

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO
SOCIOECONÔMICO (PPGDS)
DOUTORADO E EM DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO**

CARINA NUNES

MODELO DE NEGÓCIO CIRCULAR EM UMA PERSPECTIVA *BIOECONOMICS*

CRICIÚMA (SC)

2024

CARINA NUNES

MODELO DE NEGÓCIO CIRCULAR EM UMA PERSPECTIVA *BIOECONOMICS*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento Socioeconômico da Universidade
do Extremo Sul Catarinense – UNESC.

Orientador: Prof^(a). Dr^(a). Melissa Watanabe
Co-orientador: Prof. Dr. Edson Talamini

CRICIÚMA (SC)

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

N972m Nunes, Carina.

Modelo de negócio circular em uma perspectiva
bioeconomics / Carina Nunes. - 2024.
174 p. : il.

Tese (Doutorado) - Universidade do Extremo Sul
Catarinense, Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento Socioeconômico, Criciúma, 2024.

Orientação: Melissa Watanabe.

Coorientação: Edson Talamini.

1. Bioeconomia. 2. Responsabilidade social da
empresa. 3. Economia circular. 4. Administração de
empresas - Aspectos ambientais. 5. Biorrefinarias. I.
Título.

CDD 23. ed. 658.408

Bibliotecária Eliziane de Lucca Alosilla - CRB 14/1101

Biblioteca Central Prof. Eurico Back - UNESC

Carina Nunes

MODELO DE NEGÓCIO CIRCULAR EM UMA PERSPECTIVA *BIOECONOMICS*

Esta tese foi julgada e aprovada para obtenção do Grau de Doutor(a) em Desenvolvimento Socioeconômico no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Socioeconômico da Universidade do Extremo Sul Catarinense.

Criciúma, 26 de novembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br MELISSA WATANABE
Data: 17/03/2025 15:58:46 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Melissa Watanabe
(Presidente e Orientadora – UNESC)

Documento assinado digitalmente
gov.br EDSON TALAMINI
Data: 28/11/2024 14:02:01 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Edson Talamini
(Coorientador – UFRGS)

GABRIELA
ALLEGRETTI:773619620
68
Assinado de forma digital por
GABRIELA
ALLEGRETTI:77361962068
Dados: 2024.11.27 17:23:19 -03'00'

Profa. Dra. Gabriela Allegretti
(Membra – INBBIO)

Silvio Parodi
Oliveira Camilo
Assinado de forma digital por
Silvio Parodi Oliveira Camilo
Dados: 2025.03.12 13:29:09
-03'00'

Prof. Dr. Silvio Parodi Oliveira Camilo
(Membro – UNESC)

Documento assinado digitalmente
gov.br CLAUDIA FABIANA GOHR
Data: 29/11/2024 10:40:35 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Profa. Dra. Claudia Fabiana Gohr
(Membra – UFPB)

Documento assinado digitalmente
gov.br JAIME DAGOSTIM PICOLO
Data: 28/11/2024 17:46:29 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jaime Dagostim Picolo
(Membro – UNESC)

Documento assinado digitalmente
gov.br CARINA NUNES
Data: 17/03/2025 17:46:59 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Carina Nunes
(Discente)


Prof. Dr. Dimas de Oliveira Estevam
Coordenador do PPGDS – UNESC

Dedico este trabalho aos meus pais
Sidnei e Vera.

AGRADECIMENTOS

Neste momento de realização, é com profundo respeito e gratidão que reconheço todos aqueles que contribuíram significativamente para a jornada deste trabalho.

A minha família, que foi o núcleo de apoio. Denilson, meu companheiro incansável e meu porto seguro. Tonha, Neto e Gilmar, meus sogros e cunhado, que não mediram esforços para cuidar de nosso lar na minha ausência. Fer, Anja e Dalvinha, minhas irmãzinhas queridas, que sempre torceram por mim e celebraram cada conquista como se fosse delas. Dieguinho, meu primo querido, cuja hospitalidade em Porto Alegre foi essencial.

Sou imensamente grata aos meus mestres, que mais do que orientadores, foram verdadeiros pilares em minha formação. Melissa, eu precisaria de mais do que uma página para descrever o quanto você é maravilhosa, sou grata pela orientação acadêmica, por todo o suporte emocional, oportunidades, e pela belíssima amizade que levarei eternamente em meu coração. Professor Talamini que me acolheu na disciplina de Bioeconomia e na instituição parceira com tanta generosidade, aceitando também ser meu coorientador nesta jornada. Professora Gabriela, que também me acolheu durante a disciplina, pelas inúmeras caronas e ricas conversas. Professor Jaime, a quem tenho profunda admiração, por todas as valiosas orientações profissionais e trocas de ideias e aprendizados. Professor Parodi, com quem sempre aprendo algo novo, pelo seu acolhimento empático e gentileza sem iguais. E Professor, Oscar, por confiar a mim um projeto tão desafiador.

Aos meus colegas, companheiros de jornada, minha gratidão. Dejenane, amiga querida que esteve ao meu lado nos momentos mais cruciais. Erico, colega de muitas viagens e aprendizados. Igor, companheiro de longa data no grupo de pesquisa, com quem compartilhei uma década de estudos e descobertas.

Expresso também meu sincero agradecimento às instituições que me acolheram e apoiaram: o Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Socioeconômico (PPGDS), o Programa de Pós-Graduação em Agronegócios (CEPAN), o Grupo de Pesquisa em Estratégia e Competitividade (GECOMD), e o Grupo de Estudos em Bioeconomia Aplicada ao Agronegócio (NEB-AGRO). À Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) e à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pelo suporte institucional imprescindível.

Um agradecimento especial ao CNPQ e à CAPES pela bolsa e pelo financiamento que possibilitaram minha dedicação integral a este projeto. Agradeço também à Kamile, colega bolsista do CNPQ, que foi essencial em cada etapa da coleta de dados, e a Luciana, secretária do PPGDS, sempre solícita e eficiente.

Agradeço à comunidade da Brasil Soka Gakkai pelo suporte espiritual, fortalecendo meu espírito e fé ao longo desta caminhada.

Além dessas pessoas incríveis mencionadas, gostaria de estender meu agradecimento a todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho. Cada gesto de incentivo, cada palavra de apoio e cada momento de colaboração foram fundamentais para a concretização deste projeto. A todos vocês, meu mais sincero e profundo agradecimento.

Carina Nunes

MODELO DE NEGÓCIO CIRCULAR EM UMA PERSPECTIVA *BIOECONOMICS*

Esta tese foi julgada e aprovada para obtenção do Grau de Doutor(a) em Desenvolvimento Socioeconômico no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Socioeconômico da Universidade do Extremo Sul Catarinense.

Criciúma, 26 de novembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br MELISSA WATANABE
Data: 17/03/2025 15:58:46 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Melissa Watanabe
(Presidente e Orientadora – UNESC)

Documento assinado digitalmente
gov.br EDSON TALAMINI
Data: 28/11/2024 14:02:01 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Edson Talamini
(Coorientador – UFRGS)

GABRIELA
ALLEGRETTI:773619620
68

Assinado de forma digital por
GABRIELA
ALLEGRETTI:77361962068
Dados: 2024.11.27 17:23:19 -03'00'

Profa. Dra. Gabriela Allegretti
(Membra – INBBIO)

Silvio Parodi
Oliveira Camilo

Assinado de forma digital por
Silvio Parodi Oliveira Camilo
Dados: 2025.03.12 13:29:09
-03'00'

Prof. Dr. Silvio Parodi Oliveira Camilo
(Membro – UNESC)

Documento assinado digitalmente
gov.br CLAUDIA FABIANA GOHR
Data: 29/11/2024 10:40:35 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Profa. Dra. Claudia Fabiana Gohr
(Membra – UFPB)

Documento assinado digitalmente
gov.br JAIME DAGOSTIM PICOLO
Data: 28/11/2024 17:46:29 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jaime Dagostim Picolo
(Membro – UNESC)

Documento assinado digitalmente
gov.br CARINA NUNES
Data: 17/03/2025 17:46:59 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Carina Nunes
(Discente)


Prof. Dr. Dimas de Oliveira Estevam
Coordenador do PPGDS – UNESC

Todos os fenômenos do universo são interligados. Todos os seres, animados e inanimados, existem numa inter-relação. Esse é o princípio de “*esho funi*” que significa unicidade do ser e seu ambiente (Daisaku Ikeda).

RESUMO

A discussão sobre práticas empresariais sustentáveis e circulares, especialmente no campo da Bioeconomia, tem ganhado destaque mundialmente. Assim, é importante distinguir as perspectivas “*bioeconomy*” e “*bioeconomics*”. Enquanto a primeira foca no crescimento econômico utilizando recursos biológicos renováveis, a segunda, enfatiza a importância de estabelecer limites ecológicos baseados na termodinâmica de não equilíbrio para garantir sustentabilidade forte a longo prazo. No entanto, grande parte dos negócios que se identificam como sustentáveis, circulares ou relacionados à bioeconomia tende a se concentrar na perspectiva de “*bioeconomy*”. Para preencher essa lacuna de pesquisa, esta tese tem como objetivo desenvolver um modelo teórico de negócio circular em uma perspectiva *bioeconomics*. Foi utilizada uma abordagem qualitativa, incluindo análise bibliométrica e revisão de escopo, com o auxílio do software NVivo14®. No campo do modelo de negócio observou-se o enfoque na transição de negócios puramente econômicos, para sustentáveis e circulares. No campo da economia circular observou-se o destaque das tecnologias digitais e naturais no suporte à transição desses negócios para a sustentabilidade. Observando-se no agronegócio, sobretudo nas biorrefinarias de base biológica o potencial de diferentes tipos de resíduos melhor evidenciar a perspectiva *bioeconomics*. Integrando as tratativas centrais dos três campos de estudo, foi proposto o modelo teórico no qual a bioeconomia, circundada pelas emissões de gases de efeito estufa, representa a interseção entre os negócios com fins econômicos e a economia circular. Nesta interseção, as emissões precisam ser auferidas por alguma metodologia de mensuração, para então determinar se o modelo de negócio é orientado somente pela “*bioeconomy*” ou, se agrega atributos “*bioeconomics*”, de maneira adicional sugere-se a inclusão de um bloco de identificação de princípios *bioeconomics*, ao *Business Model Canvas*, entre a estrutura de custos e fontes de receitas, para verificar de que maneira cada elemento é convertido em despesa ou em lucro para o negócio. O modelo teórico apresentado gera encaminhamentos para a avaliação empírica de negócios no contexto da bioeconomia chamada focada em seis dimensões: organizacional; governamental; da sociedade; científico ou tecnológico; econômico-financeiro; e, ambiental ou da biosfera. Este modelo representa uma inovação no campo dos negócios circulares, ao trazer a *bioeconomics* para centro das discussões. Pesquisas futuras podem utilizar biorrefinarias de base biológica como estudo de caso para testar o modelo teórico proposto.

Palavras-chave: Bioeconomia Circular, Modelo de Negócios Sustentável, Economia Circular, Biorrefinarias, *bioeconomy*, *bioeconomics*

ABSTRACT

The discussion on sustainable and circular business practices, especially in the field of Bioeconomy, has gained global prominence. Thus, it is important to distinguish between the perspectives of "bioeconomy" and "bioeconomics." While the former focuses on economic growth using renewable biological resources, the latter emphasizes the importance of establishing ecological limits based on non-equilibrium thermodynamics to ensure strong long-term sustainability. However, most businesses that identify as sustainable, circular, or related to bioeconomy tend to focus on the "bioeconomy" perspective. To fill this research gap, this thesis aims to develop a theoretical model of circular business from a bioeconomics perspective. A qualitative approach was used, including bibliometric analysis and scope review, with the support of NVivo14® software. In the business model field, the focus was on transitioning from purely economic to sustainable and circular businesses. In the field of circular economy, the emphasis was on digital and natural technologies supporting the transition of these businesses towards sustainability. In agribusiness, especially in biologically-based biorefineries, the potential of different types of waste better highlights the bioeconomics perspective. Integrating the central discussions of the three study fields, a theoretical model was proposed in which the bioeconomy, surrounded by greenhouse gas emissions, represents the intersection between businesses with economic purposes and the circular economy. At this intersection, emissions need to be assessed by some measurement methodology to then determine whether the business model is solely oriented by "bioeconomy" or if it additionally integrates "bioeconomics" attributes. Furthermore, the inclusion of a bioeconomics principles identification block to the Business Model Canvas, between the cost structure and revenue streams, is suggested to verify how each element is converted into expense or profit for the business. The presented theoretical model provides directions for the empirical evaluation of businesses in the context of bioeconomy focused on six dimensions: organizational; governmental; societal; scientific or technological; economic-financial; and environmental or biosphere. This model represents an innovation in the field of circular businesses by bringing bioeconomics to the center of discussions. Future research may use biologically-based biorefineries as a case study to test the proposed theoretical model.

Keywords: Circular Bioeconomy, Sustainable Business Models, Circular Economy, Biorefineries, Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Temas centrais da tese	21
Figura 2 – Contemporaneidade dos estudos sobre negócios e bioeconomia	21
Figura 3 – Ilustração dos artigos recuperados para análise.....	39
Figura 4 – Produção científica por autor ao longo dos anos.....	42
Figura 5 – Registros completos anexados no Zotero p1_19	43
Figura 6 – Nuvem de palavras-chave dos autores (2.146 registros, 2021 a 2023)	45
Figura 7 – Co-ocorrência de palavras do autor (2.146 registros, 2021 a 2023).....	46
Figura 8 – Mapa temático dos documentos de p1_385.....	47
Figura 9 – Fluxograma Prisma da Identificação dos Estudos de p1_385.....	62
Figura 10 – Quantidade de publicações por ano para o conjunto p1_385	63
Figura 11 – Mapa temático do conjunto p1_385	63
Figura 12 – Fluxograma Prisma da Identificação dos Estudos de p1_34RSL.....	65
Figura 13 – Quantidade de publicações por ano para o conjunto p1_34RSL.....	66
Figura 14 – Mapa temático (palavras-chave dos autores) para o subconjunto p1_34RSL.....	66
Figura 15 – Classificação dos registros de p1_34RSL	70
Figura 16 – Frequência de palavras-chave dos autores	71
Figura 17 – Fluxograma Prisma da Identificação dos Estudos de p2_97.....	78
Figura 18 – Quantidade de publicações por ano para o conjunto p2_97	79
Figura 19 – Fluxograma Prisma da Identificação dos Estudos de p3_63Refs.....	116
Figura 20 – Quantidade de publicações por ano para o conjunto p3_63Refs.....	117
Figura 21 – Codificação NVivo dos documentos com foco em gestão	119
Figura 22 – Codificação Nvivo dos documentos com foco em biorrefinarias	133
Figura 23 – Agrupamento dos artigos e revisões sobre Economia Circular.....	133
Figura 24 – Modelo de Teórico: Negócios Circular alinhado a Bioeconomia	148
Figura 25 – <i>Bioeconomics Buissiness Model Canvas</i>	149

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Alinhamento da proposta aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	22
Quadro 2 – Informações gerais dos dados sobre modelo de negócios para p1_19.....	41
Quadro 3 – Periódicos com maior número de artigos publicados sobre Modelo de Negócios41	
Quadro 4 – Autores com maior indicação de participação em artigos sobre Modelo de Negócios	42
Quadro 5 – Informações gerais dos dados sobre modelo de negócios para 2.146 registros....	44
Quadro 6 – Informações gerais dos dados sobre modelo de negócios para p1_385.....	46
Quadro 7 – Ferramentas utilizadas nas análises	49
Quadro 8 – Encaminhamento das pesquisas sobre modelos de negócios.....	50
Quadro 9 – Definições de Modelo de Negócio na literatura revisada	52
Quadro 10 – Abordagens e Perspectivas teóricas para os modelos de negócios sustentáveis.53	
Quadro 11 – Arquétipos de modelos de negócios voltados à sustentabilidade	54
Quadro 12 – Termos chave para inovar em Modelos de Negócios Sustentáveis	55
Quadro 13 – Elementos de transição para modelos de negócios sustentáveis.....	57
Quadro 14 – Tipos de inovação de modelos de negócios sustentáveis.....	58
Quadro 15 – Definições de Modelo de Negócio Sustentável na literatura revisada.....	58
Quadro 16 – Estratégias para transição de modelos de negócios lineares para circulares	59
Quadro 17 – Definições de Modelo de Negócio Circular na literatura revisada.....	61
Quadro 18 – Lacunas de Pesquisa em Modelos de Negócios Circulares	61
Quadro 19 – Resumos dos itens de dados observados.....	69
Quadro 20 – Síntese dos Achados nos Agrupamentos do Banco de Dados Modelos de Negócios	76
Quadro 21 – Categorias Gerais de Agrupamento dos Artigos.....	79
Quadro 22 – Componentes para implementação da Economia Circular	82
Quadro 23 – Elementos do Desafio do Triplo Ajuste.....	82
Quadro 24 – Relações entre Economia Circular e Sustentabilidade.....	84
Quadro 25 – Taxonomia dos modelos de negócios da Economia Circular	86
Quadro 26 – Desafios na implementação da EC em diferentes setores e regiões	86
Quadro 27 – Fases da Economia Circular.....	88
Quadro 28 – 10 imperativos-R.....	88
Quadro 29 – Barreiras ao Setor de Logística	95
Quadro 30 – Coordenação entre diferentes atores	95
Quadro 31 – Formas de doação de Economia Circular pelas Empresas	98
Quadro 32 – Estratégias para diferentes partes da cadeia de valor.....	99
Quadro 33 – Indicadores de eficiência de estratégias de economia circular	101
Quadro 34 – Sete princípios operacionais, seus objetivos teóricos e as estratégias práticas: 104	
Quadro 35 – Tecnologias de conversão de resíduos em energia	108
Quadro 36 – Barreiras tecnológicas, na implementação de <i>Waste-to-Energy</i>	109
Quadro 37 – Facilitadores a adoção de tecnologias de <i>Waste-to-Energy</i>	110
Quadro 38 – Tecnologias de conversão de resíduos em energia (<i>WiE</i>).....	111
Quadro 39 – Tecnologias emergentes para a valorização do lodo de esgoto	112
Quadro 40 – Barreiras tecnológicas limitantes a implementação	113
Quadro 41 – Critérios de agrupamento para os documentos de p3_63Refs	118
Quadro 42 – Síntese de Codificação	133
Quadro 43 – Síntese de Resultados.....	140

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Identificação da quantidade de publicações por ano e por periódico	67
---	----

LISTA DE QUADROS RESUMO

Quadro Resumo 1 – Síntese do Referencial Teórico sobre Modelo de Negócio.....	26
Quadro Resumo 2 – Síntese do Referencial Teórico sobre Economia Circular	30
Quadro Resumo 3 – Síntese do Referencial Teórico sobre Bioeconomia.	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 PROBLEMÁTICA E QUESTÃO DE PESQUISA	17
1.2 OBJETIVOS	19
1.2.1 Objetivo Geral	19
1.2.2 Objetivos Específicos	19
1.3 JUSTIFICATIVA	19
1.3.1 Contemporaneidade da pesquisa.....	20
1.3.1 Alinhamento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	22
1.4 Ineditismo	23
1.5 Interdisciplinaridade	23
1.6 Contribuição para o Avanço Científico	24
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	26
2.1 MODELO DE NEGÓCIO	26
2.2 ECONOMIA CIRCULAR	29
2.3 BIOECONOMIA	34
2.3.1 Bioeconomia Circular.....	36
2.3.2 Perspectivas concorrentes da Bioeconomia	38
3. PROCEDIMENTOS E MÉTODOS.....	39
3.1 ESTRATÉGIA DE COLETA DE DADOS	39
3.1.1 Coleta de dados sobre Modelos de Negócios	40
3.1.1.1 Modelo de Negócio - Etapa 1 de 2: Coleta do Banco de dados p1_19.....	41
3.1.1.2 Modelo de Negócio - Etapa 2 de 2, parte 1: Coleta do Banco de dados p1_385.....	43
3.1.1.3 Modelo de Negócio - Etapa 2 de 2, parte 2: Coleta do Banco de dados p1_34RSL.....	47
3.2 ABORDAGEM DA PESQUISA	48
3.3 MÉTODOS DEDUTIVO E INDUTIVO	48
3.4 ESTRATÉGIA DE TABULAÇÃO E AGRUPAMENTO DOS DADOS	49
4 RESULTADOS	50
4.1 RESULTADOS DA PESQUISA SOBRE OS MODELOS DE NEGÓCIOS	50
4.1.1 Resultados gerais referentes ao conteúdo dos artigos do Conjunto de dados p1_19	50
4.1.1.1 Cluster 1 – Modelo de Negócios.....	51
4.1.1.2 Cluster 2 – Modelo de Negócios Sustentáveis.....	53
4.1.1.3 Cluster 3 – Modelo de Negócios Circulares	59
4.1.2 Resultados referentes ao conjunto formado pelo Banco de dados p1_385.....	62
4.1.2.1 Mapa temático.....	63
4.1.3 Resultados referentes ao item 3.1.1.3 Modelo de Negócio - Etapa 2 de 2, parte 2: Banco de dados p1_34RSL.....	65
4.1.3.1 Mapa temático.....	66
4.1.3.2 Análise dos Periódicos.....	67
4.1.3.3 Revisão de escopo das 34 Revisões Sistemáticas de Literatura selecionadas.....	68
4.1.3.3 Resultados da Revisão de Escopo Das Revisões Sistemáticas	72
4.1.3.3.1 Impactos Ambientais	72
4.1.3.3.2 Ferramentas e frameworks	72
4.1.3.3.3 Interseções com Sustentabilidade	73
4.1.3.3.4 Interações com Stakeholders	73
4.1.3.3.5 Implementação.....	74

4.1.3.3.1.6 Transição para Sustentabilidade	74
4.1.3.3.7 Bioeconomia Circular	75
4.2 RESULTADOS DA ECONOMIA CIRCULAR	78
4.2.1 Conceitos da Economia Circular (13)	80
4.2.2 Avaliação e Críticas (11)	90
4.2.3 Aplicações Setoriais da Economia Circular (24)	92
4.2.4 Desafios e Oportunidades (17)	95
4.2.5 Implementação da Economia Circular (16)	102
4.2.6 Tecnologias Economia Circular (16)	106
4.2.6.1 Tecnologias Digitais	106
4.2.6.2 Tecnologias Naturais	108
4.3 RESULTADOS DA BIOECONOMIA	116
4.3.1 Resultados referentes ao conjunto formado pelo Banco de dados p3_63Refs	116
4.3.2 Bioeconomia com Foco Em Gestão Ou Modelos De Negócios	119
4.3.2.1 Dimensão Ambiental	120
4.3.2.2 Dimensão Econômico-Financeiro	121
4.3.2.3 Dimensão Governamental	122
4.3.2.4 Dimensão Organizacional	124
4.3.2.5 Dimensão Sociedade	126
4.3.2.6 Dimensão Científico Tecnológica	128
4.3.2.7 Considerações da seção	131
4.3.3 Resultados da Revisão com foco em Biorrefinarias	132
4.3.3.1 Tipos De Resíduos Utilizados Em Biorrefinarias	134
4.3.3.2 Tecnologias e Processos	135
4.3.3.3 Produtos Derivados	138
5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	141
5.1 MODELO DE NEGÓCIO CIRCULAR EM BIOECONOMIA	141
5.1.1 Inovação	141
5.1.2 Sustentabilidade	142
5.1.3 Criação De Valor	143
5.1.4 Escopo De Aplicação	143
5.1.5 Base Conceitual	143
5.1.6 Limites Ecológicos	144
5.2 BIOECONOMICS NO MODELO DE NEGÓCIO CIRCULAR	144
5.2.1 Modelo Teórico	145
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	151
REFERÊNCIAS	153

1 INTRODUÇÃO

As discussões sobre Modelo de Negócio, Economia Circular e Bioeconomia oferecem abordagens complementares para enfrentar os desafios da sustentabilidade.

A economia circular, impulsionada por iniciativas como as da Fundação Ellen MacArthur (EMF [2013](#)) e políticas da União Europeia (European Commission 2018), expande essa abordagem ao incluir práticas que reduzem desperdícios e estendem o ciclo de vida dos produtos. Apesar disso, enfrenta desafios como o efeito rebote do consumo e a dependência de fontes não renováveis, dificultando a implementação de uma economia regenerativa (Zink e Geyer, 2017; Korhonen, Honkasalo e Seppälä, 2018).

A bioeconomia amplia essas discussões ao propor uma economia baseada em recursos biológicos renováveis. Esse conceito, no entanto, apresenta duas perspectivas distintas: a “bioeconomy”, focada em promover crescimento econômico por meio da biotecnologia, e a “bioeconomics”, que destaca os limites ecológicos e questiona o crescimento ilimitado (Georgescu-Roegen, 1975; Befort, 2020). Essas duas vertentes configuram uma dualidade que fundamenta o conceito de bioeconomia circular, uma abordagem que busca equilibrar inovação tecnológica e conservação ambiental, usando práticas de reciclagem e reutilização de biomassa para criar produtos de valor agregado com menor impacto ambiental (Conteratto et al., 2021; Aguilar, Whlgemuth e Twardowski, 2018).

A bioeconomia circular, assim, representa uma convergência entre a bioeconomia e a economia circular, promovendo um modelo que integra os ciclos de material e energia. Este modelo é caracterizado pela ciclagem, extensão e desmaterialização dos fluxos de recursos, utilizando a base biológica para gerar produtos e energia de forma mais sustentável (Geissdoerfer et al., 2020; Giampietro, (2019a). As biorrefinarias, por exemplo, possibilitam a produção de biocombustíveis e bioativos, contribuindo para uma economia com menor dependência de combustíveis fósseis e com práticas que minimizam o esgotamento dos ecossistemas (Vivien et al., 2019).

A literatura destaca ainda a relevância dos modelos de negócios sustentáveis e circulares. Originalmente, os modelos de negócios foram concebidos para estruturar a criação, entrega e captura de valor, mas hoje enfrentam críticas quanto à clareza conceitual e à adaptabilidade frente a mudanças de mercado (Zott, Amit e Massa, [2011](#); Chesbrough, (2010). Ferramentas de design e taxonomias específicas vêm sendo adaptadas para apoiar a transição para contextos de sustentabilidade e auxiliar a inovação responsável (Schoormann et al., [2023](#); Botelho et al., [2021](#)). Em uma abordagem de bioeconomia circular, os modelos de negócios

precisam considerar a ciclagem e desmaterialização de materiais e energia, por meio de estratégias de reciclagem e extensão de vida útil, substituição de produtos por serviços e soluções de software (Geissdoerfer et al., 2020).

Por meio da bioeconomia circular, propõe-se o uso de materiais de base biológica para criação de produtos que, ao final de seu ciclo, retornam ao ambiente sem causar danos (Salvador et al., 2023). Contudo, a dependência de recursos biológicos para sustentar a produtividade industrial pode intensificar o esgotamento dos ecossistemas (Allain et al., 2022). Kardung et al. (2021) afirmam que, embora a bioeconomia circular represente uma estratégia para reduzir a dependência de combustíveis fósseis, sua implementação requer políticas de incentivo à inovação e ao monitoramento.

Assim, o conceito de bioeconomia circular oferece um modelo de produção que combina sustentabilidade com inovação tecnológica, integrando o uso sustentável da biomassa com práticas de economia circular. A transição para esse modelo demanda um equilíbrio entre inovação científica e aceitação social, além da necessidade de colaboração entre ciência, tecnologia e sociedade (Aguilar et al., 2018).

1.1 PROBLEMÁTICA E QUESTÃO DE PESQUISA

Necessidade de pesquisas que melhorem a compreensão de como empresas privadas podem se envolver mais efetivamente em iniciativas de sustentabilidade no campo da bioeconomia circular (DeBoer et al., 2020). Diversos pesquisadores alertam para a falta de clareza conceitual e objetivos conflitantes relacionados à bioeconomia (Bugge, Hansen, e Klitkou, 2016; Giampietro, 2019; Vivien *et al.*, 2019; Allain, Ruault, Moraine, e Madelrieux, 2022). Desta maneira são consideradas narrativas sob as perspectivas: ecológica, da biotecnologia e, das biorrefinarias (Vivien *et al.*, 2019). O modelo de negócio circular (Geissdoerfer *et al.*, 2020) deve ser projetado em consonância ao tipo de bioeconomia no qual está enquadrado. No entanto, falta a definição de metas e indicadores, que permitam avaliar modelos de negócios da economia circular, à luz da termodinâmica de não equilíbrio (Giampietro, 2019), segue como uma lacuna de pesquisa a ser superada.

Em uma perspectiva de sistemas, a definição de critérios de avaliação é importante para fornecer direcionamentos informadas por bases teóricas fortes, que permitam a avaliação do desempenho e a identificação de áreas a serem corrigidas. Uma vez que a literatura não esclarece quais fluxos de matéria e energia devem ser considerados, ou como esses fluxos

devem ser contabilizados ao estabelecer metas para monitorar a implementação da economia circular em modelos de negócios (Giampietro, 2019) se torna importante compreender:

Como o modelo de negócio circular pode ser descrito e representado a partir de uma perspectiva bioeconômica?

Para responder a esta questão, pretende-se desenvolver e propor um modelo conceitual, que possa ser utilizado como referência para a tomada de decisão (comparação, projeção, reconfiguração ou avaliação) em relação ao modelo de negócio, orientado a partir de uma perspectiva bioeconômica. Na compreensão de que a circularidade não é a solução de todos os problemas, mas é um meio de auxiliar no processo de transição para fontes de energia menos insustentáveis (Giampietro, 2019, 2023; Korhonen, Nuur, Feldmann, e Birkie, 2018). Os modelos de negócios são considerados sistemas complexos abertos que não podem ser desvinculados do ambiente biofísico ao qual estão inseridos.

Como resultado, espera-se que o modelo proposto possa ser;

a) empregado como referência para a reconfiguração, ou concepção de novos de negócios.

b) uma ferramenta útil a definição de estratégias gerenciais orientadas à circularidade, conciliando questões econômica, ambientais e sociais em uma perspectiva bioeconômica;

c) auxiliar em processos de avaliação e/ou definição de políticas públicas em bioeconomia.

A incorporação de práticas circulares e sustentáveis nos modelos de negócios é frequentemente limitada por barreiras de mercado, regulamentação, e incertezas sobre a viabilidade econômica dessas práticas em larga escala (Korhonen, Honkasalo e Seppälä, 2018). Além disso, o conceito de bioeconomia enfrenta desafios em seu próprio desenvolvimento teórico e prático, uma vez que combina enfoques distintos e complementares. A *bioeconomy*, ao enfatizar o crescimento econômico por meio da exploração da biomassa, pode induzir uma dependência excessiva de recursos biológicos, intensificando a pressão sobre os ecossistemas. Em contrapartida, a *bioeconomics* propõe um uso mais moderado e eficiente dos recursos, mas sua aplicação em modelos de negócios é limitada pela necessidade de viabilidade financeira e adaptação organizacional (Giampietro, 2019). Nesse sentido, falta uma estrutura teórica que alinhe essas duas abordagens dentro do contexto de economia circular, abordando tanto a criação de valor econômico quanto a sustentabilidade ambiental.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Propor um modelo teórico de negócio circular, fundamentado em uma perspectiva bioeconomics.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Mapear e descrever os campos de estudos sobre modelo de negócios, economia circular.
- b) Analisar estudos sobre negócios circulares em bioeconomia com foco em gestão.
- c) Identificar interseções entre os campos mapeados, à luz da perspectiva *bioeconomics*.

1.3 JUSTIFICATIVA

Conforme apresentado na Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCETI), à qual este projeto faz parte, a agregação de valor com vistas ao desenvolvimento do Brasil é um desafio crítico a ser enfrentado (MCTIC, 2017). Um dos eixos para a implementação de políticas de interesse se concentra na política bioeconômica. Ainda não há um acordo unânime sobre o significado do termo bioeconomia, nem na comunidade científica, nem na arena política, ou entre as partes interessadas (Giampietro, 2023). Para auxiliar nas metas globais que integram pessoas, meio ambiente e planeta, a bioeconomia tem se mostrado uma abordagem promissora, ao lidar com desafios socioeconômicos e ambientais em escala global.

Em termos gerais, para condução desta pesquisa se assume que a *bioeconomics* representa uma visão que valoriza a sustentabilidade forte e a reconfiguração da sociedade para respeitar os limites biofísicos. Essa abordagem vai além da bioeconomia ou da circularidade tradicional, pois propõe mudanças estruturais profundas e planejadas de maneira deliberada, com adição de tecnologias de baixo impacto ambiental e alta eficiência de conversão. É este contexto que a proposta de um modelo de negócio circular a partir da perspectiva *bioeconomics* é proposto nesta tese.

Um modelo de negócio circular liga os diferentes conceitos de sustentabilidade, economia circular e eficiência de recursos (Nussholz, 2018, 2017) No domínio da bioeconomia, a pesquisa de modelos de negócios ainda está sub-representada, sendo frequentemente

relacionada à economia circular mais ampla (Reim; Parida; Sjödin 2019; Salvador *et al.*, 2021; Bröring; Vanacker, 2022; Donner; Vries, 2023).

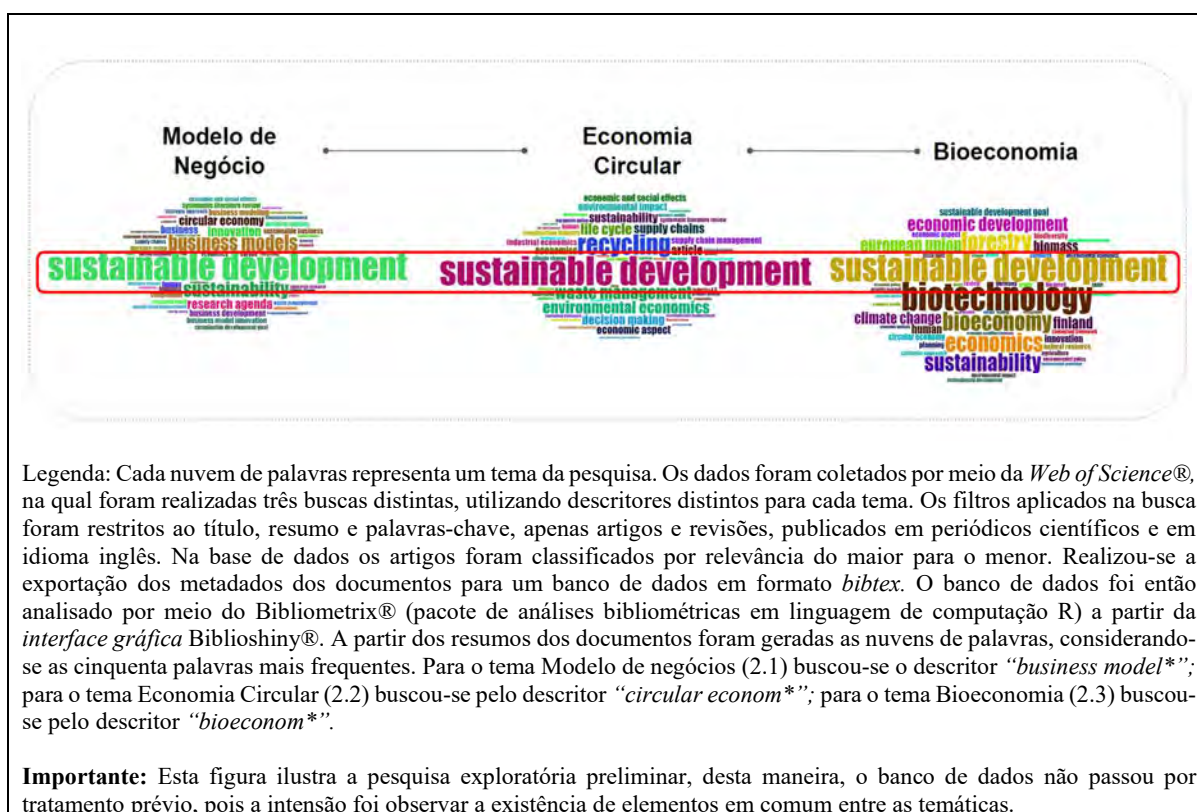
Trabalhos recentes indicam encaminhamentos de pesquisa para a bioeconomia circular. Salvador *et al.*, (2022), por exemplo, examinaram o cenário atual da bioeconomia circular na América Latina e Caribe, identificando práticas existentes, barreiras e possibilidades para expandir esse modelo econômico na região. Os resultados da pesquisa mostraram que países como Brasil, México e Colômbia lideram iniciativas, especialmente no aproveitamento de resíduos agrícolas e industriais para a geração de bioenergia e bioprodutos. Práticas de recuperação de valor incluem o uso de resíduos de cultivos e subprodutos da agroindústria, que são transformados em insumos de alto valor agregado, como biofertilizantes e biocombustíveis. Apesar desse potencial, a Bioeconomia Circular enfrenta obstáculos significativos, como a falta de políticas públicas consistentes, limitações tecnológicas, custos elevados para implementação de biorrefinarias e desafios relacionados à competitividade frente a produtos fósseis. Mas, na outra ponta, existe a abundância de biomassa e recursos biológicos nos biomas que representa uma oportunidade estratégica para promover uma economia mais sustentável e regenerativa.

Salvador *et al.*, (2022), finaliza com recomendações para fortalecer a CBE nas regiões brasileiras, sugerindo o desenvolvimento de políticas públicas, parcerias entre setor público e privado, além de investimentos em pesquisa e inovação para maximizar o aproveitamento de recursos renováveis e fomentar práticas alinhadas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

1.3.1 Contemporaneidade da pesquisa

A figura 01 ilustra os resultados de uma busca exploratória preliminar, realizada antes da seleção dos documentos que serão apresentados ao longo desta Tese. Assim, é importante destacar que o banco de dados utilizado para gerar as nuvens de palavras não passou por tratamento prévio exaustivo, pois a intenção foi observar a existência de elementos comuns entre as temáticas. Por meio da Figura 01, é possível observar que o Desenvolvimento Sustentável, aparece como eixo de ligação entre os temas centrais dessa revisão de literatura.

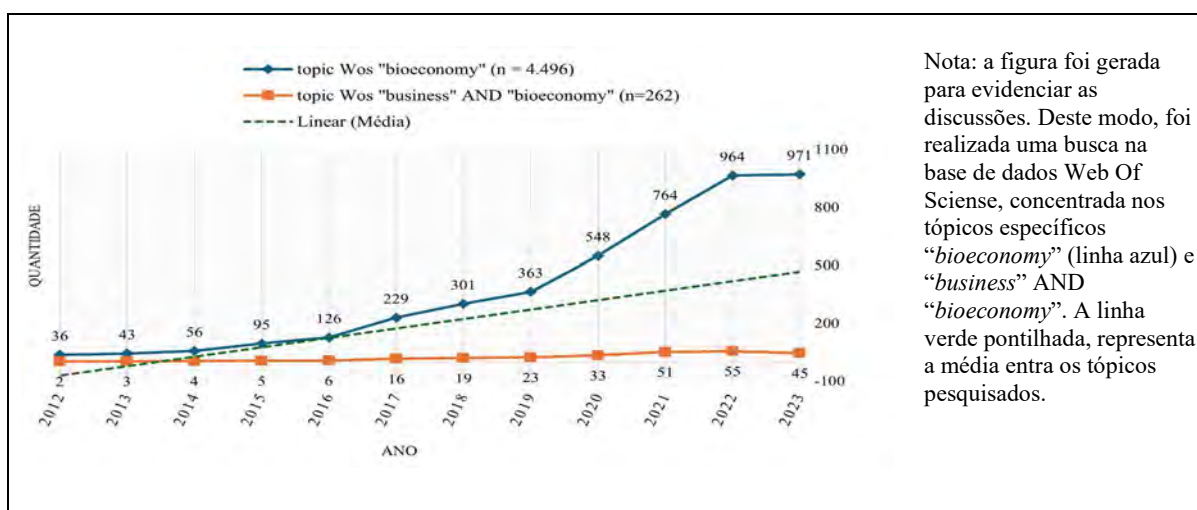
Figura 1 – Temas centrais da tese



Fonte: Elaboração própria (2023)

A Figura 2, ilustra a contemporaneidade dos estudos sobre negócios e bioeconomia. Neste contexto específico, os critérios de elegibilidade e inelegibilidade foram desconsiderados, e a busca se concentrou apenas nos tópicos específicos “*bioeconomy*” (linha azul) e “*business*” AND “*bioeconomy*”. A linha verde pontilhada, representa a média entre os tópicos pesquisados, que mostra uma média geral, está crescendo gradualmente.

Figura 2 – Contemporaneidade dos estudos sobre negócios e bioeconomia



Fonte: Web Of Science, gráfico feito no Excel


Essa tendência indica que, em média, a relevância e o interesse por “*bioeconomy*” e sua interseção com “*business*” estão aumentando ao longo do tempo, reforçando a contemporaneidade do tema. Os picos de publicações nos anos recentes, particularmente de 2021 a 2023, indicam um interesse contínuo e crescente na “*bioeconomy*”. A estabilização em números elevados nos últimos três anos demonstra que o tema não é apenas uma moda passageira, mas sim uma área em constante evolução e destaque nas pesquisas atuais.

1.3.1 Alinhamento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável é um plano das Nações Unidas, que busca erradicar a pobreza, proteger o meio ambiente, promover a prosperidade e fortalecer a paz e a cooperação global. É composta por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e 169 metas relacionadas, que abrangem uma variedade de questões sociais, econômicas e ambientais. Os objetivos foram elaborados com base na interconexão entre: pessoas, planeta, paz e parcerias. De modo que suas metas, ajudem a garantir uma vida digna para as pessoas, a proteção do planeta, promova a paz e fortaleça a colaboração entre todos os envolvidos (A/RES/70/1, 2015).

Promover a bioeconomia circular como caminho para ODS e Acordo de Paris é uma das tratativas centrais defendidas por Hetemäki *et al.*, (2017). O trabalho proposto está relacionado de maneira geral aos ODS: Erradicação da Pobreza (ODS-1); Fome Zero e Agricultura Sustentável (ODS-2); e Trabalho Decente e Crescimento Econômico (ODS-8), pois contribui para o desenvolvimento econômico inclusivo, segurança alimentar e o combate à pobreza, ao mesmo tempo em que insere uma perspectiva bioeconômica na concepção dos modelos de negócios. Essa proposta de pesquisa possui ainda, alinhamento direto aos objetivos de desenvolvimento sustentável (7, 9, 12, 13 e 17), conforme apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Alinhamento da proposta aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Objetivo	Alinhamento
	<p>A perspectiva <i>bioeconomics</i> pode auxiliar no planejamento de estratégias que otimizem o uso de recursos energéticos e reduzam o consumo desnecessário, contribuindo assim para a transição para fontes de energia mais limpas e sustentáveis.</p>



Ao considerar aspectos econômicos, sociais e ambientais na **avaliação de modelos de negócios** circulares em bioeconomia, é possível promover a inovação e a construção de parcerias para alcançar metas sustentáveis.



A exploração dos diferentes **ciclos de materiais** na bioeconomia, ajudará a compreender formas para que os modelos de negócios que minimizem o desperdício, maximizem a reutilização de materiais e reduzam a pressão sobre os recursos naturais.



Ao desenvolver modelos de negócios circulares em bioeconomia que levam em conta a resiliência e a adaptação aos desafios climáticos, é possível contribuir para mitigar os impactos das mudanças climáticas e promover práticas mais sustentáveis. (Sistemas complexos e capacidade de adaptação)

Fonte: dados da pesquisa

Possivelmente existem outros alinhamentos que não foram elencados, mas o importante aqui é chamar a atenção para essa relação.

1.4 Ineditismo

A pesquisa é original por incorporar a perspectiva bioeconômica e as narrativas tipo I (ecológica), II (biotecnológica) e III (biorrefinarias) como elementos essenciais para orientar a circularidade nos negócios, seja na concepção de novos empreendimentos ou na adaptação dos já existentes. O objetivo da pesquisa é contribuir de duas maneiras principais: 1) inserir questões bioeconômicas na proposição de modelos de negócio e na reconfiguração de negócios existentes; 2) auxiliar na elaboração de critérios de avaliação para políticas de fomento. Além disso, a pesquisa busca fornecer uma base para a concepção e avaliação de modelos de negócio circular que sejam intuitivos e capazes de auxiliar a tomada de decisão por gestores e formuladores de políticas, bem como o encaminhamento de projetos com financiamento público e privado.

1.5 Interdisciplinaridade

Os temas centrais abordados neste trabalho são por natureza interdisciplinares devido a necessidade de aplicar uma visão holística a suas análises. Tal interdisciplinaridade pode ser observada nos Modelos de Negócios (Lüdeke-Freund e Dembek, 2017), na Economia circular (Murray, Skene, e Haynes, 2017); e na Bioeconomia (Pfau, Hagens, Dankbaar, e Smits, 2014).

A interdisciplinaridade de modelos de negócios sustentáveis envolve a combinação de conhecimentos e abordagens de diversas disciplinas para desenvolver modelos de negócios que sejam economicamente viáveis, socialmente responsáveis e ambientalmente sustentáveis. Essa abordagem integrada é considerada fundamental para enfrentar os desafios complexos da sustentabilidade (Lüdeke-Freund e Dembek, 2017).

