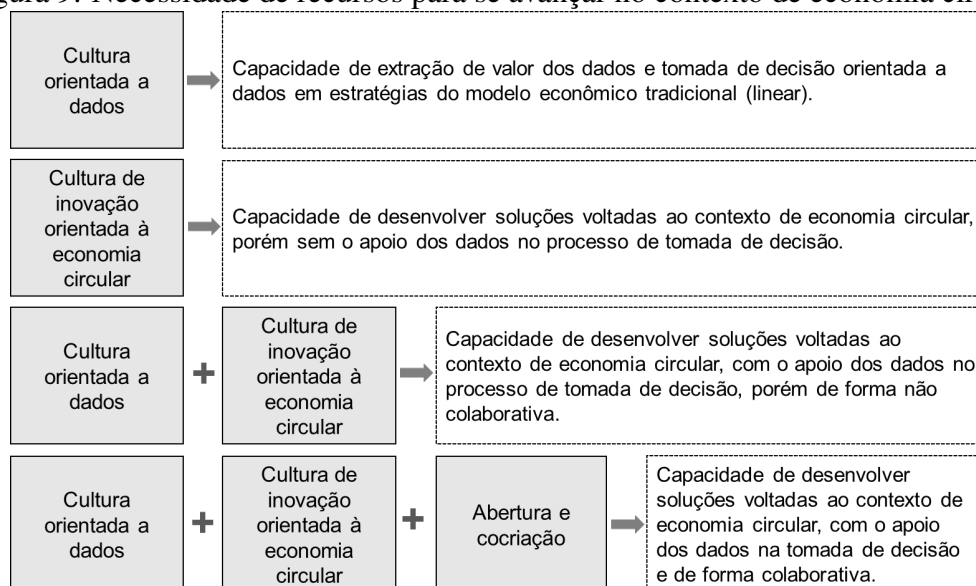
As estratégias de big data podem contribuir para permitir que dados de diferentes silos, vindos de diferentes *stakeholders*, sejam armazenados em arquiteturas que possibilitem a integração desses dados. A partir dessa abordagem integrativa, os dados podem ser analisados e podem fornecer uma visão mais ampla do aspecto da sustentabilidade, possibilitando extrair percepções que seriam inviáveis sem sua integração. Por exemplo, objetivando a integração dos dados, pode ser desenvolvida uma arquitetura que permita que produtores, *designers*, fornecedores, varejistas e governos tenham acesso ao mesmo conjunto de dados, para que, juntos, possam analisar, visualizar e discutir novas estratégias circulares (GUPTA et al., 2019).

Entretanto, assim como no contexto de economia circular, big data também é visto como uma abordagem holística, que demanda uma visão do todo para que se possa extrair percepções significativas. É observado que, mesmo diante da vasta quantidade de dados disponíveis atualmente, ainda não é claro como as empresas podem se beneficiar desses dados e utilizá-los para a definição de estratégias e a tomada de decisão. A literatura aponta que além dos recursos tangíveis, como dados e tecnologias, torna-se necessário se avançar também em recursos intangíveis e nas habilidades humanas (KRISTOFFERSEN et al., 2021). Nesse quesito, a cultura orientada a dados é considerada essencial para que big data seja adotado de forma efetiva. Nesse mesmo contexto, também é identificada a necessidade de uma cultura orientada à inovação

de modelos circulares, que possibilite repensar as estratégias adotadas por meio do pensamento linear de produção e consumo. Dessa forma, para que big data possa ser utilizado com o objetivo de auxiliar na transição para a economia circular, ambas culturas precisam existir em consonância.

Conforme apresentado na Figura 9, a evolução em direção às em soluções orientadas à circularidade que não considera a utilização de dados no processo de tomada de decisão incide no risco de não haver uma percepção adequada da estratégia. Por outro lado, uma empresa com a cultura orientada a dados, porém sem uma mentalidade orientada à circularidade, pode ser beneficiada por meio de estratégias apoiadas por dados, mas seguindo os princípios e os problemas decorrentes da economia linear. Por fim, a capacidade da empresa ser orientada a dados e orientada à inovação de modelos circulares, somada à capacidade de desenvolver estratégias por meio da co-criação, possibilita a essa oferecer valor a todos os elos da cadeia produtiva, enquanto avança na transição para a economia circular.

Figura 9: Necessidade de recursos para se avançar no contexto de economia circular.



Fonte: Autora.

Uma vez que o foco da economia circular vai além de estratégias isoladas e visa

atender aos pilares do desenvolvimento sustentável, a visão holística e sistêmica torna-se imprescindível na formulação de estratégias e na criação de valor dos modelos de negócios. Para se alcançar esse objetivo, a colaboração entre *stakeholders* é crucial, tanto de colaboradores internos quanto externos (GUPTA et al., 2019). Os colaboradores internos devem se comprometer ao desenvolvimento de soluções com foco na sustentabilidade e garantir que todas as etapas do ciclo de vida de um produto sejam sustentáveis. Os colaboradores externos, como os consumidores, são também peça chave para que a economia circular evolua, uma vez que o modelo de negócio circular só se mantém se esses perceberem o valor ofertado, e contribuírem para sua funcionalidade, como por exemplo, descartando o produto corretamente e tendo hábitos de consumo conscientes. Além disso, os colaboradores externos, referentes aos líderes de governos em diferentes esferas e formuladores de políticas públicas, também desempenham um papel essencial, promovendo meios para estimular práticas da economia circular, taxas para penalizar ações não sustentáveis e orientações sobre novos meios de produção e consumo (JABBOUR et al., 2019).

4 MODELO 7S PARA IMPLEMENTAÇÃO DE BIG DATA COMO APOIO NA TRANSIÇÃO PARA A ECONOMIA CIRCULAR

Este capítulo descreve o modelo proposto para a implementação de estratégias de big data como apoio à transição para a economia circular na indústria têxtil. Este modelo foi desenvolvido com base nas percepções obtidas a partir da revisão sistemática da literatura e da fundamentação teórica, apresentadas nos capítulos anteriores. Inicialmente, na Seção 4.1 discute-se a interseção entre big data e economia circular, identificando-se quais são as suas características em comum. Na sequência, o enunciado dos desafios referentes a big data e economia circular, utilizado para formalizar a proposta do modelo, é apresentado na Seção 4.2. Os requisitos do modelo são descritos na Seção 4.3. O modelo e as informações consideradas para sua formulação são apresentadas na Seção 4.4. Nesta seção, cada elemento do modelo é justificado, a partir da explicação de sua proposta. Na Seção 4.5, é detalhada a arquitetura do modelo por meio de uma estratégia gradual, visando apoiar a indústria têxtil no gerenciamento e na utilização dos dados de larga escala. Em seguida, uma proposta de implementação do modelo é apresentada na Seção 4.6. Por fim, a Seção 4.7 contém as observações do capítulo.

4.1 Interseção entre big data e economia circular

Conforme apresentado anteriormente, a proposta de economia circular tem caráter transformador, visando uma mudança de paradigma na produção e no consumo de

produtos, promovendo um sistema em harmonia com as dimensões econômicas, ambientais e sociais. Para se alcançar esse objetivo, identifica-se a necessidade de um pensamento sistêmico e holístico, de forma que os aspectos relacionados ao desenvolvimento sustentável sejam analisados em sua totalidade, considerando todos os níveis, todos os processos e todos os colaboradores envolvidos. Observa-se, no entanto, que o processo de transição ainda está em seu início, havendo barreiras e incertezas sobre sua execução, tanto por empresas, quanto por órgãos governamentais e institutos de pesquisa. Dessa forma, algumas iniciativas já incorporam aspectos de circularidade, porém, ao invés da adoção de inovação radical, adotam a circularidade a partir da inovação incremental, com atividades isoladas sendo realizadas para esse fim (SUCHEK et al., 2021; HO; BÖHM; MONCIARDINI, 2022). Dado esse cenário, identificam-se as similaridades entre o processo de transição para a economia circular e o processo de adoção de soluções orientadas a dados por meio de big data, ocorrido nas últimas décadas.

Assim como no caso da economia circular, não há um consenso em relação à definição de big data, de forma que sua definição é apresentada a partir de diferentes visões, como a tecnológica e a gerencial. Além disso, suas dimensões, de volume, variedade e velocidade denotam diferentes características de big data, tornando um desafio para as empresas identificarem se suas iniciativas estão ou não inseridas nesse contexto, bem como seu nível de maturidade.

Um outro ponto está relacionado ao fato de que a adoção de big data foi impulsionada pela possibilidade de as empresas utilizarem tecnologias de análise e processamento de dados em larga escala para a geração de novos modelos de negócios, com foco na geração e na entrega de valor a partir de uma abordagem orientada a dados, permitindo o desenvolvimento de funcionalidades que ofereçam diferencial competitivo e melhor experiência aos consumidores. A similaridade com economia circular, nesse contexto, deve-se ao fato de que a adoção de princípios de economia circular também possibilita a geração de novos modelos de negócios, na qual empresas po-

dem adotar estratégias de circularidade baseadas nos 10 R's (vide Seção 2.2.3.3) para formular estratégias com fins de sustentabilidade.

Uma outra característica similar entre big data e economia circular refere-se à necessidade de investimento em novas infraestruturas, para se alcançar o objetivo desejado. Conforme definido pela empresa de consultoria Gartner, big data trouxe a necessidade de as empresas investirem em soluções rentáveis de processamento da informação, para que assim pudessem extrair valor e melhorar suas percepções no processo de tomada de decisão (GANDOMI; HAIDER, 2015). Empresas de grande porte beneficiam-se pelo fato de terem maior investimento para reformular sua infraestrutura de dados e se adequarem às necessidades de big data. Em contraste, pequenas empresas, como *startups*, por exemplo, podem ser beneficiadas por terem a oportunidade de iniciar sua infraestrutura já no contexto de big data, facilitando o desenvolvimento de testes de modelos de negócios a partir de soluções orientadas a dados.

Um cenário similar tem-se percebido no contexto de economia circular. Por exemplo, considerando a indústria têxtil, as empresas consolidadas, de grande porte, incorporam a circularidade de forma incremental, desenvolvendo e testando princípios de circularidade em algumas iniciativas, para assim medir e avaliar a melhor estratégia a ser adotada. Empresas menores, como pequenas empresas na área de produção e comercialização de tecidos e vestuário podem iniciar seu modelo de negócio orientado à circularidade, implantando essa cultura de inovação em seu DNA.

Outra característica relevante refere-se à necessidade de uma visão ampliada do contexto; ao se elaborar uma estratégia. Ao desenvolver um projeto de big data, identifica-se a necessidade de integrar dados de diversas fontes, para que a análise de dados a ser realizada compreenda uma visão ampla do contexto e assim possa identificar padrões e percepções até então considerados ocultos, uma vez que os silos de dados impedem essa identificação. De forma similar, porém ainda mais desafiadora, a economia circular prevê a necessidade de integrar dados de diferentes colaboradores,

para que a estratégia seja realizada a partir de uma visão cooperativa, de apoio e benefício mútuo. Assim, identifica-se que, em projetos de big data, houve a necessidade de uma mudança organizacional nas empresas, para que essas possibilitassem a remoção de silos e a integração de dados internos e externos, viabilizando a extração de valor dos dados. Pressupõe-se, portanto, que a economia circular também exige mudanças significativas das empresas, para que essas possam executar suas práticas circulares.

Identifica-se, também, o fato de que big data trouxe a necessidade de novos regulamentos e legislações que direcionassem empresas e consumidores em relação ao uso dos dados. Um dos regulamentos mais significativos foi a *General Data Protection Regulation* (GDPR), ou Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados, que entrou em vigor em 2018, na União Europeia (GDPR, 2018). Esse regulamento estabeleceu diretrizes referentes à privacidade e à proteção de dados pessoais, orientando empresas sobre como elas devem e podem utilizar dados de indivíduos em suas estratégias, bem como quais são os direitos e os deveres dos indivíduos em relação a seus dados. No Brasil, foi sancionada em 2018 e entrou em vigência em 2020 a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), Lei nº 13.709/2018, com objetivo similar ao do GDPR, trazendo a necessidade de as empresas se adequarem aos regulamentos impostos em relação ao uso de dados pessoais (PLANALTO, 2018).

Percebe-se, nesse cenário, que o aumento de escala de soluções guiadas por dados culminou na necessidade de estabelecer regras governamentais que determinassem a adoção de dados em soluções de big data, evitando assim a existência de estratégias que resultem em impacto negativo aos indivíduos. Observa-se também a necessidade de novas políticas e regulamentos que apoiem o processo de transição para a economia circular, estabelecendo-se normas que permitam verificar se as empresas estão adotando as práticas em conformidade com os pilares de sustentabilidade. Como exemplo, tem-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/10, que determina em nível nacional diretrizes para o setor público e privado referentes à gestão de

resíduos sólidos, contribuindo para a implementação de práticas da economia circular (PLANALTO, 2010). Destaca-se também a implantação de Normas Voluntárias de Sustentabilidade (NVS), desenvolvidas por ONGs e grupos empresariais, como uma estratégia para o cumprimento de práticas de desenvolvimento sustentável (CASTKA; SEARCY; FISCHER, 2020).

Um resumo das observações referentes à interseção entre big data e economia circular é apresentado na Tabela 9. Identifica-se, diante do exposto, que ambos os conceitos, big data e economia circular, apesar de serem discutidos há décadas, ainda são considerados conceitos emergentes e requerem mudanças significativas para serem adotados. Ambos não são identificados como o objetivo final, mas sim como instrumentos para se alcançar um objetivo. Tecnologias de big data são adotadas como instrumento para se alcançar o objetivo de maior percepção sobre os dados e apoio no processo de tomada de decisão. Economia circular, por sua vez, é identificada como um instrumento para se alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável, por meio de estratégias circulares.

Por fim, somado aos fatores previamente apresentados, conforme a revisão sistemática apresentada no capítulo anterior, big data pode também ser utilizado como habilitador para apoiar a transição para a economia circular, provendo técnicas e tecnologias que podem contribuir para a melhor compreensão das práticas de economia circular adotadas. Ao considerar a adoção de big data como apoio à transição para a economia circular na indústria têxtil, torna-se necessária a identificação de estratégias que possibilitem o avanço simultâneo de ambos os conceitos, no que se refere tanto à capacidade de extração de valor dos dados, quanto à inovação orientada à economia circular.

Tabela 9: Intersecção entre big data e economia circular.

Big Data	Economia Circular
O termo é definido a partir de diferentes perspectivas, tais como a tecnológica e a gerencial. Além disso, determinar o nível de maturidade em relação ao volume, variedade e velocidade dos dados não é trivial.	O termo por vezes também é considerado sobre um aspecto específico, tornando desafiador identificar o nível de maturidade de uma determinada iniciativa.
Big data trouxe a possibilidade de gerar e entregar valor em novos modelos de negócios orientados a dados.	A economia circular trouxe a possibilidade de empresas desenvolverem novos modelos de negócios a partir de estratégias de circularidade.
Big data trouxe a necessidade de investimentos em infraestrutura para lidar com o volume, a variedade e a velocidade de dados.	A economia circular também trouxe a necessidade de reformulação da infraestrutura atual, com modelos de negócios orientados à circularidade.
Big data requer a remoção de silos e a integração de dados de diferentes fontes para aperfeiçoar o processo de extração de valor dos dados.	A economia circular requer uma visão holística, integrando dados de diferentes <i>stakeholders</i> , atuando assim de maneira colaborativa na estratégia de um modelo de negócio circular.
Big data trouxe a necessidade de novos regulamentos e legislações que direcionassem empresas e consumidores em relação ao uso dos dados.	A economia circular trouxe também a necessidade de novas políticas e regulamentos para apoiar o processo de transição para a economia circular.

Fonte: Autora.

4.2 Desafios da integração entre big data e economia circular

A partir do cenário apresentado, identifica-se que a adoção de big data como apoio à transição para a economia circular na indústria têxtil pode contribuir para o desenvolvimento sustentável. Ao alinhar as capacidades de big data com a inovação orientada à circularidade, torna-se possível obter informação e conhecimento que contribuem com o avanço na transição e assim no equilíbrio entre as dimensões de sustentabilidade econômicas, ambientais e sociais.

A partir da revisão sistemática, identificou-se que o big data pode contribuir com a economia circular no que tange à capacidade de aumento de compreensão dos dados, à capacidade de monitoramento em tempo real dos dados, ao apoio ao desenvolvimento

de modelos preditivos, ao processo de tomada de decisão e à colaboração entre *stakeholders*. Para isso, foram identificados, também, requisitos que devem ser atendidos e barreiras que devem ser rompidas para que a integração entre big data e economia circular ocorra, tanto em âmbito geral quanto no contexto da indústria têxtil. Dessa forma, os seguintes problemas foram estabelecidos:

- **Captura, integração e compartilhamento de dados:** conforme foi identificado, a colaboração é considerada crucial para a definição de estratégias no modelo de economia circular. Considerando o apoio de big data na transição para esse modelo, torna-se imprescindível que a infraestrutura estabelecida forneça mecanismos que possibilitem a captura, a integração e o compartilhamento de dados com os *stakeholders*. A captura é necessária para obter tanto dados de diferentes *stakeholders*, como também dados referentes a todas as etapas do ciclo de vida de um produto. A integração dos dados também faz-se necessária, para possibilitar que os dados capturados sejam analisados a partir de uma visão integrada, removendo silos. Por fim, o compartilhamento dos dados é essencial, uma vez que a economia circular parte do pressuposto que todos os envolvidos devem participar no processo de transição, definindo-se estratégias que gerem benefícios mútuos.
- **Processamento de dados em larga escala:** uma vez que se faz premente a análise de dados de forma integrada, torna-se necessária uma infraestrutura que possibilite a captura, o armazenamento e o processamento de dados em larga escala, viabilizando a construção de modelos preditivos e prescritivos de acordo com o desempenho e o tempo de execução exigido pela aplicação. Portanto, soluções de armazenamento e processamento distribuído são consideradas cruciais para viabilizar a escalabilidade horizontal da infraestrutura.
- **Análise de dados em tempo real:** para prover os benefícios identificados na revisão sistemática, torna-se necessária a implementação de estratégias que pos-

sibilitem a captura e a análise de dados em tempo real, principalmente em soluções voltadas ao monitoramento e à análise prescritiva, que requerem a análise imediata de um evento, a partir do momento de sua ocorrência.

- **Extração de percepções a partir de uma visão holística:** diferente das soluções orientadas a dados no contexto do modelo de produção linear, a adoção de big data com foco na economia circular requer a análise de dados que possibilite extrair percepções a partir de uma visão holística, contemplando as dimensões econômicas, ambientais e sociais das estratégias circulares, ao longo de todo o ciclo de vida do produto.

Diante desse contexto, percebe-se que os problemas endereçam tanto as necessidades oriundas de projetos de big data quanto as oriundas de projetos de economia circular, oferecendo subsídios para que big data auxilie na transição para a economia circular. Dessa forma, com foco em endereçar os desafios de integração entre big data e economia circular, os requisitos do modelo proposto são apresentados a seguir.

4.3 Requisitos do modelo de integração entre big data e economia circular

A partir dos desafios de integração de big data e economia circular descritos na seção anterior, foram especificados os Requisitos Funcionais (RF) e os Requisitos Não Funcionais (RNF) que o modelo proposto deve atender:

- **Requisito Funcional 1 (RF1)** - Possibilitar que as tecnologias de big data sejam utilizadas para coletar, armazenar, processar, analisar e gerenciar dados e indicadores oriundos de diversas fontes ao longo da cadeia produtiva da indústria têxtil, ocorrendo a integração e a interoperabilidade dos dados.
- **Requisito Funcional 2 (RF2)** - Fornecer mecanismos para que as habilidades de

análise de dados no contexto de big data de uma empresa possam ser utilizadas no desenvolvimento de análises com foco na economia circular.

- **Requisito Funcional 3 (RF3)** - Possibilitar que as empresas gradualmente extraiam percepções dos dados a partir de uma abordagem holística, considerando todo o ciclo de vida dos produtos e os pilares de desenvolvimento sustentável, por meio da obtenção de dados econômicos, ambientais e sociais.
- **Requisito Funcional 4 (RF4)** - Oferecer uma visão holística que integre dados de toda a cadeia produtiva na indústria têxtil por meio da colaboração entre *stakeholders* no desenvolvimento e na adoção de estratégias circulares, possibilitando a compreensão desses dados por colaboradores com diferentes habilidades.
- **Requisito Funcional 5 (RF5)** - Prover mecanismos que ofereçam o desempenho necessário para o desenvolvimento de análise descritivas, preditivas e prescritivas, para que as empresas possam obter melhores percepções em relação às suas iniciativas em direção à economia circular.
- **Requisito Funcional 6 (RF6)** - Coletar dados em larga escala, que são obtidos de diferentes fontes ao longo da cadeia produtiva e podem ser armazenados no decorrer do tempo, gerando uma base histórica que viabilize o desenvolvimento de modelos preditivos e prescritivos, a partir de mecanismos de aprendizado de máquina e de IA.
- **Requisito Funcional 7 (RF7)** - Capturar, processar e analisar dados em tempo real, para que as empresas possam identificar riscos, monitorar eventos e identificar tendências conforme novos eventos sejam gerados.
- **Requisito Funcional 8 (RF8)** - Definir mecanismo para coleta de dados de forma padronizada, de acordo com um padrão estabelecido entre os colaboradores. Isso possibilita que tais dados possam ser comparados posteriormente,

para fins de monitoração, auditoria e avaliação de desempenho dos indicadores de circularidade.

- **Requisito Funcional 9 (RF9)** - Obter os dados de forma sistemática, possibilitando o monitoramento contínuo das empresas e de seus fornecedores, em relação às suas práticas de sustentabilidade.
- **Requisito Funcional 10 (RF10)** - Remover silos de dados, ainda amplamente adotado na indústria têxtil, provendo formas para que a gestão da informação possibilite a extração de conhecimento dos dados, a partir da cooperação inter-setorial.
- **Requisito Funcional 11 (RF11)** - Implantar uma plataforma colaborativa de dados, que permita a cooperação no processo de extração de percepções de dados em termos de sustentabilidade.
- **Requisito Funcional 12 (RF12)** - Prover o avanço gradual na maturidade analítica da empresa, em relação às estratégias circulares, de forma que a empresa adquira as capacidades necessárias para a extração de valor a partir da análise descritiva, preditiva e prescritiva.
- **Requisito Não Funcional 1 (RNF1)** - Prover mecanismos de segurança e privacidade dos dados, de forma que os *stakeholders* possam compartilhar suas informações em uma plataforma confiável e em conformidade com leis regulatórias.

Após o levantamento dos requisitos, foram identificadas as funcionalidades a serem contempladas pelo modelo a ser proposto. A partir dessa identificação, a proposta de modelo, apresentado nessa tese, pode ser compreendida por meio dos seguintes artefatos:

- **Especificação do modelo.** Conforme apresentado na Seção 4.4, a especificação do modelo contém informações referentes a seus elementos, identificando como esses atendem aos requisitos levantados. Uma representação visual do modelo proposto é apresentada na Figura 10.
- **Arquitetura do modelo.** Em complemento à especificação do modelo, esse trabalho também apresenta, na Seção 4.5, a arquitetura do modelo, visando contribuir no processo de adoção desse pelas empresas. Propõe-se, nesse contexto, uma arquitetura que possibilite a adoção do modelo de forma gradual, em termos de maturidade analítica. A Figura 11 contém uma representação visual da arquitetura do modelo.
- **Implementação do modelo.** Na Seção 4.6 é apresentada uma proposta de implementação do modelo, identificando as camadas necessárias para atender aos requisitos do modelo e sua arquitetura. Na Figura 12 é apresentada uma representação visual dessa proposta de implementação.

4.4 Especificação do modelo 7S

Denominado 7S, o modelo é proposto sobre a hipótese de que, para apoiar a transição para a economia circular na indústria têxtil, endereçando os problemas previamente identificados, a arquitetura de dados a ser implementada deve suportar: dados compartilhados (*shared data*), dados sociais (*social data*), dados escaláveis (*scalable data*), dados em tempo real (*streaming data*), dados padronizados (*standard data*), dados sistemáticos (*systematic data*) e dados seguros (*secure data*). Tais elementos foram identificados a partir do levantamento realizado na revisão sistemática da literatura, que possibilitou uma visão sobre os requisitos previamente listados, para que as tecnologias de big data possam apoiar empresas da indústria têxtil na sua jornada para a economia circular.

Conforme apresentado na Figura 10, os elementos pertencentes ao modelo 7S estão ancorados em três diferentes perspectivas: colaboração, percepção e governança dos dados.

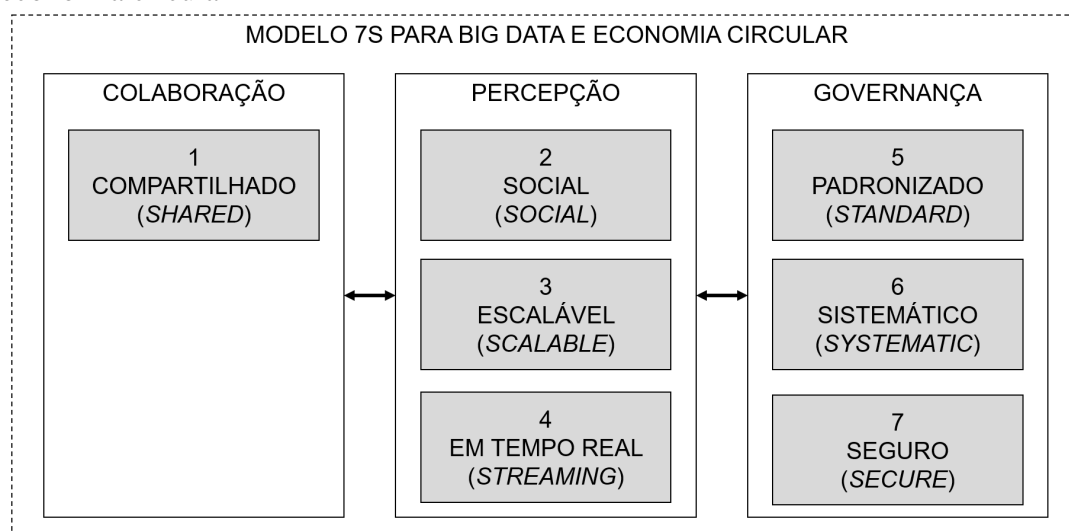
A **colaboração**, referente aos requisitos RF3, RF4, RF10 e RF11, é considerada um fator-chave para se alcançar os objetivos do modelo proposto. Foi identificada a necessidade de uma visão holística de toda a cadeia produtiva na indústria têxtil, em que os *stakeholders* estabeleçam uma parceria colaborativa nas estratégias circulares e o compartilhamento dos dados torne-se crucial para prover essa colaboração. Dessa forma, o compartilhamento dos dados também incorpora o envio e o recebimento de dados, uma vez que há a necessidade dos envolvidos compartilharem seus dados em uma mesma infraestrutura (RF10 e RF11).

A **percepção**, relacionada aos requisitos RF1, RF2, RF5, RF6 e RF7, está relacionada à capacidade do modelo prover mecanismos para o desenvolvimento de análise descritivas, preditivas e prescritivas, para que as empresas possam obter melhores percepções em relação às suas iniciativas em direção à economia circular. Dessa forma, a percepção também requer que os dados sejam obtidos de uma esfera social, possibilitando capturar informações oriundas dos *stakeholders* internos, como gestores e acionistas, e externos, como consumidores e governantes. Torna-se também necessário que os dados sejam coletados em larga escala, podendo ser obtidos de diferentes fontes ao longo da cadeia produtiva, e serem armazenados no decorrer do tempo, gerando uma base histórica que possibilite o desenvolvimento de modelos de aprendizado de máquina e de IA. Além disso, torna-se necessário a obtenção de dados em tempo real, para que empresas possam identificar riscos e tendências conforme novos eventos são gerados.

Por fim, além da colaboração e da percepção, a **governança de dados**, referente aos requisitos RF8, RF9 e RNF1, é crucial para que o modelo atenda às necessidades de uma empresa. Nesse cenário, foi identificado que a infraestrutura deve ser proje-

tada para permitir que os dados sejam coletados de forma padronizada, de acordo com um padrão estabelecido pela indústria (RF8), possibilitando que tais dados possam ser comparados posteriormente, para fins de monitoração, auditoria e avaliação de desempenho dos indicadores de circularidade. Também foi identificada a necessidade de que os dados sejam obtidos de forma sistemática, possibilitando o monitoramento contínuo das empresas e de seus fornecedores, em relação às suas práticas de sustentabilidade (RF9). Por fim, torna-se necessário que o modelo considere mecanismos para prover a segurança dos dados, de forma que os *stakeholders* possam compartilhar suas informações em uma plataforma confiável e em conformidade com leis de proteção de dados (RNF1).

Figura 10: Modelo 7S para aplicabilidade de big data com foco na transição para a economia circular



Fonte: Autora.

4.5 Proposta de arquitetura de modelo

O modelo proposto visa atender às necessidades de se avançar de forma conjunta tanto na capacidade de extração de valor dos dados por meio de big data, como na

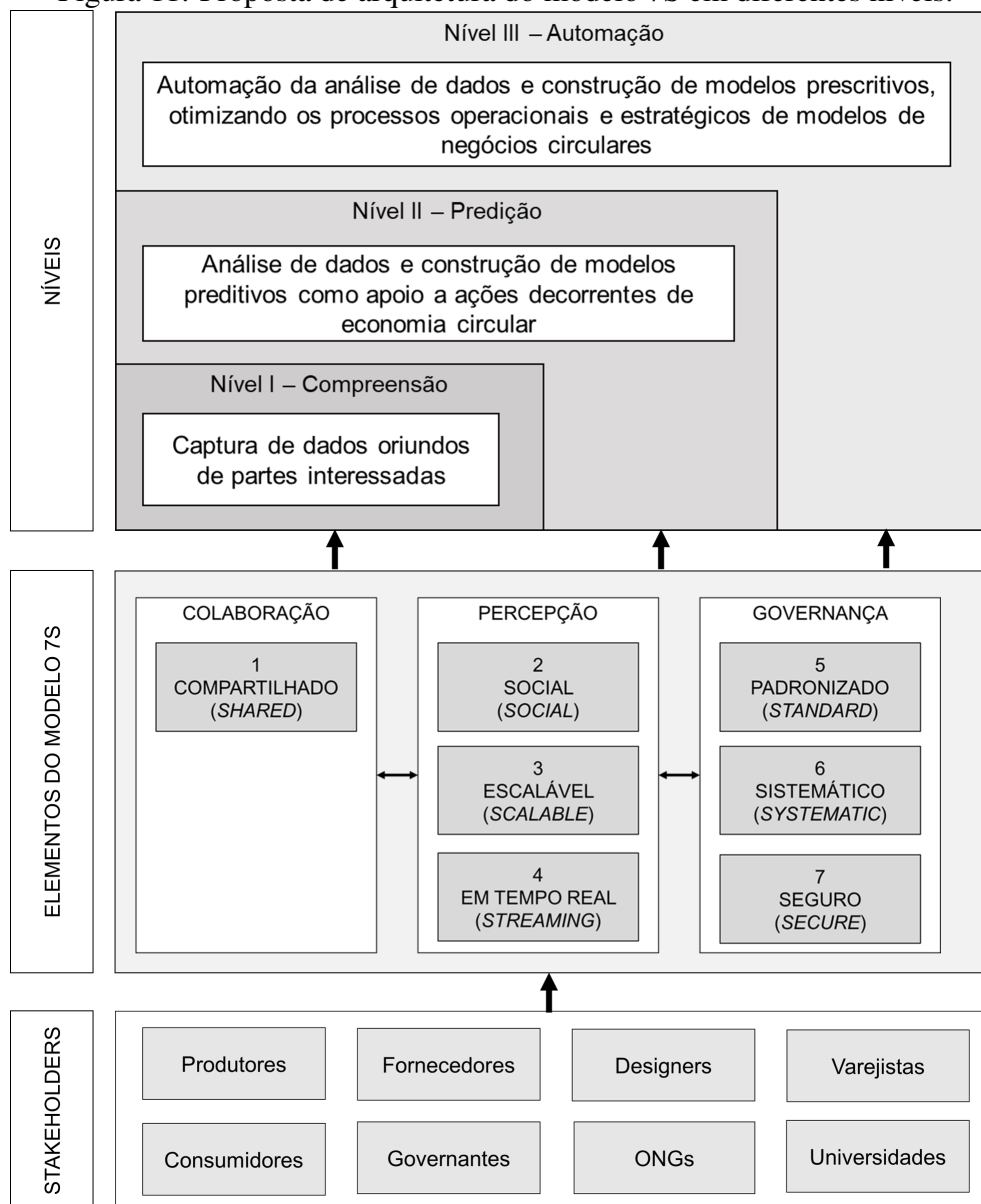
capacidade de se avançar nas estratégias circulares. Portanto, propõe-se a arquitetura do modelo de forma a auxiliar no desenvolvimento da captura, processamento e análise de dados voltados às estratégias circulares (RF12). Também identifica-se a necessidade de integrar dados para que seja possível obter uma visão holística, compreendendo o ciclo de vida do produto, os materiais utilizados, o impacto causado na produção e no consumo, e os meios para que esse produto possa ser absorvido pela natureza ou reutilizado em um ciclo técnico (RF4).

Para que se possa obter essa visão holística, uma das primeiras etapas propostas em relação à uma solução orientada a dados é a obtenção e a compreensão desses dados. Conforme apresentado na síntese dos resultados da revisão sistemática, na Seção 3.3, para que big data possa contribuir com soluções no contexto da economia circular deve ocorrer a disponibilização e a compreensão dos dados de todo o ciclo de vida do produto, além de dados adicionais que possam fornecer percepções a serem adotadas no processo de tomada de decisão (RF1). Diante desse exposto, observa-se que, embora as soluções de análise preditiva e prescritiva possam oferecer maiores retornos de investimento e maior capacidade analítica, elas somente são possíveis de serem executadas a partir de uma compreensão adequada dos dados. Dessa forma, visando atender ao requisito RF12, o modelo apresentado é proposto como uma estratégia de implementação gradual da extração de valor dos dados, conforme a empresa adquiere maturidade em sua capacidade analítica.

Conforme apresentado na Figura 11, propõe-se que a arquitetura do modelo 7S seja aplicada em três diferentes níveis: o nível de compreensão dos dados, obtidos por estratégias de análises descritivas; o nível de predição, obtidos a partir do desenvolvimento de modelos preditivos e por fim; o nível de automação, obtido pela capacidade de extração de conhecimento da análise prescritiva. Em cada nível, os elementos do modelo 7S devem ser implementados, atendendo às necessidades conforme o nível de maturidade analítica. Diante dessa abordagem, pressupõe-se que a empresa passe a

adquirir uma compreensão bem estabelecida sobre os dados que necessitam ser capturados, integrados e analisados, para atender as necessidades de sua estratégia circular.

Figura 11: Proposta de arquitetura do modelo 7S em diferentes níveis.



Fonte: Autora.

É possível identificar, também, conforme apresentado na Figura 11, que a arquitetura do modelo é proposta de forma a permitir que diferentes *stakeholders* (e.g., produtores, fornecedores, varejistas, consumidores) façam uso dos elementos propostos, compartilhando e contribuindo na execução de desses.

Nas seções a seguir é possível identificar as características de cada nível, em relação aos elementos do modelo 7S.

4.5.1 Nível I - Compreensão

O primeiro nível proposto, de compreensão, visa a capacitação da empresa para que essa obtenha os mecanismos essenciais para alcançar uma visão adequada da estratégia referente ao contexto de economia circular, a partir dos dados. Assim, nesse nível espera-se que os dados e os indicadores obtidos possam ser adquiridos, compreendidos e gerenciados, além de serem compartilhados com demais membros da cadeia produtiva (RF1 e RF10). Conforme apresentado por Ertz et. al (2022), além de contribuir para a compreensão do ciclo de vida de um produto, a análise descritiva também contribui para a compreensão do comportamento do usuário, provendo meios para melhor avaliar a aceitação e a utilização dos produtos a partir da estratégia de circularidade adotada (ERTZ et al., 2022).

Nesse contexto, é descrito como cada elemento do modelo 7S se enquadra nesse nível:

Compartilhado (*Shared*) - Nesse nível, esse elemento refere-se ao compartilhamento dos indicadores adquiridos com os colaboradores internos e externos à organização. Nesse quesito, visando atender ao requisito RF4, propõe-se que os dados sejam apresentados por meio de relatórios ou painéis de visualização de dados, podendo assim contextualizar informações obtidas por meio da integração dos dados. Considerando que os dados devem ser compartilhados com colaboradores com diferentes habilidades, deve-se levar em consideração que cada profissional possui uma visão e um nível de conhecimento diferente sobre a economia circular na indústria têxtil. Por exemplo, um produtor de algodão normalmente tem uma visão mais operacional e menos estratégica do que um diretor executivo de uma organização, assim como um consumidor tem uma visão diferente de um profissional em uma entidade

governamental. Nesse sentido, para que o compartilhamento de dados seja inclusivo, sugere-se a visualização de métricas e indicadores sob diferentes perspectivas. Para esse contexto, as ferramentas de visualização de dados, tais como Power BI e Tableau, podem contribuir para que esses dados sejam apresentados de forma compreensível.

Social (Social) - Em relação a dados sociais, são propostas, visando atender ao requisito RF3, a captura de dados e a extração de métricas que possibilitem a compreensão das condições de trabalho dos colaboradores internos e externos da organização. Esses dados são de vital importância para possibilitar a análise da efetividade da estratégia circular adotada, visando avaliar se essa estratégia circular está atendendo aos aspectos sociais de sustentabilidade. Além dessa abordagem, esse elemento também visa a definição de estratégias de dados referentes à captura de dados sobre o comportamento dos consumidores, para posteriormente identificar meios para atender suas necessidades e utilizar essa informação no processo de tomada de decisão. Ou seja, nesse nível, os dados capturados não são necessariamente analisados e utilizados em modelos analíticos. O objetivo é possibilitar a determinação de estratégias que possibilitem a captura dos dados, para que, posteriormente, ao se avançar no nível de maturidade, tais dados já estejam obtidos e estruturados, com mecanismos preparados para a análise (RF12).

Escalável (Scalable) - Nesse nível, além de prover mecanismos para o compartilhamento e captura de dados sociais, é necessário projetar mecanismos que possibilitem a captura, o armazenamento e o processamento de dados em larga escala (RF6). Torna-se necessário projetar uma infraestrutura que esteja preparada para a aquisição de dados de diferentes fontes, coletados em diferentes estágios da cadeia produtiva, e que ofereça recursos para que esses dados sejam armazenados de forma distribuída (RF1), possibilitando escalar a solução conforme novas fontes de dados forem capturadas. Dessa forma, ao projetar uma infraestrutura escalável já nesse primeiro nível, a empresa estará preparada para o recebimento de novas fontes de dados, conforme

ampliam-se as fontes de dados adquiridas e avança-se nas análises de dados realizadas.

Em tempo real (*Streaming*) - Conforme identificado na revisão sistemática, a capacidade de uma solução de big data de capturar e analisar dados em tempo real pode contribuir para a otimização de diversas práticas no contexto de economia circular, tais como o monitoramento do processo produtivo, do sistema logístico e de sensores ambientais (RF7). A proposta desse nível é que a empresa esteja apta para a captura de dados a partir da geração de eventos em tempo real ou quase tempo real. Assim, propõe-se a implementação de mecanismos de ingestão e visualização de dados a partir dessa abordagem baseada em *streaming* de dados.

Padronizado (*Standard*) - Um dos desafios inerentes ao compartilhamento e à integração de dados é a falta de um método que defina os padrões referentes ao formato e à estrutura dos dados a serem integrados. Assim, o elemento nesse nível tem como objetivo a proposta de uma estratégia que possibilite a aquisição e o armazenamento dos dados de acordo com uma padronização pré-determinada (RF8). Porém, uma vez que a empresa pode não ter o controle sobre a geração dos dados, torna-se necessário identificar meios para que esses possam ser adquiridos em diferentes estruturas e posteriormente, já dentro da organização, sejam refinados, a partir de um critério de padronização pré-determinado.

Sistemático (*Systematic*) - Além dos elementos já apresentados, identificou-se a necessidade de um elemento com o objetivo de prover mecanismos para que os dados necessários para a análise sejam gerados e estejam disponíveis para a captura e a integração com demais dados. Nesse contexto, propõe-se a determinação de uma rotina em que os dados sejam continuamente adquiridos, de acordo com uma política pré-estabelecida (RF9). Essa capacidade poderá auxiliar para que as análises de dados posteriores não sejam impactadas por questões de falta de dados e/ou incompletude desses.

Seguro (*Secure*) - Por fim, conforme foi identificado na revisão sistemática, é crucial garantir que todos os dados sejam adquiridos, armazenados e acessados de forma segura, permitindo que outros colaboradores autorizados tenham acesso a esses, além de verificar se esses estão em conformidade com as leis de proteção de dados existentes (RNF1). A determinação de mecanismos de segurança logo no início de projeto orientado a dados pode evitar que a empresa avance em sua capacidade analítica sem considerar a segurança como um requisito do projeto.

Uma vez estabelecidos esses pontos, a empresa passa a ser capaz de obter uma compreensão ampliada do contexto em que a estratégia de economia circular está sendo estabelecida. Por exemplo, a partir dessa compreensão, os dados podem ser utilizados para identificar em qual etapa da cadeia está havendo maior emissão de carbono, como estão as condições de produção dos fornecedores, a logística dos produtos e a quantidade de materiais extraídos. Embora a análise dos dados não resolva a situação da empresa em relação à sustentabilidade, ela pode fornecer a compreensão sobre o cenário atual e contribuir com a identificação de meios para que a estratégia circular seja executada de forma efetiva.

4.5.2 Nível II - Predição

Uma vez que os elementos do modelo 7S foram estabelecidos e implementados, torna-se possível avançar na capacidade analítica, para se atingir o nível de percepção. Nesse quesito, a empresa torna-se capaz de utilizar conjuntos históricos e em tempo real de dados e desenvolver mecanismos para identificar antecipadamente a ocorrência de uma ação, como por exemplo, a previsão de demanda, a previsão de tendência do consumidor e a previsão de materiais necessários para a produção de um produto (RF6 e RF7). A partir dessa capacidade, busca-se aumentar a vantagem competitiva, possibilitando assim agir proativamente de acordo com o cenário observado.

No quesito de estratégias circulares, é crucial que essas análises sejam estabele-

cidas com foco de promover: o prolongamento da vida útil do produto; a produção têxtil de maneira a não afetar o meio ambiente e o bem-estar social; e, também, a definição de meios para que o produto possa ser reutilizado. A definição de como serão realizadas essas análises depende do cenário em que a empresa se enquadra e de sua responsabilidade com os outros elos da cadeia. Por exemplo, uma empresa recicladora tem como foco a capacidade de extrair recursos de um produto para que ele seja reutilizado em outros processos, portanto, não é de sua responsabilidade a análise de dados referentes ao prolongamento da vida útil do produto. Porém, a empresa por ser afetada pelas ações que são tomadas ao longo da cadeia, pode, também, contribuir na formulação de indicadores que devem ser coletados na etapa de análise descritiva.

A seguir são descritos como os elementos do modelo 7S podem alcançar a capacidade analítica apresentada nesse nível.

Compartilhado (*Shared*) - Assim como na análise descritiva, essa etapa visa o compartilhamento dos resultados com os demais colaboradores da empresa. Entretanto, nesse nível, propõe-se a identificação de modelos preditivos ao longo da cadeia produtiva e em diferentes setores, como a de *marketing*, de *design* e de manufatura. Os dados capturados a partir da abordagem de análise descritiva podem ser utilizados para desenvolver modelos que demonstrem prospecções futuras da empresa em relação à economia circular (RF10). Dessa forma, o compartilhamento deve ser não somente dos dados brutos e de indicadores, como também de resultados obtidos a partir desses modelos, para que assim essas informações auxiliem na compreensão das melhores práticas sustentáveis a serem adotadas.

Social (*Social*) - Além da capacidade de extrair dados referentes ao âmbito social, esse elemento nesse nível também propõe a implementação de algoritmos preditivos, fornecendo novas percepções sobre essa dimensão. Nesse caso, é proposta a implementação de estratégias de *people analytics*, uma área de big data *analytics* que visa compreender como os dados podem auxiliar na gestão de recursos humanos (TUR-

SUNBAYEVA; LAURO; PAGLIARI, 2018). Também, propõe-se a execução de algoritmos voltados à análise de redes sociais, para assim compreender questões relacionadas aos consumidores, possibilitando prever suas necessidades, as tendências de consumo e seu comportamento socioambiental (RF3). Em adição, os dados de mídias sociais também podem ser integrados aos dados internos das organizações para identificar se a visão do consumidor está alinhada com a proposta de valor da empresa. Além disso, as análises sobre a integração de dados podem fornecer novas percepções de *marketing* com viés de sustentabilidade para envolver os consumidores nos modelos de negócios circulares.

Escalável (*Scalable*) - Nesse elemento, propõe-se que seja identificado mecanismos para garantir não somente que os dados possam ser armazenados em ambientes distribuídos, de larga escala, mas que também a infraestrutura ofereça meios para atender ao desempenho da execução dos modelos preditivos (RF5 e RF6). Dessa forma, devem ser identificadas quais tecnologias são necessárias para a execução dos algoritmos selecionados, para assim planejar como a infraestrutura irá atender às necessidades computacionais desses modelos preditivos.

Em tempo real (*Streaming*) - Nesse nível, é determinado como os dados em tempo real podem ser capturados e inseridos em modelos preditivos. Deve ser também avaliada a estratégia de treinamento do modelo, podendo esses serem utilizados por meio de dados históricos ou a partir de dados de *streaming* (RF7). Nesse segundo caso, deve também ser avaliado se o modelo selecionado será atualizado em tempo real ou a partir de um processo off-line.

Padronizado (*Standard*) - A análise preditiva requer mecanismos que possibilitem definir como esses dados serão analisados e utilizados no processo de tomada de decisão por meio de modelos preditivos. Deve ser identificado como os dados originais serão convertidos para se adequarem aos dados que os algoritmos necessitam (RF8). Aqui, devem ser determinadas estratégias de limpeza, normalização, integração e tra-

tamento de dados, além de serem definidos quais algoritmos serão utilizados, e quais soluções irão atender.

Sistemático (*Systematic*) - O objetivo é determinar políticas referentes à adoção dos algoritmos preditivos, identificando o método que deve ser adotado no desenvolvimento dos modelos preditivos e garantindo que as mesmas estratégias de construção e implantação dos modelos sejam adotadas por diferentes colaboradores (RF9).