A economia circular não pode ser compreendida apenas a partir de uma única perspectiva disciplinar, mas requer uma abordagem holística e integrada que envolva diversas áreas de estudo tais como: economia, sustentabilidade, gestão ambiental, ciências dos materiais, engenharia, ciências sociais e comportamentos, cadeias de suprimentos (Murray *et al.*, 2017).

Ao buscar o desenvolvimento de soluções sustentáveis para desafios relacionados à produção, por meio da utilização e gestão de recursos biológicos (como plantas, animais, microrganismos e resíduos biológicos), a bioeconomia precisa ser analisada a partir de disciplinas, tais como as ciências biológicas, economia, engenharia, agronomia, política pública, sociologia, ética e outras disciplinas relevantes (Pfau *et al.*, 2014).

A bioeconomia circular é um campo intrinsecamente interdisciplinar, exigindo uma convergência entre economia, biologia, engenharia e políticas públicas. A integração entre Modelos de Negócios, Economia Circular e Bioeconomia envolve uma análise que abarca desde a gestão organizacional até a tecnologia e o design sustentável. Como propõem autores como Boons e Lüdeke-Freund (2013) e Geissdoerfer *et al.*, (2018), a construção de modelos de negócios sustentáveis depende de abordagens que considerem os impactos sociais e ambientais, além das exigências de competitividade e inovação do mercado. Por outro lado, a economia circular requer conhecimentos específicos sobre processos de reciclagem e remanufatura, e a bioeconomia demanda uma compreensão detalhada de ecossistemas e biotecnologias (Ghisellini, Cialani e Ulgiati, 2016). Assim, este estudo emprega um enfoque que articula essas disciplinas, buscando desenvolver um modelo de negócios aplicável a diferentes setores industriais e em consonância com a sustentabilidade ecológica.

1.6 Contribuição para o Avanço Científico

Este estudo contribui para o avanço científico ao propor um modelo teórico para a bioeconomia que, a partir do olhar da bioeconomia circular, integra perspectivas de bioeconomy e bioeconomics no desenvolvimento de modelos de negócios sustentáveis. A proposta oferece diretrizes que auxiliam empresas e formuladores de políticas a adotar práticas

de economia circular e a explorar o uso de recursos biológicos de forma responsável e eficiente (Conteratto et al., 2021; Salvador et al., 2023). Ao fornecer um arcabouço conceitual que incorpora a sustentabilidade em diferentes dimensões (ambiental, econômico-financeira, governamental, organizacional, social e científico-tecnológica), o estudo apoia o desenvolvimento de novas estratégias de negócios que contribuem para a preservação dos ecossistemas e incentivam a inovação responsável. Ao destacar os desafios e as possibilidades da bioeconomia circular, esta tese oferece uma base teórica para pesquisas futuras que possam aprofundar e validar o modelo proposto em contextos empresariais e setoriais específicos.

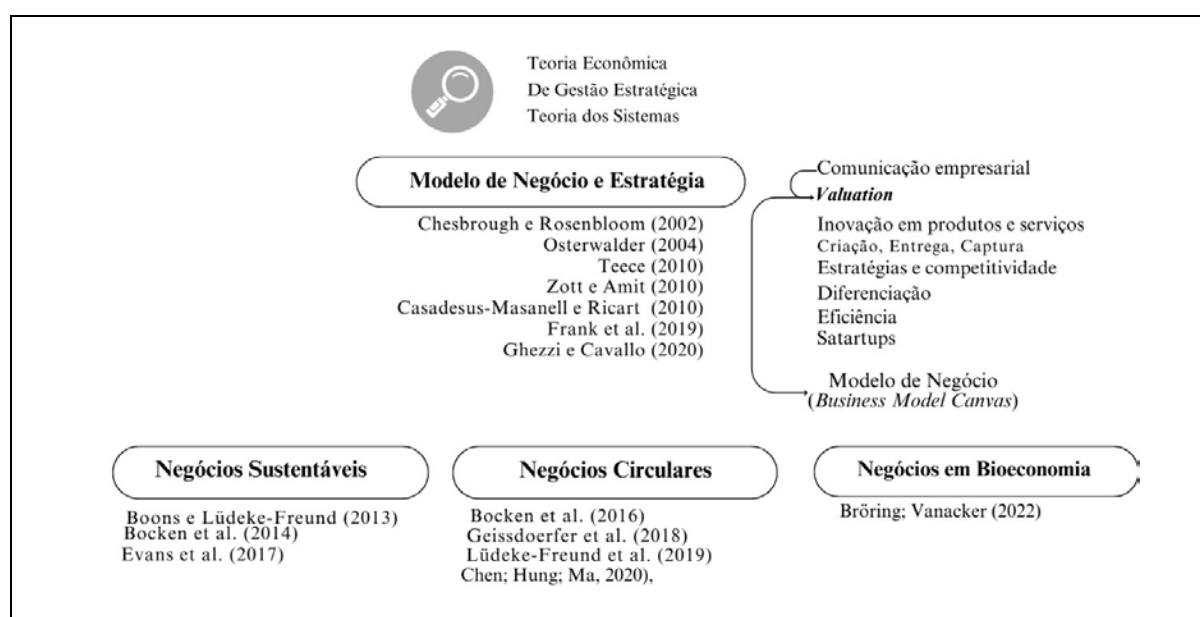
2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente referencial teórico aporta em conceitos e encaminhamentos teóricos refere ao modelo de negócios, economia circular e bioeconomia. No início de cada subseção é apresentado um quadro resumo sintetizando as tratativas centrais de cada subseção.

2.1 MODELO DE NEGÓCIO

O item 2.1 apresenta o referencial de base sobre Modelo de Negócio. No Quadro Resumo 1 é apresentada uma síntese das tratativas centrais da seção.

Quadro Resumo 1 – Síntese do Referencial Teórico sobre Modelo de Negócio



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (2024)

O modelo de negócio é um conceito que ganhou destaque a partir da década de 1990, com a premissa de facilitar a comunicação das ideias de um empreendimento para possíveis investidores de forma rápida e inteligível (Zott; Amit; Massa, 2011). Se trata de uma ferramenta para ampliar a capacidade de inovação das empresas (Chesbrough, 2010), auxiliando nos processos de planejamento estratégico para identificar vantagens competitivas, ou ainda reconfigurar estratégias (Magretta, 2002; Chesbrough, 2010). Em outras palavras, o modelo de negócios é uma ilustração explicativa de como as empresas criam, entregam e capturam valor (Teece, 2010), pois explica a maneira como um empreendimento é operacionalizado (Osterwalder; Pigneur; Tucci, 2005; Casadesus-Masanell e Ricart, 2010).

Ao longo dos anos, a evolução do conceito de estratégia no ambiente empresarial tem sido influenciada pela transformação do ambiente competitivo (Mintzberg *et al.*, 2003; Porter,

1985). De acordo com Magretta (2012), o ambiente de negócios passou por inúmeras transformações ao longo dos anos. Em meio essas mudanças temporais, Wirtz *et al.* (2016) destacaram tópicos que permaneceram constantes no ambiente de negócios, tais como previsão, conhecimento, competências, concorrência, ecossistema, transformação e renovação. De acordo com Wirtz *et al.*, (2016) a compreensão do modelo de negócio passou a fazer parte da estratégia empresarial, e ajuda a perceber como esses aspectos refletem à necessidade de adaptação em ambientes organizacionais de constante mudança e incerteza.

O emprego da terminologia Modelo de Negócios utilizada muitas vezes de maneira vaga ou imprecisa, foi um motivador para a elaboração do *Business Model Canvas* (Osterwalder, 2004). Assumindo a complexidade das interações organizacionais (que influenciam e são influenciadas por elementos internos e externos do ambiente), Osterwalder (2004), buscou elementos conceituais em teorias econômicas, teorias de gestão estratégica e em teorias de sistemas de informação, para propor uma ferramenta, visual, que descreve a lógica de criação, entrega e captura de valor por parte de uma organização.

A estrutura de representação do Modelo de Negócios é dinâmica, e exige ajustes conforme as demandas de mercado, tornando tais estruturas, particularmente útil para empreendimentos em fases iniciais (Morris, Schindehutte e Allen, 2005; Chesbrough, 2010; Teece, 2010). Para projetar modelos de negócios é importante a adoção de uma abordagem holística, para considerar as interconexões dos componentes e seu impacto na criação e captura de valor para os clientes, tanto interna quanto externamente à empresa (Zott e Amit, 2010).

De acordo com Osterwalder e Pigneur (2010) ferramentas estratégicas de *design* do modelo de negócio, podem ser estruturadas de inúmeras maneiras, dependendo das configurações e objetivos da empresa, mas o propósito de apoiar a avaliação e definição da estratégia permanecem. Osterwalder e Pigneur (2010), defendem que o importante é compreender que o modelo deve auxiliar na avaliação ou definição da estratégia a ser implementada a partir das estruturas organizacionais, processos e sistemas (Osterwalder e Pigneur, 2010).

Ao distinguir as terminologias, modelo de negócios (*business model*), estratégia (*strategy*) e tática (*tactics*) Casadesus-Masanell e Ricart (2010, p. 196, tradução minha), se referiram, respectivamente: “a lógica da empresa, a forma como opera e como cria valor para os seus stakeholders”; “a escolha do modelo de negócio a partir da qual a empresa competirá

no mercado”; e, as escolhas residuais abertas a uma empresa em virtude do modelo de negócios que ela escolhe empregar¹“.

A relação entre modelos de negócios e estratégia é discutida sob a ótica de que os modelos de negócios representam uma dimensão inovadora que complementa a estratégia tradicional, focando na criação de valor tanto do lado da oferta quanto da demanda. Os autores argumentam que o modelo de negócios permite uma perspectiva mais abrangente de criação e captura de valor (Massa, Tucci e Afuah, 2017).

Trabalhos mais recentes em abordado diferentes aspectos da transformação digital, servitização e modelos de negócios no contexto da Indústria 4.0 e do empreendedorismo digital (Frank et al., 2019; Kohtamäki et al., 2019; Ghezzi e Cavallo, 2020). Como por exemplo o caso da transformação digital, que trouxe mudanças significativas e oportunidades nos modelos de negócios em servitização (Frank *et al.*, 2019; Ghezzi e Cavallo, 2020; Kohtamäki *et al.*, 2019). Ao descrever esses novos modelos digitalizados, Ghezzi e Cavallo (2020) se referiram ao modelo de negócios como a arquitetura de valor da empresa, que envolve a criação, entrega de valor aos clientes e a conversão desses pagamentos em lucro. Frank et al., (2019) exploraram a avanços em servitização pela ótica da Indústria 4.0 (automação e digitalização da manufatura). Kohtamäki et al., (2019) desenvolvem uma teoria da firma que explora como as empresas podem colaborar em ecossistemas para fornecer serviços digitais, destacando-se aí, questões de governança, cooperação e coordenação.

Outros encaminhamentos estruturais na pesquisa sobre modelos de negócios passaram a integrar configurações alinhadas às concepções do Desenvolvimento Sustentável. Incluindo discussões mais aprofundadas sobre modelos de negócios sustentáveis, circulares, e em bioeconomia circular.

Modelos de Negócios Sustentáveis (*Sustainable Business Model - SBM*) representam abordagens que buscam criar valor levando em consideração aspectos econômicos, sociais e ambientais. Boons e Lüdeke-Freund (2013) descreveram os modelos de negócios sustentáveis como formas de organização dos recursos, atividades e parcerias de modo a criar, entregar e capturar valor de maneira sustentável. Bocken *et al.*, (2014) enfatizaram que esses modelos podem coordenar inovações tecnológicas e sociais com sustentabilidade, considerando os interesses dos stakeholders (o meio ambiente e a sociedade são considerados partes interessadas principais). Evans *et al.*, (2017) expandem essa perspectiva, afirmando que os

¹ Trecho original: *the logic of the firm, the way it operates and how it creates value for its stakeholders*”; *“the choice of business model through which the firm will compete in the marketplace*”; e, *the residual choices open to a firm by virtue of the business model it chooses to employ*.

negócios sustentáveis visam criar valor sustentável, colaborando com múltiplos stakeholders e adotando abordagens inovadoras, como os Sistemas Produto-Serviço, para internalizar externalidades e promover o Desenvolvimento Sustentável.

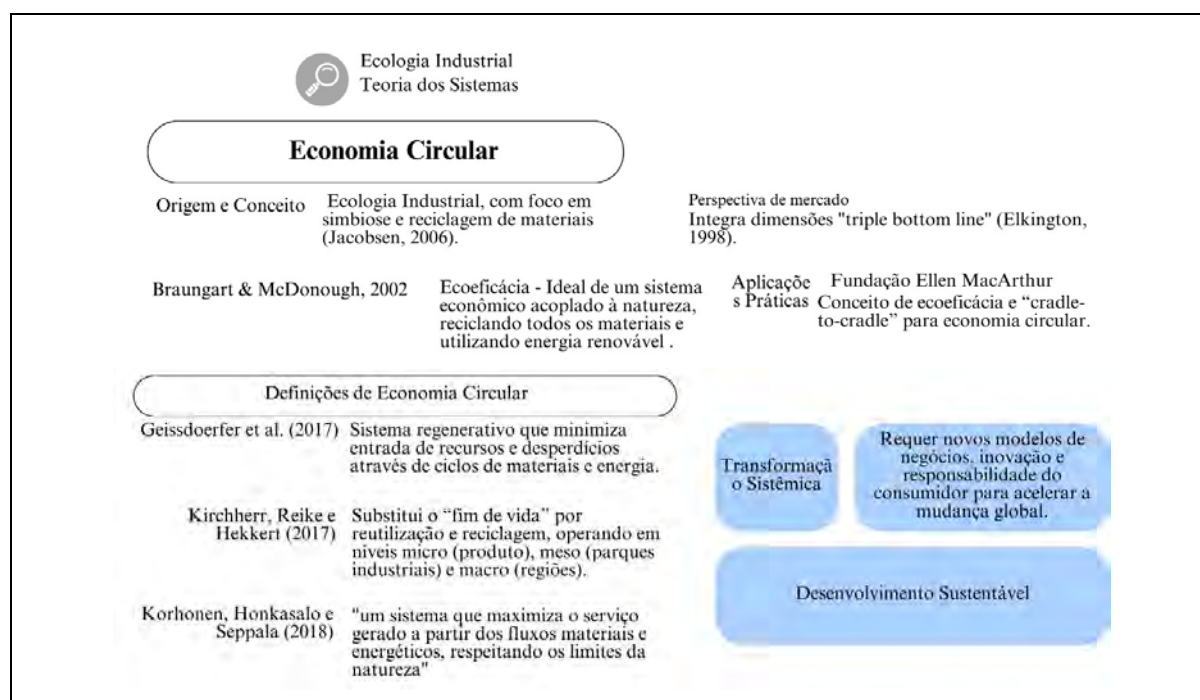
Iniciativas de natureza aplicada, foram evidenciadas a partir de atividades voltadas à ecologia industrial, tal como o trabalho desempenhado pela Fundação Ellen MacArthur, com intuito de promover mudanças estruturais no âmbito dos negócios industriais. Um terceiro conjunto de fatores se alinha às agendas políticas, com o desenvolvimento de estratégias governamentais para ampliação das políticas públicas (Bocken et al., 2016). Os negócios circulares são apresentados como modelos alinhados com os princípios da Economia Circular. Bocken *et al.*, (2016) definiram esse conceito a partir de uma perspectiva de *design*, propondo formas economicamente viáveis de reutilizar produtos e materiais continuamente, inserindo recursos renováveis, às cadeias produtivas, sempre que possível. Geissdoerfer *et al.*, (2018) destacaram que esses modelos (circulares) fazem parte de um conjunto maior de práticas que promovem o desenvolvimento sustentável. Lüdeke-Freund, Gold e Bocken (2019) propuseram padrões que refletem diferentes abordagens para implementar a Economia Circular, como a manutenção da durabilidade dos produtos, a eficiência na gestão de resíduos, a reutilização e a reciclagem de materiais. Esses padrões representam estratégias específicas para maximizar a vida útil dos produtos e minimizar o desperdício.

Diante da evolução dos modelos de negócios, é possível perceber uma crescente integração de princípios de sustentabilidade e de circularidade, refletindo a adaptação das empresas às demandas por responsabilidade social e ambiental. Essa transformação enfatiza a importância de um pensamento estratégico que considere não apenas a criação de valor econômico, mas também os impactos ambientais e sociais. No item 2.2 é abordado, o conceito de Economia Circular, que fundamenta práticas empresariais baseadas em ciclos de recursos mais fechados, promovendo a reutilização, redução de resíduos e uso de materiais renováveis como estratégias para um desenvolvimento sustentável e regenerativo.

2.2 ECONOMIA CIRCULAR

Nesta seção é apresentado o referencial teórico de base, referente a Economia Circular. No Quadro Resumo 2 é apresentada uma síntese das tratativas centrais da seção.

Quadro Resumo 2 – Síntese do Referencial Teórico sobre Economia Circular



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (2024)

Neste item são é apresenta a Economia Circular, seus princípios fundamentais e a integração de dimensões econômicas, sociais e ambientais. Essa abordagem busca promover o uso sustentável de recursos por meio de práticas como a reciclagem, reutilização e simbiose industrial, com foco em manter os materiais em ciclos produtivos por mais tempo, reduzindo o desperdício e impulsionando a regeneração ambiental, no entanto, enfrenta desafios e limitações que devem ser considerados para que suas práticas tenham impacto efetivo e abrangente.

A Economia Circular, originária da Ecologia Industrial, é fundamentada nos princípios de simbiose e ciclagem de materiais, onde o objetivo central é manter os recursos em uso pelo maior tempo possível (Jacobsen, 2006). Em sua perspectiva de mercado, a economia circular integra dimensões econômicas, sociais e ambientais, alinhando-se ao conceito do *triple bottom line*, que propõe um equilíbrio entre lucro, pessoas e planeta (Elkington, 1998). Andersen (2007) argumentou que, para consolidar a EC como uma opção viável, é essencial uma abordagem interdisciplinar que incorpore a precificação de externalidades e a quantificação dos custos ambientais.

Na literatura recente, diferentes definições sobre a Economia Circular têm sido propostas, delimitando o escopo desse campo.

Geissdoerfer *et al.*, (2017, p. 759, tradução minha) definem a economia circular como "um sistema regenerativo no qual a entrada e o desperdício de recursos, as emissões e o

vazamento de energia são minimizados pela desaceleração, fechamento e estreitamento dos ciclos de material e energia.” Esse conceito destaca o design durável e os processos de manutenção, reparo e reciclagem, que contribuem para a regeneração e restauração dos recursos naturais.

Uma segunda definição, apresentada por Kirchherr, Reike e Hekkert (2017), propõe substituir o conceito de “fim de vida” dos produtos por práticas de reutilização, reciclagem e recuperação em diferentes níveis de operação: micro (produtos e consumidores), meso (parques ecoindustriais) e macro (cidades e nações). Assim, a economia circular não apenas promove a sustentabilidade, mas também gera qualidade ambiental, prosperidade econômica e equidade social, impulsionada por novos modelos de negócios e consumidores conscientes.

Korhonen, Honkasalo e Seppälä (2018a) acrescentam uma perspectiva crítica ao conceito, salientando a contribuição das visões idealizadas de ecoeficácia e ecoeficiência para a disseminação da economia circular. Contudo, alertam que essas visões nem sempre são realistas, uma vez que aproximadamente 75% da energia global ainda depende de fontes não renováveis, evidenciando os limites das práticas atuais para alcançar uma economia realmente circular. Em uma abordagem mais fundamentada cientificamente, os autores definem a economia circular como “um sistema que maximiza o serviço gerado a partir dos fluxos materiais e energéticos, respeitando os limites da natureza” (Korhonen, Honkasalo e Seppälä, 2018, p. 34, tradução minha).

As três definições discutidas (Geissdoerfer et al., 2017; Kirchherr, Reike e Hekkert, 2017; Korhonen, Honkasalo e Seppälä, 2018) convergem em seus objetivos de sustentabilidade, apesar de abordarem a economia circular sob perspectivas distintas. Em comum, todas enfatizam a minimização do consumo de recursos naturais e a redução do desperdício, seja por meio do design de produtos, reinserção de materiais na cadeia produtiva ou práticas de produção e consumo sustentáveis.

Para além dessas definições, Giampietro (2019) argumenta que a economia circular transcende a reciclagem e a redução de resíduos. Ele propõe uma avaliação que considera a dimensão temporal e o equilíbrio entre o uso de recursos e a regeneração dos ecossistemas, como aspectos essenciais para a sustentabilidade de longo prazo dos modelos de negócios circulares. O conceito de economia circular adotado neste estudo segue a definição de Geissdoerfer *et al.*, (2020), na qual a economia circular é vista como “um sistema econômico onde a entrada e o desperdício de recursos, as emissões e os vazamentos de energia são minimizados pela ciclagem, extensão, intensificação e desmaterialização dos ciclos de material e energia” (Geissdoerfer et al., 2020, p. 3, tradução minha). A implementação desse conceito

envolve estratégias como digitalização, servitização e compartilhamento de soluções, que aceleram a transição de uma economia linear para uma economia mais circular.

A adoção de práticas circulares ocorre em diferentes contextos, como evidenciado em estudos na China, onde Geng e Doberstein (2008) e Mathews e Tan (2011) destacaram os esforços de implementação da economia circular por meio de políticas públicas e criação de parques industriais ecológicos. Entretanto, desafios institucionais, tecnológicos e financeiros ainda limitam a expansão dessas iniciativas.

Um estudo comparativo entre China e Europa, conduzido por McDowall *et al.* (2017) mostra que, enquanto a Europa adota a EC como uma estratégia competitiva focada na inovação e eficiência de recursos, o objetivo da China é equilibrar crescimento econômico e sustentabilidade ambiental. Nesse sentido, a Europa privilegia o gerenciamento de resíduos e recursos, enquanto a China adota uma abordagem mais ampla, incluindo aspectos como poluição e desafios decorrentes do rápido crescimento industrial.

Zink e Geyer (2017) discutiram um possível efeito rebote, em que a reciclagem e reutilização podem, paradoxalmente, estimular o aumento do consumo geral, pois produtos reciclados ou reconicionados podem impulsionar a demanda ao invés de substituir produtos primários. Elia *et al.* (2017) identificam uma lacuna nas ferramentas atuais para medir a circularidade de forma abrangente e propõem um *framework* teórico que auxilia na escolha de metodologias apropriadas para diferentes níveis de análise (macro, meso e micro), promovendo uma avaliação mais precisa dos impactos da EC.

No nível empresarial, a economia circular pode ser promovida através de Sistemas Produto-Serviço (PSS), que substituem a posse pela utilização, reduzindo o impacto ambiental e prolongando a vida útil dos produtos (Tukker, 2015). No entanto, enquanto essa estratégia tem maior aceitação em ambientes B2B, enfrenta desafios no mercado B2C, cuja preferência pela posse persiste como barreira cultural.

Lewandowski observa também que modelos de negócios circulares exigem conhecimentos específicos e incentivos econômicos para facilitar a transição, assim, a implementação da EC em empresas depende de modelos de negócios adaptáveis. Lewandowski (2016) aponta que um modelo de negócios circular bem-sucedido requer conhecimentos específicos e incentivos econômicos que estimulem a transição

Merli, Preziosi e Acampora (2018) acrescentam que a EC, apesar de inicialmente focada em soluções ambientais como o gerenciamento de resíduos, também precisa incorporar aspectos sociais e institucionais, especialmente no desenvolvimento de novos modelos de negócios que integrem os princípios da circularidade. Centobelli *et al.* (2020) reforçam essa

necessidade de uma abordagem circular na modelagem de negócios e destacam a falta de pesquisas sobre o alinhamento das operações empresariais com os princípios da EC, ressaltando a importância de uma agenda científica consistente para aprofundar esse alinhamento.

Ferramentas de análise, como a Avaliação do Ciclo de Vida (LCA) e o Modelo de Razão de Valor Eco-Custo (EVR), são recomendadas por Ghisellini, Cialani e Ulgiati (2016) e Scheepens, Vogtländer e Brezet (2016) para mensurar o impacto ambiental de práticas circulares. Além disso, Lewandowski (2016) enfatiza que modelos de negócios circulares exigem conhecimentos especializados e incentivos econômicos para facilitar sua transição.

Embora a economia circular ofereça benefícios ambientais, Geissdoerfer *et al.*, (2017) alertam para a necessidade de distinguir claramente as estratégias de circularidade e sustentabilidade, considerando que nem todas as práticas circulares abrangem dimensões sociais robustas. Sauvé, Bernard e Sloan (2016) e Moreau *et al.* (2017) também discutem a necessidade de uma abordagem interdisciplinar e de políticas inclusivas para alcançar um impacto mais equilibrado e sustentável.

Kirchherr, Reike e Hekkert (2017) e Murray, Skene e Haynes (2017) criticam a simplificação excessiva da economia circular, enfatizando a importância de uma transformação sistêmica. A evolução do conceito, discutida por Reike, Vermeulen e Witjes (2018), aborda práticas regenerativas e sugere os 10Rs como diretrizes para retenção de valor em ciclos curtos. Embora a economia circular apresente vantagens ambientais significativas, sua eficácia está condicionada à implementação apropriada e aos incentivos que asseguram que seus benefícios se traduzam em práticas economicamente viáveis e socialmente inclusivas.

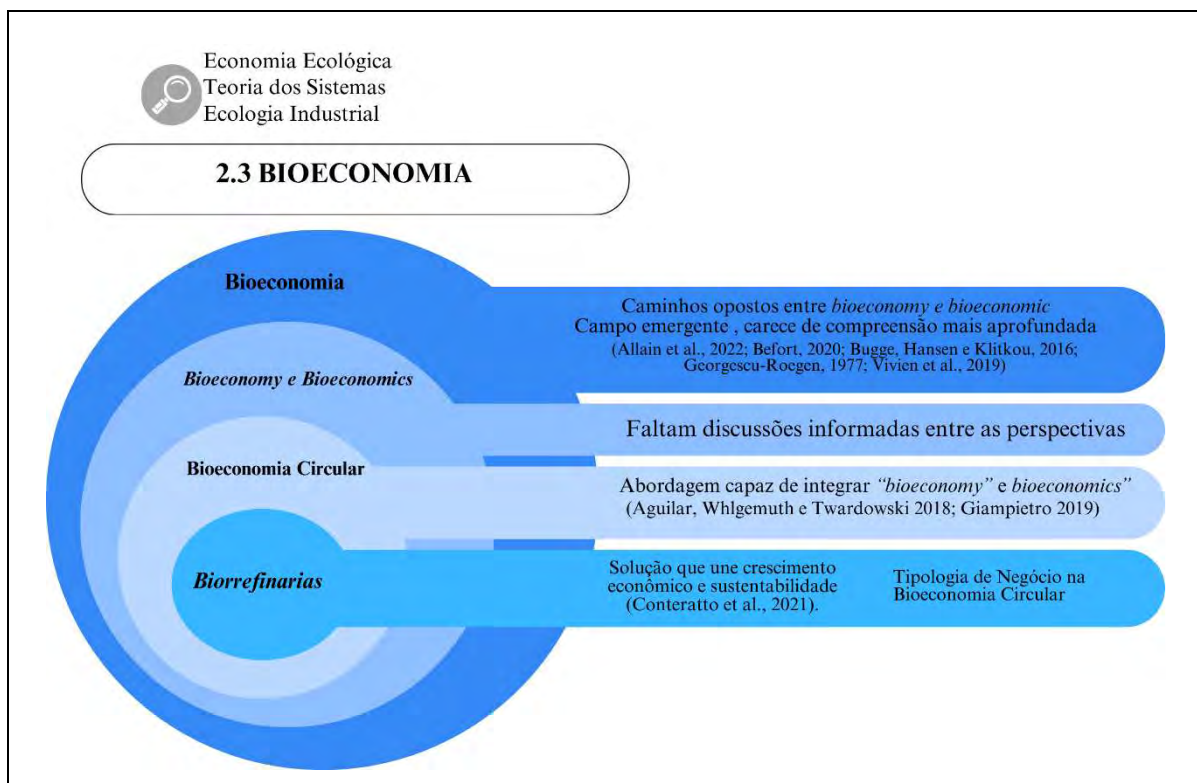
A Economia Circular oferece uma estrutura inovadora para repensar o uso de recursos, promovendo práticas que visam a redução de desperdícios e a extensão do ciclo de vida dos materiais. No entanto, sua implementação enfrenta desafios práticos, como o risco de aumento no consumo e a dependência de fontes não renováveis, que limitam seu potencial transformador. As críticas ressaltam a necessidade de uma abordagem mais integrada e realista, que leve em conta também as dimensões sociais e os limites tecnológicos atuais. Assim, embora promissora, a Economia Circular ainda precisa de ajustes e incentivos específicos para se consolidar como uma alternativa viável e abrangente de sustentabilidade.

No item 2.3 é apresentada a Bioeconomia e seu alinhamento com a ideia de circularidade com abordagens que se baseiam no uso de recursos biológicos renováveis e que buscam integrar considerações ambientais e econômicas de forma mais alinhada à regeneração ecológica e inovação sustentável.

2.3 BIOECONOMIA

No Quadro Resumo 3 é apresentada uma síntese das tratativas centrais da seção Bioeconomia.

Quadro Resumo 3 – Síntese do Referencial Teórico sobre Bioeconomia.



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (2024)

Em português *bioeconomics* e *bioeconomy* são termos frequentemente tratados como sinônimos, mas suas distinções conceituais são importantes para este estudo. Allain, Ruault, Moraine e Madelrieux (2022), argumentam que a *bioeconomy*, resultante de direcionadores de políticas, foi apresentada como um novo setor econômico, que por sua vez, ignora elementos centrais do pensamento econômico científico *bioeconomics* iniciado por Georgescu-Roegen.

Georgescu-Roegen (1975), questionou concepções convencionais sobre a relação entre energia e economia, argumentando que a energia desempenha um papel fundamental em todos os processos econômicos (produção, consumo, manutenção da vida humana em geral). O autor destaca que a energia é necessária para extrair e transformar recursos naturais, produzir bens e serviços, e dissipar a entropia resultante desses processos (Georgescu-Roegen, 1975).

Ao considerar a economia como um subsistema da biosfera, Georgescu-Roegen (1977) apresentou um "*Bioeconomic Viewpoint*", questionando os fundamentos da economia tradicional, destacando a importância dos recursos naturais e do meio ambiente na análise

econômica. Para Georgescu-Roegen, a economia baseada no crescimento ilimitado e na alocação eficiente de recursos, não é sustentável a longo prazo, porque essa economia depende de recursos naturais finitos disponíveis no planeta e a exploração excessiva desses recursos pode levar a consequências negativas, como o seu esgotamento, degradação ambiental e mudanças climáticas (Georgescu-Roegen, 1977).

Bugge, Hansen e Klitkou (2016) analisaram três visões principais da bioeconomia. A primeira, Visão Biotecnológica, foca no papel da biotecnologia para fomentar o crescimento econômico e a criação de empregos, promovendo a aplicação comercial de pesquisas biotecnológicas. A segunda, a Visão dos Bio-recursos, centra-se na utilização e conversão de recursos biológicos para o desenvolvimento de novos produtos, como na agricultura e na bioenergia, mas prioriza a eficiência de biomassa sobre a sustentabilidade ambiental. A terceira, a Visão Bioecológica, orientada para a conservação ambiental, enfatiza práticas que promovem a biodiversidade e a preservação dos ecossistemas, favorecendo modelos de produção circular e autossuficientes.

Essas visões apresentam a bioeconomia como um campo interdisciplinar e multifacetado, com diferentes abordagens e ênfases. Bugge, Hansen e Klitkou (2016) argumentam que, apesar de distintas, elas se complementam ao destacar o potencial da bioeconomia para inovação e desenvolvimento econômico.

Vivien *et al.*, (2019) discutiram a evolução do conceito de bioeconomia, identificando três narrativas principais: uma narrativa ecológica baseada nos limites da biosfera, uma narrativa centrada na biotecnologia e uma terceira narrativa que valoriza a biomassa como recurso. A bioeconomia focada nos limites da biosfera, inspirada em Georgescu-Roegen, propõe uma economia que respeite os limites naturais e sugere o decrescimento como alternativa ao consumo descontrolado. Em contraste, a bioeconomia biotecnológica, promovida por instituições como a OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), apresenta-se como uma economia de conhecimento impulsionada pela inovação científica e biotecnológica, visando resolver desafios de produção e sustentabilidade. Já a bioeconomia de biomassa, predominante na União Europeia, aposta na transformação de biomassa para substituir combustíveis fósseis, mas enfrenta desafios como a competição por terras e práticas de *greenwashing*.

Befort (2020) analisou as diferenças entre *bioeconomy* e *bioeconomics*, onde a primeira refere-se a um modelo econômico que utiliza recursos biológicos renováveis para substituir recursos fósseis, enquanto a segunda enfatiza os limites ecológicos e a necessidade de conservar os recursos naturais. Para Befort (2020), a *bioeconomy* está associada à inovação

tecnológica e à transformação de biomassa em bens de consumo e energia, com foco no crescimento sustentável. Em contraste, a *bioeconomics* questiona o crescimento econômico constante e propõe um modelo de economia que respeite os ciclos naturais e limite a exploração de recursos.

Conteratto *et al.*, (2021) também distinguiram *bioeconomy* e *bioeconomics*. Para esses autores *bioeconomy* é uma prática que utiliza biomassa e biotecnologia para estimular o crescimento econômico com base em recursos renováveis, enquanto a *bioeconomics* defende o desenvolvimento econômico dentro dos limites da natureza. Segundo os autores, uma bioeconomia sustentável deve integrar essas abordagens para equilibrar crescimento e preservação ecológica.

Allain *et al.*, (2022) exploraram o debate sobre *bioeconomy* e *bioeconomics*, discutindo as divergências em torno da transição para uma economia baseada em biomassa. Para esses autores, a *bioeconomy* é incentivada por políticas públicas e visa promover o crescimento econômico por meio de biotecnologias, mas a *bioeconomics* ressalta a importância de respeitar os limites ecológicos e de uma mudança nos valores sociais. Os autores argumentam que uma transição sustentável exige uma perspectiva de sustentabilidade que vá além de soluções tecnológicas e integre um compromisso com a regeneração ecológica.

A bioeconomia circular, conforme Befort (2020), emerge como uma abordagem capaz de incorporar as dimensões *bioeconomy* e *bioeconomics*. Ao combinar a inovação tecnológica com práticas que respeitam os limites ecológicos, a bioeconomia circular é apresentada como a abordagem para equilibrar esses objetivos, mas exige políticas integradas e a superação de barreiras estruturais e organizacionais. Nesse contexto, Befort (2020), defende que as biorrefinarias são vistas como um ponto de convergência, mas sua viabilidade depende de avanços em sustentabilidade e eficiência, ressaltando a importância de novas pesquisas para guiar a transição da bioeconomia para modelos mais sustentáveis e inclusivos.

2.3.1 Bioeconomia Circular

O conceito de bioeconomia circular, segundo Aguilar, Whlgemuth e Twardowski (2018), representa uma convergência entre a bioeconomia e a economia circular, promovendo um modelo de produção que combina sustentabilidade com inovação tecnológica. Para esses autores, a bioeconomia circular depende de colaboração entre ciência, tecnologia e sociedade, sendo uma estratégia globalmente adaptável às necessidades ambientais e políticas de cada região. Aguilar *et al.*, (2018) enfatizam que o avanço da bioeconomia requer um equilíbrio

entre inovação científica e aceitação social, de maneira que a transformação do conhecimento científico represente soluções práticas que beneficiem a sociedade e o meio ambiente.

Em contraste, Giampietro (2019) questionou a viabilidade da bioeconomia circular, destacando as limitações biofísicas do planeta. Ele argumenta que os sistemas humanos e naturais operam com ritmos e densidades de fluxo distintos, dificultando que a natureza acompanhe a demanda produtiva da economia industrial. Dessa forma, Giampietro sugere que as políticas de bioeconomia circular devem respeitar os limites biofísicos e a capacidade regenerativa dos ecossistemas para evitar sua degradação.

Allain *et al.*, (2022) descreveram a bioeconomia circular como uma extensão da *bioeconomy*, incorporando princípios de reciclagem e reutilização de materiais biológicos. No entanto, os autores alertam que a dependência de recursos biológicos para sustentar a produtividade industrial pode intensificar o esgotamento dos ecossistemas. De acordo com Allain *et al.*, (2022) a análise da bioeconomia circular, baseada na reciclagem e reutilização de materiais biológicos, pode sobrecarregar os sistemas naturais, o que demanda uma abordagem que respeite a capacidade regenerativa dos ecossistemas.

Kardung *et al.*, (2021) compartilham dessa visão, interpretando a bioeconomia circular como uma resposta à mudança climática e uma estratégia para reduzir a dependência de combustíveis fósseis. No contexto europeu, Kardung *et al.*, (2021) descreveram a bioeconomia circular como uma estratégia para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e otimizar o uso de recursos biológicos, destacando que sua consolidação requer uma combinação de investimentos, políticas de incentivo e desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade.

Giampietro (2019b) adiciona uma crítica importante, apontando que o conceito de bioeconomia circular, amplamente promovido por narrativas tecnológicas, frequentemente desconsidera as restrições impostas pela termodinâmica e a limitação dos sistemas naturais em sustentar o ritmo de produção e consumo da economia industrial moderna. Ele propõe um modelo que distingue fluxos primários, secundários e terciários de recursos, limitando as intervenções humanas para evitar o esgotamento e a degradação dos recursos.

Para exemplificar a bioeconomia circular, Conteratto *et al.* (2021, 2022) apresentaram as biorrefinarias, como meio de maximizar a utilização de biomassa e minimizar a produção de resíduos. De acordo com os autores, essa abordagem é particularmente relevante para o agronegócio brasileiro, pois possibilita o desenvolvimento de bioprodutos que atendem às demandas ambientais e econômicas locais. Conteratto *et al.*, (2021) propôs uma atualização para o conceito de biorrefinaria, definindo-a como um processo físico, químico ou biológico que transforma elementos biológicos em produtos de maior valor. Essa abordagem reflete a

diversidade dos recursos biológicos e está alinhada com a bioeconomia circular, promovendo o uso sustentável da biomassa.

2.3.2 *Perspectivas concorrentes da Bioeconomia*

A Bioeconomia apresenta duas perspectivas concorrentes. Na vertente *bioeconomy*, é priorizada a orientação de mercado, na qual o crescimento econômico baseado em biomassa é impulsionado pela inovação biotecnológica. (Befort, 2020; Conteratto et al., 2021). Já na perspectiva *bioeconomics* são reivindicados os pressupostos de Georgescu Roegen, para uma economia baseada com limites da biosfera e no respeito a capacidade regenerativa dos ecossistemas naturais (Georgescu-Roegen, 1977; Allain et al., 2022).

Por sua vez, a Bioeconomia Circular representa uma abordagem intermediária, por meio da qual se propõe a convergência entre inovação tecnológica e utilização informada dos recursos biológicos. Assim, ao combinar aspectos tanto da *bioeconomy* quanto da *bioeconomics*, a bioeconomia circular que as inovações biotecnológicas ampliem a compreensão dos ciclos naturais, criando um sistema produtivo mais regenerativo (Aguilar, Whlgemuth e Twardowski, 2018).

Embora promissora, a bioeconomia circular ainda enfrenta o desafio de harmonizar o crescimento econômico com a conservação ambiental, exigindo uma regulação que monitore a sobrecarga dos ecossistemas e promova a reciclagem e reutilização de materiais biológicos de forma equilibrada (Giampietro, 2019; Kardung et al., 2021).

Na representação prática da bioeconomia circular, as biorrefinarias naturais ou de base biológica, são entendidas como empreendimentos que utilizam tecnologias naturais como meio de conversão de resíduos (Aguilar, Whlgemuth e Twardowski, 2018; Conteratto et al., 2021).

Nesta perspectiva, as biorrefinarias de base biológica exemplificam esse meio-termo, ao possibilitarem a transformação de biomassa em subprodutos com alto valor agregado, ao mesmo tempo em minimizam os resíduos buscando equilibrar demandas de crescimento com preservação ecológica (Conteratto et al., 2021; Kardung et al., 2021).

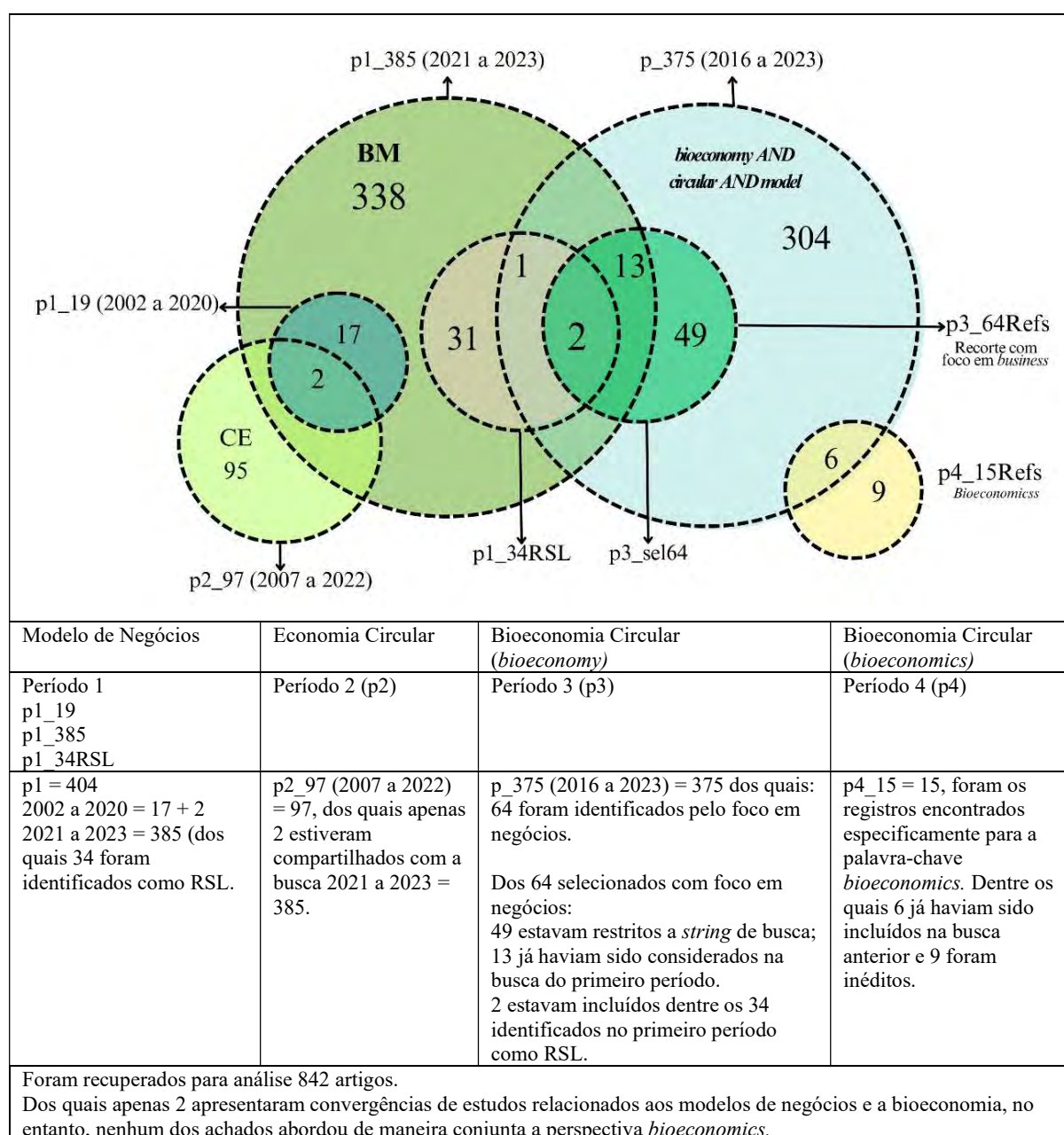
3. PROCEDIMENTOS E MÉTODOS

Esta seção apresenta os procedimentos e métodos da pesquisa. Foram empregadas técnicas de bibliometria e de Revisão Sistemática de Literatura. Os resultados da pesquisa são apresentados por meio de uma abordagem qualitativa.

3.1 ESTRATÉGIA DE COLETA DE DADOS

Foram realizadas 4 buscas distintas para as temáticas centrais da tese, de modo que foram recuperados e analisados 842 artigos, conforme representado na Figura 3.

Figura 3 – Ilustração dos artigos recuperados para análise



Fonte: Dados da Pesquisa

Em relação especificamente as buscas: a primeira foi com foco nos modelos de negócios; b) a segunda com foco na economia circular; c) a terceira com foco na bioeconomia (*bioeconomy*); e, d) a quarta com foco na bioeconomia (*bioeconomics*). A terceira e a quarta busca foram acompanhadas pelas *strings circular e model* com intuito de aproximar os achados com tratativas de circularidade em modelos específicos. A seguir são detalhadas as etapas de coleta para cada período mencionado.