Seguro (*Secure*) - Por fim, nesse nível também deve-se avançar no quesito segurança, para providenciar mecanismos que impeçam o acesso e a manipulação indevida dos modelos desenvolvidos. Sugere-se a adoção do conceito de *privacy-by-design*, no qual os modelos passam a ser implementados já utilizando estratégias de segurança e de privacidade dos dados (LANGHEINRICH, 2001). Nesse quesito, também é sugerido a avaliação de questões referentes à explicabilidade dos algoritmos, algo atualmente debatido na área de IA (RNF1).

4.5.3 Nível III - Automação

Por fim, a estratégia do modelo 7S pode ser aplicada também à capacidade de análise prescritiva (RF5 e RF12). O objetivo é proporcionar às empresas mecanismos para que os sistemas inteligentes utilizados sejam capazes de responder apropriadamente ao conhecimento adquirido, proporcionando respostas e ações de acordo com o que for predefinido a esses.

No quesito da economia circular na indústria têxtil, a análise prescritiva pode ser utilizada para diferentes abordagens, tais como: automação inteligente de máquinas de reciclagem; regulação de equipamentos para apontar e controlar emissões de gases e consumo de água excessivos; apresentação da melhor forma de corte de um vestuário para não gerar resíduos; geração de recomendações automatizadas aos consumidores; e a identificação da melhor escolha de materiais para a confecção de um produto, visando mitigar ou eliminar impacto ambiental por ele causado.

Entretanto, a análise prescritiva é a mais desafiadora, comparado com os níveis anteriores. Sua proposta de ser totalmente orientada a dados, sem haver a necessidade de intervenção humana na tomada de decisão, torna-a ao mesmo tempo inovadora e arriscada, havendo a necessidade de um controle rígido sobre a qualidade dos dados e do resultado dos algoritmos utilizados. Tornam-se, também, necessários conjuntos de dados de larga escala, que possibilitem a construção de algoritmos com alta taxa de exatidão. Diante desse cenário, ainda são poucas as empresas que incorporam a análise prescritiva em suas práticas, porém ela é uma das mais almejadas, devido ao valor que essa oferece.

Na análise prescritiva, as seguintes orientações relacionadas ao modelo 7S são apresentadas:

Compartilhado (*Shared*) - Uma vez que a economia circular requer uma visão holística na tomada de decisão, é crucial que os modelos prescritivos possam ser adotados em diferentes níveis do ciclo de produção (RF3). Nesse nível propõe-se tanto o compartilhamento de dados para a construção dos modelos, bem como o compartilhamento dos resultados obtidos por esses dados, para que as percepções obtidas possam ser exploradas em diferentes abordagens.

Social (*Social*) - Além da capacidade analítica para prever comportamento e assim auxiliar no processo de tomada de decisão em relação ao âmbito social, a análise prescritiva propõe a implementação de modelos a partir de dados sociais que possibilitem automatizar os processos de recomendação de ações, tanto para colaboradores internos, quanto para externos, como para os consumidores. Pode-se, por exemplo, utilizar a análise prescritiva para recomendar o serviço baseado em economia circular mais adequado às necessidades de um consumidor (RF4 e RF5).

Escalável (*Scalable*) - De todas as estratégias apresentadas, a do nível III, por meio de análise prescritiva, é a que mais necessita da capacidade de armazenamento e processamento em larga escala. Portanto, as medidas identificadas no primeiro nível

devem ser avaliadas para verificar se essas atendem aos requisitos de construção e implantação dos modelos prescritivos (RF6).

Em tempo real (*Streaming*) - Além de utilizar um conjunto histórico de dados para a construção do modelo prescritivo, ela também tem como necessidade a definição de mecanismos que possibilitem a captura de dados em tempo real (RF7). Essa informação pode vir de sistemas corporativos, de sensores, de dados de *blockchain* e outros equipamentos de automação.

Padronizado (*Standard*) - Nesse nível, esse elemento tem o objetivo de verificar quais devem ser os padrões adotados na construção e implantação de modelos prescritivos. Propõe-se uma avaliação de quais níveis da cadeia de produção podem ser beneficiados por meio da análise prescritiva, determinando-se padrões referentes à sua estratégia de utilização (RF8).

Sistemático (*Systematic*) - Um processo sistemático de captura de dados deve ser determinado para que a análise prescritiva seja capaz de permanecer em utilização contínua, atendendo sempre aos requisitos de sua capacidade computacional para extrair informações úteis dos dados.

Seguro (*Secure*) - A segurança no nível de automação é fundamental, uma vez que envolve em muitos casos a tomada de decisão sem a supervisão humana e crimes cibernéticos podem invadir o sistema e controlar os resultados da análise (RF9). Como resultado, a falta de medidas de segurança na implantação de modelos pode afetar os resultados desses, gerando resultados indesejados no processo de tomada de decisão.

É possível observar, enfim, que a capacidade analítica no contexto de economia circular, possibilitando o compartilhamento dos dados e uma visão holística é desafiadora, contendo um conjunto vasto de mecanismos a serem atendidos. Porém, pode-se identificar que, diante do avanço gradual de conhecimento, conforme apresentado na Tabela 10, a empresa torna-se capaz de extrair cada vez mais informações referentes

ao ciclo de vida de um produto, bem como de avaliar o desempenho de sua estratégia circular.

Tabela 10: Elementos do modelo 7S em níveis

	Nível I - Compreensão	Nível II - Predição	Nível III - Automação
Compartilhado (Shared)	<ul style="list-style-type: none"> - Aquisição e compartilhamento de dados em sua forma original e de indicadores - Geração e compartilhamento de relatórios e painéis de visualização 	<ul style="list-style-type: none"> - Compartilhamento de dados preparados para a construção de modelos preditivos - Compartilhamento de dados oriundos de modelos preditivos 	<ul style="list-style-type: none"> - Compartilhamento de dados para construção de modelos prescritivos - Compartilhamento de dados de resultados de modelos prescritivos
Social (Social)	<ul style="list-style-type: none"> - Captura e armazenamento de dados sobre condições de trabalho - Captura e armazenamento de dados de consumidores 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementação de algoritmos no contexto de <i>people analytics</i> - Implementação de algoritmos voltados à análise de redes sociais, para identificação de comportamento do consumidor 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementação de modelos para automatizar o processo de recomendação de ações para colaboradores internos e externos
Escalável (Scalable)	<ul style="list-style-type: none"> - Planejamento de infraestrutura para armazenamento, processamento e análise de dados em larga escala 	<ul style="list-style-type: none"> - Planejamento de infraestrutura para treinamento e implantação de modelos preditivos baseados em dados de larga escala 	<ul style="list-style-type: none"> - Planejamento de infraestrutura para construção e implantação de modelos prescritivos
Em tempo real (Streaming)	<ul style="list-style-type: none"> - Implementação de técnicas de extração de dados em tempo real 	<ul style="list-style-type: none"> - Definição de estratégia de treinamento e atualização de modelo a partir de técnicas de processamento em tempo real 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementação de mecanismos de captura de dados em tempo real para execução de modelo prescritivo
Padronizado (Standard)	<ul style="list-style-type: none"> - Definição de políticas de extração e armazenamento dos dados 	<ul style="list-style-type: none"> - Especificação de técnica de limpeza e preparação dos dados para construção de modelos preditivos 	<ul style="list-style-type: none"> - Especificação de padrões para a construção e implantação de modelos prescritivos
Sistemático (Systematic)	<ul style="list-style-type: none"> - Definição de método e política para extração contínua dos dados 	<ul style="list-style-type: none"> - Definição de método e política para a implementação de algoritmos preditivos 	<ul style="list-style-type: none"> - Definição de método para captura contínua de dados e alimentação de modelos prescritivos
Seguro (Secure)	<ul style="list-style-type: none"> - Implementação de mecanismos de segurança para armazenamento e acesso aos dados 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementação de mecanismos de segurança para evitar acesso indevido a modelos preditivos - Análise da explicabilidade de algoritmos preditivos baseados em IA 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementação de mecanismos de segurança para evitar acesso e controle de modelos prescritivos

Fonte: Autora.

O compartilhamento de dados com *stakeholders*, ao ser realizado de forma mais ampliada, que incorpore tanto o compartilhamento de dados de entrada quanto de dados resultantes de análises, possibilita prover maiores percepções sobre as práticas adotadas. Esse compartilhamento de forma adequada pode impulsionar a transição para a economia circular, possibilitando apoiar formuladores de políticas a compreenderem melhor os resultados da adoção de uma estratégia circular; e gerando maior conscientização ao consumidor, provendo a esse o acesso a dados do ciclo produtivo e a identificação do valor agregado à estratégia. No *design* dos produtos, tais medidas podem auxiliar nesse processo cada vez mais orientado a dados, possibilitando que *designers* tenham acesso a informações que possam contribuir tanto para o processo criativo, quanto para a sua formulação de estratégias direcionadas ao desenvolvimento sustentável.

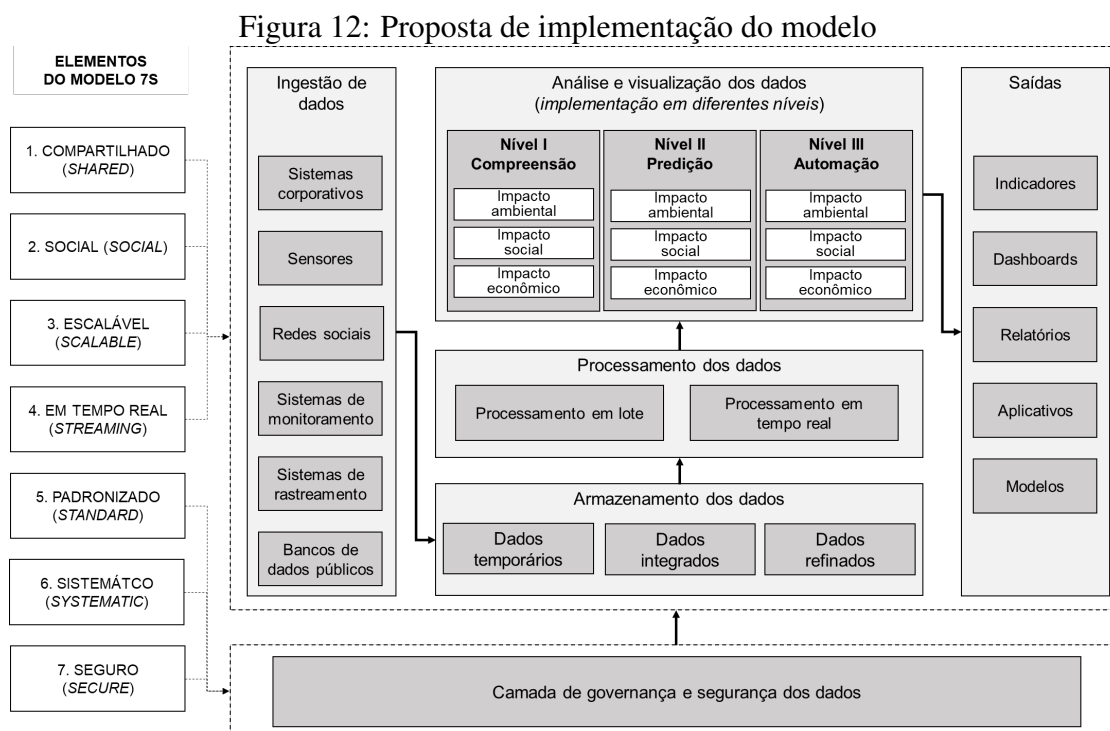
Dessa forma, identifica-se que, embora o processo apresentado possa ser obtido em sua totalidade somente a longo prazo, ele apresenta uma maneira consistente de como a empresa pode avançar em sua capacidade de desenvolver soluções orientadas a dados e voltadas à inovação de estratégias circulares. Uma vez que a economia circular ainda é considerada emergente, porém com estimativa de crescimento, as empresas que estiverem aptas a extrair dados e os utilizarem nos modelos de negócio circulares, poderão ter maior vantagem competitiva, possuindo maior maturidade analítica voltada à economia circular.

4.6 Implementação do modelo

A proposta do modelo 7S e sua arquitetura por meio de níveis graduais de capacidade analítica inferem que esse modelo possa ser implementado de forma agnóstica, podendo ser adotadas diferentes e novas técnicas e tecnologias de big data, conforme a necessidade observada. Entretanto, para contribuir na compreensão de sua adoção, na Figura 12 é apresentada uma proposta de implementação do modelo 7S.

4.6.1 Proposta de implementação do modelo

Observa-se que a proposta de implementação é apresentada em alto nível, contendo as seguintes camadas: ingestão de dados, armazenamento de dados, processamento de dados, análise e visualização de dados, saídas, camada de governança e segurança dos dados. São também apresentados, na lateral esquerda da figura, os elementos do modelo 7S, identificando em quais camadas esses são incorporados. É possível observar que os primeiro 4 elementos (i.e, compartilhado, social, escalável e em tempo real) devem ser considerados em todas as camadas, exceto a de governança e segurança dos dados, uma vez que essas camadas requerem simultaneamente esses elementos, para assim atuar com big data no contexto de economia circular. Por fim, propõe-se que os 3 elementos restantes do modelo 7S (i.e, padronizado, sistemático e seguro), sejam implementados em uma camada específica de governança e segurança dos dados. Dessa forma, mantém-se uma camada reservada para a orquestração desses elementos, que poderão ser utilizados em diferentes partes da arquitetura.



Fonte: Autora.

A camada de ingestão de dados tem como propósito possibilitar que os dados de diferentes fontes sejam capturados e armazenados no sistema do modelo proposto. Uma vez que o objetivo é a integração de cultura orientada à circularidade e a cultura orientada a dados, a implementação proposta deve permitir a ingestão de dados diversos, gerados por humanos e por máquinas, ao longo da cadeia produtiva. Nesse contexto, são inclusos os dados obtidos de sistemas corporativos, dados obtidos a partir de sensores e sistemas de monitoramento, para fins de predição e avaliação de um determinado estado. Também propõe-se o uso de dados de redes sociais, para se obter informações referentes ao comportamento do consumidor. Dados de sistemas de rastreamento também devem ser obtidos, como os gerados a partir do recurso de *blockchain* no rastreamento de produtos. E, por fim, incluem-se também os dados obtidos de bancos de dados públicos, contendo informações referentes a questões econômicas, ambientais e sociais, que podem contribuir para a estratégia de circularidade adotada.

A camada de armazenamento de dados deve ser implementada de modo a atender aos requisitos de escalabilidade, desempenho e flexibilidade, para permitir o armazenamento dos dados obtidos da camada de ingestão de dados. Nesse contexto, propõe-se que, em um primeiro nível, os dados sejam armazenados em uma área de dados temporários, possibilitando o armazenamento de dados brutos e seus metadados. Uma outra área de armazenamento proposta é a de dados integrados, de forma que haja uma integração entre os dados não somente gerados pela organização responsável pelo controle da arquitetura, mas também com os dados obtidos de outros *stakeholders*, que devem ser avaliados em conjunto para se obter uma percepção ampliada dos desafios ambientais e sociais a serem resolvidos na cadeia produtiva. Por fim, propõe-se também a área de dados refinados, resultantes do processo de estruturação e análise dos dados obtidos e integrados, que poderão ser utilizados no processo de tomada de decisão, para a extração de valor dos dados, conforme o nível de maturidade analítica praticado.

A camada de processamento de dados deve incorporar tecnologias que possibili-

tem tanto o processamento em lote quanto o processamento em tempo real de dados. Também, visando atender ao requisito RF6, essa camada deve ser projetada de modo a possibilitar o processamento de dados em larga escala, obtidos pela camada de ingestão. Além disso, a camada de análise e processamento de dados deve refletir a implementação em níveis, conforme definido no modelo 7S. Também é proposto que, em cada nível, as análises realizadas avaliem o impacto econômico, ambiental e social da estratégia de circularidade adotada.

A camada seguinte, referente às saídas geradas, compreendem um conjunto de artefatos que podem ser gerados, como resultado das análises e visualização de dados. Exemplos incluem a geração de indicadores de sustentabilidade, painéis de visualização (*dashboards*), relatórios, aplicativos e modelos preditivos e prescritivos. Por fim, o modelo proposto também inclui as camadas de governança e de segurança dos dados, demonstrando, em um alto nível, a necessidade de serem definidos mecanismos que ofereçam a segurança e a governança adequada dos dados utilizados nas estratégias de circularidade.

Diante do exposto, propõe-se a implementação do método *data lake*, referente a um repositório de dados centralizado, contendo um conjunto de tecnologias que permitem o armazenamento e o processamento de dados estruturados e não estruturados, bem como um conjunto de soluções de gestão e análise de esses dados (KHINE; WANG, 2018). A implantação de um *data lake* pode trazer benefícios em termos de compartilhamento de dados, devido à sua abordagem de remoção de silos de dados existentes, possibilitando a realização de análises a partir de diferentes fontes de dados (WIBOWO; SULAIMAN; SHAMSUDDIN, 2017; DERAKHSHANNIA et al., 2020).

Diante dos requisitos identificados do modelo 7S, o *data lake* apresentou ser uma das soluções mais condizentes com o cenário necessário para a indústria têxtil avançar nas estratégias circulares. Dentre suas capacidades, pode-se citar:

- Permite a integração dos dados em sua forma original, que podem ser posteriormente estruturados de acordo com a necessidade do analista. Ou seja, permite a abordagem “*schema on read*”, permitindo que os dados sejam armazenados em sua forma original e estruturados à medida que esses forem utilizados (CHERRADI; HADDADI; ROUTAIB, 2022). Essa característica contribui para satisfação do requisito RF1, uma vez que possibilita que diferentes tecnologias possam ser utilizadas para a análise e integração dos dados e facilita a alteração de dados, conforme a necessidade.
- Integração de tecnologias. Uma das características de uma infraestrutura que segue o método de *data lake* é a capacidade de integrar, em uma única infraestrutura, diferentes tecnologias para atender às etapas existentes do processo de análise de dados, como a captura, limpeza, armazenamento, processamento, análise e visualização de dados. Também pode haver a ligação de diferentes sistemas que façam o envio e o recebimento dos dados no *data lake* (WIBOWO; SULAIMAN; SHAMSUDDIN, 2017). Tal característica atende aos requisitos RF1, RF2 e RF5.
- Possibilita o armazenamento de dados estruturados e não estruturados. Um dos benefícios do *data lake*, quando comparado com as soluções tradicionais de um *data warehouse*, é a sua capacidade de lidar com dados estruturados, projetados para serem armazenados em estruturas de dados relacionais, e com dados não estruturados, possibilitando o armazenamento de dados de diferentes formatos, sem um *schema* pré-definido, como dados de sensores, registros de log, de redes sociais, vídeos, imagens e arquivos de áudio (MILOSLAVSKAYA; TOLSTOY, 2016). Tal característica atende aos requisitos RF1, RF2 e RF10, auxiliando na integração dos dados e na extração de valor desses, por meio de uma abordagem colaborativa.
- Possibilidade de armazenamento e processamento de dados em larga escala. As

soluções de *data lake* visam desde a sua concepção uma infraestrutura de armazenamento e processamento distribuído dos dados em ambiente de *cluster*, possibilitando que esses dados sejam armazenados em larga escala, e os requisitos de desempenho das aplicações sejam atendidos. Muitas soluções do método do *data lake* baseiam-se em uma infraestrutura Hadoop, por esse oferecer mecanismos para a escalabilidade horizontal de dados estruturados e não estruturados (DERAKHSHANNIA et al., 2020). Essa característica possibilita a satisfação dos requisitos RF5 e RF6, provendo meios para o processamento e a análise de dados em larga escala e/ou em tempo real.

- Permite que os dados sejam armazenados em diferentes níveis de maturidade. Assim, na literatura sugerem-se diferentes propostas de zonas de armazenamento dos dados, para que esses possam atender as necessidades da corporação em diferentes níveis. Por exemplo, pode-se armazenar os dados em sua forma original, permitindo que existam profissionais responsáveis por gerenciar esses dados e estruturá-los conforme a necessidade de aplicações (MILOSLAVSKAYA; TOLSTOY, 2016). Essa característica pode contribuir no cumprimento dos requisitos RF3 e RF12, relacionados ao avanço gradual de maturidade analítica.

Fatores como a transformação digital, a introdução da indústria 4.0 e a evolução das soluções orientadas a dados criaram a necessidade de as empresas agilizarem o processo de extração de percepções dos dados, realizando análises em tempo real, conforme um evento é capturado. A partir dessa abordagem, o processo de tomada de decisão é agilizado, oferecendo maior possibilidade de melhoria de resultados. Tecnologias de análise de ingestão, processamento e *streaming* de dados são então utilizadas para atender a esse requisito.

Um exemplo de tecnologia para lidar com *streaming* de dados é o Apache Kafka (WANG et al., 2015). Considerada uma plataforma de *streaming* de dados *open source*, o Apache Kafka oferece recursos para realizar ingestão e análise de dados de

forma distribuída e confiável, possibilitando a ingestão de grandes volumes de dados. Além do Apache Kafka, outras tecnologias de código aberto também estão sendo utilizadas para esse fim, como Apache Flink (CARBONE et al., 2015) e Apache Storm (IQBAL; SOOMRO et al., 2015). Dessa forma, as tecnologias de *streaming* de dados podem ser utilizadas no *data lake* proposto, para atender aos requisitos relacionados ao processamento em tempo real dos dados.

Considerando que um dos principais fatores para prover o compartilhamento de dados no contexto da indústria têxtil é promover maior transparência e colaboração das partes interessadas na definição de modelos de negócios circulares, faz-se necessário o uso de uma tecnologia que permita a visualização de dados de forma dinâmica e com abordagem interativa. As ferramentas de BI podem ser empregadas por meio de suas técnicas disponíveis para a criação de diversos tipos de visualizações a partir de uma mesma fonte de dados. Atualmente, ferramentas como Power BI, Tableau e Kibana oferecem esses recursos, permitindo a criação de painéis interativos, acessados remotamente. Em relação à organização e ao controle dos dados, considerando a indústria têxtil e sua hierarquia, identifica-se que as empresas varejistas são as principais facilitadoras para iniciar as estratégias orientadas a dados e possibilitar a adoção desses dados ao longo da cadeia. Portanto, torna-se necessário que essas tenham uma cultura voltada à inovação circular, para que possam contribuir com os demais elos da cadeia. Somente com a colaboração e a confiança mútua, é que se torna possível iniciar a transformação por meio das informações extraídas dos dados.

No que se refere às práticas corporativas, o modelo de implementação proposto também visa auxiliar as empresas no contexto de responsabilidade social corporativa, por meio de relatórios com indicadores de sustentabilidade. O modelo propõe, conforme os requisitos RF2, RF3, RF4, RF5 e RF8, que as empresas obtenham uma visão clara dos processos e do impacto gerado ao longo da cadeia produtiva, provendo maior visibilidade e cooperação por meio da integração dos dados, evitando, por exemplo,

que a empresa gere o que se chama de *greenwashing*.

Na Tabela 11 é apresentado um resumo das funcionalidades da implementação proposta, mapeando-as com o levantamento dos requisitos. Cabe ressaltar, novamente, que a proposta foi realizada com foco em possibilitar sua implementação utilizando diferentes tecnologias, podendo assim que essa se adapte a mudanças tecnológicas futuras.

Tabela 11: Mapeamento das funcionalidades da implementação proposta e o levantamento de requisitos.