3.1.1 Coleta de dados sobre Modelos de Negócios

Foram criados e analisados dois bancos de dados para os artigos científicos sobre o tema modelo de negócios. Esse procedimento foi adotado devido à elevada quantidade de publicações no campo. A partir de técnicas de análise bibliométricas foram criados dois bancos de dados para mapear o campo de estudos sobre modelos de negócios. É importante destacar que o segundo banco de dados, foi gerado somente após a análise de conteúdo dos artigos do primeiro banco de dados.

Os documentos alocados no primeiro banco de dados, foram coletados em duas etapas, assim contemplaram registros das bases de dados Scopus® e Web of Science® e totalizaram 19 registros (17 artigos da busca Scopus® por relevância de documento e 2 registros da busca na Wos®, dentre os dez mais citados que não apareceram na Scopus® na busca anterior). Os termos utilizados na busca foram *business model** restrito ao título dos documentos.

Os 19 documentos completos foram localizados, indexados no gerenciador de referências Zotero®. Em seguida foi realizada a análise de conteúdo desses documentos por meio do software de análises qualitativas NVivo®, versão 2024. O critério de codificação utilizado como protocolo de revisão, buscou identificar: a) objetivos; b) métodos utilizados; c) principais resultados e, d) conclusões, em cada um dos registros.

De acordo com as tratativas centrais de cada artigo, os documentos foram distribuídos em três clusters: *Cluster 1 – Modelos de Negócios (Business Model -BM)*; *Cluster 2 – Modelo de Negócios Sustentável (Sustainable Business Model – SBM)*; e, *Cluster 3 – Modelos de Negócios Circulares (Circular Business Model – CBM)*.

3.1.1.1 Modelo de Negócio - Etapa 1 de 2: Coleta do Banco de dados p1_19

Os dados iniciais foram coletados por meio do base de dados Scopus®, a partir do descritor *business model** restrito ao título dos documentos. Foram resgatados 5.276 documentos. Aos quais aplicou-se critérios de exclusão, para documentos repetidos, e com informações de DOI e resumo faltantes. Restaram 4.582 registros. Esses registros foram analisados por meio de bibliometria, utilizando-se o *Software Rstudio*, versão R 4.3.1 e o *Bibliometrix*, versão 4.1, com auxílio da *interface* gráfica *Biblioshiny*. As informações gerais dos dados coletados, extraídos pelo software são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Informações gerais dos dados sobre modelo de negócios para p1_19

Informação	Descrição	Resultados
Informações principais sobre dados	Intervalo de tempo dos documentos	1972 a 2023
	Periódicos	1.451
	Documentos	4.582
	Taxa de crescimento anual (%)	12,17 %
	Idade Média do Documento	5,5
	Média de citações por documento	38,03
	Referências	Não incluídas na análise
Conteúdo do Documento	Mais palavras-chave (ID)	13.715
	Palavras-chave do autor (DE)	11.454
Autoria	Autores	10.152
	Autores de documentos de autoria única	631
Colaboração dos Autores	Documentos de autoria única	695
	Co-autores por documento	2,95
	% de coautorias internacionais	29,33 %
Tipo de documento	Artigo	4.302
	Revisão	280

Fonte: dados da pesquisa, 2023, gerado no biblioshiny.

Ainda nesta etapa foram coletados dados a respeito dos principais periódicos, autores e documentos. Foram mapeados 1.451 *journals*, por meio do Quadro 3 é apresentado o ranqueamento dos 10 periódicos com maior número de artigos publicados.

Quadro 3 – Periódicos com maior número de artigos publicados sobre Modelo de Negócios

Nome do Periódico	Nº artigos	ISSN
<i>Sustainability (Switzerland)</i>	268	20711050
<i>Journal Of Cleaner Production</i>	217	09596526
<i>Journal Of Business Research</i>	83	01482963
<i>Technological Forecasting And Social Change</i>	74	00401625
<i>Long Range Planning</i>	64	00246301
<i>Business Strategy And The Environment</i>	52	09644733
<i>Energy Policy</i>	49	03014215
<i>Industrial Marketing Management</i>	46	00198501
<i>Energies</i>	46	19961073
<i>International Journal Of Innovation Management</i>	44	13639196

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Em relação a quantidade de artigos publicados, as revistas científicas *Sustainability* e *Journal Of Cleaner Production* foram os periódicos com maior número de publicações, com respectivamente 268 e 2017 artigos, ambos os periódicos possuem escopo interdisciplinar. Em seguida o *Journal Of Business Research*, apareceu com 74 registros.

Em relação à autoria o Quadro 4 apresenta o ranqueamento dos autores com maior número de participação em artigos publicados.

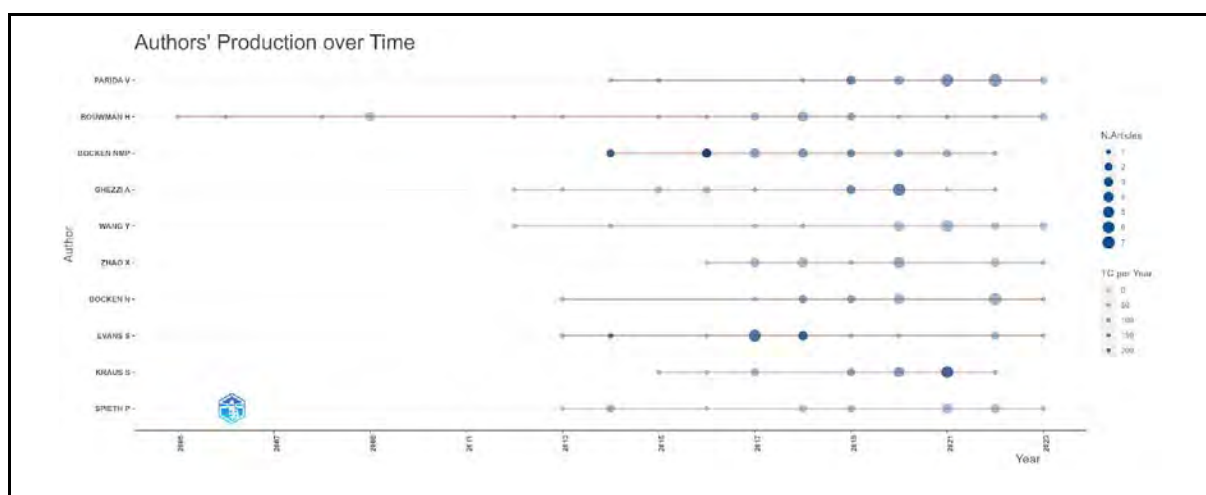
Quadro 4 – Autores com maior indicação de participação em artigos sobre Modelo de Negócios

Autor	Participação em nº de Artigos	Fracionado ao longo dos anos
Parida V	24	6,37
Bouwman H	23	6,98
Bocken NPM	19	6,03
Ghezzi A	19	6,77
Wang Y	18	6,05
Zhao X	18	5,20
Bocken N	17	5,16
Evans S	17	4,49
Kraus S	17	4,35
Spiehl P	16	5,50

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Já na Figura 4 podem ser observadas as autorias e a evolução de suas publicações ao longo dos anos, o que indica m quadro evolutivo tanto em relevância quanto em maturidade desses cientistas para o tema em questão.

Figura 4 – Produção científica por autor ao longo dos anos



Fonte: dados da pesquisa, 2023, gerado no biblioshiny.

Os artigos resgatados nesta etapa resultaram no banco de dados p1_19. A partir desses achados foi criado um banco de dados, formado por 17 artigos. Os critérios de seleção desses documentos foram automatizados diretamente pelo bibliometrix, assim, foram incluídos os

artigos dos autores mais relevantes ao longo do tempo e os artigos com maior número de citações.

Mais dois documentos considerados seminais foram recuperados a partir desses 17 documentos iniciais, totalizando 19 documentos neste período. Esse conjunto de documentos foi codificado como p1_19 e contemplou artigos publicados de 2002 até 2020. A lista dos dados coletados nesta etapa é apresentada na Figura 5.

Figura 5 – Registros completos anexados no Zotero p1_19

Título	Autor	Ano	Título da publicação
The role of the business model in capturing value from innovation: evidence fro...	Chesbrough e Rosenbloom	2002	Industrial and Corporate Change
The entrepreneur's business model: toward a unified perspective	Morris et al.	2005	Journal of Business Research
From Strategy to Business Models and onto Tactics	Casadesus-Masanell e Ricart	2010	Long Range Planning
Business model innovation: Opportunities and barriers	Chesbrough	2010	Long Range Planning
Business Models, Business Strategy and Innovation	Teece	2010	Long Range Planning
Business Model Design: An Activity System Perspective	Zott e Amit	2010	Long Range Planning
The Business Model: Recent Developments and Future Research	Zott et al.	2011	Journal of Management
Business models for sustainable innovation: state-of-the-art and steps towards a ...	Boons e Lüdeke-Freund	2013	Journal of Cleaner Production
A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes	Bocken et al.	2014	Journal of Cleaner Production
Product design and business model strategies for a circular economy	Bocken et al.	2016	Journal of Industrial and Production En...
Business Model Innovation for Sustainability: Towards a Unified Perspective for C...	Evans et al.	2017	Business Strategy and the Environment
Fifteen Years of Research on Business Model Innovation: How Far Have We Come,...	Foss e Saebi	2017	Journal of Management
A Critical Assessment of Business Model Research	Massa et al.	2017	Academy of Management Annals
Business models and supply chains for the circular economy	Geissdoerfer et al.	2018	Journal of Cleaner Production
Sustainable business model innovation: A review	Geissdoerfer et al.	2018	Journal of Cleaner Production
Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of produ...	Frank et al.	2019	Technological Forecasting and Social C...
Digital servitization business models in ecosystems: A theory of the firm	Kohtamäki et al.	2019	Journal of Business Research
A Review and Typology of Circular Economy Business Model Patterns	Lüdeke-Freund et al.	2019	Journal of Industrial Ecology
Agile Business Model Innovation in Digital Entrepreneurship: Lean Startup Appro...	Ghezzi e Cavallo	2020	Journal of Business Research

Fonte: dados da pesquisa (2024).

Realizada a análise de conteúdo e clusterização dos documentos relacionados ao primeiro banco de dados, os temas centrais foram categorizados em três grandes grupos. No primeiro grupo, foram observados documentos relacionados ao Modelo de Negócio (*Business Model – BM*), enquanto ferramenta de gestão estratégica para aumentar o valor das empresas. No segundo agrupamento, o *cluster* Modelo de Negócios Sustentáveis (*Sustainable Business Model – SBM*), a transição para as tratativas relacionadas à ideia de sustentabilidade econômica, social e ambiental. Já no agrupamento (*Circular Business Model – CBM*), percebeu-se uma aproximação das temáticas relacionando modelos de negócios e economia circular. Desta maneira o conjunto p1_19 constitui a base conceitual das pesquisas sobre modelos de negócios.

3.1.1.2 Modelo de Negócio - Etapa 2 de 2, parte 1: Coleta do Banco de dados p1_385

Como os dados da Etapa 1, integraram artigos até ano de 2020, o banco de dados da segunda parte, incluiu às publicações iniciando em 2021. Os artigos foram recuperados por

meio da base Web Of Science®, devido a indexação do referencial citato nos artigos, os quais não era possível recuperar com a base Scopus®. Foi utilizado o descritor *business model** restrito ao título dos documentos, delimitado ao período de 2021 até 2023, foram recuperados 2.146 registros. Esses registros foram analisados com auxílio *Software Rstudio* (versão R 4.3.1), do pacote *Bibliometrix* (versão 4.1), por meio da *interface* gráfica *Biblioshiny*. Os dados obtidos nesse processo são apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 – Informações gerais dos dados sobre modelo de negócios para 2.146 registros

Informação	Descrição	Resultados
Informações principais sobre dados	Intervalo de tempo dos documentos	2021 a 2023
	Periódicos	789
	Documentos	2.146
	Taxa de crescimento anual (%)	4,61 %
	Idade Média do Documento	1,97
	Média de citações por documento	10,67
	Referências	99.726
Conteúdo do Documento	Mais palavras-chave (ID)	3.771
	Palavras-chave do autor (DE)	6.694
Autoria	Autores	6.585
	Autores de documentos de autoria única	206
Colaboração dos Autores	Documentos de autoria única	213
	Co-autores por documento	3,61
	% de coautorias internacionais	33,22 %
Tipo de documento	Artigo	2.000
	Revisão	146

Fonte: dados da pesquisa, 2024, gerado no biblioshiny.

Foram mapeadas 6.694 palavras-chave indicadas pelos autores. Para averiguar o alinhamento da pesquisa, com os *clusters BM, SBM e CBM*, mapeados no conjunto p1_19, foi gerada, no *bibliometrix*, uma nuvem de palavras dos autores. Conforme ilustrado na Figura 6, os termos apresentaram alinhamento aos três *clusters* já identificados.

Figura 6 – Nuvem de palavras-chave dos autores (2.146 registros, 2021 a 2023)



Fonte: Dados da pesquisa, imagem gerada no Biblioshiny

A frequência e a relevância dos termos que apareceram no conjunto de documentos indicam encaminhamentos dos estudos sobre modelos de negócios, em torno de temáticas tais como sustentabilidade, inovação e economia circular. De maneira geral, o termo *Sustainable Development* (Desenvolvimento Sustentável) foi um dos mais destacados, sugerindo que a sustentabilidade e desenvolvimento sustentável são temas centrais nas discussões dos artigos levantados. O termo *Circular Economy* (Economia Circular), reflete a ênfase em modelos de negócios que priorizam a reutilização de recursos, minimização de resíduos e a eficiência no uso de materiais e energia. *Sustainable Business Model* (Modelo de Negócio Sustentável), sugere que há a integração de critérios de sustentabilidade em seus modelos de negócios. *Innovation* (inovação) aparece como um vetor para adaptação de modelos de negócios às mudanças de mercado, assim como termos relacionados à tecnologias digitais, representadas por descritores como *Digital Transformation* (transformação digital), *Artificial Intelligence* (Inteligência Artificial), *Machine Learning* (Aprendizado de Máquina) e *Blockchain*.

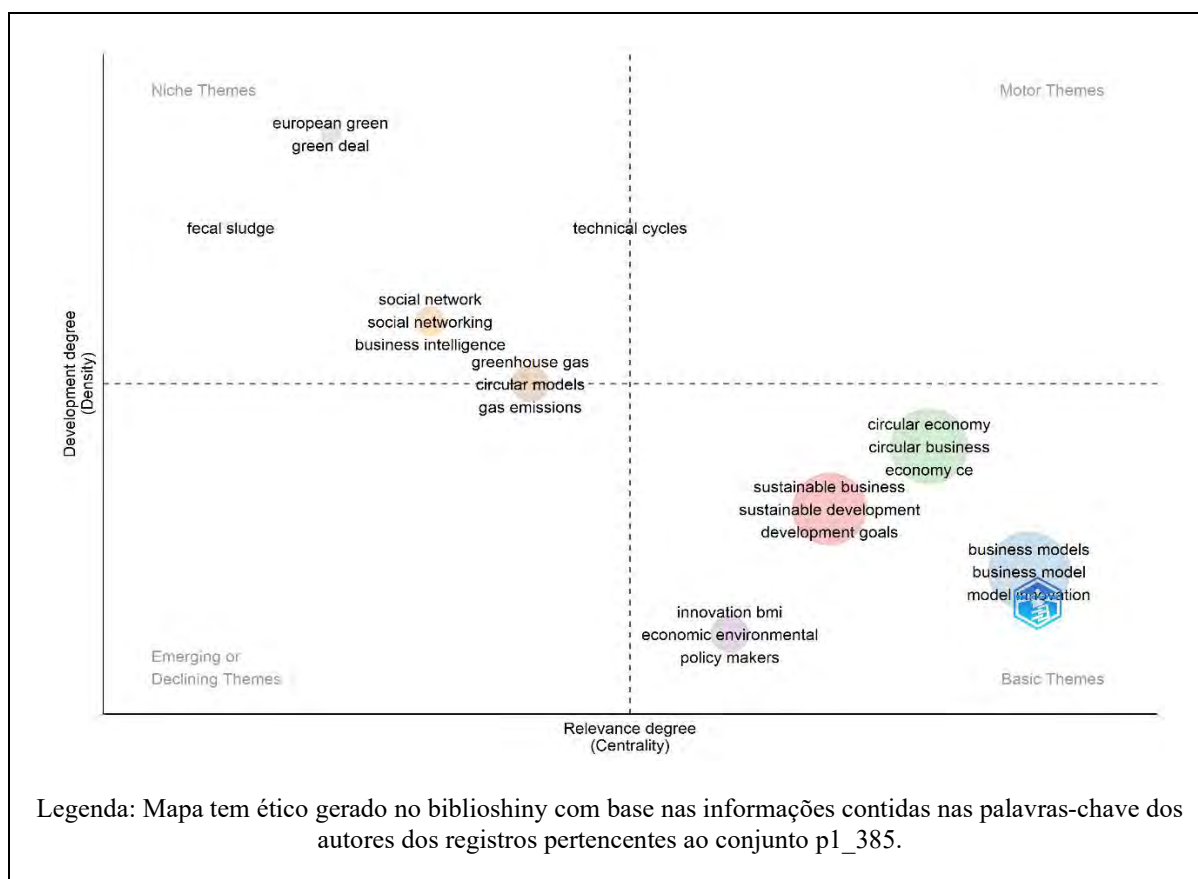
Foram observados encaminhamentos modestos de pesquisa sobre modelos de negócios para o campo da bioeconomia (que é o elemento chave desta tese), a partir de termos emergentes como *Energy Transition* (Transição Energética) e *Electric Vehicles* (Veículos

	Taxa de crescimento anual (%)	5,49 %
	Idade Média do Documento	1,96
	Média de citações por documento	9,416
	Referências	20.232
Conteúdo do Documento	Mais palavras-chave (ID)	815
	Palavras-chave do autor (DE)	1.278
Autoria	Autores	1.153
	Autores de documentos de autoria única	26
Colaboração dos Autores	Documentos de autoria única	27
	Co-autores por documento	3,38
	% de coautorias internacionais	34,03%
Tipo de documento	Artigo	338
	Revisão	47

Fonte: dados da pesquisa, 2024, gerado no biblioshiny.

Considerando os 385 documentos recuperados, os dados foram submetidos a uma análise no Bibliometrix. O mapa temático gerado pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 – Mapa temático dos documentos de p1_385



Fonte: Dados da pesquisa (2024)

3.1.1.3 Modelo de Negócio - Etapa 2 de 2, parte 2: Coleta do Banco de dados p1_34RSL

Já na segunda parte da etapa 2 de 2, foi criado um subconjunto de artigos composto pelo recorte de 34 registros classificados como Revisões Sistemáticas de Literatura. Esse

conjunto foi nomeado como p1_34RSL (foi realizada uma revisão de escopo utilizando o protocolo prisma para revisões de escopo). A seleção das Revisões Sistemáticas foi realizada a partir dos registros do conjunto p1_385.

Em relação a Revisão Sistemática de Literatura, optou-se pelo emprego da revisão de escopo (*Scoping Reviews*), que são revisões sistemáticas com propósito mapear evidências, identificar lacunas e sintetizar o conhecimento existente sobre um tema, permitindo a inclusão de múltiplas fontes de evidências sem avaliação de viés (Tricco *et al.*, 2018). Foram realizadas 4 revisões de escopo durante o processo de pesquisa, todas foram conduzidas a partir das diretrizes PRISMA-ScR. De acordo com Tricco *et al.*, (2018), este é o protocolo adequado, pois foi desenvolvido para guiar esse tipo específico de revisão. Se trata de um *checklist* composto por 20 itens, para garantir a transparência e reprodutibilidade dessas revisões (Tricco *et al.*, 2018).

3.2 ABORDAGEM DA PESQUISA

Esta pesquisa possui abordagem quantitativa e qualitativa. Na etapa quantitativa foram empregadas técnicas de investigação e análise bibliométricas, para auxiliar no mapeamento dos campos de pesquisa, seguindo as orientações de Aria e Cuccurullo (2017), com auxílio de *software Bibliometrix*, nesta etapa o método aplicado é o indutivo, pois há a identificação de relações emergentes. Já na etapa qualitativa, foram realizadas revisões de Escopo (*Scoping Reviews*), utilizando-se métodos indutivos e dedutivos, os quais Tricco *et al.*, (2018) são condizentes com este tipo de revisão.

3.3 MÉTODOS DEDUTIVO E INDUTIVO

Nesta investigação, foram utilizados métodos indutivos e dedutivos. O que de acordo com Bandara *et al.* (2015) é um procedimento com aplicação frequente em pesquisas qualitativas realizadas com auxílio de *softwares* como o NVivo. De acordo com Tricco *et al.*, (2018) ambos os métodos costumam ser aplicados em revisões de escopo. Desta maneira, por meio do método indutivo, os dados extraídos das bases de dados foram analisados de maneira exploratória, sem a aplicação de categorias pré-estabelecidas. Assim, foi empregada uma codificação aberta, na qual foi aplicada uma análise exploratória, para identificar padrões a partir dos resultados. Esse procedimento permitiu a identificação de categorias que emergiram do campo de pesquisa. Identificadas as categorias que emergiram do campo, foi empregado o

método dedutivo. Assim, os dados foram codificados de maneira dedutiva para cada uma das categorias.

3.4 ESTRATÉGIA DE TABULAÇÃO E AGRUPAMENTO DOS DADOS

A estratégia de tabulação e agrupamento dos dados foi realizada com auxílio dos softwares, Bibliometrix, Zotero e NVivo e Microsoft Excel. Conforme apontado no Quadro 7.

Quadro 7 – Ferramentas utilizadas nas análises

Ferramenta	Etapa
Bibliometrix	Análises bibliométricas, identificação dos registros
Zotero	Gerenciador de referências
Nvivo	Análise qualitativa de conteúdo e codificação dos registros
Excel	Organização dos quadros, tabelas e gráficos

Fonte: Elaborado pela pesquisadora

Com auxílio do bibliometrix foram realizadas análises bibliométricas para mapear o campo de estudos. Os metadados das referências dos registros identificados como de maior relevância no bibliometrix, foram gerenciadas com auxílio do Zotero, após a leitura dos resumos foi realizada a busca dos artigos completos, esses documentos completos em formato PDF foram anexados ao Zotero. Foi então gerado um arquivo ris que foi carregado no NVivo com os documentos completos. De maneira exploratória utilizando-se do método indutivo, esses documentos foram agrupados por similaridade de tratativas. Após realizar o agrupamento, os dados foram conferidos e foi gerada uma matriz de conteúdo. Os documentos previamente revisados por meio do Zotero, foram exportados para o NVivo, com seus respectivos critérios de classificação de referências (Doi, Categoria da WOS, Ano, Palavras-chave dos autores, Palavras-chave de indexação na base de dados, fatores de impacto do periódico [JIF e JCI] e total de citações). Foi utilizado ainda a técnica de fichamento, para auxiliar nos processos de análise.

4 RESULTADOS

São apresentados os resultados da pesquisa. Na seção 4.1 são os resultados relativos à pesquisa sobre o campo dos Modelo de Negócios. Na 4.2 são apresentados os resultados sobre Economia Circular, e na Seção 4.3 são apresentados os resultados da pesquisa sobre bioeconomia com foco em gestão e em biorrefinarias.

4.1 RESULTADOS DA PESQUISA SOBRE OS MODELOS DE NEGÓCIOS

A seguir são apresentados os resultados referentes a análise dos documentos pertencentes aos conjuntos de dados p1_19, p1_385 e p1_34RSL, para a temática dos modelos de negócios.

4.1.1 Resultados gerais referentes ao conteúdo dos artigos do Conjunto de dados p1_19

O ponto inicial dessa tratativa é originário do mapeamento dos 17 estudos previamente capturados a partir da base de dados Scopus®. O Quadro 8 apresenta uma síntese desses achados.

Quadro 8 – Encaminhamento das pesquisas sobre modelos de negócios

Modelos de	Tratativas	Referências
Negócios	Ferramenta para estratégias empresariais e geração de valor, envolvendo visualização dos componentes, fontes de receita, parceiros e inovação.	Chesbrough e Rosenbloom (2002) Morris, Schindehutte e Allen (2005) Casadesus-Masanell e Ricart (2010) Chesbrough (2010) Teece (2010) Zott e Amit (2010) Zott, Amit e Massa (2010) Frank <i>et al.</i> , (2019) Kohtamäki <i>et al.</i> , (2019) Ghezzi e Cavallo (2020)
Negócios Sustentáveis	Abordagem sustentável que incorpora criação e captura de valor monetário e não monetário, alinhada a inovações tecnológicas, sociais, econômicas e ambientais.	Boons e Lüdeke-Freund (2013) Bocken, Short, Rana e Evans (2014) Evans <i>et al.</i> , (2017) Geissdoerfer, Vladimirova e Evans (2018a)
Negócios Circulares	Estratégias para implementação da Economia Circular, focando em reutilização, maximização da vida útil de produtos e gestão de resíduos.	Bocken <i>et al.</i> , (2016) Geissdoerfer <i>et al.</i> , (2018) Lüdeke-Freund, Gold e Bocken (2019)

Fonte: Elaborado pela pesquisadora a partir da revisão de literatura (2023).

Os resultados dessa etapa revelaram o encaminhamento temático dos estudos sobre modelos de negócios em três agrupamentos, sendo o primeiro relacionados puramente à

estratégia de negócios, o segundo a **transição para modelos de negócios sustentáveis** e o terceiro abordando a **transição para modelos de negócios circulares**.

4.1.1.1 Cluster 1 – Modelo de Negócios

No primeiro conjunto de documentos analisados foi possível observar a distinção entre **modelo de negócios e estratégia empresarial**, enfocando a importância do modelo como uma ferramenta para orientar a empresa rumo aos seus objetivos. O modelo de negócio é uma ferramenta representada visualmente com os principais componentes do negócio, assim envolve a explicação de como a firma captura, entrega e cria valor. Já a estratégia é o que guia a empresa no alcance de vantagens competitivas, envolvendo planejamento de longo prazo, diferenciação em relação aos concorrentes, alocação de recursos e identificação de públicos-alvo (Chesbrough e Rosenbloom, 2002; Morris, Schindehutte e Allen, 2005; Casadesus-Masanell e Ricart, 2010; Chesbrough, 2010; Teece, 2010; Zott, Amit e Massa, 2011), permitindo aos gestores planejarem ações para alcançar vantagem competitiva ao longo do tempo. O modelo de negócio é representado por uma estrutura dinâmica que exige ajustes conforme as demandas de mercado sendo particularmente útil para empreendimentos em fases iniciais (Morris, Schindehutte e Allen, 2005; Chesbrough, 2010; Teece, 2010).

A inovação no modelo de negócios foi abordada por Chesbrough (2010), como capaz de promover mudanças significativas na forma como a empresa cria, entrega e captura valor, incluindo reconfiguração de atividades e processos para alcançar novas fontes de vantagem competitiva. De modo que as empresas possam inovar em produtos, serviços e no próprio modelo de negócios.

De acordo com Zott e Amit (2010), ao projetar modelos de negócios é essencial adotar uma abordagem holística, considerando a interconexão dos componentes e seu impacto na criação e captura de valor para os clientes, tanto interna quanto externamente à empresa.

Trabalhos mais recentes dentre os documentos analisados abordaram diferentes aspectos da transformação digital, servitização e modelos de negócios no contexto da Indústria 4.0 e do empreendedorismo digital (Frank *et al.*, 2019; Kohtamäki *et al.*, 2019; Ghezzi e Cavallo, 2020).

Frank *et al.*, (2019) exploram a interseção entre a servitização, que é a mudança de foco de venda de produtos para venda de serviços, e a Indústria 4.0, que consiste na automação e digitalização da manufatura. Analisando como essa convergência afeta a transformação digital de empresas que produzem bens físicos. Em relação ao modelo de negócios, a abordagem

central adotada por Frank *et al.*, (2019) foi a importância da inovação nos modelos de negócios para aproveitar as oportunidades criadas por essa convergência.

Kohtamäki *et al.*, (2019) ampliaram a discussão acerca dos modelos de negócio na servitização digital, defendendo a adoção de uma perspectiva ecossistêmica. Nesse contexto é necessário estudar como as empresas operam dentro de ecossistemas, desenvolvem colaborações e configuram seus modelos de negócios em um ambiente digital em evolução. Os autores, desenvolvem uma teoria da firma que explora como as empresas podem colaborar em ecossistemas para fornecer serviços digitais, destaque para a governança, cooperação e coordenação necessárias para construir e operar esses modelos de negócios.

Ghezzi e Cavallo (2020) abordaram a inovação ágil de modelos de negócios no contexto do empreendedorismo digital, utilizando abordagens do *Lean Startup*. Os autores exploram como as startups digitais podem adotar uma mentalidade enxuta para iterar rapidamente em seus modelos de negócios, testando hipóteses e ajustando suas abordagens com base no feedback do mercado.

Uma síntese com as definições extraída da revisão de literatura para conceituar modelo de negócio é apresentada no Quadro 9.

Quadro 9 – Definições de Modelo de Negócio na literatura revisada

Referência	Modelo de Negócio
Chesbrough e Rosenbloom (2002)	É apresentado como uma ferramenta capaz de auxiliar na definição das estratégias empresariais.
Morris, Schindehutte e Allen (2005)	Se trata de uma representação visual dos principais componentes em uma empresa.
Casadesus-Masanell e Ricart (2010)	É o que indica como a empresa opera, suas fontes de receita, parceiros, canais de distribuição, recursos-chave.
Chesbrough (2010)	Se refere a uma ferramenta prática de visualização que pode ajudar as empresas a compreenderem melhor seus modelos de negócios, auxiliando na identificação de áreas para inovação e exploração de novas oportunidades, bem como na definição de estratégias.
Teece (2010)	Demonstra a forma como uma empresa busca criar valor para seus clientes e, portanto, precisa ser consistente com a estratégia da empresa.
Zott e Amit (2010)	destacaram o modelo de negócios como ferramenta estratégica para a tomada de decisões.
Zott, Amit e Massa (2010)	O modelo de negócios é essencial para a estratégia organizacional, representando a lógica da operação, geração de receita e criação de valor para os stakeholders.
Frank <i>et al.</i> , (2019)	Apresenta a servitização como uma inovação no modelo de negócio. A abordagem central é a importância da inovação nos modelos de negócios para aproveitar as oportunidades criadas pela transformação digital dos modelos de negócios.
Kohtamäki <i>et al.</i> , (2019)	Conjunto de rotinas utilizadas pela empresa para criar, entregar e capturar valor. De maneira abrangente, pode incorporar qualquer variedade de configurações estratégicas

Ghezzi e Cavallo (2020)	Se refere a arquitetura de valor da empresa, que é o modo como a empresa cria valor, entrega esse valor aos seus clientes e os incentiva a pagar, eventualmente convertendo esses pagamentos em lucro.
-------------------------	--

Fonte: Elaborado pela pesquisadora a partir da revisão de literatura (2023).

Os estudos analisados neste grupo de documentos convergem abordagens em relação ao modelo de negócios, estratégia empresarial e inovação. Compartilham a percepção sobre a necessidade em se distinguir o modelo de negócios da estratégia, reconhecendo o modelo de negócio como uma ferramenta que facilita a visualização das estratégias empresariais.

A sustentabilidade, mencionada nos documentos deste grupo remetem a capacidade de manter a empresa ao longo do tempo, portanto, não existe um alinhamento direto ao conceito de desenvolvimento sustentável proposto pelas Nações Unidas nos anos 1970.

4.1.1.2 Cluster 2 – Modelo de Negócios Sustentáveis

Conforme argumentado por Boons e Lüdeke-Freund (2013), embora o modelo de negócios esteja intrinsecamente ligado à inovação de mercado, as pesquisas até então vinham negligenciando as dimensões relacionadas ao desenvolvimento sustentável e ao equilíbrio entre os aspectos econômicos, ambientais e sociais. Desta maneira, a pesquisa passa a convergir com as agendas políticas e para uma efetiva abordagem sistêmica.

Uma abordagem normativa para definir modelos de negócios sustentáveis, foi proposta por Boons e Lüdeke-Freund (2013), de modo que tais modelos representam a maneira pela qual as empresas organizam seus recursos, atividades e parcerias para criar, entregar e capturar valor de forma sustentável. Esses modelos devem considerar simultaneamente, além do aspecto econômico, os impactos sociais e ambientais ocasionados em decorrência de suas operações.

Boons e Lüdeke-Freund (2013) apresentaram uma agenda de pesquisa composta por possíveis abordagens e perspectivas teóricas para modelos de negócios sustentáveis. Uma síntese desses elementos é apresentada no Quadro 10.

Quadro 10 – Abordagens e Perspectivas teóricas para os modelos de negócios sustentáveis

Grupo	Categoria	Características
Abordagens	Integração de Sustentabilidade nos Modelos de Negócios	Buscam incorporar a sustentabilidade como parte essencial na criação de valor a longo prazo
	Inovação Sustentável	Envolve a criação de produtos, serviços e processos com impacto positivo na sociedade e no meio ambiente, enquanto geram valor econômico.
	Colaboração e Parcerias	Exploram modelos baseados em parcerias entre empresas, organizações não governamentais e outras partes interessadas para enfrentar desafios complexos de sustentabilidade.

	Modelos de Negócios Circulares	Enfocam a redução, reutilização e reciclagem de materiais para minimizar impactos ambientais e econômicos.
	Serviços em Vez de Produtos	Empresas oferecem soluções holísticas para atender às necessidades dos clientes, em vez de apenas vender produtos.
Perspectivas teóricas	Economia Circular	Um campo promissor para pesquisas em modelos de negócios sustentáveis, visa a minimização de resíduos e a otimização do uso de recursos.
	Teoria da Inovação	Relevante para entender como a inovação sustentável pode ser incorporada aos modelos de negócios, incluindo o desenvolvimento de produtos e serviços sustentáveis.
	Gestão Estratégica	Examina como as empresas podem obter vantagem competitiva por meio da inovação sustentável e da reconfiguração de seus modelos de negócios.
	Marketing Sustentável	Aborda como as empresas podem posicionar produtos e serviços sustentáveis no mercado, atendendo às demandas dos consumidores conscientes.
	Governança Corporativa	Relevante para avaliar como as empresas podem integrar considerações de sustentabilidade em sua estrutura de tomada de decisões e práticas de gestão

Fonte: Adaptado de Boons e Lüdeke-Freund (2013)

Bocken, Short, Rana e Evans (2014), identificaram e descreveram diferentes tipos de modelos de negócios sustentáveis. Para esses autores, os encaminhamentos necessários para que ocorra uma mudança sistêmica nas instituições, com vistas ao desenvolvimento sustentável incluem oito arquétipos de modelos de negócios voltados à sustentabilidade (incentivar a redução do consumo; maximizar o benefício social e ambiental; incentivar a adoção de atividades de circuitos fechados para evitar desperdícios; enfatizar a entrega de funcionalidades e experiências aos usuários; fornecer experiências de trabalho satisfatórias; incentivar ambientes de colaboração e compartilhamento). Uma síntese com as descrições desses arquétipos é apresentada no Quadro 11.

Quadro 11 – Arquétipos de modelos de negócios voltados à sustentabilidade

Grupo	Arquétipo	Descrição das Características
Tecnológico	Maximização da eficiência de materiais e energia (<i>Maximize material and energy efficiency</i>)	Busca minimizar o uso de recursos materiais e energéticos ao longo do ciclo de vida do produto ou serviço. Pode ser o uso eficiente de matérias-primas, processos de produção de baixo impacto e tecnologias que economizam energia.
	Criação de valor a partir de resíduos (<i>Create value from waste</i>)	Visa a transformação de resíduos ou subprodutos em recursos valiosos, onde os resíduos são convertidos em novos produtos de maior valor. Pode ser realizado por meio de reciclagem, reutilização ou <i>upcycling</i> .
	Substitutos com processos renováveis e naturais (<i>Substitute with renewables and natural processes</i>)	Consiste em substituir recursos não renováveis por fontes de energia e materiais renováveis. Pode ser o uso de energia solar, eólica, biomassa e outros recursos naturais em vez de depender de combustíveis fósseis e outros recursos esgotáveis.
Social	Entregar funcionalidade, em vez de propriedade	O foco muda da venda de produtos para a oferta de serviços ou soluções que atendam às necessidades dos clientes.

	<i>(Deliver functionality, rather than ownership)</i>	Neste caso, em vez de comprar um produto, os clientes pagam pelo uso ou pelo resultado que o produto oferece.
	Adotar um papel de responsabilidade <i>(Adopt a stewardship role)</i>	As empresas assumem a responsabilidade pelo ciclo de vida completo de seus produtos, desde a fabricação até o descarte. Aqui ocorre um esforço interno para garantir que os produtos sejam produzidos e gerenciados de maneira responsável até o descarte.
	Incentivar a suficiência <i>(Encourage sufficiency)</i>	Incentiva a ideia de que “menos é mais”. Implica em ações de incentivo, por parte da empresa, para que os consumidores reduzam o consumo excessivo, por meio da aquisição de produtos duráveis, e multifuncionais ao invés da compra em excesso.
Organizacional	Reformular o negócio para a sociedade/meio ambiente <i>(Re-purpose the business for society/ environment)</i>	As empresas redefinem seus objetivos e operações para ter um impacto positivo na sociedade e/ou no meio ambiente. Aqui, existe a priorização da responsabilidade social corporativa, com ações filantrópicas ou ações que resolvam problemas ambientais.
	Desenvolver soluções de escala <i>(Develop scale-up solutions)</i>	Envolve criar soluções em grande escala, buscando impactar positivamente toda uma indústria ou setor de maneira sustentável. Se refere a Criação de mudanças sistêmicas e abordagens que possam ser amplamente adotadas.

Fonte: Elaborado a partir de Bocken, Short, Rana e Evans (2014).

Para cada um dos arquétipos identificados por Bocken, Short, Rana e Evans (2014) são apresentados exemplos e considerando a proposta de valor, a criação e entrega desse valor, bem como o modo como a firma captura valor.

Evans *et al.*, (2017) examinaram a inovação nos modelos de negócios do ponto de vista dos Modelos de Negócios Sustentáveis (SBMs), uma abordagem integrada que incorpora a sustentabilidade nos negócios ao considerar várias partes interessadas e fluxos de valor sustentáveis. Destacaram a importância das redes de valor e da governança eficaz para alcançar metas de sustentabilidade. Além disso, exploraram a internalização de externalidades por meio de Sistemas Produto-Serviço (PSS) como uma forma inovadora de avançar para os SBMs. O estudo sublinhou a necessidade de compreender os modelos de negócios existentes, experimentar novas abordagens e implementar políticas públicas adequadas para facilitar a transição bem-sucedida para os SBMs, promovendo a sustentabilidade nos negócios e na sociedade. As proposições de Evans *et al.*, (2017), são apresentadas no Quadro 12.

Quadro 12 – Termos chave para inovar em Modelos de Negócios Sustentáveis

Proposição	Referência Citada
Valor Sustentável	Incorpora Diversas Dimensões, amplia o conceito de valor para incluir ganhos econômicos, benefícios sociais e ambientais, exigindo que empresas considerem e mensurem impactos positivos em todas essas áreas.
Sistema de Fluxos de Valor Sustentável	Enfatiza a necessidade de fluxos de valor que beneficiem todas as partes interessadas, incluindo a sociedade e o ambiente, promovendo relações positivas e sinérgicas.

Nova Rede de Valor com Propósito e Governança	Propõe uma rede de valor reformulada, com propósitos e governança claros, incentivando empresas a repensar suas interações e colaborações com parceiros para promover a sustentabilidade
Consideração Sistêmica das Partes Interessadas	Recomenda a consideração conjunta das partes interessadas, abordando interesses e responsabilidades mútuas, exigindo uma abordagem holística para a criação de valor.
Internalização de Externalidades através de Sistemas de Produto-Serviço (PSS)	Sugere o uso de <i>Product-Service Systems</i> (PSS) para internalizar externalidades, permitindo que empresas inovem incorporando preocupações ambientais e sociais em seus modelos de negócios.

Fonte: Elaborado a partir de Evans *et al.*, (2017).

De acordo com Evans *et al.*, (2017) os gestores devem compreender os modelos de negócios existentes, bem como adotar os conceitos de sustentabilidade (econômica, social e ambiental) para explorar as estratégias mais apropriados. Isso exige uma compreensão dos desafios e complexidades da inovação em modelos de negócios. Evans *et al.*, (2017), ressaltam ainda, a importância, dessa compreensão para os decisores políticos, visto que a adoção de práticas sustentáveis requer intervenções regulatórias e políticas adequadas. No nível governamental, questões políticas podem impactar tanto em nível empresarial quanto no sistema industrial em geral, estimulando mudanças de comportamento operacional das empresas. No entanto, ainda falta um sistema de mensuração adequado para avaliar o potencial de criação de valor econômico, ambiental e social na inovação de modelos de Negócios Sustentáveis.

Geissdoerfer, Vladimirova e Evans (2018) definiram um Modelo de Negócio Sustentável como aquele que incorpora uma gestão proativa de múltiplos intervenientes, cria valor monetário e não monetário para diversas partes interessadas, mantendo uma perspectiva de longo prazo.

De acordo Geissdoerfer, Vladimirova e Evans (2018) a necessidade de transformar os modelos de negócios tradicionais em modelos sustentáveis, demanda a ampliar a compreensão acerca da inovação em modelos de negócios focados na sustentabilidade. Essa inovação pode ocorrer com a concepção de novos modelos de negócios, diversificação, aquisição ou transformação de modelos já existentes. Para entender como as organizações migram para modelos de negócios sustentáveis, os autores investigaram o processo de inovação e os desafios enfrentados pelas organizações nesse processo.

Desta maneira foram percorridas as fases do processo, as atividades-chave em cada fase e os desafios enfrentados pelas organizações. Os elementos centrais apresentados por Geissdoerfer, Vladimirova e Evans (2018), para promover a transição dos modelos de negócios tradicionais para os sustentáveis, implicam nos tipos de inovação, abordagens estratégicas e barreiras a serem enfrentadas, uma síntese desses elementos é apresentada no Quadro 13.

Quadro 13 – Elementos de transição para modelos de negócios sustentáveis

Elementos	Item	Descrição
Tipos de Inovação em Modelos de Negócios Sustentáveis	Produto/Serviço	Alterações nos produtos ou serviços oferecidos para torná-los mais sustentáveis.
	Processo	Mudanças nos processos de produção ou operações para reduzir impactos ambientais.
	Modelo de Receita	Adoção de novos métodos de monetização que incentivam a sustentabilidade.
	Estrutura Organizacional	Reorganização da empresa para incorporar princípios sustentáveis em sua cultura.
Abordagens para Inovação em Modelos de Negócios Sustentáveis e suas implicações	Valor	As empresas buscam criar valor sustentável para seus clientes e partes interessadas, desenvolvendo produtos, serviços ou modelos de negócios que atendam às necessidades das gerações presentes e futuras. Envolve a oferta de produtos ou serviços que sejam social e ambientalmente benéficos e que contribuam para um mundo mais sustentável.
	Ecosistema	Enfatiza a colaboração e a cooperação entre diferentes empresas, organizações, governos e partes interessadas em um ecossistema empresarial para promover a inovação sustentável. Reconhece que a solução para desafios sustentáveis muitas vezes requer ação coletiva e parcerias estratégicas.
	Processo	A inovação de processos envolve a reconfiguração e otimização dos processos internos de uma empresa para reduzir o consumo de recursos, minimizar o desperdício e diminuir o impacto ambiental. Isso pode incluir a adoção de tecnologias mais limpas e eficientes ou a implementação de práticas de produção mais sustentáveis.
	Modelo de Receita	Nesta abordagem, as empresas exploram novas formas de geração de receita que estão alinhadas com a sustentabilidade. Isso pode incluir modelos de negócios que incentivam a reutilização, a reciclagem, a economia compartilhada ou a venda de serviços em vez de produtos físicos.
	Estrutura Organizacional	A reorganização da empresa é fundamental nessa abordagem, na qual a cultura corporativa e a estrutura organizacional são adaptadas para incorporar princípios sustentáveis. Isso pode incluir a criação de departamentos ou unidades dedicadas à sustentabilidade, a definição de metas ambientais e sociais e a formação de equipes multidisciplinares para promover a inovação sustentável.
Barreiras à Inovação em Modelos de Negócios Sustentáveis e suas implicações	Regulatórias	Regulamentações existentes podem criar obstáculos para a inovação em modelos de negócios sustentáveis. Pode incluir barreiras legais, fiscais ou normativas que desencorajam a adoção de práticas mais sustentáveis.
	Recursos Financeiros	A falta de recursos financeiros para investir em novas tecnologias, pesquisa e desenvolvimento sustentável. Pode impactar principalmente empresas de menor porte.
	Resistência Interna à Mudança	A resistência à mudança por parte dos funcionários e da alta administração pode dificultar a implementação de práticas sustentáveis. A cultura organizacional existente pode ser resistente a novas ideias e abordagens.
	Falta de Conscientização e Educação	A falta de conhecimento e compreensão sobre as questões de sustentabilidade e os benefícios da inovação sustentável pode ser uma barreira. A educação e a conscientização são essenciais para incentivar a adoção de práticas mais sustentáveis.
	Pressão dos Interesses de Curto Prazo	A busca por lucros de curto prazo pode levar as empresas a priorizarem metas financeiras imediatas em detrimento da sustentabilidade a longo prazo. A pressão dos acionistas e investidores pode ser uma barreira para a inovação sustentável.