Funcionalidade da implementação proposta	Requisitos
Ingestão de dados diversos, gerados por humanos e por máquinas, ao longo da cadeia produtiva.	RF1 e RF8
Armazenamento de dados estruturados e não estruturados, seguindo o conceito de <i>data lake</i> , permitindo que esses sejam armazenados em diferentes níveis de maturidade.	RF1, RF2 e RF5
Processamento e análise de dados a partir de diferentes tecnologias de big data, possibilitando o processamento em lote e em tempo real dos dados.	RF5, RF6, RF7 e RF10
Análise de dados em relação às dimensões econômica, ambiental e social das estratégias de circularidade adotadas.	RF3, RF4, RF11 e RF12
Geração de artefatos como resultado das análises descritivas, preditivas e prescritivas, bem como de visualização de dados.	RF5 e RF9
Implantação de mecanismos de governança e segurança dos dados, obtidos e compartilhados com diferentes <i>stakeholders</i> .	RNF1

Fonte: Autora.

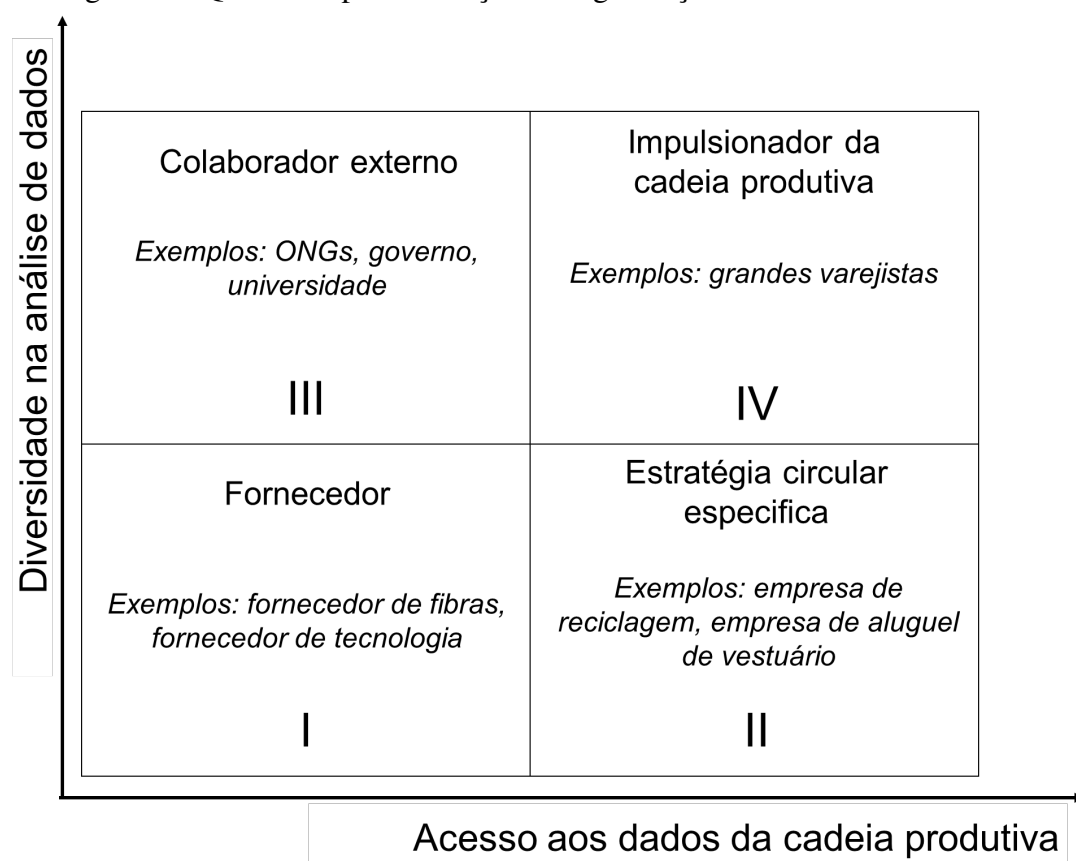
4.6.2 Organização de dados do modelo proposto

Identifica-se, no cenário proposto, que a arquitetura de dados é, normalmente, implantada por diferentes *stakeholders*, porém, devem existir mecanismos para que esses dados sejam vistos de forma integrada. Dessa forma, em relação à estratégia de organização dos dados, identifica-se que a abordagem adotada deve ser feita de acordo com o nicho da empresa que irá implantar essa solução, em termos de estratégias circulares. Essa empresa pode, por exemplo, ser responsável por coletar os dados de todas as etapas, ou por adquirir parte dos dados de seu maior interesse, e após isso, compartilhar com outros elos da cadeia. Nesse quesito, é proposto o quadrante apresentado na

Figura 13 para se determinar em qual posição a empresa que irá adotar o modelo 7S se enquadra.

As empresas fornecedoras, do quadro I, diferem-se das demais organizações por não atuarem em todo o ciclo de vida do produto, concentrando-se no estágio inicial, provendo as matérias primas necessárias para sua fabricação ou recursos tecnológicos, como, por exemplo, um mecanismo de rastreabilidade dos dados via *blockchain*. Nesse contexto, essas podem ter menor controle e acesso aos dados de toda a cadeia produtiva, porém são cruciais para prover dados para serem utilizados nas estratégias de circularidade orientada a dados.

Figura 13: Quadrante para definição da organização de dados no modelo 7S.



Fonte: Autora.

As empresas do quadro II não possuem controle total das estratégias circulares

ao longo do ciclo de vida de um produto. São empresas voltadas a uma atividade específica, como, por exemplo, a reciclagem ou o *design* de produtos biodegradáveis. Portanto, essas podem organizar seus dados de forma a atender especificamente o modelo de negócio que a engloba. Entretanto, é importante que mesmo nesse cenário, sejam consideradas nas análises as questões ambientais, sociais e econômicas a partir de uma visão holística. Portanto, essas também devem atuar de forma colaborativa na integração e análise de dados com demais *stakeholders*.

As organizações do quadro III tendem a realizar um conjunto mais diversificado de análises de dados, não se limitando a uma estratégia de circularidade específica. Essas podem utilizar o modelo 7S com foco em desenvolver diferentes análises para se compreender melhor o cenário da indústria têxtil e propor soluções a partir do resultado da análise realizada.

Observa-se que no quadrante proposto, quanto mais à direita e acima a empresa tiver, ela possui maior controle e acesso aos dados e um maior conjunto de análises a serem realizadas. Dessa forma, empresas do quadro IV, tais como grandes varejistas, atuam como impulsionadoras da cadeia produtiva, gerenciando a ação colaborativa entre os *stakeholders*. Além disso, essas empresas também costumam atuar em mais de uma estratégia de circularidade, utilizando, como base, os dados obtidos de toda a cadeia produtiva.

4.7 Considerações do capítulo

Embora atualmente existam tecnologias e algoritmos de big data, tais soluções ainda não são amplamente aplicadas em estratégias de economia circular, o que resulta em estratégias não orientadas a dados, sem o apoio desses no processo de tomada de decisão. Portanto, nesse capítulo foi apresentado um modelo denominado "7S", a fim de melhorar a aplicabilidade dos modelos de negócios circulares. Junto ao modelo,

foi proposta uma arquitetura de dados, como a proposta de debater sobre tecnologias e considerações de projeto podem ajudar a fornecer as características do modelo proposto.

Além da implementação do modelo em ambientes corporativos, a estratégia apresentada também pode ser incorporada em outras organizações, como escolas de *design*, que visam aproximar os estudantes da indústria têxtil e da moda ao conhecimento sobre os dados. A proposta de implementação apresentada pode prover meios para que os estudantes possam desenvolver projetos piloto e compreender melhor como os dados podem auxiliá-los no processo criativo, e nas estratégias circulares.

Conforme já discutido, um desafio relacionado à adoção do modelo proposto na indústria têxtil para economia circular se refere à cultura organizacional. Conforme afirmado por (DAVIS, 1984), uma cultura organizacional pode ser definida como um conjunto de crenças e valores compartilhados que dão significado aos membros de uma instituição e lhes fornecem regras de comportamento em sua organização. É capaz de influenciar diversos fatores na organização, como objetivos, estrutura, cooperação, comunicação e tomada de decisão (SUN, 2008). Devido à transformação digital e aos avanços em big data, atualmente uma cultura orientada a dados é considerada um fator-chave para criar e sustentar vantagem competitiva nas organizações (DESHWAL, 2021). Porém, mesmo com os benefícios percebidos, muitas organizações ainda não cultivam uma cultura orientada a dados, inibindo o acesso aos dados, mesmo entre departamentos internos. Normalmente, ainda é a existência de silos de dados que evita a possibilidade de compartilhamento dos dados entre as partes interessadas e, como consequência, minimiza a chance de extrair informações significativas dos dados. Portanto, não só os dados relativos às práticas de sustentabilidade e circularidade não são compartilhados, mas também outros dados que poderiam ajudar a organização a aprimorar seus modelos de negócios. Portanto, embora a existência de políticas e regulamentos que obriguem o compartilhamento de dados por uma organização seja uma

força motriz para o exercício desta prática, apenas a implementação de uma cultura orientada a dados na organização pode melhor capacitá-la para aprimorar suas capacidades de inovação, avaliando e medindo práticas para aprimorar seus produtos e serviços e obter melhores vantagens competitivas (CHATTERJEE; CHAUDHURI; VRONTIS, 2021).

Cabe ressaltar que a solução proposta não tem como objetivo ser uma substituta para as soluções descritas na literatura. Conforme apresentado anteriormente, a indústria têxtil possui um vasto conjunto de ferramentas e indicadores para auxiliar na mensuração e definição de estratégias para modelos circulares de negócios. A proposta do modelo, entretanto, é identificar quais estratégias de implementação devem ser incorporadas em um planejamento de uso de big data nas empresas da indústria têxtil, para apoiar a transição para a economia circular. A solução proposta apresenta uma visão técnica sobre os requisitos necessários para unir os esforços de soluções baseadas em dados existentes nesse contexto, melhorando e proporcionando maiores percepções sobre sustentabilidade a partir da lente da economia circular.

Salienta-se, também, que embora o modelo tenha sido proposto com foco na transição para a economia circular na indústria têxtil, é possível identificar que, a partir de uma revisão dos requisitos levantados para a indústria têxtil, esse também pode ser adotado em outras indústrias, que também visam a adoção de big data com foco na economia circular.

5 AVALIAÇÃO DO MODELO

Esse capítulo descreve detalhes do processo realizado para a avaliação do modelo 7S, proposto no capítulo anterior. Na Seção 5.1 são apresentadas informações relacionadas à origem dos dados utilizados para a avaliação. Na sequência, a Seção 5.2 contém uma descrição da empresa selecionada para o estudo de caso e os detalhes referentes à avaliação do modelo 7s. A Seção 5.3 relata uma discussão sobre a avaliação realizada e na Seção 5.4 são descritas as considerações do capítulo.

5.1 Origem dos dados

Para avaliar a efetividade da implementação do modelo 7S com foco em auxiliar empresas na aplicabilidade de big data na transição para a economia circular, foi realizado um mapeamento dos elementos do modelo a partir de estudos de caso de economia circular na indústria têxtil. Para isso, foram utilizados dados secundários, provenientes de um projeto denominado Global Mapping Project (GMP), criado pelo Instituto Circle Economy, de Amsterdã.

Em julho de 2021, o instituto selecionou 40 pesquisadores e estudantes de 26 países, para colaborarem no levantamento de estudos de caso globais de economia circular na indústria têxtil. O GMP foi parte integrante do projeto World Circular Textiles Day (WCTD) (CIRCLE ECONOMY, 2021c), que visa fazer um levantamento anual do *status* da economia circular na indústria têxtil, de 2021 até o ano de 2050, quando se estima que indústria seja completamente circular. A autora dessa tese foi uma das pesquisa-

doras selecionadas para participar do projeto.

No decorrer do projeto, foi realizado o levantamento dos estudos de caso, mapeando casos reais de aplicações de economia circular na indústria têxtil. Esses casos foram divididos em três categorias principais referentes à visão do projeto WCTD:

- Pessoas e sociedade: tem como visão a dimensão social da economia circular na indústria têxtil. Busca estudos de caso que representem soluções nas quais as pessoas são valorizadas e apoiadas em uma sociedade igualitária, socialmente justa e resiliente. Dessa forma, engloba soluções tanto referentes aos trabalhadores quanto a dos consumidores.
- Produtos e serviços: tem como visão a identificação de estudos de caso nos quais produtos e serviços são projetados para uso múltiplo e retenção de valor material, gerando assim impacto positivo. Refere-se também ao desenvolvimento de modelos de negócios, nos quais os *stakeholders* atuam em um ecossistema circular.
- Matérias-primas e limites planetários: visa identificar estudos de caso nos quais são utilizadas matérias-primas renováveis, recicláveis e seguras, mantidas em circulação contínua.

Durante o levantamento, foi determinado que um estudo de caso pode ser aplicado a uma ou mais categoria. Além disso, dentro de cada categoria, esses estudos de caso foram, ainda, divididos em 3 subcategorias: negócios, políticas, e artigos e relatórios.

Todos os estudos de caso levantados foram armazenados em uma plataforma denominada “Knowledge Hub” (CIRCLE ECONOMY, 2021a), constituindo-se uma biblioteca digital com estudos de caso de economia circular em diversas áreas de estudo, tais como a indústria têxtil, a indústria de alimentos e a indústria de construção. Ao todo, são disponibilizados mais de 3000 estudos cadastrados. Essa plataforma é pública e

com livre acesso a todos os estudos de caso, compartilhando assim o conhecimento obtido com a comunidade interessada em compreender o contexto atual de economia circular.

Uma vez cadastrado um estudo de caso na plataforma, um conjunto de curadores são responsáveis por avaliar se o mesmo se enquadra no propósito do trabalho e se contém informações suficientes para ser compreendido. Para isso, cada estudo de caso deve abranger os seguintes tópicos:

- Tipo de conteúdo (negócios, política, artigo ou relatório).
- Tema do WCTD (pessoas e sociedade; produtos e serviços; matérias primas e limites planetários).
- Título.
- Organização(ões) que atuou(aram) no estudo de caso.
- Local em que o estudo de caso foi realizado.
- Descrição do problema.
- Descrição da solução.
- Descrição dos resultados obtidos.
- Palavras-chave referentes aos impactos gerados pelo estudo de caso.
- Palavras-chave referentes à atividade do estudo de caso em relação à economia circular.

Na Figura 14 é apresentado um exemplo de um estudo de caso cadastrado no Knowledge Hub, referente à empresa Mud Jeans, que possui modelo de negócio circular por meio de assinatura de calças jeans. Como pode ser identificado, o estudo de caso pode ser editado por mais de um pesquisador e seu conteúdo aperfeiçoado de forma

colaborativa. Até o momento da escrita deste trabalho, foram registrados 164 estudos de caso específicos sobre a indústria têxtil, dos quais 115 foram aprovados pelos curadores. Para a investigação deste trabalho, foram considerados apenas os estudos de caso aprovados. A lista contendo os títulos dos estudos de caso utilizados nessa análise pode ser visualizada no Apêndice A.

Figura 14: Exemplo de estudo de caso do projeto GMP

Approved by curator WCTD

BUSINESS CASE

MUD Jeans: Redesigning denim for circularity

Added: Dec 17, 2020
Last edited: Oct 15, 2021

4 0

Edit

ORGANISATIONS

MUD Jeans

LOCATION

Gemeente Laren

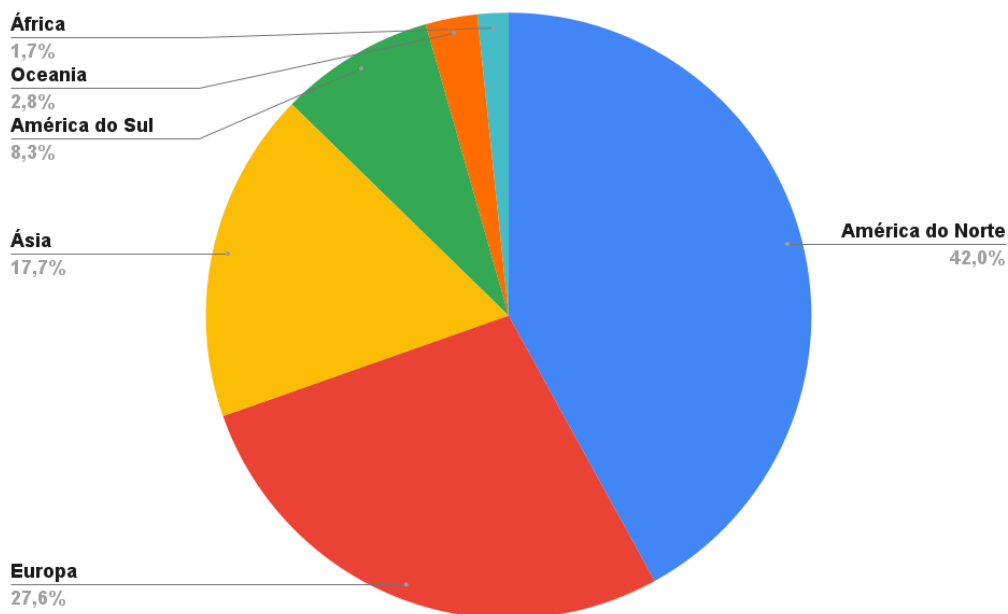
Changing the way we design the product can have a significant impact in tackling the negative environmental effects of denim production in cotton growing and manufacturing countries. MUD Jeans is a Dutch-based circular denim brand committed to making good quality, ethical and sustainable jeans available to more people.

Lease A Jeans is a program of MUD Jeans where consumers can lease instead of buy a pair of jeans. After a year, or, when the jeans are worn out, customers can send the jeans back to MUD Jeans and already try out a new pair. The old ones will be recycled to make new items.

Fonte: (CIRCLE ECONOMY, 2021a)

Uma das primeiras observações que podem ser extraídas dos estudos de caso da indústria têxtil é sobre as regiões onde foram desenvolvidos. Conforme mostrado na Figura 15, os modelos de negócios circulares na indústria têxtil foram identificados em diferentes regiões do mundo. Os países da América do Norte apresentaram o maior número de estudos de caso (42%), no entanto, foram identificados estudos de caso em todos os continentes.

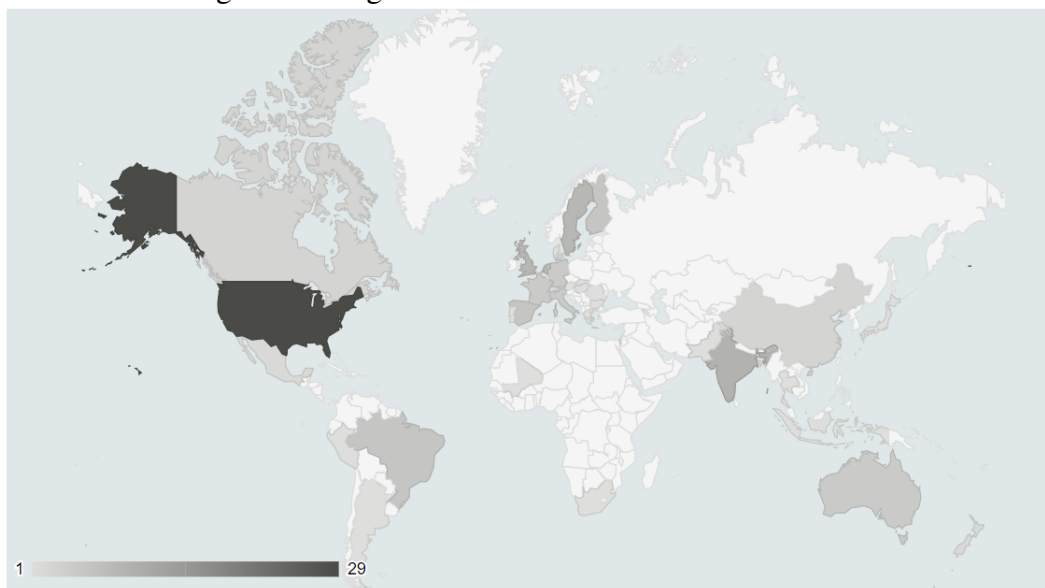
Figura 15: Regiões dos estudos de caso por continente.



Fonte: Autora.

Em continuidade à essa informação, uma visualização dos estudos de caso por países é apresentada na Figura 16. Os países com coloração mais acentuada concentram a maioria dos estudos de caso. Os países com cor em branco não contêm estudos de caso. Observa-se que a maioria dos estudos de caso se concentram nos Estados Unidos. No continente europeu, os estudos de caso foram identificados em diversos países, enquanto na América do Sul os estudos se concentraram no Brasil, Argentina e Peru. Cada estudo de caso pode ser específico de um ou mais países, uma vez que alguns estudos de caso foram realizados em parceria com empresas de diferentes localizações. Também foram identificados três estudos de caso cadastrados na categoria global, uma vez que se referem a estudos realizados a partir de uma perspectiva global da indústria têxtil.

Figura 16: Regiões de ocorrência dos estudos de caso.

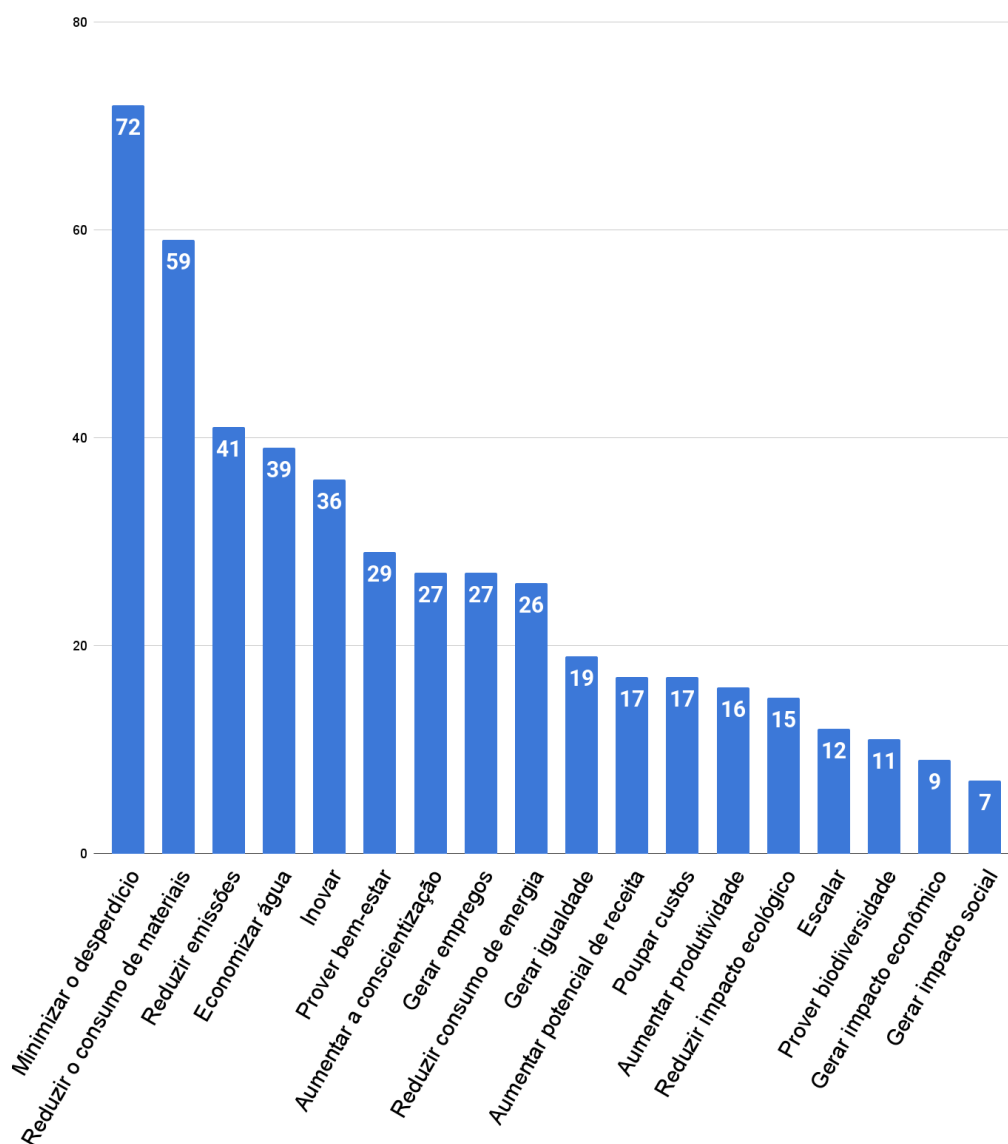


Fonte: Autora.

Em cada estudo de caso, também foram identificados os impactos positivos causados por esses, tanto no âmbito econômico, quanto ambiental e social. Assim, foi possível identificar em quais direcionamentos as empresas estão investindo no contexto de economia circular. Cada estudo de caso pode causar um ou mais impactos, cadastrados a partir de palavras-chave.

Conforme apresentado na Figura 17, é possível identificar que a maioria dos estudos de caso tiveram como objetivo principal a minimização da geração de resíduos. Essa prática foi acompanhada do objetivo de reduzir a quantidade de materiais consumidos. Também foi identificado que o impacto menos atribuído nos estudos de caso foi referente ao impacto social. Esse cenário alinha-se com o que foi apresentado no estudo do Capítulo 2, que relata que a maioria dos estudos de caso de economia circular ainda se concentram na dimensão econômica e ambiental. Entretanto, pode-se observar também que o impacto bem-estar foi o sexto item mais abordado, contendo também os impactos referentes a empregos e igualdade social.

Figura 17: Impactos identificados nos estudos de caso.

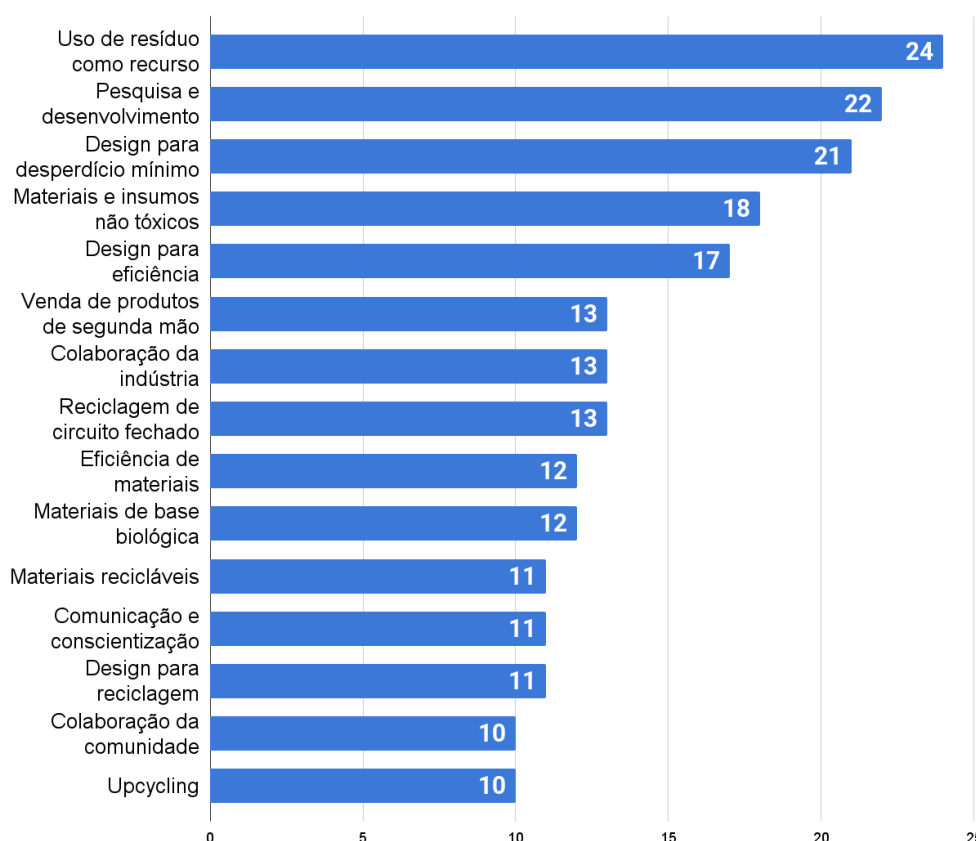


Fonte: Autora.

A partir da análise dos estudos de caso disponíveis, também é possível identificar quais elementos da economia circular foram atribuídos a cada estudo. Essas informações apresentam um cenário sobre as ações mais adotadas na indústria têxtil dentre os estudos de caso avaliados. Para esse contexto, na Figura 18 é apresentado um gráfico contendo os principais elementos da economia circular que foram definidos em pelo menos 10 estudos de caso.

É possível observar que o tema “uso de resíduo como recurso” foi o mais citado entre todos os estudos. Muitas soluções estão sendo desenvolvidas com o objetivo central da economia circular, de permitir que a saída de uma ação seja utilizada como entrada de outra, evitando assim a geração de resíduos e reduzindo a extração de novos recursos. Nesse mesmo contexto, também foram citados temas como eficiência de materiais, reuso, materiais e insumos reciclados e reciclagem no contexto de ciclo fechado. Essas informações denotam que os modelos de negócios na indústria têxtil estão sendo propostos, com foco no contexto de economia circular.

Figura 18: Elementos de economia circular presentes em ao menos 10 estudos de caso.



Fonte: Autora.

Soluções que visam atuar no contexto da economia circular com foco na fase de concepção do produto também foram mencionadas nos estudos de caso. Foram mencionados os tópicos *design* para desperdício mínimo, *design* para eficiência de recursos,

design para reciclagem e *design* para o futuro. Todas essas estratégias mostram como essas soluções funcionam com uma nova lente focada na sustentabilidade, projetando desde a concepção meios para evitar impactos negativos nas fases de produção, consumo e pós-consumo.

5.2 Descrição do estudo de caso

A partir dos estudos de caso apresentados, foi realizada uma seleção de uma empresa específica, para a avaliação do modelo 7S proposto. Para realizar a seleção, os seguintes critérios foram utilizados:

- O estudo de caso da empresa deve ter sido aprovado pelos curadores na plataforma Knowledge Hub;
- A empresa de estudo deve ter três anos ou mais de existência;
- A empresa deve prover informações públicas sobre suas estratégias de circularidade;
- A empresa deve atuar no contexto da indústria têxtil, com foco em estratégias de circularidade;
- A empresa deve apresentar iniciativas de circularidade que visem a harmonia entre os pilares de sustentabilidade (econômico, ambiental e social).

A partir desses critérios, foi selecionado o estudo de caso da empresa The Swapshop (CIRCLE ECONOMY, 2021b).

The Swapshop é uma *startup* social com sede em Amsterdã. Fundada em 2018 por duas mulheres, a *startup* foi criada com foco de tornar a indústria têxtil e do vestuário mais sustentável, possibilitando que as roupas pudessem ser utilizadas por mais tempo. Suas fundadoras identificaram que as pessoas utilizavam somente cerca de

30% do vestuário de seus guarda-roupas, e que muitas roupas estavam sendo descartadas inadequadamente, gerando desperdício e poluição.

Inicialmente, a abordagem adotada pela *startup* foi a realização de eventos, no qual possibilitavam que as pessoas trocassem itens de vestuário, promovendo assim a circularidade. Embora esses eventos passaram a se tornar maiores e mais conhecidos na região, os fundadores perceberam a necessidade de escalar a solução, para que ela pudesse alcançar um maior número de pessoas, oferecendo essa modalidade de negócio. Diante disso, a empresa abriu em 2019 suas lógicas físicas, e em 2021 desenvolveu seu site, promovendo o serviço no universo on-line.

No serviço de troca oferecido pela The Swapshop, os clientes podem entregar roupas e outros artigos de moda que não utilizam, e recebem como troca o que eles chamam de *swaps*. A entrega da roupa é realizada pela equipe da empresa, que verifica se as peças estão limpas e o quanto valem, considerando aspectos como o tipo do item, sua condição de uso, marca e popularidade. A partir dessa análise a equipe determina quantos *swaps* serão concedidos ao cliente, que pode utilizar os *swaps* tanto na loja física, quanto por meio do aplicativo e do site. A partir dos *swaps* e uma contribuição pelo custo do serviço, os clientes podem adquirir novos itens, entregues por outros clientes. As fundadoras destacam que o vestuário passa novamente a ser valorizado por quem o adquiriu, possibilitando que a pessoa renove seu guarda-roupa sem ser necessário a produção e compra de novos produtos. Diante desse contexto, utiliza-se a abordagem “trocar é o novo shopping!”.

A *startup* obtém cerca de 4000 peças de vestuário mensalmente, e aproximadamente 1.250 peças são trocadas por mês. Embora a troca de roupas seja seu serviço central, ela também realiza outras ações para promover maior circularidade em seu modelo de negócio. As roupas recebidas que não são consideradas adequadas para serem trocadas, mas, ainda assim, estão em boas condições, são doadas para instituições de caridade locais. As roupas recebidas, que não estão mais em condições de serem

reutilizadas, são recicladas e utilizadas para a construção de itens como sacolas ecológicas e *necessaires*. A *startup* também realiza parceria com *designers* para que os itens não trocáveis sejam utilizados na confecção de novas roupas a partir da estratégia de *upcycling*.

Além das estratégias apresentadas, outras iniciativas com o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável são abordadas pela *startup*, tais como:

- Criação do The Swap Academy, com foco em gerar impacto social promovendo treinamento e estágio social remunerado, no qual são ensinadas práticas de empreendedorismo social referentes à economia circular na indústria têxtil;
- Colaboração com a cidade de Amsterdã em um projeto piloto que utiliza etiquetas com QR Code para possibilitar o rastreamento do impacto positivo da troca de roupas.
- Ações com voluntários e redes de parceiros, visando a colaboração mútua e o compartilhamento de conhecimento das práticas sustentáveis.

A partir dessas iniciativas, a *startup* foi vencedora em 2021 do desafio têxtil circular do Programa de aceleração de *Startup in Residence*, realizado em Amsterdã. Visando aumentar o seu impacto, as fundadoras também planejam a construção de lojas franqueadas em outras cidades holandesas.

5.3 Avaliação do modelo 7S

A partir dos dados apresentados, identifica-se que a *startup* The Swapshop desenvolve um modelo de negócio circular, com foco em promover uma solução alternativa ao modelo linear, atuando no prolongamento da vida útil do vestuário e contribuindo para que haja menor produção e descarte excessivo e, conseqüentemente, menor dano ao ambiente.

Também é possível identificar que, atualmente, a *startup* se apoia em tecnologias digitais para promover seu modelo de negócio, possibilitando que o serviço de trocas e a aquisição de novas peças seja facilitado, por meio de um aplicativo móvel e do site. Também visa contribuir para a conscientização das pessoas e para o impacto social, por meio de um estágio social que permite a transferência de conhecimento sobre práticas de economia circular e empreendedorismo. Diante desse contexto, argumentamos que o modelo 7S pode contribuir para que a *startup* consiga aperfeiçoar seu modelo de negócio circular, utilizando big data como apoio. A seguir é apresentado como os elementos do modelo 7S podem contribuir para esse cenário.

Utilizando a abordagem de conhecimento gradual na capacidade analítica, proposto na arquitetura do modelo 7S, conforme descrito na Seção 4.5, a *startup* The Swapshop pode iniciar sua jornada de big data a partir do primeiro nível de capacidade analítica, por meio da captura de dados que possam auxiliar na sua compreensão sobre o cenário em que ela atua.

5.3.1 Nível I do modelo 7S

Em relação ao elemento colaboração (*shared*), a *startup* pode prover mecanismos para obter métricas relacionadas às aquisições de vestuário, valor médio dos itens adquiridos, quantidade de clientes e produtos trocados. Em relação ao seu produto, pode, também, determinar mecanismos que possibilitem a extração de informações sobre os itens de vestuário e o registro de dados como a marca, categoria, estilo e qualidade do item adquirido.

Considerando o elemento social (*social*), sugere-se identificar estratégias que possibilitem coletar e compartilhar métricas sobre os padrões de acesso do consumidor no aplicativo e no site da *startup*, bem como os comentários sobre referentes à *startup* nas redes sociais.

No que tange ao elemento escalável (*scalable*), a *startup* deve atuar na definição

da infraestrutura de dados a ser adotada, possibilitando o processamento e a análise de dados em larga escala. Nesse contexto, a arquitetura proposta na Seção 4.6 pode ser inicialmente projetada, para que os dados obtidos sejam armazenados já nessa infraestrutura, para posterior análise.

Ao projetar a infraestrutura de dados, além da capacidade de processamento de dados em larga escala, a *startup* deve, nesse nível, projetar meios para o processamento em tempo real (*streaming*), possibilitando realizar operações como a extração de características dos itens de vestuário adquiridos.

Em relação ao elemento padronização (*standard*), nesse nível é proposto que a *startup* seja capaz de identificar os mecanismos necessários para que o processo de captura dos dados seja realizado de forma padronizada, possibilitando que esses dados sejam transferidos para outros parceiros, a partir de uma API, por exemplo. Em adição, o elemento sistemático (*systematic*), nesse nível, prevê que a determinação de uma política de como esses dados deverão ser adquiridos e compartilhados com outros colaboradores, determinando, assim, a interoperabilidade dos dados, além de definir critérios referentes à privacidade dos dados. Por fim, o elemento seguro (*secure*) determina, nesse nível, a implementação de mecanismos de segurança na infraestrutura de dados, garantindo que os dados internos e externos adquiridos estejam armazenados e disponibilizados de forma segura, além de estarem aderentes às leis regulatórias.

5.3.2 Nível II do modelo 7S

Uma vez que a *startup* esteja capacitada para coletar e extrair métricas sobre seu modelo de negócio, ela torna-se capaz de avançar no nível de maturidade de capacidade analítica, utilizando os dados obtidos para o desenvolvimento de modelos preditivos que auxiliarão no gerenciamento dos processos existentes em seu modelo de negócio circular. Por exemplo, a partir de uma base de dados histórica das variáveis referentes às características dos itens de vestuário, torna-se possível a construção de um modelo

que possibilite prever o valor a ser dado a novos itens, possibilitando assim que a precificação seja feita de forma orientada a dados, reduzindo a possibilidade de erros e acelerando o processo de verificação manual. Conforme apresentado por Ertz et al., as plataformas voltadas à troca de produtos também podem utilizar técnicas de análise preditiva para analisar redes sociais e identificar meios para expandir a rede de usuários, promovendo a esses usuários novas formas de colaboração (ERTZ et al., 2022).

5.3.3 Nível III do modelo 7S

Um dos desafios referentes à escalabilidade do modelo de negócio da The Swapshop é a necessidade do cliente ir pessoalmente até a loja física para fazer a entrega de roupas e analisar o valor a ser recebido por essas. Considerando a capacidade analítica de nível III do modelo 7S, a *startup* The Swapshop pode se beneficiar de mecanismos de análise prescritiva, que possibilite fazer a verificação do valor dos itens de vestuário a partir de análise de imagens. O conjunto de dados históricos utilizados para a construção do modelo preditivo pode ser utilizado juntamente com demais variáveis extraídas das imagens enviadas pelos clientes, possibilitando a análise imediata dos valores dos produtos. Considerando o aspecto ambiental, a *startup* pode também desenvolver modelos que apresentem aos seus clientes informações sobre o impacto ambiental dos itens de vestuário desses, podendo assim aumentar a conscientização desses.

Além do modelo de negócio baseado na troca de roupas, a *startup* The Swapshop também visa estabelecer parcerias com outras organizações de economia circular e *designers* para o desenvolvimento de produtos feitos a partir da reciclagem de tecidos. Dessa forma, ao adotar o modelo 7S, a colaboração com outras organizações pode ser mais bem estabelecida, possibilitando a troca e a integração de dados sobre as características das roupas e do comportamento dos consumidores em relação a essas.

Ao se capacitar na captura e na análise de dados disponíveis em seu modelo de

negócio, a *startup* passa a adquirir informações úteis que poderão prover percepções que ofereçam valor não somente para o próprio negócio, como também para outras empresas e organizações. Essa abordagem colaborativa, sendo uma necessidade identificada no contexto de economia circular, pode ser apoiada a partir da implementação dos elementos 7S.

Além da definição de estratégias de compartilhamento, a padronização e a definição de uma abordagem sistemática para a captura e a troca dos dados podem estabelecer meios para possibilitar a troca de informações. A capacidade de armazenar e processar dados oriundos das características das peças adquiridas, bem como de outras fontes de dados do processo pode viabilizar o desenvolvimento de modelos preditivos e prescritivos.

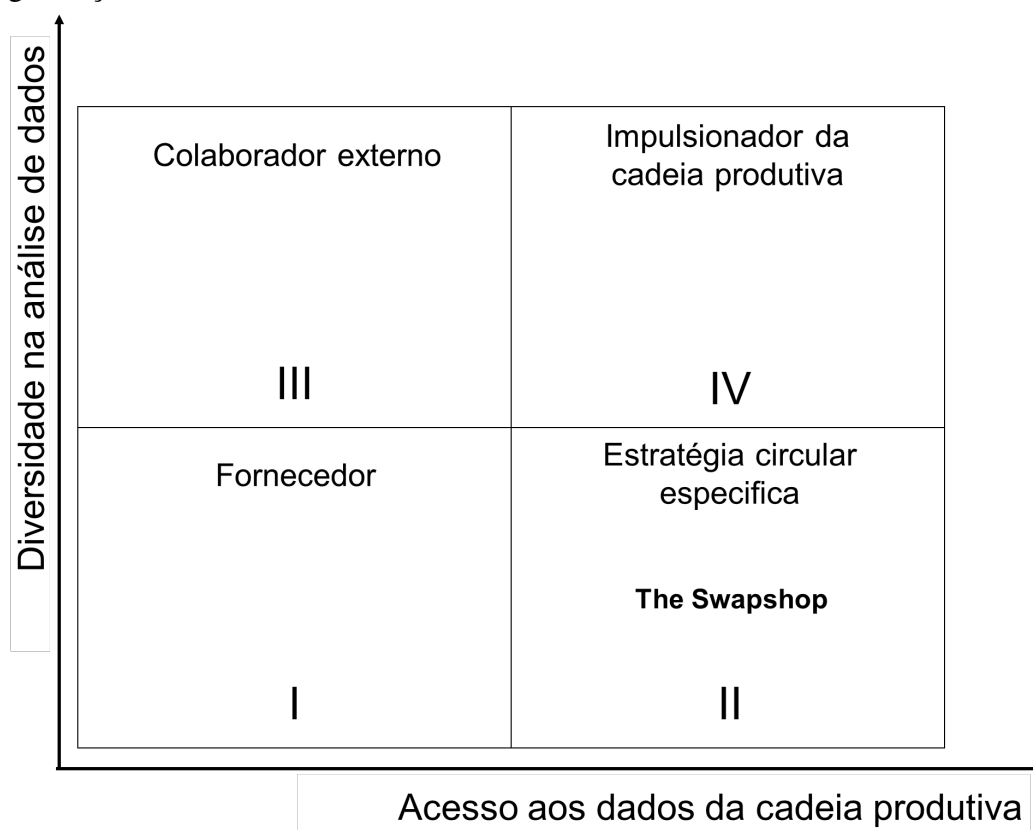
A capacidade de capturar e analisar dados em tempo real pode otimizar os processos existentes no modelo de negócio, e, somados aos dados sociais, torna-se possível otimizar a experiência do cliente, avaliar as condições de trabalho dos colaboradores e avaliar a efetividade das estratégias de treinamento voltadas à economia circular. Por fim, essas soluções podem ser utilizadas de forma confiável por meio da implementação de estratégias de segurança.

5.3.3.1 Organização dos dados

Conforme apresentado na Figura 19, identifica-se que, em relação à organização dos dados, a The Swapshop se enquadra no quadrante II, sendo uma empresa com foco em atuar em uma ou mais estratégia circular específica, porém não sendo a principal impulsionadora da cadeia produtiva. Nesse contexto, ela pode contribuir, conforme mencionado, na disponibilidade de dados referentes ao seu modelo de negócio, provendo dados que, ao serem integrados com os de outras estratégias de circularidade, podem prover uma melhor percepção dos impactos econômicos, ambientais e sociais causados ao longo da cadeia produtiva.

Embora exija investimentos e pessoas habilitadas para a implementação dos elementos propostos, bem como a de técnicas de análise de dados no contexto de big data, o fato da The Swapshop receber apoio de uma aceleradora de *startups* pode contribuir para o desenvolvimento dessa solução, aproximando as empreendedoras aos profissionais da área de tecnologia. Em cenários do qual a empresa no contexto de economia circular esteja mais distante de recursos tecnológicos, essa implementação se torna mais desafiadora, havendo a necessidade de receber apoio de outras empresas do elo da cadeia produtiva para o desenvolvimento de soluções orientadas a dados.

Figura 19: Posicionamento da *startup* The Swapshop no quadrante para definição da organização de dados no modelo 7S.



Fonte: Autora.

5.4 Considerações do capítulo

Esse capítulo apresentou informações referentes ao processo de avaliação do modelo 7S, proposto no capítulo anterior. Inicialmente, foram apresentadas informações

sobre a origem dos dados utilizados para a avaliação. O projeto GMP publica um conjunto de estudos de caso no contexto da indústria têxtil na plataforma Knowledge Hub e estes estudos de casos foram pesquisados e avaliados para seleção do estudo de caso de interesse para a aplicação do modelo 7S proposto.

A partir do estudo de caso selecionado, foi possível obter uma análise inicial sobre a aplicabilidade do modelo 7S para a adoção de big data em um modelo de negócio de economia circular na indústria têxtil. Nesse contexto, algumas observações podem ser realizadas. A empresa selecionada é uma *startup*, criada desde o seu início com o objetivo de promover valor a partir de um modelo de negócio no contexto de economia circular. As fundadoras já iniciaram seu planejamento com uma cultura de inovação orientada à circularidade, o que contribui para que as estratégias definidas sejam voltadas a um modelo não linear. Somado a esse fator, percebe-se que o fato da empresa reconfigurar seu modelo de negócio para incorporar tecnologias digitais, como aplicativos móveis, possibilitou a essa ampliar seu impacto social, atingindo um número maior de pessoas.

Entretanto, conforme argumentado por Kristoffersen et al., além da cultura de inovação orientada à circularidade, a cultura orientada a dados faz-se necessária para que as empresas possam avançar nos projetos de economia circular (KRISTOFFERSEN et al., 2021). A abordagem gradual de adoção de big data proposta no modelo 7S pode contribuir para que a empresa avance em suas iniciativas orientada a dados. Os elementos propostos pelo modelo 7S visam contribuir para que o uso de técnicas e tecnologias de big data gere percepções que possam ser úteis em um ambiente colaborativo, possibilitando a integração e análise dos dados a partir de uma visão ampliada do cenário em que a estratégia circular for estabelecida.