Fonte: Elaborado a partir de Geissdoerfer e Vladimirova e Evans (2018).

Além dos elementos para promover a transição dos modelos de negócios tradicionais para os sustentáveis, Geissdoerfer, Vladimirova e Evans (2018), levantaram tipos de inovação específicas para esses modelos de negócios, conforme apontado no Quadro 14.

Quadro 14 – Tipos de inovação de modelos de negócios sustentáveis

Tipo de inovação	Características
Inovação no modelo de negócios	No modelo de negócio é uma representação simplificada dos elementos e das interações entre esses elementos que a unidade emprega para proposição, criação, entrega e captura de valor. A transformação de um modelo de negócios para outro. Pode afetar todo o modelo de negócios ou indivíduo ou uma combinação de seus elementos.
Inovação em modelo de negócios sustentável	O modelo de negócios sustentável incorpora uma gestão proativa de múltiplos intervenientes, a criação de valor monetário e não monetário para um amplo conjunto de intervenientes, e que mantém uma perspectiva de longo prazo. A análise e planejamento de transformações para um modelo de negócio mais sustentável ou de um modelo de negócio sustentável para outro. Isto compreende tanto o desenvolvimento de um modelo de negócios inteiramente novo quanto a transformação de um modelo de negócios existente.
A lacuna <i>design-implementation</i>	O conjunto de desafios que impedem as organizações de inovar com sucesso o seu modelo de negócio, devido ao insuficiente acompanhamento das ideias, à falta de implementação de conceitos e ao fracasso dos negócios no mercado.

Fonte: Elaborado a partir de Geissdoerfer, Vladimirova e Evans (2018).

Geissdoerfer, Vladimirova e Evans (2018, p. tradução minha) levantaram duas questões relevantes ao avanço do conhecimento no campo dos modelos de negócios sustentáveis. A primeira se refere ao desenvolvimento de estratégias para criar ferramentas que apoiem o processo de inovação do modelo de negócios sustentável, e a segunda, a como utilizar essas ferramentas para superar os desafios durante o processo de inovação do modelo de negócios sustentável nas organizações.

Uma síntese com as definições extraída da revisão de literatura para conceituar modelo de negócio sustentável é apresentada no Quadro 15.

Quadro 15 – Definições de Modelo de Negócio Sustentável na literatura revisada

Referência	Definição de Modelo de Negócio Sustentável
Boons e Lüdeke-Freund (2013)	Representam a maneira pela qual as empresas organizam seus recursos, atividades e parcerias para criar, entregar e capturar valor de forma sustentável.
Bocken, Short, Rana e Evans (2014)	Podem servir como veículo para coordenar inovações tecnológicas e sociais com sustentabilidade a nível de sistema. Alinha os interesses de todos os grupos de partes interessadas e considera explicitamente o ambiente e a sociedade como partes interessadas principais.
Evans <i>et al.</i> , (2017)	Buscam criar valor sustentável, considerando não apenas o lucro financeiro, mas também os aspectos sociais e ambientais, colaborando com várias partes interessadas e adotando abordagens inovadoras, como Sistemas Produto-Serviço, para internalizar externalidades e promover a sustentabilidade global.
Geissdoerfer, Vladimirova e Evans (2018)	Aquele que incorpora uma gestão proativa de múltiplos intervenientes, cria valor monetário e não monetário para diversas partes interessadas, mantendo uma perspectiva de longo prazo.

Fonte: Elaborado pela pesquisadora a partir da revisão de literatura (2023).

Cada uma definição levantada aponta um aspecto único da sustentabilidade em modelos de negócios, seja através da estrutura organizacional (Boons e Lüdeke-Freund, 2013), coordenação de inovações (Bocken *et al.*, 2014), abordagens colaborativas inovadoras (Evans *et al.*, 2017) ou gestão proativa de interesses múltiplos (Geissdoerfer, Vladimirova e Evans, 2018). A escolha de um modelo pode depender do tipo de indústria, os objetivos específicos de sustentabilidade da empresa, e os *stakeholders* envolvidos.

4.1.1.3 Cluster 3 – Modelo de Negócios Circulares

Diversos acontecimentos têm estimulado as discussões sobre o papel das organizações empresariais no contexto do desenvolvimento sustentável, destacando-se, por exemplo, alertas acerca da pressão exercida pelas atividades humanas sobre os recursos naturais, emitidos pelo *World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)* e o *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Iniciativas de natureza aplicada, também se evidenciaram a partir de atividades voltadas à ecologia industrial, tal como o trabalho desempenhado pela Fundação Ellen MacArthur, com intuito de promover mudanças estruturais no âmbito dos negócios. Um terceiro conjunto de fatores se alinha às agendas políticas, com o desenvolvimento de estratégias governamentais para ampliação das políticas públicas (Bocken *et al.*, 2016).

Bocken *et al.*, (2016) revisaram a literatura científica sobre estratégias de *design* de produtos e modelos de negócios na Economia Circular. De acordo com os pesquisadores, Economia Circular é um conceito derivado da Ecologia Industrial, o qual, envolve fatores de ecoeficiência e *eco-design*, visando substituir o modelo de produção linear por um modelo no qual os resíduos são reciclados nas cadeias produtivas ou utilizados como subprodutos em outros processos. Isso é alcançado por meio de estratégias como ciclagem de recursos, desaceleração e fechamento de ciclos de produção. As características do *design* de cada um desses ciclos são apresentadas no Quadro 16.

Quadro 16 – Estratégias para transição de modelos de negócios lineares para circulares

<i>Design do ciclo</i>	<i>Características do design</i>
Desaceleração (<i>slowing</i>)	Se refere ao uso prolongado e a reutilização de bens ao longo do tempo, através da concepção de bens de longa vida e do prolongamento da vida útil do produto.
Fechamento (<i>closing</i>)	Fechar ciclos tem a ver com a reutilização de materiais através da reciclagem.
Estreitamento (<i>narrowing loops</i>)	Estreitar ciclos significa reduzir o uso de recursos associados ao produto e ao processo de produção

Fonte: Adaptado de Bocken *et al.*, (2016).

Na proposição de Bocken *et al.*, (2016) o *design* do modelo de negócio varia de acordo com a estratégia da firma, podendo ocorrer tanto em produto, quando no próprio modelo de negócio. A Economia Circular assim, é encarada como um fio condutor capazes de contribuir com as aspirações dos ODS. Bocken *et al.*, (2016) destacaram ainda a relevância da adoção do pensamento sistêmico, indicando que futuras de pesquisas devem incluir cadeias de abastecimento, tecnologias e avaliação da sustentabilidade.

Geissdoerfer *et al.*, (2018), avançaram na pesquisa sobre os modelos de negócios com intuito de entender como modelos de negócios e cadeias de suprimentos podem ser adaptados para se alinhar com a economia circular e assim, reduzir o desperdício e promover a reutilização bem como reciclagem e renovação de recursos. Os autores discutiram como as empresas podem redesenhar seus modelos de negócios e cadeias de suprimentos para incorporar princípios circulares, abrangendo aspectos econômicos, ambientais e sociais. Para Geissdoerfer *et al.*, (2018), a economia circular é uma estratégia genérica para modelos de negócios sustentáveis, focando na minimização das entradas de recursos, saídas de resíduos e emissões.

O conceito de *Circular Business Model (CBM)* é introduzido por Geissdoerfer *et al.*, (2018) como parte de um conjunto de modelos de negócios alinhados com o desenvolvimento sustentável e partes interessadas. Para promover modelos sustentáveis, se destaca a necessidade de tornar elementos-chave, como proposta, criação, entrega e captura de valor, circulares. Os autores discutiram ainda, tipos de inovação (produto/serviço, processo, modelo de receita e estrutura organizacional) e abordagens estratégicas (valor, ecossistema, processo, modelo de receita e estrutura organizacional) para impulsionar a sustentabilidade nos negócios. Bem como, possíveis barreiras à inovação, como regulamentações, recursos financeiros, resistência interna à mudança, falta de conscientização, educação e pressões de interesses de curto prazo.

Ao aplicar os elementos de proposta, criação, entrega e captura de valor de Richardson (2008) aos modelos de negócios, Geissdoerfer *et al.*, (2018) propuseram uma estrutura para integrar dimensões de sustentabilidade em modelos de negócios circulares. Utilizando as dimensões de sustentabilidade corporativa propostas por Lozano (2008) e o modelo *Two Tiered Sustainability Equilibria* para enfatizar a necessidade de aumentar a conscientização e compreensão da sustentabilidade de forma holística.

O modelo de negócios relacionado a economia circular foi abordado por Lüdeke-Freund, Gold e Bocken (2019), de modo que os pesquisadores categorizaram diferentes abordagens adotadas por empresas para implementar princípios circulares em seus modelos de negócios. Economia Circular, neste contexto, abrange uma abordagem econômica que busca minimizar o desperdício e promover a reutilização de recursos. Assim, são explorados

conceitos tais como *cradle-to-cradle*, *upcycling*, *leasing*, *sharing economy* e outros que estão relacionados à economia circular (Lüdeke-Freund *et al.*, 2019)

Por meio do Quadro 17 são apresentadas as definições encontradas na literatura revisada para conceituar modelos de negócios circulares.

Quadro 17 – Definições de Modelo de Negócio Circular na literatura revisada

Referência	Definição de Modelo de Negócio Circular
Bocken <i>et al.</i> , (2016)	Definido a partir de uma perspectiva do design, que pode assumir formas economicamente viáveis de reutilizar continuamente produtos e materiais, utilizando recursos renováveis sempre que possível.
Geissdoerfer <i>et al.</i> , (2018)	Faz parte de um conjunto maior de modelos de negócios alinhados com o desenvolvimento sustentável e as partes interessadas
Lüdeke-Freund, Gold e Bocken (2019)	Se referem a padrões que refletem diferentes abordagens para a implementação da Economia Circular, desde a manutenção da durabilidade dos produtos até a gestão eficiente dos resíduos, promovendo a reutilização e reciclagem de materiais. Cada padrão representa uma estratégia específica para maximizar a vida útil dos produtos e minimizar o desperdício, alinhando-se assim com os princípios fundamentais da Economia Circular.

Fonte: Elaborado pela pesquisadora a partir da revisão de literatura (2023).

O trabalho de Lüdeke-Freund, Gold e Bocken (2019), revelam lacunas de pesquisa no campo dos Modelos de Negócios da Economia Circular. Conforme síntese apresentada no Quadro 18.

Quadro 18 – Lacunas de Pesquisa em Modelos de Negócios Circulares

Tema	Descrição	Investigação
Motivação para Envolvimento	Falta de argumentos claros sobre porque as empresas, clientes e usuários finais deveriam se envolver em modelos de negócios circulares.	Explorar as motivações por trás do envolvimento ativo em modelos de negócios circulares.
Preferências dos Clientes e Usuários	As preferências dos clientes em relação ao uso e posse de produtos não são consideradas de forma significativa na concepção dos modelos de negócios circulares.	Aprofundar a compreensão sobre como as preferências dos clientes influenciam a adoção e eficácia dos modelos de negócios circulares.
Relações e Parcerias	Os modelos de negócio circulares, frequentemente dependem de parcerias e cooperação entre empresas, clientes e organizações da sociedade civil.	Compreender o papel e a importância dos parceiros, incluindo fabricantes e prestadores de serviços complementares, organizações não-governamentais e autoridades governamentais.
Contexto e Contingências	Falta de sensibilidade ao contexto nos estudos sobre modelos de negócios circulares.	Considerar uma variedade de fatores contingenciais, especialmente em países em desenvolvimento e emergentes.
Integração da Sustentabilidade Ecológica e Social	Os modelos de negócios circulares, podem desempenhar um papel importante em países em desenvolvimento, ajudando a equilibrar a sustentabilidade ecológica com as necessidades sociais.	Explorar como os esses modelos de negócios circulares podem abordar simultaneamente questões de pobreza, degradação ambiental e vulnerabilidade das populações locais

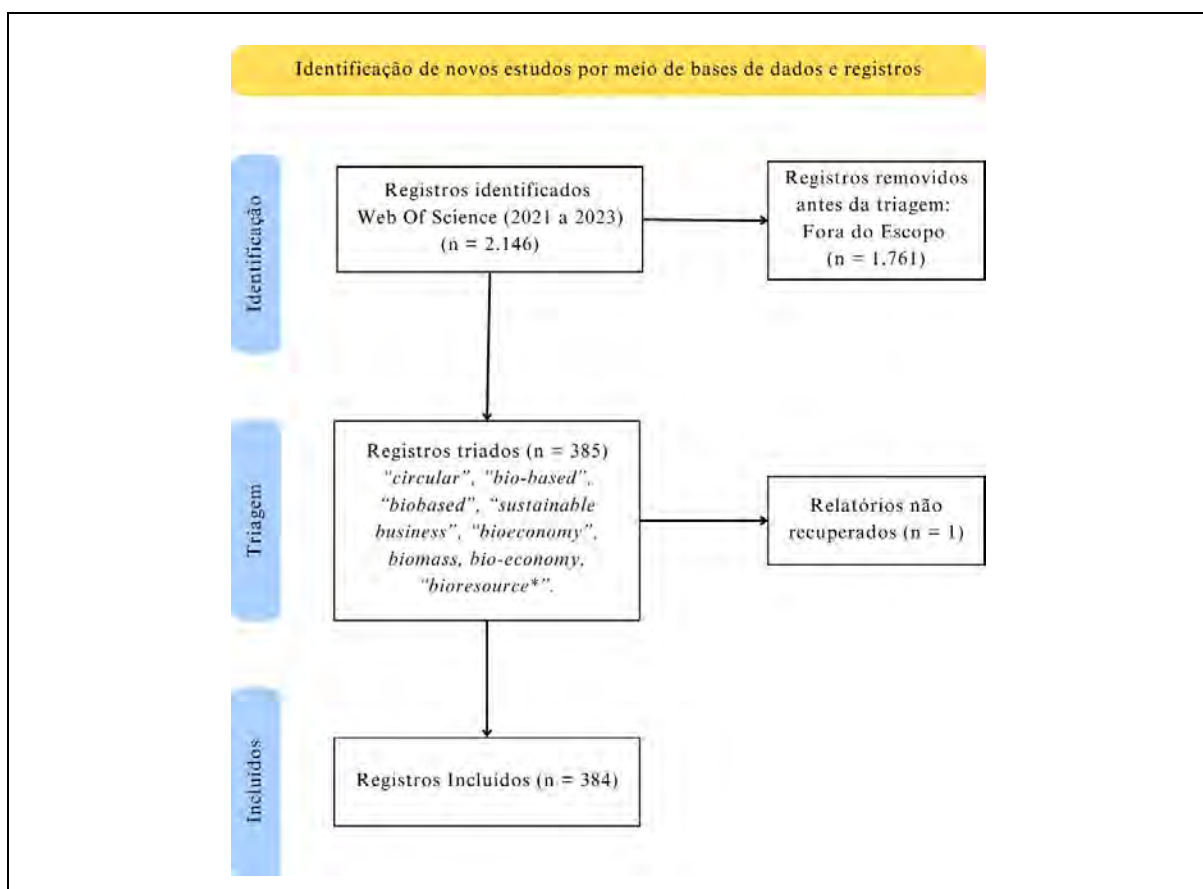
Fonte: Elaborado a partir de Lüdeke-Freund, Gold e Bocken (2019).

Ao preencher as lacunas apontadas, Lüdeke-Freund, Gold e Bocken (2019), argumentam que será possível construir uma base sólida para a implementação eficaz de Modelos de Negócios Circulares em diversos contextos.

4.1.2 Resultados referentes ao conjunto formado pelo Banco de dados p1_385

Os resultados apresentados nessa seção representam o conjunto de documentos denominado como p1_385, que são sequenciais ao conjunto p1_19, apresentado anteriormente. O fluxograma de identificação dos registros é apresentado na Figura 9.

Figura 9 – Fluxograma Prisma da Identificação dos Estudos de p1_385.

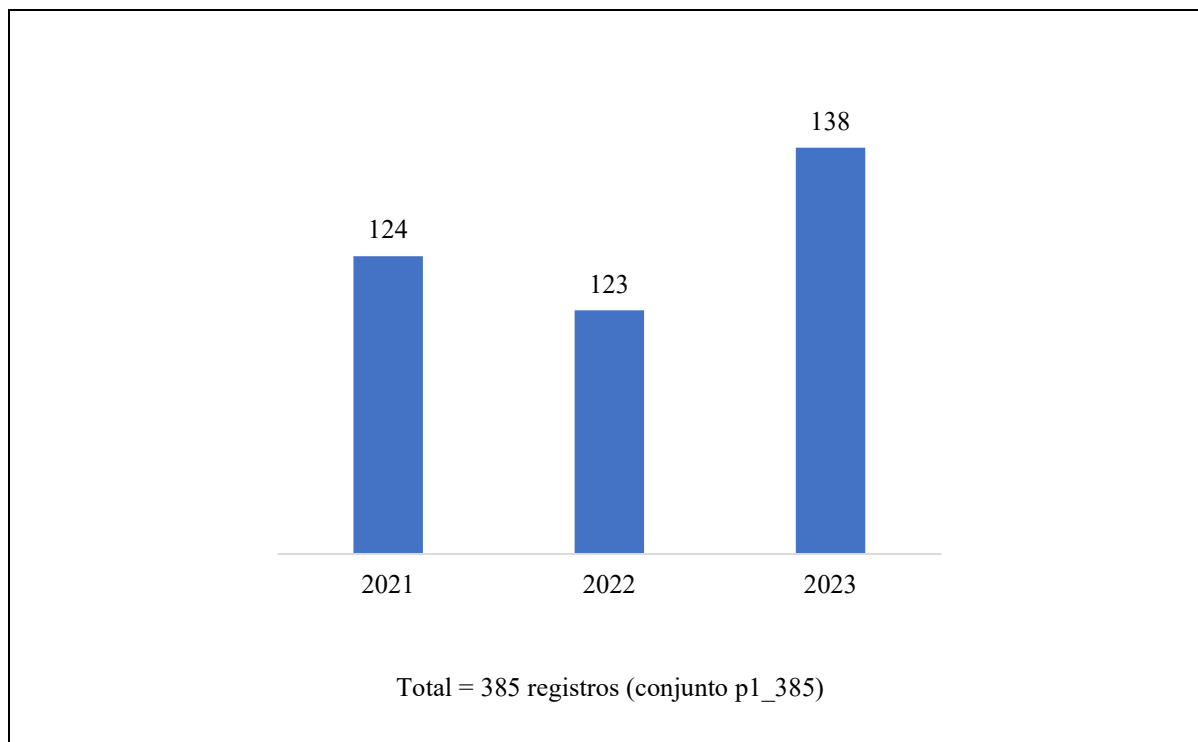


Fonte: Adaptado de Tricco *et al.*, (2018)

Os estudos foram capturados a partir da base de dados Web Of Science®, devido a indexação do referencial citato nos artigos, os quais não era possível recuperar com a base Scopus®. Por meio dos descritores *business model** restrito ao título, delimitado ao período de 2011 até 2023, e apenas publicações em inglês, foram recuperados 2.146 registros (dados coletados em 07/08/2024). Para reduzir o tamanho da amostra, e obter uma seleção de pesquisas centradas em modelos de negócios relacionados a questões da bioeconomia, foi aplicado o critério de elegibilidade apenas para registros com menção às palavras “circular”,

“*bio-based*”, “*biobased*”, “*sustainable business*”, “*bioeconomy*”, *biomass*, *bio-economy*, “*bioresource**”. Assim o banco de dados foi reduzido para 385 documentos, publicados ao longo de 2021, 2022 e 2023, conforme demonstrado na Figura 10.

Figura 10 – Quantidade de publicações por ano para o conjunto p1_385



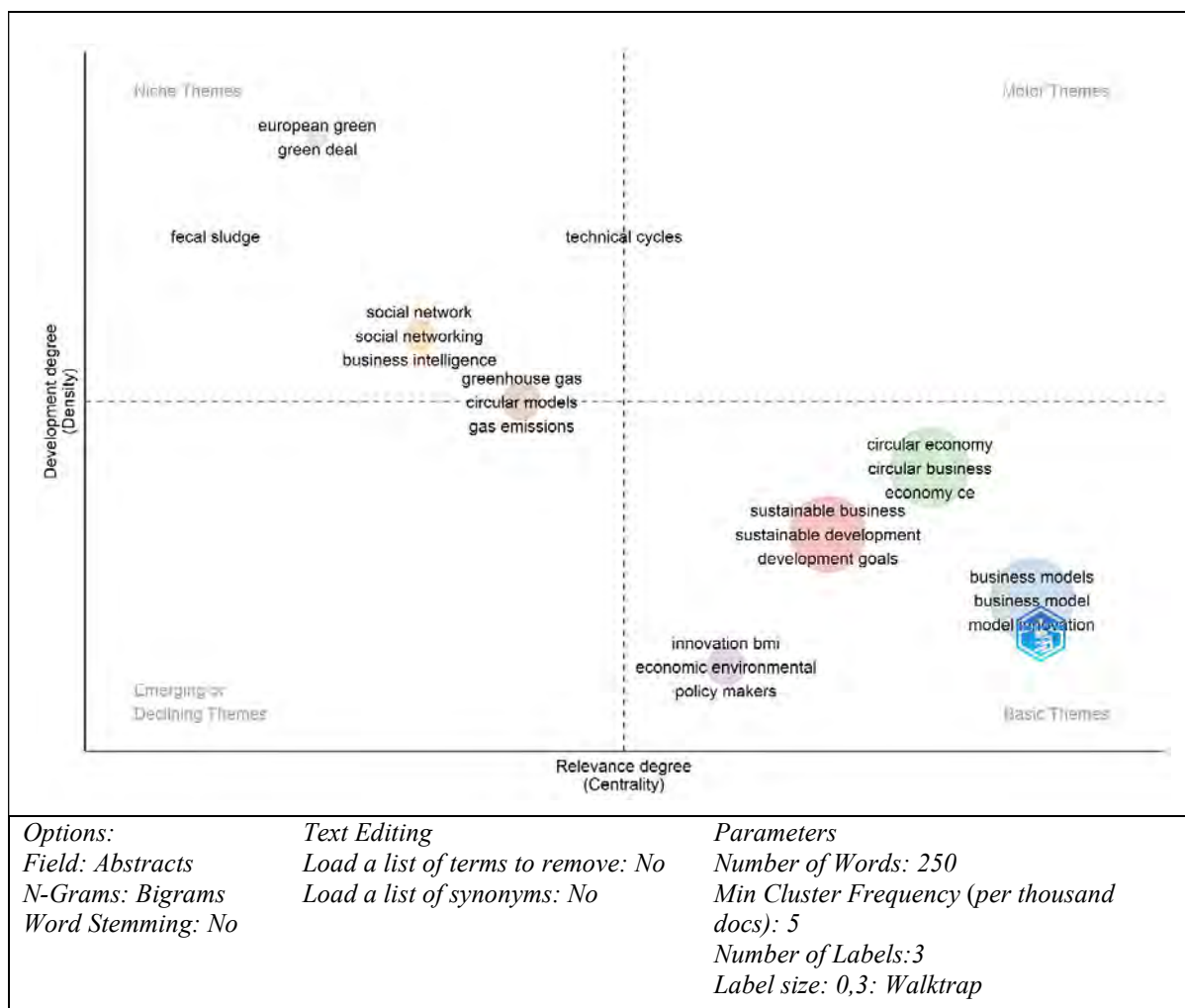
Fonte: Dados da pesquisa.

Esses registros foram analisados bibliometricamente com auxílio *Software* RStudio (versão R 4.3.1), do pacote Bibliometrix (versão 4.1), por meio da interface gráfica Biblioshiny. O mapa temático gerado é apresentado a seguir.

4.1.2.1 Mapa temático

A partir dos 385 registros selecionados, foi criado com auxílio do *Biobliometrix* o mapa temático. A distribuição e a classificação dos temas dentro do contexto de modelos de negócios sustentáveis e economia circular, conforme catalogados na base de dados Web Of Science® para o período de 2021 a 2023 é representada por meio da Figura 11.

Figura 11 – Mapa temático do conjunto p1_385



Fonte: Dados da pesquisa.

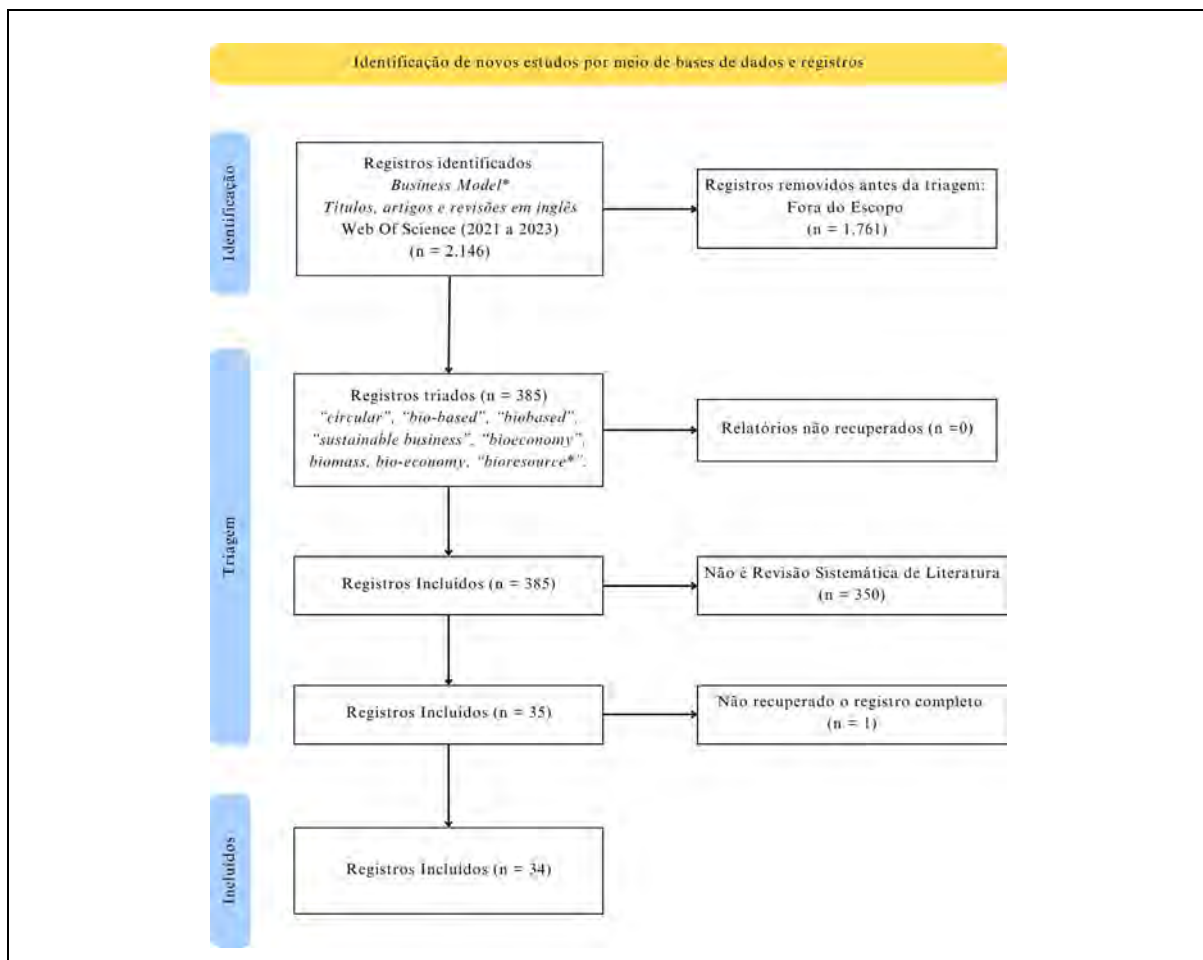
Temas de base como *business models* e *model innovation* foram representados no quadrante de temas básicos (*basic themes*), o que aponta o arcabouço teórico da pesquisa. Temas como *circular economy* e *circular business* foram identificados como temas motores, indicando sua centralidade e maturidade no campo de estudo sobre modelos de negócios. Por outro lado, *European green deal* e *green deal*, apesar de seu desenvolvimento, são menos centrais, classificando-se como temas de nicho. O que pode estar relacionado a iniciativas específicas, envolvendo regulamentos, tecnologias e práticas que podem ser altamente especializados e inovadores, mas que ainda não se tornaram dominantes ou amplamente adotados em outros mercados ou regiões fora da União Europeia. A posição dos temas emergentes ou em declínio no mapa temático, tais como *technical cycles* e *social networking* sugerem que, embora relevantes, eles podem não ser os drivers principais do discurso acadêmico em modelos de negócios circulares e sustentáveis no momento em questão, ou estão sendo integrados em discussões mais amplas sob novos termos ou conceitos emergentes.

Para ampliar a compreensão das tratativas, foi criado mais um subconjunto (p1_34RSL) composto por registros classificados como revisões sistemáticas de literatura, para serem analisados os documentos completos.

4.1.3 Resultados referentes ao item 3.1.1.3 Modelo de Negócio - Etapa 2 de 2, parte 2: Banco de dados p1_34RSL

As publicações analisadas nesta seção foram classificadas como Revisões Sistemática de Literatura (RSL) em meio a um conjunto de 385 artigos (banco de dados extraído de um banco de dados maior na fase 3). As revisões foram publicadas entre os anos de 2021 até 2023 (Figura 12).

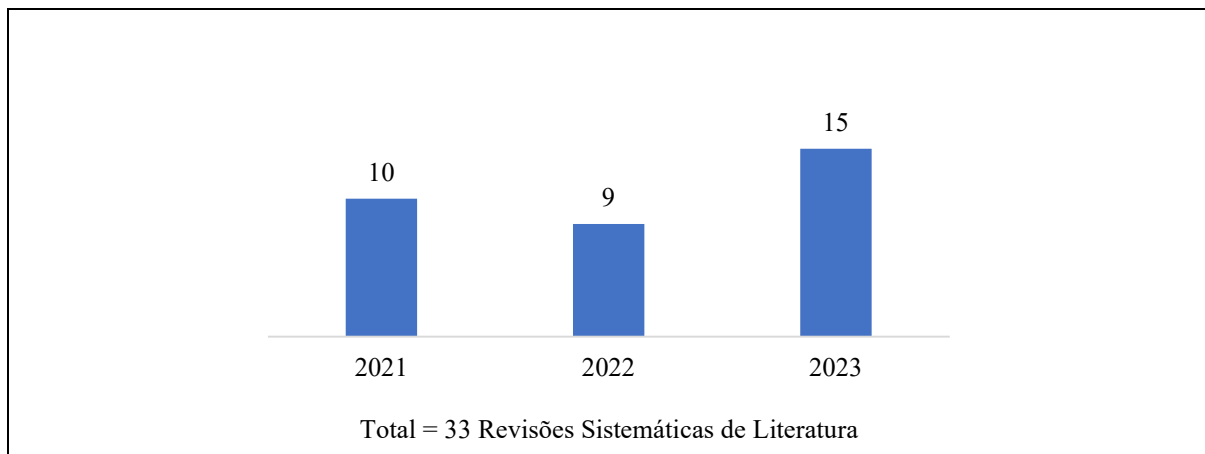
Figura 12 – Fluxograma Prisma da Identificação dos Estudos de p1_34RSL.



Fonte: Adaptado de Tricco *et al.*, (2018)

Dentre os documentos analisados neste grupo, houve respectivamente, 10 publicações em 2021, 9 em 2022 e 15 em 2023, totalizando 34 revisões sistemáticas da literatura elegíveis para análise (Figura 13).

Figura 13 – Quantidade de publicações por ano para o conjunto p1_34RSL

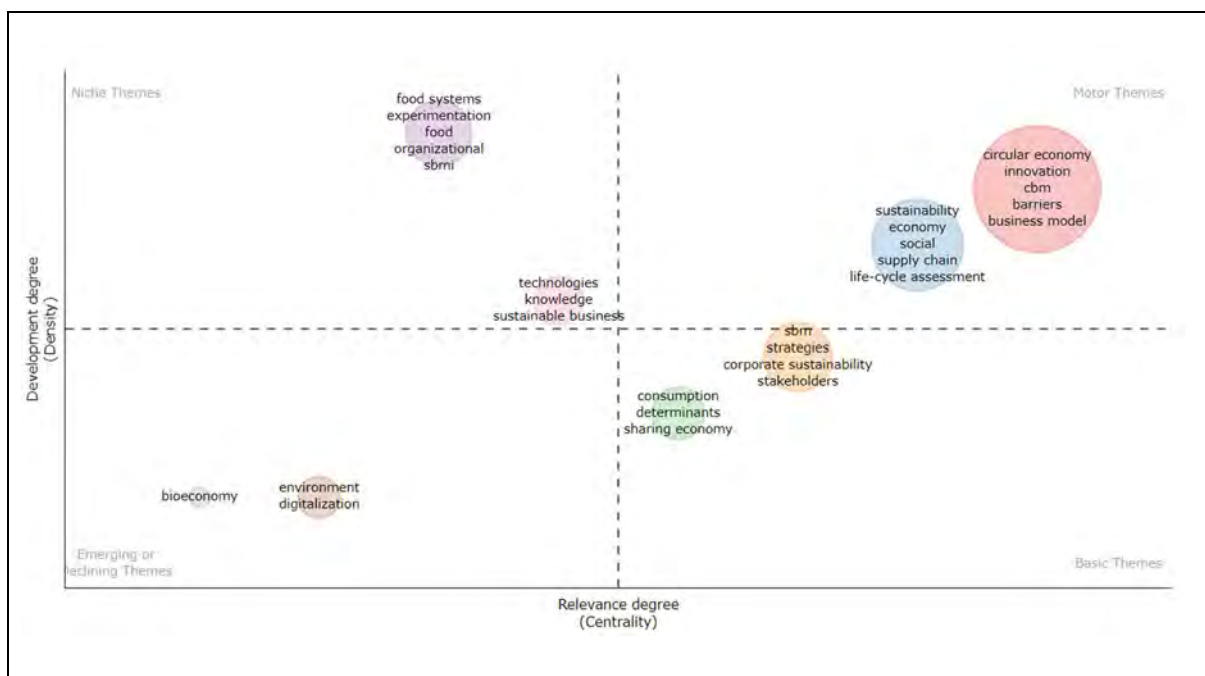


Fonte: Dados da pesquisa

4.1.3.1 Mapa temático

O mapa temático gerado é apresentado na Figura 14, indica que as discussões sobre modelos de negócios estão ligadas à inovação e à economia circular (temas motores). No entanto, tópicos como bioeconomia e digitalização ainda estão emergindo, sugerindo oportunidades de pesquisa. A sustentabilidade e os modelos relacionados à economia compartilhada, também estão em evolução.

Figura 14 – Mapa temático (palavras-chave dos autores) para o subconjunto p1_34RSL



Fonte: Elaborado com Biblioshiny

No quadrante superior direito, são elencados os chamados temas motores. Se trata dos temas centrais e bem desenvolvidos, por meio dos quais a pesquisa e prática no campo é

impulsionada. Neste quadrante estão presentes temas tais como *circular economy*, *business model*, *innovation*, *barriers*, *life-cycle assessment (avaliação do ciclo de vida)*, indicando serem os tópicos mais desenvolvidos no campo.

O quadrante inferior direito (temas básicos), representa os tópicos em desenvolvimento que sustentam o restante da literatura. Neste caso, descritores como *sustainability*, *sharing economy*, *corporate sustainability*, *stakeholders*, têm se apresentado como centrais para os estudos de modelos de negócios, mas ainda não alcançaram total maturidade.

O quadrante superior esquerdo agrupa os temas de nicho, os quais geralmente, são temas de maior especialização, porém com pouca conectividade com outros tópicos principais. Neste agrupamento, foram observados temas tais como *food systems*, *sustainable business*, *experimentation*, *knowledge*. Estes tópicos estão aprofundados, mas têm relevância limitada para o campo mais amplo de modelos de negócios e sustentabilidade.

No quadrante inferior esquerdo (temas emergentes ou em declínio), são identificados tópicos que estão em fase inicial ou que estão perdendo relevância no campo. Neste caso, os termos *bioeconomy*, *environment*, *digitalization*, indicam a necessidade de mais pesquisas. Embora relevante, a bioeconomia aparece como tema emergente que está em fase de crescimento e precisa de maior integração com tópicos principais dos modelos de negócios.

4.1.3.2 Análise dos Periódicos

Essas revisões sistemáticas da literatura foram publicadas em 16 periódicos científicos distintos. Na Tabela 1, são apresentados os periódicos e os índices JIF (*Journal Impact Factor*) e JCI (*Journal Citation Indicator*). Essas duas métricas são usadas para avaliar a relevância e o impacto de revistas acadêmicas com base no número de citações que os artigos de uma revista recebem. Os índices são fornecidos pela Clarivate®, e foram extraídos por meio do *Journal Citation Reports™* (2023).

Tabela 1 – Identificação da quantidade de publicações por ano e por periódico

<i>Journal</i>	JIF	JCI	202 1	202 2	202 3	Total	%
<i>Technol. Forecast. Soc. Chang.</i>	12,90	2,60	0	0	1	1	3,03
<i>Bus. Strateg. Environ.</i>	12,50	2,68	0	1	2	3	9,09
<i>Sustain. Prod. Consump.</i>	10,90	2,19	3	0	1	4	12,12
<i>J. Clean Prod.</i>	9,70	1,52	4	3	0	7	21,21
<i>J. Environ. Manage.</i>	8,00	1,49	0	0	1	1	3,03
<i>J. Serv. Manage.</i>	7,80	1,98	0	0	1	1	3,03
<i>Sustain. Chem. Pharm.</i>	5,50	1,00	0	0	1	1	3,03
<i>Inform. Technol. Dev.</i>	5,10	1,37	0	0	1	1	3,03
<i>J. Ind. Ecol.</i>	4,90	0,79	0	0	1	1	3,03
<i>Front. Sustain. Food Syst.</i>	3,70	0,65	0	0	1	1	3,03

<i>Marit. Policy Manag.</i>	3,70	0,77	0	1	0	1	3,03
<i>Br. Food J.</i>	3,40	1,04	0	0	1	1	3,03
<i>Sustainability</i>	3,30	0,68	3	1	3	7	21,21
<i>Futur. Bus. J.</i>	2,90	0,57	0	0	1	1	3,03
<i>J. Entrep. Emerg. Econ.</i>	2,90	0,60	0	1	0	1	3,03
<i>Etikonomi</i>	1,00	0,25	0	1	0	1	3,03
			10	8	15	33	100,00

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

O *Sustainability* (JIF 3,7) e *Journal of Cleaner Production* (JIF 9,7) foram os dois periódicos que mais receberam publicações ao longo dos três anos, com 7 publicações cada uma, representando juntas 42,42% do total de revisões levantadas nesta pesquisa. Essas revistas têm um escopo interdisciplinar abrangente, enquanto a *Sustainability* abrange tópicos relacionados à sustentabilidade em diversas áreas, como meio ambiente, economia e políticas públicas, o *Journal of Cleaner Production* foca em métodos de produção sustentável e práticas que minimizam impactos ambientais.

Em relação a relevância dos periódicos considerando o JIF e o JCI, obtiveram destaque o *Technological Forecasting and Social Change* (JIF 12,90; JCI 2,60), o *Business Strategy and the Environment* (JIF 12,50; JCI 2,68), e *Sustainable Production and Consumption* (JIF 10,90; JCI 2,19) com a apresentação dos maiores índices. Juntos estes periódicos representam 24,24% das revisões analisadas. Em relação ao escopo desses *journals*, são publicados, respectivamente: estudos sobre as previsões tecnológicas e suas implicações sociais, abordando mudanças futuras em tecnologia, economia e sociedade; pesquisas que relacionam estratégia empresarial e questões ambientais; e, temas sobre a transição para práticas de produção e consumo sustentáveis, com foco em economia circular, eficiência de recursos e mitigação de impactos ambientais.

Os demais periódicos da amostra, registram 33,33%, sendo 1 registro em cada *journal*, abordam temas relacionados à sustentabilidade, gestão, inovação e desenvolvimento socioeconômico.

De maneira geral, o escopo dos periódicos analisados engloba questões tecnológicas, ambientais, sociais, econômicas e empresariais, interconectados pelo foco em desenvolvimento sustentável e inovação. A diversidade de seus escopos reflete a natureza multidisciplinar dos estudos neste campo de pesquisa.

4.1.3.3 Revisão de escopo das 34 Revisões Sistemáticas de Literatura selecionadas

Para extrair as informações nos documentos selecionados e posterior análise de conteúdo, os artigos foram classificados de modo a considerar: 1. Objetivo do trabalho; 2.

Método empregado; 3. Detalhamento da coleta de dados; 4. Principais achados; 5. Objeto de estudo; 6. Delimitação geográfica; 7. Indústria de aplicação; 8. Indicações para pesquisa futura.

A extração de dados foi realizada com auxílio do gerenciador de Referências Zotero e do *software NVivo*, no qual foram criados códigos especificamente para esta revisão.

Para responder a questão de pesquisa: *Quais são as principais características das pesquisas sobre modelos de negócios volta à bioeconomia?* os itens de dados foram definidos com base nos aspectos-chave que descrevem e categorizam esses modelos de negócios e o contexto em que são estudados. Um resumo dos itens observados nos registros é apresentado no Quadro 19.

Quadro 19 – Resumos dos itens de dados observados

Categoria	Dados Identificados
Informações Gerais	Título Autores Ano Instituição Periódico
Contexto e Escopo	Objetivo do estudo Objeto de estudo Área de aplicação do estudo Problema abordado
Modelos de Negócio	Definição de modelo de negócio Componentes do negócio analisados Setor específico Modelo econômico subjacente
Métodos empregados	Tipo de metodologia Fontes de dados Amostra
Possíveis relações com bioeconomia	Sustentabilidade Inovação tecnológica Políticas públicas
Resultados e Conclusões	Achados Implicações práticas Lacunas de pesquisa
Limitações e Futuras Direções	Limitações Recomendações para futuras pesquisas

Fonte: Dados da pesquisa

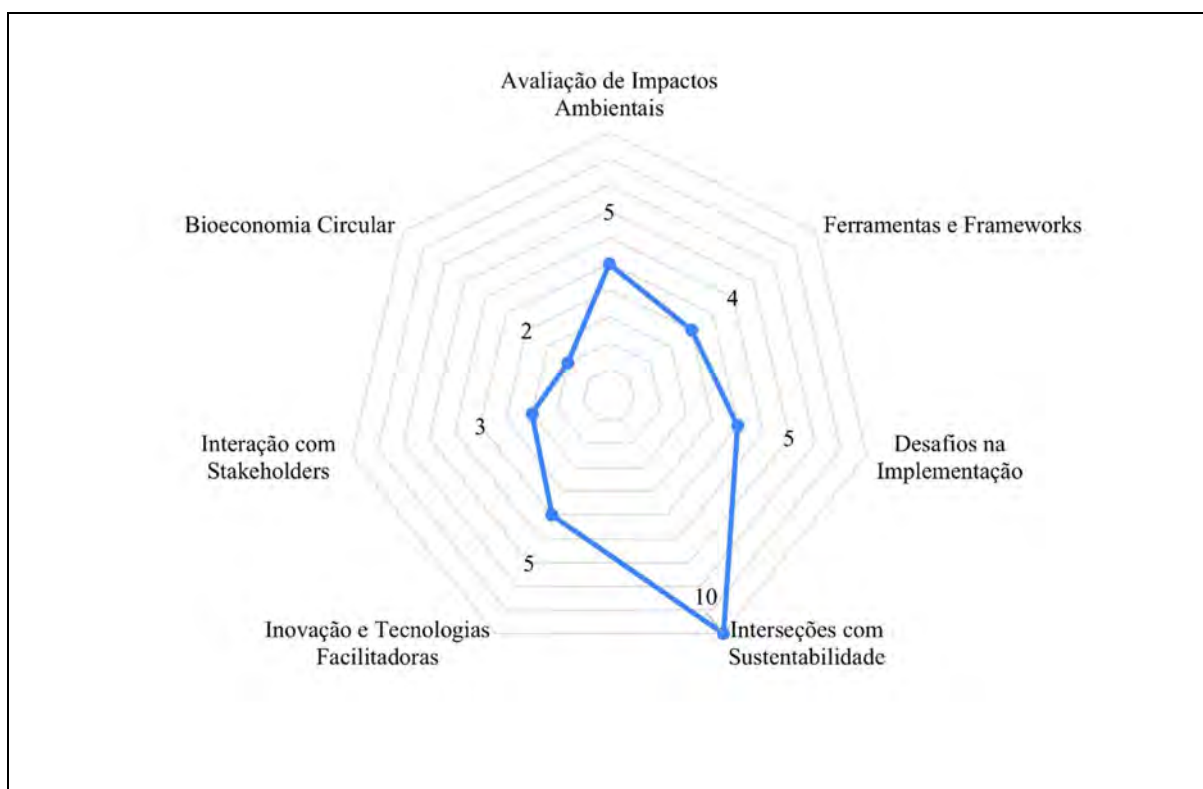
Os dados coletados incluíram características dos estudos (autores, ano, tipo de estudo), intervenções avaliadas (frequência, duração), populações-alvo (idade, diagnóstico) e resultados relatados (desfechos primários e secundários). Informações incompletas foram tratadas como 'não especificadas'.

Em relação a Revisão Sistemática de Literatura, optou-se pelo emprego da revisão de escopo (Scoping Reviews), que são revisões sistemáticas com propósito mapear evidências, identificar lacunas e sintetizar o conhecimento existente sobre um tema, permitindo a inclusão de múltiplas fontes de evidências sem avaliação de viés (Tricco et al., 2018)

Os resultados foram então sintetizados organizando os dados extraídos em categorias temáticas principais, como setores da bioeconomia (ex.: bioenergia, bioplásticos), abordagens metodológicas (ex.: estudos de caso, modelagem econômica) e componentes do modelo de negócios (ex.: proposta de valor, canais de distribuição). Essas categorias foram identificadas iterativamente e revisadas por dois pesquisadores para garantir consistência. Tabelas foram utilizadas para apresentar os resultados de forma clara e acessível.

Com base nos achados de cada registro, os documentos foram categorizados 7 agrupamentos, conforme indicado na Figura 15.

Figura 15 – Classificação dos registros de p1_34RSL



Fonte: Dados da pesquisa

Para cada fonte incluída nesta *scoping review*, foram extraídas informações sobre o setor da bioeconomia abordado, componentes do modelo de negócios discutidos, metodologias empregadas e principais conclusões.

A análise revelou que a maioria dos estudos se concentra nos setores de bioenergia e bioplásticos, com menor atenção à biotecnologia. Os componentes mais investigados incluem proposta de valor e fluxos de receita, enquanto metodologias qualitativas predominam. Esses resultados destacam tendências na literatura e apontam para lacunas em áreas como a aplicação de abordagens quantitativas e setores menos explorados.

A avaliação de risco de viés global não foi realizada nesta *scoping review*, pois este tipo de revisão visa mapear a extensão e as características da literatura existente sobre modelos de negócios na bioeconomia. A avaliação crítica dos estudos incluídos não é uma prática padrão em *scoping reviews*, conforme as diretrizes da PRISMA-ScR, devido à natureza exploratória deste tipo de revisão.

A visão geral da literatura analisada por meio de estatística descritiva da amostra das 34 Revisões Sistemáticas da Literatura selecionadas. A Figura 16 apresenta a Frequência de palavras-chave dos autores nos estudos.

Figura 16 – Frequência de palavras-chave dos autores



Fonte: Elaborado com Biblioshiny

A nuvem de palavras gerada a partir de uma revisão sistemática da literatura sobre modelos de negócios na bioeconomia circular indica que os termos mais frequentes estão centrados em conceitos-chave como “economia circular”, “sustentabilidade” e “modelo de negócio sustentável”. Palavras como “inovação”, “desafios” e “barreiras” foram proeminentes, indicando foco em dificuldades e abordagens inovadoras necessárias para implementação efetiva desses modelos de negócio. Termos como “gestão”, “estratégia” e “criação de valor” também foram destacados, refletindo a importância de estratégias de gestão eficazes para a integração da sustentabilidade nos negócios. A cadeia de suprimentos foi identificada como um aspecto crítico, sugerindo uma ênfase na consideração de toda a cadeia produtiva na promoção de práticas circulares e sustentáveis.

4.1.3.3 Resultados da Revisão de Escopo Das Revisões Sistemáticas

As 34 Revisões Sistemáticas de Literatura analisadas nesta seção, foram alocadas em *clusters* temáticos considerando as similaridades de suas tratativas. Nesta subseção serão apresentados os achados para cada agrupamento.

4.1.3.3.1 Impactos Ambientais

Os estudos analisados mostraram que a economia circular pode contribuir para a redução dos impactos ambientais, principalmente em termos de emissão de gases do efeito estufa, consumo de recursos naturais, e adoção de práticas de produção circulares (Diener, e Harris, 2021; De Ponte, Liscio, e Sospiro, 2023; Ding, Tukker, e Ward, 2023; Pigola e Meirelles, 2023). Entretanto, a efetividade desses modelos depende da abordagem estratégica adotada, do envolvimento dos *stakeholders*, do suporte de políticas públicas e da integração das práticas sustentáveis em todos os níveis da cadeia de valor (Van Loon et al., 2021; Montag, 2023; Ding et al., 2023). A implementação de tecnologias digitais, pode potencializar esses impactos positivos (Ding et al., 2023; Pigola e Meirelles, 2023), mas trazem consigo desafios que precisam ser enfrentados para que os benefícios da economia circular sejam plenamente realizados.

4.1.3.3.2 Ferramentas e *frameworks*

Estudos que investigaram a inovação em modelos de negócios sustentáveis destacaram uma lacuna significativa na disponibilidade e aplicação de ferramentas integradas que sejam capazes de orientar setores específicos de maneira informada a transição para a sustentabilidade (Sinkovics *et al.*, 2021). Apesar da diversidade de metodologias e abordagens existentes para

promover a sustentabilidade nos modelos de negócios, as abordagens até então, falham em representar a integração efetiva das dimensões (econômica, ambiental e social) da sustentabilidade (Santa-Maria *et al.*, 2021). Esses achados sugerem urgência no desenvolvimento de ferramentas unificadoras, abrangentes e holísticas que possam ser adaptados a diferentes setores e contextos (Santa-Maria *et al.*, 2021; Sinkovics *et al.*, 2021; Süß, Höse, e Götze, 2021; Minatogawa *et al.*, 2022).

4.1.3.3 Interseções com Sustentabilidade

As interseções entre economia circular e sustentabilidade foram tratadas na literatura como complexas e multifacetadas (Asgari e Asgari, 2021; Broccardo, Vola, Zicari, e Alshibani, 2023). De acordo com Salvador *et al.*, (2021), existem elementos críticos (facilitadores e barreiras) que precisam ser considerados nessa interação. Embora os modelos de negócios circulares ofereçam um caminho promissor na transição dos modelos de negócios para a sustentabilidade, sua eficácia depende de inúmeros fatores, tais como a formação de parcerias estratégicas (Salvador, Barros, Freire, Halog, *et al.*, 2021; Bhatnagar *et al.* 2022; Susur, Engwall, 2023; Assmann, Rosati e Morioka, 2023), inovação (Asgari, Asgari, 2021; Brenner, Drdla, 2023; Susur, Engwall, 2023), colaboração (Asgari; Asgari, 2021), ambiente institucional de apoio, fatores contextuais, regulamentações (Hina *et al.*, 2022; Foroozanfar *et al.*, 2022; Broccardo *et al.*, 2023; Assmann, Rosati e Morioka, 2023) e fatores culturais (Broccardo *et al.*, 2023; Assmann, Rosati, Morioka, 2023) que favoreçam sua adoção. A relação entre a economia circular e a sustentabilidade não é direta nem garantida, dependendo de vários fatores contextuais e estruturais (Salvador *et al.*, 2021; Foroozanfar *et al.*, 2022). De acordo com Hina *et al.*, (2022) a interseção entre economia circular e sustentabilidade não pode se limitar a mera implementação de práticas circulares, sem considerar a inter-relação dessas práticas em um contexto mais amplo. Assim, Hina *et al.*, (2023) indicaram a necessidade de explorar melhor essa interseção, mostrando assim uma importante lacuna de pesquisa.

4.1.3.4 Interações com Stakeholders

A Interação com *Stakeholders* emergiu como um tema central para explorar a complexidade da implementação de modelos de negócios sustentáveis e circulares (Fobbe e Hilletoft, 2021; Del Giudice *et al.*, 2022; Atif, 2023). As pesquisas apontaram que colaboração efetiva com os *stakeholders* (clientes, fornecedores, comunidades locais e governos), melhora a viabilidade e a resiliência dos modelos de negócios, aumentando a

adaptabilidade das empresas às mudanças externas (Fobbe e Hilletofth, 2021), ao mesmo tempo que otimiza a criação e a captura de valor no contexto da economia circular (Atif, 2023).

A formação de parcerias sólidas e o engajamento ativo com os *stakeholders* (Fobbe e Hilletofth, 2021), aliada a ampliação do uso de ferramentas de digitalização (Del Giudice *et al.*, 2022), são fatores-chave para promover a eficácia e a adaptabilidade desses modelos de negócios de maneira informada, o que busca reduzir possíveis assimetrias de informação. O compromisso gerencial com essa colaboração facilita a seleção de estratégias adequadas que maximizam o valor sustentável, reforçando a importância do engajamento dos *stakeholders* em todas as etapas da implementação de práticas circulares e sustentáveis (Atif, 2023).

4.1.3.3.5 Implementação

Os documentos analisados neste grupo, indicaram que, embora os modelos de negócios circulares tenham um grande potencial de contribuir com o desenvolvimento sustentável, sua implementação enfrenta desafios diversos (financeiros, institucionais, culturais, regulatórios e tecnológicos) e interconectados (Hultberg e Pal, 2021; Kanzari *et al.*, 2022; Kuik *et al.*, 2023; Méndez-León *et al.*, 2022; Miranda *et al.*, 2023).

Os desafios de implementação identificados na literatura incluem, falta de suporte institucional (Hultberg; Pal, 2021), falta de infraestrutura adequada (Kuik *et al.*, 2023), falta de políticas regulatórias (Hultberg; Pal, 2021; Kuik *et al.*, 2023), existência de conflitos de interesses (Méndez-León *et al.*, 2022), aliadas a ausência de mecanismos financeiros robustos (Kanzari *et al.*, 2022), resistência à mudança na cultura organizacional (Kuik *et al.*, 2023) e a falta de capacitação adequada (Kuik *et al.*, 2023).

Para superar esses obstáculos, os esforços devem se concentrar em inovação contínua (Hultberg; Pal, 2021), desenvolvimento de instrumentos financeiros (Kanzari *et al.*, 2022), educação do mercado (Hultberg; Pal, 2021), cooperação intersetorial (Méndez-León *et al.*, 2022) e criação de um ambiente regulatório (Hultberg; Pal, 2021; Kuik *et al.*, 2023) favorável à circularidade. Especificamente para o setor agroalimentar, a escalabilidade dos negócios é dificultada pela falta de tecnologias acessíveis e adaptadas à realidade local, bem como a resistência das comunidades rurais à mudança (Miranda *et al.*, 2023).

4.1.3.3.1.6 Transição para Sustentabilidade

Os estudos analisados indicaram a centralidade da inovação nos modelos de negócios circulares para promover o desenvolvimento sustentável (Abideen *et al.*, 2021; De Bruyne e Verleye, 2023; Donner e De Vries, 2023; Pangarso, Sisilia, e Peranginangin, 2022).

A capacidade de incorporar inovações tecnológicas, adaptar estratégias de negócios e responder a diferentes desafios ambientais e de mercado é o que permite às empresas avançarem em direção à sustentabilidade, seja por meio da implementação de tecnologias digitais como IoT e Big Data (Abideen et al., 2021), tecnologias naturais em práticas agrícolas sustentáveis (Donner e De Vries, 2023) da exploração de modelos de negócios diversos em micro pequenas e médias empresas (Pangarso et al., 2022), a inovação se apresenta com potencial para transformar a economia circular em uma realidade sustentável e economicamente viável a longo prazo (De Bruyne, Verleye, 2023). A integração de práticas sustentáveis com estratégias inovadoras permite que as empresas permaneçam competitivas e relevantes no mercado, ao mesmo tempo que promovem a sustentabilidade (De Bruyne, Verleye, 2023).

4.1.3.3.7 Bioeconomia Circular

Os artigos identificados, destacam aspectos específicos sobre o potencial dos modelos de negócios focados na bioeconomia circular. As pesquisas sobre bioeconomia circular ressaltam a importância de modelos de negócios que integram princípios da economia circular com a utilização eficiente de bio-recursos (Salvador *et al.*, 2021; Salvador *et al.*, 2023). A bioeconomia circular oferece oportunidades significativas para maximizar o valor dos recursos biológicos, promover a sustentabilidade e criar sistemas econômicos mais resilientes, mas também apresenta desafios que requerem adaptação e colaboração entre setores (Salvador et al., 2021). Elementos chave para o design de modelos de negócios voltados para uma bioeconomia circular incluem estratégias de circularidade como *upcycling* (reaproveitamento criativo), a criação de valor a partir de fluxos de co-produtos e a minimização do uso de recursos virgens (Salvador et al., 2021). A abordagem apresentada enfatiza que a adaptação dos modelos de negócios às especificidades locais deve considerar fatores como a disponibilidade de bio-recursos e a infraestrutura tecnológica (Salvador et al., 2021). A exploração de sinergias entre bioeconomia e economia circular indica que para promover a circularidade ao longo de toda a cadeia de valor, é necessário integrar diferentes estratégias em um sistema econômico mais resiliente (Salvador et al., 2023). Além da inovação, a cooperação intersetorial é necessária para implementar práticas circulares alinhadas a sustentabilidade (econômica, social e ambiental), no longo prazo (Salvador et al., 2023).

O Quadro 20 apresenta uma síntese com os principais achados de cada agrupamento.

Quadro 20 – Síntese dos Achados nos Agrupamentos do Banco de Dados Modelos de Negócios

Agrupamento	Achados
Impactos Ambientais	Esses estudos evidenciam que a economia circular, quando implementada com suporte estratégico e tecnológico, pode trazer contribuições significativas para a sustentabilidade ambiental, mas requer uma abordagem integrada e a superação de desafios para maximizar seus benefícios.
Ferramentas ou Frameworks	Esses estudos evidenciam uma lacuna crítica na integração das dimensões da sustentabilidade em modelos de negócios e sugerem o desenvolvimento de ferramentas mais unificadoras e holísticas para facilitar a transição para a sustentabilidade em diversos setores.
Interseção com Sustentabilidade	<p>A interseção entre economia circular e sustentabilidade é complexa e depende de fatores diversos, como parcerias estratégicas, inovação, regulamentações e contextos culturais específicos.</p> <p>Embora os modelos de negócios circulares ofereçam um caminho para a sustentabilidade, sua eficácia não é garantida, pois requer uma abordagem abrangente e integrada que considere a inter-relação dessas práticas em um contexto mais amplo.</p> <p>Os estudos ressaltam a necessidade de explorar essa interseção de forma mais profunda, identificando lacunas de pesquisa que podem aprimorar o entendimento e a aplicação desses modelos.</p>
Desafios na Implementação e Escalabilidade	A implementação de modelos de negócios circulares, embora promissora para o desenvolvimento sustentável, enfrenta uma série de desafios financeiros, institucionais, culturais e tecnológicos. Superar esses obstáculos requer inovação contínua, desenvolvimento de mecanismos financeiros, educação do mercado, cooperação entre setores e um ambiente regulatório favorável. No setor agroalimentar, a escalabilidade é limitada pela falta de tecnologias acessíveis e resistência à mudança em comunidades rurais. Abordagens integradas e adaptadas são essenciais para fortalecer a adoção de práticas circulares e promover a sustentabilidade.
Inovação e Tecnologias Facilitadoras	A transição para a sustentabilidade nos modelos de negócios circulares depende da centralidade da inovação, que permite às empresas incorporarem tecnologias digitais e naturais, adaptar estratégias e responder a desafios ambientais e de mercado. Essa capacidade de adaptação pode tornar a economia circular economicamente viável a longo prazo e para que as empresas permaneçam competitivas e sustentáveis. Ao integrar práticas inovadoras, as empresas não apenas atendem às demandas de sustentabilidade, mas também asseguram sua relevância e competitividade no mercado atual.
Interação com Stakeholders e Colaboração	A interação eficaz com stakeholders, incluindo clientes, fornecedores, comunidades e governos, é crucial para a implementação bem-sucedida de modelos de negócios sustentáveis e circulares. A colaboração e a formação de parcerias sólidas, juntamente com o uso de ferramentas digitais, aumentam a viabilidade, resiliência e adaptabilidade das empresas, maximizando a criação de valor sustentável. O compromisso gerencial com o engajamento contínuo dos stakeholders em todas as etapas do processo facilita a escolha de estratégias eficazes, garantindo que as práticas circulares e sustentáveis sejam implementadas de maneira informada e eficaz.
Bioeconomia Circular	A bioeconomia circular integra os princípios da economia circular com o uso eficiente de bio-recursos, oferecendo oportunidades significativas para maximizar o valor dos recursos biológicos e promover a sustentabilidade. No entanto, sua implementação enfrenta desafios que exigem adaptação local, colaboração intersetorial e a integração de estratégias circulares em toda a cadeia de valor. A adaptação às especificidades locais, como a disponibilidade de bio-recursos e infraestrutura tecnológica, é crucial para criar um sistema econômico mais resiliente, alinhado às dimensões econômica, social e ambiental da sustentabilidade.

Fonte: Elaborado pela pesquisadora (2024)

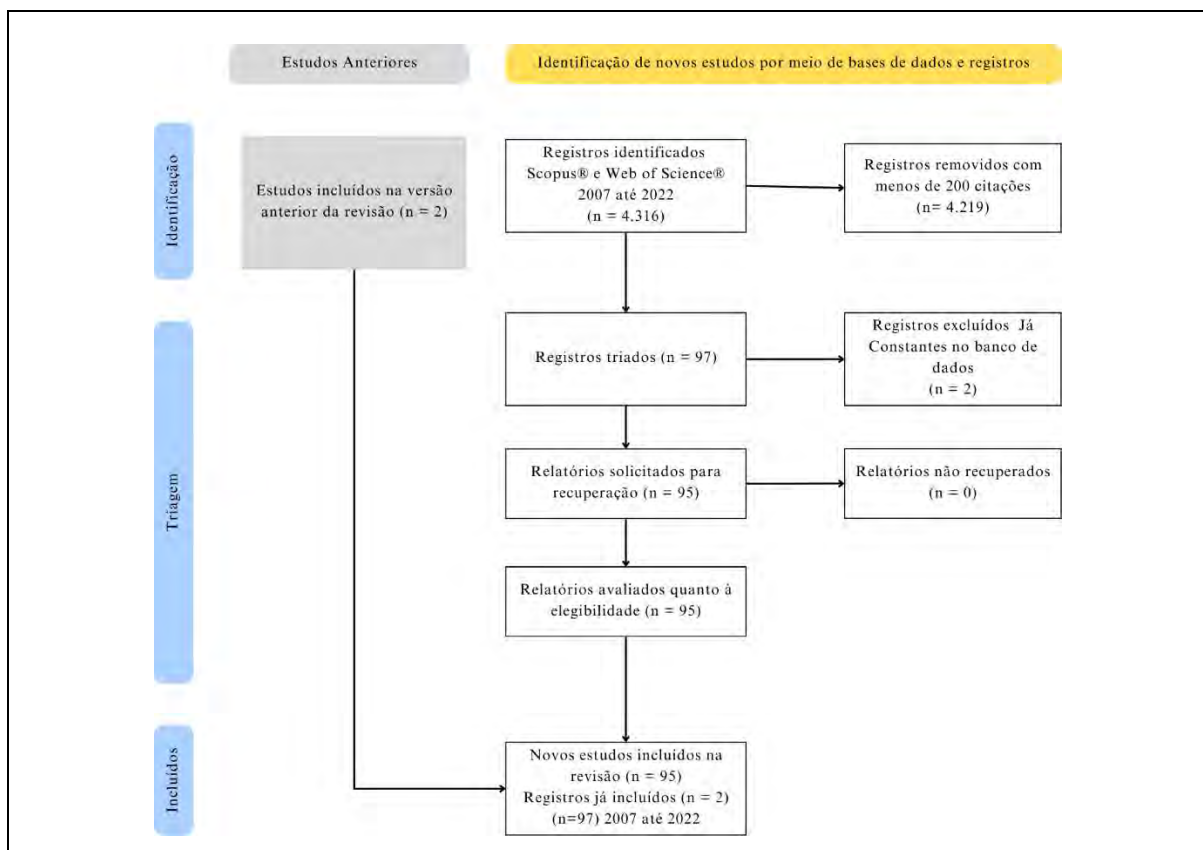
A análise dos estudos identificados aponta que a economia circular e a bioeconomia circular oferecem caminhos para a redução dos impactos ambientais, principalmente em

relação à diminuição das emissões de gases de efeito estufa e ao uso mais eficiente de recursos naturais. No entanto, para que esses modelos de negócios circulares realmente promovam a sustentabilidade, é necessário superar desafios, como a falta de ferramentas integradas que orientem a adoção de práticas circulares, a necessidade de inovação tecnológica contínua e a complexa interação entre *stakeholders*. A eficácia desses modelos depende da construção de parcerias estratégicas, do desenvolvimento de políticas públicas de suporte e da adaptação dos modelos de negócios às especificidades locais, considerando a infraestrutura tecnológica e a disponibilidade de bio-recursos. O avanço da bioeconomia circular exige inovação e cooperação intersetorial que apoie a implementação de práticas de longo prazo, criando sistemas econômicos mais resilientes e competitivos. Esses achados indicam a importância de um enfoque abrangente e colaborativo para consolidar práticas de economia circular que sejam economicamente viáveis, socialmente inclusivas e ambientalmente responsáveis, ampliando as possibilidades de uma transição sustentável para um futuro mais equilibrado.

4.2 RESULTADOS DA ECONOMIA CIRCULAR

A seguir são apresentados os resultados referentes a análise dos documentos pertencentes ao conjunto de dados p2_97, para a temática da economia circular. A pesquisa foi realizada nas bases de dados Scopus® e Web of Science® utilizando o descritor “*Circular Econom**” restrito aos títulos. Os critérios incluíram artigos publicados em periódicos científicos em inglês, desde 2007 até 2023. Artigos duplicados foram removidos, resultando em 4.316 artigos. Um filtro adicional selecionou apenas os artigos com 200 ou mais citações, reduzindo a amostra para 97 artigos, conforme apresentado na Figura 17.

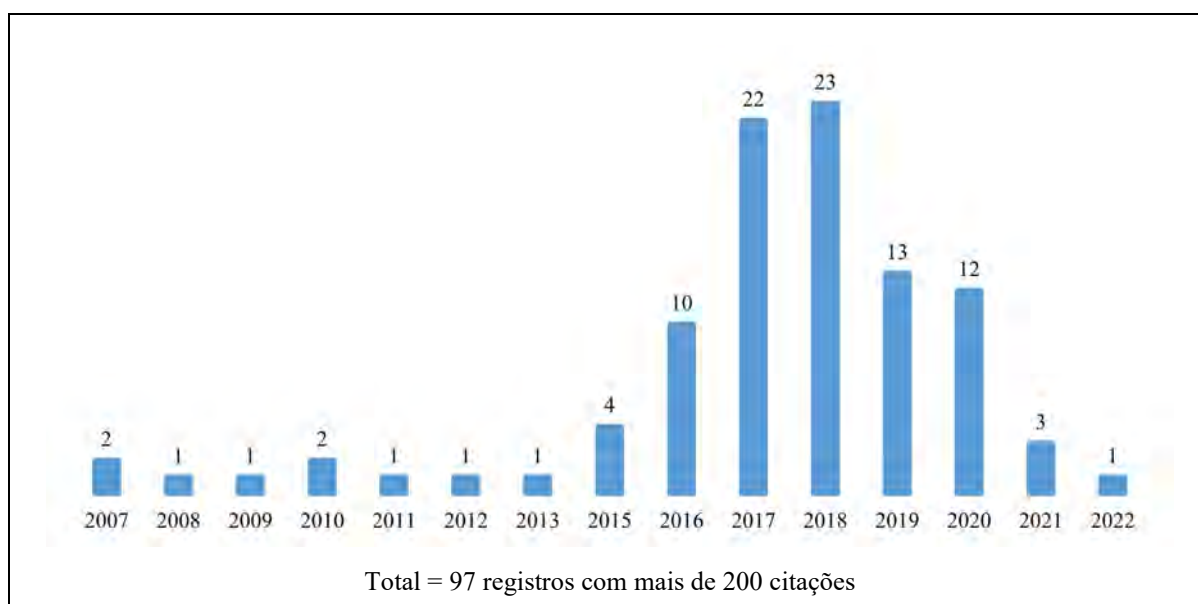
Figura 17 – Fluxograma Prisma da Identificação dos Estudos de p2_97.



Fonte: Adaptado de Tricco *et al.*, (2018)

Os documentos foram, inicialmente, agrupados e categorizados de forma indutiva usando o *software* NVivo®, baseando-se na leitura de resumos. Os artigos foram organizados em agrupamentos sem categorias pré-definidas, e cada documento foi tratado individualmente no NVivo®, sendo posteriormente submetido à codificação automática pelo *software*.

Figura 18 – Quantidade de publicações por ano para o conjunto p2_97



Fonte: Dados da pesquisa

O maior número de publicações, dentre os mais citados, se concentrou nos anos de 2017 e 2018 respectivamente. Por meio da leitura dos resumos, os artigos foram alocados em agrupamentos sem nome de categoria pré-definida. Cada documento foi tratado como um caso específico no NVivo®, e atribuído a uma classificação de caso. Assim, os registros foram agrupados em seis categorias conforme apresentado no Quadro 21.

Quadro 21 – Categorias Gerais de Agrupamento dos Artigos

Categorias	Crítérios de agrupamento	Quantidade
Fundamentos e Conceitos	Estudos que abordam teorias, conceitos, princípios e <i>frameworks</i> da economia circular, contribuindo para a base conceitual do campo.	13
Avaliação e Crítica	Análises críticas que avaliam a eficácia, limitações, desafios éticos e impactos ambientais de práticas e políticas da economia circular.	11
Aplicações Setoriais	Documentos que discutem implementações específicas da economia circular em setores industriais ou contextos regionais, destacando casos de sucesso, desafios e estratégias práticas.	24
Desafios e Oportunidades	Artigos que identificam barreiras, desafios, oportunidades e fatores críticos para a transição para uma economia circular, incluindo aspectos socioeconômicos e tecnológicos.	17
Implementação e Avaliação	Trabalhos focados em métodos, políticas, estratégias e avaliações de implementação da economia circular, tanto em níveis macro quanto microeconômicos.	16
Tecnologias e Inovação	Pesquisas sobre novas tecnologias, inovações, e práticas sustentáveis que suportam a circularidade, incluindo design sustentável, reciclagem avançada e modelos de negócios inovadores.	16

Fonte: Elaborado pela pesquisadora (2024).

A categoria Aplicações Setoriais na qual foram incluídos 24 artigos, representou aproximadamente 29,6% do total de 81 artigos analisados. O que indica interesse na aplicação

de conceitos de economia circular em contextos industriais específicos, refletindo um movimento em direção à adoção prática de estratégias circulares.

Em contraste, a categoria Fundamentos e Conceitos, que fundamenta teoricamente a prática da economia circular, compreende 13 artigos (16,0% do total). Os documentos podem indicar m campo em uma base teórica madura, com espaço para avanços em áreas mais técnicas.

Nas categorias Avaliação e Crítica, com 11 artigos (13,6%), e Desafios e Oportunidades, com 17 artigos (21,0%), revelam uma preocupação equilibrada entre a crítica das práticas existentes e o reconhecimento de barreiras e oportunidades para avanço. Tais categorias são importantes para encaminhamento do desenvolvimento sustentável do campo, pois fornecem um panorama dos obstáculos reais e teóricos que precisam ser superados.

Por fim, as categorias Implementação e Avaliação e Tecnologias e Inovação ambas com 16 artigos cada (19,8% do total em cada), destacam uma tendência em pesquisas para o desenvolvimento de novas soluções práticas e tecnológicas. Essa ênfase em inovação tecnológica e avaliação podem indicar que as pesquisas estão avançando rapidamente em direção a soluções que podem ser escaladas e aplicadas em uma variedade de contextos econômicos e ambientais.

A seguir são apresentadas as informações relacionadas a cada categoria levantada.

4.2.1 Conceitos da Economia Circular (13)

A integração entre a economia e sustentabilidade ambiental tem ganhado destaque nas discussões acadêmicas e políticas, sobretudo por meio do conceito de Economia Circular. Andersen (2007) já explorava os fundamentos da economia ambiental e a relevância de seus princípios para uma economia circular, bem como a importância de precificar externalidades e desenvolver uma abordagem interdisciplinar para quantificar os custos ambientais. De acordo com Andersen (2007), a economia circular é vista como uma alternativa ao modelo econômico linear, por meio de operações de reciclagem, reutilização de materiais e minimização de resíduos, entretanto, de acordo com o autor existem limitações físicas e econômicas para a aplicação dessa abordagem em larga escala.

Ao explorar como a economia circular pode contribuir para uma gestão mais sustentável dos recursos naturais, focando na minimização de resíduos e no reaproveitamento de materiais, Andersen (2007) argumenta que a internalização das externalidades ambientais, por meio de mecanismos como impostos sobre a poluição, podem tornar as políticas públicas

mais eficientes ao refletir os verdadeiros custos ambientais nos preços de mercado, incentivando práticas mais limpas e sustentáveis, ao mesmo tempo em que destaca os limites físicos e econômicos da reciclagem e reutilização de recursos.

Geng e Doberstein (2008) abordaram a adoção da economia circular na China, destacando como a adoção dessas estratégias poderia ajudar o país a enfrentar desafios ambientais e de gestão de recursos decorrentes de uma industrialização acelerada, ocasionando melhorias na produtividade de recursos e ecoeficiência. Os autores discutiram o desenvolvimento e a implementação da economia circular em três níveis: empresas, parques industriais ecológicos e iniciativas em cidades e províncias ecológicas, enquanto identificaram barreiras significativas como a falta de incentivos econômicos, tecnologias avançadas e participação pública, bem como a necessidade de um conjunto mais abrangente de indicadores de sustentabilidade.

Park, Sarkis e Wu (2010) propuseram que a teoria da modernização ecológica (EMT) oferece uma abordagem mais completa do que a teoria baseada em recursos (RBV) ao integrar práticas ambientais na criação de valor empresarial. Destaca como a adoção de práticas de gestão sustentável da cadeia de suprimentos pode promover tanto crescimento econômico quanto benefícios ambientais na China. A teoria da modernização ecológica é utilizada como um arcabouço teórico para explicar como as empresas podem transformar desafios ambientais em oportunidades de inovação e competitividade, especialmente no contexto da economia circular. A análise de casos de empresas como Alcatel, Haier e Dongtai demonstraram que a economia circular oferece múltiplas dimensões de valor, desde a redução de custos até a criação de novas receitas e resiliência organizacional.

O progresso de iniciativas eco-industriais na China, destacando a transição do país para uma economia circular por meio de parques industriais sustentáveis, foram os elementos investigados por Mathews e Tan (2011). Os pesquisadores comparam essas iniciativas com exemplos internacionais, analisando como a China tem avançado na reutilização de resíduos e na criação de sinergias industriais, assim, foram identificadas barreiras como desafios tecnológicos, financeiros e institucionais que são limitantes a expansão dessas práticas. No caso específico da China, foi ressaltada a influência do governo no sucesso dessas iniciativas.

Os Sistemas Produto-Serviço (PSS), que substituem a posse pelo uso, representam uma estratégia circular eficaz. Tukker (2015) observa que o PSS reduz o impacto ambiental ao promover a eficiência de recursos e prolongar a vida útil dos produtos, sendo mais bem aceito em ambientes B2B. Entretanto, no mercado B2C, enfrenta a preferência pela posse dos consumidores, um desafio cultural à adoção do modelo.

O interesse mundial pela EC como uma estratégia para superar o modelo atual baseado em crescimento contínuo e aumento do uso de recursos, foi observada por Ghisellini, Cialani e Ulgiati (2016). Por meio de uma revisão da literatura, os autores abordaram origens, princípios básicos, vantagens e desvantagens da EC, além de sua implementação em diferentes níveis, evidenciando que, embora a transição para a EC esteja apenas no início, há um potencial significativo para a melhoria dos modelos de produção e consumo.

Sauvé, Bernard e Sloan (2016) exploraram a necessidade de uma abordagem interdisciplinar para enfrentar desafios ambientais, destacando a economia circular como um conceito que diverge das noções tradicionais de ciências ambientais e desenvolvimento sustentável. Desta maneira, os pesquisadores apontaram dificuldades epistemológicas e práticas de harmonizar diferentes disciplinas em prol de uma abordagem transdisciplinar eficaz.

A mudança do modelo de produção linear para um modelo circular tem ganhado atenção, especialmente por empresas globais e formuladores de políticas, devido aos seus benefícios financeiros, sociais e ambientais. Lewandowski (2016) ressaltou a necessidade de um conhecimento abrangente sobre o *design* de modelos de negócios circulares para estimular a implementação da economia circular, introduzindo novos componentes como o sistema de retorno e fatores de adoção. Os novos componentes, a serem incluídos no modelo de negócios canvas, indicados por Lewandowski (2016) são apontados no Quadro 22.

Quadro 22 – Componentes para implementação da Economia Circular

Bloco do Canvas	Novos Componentes Introduzidos	Descrição
Proposta de valor	Sistema de Retorno (<i>Take-Back System</i>)	Mecanismo que permite a recuperação de produtos, componentes ou materiais após o uso pelo consumidor, possibilitando sua reutilização, reciclagem ou remanufatura
Segmentos de Clientes	Fatores de Adoção	Elementos que influenciam a viabilidade e implementação dos modelos circulares, incluindo regulamentação, incentivos econômicos, aceitação do mercado e desenvolvimento tecnológico.

Fonte: Elaborado a partir de Lewandowski (2016).

Lewandowski (2016), apresentou ainda o desafio do triplo ajuste (*Triple Fit Challenge*), como um facilitador da transição para um modelo de negócio circular, conforme apresentado no Quadro 23.

Quadro 23 – Elementos do Desafio do Triplo Ajuste

Ajuste com os Princípios da Economia Circular	O modelo de negócios deve eliminar desperdícios, promover a reutilização de recursos e garantir um uso eficiente de materiais.
---	--

Ajuste com o Mercado	Os produtos e serviços circulares devem ser economicamente viáveis e atender às expectativas dos clientes para garantir aceitação e sucesso comercial.
Ajuste Interno	A implementação de um modelo circular exige mudanças organizacionais, como adaptações em processos produtivos, cadeia de suprimentos e cultura corporativa

Fonte: Elaborado a partir de Lewandowski (2016).

O *Triple Fit Challenge* de Lewandowski (2016) explica que não basta querer ser sustentável, é necessário alinhar o modelo de negócios aos princípios da economia circular, garantir aceitação no mercado e reestruturar a empresa internamente. Deste modo, para que um modelo de negócios circular funcione na prática, a empresa precisa integrar esses três ajustes simultaneamente, garantindo que a sustentabilidade seja econômica, comercial e operacionalmente viável.

Scheepens, Vogtländer e Brezet (2016) destacaram a necessidade de métricas para analisar modelos de negócios complexos na economia circular, utilizando a Avaliação do Ciclo de Vida (LCA) para analisar os aspectos ambientais e introduzindo o Modelo de Razão de Valor Eco-custo (EVR) para analisar os efeitos ambientais negativos das iniciativas de negócios em um nível de sistema, além de fornecer uma abordagem teórica para o *design* de modelos de negócios sustentáveis.

Genovese *et al.* (2017) argumentaram que a economia circular pode ampliar as fronteiras da sustentabilidade ambiental ao transformar produtos de maneira que existam relações funcionais entre os sistemas ecológicos e o crescimento econômico. Os autores discutem como as práticas de gestão de cadeia de suprimentos sustentáveis e a economia circular têm se desenvolvido em paralelo. A economia circular busca transformar o sistema de produção para que os materiais sejam reutilizados continuamente, diferentemente da gestão da cadeia de suprimentos sustentável, que frequentemente foca apenas na minimização do impacto ambiental das operações atuais.

McDowall *et al.*, (2017) explora e compara as políticas de economia circular entre a China e a Europa, destacando como o conceito é entendido e implementado em cada região. A pesquisa revela que, enquanto a Europa concentra-se mais em resíduos, recursos e oportunidades para negócios, a China adota uma abordagem mais ampla, incluindo também a poluição e outros desafios ambientais decorrentes do crescimento industrial rápido. A economia circular europeia é vista como uma estratégia para melhorar a competitividade por meio da inovação e eficiência de recursos, enquanto a China utiliza a economia circular como uma solução para equilibrar crescimento econômico e sustentabilidade ambiental. Além disso, o estudo aponta diferenças significativas nos indicadores utilizados para medir o progresso da

economia circular e nas prioridades políticas, com a China focando mais em aspectos produtivos e a Europa em padrões de consumo.

Embora a proposta de uma Economia Circular seja crescente para a sustentabilidade, Moreau *et al.* (2017) destacaram questões importantes de atenção, como a integração adequada das dimensões sociais e institucionais. Os autores defendem que as estratégias de circularidade focadas principalmente em eficiência econômica e reciclagem, são insuficientes para promover uma transição sustentável. Assim, destacam a importância de reformas políticas e institucionais, além de sugerirem a economia social e solidária (ESS) como um modelo alternativo para enfrentar questões como distribuição equitativa de custos e condições laborais justas, contribuindo para uma economia mais inclusiva e sustentável (Moreau *et al.*, 2017).

Blomsma e Brennan (2017) utilizaram conceitos-guarda-chuva para articular a função catalisadora valiosa que a EC pode desempenhar no debate sobre gestão de resíduos e recursos. Eles destacaram a capacidade da economia circular de reenquadrar estratégias de recursos, prolongando o uso de recursos e enfatizando a relação entre essas estratégias, oferecem uma perspectiva sobre a gestão de resíduos e recursos.

Geissdoerfer *et al.* (2017) discutiram a relação entre EC e sustentabilidade, visando o esclarecimento conceitual de ambos os termos. Por meio de uma revisão da literatura, os autores identificam diferentes tipos de relações entre economia circular e sustentabilidade contribuindo para uma maior clareza conceitual e eficácia na aplicação dessas abordagens na prática e na pesquisa. Uma síntese das tratativas centrais é apresentada no Quadro 24.

Quadro 24 – Relações entre Economia Circular e Sustentabilidade

Relações	Economia Circular	Sustentabilidade
Semelhanças	Compartilham compromissos intergeracionais e globais, além de enfatizarem a necessidade de mudanças sistêmicas e inovação. Reconhecem a importância de integrar aspectos ambientais e sociais com o progresso econômico, utilizando a cooperação entre <i>stakeholders</i> e a inovação tecnológica como ferramentas centrais para suas implementações.	
Diferenças	Mais recente e focada principalmente em fechar ciclos produtivos, reduzindo resíduos e otimizando o uso de recursos Se concentra em ganhos econômicos imediatos e benefícios ambientais	Mais ampla e aberta, com foco equilibrado nas dimensões econômica, ambiental e social Engloba um conjunto mais complexo de metas e objetivos abertos
Relações de dependência	Economia circular é vista como uma condição necessária para a sustentabilidade	
Relações de complementaridade	Economia circular é apenas uma entre várias estratégias possíveis para promover a sustentabilidade	
Foco em aspectos ambientais e econômicos	Tende a simplificar o enfoque na sustentabilidade, priorizando a minimização de resíduos e o uso eficiente de recursos.	Mais ampla, busca equilibrar questões econômicas, ambientais e sociais.

	Frequentemente apresentada como um modelo mais atraente para empresas e formuladores de políticas, devido ao seu foco claro nos benefícios econômicos e na redução de impactos ambientais a curto prazo.	
Limitações Sociais	Embora traga benefícios claros para o ambiente e para a economia, seus impactos sociais são menos explorados. Quando mencionados, os aspectos sociais se concentram principalmente na criação de empregos, com pouca ênfase em questões como o bem-estar subjetivo e a inclusão social.	Mesmo possuindo um escopo mais amplo, pode apresentar dificuldades na implementação equitativa de políticas e na garantia de benefícios sociais de longo prazo.
Inovação	Em ambas a inovação de modelos de negócios é vista como uma estratégia essencial para promover a transição para sistemas mais sustentáveis. Modelos circulares, que priorizam o uso prolongado de produtos e a reciclagem, são apontados como oportunidades para melhorar a sustentabilidade econômica e ambiental0 A EC, pode complementar outras abordagens mais amplas de sustentabilidade, especialmente quando combinada com estratégias que abordem as dimensões sociais e de inclusão.	

Fonte: Elaborado a partir de Geissdoerfer et al., (2017).

Kirchherr, Reike e Hekkert (2017) examinaram a diversidade de entendimentos do conceito de EC e sua fraca ligação com o desenvolvimento sustentável. Os autores argumentam que a economia circular é frequentemente retratada como uma combinação de atividades de redução, reutilização e reciclagem, sem enfatizar a necessidade de uma mudança sistêmica para uma economia verdadeiramente circular.

Murray, Skene e Haynes (2017a) exploraram a EC como um modelo que integra a atividade econômica e a sustentabilidade ambiental, com foco em sua aplicação prática, especialmente na China. Por meio de uma análise teórica, traçaram as origens da EC e propuseram uma redefinição mais ampla que inclui o bem-estar humano e a restauração ambiental. Embora a EC apresente potencial para reduzir o desperdício e otimizar a produção, foram identificadas tensões, como a ausência de uma dimensão social robusta e possíveis consequências ambientais negativas. Murray *et al.*, (2017) criticaram a simplificação excessiva da EC, sugerindo que uma abordagem mais holística é necessária para maximizar seus benefícios como um modelo econômico integrado à sustentabilidade ambiental.

A Economia Circular tem sido amplamente difundida em resposta aos modelos industriais lineares, promovendo sistemas de produção fechados que maximizam a reutilização de recursos. Urbinati, Chiaroni e Chiesa (2017) destacaram a necessidade de superação do modelo linear de produzir, usar, descartar. Os autores propuseram então uma taxonomia de

Modelos de Negócios de Economia Circular baseada na proposição de valor ao cliente e interface, e na rede de valor, destacando a importância da adaptação das empresas para práticas mais sustentáveis (Quadro 25). Para Urbinati, Chiaroni e Chiesa (2017) o comprometimento da gestão e a integração de práticas circulares definem o sucesso na transição para a Economia Circular.

Quadro 25 – Taxonomia dos modelos de negócios da Economia Circular

Categoria	Descrição	Proposição de Valor ao Cliente e Interface	Rede de Valor	Exemplo de Aplicação
Linear	Modelo tradicional, sem práticas circulares.	Produto vendido sem preocupação com reutilização ou reciclagem.	Cadeia de produção linear, sem integração de práticas circulares.	Empresas que operam com extração-produção-descarte, sem preocupação com sustentabilidade.
<i>Downstream</i> Circular	Empresas que focam na oferta de produtos/serviços circulares aos clientes, mas sem grandes mudanças internas.	Modelos de aluguel, leasing ou venda de produtos reutilizáveis.	Cadeia produtiva ainda segue o modelo tradicional, sem grandes mudanças.	Empresas que alugam produtos em vez de vendê-los, como compartilhamento de veículos.
<i>Upstream</i> Circular	Empresas que adotam práticas circulares na produção e na cadeia de suprimentos, mas sem promover ativamente para os consumidores.	Produtos mantêm estrutura tradicional, sem comunicação explícita sobre circularidade.	Redesenho de processos, uso de materiais recicláveis e fornecedores sustentáveis.	Indústrias que reaproveitam resíduos na produção, mas sem promover isso ao consumidor.
<i>Full</i> Circular	Empresas que integram a circularidade em toda a cadeia de valor, tanto interna quanto externamente.	Produtos e serviços são projetados para reutilização, reciclagem e longo ciclo de vida.	Forte colaboração com fornecedores, logística reversa, processos de remanufatura e reciclagem.	Empresas que utilizam materiais reciclados, promovem a economia circular e engajam clientes na reutilização.

Fonte: Elaborado a partir de Urbinati, Chiaroni e Chiesa (2017)

Winans, Kendall e Deng (2017) revisaram historicamente a aplicação do conceito de economia circular, enfocando a valoração de materiais em um sistema fechado para permitir o uso de recursos naturais enquanto se reduz a poluição. O foco é criação de sistemas que promovem um fluxo contínuo de materiais reutilizados, reduzindo a dependência de novos recursos e minimizando os impactos ambientais. Assim, os pesquisadores identificaram fatores de sucesso, desafios e lacunas de pesquisa na implementação da EC, fornecendo informações úteis para pesquisadores e grupos de partes interessadas interessados em definir e implementar o conceito de forma prática (Winans, Kendall e Deng, 2017).