Por fim, o estudo de caso apresentado também mostra que a economia circular requer um pensamento sistêmico, necessitando de mudanças e iniciativas de diferentes frentes, como das empresas, dos consumidores, dos governantes e de formuladores

de políticas. Considerando a The Swapshop, o modelo de negócio adotado deve ser definido a partir de uma estratégia que gere não somente bens econômicos, mas que também agregue benefícios ambientais e sociais. Essa definição deve avaliar não somente o impacto direto da empresa, como também como suas ações podem afetar outras iniciativas, como por exemplo, a reciclagem dos materiais descartados. Aliado a esse fator, a proposta de valor apresentada pela empresa deve também ser percebida pelos consumidores, para que esses adotem novos hábitos de consumo e percebam os benefícios ofertados. Entretanto, mesmo diante dessa percepção de valor dos consumidores, torna-se necessário que haja leis que contribuam para que tais estratégias de economia circular possam ser implementadas. Isso pode ser realizado por meios como incentivos para empresas que realizem a reciclagem de produtos ou que reduzam a emissão de gases poluentes, ou pela imposição de taxas para as empresas que gerem impactos negativos. Somado a esse contexto, as universidades também possuem papel essencial para se avançar na economia circular, inserindo em seu currículo tópicos como sustentabilidade e modelos de negócios circulares. Assim, percebe-se que a colaboração de fato é o cerne da economia circular, havendo a necessidade de avanço simultâneo entre as iniciativas realizadas. As técnicas e tecnologias de big data podem ser facilitadoras para que o conhecimento seja construído em conjunto, gerando valor de forma a beneficiar todos os envolvidos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as considerações finais do trabalho, consolidando as informações descritas nos capítulos anteriores. A Seção 6.1 apresenta uma análise geral sobre as diversas etapas do processo de pesquisa. Na Seção 6.2 são descritas as principais contribuições do trabalho. As limitações identificadas são descritas na Seção 6.3. As propostas de trabalhos futuros são relatadas na Seção 6.4. Por fim, na Seção 6.5 são listadas as publicações geradas no decorrer do doutorado.

6.1 Análise geral

O modelo de economia circular, embora seja considerado promissor e com perspectivas diversas de sua aplicação, está em seus primórdios. Empresas, governos, consumidores e pesquisadores estão no processo de compreender e aplicar seus princípios, transformando a forma tradicional de produção e consumo. Nesse trabalho foi apresentado que na indústria têxtil, em particular, este movimento também está ocorrendo, provocando um sentido de conscientização e colaboração entre os *stakeholders*, utilizando os avanços tecnológicos e apoiando-se em dados para a obtenção de uma melhor compreensão das estratégias de circularidade.

Entretanto, embora a adoção de economia circular tenha como objetivo gerar impacto positivo ao ambiente e à sociedade, tal modelo também é considerado um sistema complexo, tornando desafiador sua adoção. No contexto da indústria têxtil, torna-se necessária a adoção de estratégias que abranjam a complexa, fragmentada e geogra-

ficamente dispersa cadeia produtiva. Identifica-se a necessidade de transparência das empresas, além de atuarem colaborativamente com todos os *stakeholders*, possibilitando identificar e implementar práticas sustentáveis em todos os estágios da cadeia, a partir de um pensamento sistêmico. Os dados são considerados recursos chave para que a colaboração e a transparência sejam obtidas, provendo informações e percepções úteis por meio de técnicas e tecnologias de big data.

Entretanto, a compreensão sobre como big data pode apoiar empresas no processo de transição para a economia circular ainda não é clara, havendo incertezas e barreiras a serem rompidas para esse alcance. A partir desse contexto, esse trabalho teve como objetivo responder à seguinte pergunta: "*Como um modelo de implementação de big data pode auxiliar empresas da indústria têxtil na transição para a economia circular?*". Foram determinadas, também, outras 3 questões de pesquisa, derivadas dessa questão principal. A apresentação do Capítulo 2, referente a uma contextualização dos construtos big data e economia circular, além da indústria têxtil, área de aplicação do estudo, foi possível responder à questão de pesquisa *QPI - O que é big data, economia circular e indústria têxtil e qual a relação entre esses termos?* Nesse estudo, identificaram-se os desafios e as oportunidades referentes às dimensões volume, variedade e velocidade de big data, além da identificação das tecnologias adotadas para suprir tais desafios. Também foi apresentada a incorporação do termo big data *analytics*, representando o conjunto de técnicas voltadas à análise descritiva, preditiva e prescritiva, utilizadas para o aumento da percepção e aperfeiçoamento do processo de tomada de decisão. Em relação ao termo economia circular, foi descrita uma análise do conceito a partir de suas características, escolas de pensamento, estratégias de circularidade e modelos de negócio. Também foi realizada uma discussão sobre a relação entre economia circular e os pilares de sustentabilidade. Por fim, em relação à indústria têxtil, foi realizado um estudo que categorizou os desafios de sustentabilidade da indústria têxtil a partir das dimensões volume, variedade e velocidade, tais como as utilizadas na definição

de big data. Esse estudo, além de possibilitar a compreensão dos desafios a indústria enfrenta no processo de transição para a economia circular, foi realizado com foco em aproximar os profissionais de big data à essa área, estimulando-os na resolução de tais desafios.

Visando responder a questão de pesquisa *QP2 - Como big data pode contribuir na transição para a economia circular na indústria têxtil?*, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, possibilitando obter uma compreensão sobre os benefícios, as demandas e as barreiras existentes para a adoção de big data na economia circular. A partir desse estudo, foi possível identificar que a literatura considera a adoção de big data um facilitador para a economia circular, provendo benefícios como a percepção holística do ciclo de vida do produto, o monitoramento do uso dos recursos e a integração de dados entre os *stakeholders*, apoiando o processo de tomada de decisão. Também foi identificado que, embora big data possa contribuir para promover a colaboração e o aumento de transparência nas organizações, esses fatores também são considerados necessários para que as empresas utilizem big data com foco na economia circular. Também foram identificadas demandas técnicas, como a necessidade de garantir a segurança dos dados compartilhados e a necessidade de estratégias de governança de dados para a organização e integração desses.

Considerando a questão de pesquisa *QP3 - Quais os requisitos técnicos para a implementação de big data para auxiliar na transição para a economia circular na indústria têxtil?*, a partir da revisão sistemática da literatura, o próximo passo realizado foi a especificação de um modelo para orientar a implementação de estratégias de big data, com foco em auxiliar a transição para a economia circular na indústria têxtil, por meio de uma abordagem orientada a dados. Foi identificado que as estratégias de big data, a partir do modelo 7S proposto, podem contribuir para que as empresas identifiquem as diretrizes necessárias para se atuar de forma orientada a dados, visando a sustentabilidade. Assim, foi apresentada uma proposta de adoção gradual da arqui-

tetura do modelo, para que as empresas possam avançar em sua capacidade analítica conforme adquirem maturidade sobre os dados e as técnicas utilizadas para esse fim.

Por fim, uma avaliação inicial do modelo foi realizada, utilizando como base um estudo de caso de uma *startup*, que contém um modelo de negócio circular orientado à troca de produtos, com foco em prolongar a vida útil de itens de vestuário. Nessa avaliação foi discutido como o modelo 7S pode contribuir para que o modelo de negócio seja implementado não somente a partir de uma cultura de inovação orientada à circularidade, mas também a partir de uma cultura orientada a dados.

A partir da pesquisa realizada, portanto, considera-se que foi então possível responder à questão principal de pesquisa, determinando elementos que devem ser considerados na indústria têxtil, ao se adotar big data com foco na economia circular. Cabe ressaltar, como observação obtida a partir da pesquisa, que embora os recursos naturais sejam escassos, os dados não são. A coleta e a análise de um volume crescente de dados podem produzir percepções aos tomadores de decisão, permitindo-lhes criar ações estratégicas e operacionais em uma abordagem orientada a dados. Tais percepções podem ser direcionadas especificamente para fins de auxiliar as empresas na transição para a economia circular, promovendo maior transparência e colaboração. Dessa forma, identifica-se que vastos conjuntos de dados, quando integrados e compartilhados, podem prover meios eficazes para se avançar rumo à sustentabilidade.

É importante mencionar que, devido aos eventos climáticos ocorridos nos últimos anos e à pandemia global, iniciada em 2020, o tema sustentabilidade obteve maior visibilidade, não somente na indústria têxtil, mas em diversos outros setores e áreas da economia. Problemas econômicos, sanitários e de saúde, mostraram a necessidade de ações globais para proporcionar bem-estar à humanidade atual e às futuras gerações. Nesse cenário, foi possível obter um maior entendimento de como as ações individuais podem impactar toda a sociedade, trazendo a necessidade de mudanças coletivas nos níveis individual, local, regional e global. Dessa forma, a necessidade de colabora-

ção para obtenção de valor mútuo tornou-se evidente, trazendo lições aprendidas que necessitam ser transferidas em ações concretas.

A economia circular na indústria têxtil tem promovido um processo de mudança de paradigma, com a expectativa de mudar o *status quo* de produção e de consumo, visando uma abordagem sustentável. Essas mudanças estão sendo refletidas não somente em nossos hábitos, como também estão redesenhando nosso futuro, com melhores condições nas dimensões econômica, social e ambiental. E, a partir de dados apropriados, a mudança positiva não só pode ser monitorada, como também pode ser constantemente aperfeiçoada, contribuindo para o avanço sustentável dessa desafiadora, porém fascinante indústria.

6.2 Contribuições

Este trabalho contribuiu com a pesquisa nas áreas de big data, economia circular e indústria têxtil, por meio de estudos de como a interseção entre esses temas pode auxiliar no desenvolvimento sustentável. A originalidade desse trabalho dá-se pela proposta, especificação e arquitetura de um modelo que contempla os requisitos de big data e de economia circular para que empresas possam se apoiar nos dados para avançarem em suas estratégias de circularidade na indústria têxtil.

Em comparação com estudos anteriores, as principais contribuições dessa tese podem ser destacadas:

- Identificação de 12 desafios de sustentabilidade existentes na indústria têxtil, categorizados a partir das dimensões utilizadas na definição de big data (i.e., volume, variedade e velocidade). Objetiva-se, a partir dessa categorização, auxiliar na compreensão dos desafios existentes na indústria, bem como aproximar os profissionais de big data a esse tema, estimulando-os na busca pela resolução desses.

- Revisão sistemática da literatura, identificando estudos que abordam o tema big data e economia circular, bem como os benefícios, as demandas e as barreiras existentes para a adoção de soluções orientadas a dados em modelos de negócios circulares.
- Análise da interseção entre big data e economia circular, descrevendo as semelhanças e os desafios entre esses dois temas, em relação à sua adoção pelas empresas.
- Proposta do modelo 7S, com foco em apresentar elementos para que empresas da indústria têxtil possam avançar em sua capacidade analítica para fins de sustentabilidade de forma gradual, auxiliando suas estratégias de circularidade.
- Proposta de arquitetura e de implementação do modelo 7S, apresentando uma visão de alto nível das camadas necessárias para implementar o modelo proposto e identificando as funcionalidades de cada camada em relação ao modelo 7S.
- Análise qualitativa de estudos de caso de economia circular na indústria têxtil disponíveis na plataforma Knowledge Hub, identificando as principais atuações e impactos gerados pelas empresas que atuam com estratégias de circularidade nessa indústria.
- Avaliação da aplicabilidade do modelo proposto, investigando sua adoção em uma empresa que propõe um modelo de negócio circular na indústria têxtil, baseado na troca de itens de vestuário.

6.3 Limitações

Embora o trabalho tenha gerado as contribuições apresentadas na seção anterior, algumas limitações são identificadas. A avaliação do modelo proposto foi realizada a partir da adoção de uma empresa que adota um modelo de negócio circular, possibi-

litando compreender a aderência do modelo a esse contexto. Embora essa avaliação possibilite uma percepção inicial de como os elementos do modelo e sua implementação pode ser realizada nessa empresa, ela não representa como o modelo se adapta a diferentes perfis de outras empresas, atuantes em outras estratégias de circularidade, tais como as apresentadas na análise de estudos de caso da Seção 5.1. Essa avaliação pode prover uma maior compreensão da implementação de cada elemento do modelo 7S, identificando, por exemplo, o caminho crítico desse, demonstrando assim quais elementos devem, necessariamente, ser adotados por todas as empresas que desejam avançar em suas estratégias orientadas a dados e à circularidade.

6.4 Trabalhos futuros

Embora a literatura apresente benefícios sobre a adoção de big data na economia circular, ainda são escassos os trabalhos que investigam a intersecção de tais temas. Dessa forma, novos estudos são necessários para promover maior conhecimento teórico e prático sobre esse aspecto. Dado esse contexto, identificam-se diversas possibilidades de ampliar os estudos apresentados nesse trabalho.

Conforme foi apresentado no Capítulo 4, o modelo 7S contempla elementos considerados necessários para que as empresas possam adotar big data com foco na transição para a economia circular, possibilitando a essas avançarem em inovações orientada a dados e à circularidade. Para avaliar esse modelo, foi realizado um mapeamento entre as funcionalidades da arquitetura proposta e os requisitos levantados, além de uma avaliação de sua adoção em uma empresa da indústria têxtil. Entretanto, visando aprofundar a compreensão da viabilidade do modelo proposto, identificando maiores detalhes referentes à sua implementação, sugere-se a avaliação do modelo em um conjunto diversificado de empresas da indústria têxtil, avaliando como esse se adere a empresas de diferentes tamanhos e com diferentes estratégias de circularidade em seu modelo de negócios.

Recomenda-se também, como sugestão de trabalhos futuros, uma análise individualizada dos desafios relacionados a cada um dos elementos do modelo proposto. Deve-se identificar as subetapas existentes em cada um desses, até se alcançar o patamar necessário para se graduar para um próximo nível do modelo proposto. Nesse contexto, sugere-se a investigação de indicadores que possam ser adotados para que a empresa possa mensurar melhor seu avanço na capacidade analítica no contexto de economia circular, para fins de sustentabilidade.

Como complemento do estudo realizado nesse trabalho, sugere-se, também, uma análise empírica que possibilite identificar como a adoção do modelo proposto auxilia as empresas da indústria têxtil a incorporarem uma cultura orientada a dados e orientada à circularidade em suas iniciativas. Nessa análise, sugere-se a investigação de como cada um dos elementos propostos contribuem para os objetivos da empresa, possibilitando assim, uma identificação dos elementos que devem ser priorizados.

6.5 Publicações

Nesta seção são apresentadas as publicações referentes a artigos em periódicos, artigos em conferências e capítulos de livro gerados no decorrer do doutorado, como resultado direto ou indireto deste trabalho.

Artigos em periódicos

MARQUESONE, R. F. P.; CARVALHO, T. C. M. B.. Examining the Nexus between the Vs of Big Data and the Sustainable Challenges in the Textile Industry. Sustainability, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), 14, no. 8: 4638. <https://doi.org/10.3390/su14084638>, 2022.

MARQUESONE, R. F. P.; CARVALHO, T. C. M. B.. Towards the Implementation of Big Data to Support the Transition to the Circular Economy in Textile Industry. Sustainability, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), 2022.

(finalizando escrita)

HAYASHI, V.; CARVALHO, M.; NETO, J. C.; PINNA, F.; MARQUESONE, R.; RUGIERRO, W.; DUARTE, M.. **Information Retrieval Based on Brazilian Portuguese Texts**. Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, 20(1), 249-269, 2022.

Artigos em conferências nacionais

MARQUESONE, R. F. P. ; CARVALHO, T. C. M. B.. **A Reference Model of Big Data Analytics for Digital Business**. VIII Workshop de Pós-Graduação em Engenharia de Computação – WPGEC, São Paulo: PCS/POLI/USP, 2019.

Artigos em conferências internacionais

MARQUESONE, R. F. P.; CARVALHO, T. C. M. B.. **A Taxonomy of Big Data Analytics in Circular Economy: Perspectives From the Fashion Industry**. In: WorldCist'22 - 10th World Conference on Information Systems and Technologies, Budva, Montenegro, 2022.

CARVALHO, M.; HAYASHI, V.; PINNA, F.; MARQUESONE, R. F. P.; NÉTO, J.; RUGGIERO, W. **Towards Modeling Semi-Automatic Ontology Based on Natural Language Processing**. In: Vigésima Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informatica: CISCI, 2021.

MARQUESONE, R. F. P.; CARVALHO, T. C. M. B.; GUIMARAES, L. B.; DIAS, E. M.. **A FIWARE-Based Component for Data Analysis in Smart Mobility Context**. In: 1st IEEE Summer School on Smart Cities, 2017, Natal. 1st IEEE Summer School on Smart Cities, 2017.

MARQUESONE, R. F. P.; DA SILVA, É. A.; GONZALEZ, N. M.; LANGONA, K.; GOYA, W. A.; FROTA REDÍGOLO, F.; CARVALHO, T. C. M. B.; MÂNGS, J.; SEFIDCON, A.. **Towards Bandwidth Optimization in Fog Computing using**

FACE Framework. In: 7th International Conference on Cloud Computing and Services Science, 2017, Porto. Proceedings of the 7th International Conference on Cloud Computing and Services Science, 2017. p. 491.

Capítulos de livro

MARQUESONE, R. F. P.; PEREIRA JUNIOR, F.; CARVALHO, T. C. M. B.. Big Data e Tecnologias Digitais Aplicadas à Economia Circular: Oportunidades para Cadeias Produtivas mais Sustentáveis. 41ª Jornada de Atualização em Informática (JAI), 2022 (*Proposta aceita. Em processo de escrita do texto final*).

MARQUESONE, R. F. P.; PEREIRA JUNIOR, Francisco; CARVALHO, T. C. M. B.. Análise de Dados com R: uma Visão Inicial das Atividades de um Cientista de Dados. In: I Jornada Latino-Americana de Atualização em Informática (JoLAI_CLEI_LACLO), 2018, São Paulo. I Jornada Latino-Americana de Atualização em Informática (JoLAI_CLEI_LACLO), 2018.

HANADA, R. K.; SOUZA, D. E.; MACHADO, P.; BIO, D.; **MARQUESONE, R. F. P.. Capítulo 5: Mundo Digital 2: Blockchain.** In: Elcio Brito da Silva; Maria Lídia Rebello Pinho Dias Scoton; Eduardo Mário Dias; Sergio Luiz Pereira. (Org.). AUTOMAÇÃO & SOCIEDADE. Quarta Revolução Industrial, um Olhar para o Brasil. 1ed. São Paulo: Brasport, 2018, v. 1, p. 95-105.

GABRIELLI, L.; SILVA, R. B.; **MARQUESONE, R. F. P.. Capítulo 6: Mundo Digital 3: Inteligência Artificial (IA).** In: Elcio Brito da Silva; Maria Lídia Rebello Pinho Dias Scoton; Eduardo Mário Dias; Sergio Luiz Pereira. (Org.). AUTOMAÇÃO & SOCIEDADE. Quarta Revolução Industrial, um Olhar para o Brasil. 1ed. São Paulo: Brasport, 2018, v. 1, p. 106-118.

DAMIANO, R.; CAMPOS, R. S.; **MARQUESONE, R. F. P. ; COSTA, A. N. R.; MOTA, D. O.. Capítulo 10: A Quarta Revolução Industrial e a Cadeia de Suprimentos 4.0.** In: Elcio Brito da Silva; Maria Lídia Rebello Pinho Dias Scoton;

Eduardo Mário Dias; Sergio Luiz Pereira. (Org.). AUTOMAÇÃO & SOCIEDADE. Quarta Revolução Industrial, um Olhar para o Brasil. 1ed. São Paulo: Brasport, 2018, v. 1, p. 180-201.

TATTO, J. A.; DALLAQUA, M. F.; EGREJA, L. R.; GUIMARAES, L. B.; **MARQUESONE, R. F. P. Capítulo 12: A Quarta Revolução Industrial e a Cidade 4.0.** In: Elcio Brito da Silva; Maria Lídia Rebello Pinho Dias Scoton; Eduardo Mário Dias; Sergio Luiz Pereira. (Org.). AUTOMAÇÃO & SOCIEDADE. Quarta Revolução Industrial, um Olhar para o Brasil. 1ed. São Paulo: Brasport, 2018, v. 1, p. 220-236.

REFERÊNCIAS

- ABIT. *O poder da moda: agenda de competitividade da indústria têxtil e de confecção brasileira 2015 a 2018*. [S.l.]: Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT), 2015. <http://www.abit.org.br>. [Online; Acessado em 26-Novembro-2022].
- ACERBI, F.; SASSANELLI, C.; TERZI, S.; TAISCH, M. A systematic literature review on data and information required for circular manufacturing strategies adoption. *Sustainability*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 13, n. 4, p. 2047, 2021.
- ADA, N.; KAZANCOGLU, Y.; SEZER, M. D.; EDE-SENTURK, C.; OZER, I.; RAM, M. Analyzing barriers of circular food supply chains and proposing industry 4.0 solutions. *Sustainability*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 13, n. 12, p. 6812, 2021.
- AGRAWAL, T. K.; KUMAR, V.; PAL, R.; WANG, L.; CHEN, Y. Blockchain-based framework for supply chain traceability: A case example of textile and clothing industry. *Computers & industrial engineering*, Elsevier, v. 154, p. 107130, 2021.
- AHMAD, S.; MISKON, S.; ALABDAN, R.; TLILI, I. Towards sustainable textile and apparel industry: Exploring the role of business intelligence systems in the era of industry 4.0. *Sustainability*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 12, n. 7, p. 2632, 2020.
- ALLEN, S. T.; JANKOWSKI, M.; PATHIRANA, P. *Storm Applied: Strategies for Real-Time Event Processing*. 1st. ed. USA: Manning Publications Co., 2015. ISBN 1617291897.
- ANTIKAINEN, M.; UUSITALO, T.; KIVIKYTÖ-REPONEN, P. Digitalisation as an enabler of circular economy. *Procedia CIRP*, Elsevier, v. 73, p. 45–49, 2018.
- ATKAR, A.; PABBA, M.; SEKHAR, S. C.; SRIDHAR, S. Current limitations and challenges in the global textile sector. In: MONDAL, M. I. H. (Ed.). *Fundamentals of Natural Fibres and Textiles*. [S.l.]: Woodhead Publishing, 2021, (The Textile Institute Book Series). p. 741–764. ISBN 978-0-12-821483-1.
- AWAN, U.; SHAMIM, S.; KHAN, Z.; ZIA, N. U.; SHARIQ, S. M.; KHAN, M. N. Big data analytics capability and decision-making: The role of data-driven insight on circular economy performance. *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, v. 168, p. 120766, 2021.

- AWAN, U.; SROUFE, R.; SHAHBAZ, M. Industry 4.0 and the circular economy: A literature review and recommendations for future research. *Business Strategy and the Environment*, Wiley Online Library, v. 30, n. 4, p. 2038–2060, 2021.
- BAG, S.; PRETORIUS, J. H. C. Relationships between industry 4.0, sustainable manufacturing and circular economy: proposal of a research framework. *International Journal of Organizational Analysis*, Emerald Publishing Limited, 2020.
- BAG, S.; PRETORIUS, J. H. C.; GUPTA, S.; DWIVEDI, Y. K. Role of institutional pressures and resources in the adoption of big data analytics powered artificial intelligence, sustainable manufacturing practices and circular economy capabilities. *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, v. 163, p. 120420, 2021.
- BAG, S.; YADAV, G.; DHAMIJA, P.; KATARIA, K. K. Key resources for industry 4.0 adoption and its effect on sustainable production and circular economy: An empirical study. *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, v. 281, p. 125233, 2021.
- BARBEITO-CAAMAÑO, A.; CHALMETA, R. Using big data to evaluate corporate social responsibility and sustainable development practices. [S.l.]: Wiley Online Library, 2020. v. 27, n. 6, p. 2831–2848.
- BAUWENS, T.; HEKKERT, M.; KIRCHHERR, J. Circular futures: what will they look like? *Ecological Economics*, Elsevier, v. 175, p. 106703, 2020.
- BENYUS, J. M. *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. New York: Quill: Morrow New York, 1997.
- BERTOLA, P. Fashion within the big data society: How can data enable fashion transition towards a more meaningful and sustainable paradigm? *CHIItaly 2021: 14th Biannual Conference of the Italian SIGCHI Chapter*, p. 1–8, 2021.
- BHATIA, S.; DEVRAJ, S. *Pollution control in textile industry*. New York: WPI Publishing, 2017. 342 p.
- BLOMSMA, F.; BRENNAN, G. The emergence of circular economy: a new framing around prolonging resource productivity. *Journal of Industrial Ecology*, Wiley Online Library, v. 21, n. 3, p. 603–614, 2017.
- BOARD, O. S.; SCIENCES, E. National Academies of; MEDICINE et al. *Environmental engineering for the 21st century: Addressing grand challenges*. [S.l.]: National Academies Press, 2019.
- BOCKEN, N. M.; HARSCH, A.; WEISSBROD, I. Circular business models for the fastmoving consumer goods industry: desirability, feasibility, and viability. *Sustainable Production and Consumption*, Elsevier, 2022.
- BOCKEN, N. M.; PAUW, I. D.; BAKKER, C.; GRINTEN, B. V. D. Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of industrial and production engineering*, Taylor & Francis, v. 33, n. 5, p. 308–320, 2016.
- BONVIU, F. The european economy: From a linear to a circular economy. *Romanian J. Eur. Aff.*, HeinOnline, v. 14, p. 78, 2014.

BOOTH, A.; SUTTON, A.; CLOWES, M.; JAMES, M. M.-S. Systematic approaches to a successful literature review. Sage, 2021.

BORTHAKUR, D.; GRAY, J.; SARMA, J. S.; MUTHUKKARUPPAN, K.; SPIEGELBERG, N.; KUANG, H.; RANGANATHAN, K.; MOLKOV, D.; MENON, A.; RASH, S. et al. Apache hadoop goes realtime at facebook. In: *Proceedings of the 2011 ACM SIGMOD International Conference on Management of data*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 1071–1080.

BRESSANELLI, G.; ADRODEGARI, F.; PERONA, M.; SACCANI, N. Exploring how usage-focused business models enable circular economy through digital technologies. *Sustainability*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 10, n. 3, p. 639, 2018.

BRUEL, A.; KRONENBERG, J.; TROUSSIER, N.; GUILLAUME, B. Linking industrial ecology and ecological economics: A theoretical and empirical foundation for the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, Wiley Online Library, v. 23, n. 1, p. 12–21, 2019.

BRUN, A.; KARAOSMAN, H.; BARRESI, T. Supply chain collaboration for transparency. *Sustainability*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 12, n. 11, p. 4429, 2020.

BRUNDTLAND, G. H. Our common future—call for action. *Environmental Conservation*, Cambridge University Press, v. 14, n. 4, p. 291–294, 1987.

BRYDGES, T. Closing the loop on take, make, waste: Investigating circular economy practices in the swedish fashion industry. [S.l.]: Elsevier, 2021. v. 293, p. 126245.

CAI, Y.-J.; CHOI, T.-M. Extended producer responsibility: A systematic review and innovative proposals for improving sustainability. *IEEE transactions on engineering management*, IEEE, v. 68, n. 1, p. 272–288, 2019.

CARBONE, P.; KATSIFODIMOS, A.; EWEN, S.; MARKL, V.; HARIDI, S.; TZOUMAS, K. Apache flink: Stream and batch processing in a single engine. [S.l.]: IEEE Computer Society, 2015. v. 36, n. 4.

CARRICO, M.; KIM, V. Expanding zero-waste design practices: a discussion paper. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, Taylor & Francis, v. 7, n. 1, p. 58–64, 2014.

CASTKA, P.; SEARCY, C.; FISCHER, S. Technology-enhanced auditing in voluntary sustainability standards: The impact of covid-19. *Sustainability*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 12, n. 11, p. 4740, 2020.

CERCHIA, R. E.; PICCOLO, K. The ethical consumer and codes of ethics in the fashion industry. [S.l.]: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2019. v. 8, n. 4, p. 23.

CHATTERJEE, S.; CHAUDHURI, R.; VRONTIS, D. Does data-driven culture impact innovation and performance of a firm? an empirical examination. [S.l.]: Springer, 2021. p. 1–26.

CHAUHAN, C.; PARIDA, V.; DHIR, A. Linking circular economy and digitalisation technologies: A systematic literature review of past achievements and future promises. *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, v. 177, p. 121508, 2022.

CHEN, C. P.; ZHANG, C.-Y. Data-intensive applications, challenges, techniques and technologies: A survey on big data. *Information Sciences*, Elsevier, v. 275, p. 314–347, 2014. ISSN 0020-0255.

CHEN, H.; CHIANG, R. H. L.; STOREY, V. C. Business intelligence and analytics: From big data to big impact. Society for Information Management and The Management Information Systems Research Center, USA, v. 36, n. 4, 2012. ISSN 0276-7783.

CHEN, M.; MAO, S.; LIU, Y. Big data: A survey. *Mobile networks and applications*, Springer, v. 19, n. 2, p. 171–209, 2014.

CHEN, W.-K.; NALLURI, V.; HUNG, H.-C.; CHANG, M.-C.; LIN, C.-T. Apply dematel to analyzing key barriers to implementing the circular economy: An application for the textile sector. *Applied Sciences*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 11, n. 8, p. 3335, 2021.

CHEN, X.; MEMON, H. A.; WANG, Y.; MARRIAM, I.; TEBYETEKERWA, M. Circular economy and sustainability of the clothing and textile industry. *Materials Circular Economy*, Springer, v. 3, n. 1, p. 1–9, 2021.

CHERRADI, M.; HADDADI, A. E.; ROUTAIB, H. Data lake management based on dlds approach. In: *Networking, Intelligent Systems and Security*. [S.l.]: Springer, 2022. p. 679–690.

CIRCLE ECONOMY. *Knowledge Hub*. [S.l.]: Circle Economy, 2021. <https://knowledge-hub.circle-lab.com/wctd>. [Online; Acessado em 28-Dezembro-2021].

_____. *The Swap Shop: A social start-up on a mission to extend the life of clothing*. [S.l.]: Circle Economy, 2021. <https://knowledge-hub.circle-lab.com/article/8920>. [Online; Acessado em 06-Dezembro-2021].

_____. *World Circular Textiles Day (WCTD)*. [S.l.]: Circle Economy, 2021. <https://worldcirculartextilesday.com/wctd-2021/>. [Online; Acessado em 18-Dezembro-2021].

CONBOY, K.; MIKALEF, P.; DENNEHY, D.; KROGSTIE, J. Using business analytics to enhance dynamic capabilities in operations research: A case analysis and research agenda. *European Journal of Operational Research*, Elsevier, v. 281, n. 3, p. 656–672, 2020.

CÔRTE-REAL, N.; RUIVO, P.; OLIVEIRA, T.; POPOVIČ, A. Unlocking the drivers of big data analytics value in firms. *Journal of Business Research*, Elsevier, v. 97, p. 160–173, 2019. ISSN 0148-2963.

D'AMATO, D.; DROSTE, N.; ALLEN, B.; KETTUNEN, M.; LÄHTINEN, K.; KORHONEN, J.; LESKINEN, P.; MATTHIES, B. D.; TOPPINEN, A. Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues. *Journal of cleaner production*, Elsevier, v. 168, p. 716–734, 2017.

DAVIS, S. *Managing Corporate Culture*. Cambridge, Mass: Ballinger Publishing Company, 1984. ISBN 9780887300592.

DAVOUDIAN, A.; CHEN, L.; LIU, M. A survey on nosql stores. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, ACM New York, NY, USA, v. 51, n. 2, p. 1–43, 2018.

DEAN, J.; GHEMAWAT, S. Mapreduce: simplified data processing on large clusters. *Communications of the ACM*, ACM New York, NY, USA, v. 51, n. 1, p. 107–113, 2008.

DELEN, D. *Prescriptive analytics: The final frontier for evidence-based management and optimal decision making*. [S.l.]: Financial Times/Prentice Hall, 2019. ISBN 9780134388991.

DEMCHENKO, Y. Big data platforms and tools for data analytics in the data science engineering curriculum. In: *Proceedings of the 2019 3rd International Conference on Cloud and Big Data Computing*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 60–64.

DERAKHSHANNIA, M.; GERVET, C.; HAJJ-HASSAN, H.; LAURENT, A.; MARTIN, A. Data lake governance: Towards a systemic and natural ecosystem analogy. *Future internet*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 12, n. 8, p. 126, 2020.

DESHWAL, S. Facilitating supplies of digital transformation: Data sharing and data culture. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, v. 12, n. 6, p. 3837–3841, 2021.

DIDDI, S.; YAN, R.-N. Consumer perceptions related to clothing repair and community mending events: A circular economy perspective. [S.l.]: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2019. v. 11, n. 19, p. 5306.

DISSANAYAKE, D.; WEERASINGHE, D. Towards circular economy in fashion: review of strategies, barriers and enablers. *Circular Economy and Sustainability*, Springer, p. 1–21, 2021.

DONG, J. Q.; YANG, C.-H. Business value of big data analytics: A systems-theoretic approach and empirical test. *Information & Management*, Elsevier Science Publishers B. V., NLD, v. 57, n. 1, jan 2020. ISSN 0378-7206.

DWIVEDI, A.; MOKTADIR, M. A.; JABBOUR, C. J. C.; CARVALHO, D. E. de. Integrating the circular economy and industry 4.0 for sustainable development: Implications for responsible footwear production in a big data-driven world. *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, p. 121335, 2021.

EBERSOLD, K.; GLASS, R. The impact of disruptive technology: The internet of things. *Issues in Information Systems*, v. 16, n. 4, 2015.

- EISENREICH, A.; FÜLLER, J.; STUCHTEY, M. Open circular innovation: How companies can develop circular innovations in collaboration with stakeholders. *Sustainability*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 13, n. 23, p. 13456, 2021.
- EMF. *Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition*. [S.l.]: Ellen MacArthur Foundation, 2012. <https://ellenmacarthurfoundation.org/>. [Online; Acessado em 13-Abril-2021].
- _____. Towards the circular economy: Accelerating the scale-up across global supply chains. [S.l.]: Ellen MacArthur Foundation (EMF) Isle of Wight, UK, 2014.
- _____. Towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition. [S.l.]: Ellen MacArthur Foundation (EMF) Isle of Wight, UK, 2015.
- ERNST, C.; FERRER, A. H.; ZULT, D. The end of the multi-fibre arrangement and its implication for trade and employment. *ILO Employment Strategy Paper*, v. 16, 2005.
- ERTZ, M.; SUN, S.; BOILY, E.; KUBIAT, P.; QUENUM, G. How transitioning to industry 4.0 promotes circular product lifetimes. *Industrial Marketing Management*, Elsevier, v. 101, p. 125–140, 2022.
- ESPOSITO, M.; TSE, T.; SOUFANI, K. Introducing a circular economy: New thinking with new managerial and policy implications. *California Management Review*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 60, n. 3, p. 5–19, 2018.
- ETC. *Textiles and the Environment - The role of design in Europe's circular economy*. Boeretang, 2022.
- FELICE, F. D.; PETRILLO, A. Green transition: The frontier of the digicircular economy evidenced from a systematic literature review. *Sustainability*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 13, n. 19, p. 11068, 2021.
- FILHO, W. L.; ELLAMS, D.; HAN, S.; TYLER, D.; BOITEN, V. J.; PAÇO, A.; MOORA, H.; BALOGUN, A.-L. A review of the socio-economic advantages of textile recycling. *Journal of cleaner production*, Elsevier, v. 218, p. 10–20, 2019.
- FRANK, A. G.; DALENOGARE, L. S.; AYALA, N. F. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, Elsevier, v. 210, p. 15–26, 2019.
- FREEMAN, R. E. Stakeholder management: framework and philosophy. *Pitman, Mansfield, MA*, 1984.
- FROMHOLD-EISEBITH, M.; MARSCHALL, P.; PETERS, R.; THOMES, P. Torn between digitized future and context dependent past—how implementing ‘industry 4.0’ production technologies could transform the german textile industry. *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, v. 166, p. 120620, 2021.
- GANDOMI, A.; HAIDER, M. Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. [S.l.]: Elsevier, 2015. v. 35, n. 2, p. 137–144.

- GARCIA-TORRES, S.; REY-GARCIA, M.; SÁENZ, J.; SEURING-STELLA, S. Traceability and transparency for sustainable fashion-apparel supply chains. [S.l.]: Emerald Publishing Limited, 2021.
- GARRIGÓS-SIMÓN, F.; SANZ-BLAS, S.; NARANGAJAVANA, Y.; BUZOVA, D. The nexus between big data and sustainability: An analysis of current trends and developments. *Sustainability*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 13, n. 12, p. 6632, 2021.
- GDPR. *General Data Protection Regulation (GDPR)*. [S.l.]: Intersoft consulting, 2018. <https://gdpr-info.eu/>. [Online; Acessado em 20-Dezembro-2021].
- GEISSDOERFER, M.; MORIOKA, S. N.; CARVALHO, M. M. de; EVANS, S. Business models and supply chains for the circular economy. *Journal of cleaner production*, Elsevier, v. 190, p. 712–721, 2018.
- GEISSDOERFER, M.; SAVAGET, P.; BOCKEN, N. M.; HULTINK, E. J. The circular economy—a new sustainability paradigm? *Journal of cleaner production*, Elsevier, v. 143, p. 757–768, 2017.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. Bioeconomics: a new look at the nature of economic activity. *The political economy of food and energy*, University of Michigan, Ann Arbor, MI, p. 105–134, 1977.
- GHEMAWAT, S.; GOBIOFF, H.; LEUNG, S.-T. The google file system. In: *Proceedings of the nineteenth ACM symposium on Operating systems principles*. [S.l.: s.n.], 2003. p. 29–43.
- GOLDMAN, A.; KON, F.; JUNIOR, F. P.; POLATO, I.; PEREIRA, R. de F. Apache hadoop: conceitos teóricos e práticos, evolução e novas possibilidades. [S.l.: s.n.], 2012. p. 88–136.
- GONÇALVES, A.; SILVA, C. Looking for sustainability scoring in apparel: A review on environmental footprint, social impacts and transparency. [S.l.]: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2021. v. 14, n. 11, p. 3032.
- GRAEDEL, T. E. On the concept of industrial ecology. *Annual Review of Energy and the Environment*, Annual Reviews 4139 El Camino Way, PO Box 10139, Palo Alto, CA 94303-0139, USA, v. 21, n. 1, p. 69–98, 1996.
- GRI. *Global Reporting Initiative–Sustainability Reporting Guidelines*. [S.l.]: Global Reporting Initiative (GRI), 2021. <https://www.globalreporting.org/>. [Online; Acessado em 26-Julho-2021].
- GROVER, V.; CHIANG, R. H.; LIANG, T.-P.; ZHANG, D. Creating strategic business value from big data analytics: A research framework. [S.l.]: Taylor & Francis, 2018. v. 35, n. 2, p. 388–423.
- GUPTA, H.; KUMAR, A.; WASAN, P. Industry 4.0, cleaner production and circular economy: An integrative framework for evaluating ethical and sustainable business performance of manufacturing organizations. *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, v. 295, p. 126253, 2021.

GUPTA, R.; KUSHWAHA, A.; DAVE, D.; MAHANTA, N. R. Waste management in fashion and textile industry: Recent advances and trends, life-cycle assessment, and circular economy. *Emerging Trends to Approaching Zero Waste*, Elsevier, p. 215–242, 2022.

GUPTA, S.; CHEN, H.; HAZEN, B. T.; KAUR, S.; GONZALEZ, E. D. S. Circular economy and big data analytics: A stakeholder perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, v. 144, p. 466–474, 2019.

HACK-POLAY, D.; RAHMAN, M.; BILLAH, M. M.; AL-SABBAHY, H. Z. Big data analytics and sustainable textile manufacturing: decision-making about the applications of biotechnologies in developing countries. *Management Decision*, Emerald Publishing Limited, 2020.

HAN, J.; HAIHONG, E.; LE, G.; DU, J. Survey on nosql database. 2011 6th international conference on pervasive computing and applications, p. 363–366, 2011.

HAZEN, B. T.; SKIPPER, J. B.; BOONE, C. A.; HILL, R. R. Back in business: Operations research in support of big data analytics for operations and supply chain management. *Annals of Operations Research*, Springer, v. 270, n. 1, p. 201–211, 2018.

HEIM, H.; HOPPER, C. Dress code: the digital transformation of the circular fashion supply chain. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, Taylor & Francis, p. 1–12, 2021.

HINA, M.; CHAUHAN, C.; KAUR, P.; KRAUS, S.; DHIR, A. Drivers and barriers of circular economy business models: Where we are now, and where we are heading. *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, v. 333, p. 130049, 2022.

HO, C.-H.; BÖHM, S.; MONCIARDINI, D. The collaborative and contested interplay between business and civil society in circular economy transitions. *Business Strategy and the Environment*, Wiley Online Library, 2022.

HOMRICH, A. S.; GALVAO, G.; ABADIA, L. G.; CARVALHO, M. M. The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways. *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, v. 175, p. 525–543, 2018.

HUQ, F. A.; STEVENSON, M.; ZORZINI, M. Social sustainability in developing country suppliers: An exploratory study in the ready made garments industry of bangladesh. *International Journal of Operations & Production Management*, Emerald Group Publishing Limited, 2014.

HUYNH, P. H. Enabling circular business models in the fashion industry: the role of digital innovation. *International Journal of Productivity and Performance Management*, Emerald Publishing Limited, 2021.

HVASS, K. K.; PEDERSEN, E. R. G. Toward circular economy of fashion: Experiences from a brand's product take-back initiative. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, Emerald Publishing Limited, 2019.

- IQBAL, M. H.; SOOMRO, T. R. et al. Big data analysis: Apache storm perspective. *International journal of computer trends and technology*, Citeseer, v. 19, n. 1, p. 9–14, 2015.
- ISLAM, M. M.; KHAN, A. M.; ISLAM, M. M. Textile industries in bangladesh and challenges of growth. *Research Journal of Engineering Sciences*, v. 2278, p. 9472, 2013.
- JABBOUR, C. J. C.; FIORINI, P. D. C.; NDUBISI, N. O.; QUEIROZ, M. M.; PIATO, É. L. Digitally-enabled sustainable supply chains in the 21st century: A review and a research agenda. *Science of the total environment*, Elsevier, v. 725, p. 138177, 2020.
- JABBOUR, C. J. C.; JABBOUR, A. B. L. de S.; SARKIS, J.; FILHO, M. G. Unlocking the circular economy through new business models based on large-scale data: an integrative framework and research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, v. 144, p. 546–552, 2019.
- JESSON, J.; MATHESON, L.; LACEY, F. M. Doing your literature review: Traditional and systematic techniques. Sage, 2011.
- JESTRATIJEVIC, I.; UANHORO, J. O.; CREIGHTON, R. To disclose or not to disclose? fashion brands' strategies for transparency in sustainability reporting. [S.l.]: Emerald Publishing Limited, 2021.
- JIN, B.; JUNG, H.; MATTHEWS, D. R.; GUPTA, M. et al. Fast fashion business model: what, why and how? *Fashion supply chain management: Industry and business analysis*, IGI Global, p. 193–211, 2012.
- JOY, A.; JR, J. F. S.; VENKATESH, A.; WANG, J.; CHAN, R. Fast fashion, sustainability, and the ethical appeal of luxury brands. *Fashion theory*, Taylor & Francis, v. 16, n. 3, p. 273–295, 2012.
- KABIR, S.; CHAKRABORTY, S.; HOQUE, S.; MATHUR, K. Sustainability assessment of cotton-based textile wet processing. *Clean Technologies*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 1, n. 1, p. 232–246, 2019.
- KALAMBURA, S.; PEDRO, S.; PAIXÃO, S. Fast fashion–sustainability and climate change. comparative study in croatia and portugal. *Socijalna ekologija: časopis za ekološku misao i sociologijska istraživanja okoline*, v. 29, n. 2, p. 269–291, 2020.
- KALMYKOVA, Y.; SADAGOPAN, M.; ROSADO, L. Circular economy—from review of theories and practices to development of implementation tools. *Resources, conservation and recycling*, Elsevier, v. 135, p. 190–201, 2018.
- KAZANCOGLU, I.; KAZANCOGLU, Y.; KAHRAMAN, A.; YARIMOGLU, E.; SONI, G. Investigating barriers to circular supply chain in the textile industry from stakeholders' perspective. *International Journal of Logistics Research and Applications*, Taylor & Francis, p. 1–28, 2020.
- KERIN, M.; PHAM, D. T. A review of emerging industry 4.0 technologies in remanufacturing. *Journal of cleaner production*, Elsevier, v. 237, p. 117805, 2019.

- KHINE, P. P.; WANG, Z. S. Data lake: a new ideology in big data era. *ITM web of conferences*, EDP Sciences, v. 17, p. 03025, 2018.
- KIM, H.; CHOO, H. J.; YOON, N. The motivational drivers of fast fashion avoidance. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, Emerald Group Publishing Limited, 2013.
- KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. [S.l.]: Elsevier, 2017. v. 127, p. 221–232.
- KORHONEN, J.; HONKASALO, A.; SEPPÄLÄ, J. Circular economy: the concept and its limitations. *Ecological economics*, Elsevier, v. 143, p. 37–46, 2018.
- KOSZEWSKA, M. Circular economy—challenges for the textile and clothing industry. *Autex Research Journal*, v. 18, n. 4, p. 337–347, 2018.
- _____. Circular economy in textiles and fashion—the role of a consumer. In: *Circular Economy in Textiles and Apparel*. [S.l.]: Elsevier, 2019. p. 183–206.
- KOVACIC, Z.; STRAND, R.; VÖLKER, T. *The circular economy in Europe: Critical perspectives on policies and imaginaries*. [S.l.]: Routledge, 2019.
- KRISTOFFERSEN, E.; MIKALEF, P.; BLOMSMA, F.; LI, J. Towards a business analytics capability for the circular economy. *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, v. 171, p. 120957, 2021.
- KSIEŻAK, P. The csr challenges in the clothing industry. *Journal of Corporate Responsibility and Leadership*, v. 3, n. 2, p. 51–65, 2016.
- LANEY, D. et al. 3d data management: Controlling data volume, velocity and variety. *META group research note*, Stanford, v. 6, n. 70, p. 1, 2001.
- LANGHEINRICH, M. Privacy by design—principles of privacy-aware ubiquitous systems. *International conference on ubiquitous computing*, Springer, p. 273–291, 2001.
- LASI, H.; FETTKE, P.; KEMPER, H.-G.; FELD, T.; HOFFMANN, M. Industry 4.0. *Business & information systems engineering*, Springer, v. 6, n. 4, p. 239–242, 2014.
- LEE, I. Big data: Dimensions, evolution, impacts, and challenges. *Business Horizons*, Elsevier, v. 60, n. 3, p. 293–303, 2017.
- LI, J.; LEONAS, K. K. Sustainability topic trends in the textile and apparel industry: a text mining-based magazine article analysis. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, Emerald Publishing Limited, 2021.
- LIU, L.; RAMAKRISHNA, S. *An Introduction to Circular Economy*. [S.l.]: Springer, 2021.
- LIU, Z.; LIU, J.; OSMANI, M. Integration of digital economy and circular economy: Current status and future directions. *Sustainability*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 13, n. 13, p. 7217, 2021.