Quadro 26 – Desafios na implementação da EC em diferentes setores e regiões

Categoria	Elemento	Descrição
------------------	-----------------	------------------

Fatores de Sucesso	Políticas públicas bem estruturadas	Regulamentações claras e incentivos financeiros estimulam empresas a adotarem práticas circulares.
	Integração entre setores	Cooperação entre governos, indústrias e comunidades facilita a criação de redes circulares eficientes.
	Infraestrutura e tecnologia adequadas	Disponibilidade de centros de reciclagem, logística reversa eficiente e tecnologias inovadoras de reaproveitamento.
	Modelos de negócios inovadores	Expansão de práticas como leasing, remanufatura, reutilização e compartilhamento de produtos.
	Conscientização e participação social	Engajamento de consumidores e empresas para a adoção de hábitos de consumo e produção sustentáveis.
Desafios	Alto custo inicial	Empresas precisam investir em novas tecnologias e reformular processos produtivos.
	Falta de infraestrutura	Deficiência na coleta, triagem e reciclagem de materiais em várias regiões.
	Barreiras regulatórias e políticas inconsistentes	Diferenças nas legislações ambientais dificultam a implementação da EC em cadeias globais de suprimentos.
	Desafios técnicos na reciclagem	Certos materiais, como plásticos e metais, perdem qualidade após múltiplos ciclos de reaproveitamento.
	Resistência à mudança	Empresas tradicionais podem se opor à EC devido a receios sobre impacto financeiro e mudanças estruturais.
	Falta de incentivos financeiros	Subsídios e mecanismos de financiamento ainda são limitados para apoiar iniciativas circulares.
Lacunas	EC na Indústria Química e Biológica	Poucas pesquisas sobre a aplicação da EC em setores como agricultura e biorrefinarias
	Qualidade dos materiais reciclados	Necessidade de estudos sobre degradação, viabilidade de reutilização e preservação de propriedades físicas dos materiais.
	Integração da EC ao uso do solo	Exploração limitada sobre como o planejamento territorial pode incorporar práticas circulares.
	Modelos de negócio circulares	Pouca pesquisa sobre a viabilidade e escalabilidade de empresas baseadas em circularidade.
	Impacto social da EC	Necessidade de estudos sobre como a EC pode reduzir desigualdades e gerar empregos sustentáveis.

Fonte: Elaborado a partir de Winans, Kendall e Deng (2017).

Conforme apresentado no quadro a transição para um modelo econômico mais circular exige um esforço conjunto entre governos, indústrias e sociedade civil, com investimentos em pesquisa, desenvolvimento tecnológico e incentivos financeiros. Winans, Kendall e Deng (2017) defendem que somente com essa abordagem integrada será possível maximizar os benefícios ambientais, sociais e econômicos da Economia Circular, promovendo um modelo de produção e consumo mais sustentável para o futuro.

Korhonen, Honkasalo e Seppälä (2018) realizaram uma análise crítica da EC do ponto de vista da sustentabilidade ambiental, identificando desafios que precisam ser resolvidos para que a economia circular contribua efetivamente para a sustentabilidade global. Assim, destacaram, ainda, a importância da pesquisa científica para garantir que os impactos ambientais da EC avancem em direção à sustentabilidade (Korhonen, Honkasalo e Seppälä, 2018).

Reike, Vermeulen e Witjes (2018) contribuíram para a clareza no campo da EC, fornecendo uma heurística de utilidade prática, na qual é destacada a evolução histórica do

conceito. Ao explorar as controvérsias em torno da conceitualização da economia circular (EC), os autores destacaram a evolução do conceito em três fases principais: CE 1.0, focada no tratamento de resíduos; CE 2.0, que integra medidas preventivas e de saída; e CE 3.0, com ênfase na retenção máxima de valor de recursos, por meio de práticas como reuso, reparo e remanufatura, as fases identificadas são apresentadas no Quadro 27.

Quadro 27 – Fases da Economia Circular

Fase	Descrição	Enfoque Principal
CE 1.0 (1970–1990s)	Centrada na gestão de resíduos e no controle da poluição. Medidas como “reduzir, reutilizar e reciclar” começaram a ganhar importância.	Controle de resíduos e tratamento final (ex. incineração e aterros)
CE 2.0 (1990s–2010)	Integração de medidas preventivas com medidas de saída, ligando a produção à gestão de resíduos. A ideia de eficiência ecológica começa a ser aplicada, com conceitos como ciclo de vida e ecologia industrial ganhando força.	Conexão entre entradas e saídas, com ênfase na eficiência dos recursos e no design de produtos sustentáveis
CE 3.0 (2010+)	Focada na retenção máxima de valor dos recursos, com estratégias de ciclo curto como remanufatura, recondicionamento e reuso ganhando destaque. Aborda desafios globais de sustentabilidade como a escassez de recursos.	Retenção máxima de valor com ciclos curtos e estratégias regenerativas (ex. remanufatura, reuso, reciclagem de alto valor)

Fonte: Elaborado a partir de Reike, Vermeulen e Witjes (2018)

Reike, Vermeulen e Witjes (2018), propuseram ainda uma nova tipologia de 10 imperativos-R (Quadro 28) sugerindo que as práticas de retenção de valor de ciclo curto são fundamentais para a sustentabilidade.

Quadro 28 – 10 imperativos-R

Imperativo-R	Explicação	Exemplos
Recusar (<i>Refuse</i>)	Evitar o consumo de produtos desnecessários e eliminar o desperdício na origem.	Evitar o uso de sacolas plásticas descartáveis; não adquirir produtos de uso único.
Reduzir (<i>Reduce</i>)	Minimizar o uso de recursos e materiais durante o processo produtivo e de consumo.	Projetar produtos que utilizem menos matérias-primas; otimizar processos industriais para reduzir o consumo de energia.
Repensar (<i>Rethink</i>)	Reavaliar a maneira como produtos são concebidos e utilizados, promovendo soluções mais eficientes.	Redesenhar produtos para modularidade e manutenção mais fácil; usar produtos multifuncionais.
Reutilizar (<i>Reuse</i>)	Utilizar produtos ou componentes novamente, sem modificá-los significativamente.	Usar embalagens retornáveis; revender ou doar roupas e móveis usados.
Reparar (<i>Repair</i>)	Consertar produtos para prolongar sua vida útil, em vez de descartá-los.	Reparar eletrônicos ou eletrodomésticos quebrados; serviços de conserto de calçados.
Recondicionar (<i>Refurbish</i>)	Restaurar produtos para uma condição próxima da original, com melhorias ou atualizações.	Recondicionar equipamentos eletrônicos para revenda (ex. smartphones recondicionados).
Remanufaturar (<i>Remanufacture</i>)	Reconstruir um produto ao estado de novo, usando uma combinação de peças reaproveitadas e novas.	Remanufatura de motores de veículos; produção de impressoras usando componentes reaproveitados.

Repurpose (<i>Repurpose</i>)	Usar produtos ou componentes para uma função diferente da original.	Transformar pneus usados em material para playgrounds; converter containers em residências.
Reciclar (<i>Recycle</i>)	Processar materiais usados para criar novos produtos, mantendo o valor do material o mais alto possível.	Reciclagem de papel, plástico e metais para a fabricação de novos produtos.
Recuperar (<i>Recover</i>)	Extrair materiais ou energia de resíduos que não podem ser reutilizados ou reciclados.	Incineração de resíduos para geração de energia; recuperação de metais preciosos de aparelhos eletrônicos descartados.

Fonte: Reike, Vermeulen e Witjes (2018)

Reike, Vermeulen e Witjes (2018), salientaram para criar um ambiente onde as práticas de retenção de valor de ciclo curto possam ser viáveis, acessíveis e competitivas em relação aos modelos tradicionais de produção e consumo lineares, dependem de políticas públicas e incentivos econômicos para serem viáveis e amplamente adotadas.

Prieto-Sandoval, Jaca e Ormazabal (2018) explora o conceito de Economia Circular (EC), propondo uma estrutura consensual para definir seus principais elementos e a inter-relação com a eco-inovação. Realizado a partir de uma revisão sistemática da literatura, o estudo identifica componentes fundamentais para a EC, como a recirculação de recursos, uma abordagem em múltiplos níveis (micro, meso e macro) e a dependência de inovações cíclicas e regenerativas. Os autores destacam que a EC, ao fechar ciclos produtivos e integrar práticas sustentáveis, contribui diretamente para o desenvolvimento sustentável, servindo como um modelo transformador que envolve tanto empresas quanto governos e sociedade na busca por um futuro mais ecológico e economicamente viável.

Pieroni, McAloone e Pigosso (2019) exploraram o conceito de Economia Circular (EC), propondo uma estrutura consensual para definir seus principais elementos e a inter-relação com a eco-inovação. Realizado a partir de uma revisão sistemática da literatura, o estudo identifica componentes fundamentais para a EC, como a recirculação de recursos, uma abordagem em múltiplos níveis (micro, meso e macro) e a dependência de inovações cíclicas e regenerativas. Os autores destacam que a EC, ao fechar ciclos produtivos e integrar práticas sustentáveis, contribui diretamente para o desenvolvimento sustentável, servindo como um modelo transformador que envolve tanto empresas quanto governos e sociedade na busca por um futuro mais ecológico e economicamente viável.

A transição para a Economia Circular representa uma mudança nas práticas de produção e consumo. Os conceitos da circularidade auxiliam na compreensão das limitações físicas e econômicas inerentes aos modelos tradicionais, alinhando interesses econômicos com imperativos ambientais. Para que este modelo seja colocado em prática, é necessária uma colaboração coesa entre governos, indústrias e a sociedade civil, integrando inovações

tecnológicas, políticas públicas alinhadas e uma mudança cultural em direção aos objetivos de desenvolvimento sustentável.

4.2.2 Avaliação e Críticas (II)

Os documentos agrupados nesta categoria revelaram uma perspectiva crítica e multifacetada sobre a economia circular, destacando a complexidade de sua implementação e a necessidade de uma abordagem mais integrada que envolva aspectos ambientais, sociais e econômicos. A seguir são descritos os achados contidos nos registros.

Geng, Fu, Sarkis e Xue (2012) destacaram as iniciativas da China em adotar a economia circular (EC) como política nacional, introduzindo indicadores específicos para avaliar o progresso. Contudo, os autores apontaram a necessidade de revisar esses indicadores para incluir métricas de sustentabilidade social e empresarial, visando uma avaliação mais abrangente.

Desafios sociais e políticos foram abordados por Hobson e Lynch (2016), explorando as limitações da economia circular (EC) ao argumentar que, apesar de ser promovida como uma solução sustentável, ela falha em abordar transformações sociais e políticas profundas. Os autores criticam a centralização do papel do consumidor na EC e a falta de consideração para práticas econômicas alternativas, como o decrescimento e economias locais diversificadas. Eles sugerem que a EC, ao focar excessivamente em avanços tecnológicos e em soluções de mercado, pode perpetuar padrões de consumo insustentáveis, em vez de provocar uma verdadeira mudança social e ambiental.

Elia, Gnoni e Tornese (2017), criticaram a insuficiência das metodologias existentes para avaliar estratégias de EC, destacando a falta de ferramentas que englobem aspectos essenciais como uso eficiente de recursos, reciclagem e durabilidade dos produtos. Propuseram um *framework* teórico para orientar a escolha de metodologias adequadas a diferentes contextos de avaliação, focando na sustentabilidade e impacto ambiental.

Zink e Geyer (2017) examinaram criticamente a EC, observando que, embora vise reduzir impactos ambientais por meio da reciclagem e reutilização, pode paradoxalmente aumentar o consumo e a produção total, neutralizando os benefícios ambientais. Destacaram que produtos secundários frequentemente não substituem completamente os novos, por diferenças de qualidade ou por atingirem mercados distintos, e que preços mais baixos podem estimular o consumo excessivo, um fenômeno chamado de efeito rebote (*rebound*).

Homrich, Galvão, Abadia e Carvalho (2018) apresentaram tendências e lacunas na pesquisa sobre EC, identificando falta de consenso sobre definições e terminologias. Propuseram uma definição mais inclusiva de EC e enfatizaram a necessidade de considerar impactos sociais juntamente com os ambientais e econômicos.

Korhonen, Nuur, Feldmann e Birkie, (2018), discutiram o caráter emergente da pesquisa em EC, sugerindo um modelo para organizar e categorizar o tema. Exploraram a popularidade da EC entre governos e empresas, destacando a necessidade de fundamentação científica mais robusta e identificando desafios significativos como as limitações termodinâmicas e de gestão interorganizacional.

Merli, Preziosi e Acampora (2018) conduziram uma revisão sistemática da literatura sobre a EC, em seus achados observando que, embora a pesquisa tenha se concentrado principalmente em aspectos ambientais e econômicos, há uma necessidade de considerar mais profundamente as implicações sociais e institucionais. O artigo analisa o crescente interesse acadêmico na Economia Circular (EC), destacando que a maioria dos estudos está focada em soluções ambientais, como o gerenciamento de resíduos e a eficiência de recursos.

Corona *et al.*, (2019) discutiram a necessidade de métricas de circularidade mais abrangentes e consistentes, criticando as métricas atuais por não capturarem adequadamente a complexidade multidimensional da EC, especialmente nos aspectos sociais e econômicos

Sassanelli, Rosa, Rocca e Terzi (2019) abordaram uma revisão sistemática das metodologias para avaliar o desempenho da EC, destacando a predominância de métodos como a Avaliação do Ciclo de Vida e sugerindo uma abordagem mais holística para avaliação.

Kristensen e Mosgaard (2020) ressaltaram a importância de medir e relatar o progresso em direção à EC, observando que a maioria das métricas existentes se concentra principalmente em aspectos econômicos, com menos ênfase nos aspectos ambientais e sociais.

Morseletto (2020) destacou a importância de estabelecer metas claras e eficazes para promover a transição para uma economia circular, destacando que as metas atuais, concentradas em reciclagem e recuperação, são insuficientes para alcançar os objetivos de circularidade.

Embora a EC seja promovida como uma estratégia para reduzir os impactos ambientais, os estudos apontam para a necessidade crítica de revisar as metodologias de avaliação e as métricas de progresso para garantir uma transição realmente sustentável. As discrepâncias entre as teorias e as práticas revelam que, sem uma definição clara e um consenso sobre os indicadores, a EC pode não alcançar seu potencial pleno. O efeito rebote e as limitações na

substituição de produtos novos por reciclados ou recondicionados sugerem que o foco deve ser redirecionado para reduzir o consumo geral, em vez de apenas substituir os insumos.

Essas reflexões críticas podem auxiliar na condução de políticas públicas eficazes e para fomentar inovações em modelos de negócios que realmente possam sustentar a EC em longo prazo. Portanto, é imperativo que pesquisadores, formuladores de políticas e praticantes colaborem para desenvolver uma compreensão mais profunda e aplicada da EC, visando uma integração harmoniosa de suas dimensões econômicas, sociais e ambientais.

4.2.3 Aplicações Setoriais da Economia Circular (24)

Hobson e Lynch (2016) e Moreau *et al.* (2017) destacam a importância de considerar as implicações sociais e políticas da transição para a economia circular. Enquanto Hobson e Lynch (2016) argumentam que a EC deve abordar questões profundamente enraizadas relacionadas ao consumo e ao consumidor, Moreau *et al.*, (2017) enfatizam a necessidade de abordar questões institucionais e sociais, como condições de trabalho e distribuição de riqueza, para que a EC seja verdadeiramente transformadora. Ambos os estudos sugerem que a EC deve ir além da eficiência econômica e considerar os impactos sociais e políticos mais amplos.

Na categoria identificada como Aplicações Setoriais da Economia Circular, foram agrupados documentos que exploram o conceito da EC em diferentes indústrias e regiões do mundo.

A economia circular representa uma abordagem transformadora da produção e do consumo, visando manter o valor de produtos, materiais e recursos pelo maior tempo possível, minimizando resíduos e o uso de recursos. Hazen, Mollenkopf e Wang (2017) identificaram a atitude do consumidor em relação a produtos remanufaturados como um fator crítico para o sucesso da EC. Sua pesquisa sugere que, embora fatores macro, como preços e incentivos governamentais, desempenhem um papel, são as atitudes dos consumidores no nível micro que preveem a transição de novos para produtos remanufaturados.

Desenvolvendo esse conceito na indústria da construção civil, Pomponi e Moncaster (2017) exploram o papel do ambiente construído na EC, destacando a necessidade de considerar a escala meso de edifícios individuais. Seu trabalho sugere que a pesquisa interdisciplinar e uma combinação de iniciativas de baixo para cima e de cima para baixo são fundamentais na transição para edifícios circulares.

O artigo de Ghisellini, Ripa e Ulgiati (2018) examina os custos e benefícios ambientais e econômicos da adoção da economia circular no setor de construção e demolição (C&D).

Através de uma revisão da literatura, o estudo destaca como os princípios de Reduzir, Reutilizar e Reciclar podem minimizar os impactos ambientais, ao mesmo tempo que identifica barreiras técnicas, econômicas e legislativas. Os principais achados indicam que a reciclagem de materiais de C&D pode ser vantajosa, mas os benefícios são altamente dependentes de fatores como transporte e contexto local.

Leising, Quist e Bocken (2018) investigam três estudos de caso no setor de construção circular na Holanda e desenvolvem uma ferramenta de colaboração para facilitar a adoção de práticas circulares. A pesquisa empírica revela que a colaboração em toda a cadeia de suprimentos é essencial para a implementação de edifícios circulares. Além disso, o estudo aponta a necessidade de novos modelos de negócios e de uma visão compartilhada entre os atores da construção para promover o sucesso da economia circular no setor.

Mahpour (2018) utilizou o método Fuzzy TOPSIS para priorizar barreiras à adoção da economia circular na gestão de resíduos de construção e demolição (C&DW). A pesquisa identifica barreiras comportamentais, técnicas e legais, destacando que a reciclabilidade limitada dos materiais de construção e a falta de integração sustentável no setor são os principais obstáculos. O estudo sugere que remover essas barreiras é essencial para facilitar a transição para uma economia circular no setor de C&D.

A indústria da construção, conforme observado por Smol *et al.*, (2015) reconhece o forte caso de negócios para melhorar a produtividade dos recursos dentro de um sistema de EC. Seu foco no uso alternativo de cinzas de lodo de esgoto para materiais de construção sublinha as abordagens adaptativas da indústria em direção a um modelo circular.

Já em um nível mais macro, Pan *et al.*, (2015) abordam a cadeia de suprimentos de energia a partir de resíduos como um método para enfrentar a demanda por energia, gestão de resíduos e emissões de gases de efeito estufa globalmente. Eles propõem um arcabouço para a implementação desses sistemas, incluindo forças-tarefa essenciais e aprendizados de exemplos internacionais bem-sucedidos.

A diversidade na implementação das práticas de EC também é evidente no trabalho de Zhu, Geng e Lai (2010), que descobriram que os tipos de fabricantes na China variam em seu engajamento com a cooperação na cadeia de suprimentos orientada para o meio ambiente. Para os autores existe uma necessidade de intensificar a cooperação ao longo da cadeia de suprimentos para que as iniciativas de EC tenham sucesso.

Destacando um desafio específico da indústria, Geueke, Groh e Muncke (2018) discutem os aspectos de segurança de embalagens de alimentos recicladas. Eles defendem uma abordagem multifacetada que inclui redução, reutilização, reciclagem e *redesign* para atender

aos objetivos da EC, ao mesmo tempo em que garantem a segurança química, ilustrando o equilíbrio intrincado entre metas ecológicas e saúde pública.

Moktadir *et al.*, (2018) examinam a indústria de couro em Bangladesh, apresentando um estudo de caso sobre a implementação de práticas de manufatura sustentáveis dentro de um arcabouço de EC. Eles destacam a necessidade do conhecimento e da gestão estratégica para a adoção de iniciativas de cadeia de suprimentos verdes, indicando que uma movimentação em direção a práticas sustentáveis também pode se alinhar com incentivos econômicos.

Jia *et al.*, (2020), Pieroni, McAlóone e Pigosso (2019) investigam a gestão da cadeia de suprimentos sustentáveis e a inovação em modelos de negócios, respectivamente. Jia *et al.*, (2020) estabelecem um modelo conceitual para a indústria têxtil e de vestuário, destacando a interconexão de motores, barreiras, práticas e indicadores de desempenho para a EC, enquanto Pieroni *et al.*, (2019) examinam como a inovação em modelos de negócios intersecta com a sustentabilidade e a EC, revelando oportunidades de

Os modelos de negócios em nível organizacional são discutidos por Geissdoerfer *et al.*, (2018b), Lüdeke-Freund, Gold e Bocken (2019) e Ormazabal *et al.*, (2018), de modo que a transição para a EC é vista como uma mudança sistêmica integrada que permeia todos os aspectos dos negócios. Para Geissdoerfer *et al.*, (2018), a EC tem se mostrado uma solução cada vez mais viável para o desenvolvimento sustentável, a medida em que independentemente do setor, os modelos de negócios devem ser reformulados para minimizar entradas de recursos, resíduos, emissões e vazamentos de energia.

Ormazabal *et al.*, (2018) exploram o papel das Pequenas e Médias Empresas (PMEs) na economia circular na Espanha. Seu estudo empírico revela preocupações das PMEs com a imagem corporativa e conformidade legal, mas um comprometimento limitado com questões ambientais, muitas vezes devido à percepção de que isso não aumentaria lucros ou competitividade. Assim, os autores sugerem a exploração de oportunidades de integração entre PMEs, outras empresas e associações industriais para desenvolver a simbiose industrial e fechar ciclos de materiais.

Já Lüdeke-Freund, Gold e Bocken (2019) realizam um exame detalhado dos Modelos de Negócios da Economia Circular (CEBMs), ressaltando a necessidade de as empresas repensarem suas cadeias de suprimentos e modelos de negócios em conformidade com os princípios da EC. A partir desse estudo, os autores apresentaram seis padrões principais de CEBM com o potencial de apoiar o fechamento de fluxos de recursos (reparo e manutenção, reutilização e redistribuição, reforma e remanufatura, reciclagem, cascata e reaproveitamento, e padrões de modelo de negócios de matéria-prima orgânica).

4.2.4 Desafios e Oportunidades (17)

Gregson *et al.*, (2015) discutiram como a economia circular na União Europeia enfrenta desafios na transformação de resíduos em recursos dentro de suas fronteiras, destacando a necessidade de políticas mais abrangentes e intervenções governamentais para impulsionar a transição (Gregson *et al.*, 2015).

Jesus e Mendonça (2018) abordaram fatores que impulsionam e dificultam a transição para a economia circular, com foco no papel da eco-inovação como ferramenta transformadora. Assim examinaram como inovações tecnológicas, políticas públicas e mudanças culturais ajudam a promover a economia circular. Dentre as barreiras os autores identificaram os altos custos iniciais e desafios regulatórios, sugerindo que uma abordagem sistêmica e colaborativa pode ajudar a superar esses obstáculos e acelerar a adoção de práticas circulares.

De acordo com Buren *et al.*, (2016) a economia circular não se limita à reciclagem de materiais, envolve também o redesenho de produtos (*eco-design*), o prolongamento da vida útil através de reparos e manutenção, o compartilhamento de produtos, e a remanufatura de itens com componentes reutilizados. Para os autores, o setor de logística é visto como facilitador à transição para uma economia circular, especialmente em termos de transporte e gerenciamento de materiais reaproveitáveis. Buren *et al.*, (2016) enfatizam que a Economia Circular inclui redesenho de produtos e prolongamento da vida útil por meio de manutenção e remanufatura, além de enfrentar barreiras como regulamentações inadequadas e resistência cultural. A superação dessas barreiras ajudará a otimizar a cadeia logística circular.

Quadro 29 – Barreiras ao Setor de Logística

Barreiras	Descrição
Institucionais	Regulamentações que dificultam a inovação e a cooperação entre empresas
Econômicas	Relacionadas ao alto custo inicial para implementar modelos circulares
Sociais	Incluem a baixa conscientização pública e resistência à mudança de comportamento em direção a práticas mais sustentáveis.

Fonte: Elaborado a partir de (BUREN *et al.*, 2016)

Quadro 30 – Coordenação entre diferentes atores

Atores	Colaboração entre os atores		
	Conhecimento	Tecnologias	Responsabilidades
Empresas privadas	É necessário que todos trabalhem em sinergia para maximizar os benefícios, compartilhando conhecimento, tecnologias e responsabilidades.		
Governos			
Consumidores			
Instituições de Pesquisa			

Fonte: Elaborado a partir de (BUREN *et al.*, 2016)

Outro aspecto crítico é destacado por Kirzherr *et al.*, (2018), que argumentam que as barreiras culturais, como a falta de interesse e conscientização dos consumidores, são os

principais obstáculos para a implementação da EC, em contraste com as barreiras tecnológicas frequentemente mencionadas (Kirchherr *et al.*, 2018).

Witjes e Lozano (2016) enfatizaram a importância da colaboração no setor da construção e nos processos de compras públicas para promover a EC. Os autores propõem ferramentas e frameworks que se concentram na colaboração da cadeia de suprimentos e na inovação de modelos de negócios para construções circulares. O artigo propõe um framework colaborativo que visa integrar compras públicas sustentáveis com modelos de negócios sustentáveis, destacando a importância da colaboração entre fornecedores e compradores para aumentar a eficiência de recursos e reduzir o desperdício. A principal mudança sugerida é a transição de um modelo de compra de produtos para um modelo de fornecimento de serviços, onde as empresas são responsáveis pela manutenção e recuperação dos itens, promovendo a economia circular. Além disso, o artigo ressalta a necessidade de considerar critérios ambientais e sociais, além do preço, ao definir contratos públicos, incentivando práticas mais sustentáveis.

Dentre os temas tratados, destacam-se os desafios e oportunidades enfrentados pelas empresas e organizações na busca por um equilíbrio entre crescimento econômico e responsabilidade ambiental (Park, Sarkis e Wu, 2010).

Esses desafios são especialmente relevantes em países emergentes como a China, onde a gestão ambiental enfrenta grandes desafios (Park, Sarkis e Wu, 2010; Mathews e Tan, 2011). A importância da economia circular como estratégia de desenvolvimento sustentável tem sido reconhecida globalmente (Su *et al.*, 2013). Na China, por exemplo, políticas e iniciativas têm sido implementadas visando à melhoria da eficiência no uso de materiais e energia (Su *et al.*, 2013). Além disso, o papel das cadeias de suprimentos sustentáveis tem sido cada vez mais reconhecido como uma forma de impulsionar a adoção de práticas circulares (Park, Sarkis e Wu, 2010; Zeng *et al.*, 2017).

Os artigos analisados destacam a importância de se compreender e avaliar os aspectos fundamentais da economia circular, como a redução de resíduos, a escassez de recursos e os benefícios econômicos associados (Lieder e Rashid, 2016). Nesse sentido, *frameworks* têm sido propostos para orientar a implementação da economia circular, enfatizando a necessidade de engajamento de todas as partes interessadas e a integração de aspectos ambientais, econômicos e de recursos (Lieder e Rashid, 2016). A avaliação do desempenho da economia circular, é outro aspecto que tem sido objeto de estudo, com o desenvolvimento de indicadores e ferramentas para medir a circularidade das práticas empresariais (Elia, Gnoni e Tornese, 2017; Sassanelli *et al.*, 2019).

Lieder e Rashid (2016) apresentaram a implementação da Economia Circular (EC) como uma solução prática para enfrentar desafios ambientais, como a escassez de recursos e a geração de resíduos, propondo um modelo que integra benefícios econômicos, impacto ambiental e uso eficiente de recursos. Ele sugere uma estratégia de implementação prática baseada na colaboração entre governos e indústrias, combinando abordagens de cima para baixo, com políticas públicas e incentivos, e de baixo para cima, através de novos modelos de negócios sustentáveis e uso de tecnologias digitais para monitorar ciclos de vida de produtos. A proposta visa promover uma transição eficiente para uma economia regenerativa, minimizando impactos negativos ao meio ambiente.

É importante ressaltar que a implementação bem-sucedida da economia circular requer a superação de diversos desafios, incluindo pressões institucionais, barreiras políticas e econômicas, bem como a necessidade de desenvolver novos modelos de negócios e cadeias de suprimentos circulares (Angelis *et al.*, 2018; Zeng *et al.*, 2017) Além disso, a medição e avaliação do desempenho circular ainda não são práticas comuns nas empresas, destacando a necessidade de desenvolver métodos e indicadores adequados (Saidani *et al.*, 2019; Sassanelli *et al.*, 2019)

Saidani *et al.*, (2019) abordaram a necessidade de organizar os diversos indicadores de circularidade disponíveis para medir a transição e o desempenho da economia circular (EC). Através de uma revisão sistemática da literatura, os autores propõem uma taxonomia que classifica esses indicadores em diferentes categorias, facilitando sua aplicação por empresas, governos e indústrias. O estudo destaca a importância de selecionar indicadores apropriados para diferentes níveis de atuação (micro, meso, macro) e aponta a falta de padronização como um desafio para a aplicação prática. Além disso, o artigo sugere áreas para futuras pesquisas e melhorias na integração dos indicadores com ferramentas de gestão industrial.

Lüdeke-Freund *et al.*, (2019) realizaram uma revisão e organização de modelos de negócios da economia circular (CEBMs), com o objetivo de identificar padrões que possam ajudar as empresas a operar de maneira mais sustentável. Os autores propõem seis padrões principais que incluem reparo, reutilização, remanufatura, reciclagem, cascadeamento e o uso de resíduos orgânicos. Além disso, o estudo discute estratégias de design que facilitam o fechamento dos ciclos de recursos, promovendo a reutilização e a reciclagem, ao invés do descarte, contribuindo assim para a transição para uma economia circular mais eficiente e ambientalmente responsável. Os principais achados foram classificados seis maneiras principais pelas quais as empresas podem adotar a economia circular (Quadro 31)..

Quadro 31 – Formas de doação de Economia Circular pelas Empresas

Categoria	Descrição
Reparo e manutenção	Consertar produtos para prolongar sua vida útil.
Reutilização e redistribuição	Usar e redistribuir produtos para novos usuários em vez de descartá-los.
Remanufatura	Reconstruir produtos para que pareçam novos.
Reciclagem	Transformar resíduos em novos materiais ou produtos.
Cascadeamento	Reutilizar materiais em diferentes formas até o descarte final.
Uso de resíduos orgânicos	Aproveitar resíduos orgânicos para produzir energia ou outros compostos.

Fonte: Elaborado a partir de (Lüdeke-Freund et al., 2019)

(LÜDEKE-FREUND *et al.*, 2019) propõe estratégias de *design* que ajudam a “fechar” os ciclos de materiais, ou seja, evitar que materiais sejam descartados e, em vez disso, reutilizá-los de várias formas. Isso pode ser feito através de melhorias no design de produtos para torná-los mais fáceis de reciclar, remanufaturar ou reparar.

Singh e Ordoñez (2016) tratam da análise da economia circular, focando em como materiais descartados podem ser reaproveitados para criar novos produtos. A pesquisa destaca que a maioria dos produtos reciclados pode ser fabricada em larga escala, oferecendo um caminho promissor para a reutilização de recursos. No entanto, existem desafios, como a imprevisibilidade dos resíduos e a necessidade de manter a qualidade dos produtos recuperados para que sejam competitivos. A colaboração entre designers e empresas de gestão de resíduos é limitada, dificultando a exploração do potencial completo da economia circular. Além disso, a crescente complexidade dos produtos tecnológicos adiciona dificuldades à reciclagem eficiente.

Rios e Charnley (2017) exploraram como a transição para uma economia circular exige mudanças significativas nas competências de design, propondo novas habilidades e perfis profissionais que atendam às demandas por produtos sustentáveis. A pesquisa, com base em estudos de caso de empresas multinacionais, destaca a importância de práticas como o design modular, que facilita a remanufatura e extensão da vida útil dos produtos. Além disso, o estudo enfatiza a necessidade de colaboração entre designers e especialistas de outras áreas para criar soluções inovadoras que integrem sustentabilidade ao longo de todo o ciclo de vida dos produtos.

Kalmykova *et al.*, (2018) revisaram teorias e práticas da economia circular (EC), com o objetivo de desenvolver ferramentas que facilitem sua implementação. Entre as principais contribuições, estão a criação de um banco de dados com 45 estratégias para diferentes partes da cadeia de valor e um banco de casos de implementação, abordando o estado atual da EC em nível global (Quadro 32). Os autores destacam a predominância de estudos focados em

recuperação e remanufatura, principalmente na Europa e China, e ressaltam a importância de políticas públicas na promoção da EC. O artigo também apontou a necessidade de melhores ferramentas de monitoramento, como a Análise de Fluxo de Materiais (MFA), para medir o impacto e a eficácia das práticas de EC.

Quadro 32 – Estratégias para diferentes partes da cadeia de valor

Cadeia de Valor	Estratégia
Sourcing de Materiais	Substituição de materiais por opções mais abundantes/renováveis
	Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)
	Produção de energia a partir de subprodutos e recuperação de calor residual/processual
	Aquisição Verde
	Incentivos fiscais e créditos
Design	Design modular (facilidade para atualização e conserto de módulos)
	Design para desmonte e reciclagem
	Eco design (foco em impactos ambientais ao longo do ciclo de vida)
	Redução no uso de materiais e eliminação de substâncias nocivas
	Personalização/fabricação sob demanda
Manufatura	Eficiência energética
	Produtividade de materiais (relação entre valor econômico e consumo de materiais)
	Manufatura reprodutível e adaptável (uso de recursos locais e escalável)
Distribuição	Logística reversa (retorno de produtos para reciclagem ou remanufatura)
	Gestão da cadeia de suprimentos circular (envolvendo diversos setores)
Consumo e Uso	Sistemas de leasing e compartilhamento (maximização do uso de produtos e serviços)
	Reparabilidade (facilidade de conserto dos produtos, incentivando a longevidade)
	Reutilização de produtos ou componentes após conserto
Reparação e Remanufatura	Remanufatura (reconstrução de produtos para uso renovado com garantia)
	Processos de condicionamento para reutilização
	Reparabilidade (reforço em práticas de conserto)
Reciclagem e Recuperação	Processos de reciclagem eficiente para maximizar a reutilização de materiais
	Uso de tecnologias para recuperação de valor de produtos em fim de vida
	Sistemas de coleta e separação aprimorados para reciclagem eficaz
	Produção de insumos circulares (materiais que podem ser regenerados facilmente)
Uso de Insumos Circulares	Substituição de matérias-primas por recursos renováveis e sustentáveis
Recuperação de Valor	Sistemas para otimização da recuperação de valor em produtos de fim de vida
	Tecnologias de recuperação e reaproveitamento de valor no processo de fabricação
Virtualização de Processos	Uso de soluções digitais para otimizar a circularidade de produtos e processos
	Redução do consumo de recursos através da digitalização e virtualização
Troca de Tecnologias e Inovações	Troca de soluções tecnológicas para substituição de recursos limitados por alternativos
	Substituição de tecnologias obsoletas por alternativas mais eficientes

Fonte: elaborado a partir de Kalmykova *et al.*, (2018)

Ranta *et al.*, (2018) exploraram impulsionadores e barreiras institucionais para a adoção da economia circular, realizando uma comparação entre três regiões: China, EUA e Europa. A pesquisa destaca como regulamentos, normas sociais e fatores culturais influenciam a implementação de práticas circulares, com foco em fabricantes e empresas de gestão de resíduos. Os resultados mostram que, embora as regulamentações sejam importantes, o apoio normativo e cultural é essencial para promover uma transição eficaz. Além disso, identifica-se

que a ênfase atual está excessivamente focada na reciclagem, em detrimento de outras práticas circulares, como a reutilização e a redução.

Ibn-Mohammed *et al.*, (2021) exploram as oportunidades futuras da EC em relação aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e à resiliência pós-pandemia, enfatizam o potencial da EC como um catalisador para alcançar objetivos sustentáveis e construir um futuro mais resiliente, propõem a EC como um modelo alternativo para a recuperação econômica e a construção de uma economia mais resiliente após a pandemia de COVID-19.

Bressanelli *et al.*, (2019) investigaram os desafios enfrentados por empresas ao redesenhar suas cadeias de suprimentos para a Economia Circular (EC). Através de uma revisão sistemática da literatura e estudos de caso com empresas do setor de eletrodomésticos, os autores identificaram 24 desafios agrupados em sete categorias, que vão desde a viabilidade econômica até questões de comportamento do usuário. O estudo também propõe soluções práticas, como a adoção de tecnologias digitais e a criação de modelos de negócios baseados na servitização, destacando a importância de uma maior colaboração entre os diferentes níveis da cadeia de suprimentos para superar esses obstáculos.

Govindan e Hasanagic (2018) revisaram a implementação da economia circular nas cadeias de suprimento, abordando os principais fatores que impulsionam e dificultam essa transição, além das práticas mais eficazes. Entre os achados centrais, destacam-se a inovação e a regulamentação como os principais promotores, enquanto a resistência à mudança e os altos custos de implementação são apontados como as maiores barreiras. Além disso, práticas como a reciclagem em ciclo fechado e o design sustentável são consideradas fundamentais para o sucesso da economia circular, com impactos positivos tanto econômicos quanto ambientais.

Schroeder *et al.*, (2019) exploraram como as práticas da economia circular, como reciclagem e remanufatura, podem contribuir diretamente para o alcance de diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, como água limpa, energia acessível e trabalho decente. O estudo também destaca a criação de sinergias entre metas dos ODS através da EC e aponta desafios significativos na implementação dessas práticas, especialmente em países em desenvolvimento, devido a barreiras econômicas e de infraestrutura.

Rizos *et al.*, (2016) analisaram barreiras e facilitadores enfrentados por pequenas e médias empresas (PMEs) na implementação de modelos de negócios circulares. As principais barreiras incluem a falta de suporte nas redes de fornecimento, capital insuficiente e o apoio governamental inadequado. Em contrapartida, fatores como uma cultura empresarial verde, redes de colaboração e a atratividade financeira de modelos circulares facilitam essa transição,

sugerindo que, apesar dos obstáculos, a economia circular apresenta grande potencial para empresas que se ajustarem a esses modelos.

Kirchherr *et al.*, (2018) exploraram as barreiras que impedem a implementação da economia circular na União Europeia, com base em uma análise empírica de entrevistas e pesquisas com especialistas. Os principais obstáculos identificados são de natureza cultural, como a falta de interesse e conscientização dos consumidores, além de uma cultura empresarial hesitante, que dificulta a transição para modelos circulares. Barreiras de mercado, como o preço baixo de materiais virgens e os altos custos iniciais de investimento em práticas circulares, também foram destacadas como entraves críticos. O estudo conclui que, ao contrário do que muitos acreditavam, as barreiras tecnológicas são menos significativas e que políticas governamentais voltadas para incentivos econômicos são necessárias para acelerar essa transição.

Pauliuk (2018) analisou criticamente a norma BS 8001:2017, destacando seus pontos fortes e fraquezas, especialmente na falta de clareza quanto ao monitoramento das estratégias de economia circular. O autor propõe um painel de indicadores quantitativos baseados em métodos como a Avaliação de Ciclo de Vida e a Análise de Fluxo de Materiais para avaliar o desempenho das organizações (Quadro 33). Além disso, defende que uma transição eficaz para a economia circular requer maior suporte de políticas e integração com práticas empresariais sustentáveis.

Quadro 33 – Indicadores de eficiência de estratégias de economia circular

Indicador	Descrição do Indicador	Abrangência do Indicador
Custos Associados aos Fluxos de Materiais	Rastreia os custos relacionados ao fluxo de materiais e energia na organização.	Organizações e cadeias de produção.
Geração de Resíduos	Acompanha a quantidade de resíduos gerados, visando redução e eliminação na fonte.	Organizações e processos produtivos.
Crescimento de Estoque em Uso	Monitora o crescimento de estoques em uso, garantindo que não haja escassez de recursos.	Organizações e setores industriais.
Atividades Circulares	Monitora as atividades de reutilização, reciclagem e regeneração de materiais.	Organizações e sistemas de produtos.
Produtividade de Recursos	Mede a eficiência no uso de materiais e energia em relação à produção.	Organizações, produtos e processos.
Demanda de Energia ao Longo do Ciclo de Vida	Mede a demanda de energia necessária durante todo o ciclo de vida de produtos e processos.	Produtos e processos organizacionais.
Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)	Avalia a quantidade de emissões de GEE provenientes do ciclo de vida de produtos e processos.	Produtos, processos e atividades organizacionais.
Tempo de Residência de Materiais na Tecnosfera	Avalia o tempo que os materiais permanecem em uso antes de serem reciclados ou descartados.	Sistemas de materiais e produtos.

Fonte: Elaborado a partir de (Pauliuk, 2018).

4.2.5 Implementação da Economia Circular (16)

Zhijun e Nailing (2007) sugeriram em seu artigo uma abordagem escalonada para a EC na China, começando no nível empresarial e expandindo para cidades, focando em inovação tecnológica e eficiência de recursos. Zhijun e Nailing (2007) O artigo discute a implementação da economia circular na China, propondo uma abordagem escalonada que começa no nível empresarial, expande-se para parques industriais e, eventualmente, para cidades e regiões. Ele destaca a importância de uma legislação específica e de incentivos econômicos para viabilizar a transição para um modelo de desenvolvimento sustentável, além de enfatizar a necessidade de um sistema de indicadores para medir o progresso. A inovação tecnológica é apontada como fundamental para aumentar a eficiência no uso de recursos e reduzir o impacto ambiental, com a economia circular sendo vista como essencial para o futuro sustentável da China.

Geng *et al.*, (2009) examinaram a implementação do conceito de economia circular na cidade de Dalian, China, com foco na conservação de recursos como água, energia e materiais, além da redução de resíduos industriais. Através de políticas públicas e parcerias industriais, Dalian buscou melhorar a eficiência no uso de recursos e promover práticas de produção mais limpa. Apesar de vários sucessos, o estudo destaca desafios como a falta de incentivos para indústrias mais antigas e a necessidade de maior conscientização pública e apoio financeiro. O artigo conclui que, embora Dalian tenha avançado significativamente, ainda há muito a ser feito para que se torne uma verdadeira eco-cidade.

O *design* circular difere do *eco-design* tradicional por focar na integridade e durabilidade dos produtos. Hollander, Bakker e Hultink (2017) propuseram uma tipologia que visa prolongar a vida útil dos produtos por meio de reparos, atualizações e remanufatura, mantendo-os em circulação e reduzindo desperdício.

Hazen, Mollenkopf e Wang (2017) exploram o comportamento dos consumidores em relação à troca de produtos novos por remanufaturados no contexto da economia circular. A pesquisa revela que fatores macroeconômicos, como o aumento dos preços de produtos novos e incentivos governamentais, influenciam a intenção dos consumidores de adotar produtos remanufaturados. No entanto, a atitude pessoal em relação à sustentabilidade e à percepção da qualidade dos produtos remanufaturados desempenham um papel moderador importante. Os achados sugerem que a promoção de incentivos econômicos e uma maior conscientização sobre os benefícios ambientais podem aumentar a aceitação de produtos remanufaturados.

No setor da construção, Witjes e Lozano (2016) defendem modelos baseados em serviços, nos quais as empresas são responsáveis pela manutenção e recuperação dos produtos,

promovendo práticas circulares. Lüdeke-Freund *et al.*, (2019) sugerem padrões de design de produto que fecham os ciclos de materiais e promovem o reparo, a remanufatura e a reciclagem, enquanto Rios e Charnley (2017) destacam a importância de novas competências de design e a colaboração entre designers e especialistas para soluções sustentáveis.

Zeng *et al.*, (2017) e Angelis, Howard e Miemczyk (2018) sublinham a necessidade de cooperação entre fornecedores e compradores para maximizar a eficiência e reduzir desperdícios, facilitando a transição para uma economia circular. Huysman *et al.*, (2017) apresentou um indicador para medir o desempenho ambiental na economia circular, especialmente no contexto de resíduos plásticos pós-industriais. Utilizando um estudo de caso sobre embalagens plásticas, os autores desenvolveram o *Circular Economy Performance Indicator (CPI)*, que avalia a eficiência de diferentes métodos de tratamento de resíduos com base na qualidade do material reciclado. Os resultados mostram que a reciclagem de ciclo fechado proporciona o maior benefício ambiental, enquanto a incineração oferece o menor. A pesquisa destaca a importância de alocar resíduos de alta qualidade para processos de reciclagem mais sustentáveis e sugere que políticas públicas devem apoiar essas práticas para maximizar a preservação de recursos naturais.

A EC desafia os modelos tradicionais de negócios ao integrar sustentabilidade nas cadeias de valor. Manninen *et al.*, (2018) propõem um framework para avaliar a eficácia ambiental desses modelos, enfatizando que a colaboração com stakeholders. (MANNINEN *et al.*, 2018) O artigo aborda a avaliação de modelos de negócios baseados na economia circular, com foco nas proposições de valor ambiental. Ele apresenta um *framework* que permite a verificação dessas proposições em empresas que buscam incorporar práticas sustentáveis ao longo de suas cadeias de valor. Utilizando estudos de caso de empresas na Finlândia e Holanda, o estudo identifica desafios na medição de impactos ambientais e destaca a importância da colaboração com stakeholders para garantir resultados positivos. O artigo contribui para o avanço na compreensão da aplicação prática da economia circular e sugere melhorias para métodos de avaliação ambiental

Hobson e Lynch (2016) e Moreau *et al.*, (2017) indicam a importância de considerar questões sociais, como condições de trabalho e distribuição de riqueza, além da eficiência econômica. A implementação da EC varia conforme o contexto cultural e institucional. Ranta *et al.*, (2018) observaram que regulamentações e apoio normativo são essenciais para a transição circular em regiões como China, EUA e Europa.

Ormazabal *et al.*, (2018) apresentaram os desafios e oportunidades da implementação da economia circular nas PMEs espanholas, destacando a importância de práticas ambientais

como certificações e redução de consumo de materiais. As PMEs, embora cientes de suas responsabilidades ambientais, ainda enfrentam barreiras significativas, como a falta de apoio financeiro e institucional. No entanto, a adoção da economia circular oferece oportunidades como o aumento do prestígio empresarial e a melhoria da recuperação ambiental. Apesar dos esforços iniciais, muitas PMEs ainda não integram plenamente materiais biodegradáveis ou modelos de negócios circulares, mostrando uma implementação parcial da economia circular.

Pieron *et al.*, (2019) revisaram abordagens para a inovação de modelos de negócios (BMI) voltados para a economia circular e sustentabilidade, categorizando 92 abordagens identificadas em três estágios principais: identificação de oportunidades (*sensing*), *design* e teste de novos conceitos (*seizing*), e implementação (*transforming*). A pesquisa destacou que, embora haja um avanço significativo nas fases iniciais de BMI, há uma lacuna na fase de implementação, onde são necessárias ferramentas mais práticas. O estudo identificou ainda, a falta de integração entre abordagens de sustentabilidade e economia circular, e sugere oportunidades de pesquisa futura para explorar sinergias entre essas áreas, além da necessidade de incorporar mais elementos comportamentais, como liderança e cultura organizacional, no processo de BMI.

A inovação de modelos de negócios circulares (BMI) enfrenta dificuldades na fase de implementação, como observam Pieroni *et al.*, (2019), que sugerem pesquisas futuras para explorar a sinergia entre sustentabilidade e circularidade, incluindo aspectos comportamentais como liderança e cultura organizacional. Para alinhar os objetivos teóricos e as práticas da EC, Suárez-Eiroa *et al.*, (2019) propuseram sete princípios operacionais (Quadro 34). Esses princípios incluem o ajuste das entradas e saídas dos recursos à capacidade dos ecossistemas e o fechamento do sistema, conectando a gestão de resíduos à aquisição de novos recursos. Também promovem a durabilidade dos produtos e o design com foco na circularidade, além da educação para consumidores e produtores adotarem práticas sustentáveis.

Quadro 34 – Sete princípios operacionais, seus objetivos teóricos e as estratégias práticas:

Princípio	Objetivo Teórico	Estratégia Prática
Ajustar as entradas no sistema às taxas de regeneração	Minimizar o uso de recursos não renováveis e garantir que a extração de recursos renováveis seja sustentável.	Promover o uso de energias renováveis; melhorar a eficiência no uso de recursos.
Ajustar as saídas do sistema às taxas de absorção	Garantir que a emissão de resíduos seja absorvida pelos ecossistemas sem causar danos.	Reduzir a geração de resíduos; aumentar a biodegradabilidade e minimizar a poluição.
Fechar o sistema	Conectar a fase de gestão de resíduos com a aquisição de recursos para minimizar desperdícios.	Implementar a reciclagem e reutilização de materiais; promover a simbiose industrial.

Manter o valor dos recursos no sistema	Prolongar a vida útil dos produtos e evitar a perda de valor dos materiais.	Aumentar a durabilidade dos produtos; promover a reparação, remanufatura e reutilização.
Reduzir o tamanho do sistema	Diminuir a quantidade total de recursos circulando no sistema, promovendo maior eficiência.	Incentivar a economia de compartilhamento; reduzir o consumo de materiais e priorizar produtos sustentáveis.
Design para economia circular	Desenvolver produtos que possam ser facilmente recuperados, reciclados ou reutilizados.	Incorporar princípios de ecodesign; desenvolver produtos modulares e facilmente reparáveis.
Educação para economia circular	Capacitar consumidores e produtores a adotar práticas sustentáveis e promover uma nova cultura de consumo.	Implementar programas educacionais e campanhas de conscientização sobre sustentabilidade e práticas circulares.

Fonte: elaborado a partir de Suárez-Eiroa *et al.*, (2019)

Para medir o desempenho circular, Saidani *et al.*, (2019) propõem uma taxonomia de indicadores para diferentes níveis (micro, meso e macro), enquanto Pauliuk (2018) recomenda indicadores baseados em Avaliação de Ciclo de Vida e Análise de Fluxo de Materiais, que ajudam a esclarecer as práticas circulares. Contudo, barreiras culturais, como a falta de conscientização e resistência à mudança, são entraves significativos à adoção da EC, conforme já discutido por Kirchherr *et al.*, (2018), enquanto Gregson *et al.*, (2015) alertaram para a necessidade de políticas mais abrangentes na União Europeia para apoiar a transformação de resíduos em recursos.

Moraga *et al.*, (2019), abordam uma classificação para indicadores de economia circular com o objetivo de avaliar em detalhe o que esses indicadores medem e em quais contextos são aplicados. A estrutura proposta organiza os indicadores conforme estratégias de preservação, como materiais, produtos e funções, e a profundidade da análise baseada no ciclo de vida. O estudo revela que a maioria dos indicadores atuais se concentra em reciclagem e materiais, destacando-se pela falta de abrangência ao não contemplar adequadamente a preservação de funções ou uma abordagem completa de ciclo de vida. Além disso, sugere que múltiplos indicadores são necessários para uma avaliação eficaz da CE, evidenciando lacunas que podem orientar pesquisas futuras na área.

A EC contribui para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como mostram Schroeder *et al.*, (2019), ao alinhar práticas como reciclagem e remanufatura a metas de água limpa, energia acessível e trabalho decente. Ibn-Mohammed *et al.*, (2021) destacam a EC como um modelo essencial para a recuperação econômica e resiliência após a COVID-19, promovendo uma economia mais sustentável e alinhada aos ODS.

Centobelli *et al.*, (2020) reforçam a necessidade de uma abordagem circular no design de modelos de negócios, ressaltando a escassez de pesquisas que explicam como as empresas podem alinhar seus modelos de negócios aos princípios da EC. Através de uma revisão

sistemática, eles buscam preencher essa lacuna, oferecendo uma visão abrangente do estado atual da pesquisa e delineando uma agenda promissora para estudos futuros. Este trabalho sublinha a importância da EC nas discussões sobre gestão estratégica, operacional e tecnológica, enfatizando a necessidade de modelos de negócios sustentáveis que reduzam o consumo de recursos naturais e preservem o meio ambiente (Centobelli *et al.*, 2020).

4.2.6 Tecnologias Economia Circular (16)

4.2.6.1 Tecnologias Digitais

Tecnologias de Indústria 4.0.

Este grupo incluiu estudos que investigam a interação entre a Indústria 4.0 e a economia circular (EC), mostrando como tecnologias de produção inteligentes podem facilitar a transição para a EC. Jabbour *et al.*, (2018) sugerem uma relação positiva entre a Indústria 4.0 e a EC, apontando que tecnologias avançadas podem apoiar o modelo ReSOLVE da EC e indicando áreas para pesquisa futura. Rosa *et al.*, (2020) ampliam essa análise, observando que a integração entre Indústria 4.0 e EC pode ser otimizada conforme as áreas de aplicação específicas, destacando as interdependências entre esses domínios. Dev, Shankar e Qaiser (2020) discutem a importância de ambientes virtuais e do compartilhamento de informações nas operações, recomendando a combinação estratégica dessas tecnologias para alcançar maior eficiência. Yadav *et al.* (2020) desenvolveram um framework para enfrentar desafios da gestão sustentável da cadeia de suprimentos (SSCM) com soluções baseadas na Indústria 4.0 e na EC. A pesquisa enfatiza a importância de alinhar estratégias de gestão com os princípios da EC e as oportunidades oferecidas por tecnologias emergentes, abordando questões gerenciais, organizacionais e econômicas que influenciam a implementação desses modelos.

Big Data, IoT e Inteligência Artificial

Nobre e Tavares (2017) explora como tecnologias emergentes, como big data e Internet das Coisas (IoT), podem impulsionar a adoção de práticas da economia circular (EC). Através de uma análise bibliométrica das publicações entre 2006 e 2015, o estudo identifica um crescimento significativo de interesse por EC em países europeus, seguido pela Ásia e América do Norte, enquanto observa lacunas em regiões como Brasil e Rússia. Destacam-se ainda a desconexão entre iniciativas industriais e pesquisa acadêmica, sugerindo que a colaboração entre esses setores é fundamental para fortalecer práticas sustentáveis. Entre os principais achados, o artigo enfatiza o potencial das tecnologias de IoT para otimização de recursos e

redução de emissões de carbono, ao mesmo tempo em que sugere áreas de pesquisa futura para expandir a aplicação prática dos conceitos de EC. Os estudos de Jabbour *et al.*, (2019), Rajput e Singh (2019), e Bag *et al.* (2021) discutem o impacto de tecnologias baseadas em Big Data e Inteligência Artificial (IA) na economia circular. Jabbour *et al.*, (2019) propõem um framework integrativo para explorar como o uso de grandes volumes de dados pode beneficiar a EC, destacando o potencial de IA para a otimização de processos circulares. Rajput e Singh (2019) identificam habilitadores e desafios da implementação de IA sugerindo que o design de interfaces e a sinergia automatizada são aspectos críticos a serem superados. Bag *et al.*, (2021) acrescentam à discussão o papel das pressões institucionais na adoção de tecnologias baseadas em Big Data e IA analisando como essas tecnologias podem influenciar práticas de fabricação sustentável dentro do escopo da EC. Este grupo destaca a capacidade de IA e Big Data de transformar a análise e a otimização de processos produtivos, impulsionando a eficiência e sustentabilidade.

Blockchain e Digitalização.

Dois estudos abordam o uso de blockchain e digitalização no contexto da economia circular. Kouhizadeh, Zhu e Sarkis (2020) analisam como a *blockchain* pode ser aplicada na EC, enfatizando aspectos como regeneração, otimização e virtualização, de acordo com o modelo ReSOLVE. Nandi *et al.* (2021) ampliam essa discussão, propondo a utilização da blockchain para promover características de localização e agilidade nas cadeias de suprimentos, associadas a princípios de EC. Esses estudos sugerem que a tecnologia blockchain pode facilitar a rastreabilidade e transparência nas cadeias de suprimentos, aspectos fundamentais para a gestão de recursos em um sistema circular.

Sistemas de Gestão e Impressão 3D.

O grupo de Sistemas de Gestão e Impressão 3D explora tecnologias voltadas para o gerenciamento de resíduos e a fabricação aditiva, com potencial de apoiar a economia circular (EC). Fatimah *et al.* (2020) propõem um design inteligente de gestão de resíduos vinculado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como consumo responsável e ação climática. Despeisse *et al.* (2017) abordam a impressão 3D como facilitadora da EC, destacando a necessidade de pesquisa sobre barreiras e oportunidades no uso dessa tecnologia. Nascimento *et al.*, (2019) complementam ao investigar o papel de tecnologias emergentes, como impressão 3D e computação em nuvem, na reutilização de materiais descartados (como sucata eletrônica e metálica), propondo um modelo de negócios circular que otimiza recursos e reduz impactos ambientais. Esses estudos destacam benefícios como eficiência na

reciclagem, fortalecimento de redes locais, criação de empregos e incentivo à sustentabilidade nas cadeias produtivas.

Tecnologias de Informação

Este grupo examina como as tecnologias de informação e as funcionalidades de modelos de negócios podem contribuir para a economia circular. Kristoffersen *et al.*, (2020) propõem um framework que pode ser usado por acadêmicos e profissionais para criar uma linguagem comum e identificar lacunas nos requisitos de análise de negócios, contribuindo para a implementação da EC. Já Bressanelli *et al.*, (2018) exploram funcionalidades habilitadas por tecnologias digitais em modelos de negócios focados no uso, analisando como essas funcionalidades impactam os drivers de valor da EC. Esses estudos sugerem que a criação de frameworks e funcionalidades claras pode apoiar uma implementação mais eficaz de práticas circulares em ambientes de negócios.

Nascimento *et al.*, (2019) conduziram uma investigação sobre como as tecnologias da Indústria 4.0 podem ser integradas às práticas da economia circular.

4.2.6.2 Tecnologias Naturais

Neste grupo foram alocadas abordagens relacionadas a inovações tecnológicas, destacando a transformação de resíduos em energia e materiais valiosos através de tecnologias emergentes.

Pan *et al.*, (2015) exploram tecnologias *Waste-to-Energy* (WTE), como combustão, digestão anaeróbica e gaseificação, que convertem resíduos em energia. Cada método tem uma aplicação distinta, desde a geração de eletricidade até a produção de biogás e fertilizantes. Essas tecnologias, permitem que resíduos sólidos urbanos se transformem em fontes de energia, reduzindo a dependência de aterros e emissões de gases poluentes. No entanto, Pan *et al.*, (2015) destaca as barreiras para a implementação dessas tecnologias, que incluem obstáculos tecnológicos, financeiros e regulatórios. Estratégias sugeridas, como parcerias público-privadas e incentivos fiscais, visam mitigar esses desafios, incentivando a adoção de WTE. O Quadro 35, apresenta uma visão geral das diferentes tecnologias utilizadas para converter resíduos em energia, levantadas por Pan *et al.*, (2015).

Quadro 35 – Tecnologias de conversão de resíduos em energia

Tecnologia	Utilização	Explicação
Combustão	Geração de energia térmica e elétrica	Processo de queima de resíduos sólidos urbanos para reduzir o volume de lixo, produzindo calor que pode ser convertido em eletricidade.

Gaseificação	Produção de gás sintético (syngas)	Converte resíduos orgânicos em gás por meio de altas temperaturas, sem combustão direta, gerando gases como H ₂ e CO, que podem ser usados como combustível.
Digestão Anaeróbica	Produção de biogás	Micro-organismos decompõem resíduos orgânicos em um ambiente sem oxigênio, gerando biogás (principalmente metano) e um resíduo que pode ser usado como fertilizante.
Pirólise	Produção de óleo e gases	Decomposição de resíduos em altas temperaturas na ausência de oxigênio, gerando líquidos, gases e resíduos sólidos com valor energético.
Co-digestão	Melhoria na produção de biogás com misturas de resíduos	Combinação de diferentes tipos de resíduos orgânicos para otimizar a produção de biogás e melhorar a eficiência do processo de digestão anaeróbica.
Refuse-Derived Fuel (RDF)	Produção de combustível derivado de resíduos	Resíduos são pré-tratados (triturados e secos) para remover materiais incombustíveis, resultando em um combustível que pode ser queimado em usinas de energia.

Fonte: Elaborado a partir de (Pan et al., 2015)

Cada tecnologia tem uma função específica no processo de geração de energia a partir de resíduos, seja na produção de calor, eletricidade, biogás ou outros combustíveis. A tabela explica como essas tecnologias transformam os resíduos em recursos energéticos valiosos, destacando sua aplicação prática na gestão de resíduos e produção de energia limpa (PAN *et al.*, 2015).

Essas tecnologias, no entanto, apresentam barreiras comuns que impedem a implementação de projetos de *Waste-to-Energy* e as estratégias que podem ser usadas para superá-las. As barreiras identificadas incluem obstáculos tecnológicos, financeiros e regulatórios, com cada uma abordada por estratégias específicas Pan et al., (2015). O Quadro 36, apresenta uma síntese dessas barreiras,

Quadro 36 – Barreiras tecnológicas, na implementação de *Waste-to-Energy*

Barreira	Descrição da Estratégia	Explicação
Tecnológica	Implementação de tecnologias de ponta e inovação	Investir em tecnologias mais eficientes e limpas, como co-digestão e combustão em leito fluidizado, para aumentar a eficiência e reduzir emissões.
	Compartilhamento de conhecimento técnico	Criar plataformas de intercâmbio de informações para disseminar as melhores práticas e inovações em WTE entre países e regiões.
Financeira	Subsídios e incentivos fiscais para energias renováveis	Oferecer subsídios governamentais ou incentivos fiscais para compensar os altos custos iniciais das instalações de WTE.
	Adoção de tarifas feed-in (FIT)	Garantir tarifas preferenciais para a compra de energia renovável gerada a partir de WTE, tornando os projetos financeiramente viáveis.
Regulatória	Definição de políticas claras e específicas para WTE	Criar regulamentações específicas que incentivem o uso de WTE, estabelecendo metas claras e simplificando processos de licenciamento.
	Parcerias público-privadas (PPP)	Fomentar a colaboração entre governo e setor privado para dividir custos e riscos, facilitando a implementação de projetos de WTE.
Financeira e Regulatória	Criação de mercados de carbono	Implementar sistemas de crédito de carbono que recompensem projetos de WTE por reduzir emissões de gases de efeito estufa.

Social (indiretamente regulatória)	Campanhas de conscientização e engajamento público	Desenvolver programas educacionais e de conscientização para aumentar a aceitação social e envolver a comunidade na tomada de decisões.
------------------------------------	--	---

Fonte: Elaborado a partir de (Pan et al., 2015)

Para barreiras financeiras, são sugeridos subsídios e tarifas *feed-in* (FITs) que garantem retornos financeiros previsíveis. No caso das barreiras regulatórias, formas de facilitar a adoção de tecnologias de *WTE* seriam políticas claras e parcerias público-privadas (PPP).

O Quadro 37, apresente enfoque nas **políticas públicas e incentivos financeiros** que podem apoiar a adoção de tecnologias de *WTE*.

Quadro 37 – Facilitadores a adoção de tecnologias de *Waste-to-Energy*

Facilitares	Descrição	Explicação
Políticas Públicas	Regulamentações específicas para a implementação de <i>WTE</i>	Criação de normas e regulamentações que promovam a implementação de tecnologias de <i>WTE</i> , facilitando processos de licenciamento e operação.
	Política de resíduos sólidos com foco na reciclagem e <i>WTE</i>	Implementação de políticas que incentivem a separação de resíduos e o uso de resíduos sólidos para geração de energia, aumentando a eficiência da gestão de resíduos.
	Parcerias público-privadas (PPP)	Promoção de parcerias entre o setor público e privado para dividir custos e riscos na construção e operação de plantas de <i>WTE</i> , aumentando a viabilidade dos projetos.
	Política de resíduos “Pay-As-You-Throw” (PAYT)	Sistema onde os cidadãos pagam taxas de descarte de lixo com base na quantidade de resíduos não recicláveis gerados, incentivando o uso de <i>WTE</i> e reciclagem.
Incentivos Financeiros	Tarifas <i>feed-in</i> (FITs)	Estabelecimento de tarifas especiais garantidas para a compra de energia renovável gerada a partir de <i>WTE</i> , tornando o retorno financeiro mais previsível para investidores.
	Subsídios para infraestrutura de <i>WTE</i>	Disponibilização de subsídios para ajudar a cobrir os custos iniciais de instalação de tecnologias de <i>WTE</i> , incentivando a adoção por empresas e municípios.
	Créditos de carbono e mercados de carbono	Programas de créditos de carbono que recompensam as empresas por reduzir as emissões de gases de efeito estufa através da implementação de <i>WTE</i> .
	Redução de impostos para investimentos em <i>WTE</i>	Oferecimento de incentivos fiscais, como a redução de impostos sobre equipamentos e tecnologias de <i>WTE</i> , para reduzir os custos de capital das empresas.

Fonte: Elaborado a partir de (Pan et al., 2015)

De acordo com Pan et al., (2015), as regulamentações governamentais e os incentivos econômicos podem impulsionar a implementação dessas tecnologias. Entre as abordagens políticas estão as regulamentações específicas para *WTE* e a política de *Pay-As-You-Throw* (PAYT), que incentiva a reciclagem e a conversão de resíduos em energia. No campo financeiro, destacam-se as tarifas *feed-in* (FITs), os subsídios para infraestrutura de *WTE* e os créditos de carbono, que recompensam financeiramente as empresas que reduzem suas emissões de gases de efeito estufa. Essas abordagens são essenciais para tornar os projetos de *WTE* economicamente viáveis e atraentes para investidores e governos (PAN et al., 2015)..

Malinauskaite *et al.*, (2017) examinam a gestão de resíduos urbanos e tecnologias WTE no contexto europeu, enfatizando que tecnologias como a digestão anaeróbica e a pirólise são úteis para reduzir a dependência de aterros. A pesquisa também destaca a necessidade de equilibrar o uso dessas tecnologias com reciclagem e prevenção de resíduos, alinhando-se às metas de sustentabilidade da União Europeia. Com base nos achados de Malinauskaite et al. (2017), o Quadro 38 apresenta uma síntese das Tecnologias de conversão de resíduos em energia.

Quadro 38 – Tecnologias de conversão de resíduos em energia (WtE)

Tecnologia	Explicação da tecnologia	Aplicação	Exemplos
Digestão Anaeróbica	Processo biológico que ocorre na ausência de oxigênio, onde materiais orgânicos são decompostos por microrganismos, resultando na produção de biogás e fertilizantes.	Tratamento de resíduos biodegradáveis, como restos de alimentos e resíduos agrícolas.	Resíduos alimentares, resíduos agrícolas, resíduos verdes.
Pirólise	Processo térmico onde os resíduos são aquecidos a altas temperaturas (400-600°C) na ausência de oxigênio, resultando em gás, óleo e carvão.	Aplicado a resíduos plásticos e biomassa que não podem ser reciclados por métodos convencionais.	Plásticos, biomassa, resíduos urbanos complexos.
Gaseificação	Processo de decomposição térmica com a presença controlada de oxigênio ou vapor, gerando gás de síntese (syngas) que pode ser utilizado como combustível ou convertido em produtos químicos.	Adequada para resíduos sólidos mais secos e não orgânicos, como resíduos industriais ou plásticos.	Resíduos industriais, resíduos plásticos, resíduos sólidos urbanos.

Fonte: Elaborado a partir de (MALINAUSKAITE *et al.*, 2017).

As tecnologias de conversão de resíduos em energia (WtE) apresentadas auxiliam na gestão de resíduos, ao **transformar materiais que antes seriam descartados em aterros em fontes de energia valiosas**. A digestão anaeróbica, por exemplo, utiliza resíduos biodegradáveis para produzir biogás, uma fonte renovável de energia, além de gerar fertilizantes orgânicos, fechando o ciclo dentro do conceito de economia circular. Por outro lado, a pirólise e a gaseificação são mais adequados para resíduos não recicláveis, como plásticos e resíduos industriais, convertendo esses materiais em combustíveis e produtos químicos valiosos, ao mesmo tempo em que minimizam as emissões de gases poluentes. Essas tecnologias emergentes oferecem alternativas promissoras para lidar com a crescente quantidade de resíduos sólidos urbanos, alinhando-se às metas globais de sustentabilidade e eficiência energética. A aplicação dessas soluções em larga escala não só ajuda a reduzir a dependência de aterros sanitários, como também contribui para a mitigação das mudanças climáticas ao diminuir a emissão de gases de efeito estufa (Malinauskaite *et al.*, 2017).

Nizami *et al.*, (2017) abordam o potencial de biorrefinarias em países em desenvolvimento para tratar resíduos orgânicos, gerando produtos como biogás. A importância de adaptar essas tecnologias ao contexto local é destacada, considerando que a caracterização dos resíduos pode variar bastante conforme a região, influenciando a viabilidade das tecnologias. Eles argumentam que a adoção de tecnologias de biorrefinaria deve ser informada pela caracterização local de resíduos, indicando a importância de estratégias específicas para cada contexto.

Hong e Chen (2017) discutem a reciclagem química de polímeros como uma forma de converter resíduos plásticos em novos materiais ou recuperar monômeros. Esta técnica permite reutilizar polímeros, minimizando a dependência de recursos fósseis e reduzindo o impacto ambiental. A pesquisa enfatiza a importância de inovações em polímeros recicláveis para aumentar a eficiência da economia circular.

Gherghel *et al.*, (2019) investigam tecnologias emergentes para valorizar o lodo de esgoto, recuperando recursos como fósforo e biogás, posicionando as estações de tratamento de esgoto como biorrefinarias urbanas. Os principais desafios incluem os altos custos operacionais e a necessidade de regulamentações claras para reutilizar esses produtos com segurança. Para implementar essas biorrefinarias, é necessário avançar tecnologicamente e superar barreiras econômicas. O Quadro 39 detalha as principais tecnologias emergentes discutidas no artigo para a valorização do lodo de esgoto dentro do conceito de economia circular. Cada uma dessas tecnologias tem como objetivo transformar o lodo em recursos úteis, como energia ou materiais reaproveitáveis

Quadro 39 – Tecnologias emergentes para a valorização do lodo de esgoto

Tecnologia	Utilização	Explicação	Exemplos
Digestão Anaeróbia (DA)	Produção de biogás e redução de lodo	Processo biológico que converte matéria orgânica do lodo em biogás, composto principalmente por metano, e diminui o volume de lodo residual.	Usada em WWTPs na Califórnia e Alemanha.
Precipitação de estruvita	Recuperação de fósforo	A estruvita (fosfato de amônio e magnésio) é recuperada do lodo como fertilizante de liberação lenta.	Tecnologias como AirPrex® e PHOSPAQ®.
Pirólise	Produção de biocombustíveis e adsorventes	Processo térmico que decompõe o lodo em condições de alta temperatura e baixa presença de oxigênio para produzir biocombustíveis e carvão.	Utilizado na Europa e EUA para biocombustíveis.
Gaseificação	Produção de biocombustíveis e energia	Conversão de lodo em gás combustível sob altas temperaturas com presença controlada de oxigênio.	Aplicado experimentalmente em algumas WWTPs.

Ultrassonificação	Recuperação de metais e melhoria da digestão anaeróbia	Tecnologia de pré-tratamento que usa ondas ultrassônicas para romper células microbianas, facilitando a recuperação de metais e digestão do lodo.	Testes laboratoriais em várias ETEs.
Anammox	Remoção de nitrogênio com baixa demanda de oxigênio	Processo biológico que remove nitrogênio do lodo, requerendo menos energia que os processos convencionais.	Aplicado em WWTPs na Holanda.
Vitrificação-GlassPack®	Produção de agregados inertes a partir de lodo	O lodo é transformado em um agregado vítreo inerte por meio de aquecimento em alta temperatura, reduzindo os resíduos para aterros.	Piloto em ETEs no Japão.

Elaborado a partir de (GHERGHEL *et al.*, 2019)

Já no Quadro 40 são destacadas as principais barreiras que limitam a implementação dessas tecnologias emergentes em larga escala. As barreiras podem ser divididas em tecnológicas e econômicas.

Quadro 40 – Barreiras tecnológicas limitantes a implementação

Tecnologia	Barreiras Tecnológicas	Barreiras Econômicas	Exemplo de Limitação
Digestão Anaeróbia (DA)	Tempo de retenção longo e necessidade de grandes volumes de reatores.	Alto custo de implementação e operação, especialmente em pequenas instalações.	Requer grandes áreas em plantas urbanas densamente povoadas.
Precipitação de estruvita	Eficiência limitada pela composição do lodo e pela necessidade de ajuste de pH.	Alto custo de produtos químicos e manutenção de equipamentos.	Viabilidade restrita a grandes estações com alto volume de fósforo.
Pirólise	Necessidade de temperaturas muito altas e controle rigoroso de oxigênio.	Alto custo de energia e infraestrutura necessária para a operação contínua.	Poucas instalações têm capacidade para suportar pirólise em larga escala.
Gaseificação	Necessidade de equipamentos sofisticados e monitoramento rigoroso dos gases.	Alto investimento inicial e custos operacionais elevados.	A aplicação ainda é restrita a instalações piloto devido ao custo elevado.
Ultrassonificação	Eficiência depende da frequência e da intensidade das ondas ultrassônicas.	Alto consumo de energia e custo de equipamentos especializados.	Usado apenas em pequena escala ou em testes laboratoriais.
Anammox	Condições muito específicas para o crescimento das bactérias envolvidas.	Custos altos de monitoramento e controle dos parâmetros ambientais.	Difícil aplicação em plantas convencionais sem adaptação significativa.
Vitrificação-GlassPack®	Exige altíssimas temperaturas para converter lodo em vidro, o que demanda muita energia.	Alto custo de operação, especialmente devido ao consumo energético.	A tecnologia ainda é limitada a alguns projetos-piloto devido ao custo.

Elaborado a partir de (GHERGHEL *et al.*, 2019)

Essas barreiras ilustram que, embora essas tecnologias ofereçam soluções promissoras para a gestão do lodo, ainda há desafios significativos que precisam ser superados antes que

possam ser amplamente adotadas. As dificuldades relacionadas ao custo de implementação e à complexidade dos processos são os principais obstáculos, juntamente com a necessidade de mais regulamentações e padrões claros para o uso dos produtos gerados, como fertilizantes e biocombustíveis (Gherghel *et al.*, 2019).

De acordo com Gherghel et al., (2019) a transformação de estações de tratamento de esgoto em biorrefinarias urbanas, como discutido anteriormente, também enfrenta esses desafios. A ideia de converter resíduos em produtos valiosos, como bioplásticos, energia e nutrientes, está alinhada com os princípios da economia circular. No entanto, a complexidade operacional e os custos de adaptação das estações de tratamento existentes para incorporar essas tecnologias são grandes obstáculos. Para que as estações de tratamento de esgoto funcionem como biorrefinarias, seria necessário um alto nível de integração entre diferentes tecnologias avançadas, o que exige investimentos substanciais e conhecimento técnico especializado. Além disso, as regulamentações precisam ser claras sobre o uso seguro e eficiente dos produtos gerados, como a estruvita e os biocombustíveis. Portanto, a viabilidade dessas tecnologias depende não só de avanços técnicos, mas também da superação das barreiras econômicas e da criação de incentivos que possam promover sua adoção em larga escala.

Smol et al., (2015) exploraram o potencial uso da cinza de lodo de esgoto (SSA) como material de construção em uma economia circular. A revisão de literatura revela que a SSA pode ser usada como substituto de agregados e cimento em concreto e outras aplicações na construção, o que contribui para a redução de resíduos e a preservação de recursos naturais. O estudo destaca o papel crucial da SSA na transição para uma economia circular, apesar dos desafios ambientais e técnicos associados ao seu uso

Wainaina et al., (2020) exploram a relevância da EC no contexto da gestão de resíduos orgânicos, destacando o papel das tecnologias de digestão aeróbica e anaeróbica na promoção de uma sociedade circular baseada em bio-resíduos. Eles discutem rotas desenvolvidas dentro do domínio da digestão anaeróbica, como a produção de biogás e outros produtos químicos de alto valor, e destacam a importância da co-digestão de resíduos sólidos orgânicos variados, a recuperação de múltiplos bio-produtos e os processos integrados de bioprocessos. Este estudo enfatiza modelos inovadores para melhorar a economia e o desempenho dos processos, contribuindo para uma economia sustentável e a conservação do ecossistema (Wainaina et al., 2020).

Mossali et al. (2020) discutem a bio-hidrometalurgia como alternativa ecológica ao uso de ácidos fortes na recuperação de materiais de baterias de lítio. Este método utiliza microrganismos para dissolver os materiais eletroquímicos de forma mais sustentável, com

menores custos operacionais. No entanto, a técnica ainda enfrenta desafios para sua adoção em larga escala devido à densidade necessária de certos elementos (como Ferro e Enxofre) e ao tempo prolongado do processo.

O uso de bioplásticos é uma alternativa promissora aos plásticos convencionais, porém requer regulamentações e incentivos financeiros para escalar sua produção. Rosenboom, Langer e Traverso (2022) destacam que os bioplásticos podem reduzir a dependência de recursos fósseis e facilitar a transição para uma economia sustentável.

A implementação da Economia Circular (EC), apoiada por tecnologias digitais e naturais, representa uma alternativa promissora para substituir o modelo econômico linear, promovendo a reutilização de recursos, a redução de resíduos e a sustentabilidade.

Tecnologias digitais, como a Indústria 4.0 e blockchain, melhoram a eficiência e rastreabilidade dos processos, enquanto as tecnologias naturais, como Waste-to-Energy e biorrefinarias, permitem transformar resíduos em novos recursos. Embora a EC enfrente desafios institucionais, culturais e econômicos, sua adoção, quando apoiada por políticas adaptativas e colaboração multissetorial, pode alcançar resultados promissores nas dimensões, econômica, social e ambiental.

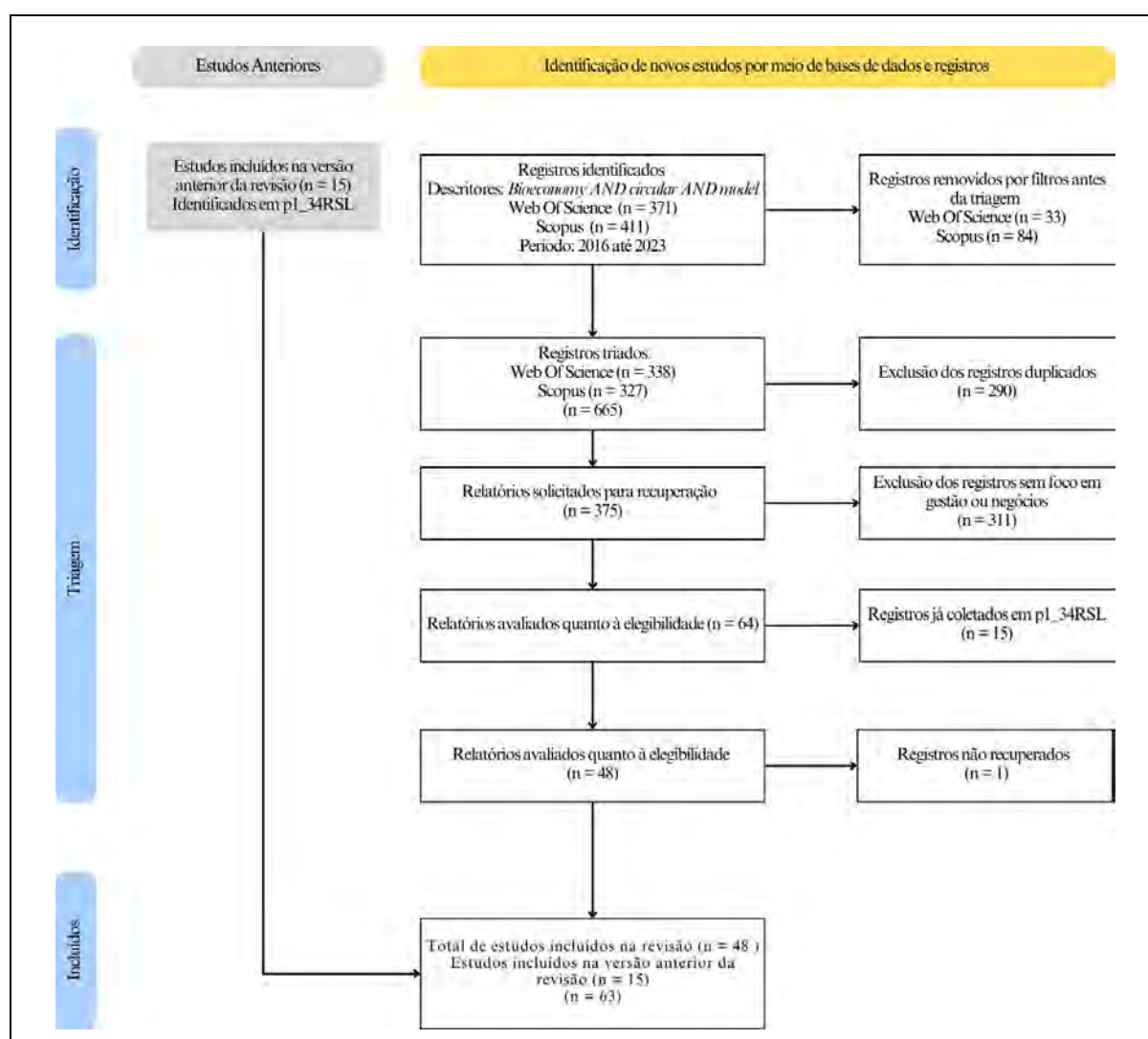
4.3 RESULTADOS DA BIOECONOMIA

Os resultados desta seção foram

4.3.1 Resultados referentes ao conjunto formado pelo Banco de dados p3_63Refs

Os resultados apresentados nessa seção representam o subconjunto de documentos do conjunto p3_375, para os quais foi gerado um subconjunto composto por 63 registros com foco específico em negócios, o qual foi nomeado de p3_63Rfs. Na Figura 19 é apresentada a representação do fluxograma prisma referente a inclusão dos registros.

Figura 19 – Fluxograma Prisma da Identificação dos Estudos de p3_63Refs.

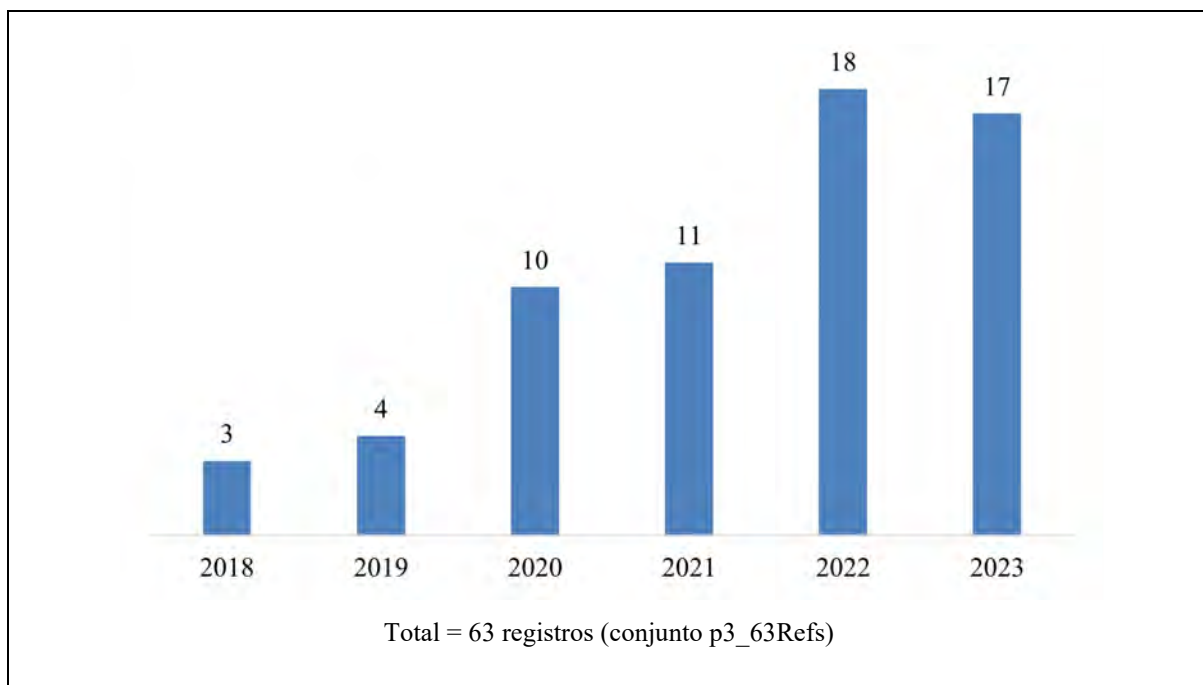


Fonte: Adaptado de Tricco *et al.*, (2018)

Os estudos foram capturados a partir das bases de dados Web Of Science® e Scopus®. Por meio dos descritores *bioeconomy** AND *circular* AND *model*. Foram aplicados filtros para restringir a os registros por título, delimitado ao período de 2021 até 2023, e apenas publicações

em inglês, foram recuperados 665 registros. Para reduzir o tamanho da amostra, e obter uma seleção de pesquisas centradas em modelos de negócios e gestão foi realizada a leitura dos títulos, resumos e palavras chaves de 375 registros triados. A partir da observação dos objetivos, métodos e resultados identificados nos documentos, foram excluídos 311 registros, considerados fora do escopo dessa revisão. Desta maneira restaram 64 artigos, dos quais 15 já haviam sido identificados na construção do banco de dados pertencente ao conjunto p1_34RSL (abordado no item 4.1.3) e apenas 1 não foi recuperado o documento completo. Desta maneira foram incluídos os 15 registros já identificados e mais os 48 novos registros. A distribuição dessas publicações ao longo dos anos pode ser observada na Figura 20.

Figura 20 – Quantidade de publicações por ano para o conjunto p3_63Refs.



Fonte: Dados da pesquisa.

Os documentos completos desses registros foram analisados e codificados com auxílio do software NVivo. Na etapa indutiva foi realizada o agrupamento aberto dos temas constantes nos documentos, para identificar possíveis categorias. Emergiram do campo seguintes classificações macro, as quais foram denominadas de níveis. Assim os resultados de cada artigo foram codificados em um ou mais níveis. Os seis níveis mencionados são: Organizacional; Governamental; Sociedade em Geral; Científico ou Tecnológico; Econômico ou Financeiro; e, Ambiental ou da Biosfera. No Quadro 41 é apresentada a explicação de agrupamento para cada nível.

Quadro 41 – Critérios de agrupamento para os documentos de p3_63Refs

Nível	Relacionado a	Elementos observados nos trechos de texto codificados	Critério de inclusão do trecho codificado
Organizacional	Práticas de empresas ou indústrias	Práticas, responsabilidades, desafios ou vantagens relacionadas diretamente às empresas, corporações ou indústrias como entidades; inclui ações de negócios e motivações ligadas à responsabilidade ambiental ou crescimento de negócios; foco em decisões ou estratégias que podem ser controladas e implementadas no nível corporativo ou de gestão,	Se refere a ações, decisões ou estratégias gerenciais internas a uma organização, voltadas para sustentabilidade, inovação e eficiência de recursos?
Governamental	Políticas públicas e regulações governamentais.	Abordam regulamentações, políticas públicas, de âmbito nacional ou internacional, e medidas de descarbonização ou mitigação de impactos climáticos; inclui elementos que dependem de políticas estatais ou regulatórias que impactam tanto o setor privado quanto o público; foco em metas a longo prazo com abrangência internacional, nacional, regional ou local.	Está relacionado a ações que precisam de políticas governamentais, regulações ou acordos internacionais para serem implementadas, ou aborda metas estabelecidas pelo governo?
Sociedade em Geral	Práticas sociais ou comportamentos coletivos ou individuais	Se referem comportamentos que afetam a população de maneira ampla ou que dependem da adesão ou comportamento social; inclui informações sobre a geração de resíduos, reciclagem, impactos no meio ambiente, uso de energia renovável; foco no comportamento ou mudança de comportamento, individual ou coletivo.	Se refere a comportamento ou mudança de comportamento, que dependem de uma adoção mais ampla pela sociedade, como uso de energias renováveis ou reciclagem, ou descreve impactos em larga escala da sociedade como um todo?
Científico ou Tecnológico	Inovação e desenvolvimento tecnológico	Papel da inovação tecnológica e científica; inclui pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, processos e soluções que promovam a eficiência de recursos; foco na identificação de novas tecnologias renováveis, biotecnologia, melhorias em processos gestão de resíduos	Envolve avanços científicos, desenvolvimento de novas tecnologias ou processos inovadores que têm impacto econômico, social ou ambiental?
Econômico ou Financeiro	Implicações econômicas e financeiras de práticas sustentáveis.	Implicações econômicas ou financeiras de práticas sustentáveis; inclui elementos como custos de implementação de tecnologias verdes, incentivos financeiros, subsídios, análise de mercado para produtos sustentáveis, e o impacto econômico de certificações ambientais; foco nas questões financeiras relacionadas às práticas sustentáveis	Menciona fatores econômicos, financeiros ou de mercado que influenciam ou são influenciados por práticas de sustentabilidade e economia circular?
Ambiental ou Biosfera	Implicações ambientais da prática empregada.	Interação entre sistemas ecológicos e o meio ambiente, ou aquelas que abordam práticas relacionadas a tecnologias biológicas, preservação de recursos naturais, e impactos no meio ambiente, podendo ser em escala, local, regional ou global.	Menciona impactos ambientais, ecológicos, ou fala sobre a preservação de ecossistemas naturais, como florestas, mares, biodiversidade e clima?