LY, B. Competitive advantage and internationalization of a circular economy model in apparel multinationals. *Cogent Business & Management*, Taylor & Francis, v. 8, n. 1, p. 1944012, 2021.

LYLE, J. T. *Regenerative design for sustainable development*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1996.

MA, Y. J.; LEE, H.-H.; GOERLITZ, K. Transparency of global apparel supply chains: Quantitative analysis of corporate disclosures. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, Wiley Online Library, v. 23, n. 5, p. 308–318, 2016.

MACHADO, M. A. D.; ALMEIDA, S. O. de; BOLLICK, L. C.; BRAGAGNOLO, G. Second-hand fashion market: consumer role in circular economy. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, Emerald Publishing Limited, 2019.

MADERA, C.; LAURENT, A. The next information architecture evolution: the data lake wave. *Proceedings of the 8th international conference on management of digital ecosystems*, p. 174–180, 2016.

MARQUESONE, R. *Big Data: técnicas e tecnologias para extração de valor dos dados*. São Paulo: Editora Casa do Código, 2016.

MARQUESONE, R. d. F. P.; CARVALHO, T. C. M. d. B. Examining the nexus between the vs of big data and the sustainable challenges in the textile industry. *Sustainability*, MDPI, v. 14, n. 8, p. 4638, 2022.

MATLIN, S. A.; MEHTA, G.; HOPF, H.; KRIEF, A.; KESSLER, L.; KÜMMERER, K. Material circularity and the role of the chemical sciences as a key enabler of a sustainable post-trash age. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, Elsevier, v. 17, p. 100312, 2020.

MAZZEI, M. J.; NOBLE, D. Big data and strategy: Theoretical foundations and new opportunities. In: *Strategy and Behaviors in the Digital Economy*. [S.l.]: IntechOpen, 2019.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. [S.l.]: North point press, 2010.

MIES, A.; GOLD, S. Mapping the social dimension of the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, v. 321, p. 128960, 2021.

MIKALEF, P.; KROGSTIE, J.; PAPPAS, I. O.; PAVLOU, P. Exploring the relationship between big data analytics capability and competitive performance: The mediating roles of dynamic and operational capabilities. [S.l.]: Elsevier, 2019.

MILOSLAVSKAYA, N.; TOLSTOY, A. Big data, fast data and data lake concepts. [S.l.]: Elsevier, 2016. v. 88, p. 300–305.

MISHRA, S.; JAIN, S.; MALHOTRA, G. The anatomy of circular economy transition in the fashion industry. *Social Responsibility Journal*, Emerald Publishing Limited, 2020.

MODGIL, S.; GUPTA, S.; SIVARAJAH, U.; BHUSHAN, B. Big data-enabled large-scale group decision making for circular economy: An emerging market context. [S.l.]: Elsevier, 2021. v. 166, p. 120607.

MORSELETTO, P. Targets for a circular economy. [S.l.]: Elsevier, 2020. v. 153, p. 104553.

MUKENDI, A.; DAVIES, I.; GLOZER, S.; MCDONAGH, P. Sustainable fashion: current and future research directions. *European Journal of Marketing*, Emerald Publishing Limited, 2020.

MUNGCHAROEN, T.; VARABUNTOONVIT, V.; POOLSAWAD, N. *Life Cycle Greenhouse Gas Emissions for Circular Economy*. [S.l.]: Springer, 2021. 483–498 p.

MURRAY, A.; SKENE, K.; HAYNES, K. The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of business ethics*, Springer, v. 140, n. 3, p. 369–380, 2017.

NATURE. The price of fast fashion. *Nature Climate Change*, v. 8, p. 1, 2018.

NEUMANN, H. L.; MARTINEZ, L. M.; MARTINEZ, L. F. Sustainability efforts in the fast fashion industry: consumer perception, trust and purchase intention. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, Emerald Publishing Limited, 2020.

NOBRE, G. C.; TAVARES, E. Scientific literature analysis on big data and internet of things applications on circular economy: a bibliometric study. *Scientometrics*, Springer, v. 111, n. 1, p. 463–492, 2017.

NORDÅS, H. K. *The global textile and clothing industry post the agreement on textiles and clothing*. [S.l.]: WTO discussion paper, 2004.

NYMAN, F. L. *Cost transparency & storytelling : How fashion companies disclose cost transparency information and use it as a storytelling tool*. Dissertação (Mestrado) — , Faculty of Textiles, Engineering and Business, 2020.

ONU. *Objetivo 12. Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis*. [S.l.]: ONU, 2021. <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/12>. [Online; Acessado em 13-Abril-2021].

PASUPULETI, P.; PURRA, B. S. *Data lake development with big data*. [S.l.]: Packt Publishing Ltd, 2015.

PEARCE, D. W.; MARKANDYA, A.; BARBIER, E. Eb, 1989. blueprint for a green economy. *Earth scan Publication: London UK*, 1989.

PEARCE, D. W.; TURNER, R. K.; TURNER, R. K. *Economics of natural resources and the environment*. [S.l.]: Johns Hopkins University Press, 1990.

PLANALTO. *Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)*. [S.l.]: Planalto, 2010. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. [Online; Acessado em 20-Dezembro-2021].

_____. *Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD)*. [S.l.]: Planalto, 2018. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm. [Online; Acessado em 20-Dezembro-2021].

POTTING, J.; HEKKERT, M.; WORRELL, E.; HANEMAAIJER, A. *Circular economy: measuring innovation in the product chain*. [S.l.]: PBL publishers, 2017.

PRIETO-SANDOVAL, V.; GARCÍA, C. J.; GOENAGA, M. O. Circular economy: An economic and industrial model to achieve the sustainability of society. *Proceedings of the 22nd Annual International Sustainable Development Research Society Conference. Rethinking Sustainability Models and Practices: Challenges for the New and Old World Contexts*, ISDRS Lisbon, v. 2, p. 504–520, 2016.

RAJ, P. The hadoop ecosystem technologies and tools. In: *Advances in computers*. [S.l.]: Elsevier, 2018. v. 109, p. 279–320.

REIKE, D.; VERMEULEN, W. J.; WITJES, S. The circular economy: new or refurbished as ce 3.0?—exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. *Resources, Conservation and Recycling*, Elsevier, v. 135, p. 246–264, 2018.

REINSEL, D.; GANTZ, J.; RYDNING, J. *Data Age 2025: The Evolution of Data to Life-Critical (IDC White Paper)*. [S.l.]: Seagate, 2017.

REMY, N.; SPEELMAN, E.; SWARTZ, S. *Style that's sustainable: A new fast-fashion formula*. [S.l.], 2016.

REN, S.; ZHANG, Y.; LIU, Y.; SAKAO, T.; HUISINGH, D.; ALMEIDA, C. M. A comprehensive review of big data analytics throughout product lifecycle to support sustainable smart manufacturing: A framework, challenges and future research directions. *Journal of cleaner production*, Elsevier, v. 210, p. 1343–1365, 2019.

RHOADES, C.; GOLDSWORTHY, K.; EARLEY, R.; CUNNINGHAM, G. et al. Fixing fashion: follow up, written evidence submitted by ‘world circular textiles day’. Environmental Audit Committee, UK Parliament, 2020.

RIZVI, S. W. H.; AGRAWAL, S.; MURTAZA, Q. Circular economy under the impact of it tools: a content-based review. *International Journal of Sustainable Engineering*, Taylor & Francis, v. 14, n. 2, p. 87–97, 2021.

ROMERO, C. A. T.; CASTRO, D. F.; ORTIZ, J. H.; KHALAF, O. I.; VARGAS, M. A. Synergy between circular economy and industry 4.0: A literature review. *Sustainability*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 13, n. 8, p. 4331, 2021.

RØPKE, I. Theories of practice—new inspiration for ecological economic studies on consumption. *Ecological economics*, Elsevier, v. 68, n. 10, p. 2490–2497, 2009.

RUSS, M. Knowledge management for sustainable development in the era of continuously accelerating technological revolutions: A framework and models. *Sustainability*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 13, n. 6, p. 3353, 2021.

- SAHA, K.; DEY, P. K.; PAPAGIANNAKI, E. Implementing circular economy in the textile and clothing industry. *Business Strategy and the Environment*, Wiley Online Library, v. 30, n. 4, p. 1497–1530, 2021.
- SAHU, A.; AGRAWAL, S.; KUMAR, G. Integrating industry 4.0 and circular economy: a review. *Journal of Enterprise Information Management*, Emerald Publishing Limited, 2021.
- SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, SciELO Brasil, v. 11, p. 83–89, 2007.
- SANDVIK, I. M.; STUBBS, W. Circular fashion supply chain through textile-to-textile recycling. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, Emerald Publishing Limited, 2019.
- SARIATLI, F. Linear economy versus circular economy: A comparative and analyzer study for optimization of economy for sustainability. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*, v. 6, n. 1, p. 31–34, 2017.
- SAWADOGO, P.; DARMONT, J. On data lake architectures and metadata management. *Journal of Intelligent Information Systems*, Springer, v. 56, n. 1, p. 97–120, 2021.
- SEHNEM, S.; VAZQUEZ-BRUST, D.; PEREIRA, S. C. F.; CAMPOS, L. M. Circular economy: benefits, impacts and overlapping. *Supply Chain Management: An International Journal*, Emerald Publishing Limited, 2019.
- SIDDIQA, A.; HASHEM, I. A. T.; YAQOUB, I.; MARJANI, M.; SHAMSHIRBAND, S.; GANI, A.; NASARUDDIN, F. A survey of big data management: Taxonomy and state-of-the-art. *Journal of Network and Computer Applications*, Elsevier, v. 71, p. 151–166, 2016.
- SILVA, E. B. da; SCOTON, M. L. R. P. D.; DIAS, E. M.; PEREIRA, S. L. *Automação & Sociedade Volume 1: A Quarta Revolução Industrial e suas bases tecnológicas*. [S.l.]: Brasport, 2019.
- SILVA, E. S.; HASSANI, H.; MADSEN, D. Ø. Big data in fashion: transforming the retail sector. *Journal of Business Strategy*, Emerald Publishing Limited, 2019.
- SINGLETON, J. *World textile industry*. [S.l.]: Routledge, 2013.
- SU, J.; CHANG, A. Factors affecting college students' brand loyalty toward fast fashion: A consumer-based brand equity approach. *International Journal of Retail & Distribution Management*, Emerald Publishing Limited, 2017.
- SUCHEK, N.; FERNANDES, C. I.; KRAUS, S.; FILSER, M.; SJÖGRÉN, H. Innovation and the circular economy: A systematic literature review. *Business Strategy and the Environment*, Wiley Online Library, v. 30, n. 8, p. 3686–3702, 2021.
- SUN, S. Organizational culture and its themes. *International Journal of Business and Management*, Citeseer, v. 3, n. 12, p. 137–141, 2008.

- THEIN, K. Apache kafka: Next generation distributed messaging system. *International Journal of Scientific Engineering and Technology Research*, v. 3, n. 47, p. 9478–9483, 2014.
- THORISDOTTIR, T. S.; JOHANNSDOTTIR, L. Sustainability within fashion business models: A systematic literature review. *Sustainability, Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, v. 11, n. 8, p. 2233, 2019.
- TURKER, D.; ALTUNTAS, C. Sustainable supply chain management in the fast fashion industry: An analysis of corporate reports. *European Management Journal*, Elsevier, v. 32, n. 5, p. 837–849, 2014.
- TURSUNBAYEVA, A.; LAURO, S. D.; PAGLIARI, C. People analytics—a scoping review of conceptual boundaries and value propositions. *International Journal of Information Management*, Elsevier, v. 43, p. 224–247, 2018.
- UÇAR, E.; DAIN, M.-A. L.; JOLY, I. Digital technologies in circular economy transition: evidence from case studies. *Procedia cirp*, Elsevier, v. 90, p. 133–136, 2020.
- UDDIN, F. Introductory chapter: textile manufacturing processes. In: *Textile manufacturing processes*. London, United Kingdom: IntechOpen, 2019.
- UDDIN, M. F.; GUPTA, N. et al. Seven v's of big data understanding big data to extract value. *Proceedings of the 2014 zone 1 conference of the American Society for Engineering Education*, IEEE, p. 1–5, 2014.
- ULLAH, S.; AWAN, M. D.; KHIYAL, M. S. H. Big data in cloud computing: a resource management perspective. *Scientific Programming*, Hindawi, v. 2018, 2018.
- UNFCC. *Earth's Annual Resources Budget Consumed in Just 7 Months*. [S.l.]: UNFCC, 2018. <https://unfccc.int/news/earth-s-annual-resources-budget-consumed-in-just-7-months>. [Online; Acessado em 13-Abril-2021].
- ÜTEBAY, B.; ÇELİK, P.; ÇAY, A. Textile wastes: Status and perspectives. In: *Waste in Textile and Leather Sectors*. [S.l.]: IntechOpen, 2020.
- WANG, G.; KOSHY, J.; SUBRAMANIAN, S.; PARAMASIVAM, K.; ZADEH, M.; NARKHEDE, N.; RAO, J.; KREPS, J.; STEIN, J. Building a replicated logging system with apache kafka. [S.l.]: VLDB Endowment, 2015. v. 8, n. 12, p. 1654–1655.
- WIBOWO, M.; SULAIMAN, S.; SHAMSUDDIN, S. M. Machine learning in data lake for combining data silos. *International Conference on Data Mining and Big Data*, Springer, p. 294–306, 2017.
- WISCHER, N. et al. *Elaboration on the future role sustainable business practices and transparency will play for apparel companies*. Tese (Doutorado), 2020.

APÊNDICE A - LISTA DE ESTUDOS DE CASO

Na Tabela 12 é apresentado o título de todos os estudos de caso avaliados nesse trabalho, oriundos da plataforma Knowledge Hub.

Tabela 12: Relação dos estudos de caso selecionados da plataforma Knowledge Hub.

Índice	Título do estudo de caso
1	BSR report: Empowering Female Workers in the Apparel Industry
2	C&A Brazil offers an alternative to dispose of used clothes, sending them to reuse or recycling centres
3	EcoSimple Fabrics: Recycling Textile Waste Back Into the Production Cycle to Create New Fibres
4	FABSCRAP provides convenient pickup and recycling services of textiles in New York City
5	Fashion Revolution call for greater transparency within textile supply chains in order to tackle exploitative and unsafe working conditions
6	FIBERSHED: Building a Regenerative Textile Economy through Collaborative Community Movements
7	I:CO - Collection, recycling, sorting and distribution services for post-consumer textile waste
8	Natural Coloured Cotton by Organic Cotton Colours (OCC)
9	Oshadi Collective: A regenerative fashion initiative, mindfully building a seed-to-sew supply chain in rural India
10	PEOLI: Reviving traditional craft through sustainable practices in the Kumaon Hills of the Himalayan Range
11	PYRATEX Tropics by PYRATES: Textiles made from vegetal regenerative wool
12	Rede Asta : Artisanal community converting today's discarded products into raw materials for tomorrow.
13	Rens: World's First Sneaker Made From Used Coffee Grounds and Post-Industrial Plastic

Continuação da Tabela 12

Índice	Título do estudo de caso
14	The Clear Cotton Project: Eliminating child and forced labour in the cotton, textile and garment chains
15	The OR Foundation: Initiating justice-led circularity in fashion through research, direct action, education, and community building
16	Tula - Reviving Indigenous Cotton of India by using traditional farming practices
17	Undo For Tomorrow: Introducing Sneakers Made From Upcycled Party Balloons and Rubber Tyres
18	Ziran: Preserving Chinese Cultural Heritage With Xiang Yun Sha Silk
19	ACTIVATED SILK™ from Evolved By Nature
20	Ahluwalia's partnership with Avery Dennison to provide digital storytelling through QR codes
21	Alexander McQueen partners with Temera and Everledger to provide traceability and transparency of fashion & luxury products
22	Asahi Kasei: 'Bemberg' are generated cupro fibre made from cotton by-product
23	Asia Pacific Rayon: the first fully integrated viscose manufacturer in Asia is a step closer to closing the loop on chemical recovery in its manufacturing chain
24	Bam-On: Celebrating Hong Kong Culture Through Slip Ons Made From Recycled Bamboo Scaffolding
25	Barbour: Re-wax and repair service for waxed cotton garments
26	Boyish partner up with Retraced to create a traceable and transparent denim supply chain
27	Brunello Cucinelli: Complimentary repair services for luxury knitwear
28	California Cloth Foundry: Design Out Toxins by Using Only Botanical Ingredients
29	Canadian apparel brand lululemon re-focuses the brand's focus on creating product experiences that are better for people and the planet through the Earth Dye collection
30	Challenges and opportunities for scaling up upcycling businesses – The case of textile and wood upcycling businesses in the UK
31	Closing the loop of Man-Made Cellulosic Fibres through chemical recycling
32	Clothes Doctor: Online repair and alteration service
33	Crafting Smart Textiles – a meaningful way towards societal sustainability in the fashion field?
34	Demystifying process-level scalability challenges in fashion remanufacturing: An interdependence perspective
35	Doodlage: Re-Injecting the Upcycling Tradition in India With Its Upcycled Garment Pieces

Continuação da Tabela 12

Índice	Título do estudo de caso
36	Dr Mark Liu: Designing Out Waste Using Mathematics and Modern Science
37	Eco-Age partners with Fashion and Design Chamber of Armenia to aid in sustainable transition of Armenian textile industry
38	ECOALF: Upcycling the Oceansproject designs out waste with the help of fishermen
39	EPR Policy: France's National Programme for Textiles Recovery
40	Ethel Studio: Making Zero WasteMeditation Cushions Using Pre-consumer Textile Waste
41	EURATEX: 2020 data for the European T&C Industry
42	European Apparel and Textile Confederation (EURATEX): Proposal for development and set-up of collaborative European Recycling Hubs - ReHubs
43	Fashion for Good: Sorting for Circularity Project
44	FibreTrace: Digitalizing the Supply Chain for Fibre-level Traceability
45	Filippa K partners with TrusTrace to provide transparency and traceability throughout their supply chain
46	Fixing Fashion: The repair focused clothing brand that doesn't want to sell anything
47	Giotex is a company that offers recycled cotton yarns and fabrics from pre consumer feedstock
48	GRAVIKY LABS X PANGAIA: Introducing AIR-INK Capsule captured from air pollution
49	Greenpeace: Destination ZeroReport showcases companies' progress on detoxing from hazardous chemicals
50	Haikure provides traceability and transparency for their sustainable jeans using blockchain technology
51	India's First Circular and Sustainable Fashion Store
52	Infinited Fiber Company: Transforming cellulose-rich waste into super fibre Infinna using a closed-loop chemical recycling process
53	KaMu Collection: Trial model formation wide collection of end-of-life textiles in Finland
54	Lablaco: A Digital Platform for Circular Fashion
55	MoEa: Vegan Sneakers Made From Upcycled Fruit Waste
56	MonoChain enables circular fashion via blockchain traceability
57	MUD Jeans: Redesigning denim for circularity
58	My Wardrobe HQ: UK's first fashion rental marketplace
59	Mylo™ by Bolt Threads: A material made from mycelium that looks and feels like leather
60	Nanollose: a chemical process thatturns liquid waste into rayon
61	Nudie Jeans - Free repairs program for clothes
62	Nudnik: Making Kids-wear From Pre-consumer Cutting Waste

Continuação da Tabela 12

Índice	Título do estudo de caso
63	Patagonia Worn Wear - Repair program for clothes
64	Pilot project: Textile waste collection company Ekocharita reduces its waste collection costs by 20% using smart waste management technology by Sensoneo
65	Public School partner up with material scientist Theanne Schirosto create trainers made from SCOPY
66	PYRATEX Bio by PYRATES: Textiles made from agri-waste PLA
67	Re Jeans: the largest fashion retailer in Brazil, Lojas Renner, developed a denim collection made from textile waste
68	ReCircled: Providing the infrastructure for collection and sorting of textile waste in the US and Italy
69	Recover(TM) offers handcrafted recycled cotton fibre
70	Refashion/Eco TLC: the Producer Responsibility Organization for France's textile sector
71	Rester Oy and Lounais-Suomen Jätehuolto Oy develop first large-scale end-of-life textile refinement plant in Finland
72	Rester: A recycling solutions provider for Finland's textile industry
73	Retold: A mail-in recycling service for used and unwanted textiles
74	Säntis Textiles launched the world's first fully certified 100% recycled cotton, the RC0100
75	Swedish company Renewcell develops Circulose, a pulp made out of 100% textile waste
76	Taylor Stitch: Restitch - a new clothing resale platform with a focus on repair
77	The Brazilian sneaker brand Cariuma has been implementing alternative strategies to reduce the carbon footprint of its production chain
78	TOAST Renewal - free repair service
79	Vegskin: Plastic-free Vegan Leather Made From Leftover Mangoes and Bananas
80	Viscose Traceability Pilot From Textile Genesis Platform
81	A Romanian case study of clothes and accessories upcycling
82	Asket: Direct to Consumer company aims for 100% Traceable by 2021
83	Asos Marketplace
84	AWARE™ Blockchain Technology: Enabling Traceability Across Supply Chains
85	Berlin-based Phoenxt provides a solution to the mixed fibre recycling challenge
86	Colorifix: Replicating Nature in the Dyeing Process - Dye stuffs made from Synthetic Biology
87	Country Road verifies cotton and wool origins using Oritain
88	Dow ECOFAST™ Pure: Sustainable Cotton Pretreatment

Continuação da Tabela 12

Índice	Título do estudo de caso
89	DyeCoo: Waterless and Process Chemical Free Textile Dyeing Solution
90	EarthColors by Archroma: Dye stuffs made from Upcycled Agricultural Waste
91	Evrnu® recycles cotton garment waste to create premium, renewable fibre for the creation of new clothing
92	GaBi's textile finishing extension database for LCA analysis
93	Gap and ThredUp partner up for Resale-as-a-Service platform
94	G-Star closed loop denim business case & environmental impact analysis
95	Infinite Fiber Company and WEEKDAY collaborate to create a unique denim outfit made from regenerated, post-consumer textile waste
96	Kornit Digital: NeoPigment™ Ink
97	Levi Strauss & Co. Project F.L.X with Jeanologia: Laser Etching & Ozone Treatment
98	Levi's collaborates with Renewcell to create their most sustainable jeans ever
99	Material innovator Ventile launches 100% recycled cotton fabrics
100	Modus Intarsia: German startups pins yarn Chiengora out of previously unused resource-combed out dog undercoat
101	Oritain & Panda Biotech: World's First Scientifically Traceable Hemp Fibre
102	REBELLE: an online marketplace for high-quality designer fashion in the second hand sector
103	Refl aunt: enables fashion brands' and retailers' customers to easily resell or recycle their past purchases directly on the brands' individual e-commerce platforms
104	Rewoven - Reimagining textile waste
105	Safer Chemistry Innovation in the Textile and Apparel Industry
106	Sellpy: expanding Swedish resale platform, majority owned by H&M
107	Siptex Sysav - The world's first fully automated facility in industrial scale for sorting textiles
108	Spinnova: a cellulose-based effort from Finland's textile industry
109	SustainaWOOL™ Integrity Scheme: A Sustainability Scheme to Make the Wool Industry Transparent
110	TEXAID: Facilitating closed loop systems for textiles through collection, sorting, and recycling
111	The GC3 Blueprint of Green Chemistry Opportunities for a Circular Economy
112	The Swap Shop: A social start-up on a mission to extend the life of clothing
113	Urban Renewal: Urban Outfitter's resale alternative
114	Worn Again Technologies brings regenerative (chemical) recycling for textiles
115	Zircle: Zalando's Wardrobe of the Future

Fonte: Autora.