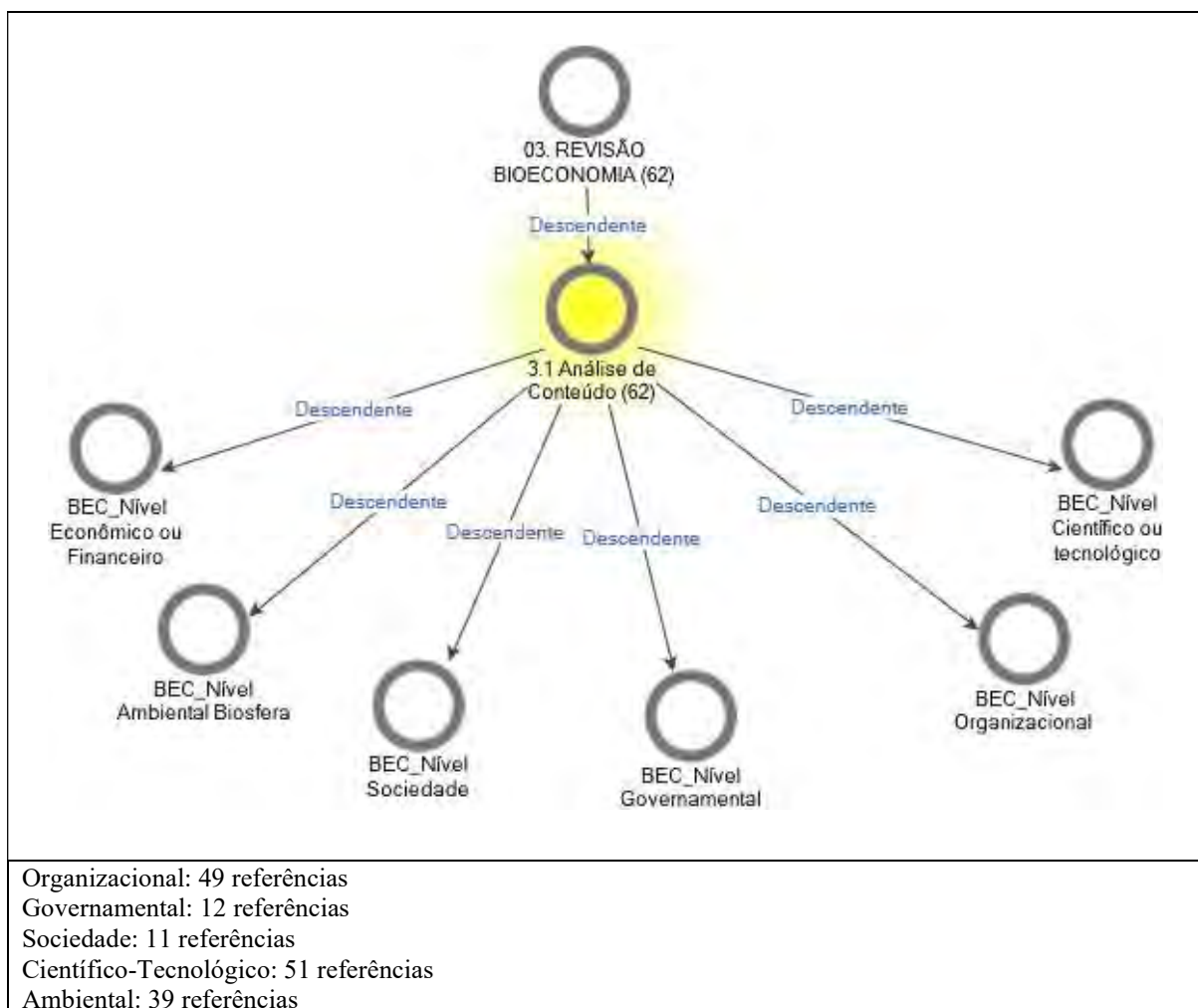
Fonte: Elaborado pela pesquisadora (2024)

Para cada um dos 63 artigos completos fichados, foram codificados trechos de texto nos resultados, em seguida foram observados os critérios de inclusão. Ao todo foram codificadas 276 respostas.

4.3.2 Bioeconomia com Foco Em Gestão Ou Modelos De Negócios

A Figura 21 ilustra as Codificação no NVivo para os documentos sobre bioeconomia com foco em gestão.

Figura 21 – Codificação NVivo dos documentos com foco em gestão



Fonte: Dados da pesquisa (2024), imagem da codificação de referência no NVivo.

Os resultados dos artigos analisados foram codificados em um ou mais níveis. A seguir serão apresentados os achados de cada nível de codificação bem como as interseções com os demais níveis.

4.3.2.1 Dimensão Ambiental

O enfrentamento às mudanças climáticas tem impulsionado a adoção de alternativas que ajudem a reduzir as emissões de gases do efeito estufa em diversos setores. Por exemplo, Carvalho *et al.*, (2020) e Alfano, Cantabene, Lepore e Palermo (2023), destacaram iniciativas de transição para fontes de energia renováveis. Em sua investigação sobre a transição para biogás e fogões micro-gaseificadores, Carvalho *et al.*, (2020), revelaram uma redução nos impactos ambientais, enfatizando os benefícios de tecnologias limpas na sustentabilidade.

Outro aspecto relevante é a gestão eficiente de resíduos, promovida por meio da economia circular. A valorização de subprodutos agrícolas, por exemplo, é abordada por Awasthi *et al.*, (2022), os quais identificaram o potencial de reaproveitamento de resíduos para minimizar a poluição e melhorar processos econômicos. A utilização de resíduos agroalimentares também foi investigada por Donner e Vries (2023), que defendem a criação de novos produtos de base biológica (*biobased products*), ampliando o potencial econômico e ambiental. Já Donner *et al.*, (2021) destacaram iniciativas que podem auxiliar no tratamento de resíduos agrícolas para o fortalecimento da bioeconomia. Esses avanços encontram respaldo em iniciativas como as mencionadas por Duque-Acevedo *et al.*, (2020), que sugerem a importância de um sistema de gestão integrada para o uso da biomassa, incluindo energia e biocombustíveis.

Na dimensão ambiental, a bioeconomia busca ampliar a compreensão sobre a valoração de resíduos de base biológica, de modo que as práticas adotadas venham a contribuir para reduzir a degradação do meio ambiente.

No setor agrícola Duque-Acevedo *et al.*, (2020a), defendem o uso sustentável de biomassa de resíduos agrícolas. Rodias, Aivazidou, Achillas, Aidonis e Bochtis (2021) mostram como a produção de bioenergia e fertilizantes a partir de resíduos pecuários pode mitigar as emissões de gases de efeito estufa, além de reduzir o uso de recursos naturais.

Esses estudos sugerem que a maximização do valor da biomassa por meio de estratégias de cascata, como proposto por Salvador *et al.*, (2020), e a desenvolvimento de co-produtos variados, incluindo bioplásticos e biodiesel (Shirsath e Henchion, 2021), reforçando o potencial das práticas ambientais para a criação de um sistema mais sustentável e resiliente. Essa abordagem também é refletida na pesquisa de Krungkaew *et al.*, (2023), que evidenciam a mitigação de emissões de CO₂ por meio do uso integral de resíduos de banana, destacando a importância de práticas de reaproveitamento de resíduos na redução de pegadas de carbono.

Artene *et al.*, (2022) identificaram vantagens econômicas obtidas por países que implementaram práticas sustentáveis, demonstrando que práticas ambientais e econômicas podem coexistir e ser financeiramente compensadoras. No entanto, a capacidade de gerar valor econômico enquanto se reduz o uso de recursos naturais não é homogênea entre as nações, havendo uma disparidade na eficiência com que diferentes países conseguem agregar valor por meio de práticas sustentáveis (Artene *et al.*, 2022).

4.3.2.2 Dimensão Econômico-Financeiro

Artene *et al.*, (2022) ressaltaram que uma mudança para o crescimento sustentável envolve custos operacionais mais elevados em relação as práticas já estabelecidas, resultando em menor valor adicionado bruto. De acordo com Carvalho *et al.*, (2020), práticas sustentáveis muitas vezes exigem avaliações econômicas adicionais para que seus benefícios sejam plenamente compreendidos e aplicados.

Bertolucci Paes (2019) observaram que a competitividade dos produtos sustentáveis é impactada por barreiras logísticas, sazonalidade e altos custos, o que limita sua aceitação no mercado. Para superar esses obstáculos, o direcionamento de investimentos de apoio financeiro é necessário. Aggestam e Giurca (2022), discutiram sobre tendência de direcionar recursos para melhorar a eficiência operacional, mas não necessariamente para práticas de circularidade, o que pode limitar o potencial de inovação sustentável a longo prazo de novos negócios. Essa realidade é evidenciada no setor de biocombustíveis, em que a viabilidade de plantas de biometano depende fortemente de subsídios governamentais e de cenários com tarifas *premium*, como observado por D'Adamo, Ribichini e Tsagarakis (2023).

Brunnhöfer *et al.*, (2020) observaram dificuldades de competir com matérias-primas fósseis, o que limita a viabilidade de produtos sustentáveis frente à concorrência de preços. No entanto, mesmo diante a tal contrariedade, práticas de economia circular têm demonstrado potencial para agregar valor aos produtos, como no caso do azeite de oliva, onde Donner *et al.*, (2022) identificaram um aumento no valor de mercado dos azeites produzidos em com adoção de técnicas amigáveis ao meio ambiente.

Krungrakew *et al.*, (2023) relatam que práticas agrícolas sustentáveis podem aumentar as margens de lucro dos agricultores em até 100%, indicando que investimentos em sustentabilidade podem trazer retornos financeiros significativos. No setor de bebidas, Weber *et al.*, (2020) identificam que a produção de destilados é mais lucrativa do que a produção de etanol, evidenciando que a viabilidade econômica de produtos sustentáveis pode variar de acordo com o setor e o modelo de negócios adotado.

4.3.2.3 Dimensão Governamental

O apoio público promove avanços no setor ambiental, seja para certificações que incentivam práticas sustentáveis, seja para investimentos em pesquisa e desenvolvimento, como apontam autores ao analisarem o impacto das políticas no cenário sustentável (Borrello et al., 2023; D'Amato, Seijonaho e Toppinen, 2020).

Desafios regulatórios e disparidades nas políticas públicas entre diferentes regiões e níveis governamentais criam barreiras. muitos governos ainda carecem de diretrizes claras para a implementação desses modelos de negócio, limitando a capacidade de seus setores produtivos em responder às demandas por uma economia verde (Leipold e Petit-Boix, 2018).

A ausência de políticas uniformes e a falta de mecanismos de aplicação dificultam a implementação dos modelos de negócios circulares. Por exemplo, enquanto políticas federais muitas vezes possuem potencial limitado devido à falta de aplicação prática, as políticas estaduais, ao apresentarem variações e até mesmo contradições, impõem dificuldades adicionais para empresas e setores que buscam alinhar-se com os objetivos sustentáveis (Ryen e Babbitt, 2022).

Fatores externos como mudanças climáticas e urbanização crescente impõem desafios adicionais às políticas regulatórias, exigindo ajustes contínuos e uma coordenação entre esferas governamentais para garantir efetividade e adaptação (Donner, Sohler e de Vries, 2020).

Políticas desarticuladas, como as de rotulagem de alimentos, contribuem para o desperdício de recursos, evidenciando a importância de um alinhamento regulatório que evite inconsistências. Esse alinhamento é importante para promover a circularidade de maneira prática e eficiente, facilitando a transição para modelos de negócios sustentáveis e estabelecendo diretrizes claras para empresas e consumidores (Ryen e Babbitt, 2022; Orozco et al., 2021).

A implementação de políticas públicas voltadas à sustentabilidade tem potencial para promover inovações tecnológicas, e gerar benefícios econômicos que superem os custos iniciais de implantação (Salvador et al., 2023). Esse cenário é exemplificado a partir de políticas adotadas em países como Finlândia, França, Itália e Holanda, os quais buscam por meio das políticas públicas, estimular o desenvolvimento econômico e a geração de empregos em setores inovadores e sustentáveis (Artene et al., 2022).

A criação de empregos e o desenvolvimento de modelos de negócios orientados para a sustentabilidade têm o potencial de aumentar a aceitação sociopolítica e comunitária, promovendo um compromisso mais forte das organizações com a sociedade (Eskelinen et al.,

2022). Mas, esse compromisso exige um esforço coordenado entre o governo e as organizações, onde políticas de incentivo e infraestrutura adequada são fundamentais para apoiar a transição sustentável.

A interação entre *stakeholders* é um ponto importante na promoção da economia circular e estímulo a bioeconomia. Pesquisas indicam que a relação entre as abordagens econômicas e preservação ambiental pode variar significativamente entre as partes interessadas, destacando a necessidade de estratégias específicas que conciliem as metas ambientais com os objetivos organizacionais e governamentais (Leipold e Petit-Boix, 2018).

Especialistas apontam a importância de tecnologias verdes e da gestão de biorrecursos, fatores fundamentais para alcançar a meta de *zero waste*. Nesse contexto, políticas governamentais e incentivos à inovação tecnológica são meios para que organizações possam adotar práticas sustentáveis de maneira viável (Mukherjee et al., 2023). Essas práticas são, no entanto, frequentemente desafiadas por conflitos entre o crescimento econômico e a sustentabilidade, particularmente no uso de recursos como a biomassa, que gera tensões entre as necessidades de expansão organizacional e os limites ambientais (Näyhä, 2021).

Uma infraestrutura adequada e o treinamento especializado são fatores críticos que facilitam a adoção de práticas sustentáveis nas organizações. Governos que oferecem apoio na forma de infraestrutura e capacitação podem ajudar a superar barreiras organizacionais e, ao mesmo tempo, impulsionar a economia sustentável. A disponibilidade de tais recursos é frequentemente vista como um fator favorável à implementação de estratégias verdes, promovendo uma sinergia positiva entre a dimensão governamental e organizacional (Orozco et al., 2021).

A interação entre o apoio governamental e o desenvolvimento científico e tecnológico é importante para promoção de práticas sustentáveis e na mitigação de impactos ambientais. O financiamento governamental é uma oportunidade para apoiar iniciativas tecnológicas e o desenvolvimento sustentável, proporcionando, por exemplo, certificações florestais e outros incentivos que ajudaram a promover avanços no setor ambiental (Borrello et al., 2023). Além disso, setores com grande impacto ambiental, como o setor de aço brasileiro, puderam planejar reduções significativas nas emissões de carbono ao longo das próximas décadas, atingindo metas de redução que variaram conforme o cenário de descarbonização adotado, o que evidenciou a relevância do suporte governamental na viabilidade de tais objetivos (Hebeda et al., 2023).

A dependência de apoio público para viabilizar pesquisas e desenvolvimentos tecnológicos foi um aspecto comum em várias indústrias, demonstrando que a inovação

científica frequentemente contou com o suporte de políticas públicas que viabilizavam esses avanços (D'Amato, Seijonaho e Toppinen, 2020). Tecnologias emergentes, como os sistemas de bioeletroquímica (BES), foram identificadas como promissoras na mitigação das mudanças climáticas e na geração de produtos bio-baseados, indicando que a pesquisa científica orientada para a sustentabilidade encontrou no apoio governamental uma base para desenvolvimento e implementação (Modestra et al., 2022).

Ainda, o envolvimento do governo em questões de governança e criação de empregos relacionados à sustentabilidade foi destacado como um ponto relevante para diversas indústrias e regiões. A diversidade dessas áreas ressaltou a necessidade de ferramentas de avaliação mais robustas, capazes de auxiliar na mensuração dos impactos econômicos e ambientais de novas tecnologias, além de melhorar a governança e o acompanhamento dos resultados (Valencia, Bocken, Loaziz e Jaeger, 2023).

Um dos fatores que influenciou essa desigualdade foi o nível de investimento governamental direcionado à inovação. O financiamento pela União Europeia, por exemplo, foi visto como crucial para promover inovações disruptivas em vários setores, garantindo que empresas europeias se mantivessem competitivas e à frente em tecnologia sustentável (Gatto e Re, 2021). Entretanto, os mercados internos ainda enfrentaram ameaças provenientes de concorrência estrangeira, de mercados informais e de desafios regulatórios que limitaram a eficácia das políticas nacionais, conforme discutido por Borrello *et al.*, (2023).

De acordo com Illankoon *et al.*, (2023), as políticas de incentivo financeiro e regulamentações mais robustas foram insuficientes em alguns casos, dificultando a competitividade de preços e gerando lacunas de comunicação entre empresas e consumidores. Esses fatores adicionaram um risco financeiro para as empresas que tentaram adotar práticas sustentáveis sem o suporte adequado do governo.

4.3.2.4 Dimensão Organizacional

A busca por práticas sustentáveis no âmbito organizacional tem levado empresas a adotarem abordagens personalizadas para a economia circular e a bioeconomia, adaptando suas operações às especificidades de cada cadeia de valor. Segundo Aggestam e Giurca (2022), essa transição requer inovação e flexibilidade para integrar modelos de negócios circulares de maneira eficaz.

Salvador *et al.*, (2023) destacaram uma exemplificação de modelos de negócios circulares, com práticas operacionais envolvendo por exemplo: simbiose industrial, reciclagem e *upcycling*, as quais favorecem a eficiência de recursos e a recuperação de valor.

De acordo com Näyhä (2019), a colaboração intersetorial e a inovação são componentes impulsionadores para a interação de práticas de circularidade entre setores empresariais. No contexto do reaproveitamento de resíduos, as organizações têm explorado o potencial de subprodutos, como resíduos de corte e agrícolas, para geração de energia e produção de fertilizantes orgânicos (Michal et al., 2021; Rodias et al., 2021).

Co-produtos, como bioplásticos e fertilizantes, também reflete o compromisso das empresas com a sustentabilidade, diversificando suas práticas e aumentando o impacto ambiental positivo (Shirsath e Henchion, 2021). Salvador *et al.*, (2023) observaram que a recuperação de resíduos representa uma das maiores oportunidades para fortalecer a economia circular, mostrando que a valorização de materiais residuais é uma estratégia central para a sustentabilidade organizacional.

Os desafios de adaptação à economia circular exigem inovações organizacionais que facilitem a logística e a gestão de resíduos, para garantir a eficácia das práticas sustentáveis. Donner, Sohier e de Vries (2020) apontaram que a gestão de resíduos e o gerenciamento de mudanças são fundamentais para a implementação de modelos circulares, enquanto Duque-Acevedo *et al.*, (2020a) sublinham a necessidade de sistemas integrados para evitar acúmulos e desperdícios. Para muitas empresas, o compromisso ambiental se torna um fator motivador para transformar suas operações, como destacado por Donner e Radić (2021), evidenciando que as práticas circulares fortalecem a identidade e a reputação organizacional.

A comunicação transparente de práticas ambientais é outra prioridade organizacional. Empresas maiores tendem a divulgar mais informações sobre suas atividades de economia circular, promovendo uma cultura de responsabilidade e comprometimento com a sustentabilidade (Vitolla et al., 2023).

Mensurar e comunicar o impacto de práticas ambientais e sua conversão em lucro econômico, ainda representa um desafio, como observado Näyhä (2021), o qual destacou a importância de desenvolver indicadores confiáveis para assegurar que as contribuições das empresas à sustentabilidade sejam reconhecidas e compreendidas.

Donner *et al.*, (2021) identificaram que práticas empresariais exigem uma análise multifacetada, que considere de maneira simultânea fatores organizacionais, financeiros, técnicos e logísticos. Essa abordagem holística é reforçada por Donner, Radić, Erraach e El Hadad-Gauthier (2022), sublinham a importância de elementos internos, como conhecimento organizacional e logística, e fatores externos, como subsídios e recursos financeiros, para fortalecer a resiliência e competitividade das empresas.

Reim, Parida e Sjödin (2019) discutiram uma perspectiva integrando tanto aspectos organizacionais quanto financeiros, abordando desde a proposição até a captura de valor. Esse desafio é intensificado pela necessidade de uma cadeia de valor resiliente, como destacado por Salvador *et al.*, (2020), os quais enfatizam a importância da criação de valor e da cobertura de custos para a viabilidade financeira.

Näyhä (2020) sugeriu que as capacidades dinâmicas e liderança eficaz são essenciais para enfrentar complexidades operacionais, que envolvem tanto a gestão organizacional quanto a estabilidade financeira. Essa liderança é necessária para lidar com desafios como a aceitação de mercado, conforme mencionado por Orozco, Mosquera-Losada, Rodriguez, Adamseged e Grundmann (2021), os quais identificam a necessidade de estratégias robustas para assegurar o sucesso comercial e financeiro de novos produtos.

A interação entre desempenho financeiro e sustentabilidade é evidenciada por Vitolla *et al.*, (2023), que observam que empresas com maior alavancagem e lucratividade tendem a divulgar mais informações sobre práticas de economia circular. Essa tendência sugere que a performance financeira está alinhada com uma estrutura organizacional transparente e comprometida com práticas ambientais.

A concorrência estrangeira, os mercados informais e as regulamentações insuficientes representam desafios para as organizações, conforme descrito por Borrello *et al.*, (2023). Esses fatores ressaltam a necessidade de uma regulação mais robusta e de políticas que protejam as empresas locais, permitindo que elas se adaptem a práticas sustentáveis de maneira competitiva. Gatto e Re (2021) reforçam essa ideia ao indicar que o financiamento da União Europeia no desenvolvimento de inovações disruptivas, um recurso que viabiliza a transição organizacional para modelos mais sustentáveis e competitivos.

4.3.2.5 Dimensão Sociedade

Estudos apontam que tanto os atores da cadeia de valor quanto a sociedade em geral exercem um papel fundamental na gestão do ciclo de vida dos produtos, destacando a importância de práticas que reduzam o impacto ambiental no fim de vida (EoL) dos produtos (D'Adamo, Falcone, Imbert e Morone, 2020).

Práticas de transparência e a disponibilização de informações acessíveis sobre a sustentabilidade dos modelos de negócios circulares (CBMs) são aspectos essenciais para a aceitação e o engajamento da sociedade nessas iniciativas. Quando os consumidores têm acesso a dados claros sobre o impacto ambiental, as chances de adesão a essas práticas aumentam

(Lang, Minnucci, Mueller e Schlaile, 2023). A garantia de segurança pode aumentar a confiança dos consumidores em novas soluções sustentáveis (Eskelinen et al., 2022).

No contexto organizacional, a reputação corporativa e as práticas de responsabilidade social empresarial (CSR) se revelam influentes na disposição dos consumidores em adquirir produtos sustentáveis, indicando que a transparência e a imagem positiva das empresas são essenciais para promover escolhas mais conscientes (Vatamanescu et al., 2021). Ademais, a estruturação de modelos de negócios circulares exige acesso a informações sobre sustentabilidade de maneira clara e acessível, permitindo que os consumidores compreendam melhor o impacto das suas escolhas e participem ativamente como co-criadores nesses modelos (Lang, Minnucci, Mueller e Schlaile, 2023).

Outro ponto relevante refere-se aos benefícios ambientais e sociais que, embora nem sempre quantificáveis, são inerentes a estratégias de economia circular. Estas estratégias são adotadas por agricultores como meio de resolver problemas de resíduos, demonstrando uma abordagem prática e eficiente para minimizar o desperdício e reutilizar recursos (Donner et al., 2022). No entanto, há uma necessidade constante de melhorar a consciência ambiental dos consumidores, pois, embora estes geralmente apresentem uma visão positiva sobre a economia circular, o conhecimento profundo sobre as práticas ainda é limitado, o que pode ser um entrave à adesão plena (Donner et al., 2022).

D'Amato, Seijonaho e Toppinen (2020) observaram vantagens geradas por essas práticas circulares, tanto no âmbito ambiental quanto social, ainda carecem de mensuração específica, o que destaca a necessidade de métodos aprimorados para avaliar o impacto dessas ações na sociedade e no meio ambiente.

A colaboração com agricultores locais é destacada como uma estratégia de políticas públicas fundamental, especialmente para práticas sustentáveis de produção que valorizam as economias regionais e incentivam um ciclo de produção mais próximo do consumo final (Orozco, Mosquera-Losada, Rodriguez, Adamseged e Grundmann, 2021). Tal cooperação entre setores públicos e privados é vital para consolidar práticas que preservem o meio ambiente e promovam a sustentabilidade.

Sob a perspectiva econômico-financeira, as propostas de alternativas sustentáveis demandam uma avaliação cuidadosa dos seus benefícios ambientais, sociais e econômicos, de modo a garantir que elas sejam viáveis e duradouras. De acordo com Carvalho *et al.*, (2020) essa avaliação permite a adequação dos custos e ganhos envolvidos, facilitando a implementação prática de soluções sustentáveis.

4.3.2.6 Dimensão Científico Tecnológica

Awasthi *et al.*, (2022) apontaram que tecnologias como digestão anaeróbica e pirólise nas biorrefinarias são promissoras para autossuficiência energética, ainda que enfrentem desafios de padronização devido à variabilidade dos resíduos agrícolas. No setor agrícola, a valorização de resíduos, como os de açaí, também gera produtos de alto valor agregado, exemplificados por Barbosa e Carvalho Junior (2022), e promove o desenvolvimento de produtos *bio-based*, como sugerido por Duque-Acevedo *et al.*, (2020a).

O uso de resíduos agroalimentares na criação de novos produtos bioenergéticos e compostagem reforça a importância da bioeconomia para a sustentabilidade futura, conforme observado por Donner e Vries (2023). A produção de *biochar* a partir de resíduos agrícolas, como indicado por Illankoon *et al.*, (2023), também representa um meio eficaz de reduzir o impacto ambiental, ao mesmo tempo que contribui para a eficiência de recursos e retorno financeiro.

A economia circular emerge como uma abordagem para aumentar a eficiência industrial e a auxiliar na mitigação de impactos ambientais. Bertolucci Paes (2019) destacou a importância dessa economia para melhorar a eficiência dos processos industriais e desenvolver novos modelos de negócios. D'Adamo *et al.*, (2019) e Jain *et al.*, (2022) argumentaram que a economia circular apoia a valorização resíduos, fortalecendo a sustentabilidade ambiental, econômica e social.

Dentro da economia circular, práticas como simbiose industrial e *upcycling* têm sido apontadas por Salvador *et al.*, (2020) como estratégias eficazes para maximizar o valor dos resíduos e promover uma produção mais sustentável. A reutilização de plásticos, como os filmes de PLA, também se beneficia de métodos de reciclagem química e mecânica para reduzir sua carga ambiental (D'Adamo, Falcone, Imbert e Morone, 2020). Essas iniciativas refletem um avanço importante na integração de práticas de economia circular nos processos industriais.

A valoração de subprodutos agrícolas, como observado por Awasthi *et al.*, (2022), reduz a geração de resíduos e contribui para uma economia de processos mais eficiente. Já, Barbosa e Carvalho Junior (2022) destacaram o potencial econômico na conversão de resíduos de açaí em produtos de alto valor, como manose e polifenóis, ampliando as oportunidades de geração de receita e estimulando a inovação.

No setor energético, Carvalho *et al.*, (2020) indicaram que o uso de biogás a partir de esterco animal e resíduos orgânicos se mostra economicamente viável e ambientalmente sustentável, com disponibilidade suficiente de recursos até 2035. Essa abordagem é

complementada por D'Adamo *et al.*, (2019), os quais observaram que o aproveitamento de resíduos da produção de azeite na economia circular pode transformar o que seria um passivo ambiental em uma oportunidade econômica (D'Adamo *et al.*, 2020).

Duque-Acevedo *et al.*, (2020) enfatizaram que o uso da biomassa em diversas aplicações ajuda a sustentar a bioeconomia, enquanto Huy, Sristin Vatland e Kumar (2022) apontaram que a introdução de microalgas na alimentação de peixes pode reduzir os custos de produção, unindo benefícios ambientais com uma estratégia de redução de despesas.

A criação de modelos circulares voltados para produtos eco-sustentáveis e nutracêuticos, conforme Gatto e Re (2021), exemplifica como o alinhamento com características locais pode aumentar a eficácia das práticas sustentáveis, reforçando a importância da flexibilidade e inovação para maximizar o impacto em diferentes setores. Essa perspectiva utiliza escalas de maturidade.

Outro exemplo é o da reciclagem de materiais, como a levedura, que, segundo Weber *et al.*, (2020), pode reduzir os custos operacionais e otimizar o uso de recursos, sendo uma alternativa economicamente atrativa e alinhada com práticas sustentáveis. Jain *et al.*, (2022) observaram que a adoção de práticas de economia circular contribui para a sustentabilidade dos bioprodutos e biocombustíveis, promovendo um modelo de produção em que o desperdício é minimizado e a eficiência é maximizada.

Em relação a mitigação climática e viabilidade financeira, Jukka *et al.*, (2022) ressaltaram que a implementação de ciclos fechados pode simultaneamente aumentar os indicadores de rentabilidade e diminuir a pegada de carbono, tornando-se uma estratégia vantajosa tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico. A produção de biochar, conforme também observado por Jukka *et al.*, mostra-se financeiramente viável e eficaz para a mitigação do impacto climático, ao passo que a importância dos co-produtos para a rentabilidade é destacada por Shirsath e Henchion (2021), especialmente na indústria da carne.

Estudos de Alcalde-Calonge *et al.*, (2022) ressaltaram que fatores regulatórios, tecnológicos e econômicos desempenham um papel moderador nas iniciativas de inovação sustentável, moldando a maneira como essas tecnologias são implementadas e aceitas na sociedade. Segundo D'Amato, Seijonaho e Toppinen (2020), o apoio público é necessário para a pesquisa e desenvolvimento em tecnologias sustentáveis. Borrello *et al.*, (2023) acrescentam que o financiamento governamental e as certificações florestais desempenham um papel fundamental na promoção de práticas sustentáveis, especialmente em setores de recursos naturais. No entanto, desafios como o engajamento das empresas e a colaboração com centros

de pesquisa limitam a implementação efetiva dessas práticas (Donner, Radić, Erraach e El Hadad-Gauthier, 2022).

D'Amato *et al.*, (2020) destacam que o financiamento público para pesquisa e desenvolvimento é vital para o progresso de novas tecnologias e práticas ambientais mais responsáveis.

O exemplo do setor de aço no Brasil, como apontado por Hebeda *et al.*, (2023), ilustra essa relação indicando que com o apoio e políticas adequadas, esse setor poderá reduzir significativamente suas emissões de carbono até 2050, dependendo do grau de descarbonização escolhido. Essa transição tecnológica, viável por meio de regulamentações e incentivos governamentais, pode levar a reduções de emissões de até 82%, exemplificando o impacto potencial de políticas bem implementadas.

Outro aspecto é o desenvolvimento de tecnologias *bio-based* e sustentáveis, como os Sistemas Bioeletroquímicos (BES), considerados promissores para mitigar mudanças climáticas e produzir produtos bio-recursos, segundo Modestra *et al.*, (2022).

Valencia *et al.*, (2023) apontaram para a diversidade de setores e regiões envolvidos em iniciativas sustentáveis, enfatizando a necessidade de uma governança eficaz e de ferramentas de avaliação robustas para garantir que os investimentos e políticas realmente gerem os impactos esperados. Ao focar na criação de empregos e na implementação de práticas de governança, a integração das dimensões governamental e científica fortalece os esforços de sustentabilidade, favorecendo um modelo econômico que combina desenvolvimento ambiental e responsabilidade social.

A necessidade de inovação contínua e aceitação de modelos circulares, como sugerem Aggestam e Giurca (2022), evidencia o desafio organizacional de incorporar práticas sustentáveis enquanto se mantêm competitivos. O compromisso com investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (PeD), mesmo em períodos de crise, como durante a pandemia, é o que impulsiona o avanço de tecnologias verdes e a adoção de energias alternativas que minimizem a poluição (Alfano *et al.*, 2023).

No contexto da economia circular, Bertolucci Paes (2019) observou que a transição para modelos de negócios sustentáveis oferece oportunidades para aumentar a eficiência dos processos industriais, enquanto DeBoer *et al.*, (2020) reforçaram a importância de um engajamento mais amplo das empresas com questões relacionadas à bioeconomia. Essa integração pode ser alcançada por meio de modelos circulares focados em bioenergia e produtos de valor agregado, como sugerem Donner *et al.*, (2022), além da adoção de parcerias

público-privadas e de tecnologias inovadoras que promovam economias de escala e aceitação de produtos ecológicos por parte dos consumidores (Donner et al., 2021).

Näyhä (2020) ressaltou a importância de um ambiente organizacional que incentive a inovação tecnológica, destacando também a relevância das *startups* no avanço do setor sustentável (Näyhä, 2019). Na prática, esses modelos de negócios tendem a focar na eficiência de recursos e na simbiose industrial, aspectos que Salvador *et al.*, (2020) destacaram como essenciais para uma economia circular.

Carvalho *et al.*, (2020) analisam o uso de fogões a biogás e micro-gaseificadores, mostrando que essas tecnologias reduzem significativamente os impactos ambientais ao utilizar recursos locais, como o esterco animal e o bagaço de cana, conforme evidenciado pela Avaliação do Ciclo de Vida (LCA).

A utilização de bioeletricidade e sistemas bioeletroquímicos (BES) como fontes alternativas de energia, conforme discutido por Modestra *et al.*, (2022), oferece opções viáveis para mitigar as mudanças climáticas e gerar produtos bio-baseados. Essas inovações em bioenergia não apenas respondem à necessidade de alternativas aos combustíveis fósseis, mas também abrem novas oportunidades para a criação de produtos sustentáveis.

Para mensurar e comunicar o impacto das práticas sustentáveis, são necessárias métricas robustas e métodos de avaliação. Segundo Näyhä (2021), a sustentabilidade, especialmente no setor florestal, requer uma avaliação detalhada de seu impacto ambiental, o que reforça a importância de modelos de negócios que ofereçam clareza e transparência nos resultados sustentáveis.

4.3.2.7 Considerações da seção

A análise multidimensional de dados extraídos de literatura relevante revelou uma integração complexa entre dimensões organizacionais, governamentais, sociais, científico-tecnológicas e ambientais, as quais são importantes para compreender o cenário atual de sustentabilidade e inovação relacionadas à bioeconomia.

Na dimensão organizacional, por exemplo, Illankoon *et al.*, (2023) abordaram a implementação de estratégias voltadas para a produção de biochar, destacando-a como uma prática adotada dentro das organizações com intuito de alinhar seus processos com os princípios da bioeconomia. De acordo com Näyhä (2019) as diversas interpretações dos conceitos de bioeconomia, mostram que a compreensão e a integração desses conceitos variam significativamente entre as organizações. Essa variação sugere que, embora as estratégias de

sustentabilidade estejam sendo adotadas, ainda há um caminho considerável para uma padronização e entendimento uniforme dentro das estruturas organizacionais.

Já na dimensão governamental, a análise das políticas governamentais, como destacado por Brunnhofer *et al.*, (2021), revelaram que as barreiras regulatórias e a influência política desempenham papéis significativos na implementação de políticas de sustentabilidade. D'Adamo *et al.*, (2023) observaram que a viabilidade econômica das práticas sustentáveis tem forte dependência do cenário político e econômico vigente.

Na dimensão sociedade, autores tais como D'Adamo *et al.*, (2020) e Duque-Acevedo *et al.*, (2022b) focaram nos impactos sociais das políticas de sustentabilidade. A criação de indicadores para avaliar o desempenho dessas políticas mostra a necessidade de ferramentas que permitam uma análise mais precisa do impacto social. Além disso, a tendência das organizações em priorizar fatores sociais indica uma crescente responsabilidade social corporativa e um alinhamento com as expectativas da sociedade.

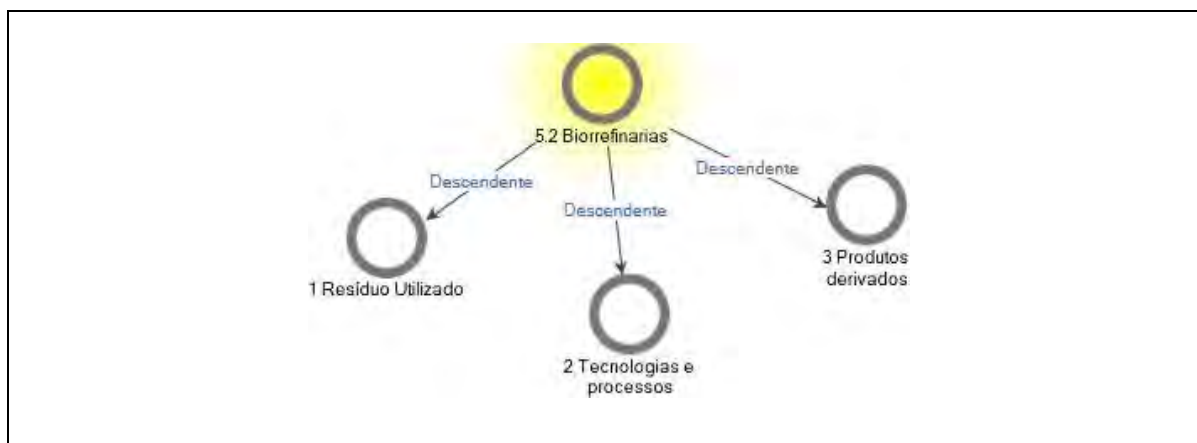
4.3.3 Resultados da Revisão com foco em Biorrefinarias

As biorrefinarias desempenham um papel importante na bioeconomia circular, ao converter resíduos de diferentes origens em produtos de alto valor agregado. Utilizando, por exemplo, resíduos agrícolas, orgânicos, microalgas e subprodutos de compostagem e outros tipos de resíduos, como matérias-primas, essas indústrias aplicam tecnologias diversas, para maximizar a produção de bioenergia, bioplásticos, biofertilizantes, ingredientes funcionais, e diversos outros bioprodutos de valor agregado.

Dessa forma, as biorrefinarias transformam resíduos em produtos, e ajudam a promover uma economia recursos fósseis. Esta revisão foi orientada a partir da identificação da relevância das biorrefinarias para o contexto dos negócios em bioeconomia circular.

Observando os trabalhos com menção a tecnologia biológicas de processamento de resíduos natural foram identificadas três categorias para codificação. Assim, os achados foram agrupados por tipos de resíduos utilizados, tecnologias e processos aplicados ou produtos derivados, conforme indicado na Figura 22.

Figura 22 – Codificação Nvivo dos documentos com foco em biorrefinarias



Fonte: Dados da pesquisa (2024), imagem da codificação de referência no NVivo.

No Quadro 42 é apresentado o resumo com os critérios para codificação com foco no objetivo de codificação de cada classificação.

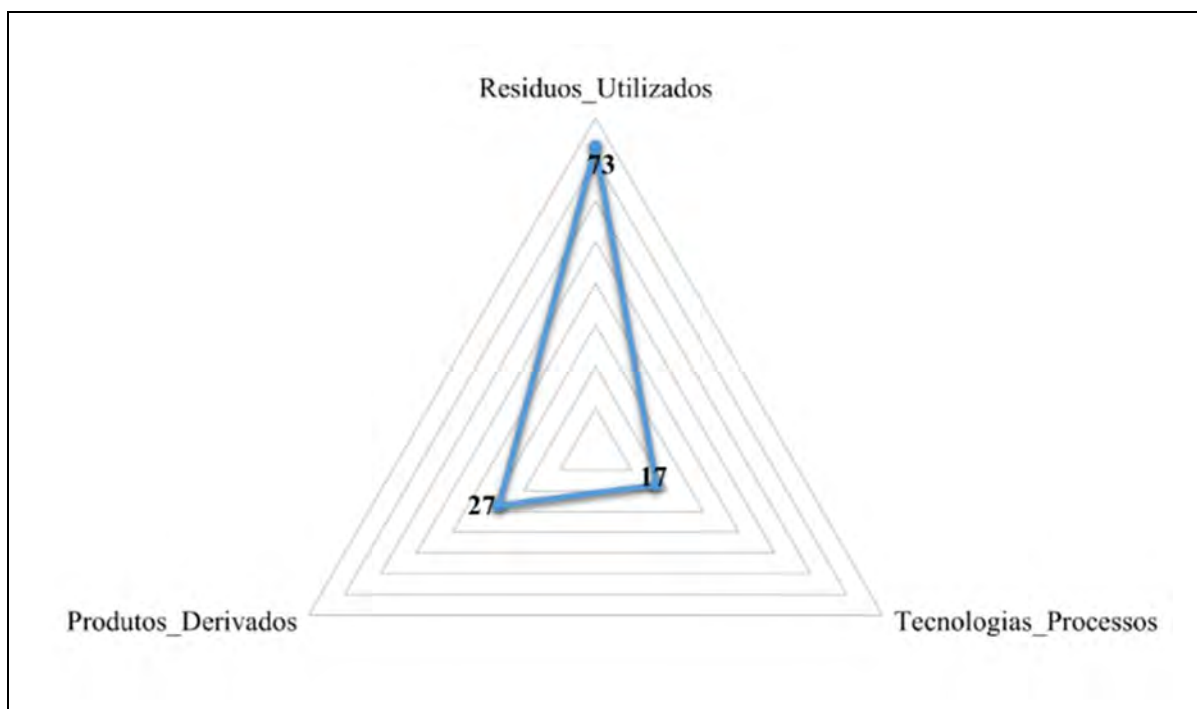
Quadro 42 – Síntese de Codificação

Critério	Resíduos Utilizados	Tecnologias e processos	Produtos derivados
Objetivo	Identificar contribuições dos artigos que abordam esse aspecto	Observar tendências e inovações em processos	Compreender os avanços e usos desses produtos.

Fonte: dados da pesquisa

Na Figura 23 são apresentadas as quantidades de registros codificados para cada categoria de análise.

Figura 23 – Agrupamento dos artigos e revisões sobre Economia Circular



4.3.3.1 Tipos De Resíduos Utilizados Em Biorrefinarias

Biorrefinarias em desenvolvimento estão utilizando bio-resíduos como matéria-prima, integrando resíduos no setor produtivo na chamada bioeconomia circular (Jain *et al.*, 2022). De acordo com Jain *et al.*, (2022) o conceito de biorrefinaria de *biowaste* ganhou significativa atenção nos últimos anos como uma alternativa viável para a criação de bioprodutos e bioenergia de alto valor agregado.

Diversos tipos de resíduos vêm sendo explorados como matérias-primas em biorrefinarias, contribuindo para discussões acerca das dimensões (social, econômica e ambiental) da Sustentabilidade e da eficiência das operações da bioeconomia circular. Os resíduos identificados nesta análise demonstram uma variedade considerável de resíduos orgânicos e agrícolas, incluindo cascas, plantas aquáticas invasivas, microalgas e resíduos agroindustriais, dentre outros, cada um com potencial único para valorização em produtos.

Os resíduos agrícolas representam uma fonte significativa de matéria-prima para as biorrefinarias. Alexandri *et al.* (2020) e Duque-Acevedo *et al.*, (2022a) abordaram a utilização de cascas de arroz. Investigando, respectivamente, técnicas de conversão, e o uso desses resíduos agrícolas, para produzir bioquímicos, biopesticidas e produtos para construção. Duque-Acevedo *et al.* (2020) abordaram o potencial de biomassa proveniente de resíduos na horticultura intensiva. Sarangi *et al.* (2023) e Sharma *et al.* (2023) enfatizaram a importância de práticas de manejo de resíduos agrícolas para a bioeconomia circular, promovendo o uso sustentável desses materiais em diferentes processos biotecnológicos.

A reciclagem de resíduos orgânicos é outra abordagem para maximizar a sustentabilidade das biorrefinarias. Fernandez-Mena *et al.*, (2020) ressaltaram a importância de práticas de manejo e reciclagem de materiais orgânicos, e Awasthi, Sindhu, *et al.*, (2022) e Awasthi, Yan, *et al.*, (2022) destacaram o papel das abordagens biotecnológicas para reciclagem de resíduos orgânicos e agrícolas em direção à neutralidade de carbono. Misslin *et al.*, (2022) também exploraram os impactos ambientais positivos da reciclagem de resíduos orgânicos no solo, promovendo melhorias na qualidade do solo e captura de carbono.

As microalgas e outras plantas aquáticas têm se mostrado matérias-primas promissoras devido ao seu rápido crescimento e versatilidade. Moreira *et al.*, (2023), Ulloa-Murillo *et al.*, (2022) e Chakrapani, Zare e Ramakrishna (2023) mencionaram o uso de microalgas para aplicações em bioenergia. Adicionalmente, Banunle *et al.*, (2023) estudaram o compostagem de biomassa e plantas aquáticas invasivas, sugerindo que essa prática é economicamente viável

e traz benefícios sociais e ambientais. Leong *et al.*, (2021) investigou algas para a produção de bioenergia. Venkata Mohan *et al.*, (2020) e Fal, Smouni e Arroussi (2023) propuseram modelos de biorrefinaria para valorizar a biomassa de microalgas, explorando sua conversão em bioprodutos e bioenergia.

Os resíduos agroindustriais, como os de café e palma, oferecem potencial para geração de bioativos e energia. Mora-Villalobos *et al.*, (2023) enfatizaram o uso desses resíduos específicos para produção em biorrefinarias. Esses materiais podem ser convertidos em uma variedade de bioprodutos, reforçando o conceito da bioeconomia circular e contribuindo para a diversificação das fontes de matéria-prima. Garcia Villegas *et al.*, (2022) investigaram a resíduos de abacate para bioprodutos e bioenergia. Jain *et al.*, (2022) investigaram de bioresíduos para bioprodutos sustentáveis e bioenergia.

Além dos resíduos diretos, os subprodutos de processos de compostagem também têm relevância. Kaur *et al.*, (2020) discutiram o uso de digestato na produção de microalgas, biopesticidas e bioquímicos, demonstrando que os resíduos do processo de reciclagem podem ser reaproveitados para gerar valor. Esse aproveitamento de subprodutos reduz a necessidade de insumos externos, melhorando a eficiência do ciclo produtivo das biorrefinarias, de maneira alinhada as concepções *bioeconomics*.

Estudos demonstraram a possibilidade de transformar resíduos agrícolas em materiais industriais, como papel e bioetanol. McCance *et al.*, (2021) converteram resíduos de abacaxi nesses produtos, enquanto Garcia Villegas *et al.*, (2022) e Arias *et al.*, (2023) investigaram o uso de resíduos de café e abacate para a produção de bioativos, que têm aplicações adicionais na economia circular.

Attard *et al.*, (2020) destacam resíduos animais na Irlanda e resíduos de oliva na Andaluzia como recursos regionais de biomassa. Ozdil e Caliskan (2022) mostram como biomassa agrícola pode atender a 36% das necessidades energéticas da Turquia. Sekabira *et al.*, (2023) discutiu práticas de compostagem com resíduos orgânicos para envolver pequenos produtores.

Esses estudos demonstram a diversidade e o potencial de diferentes tipos de resíduos, evidenciando que a utilização de materiais variados para a expansão da bioeconomia circular.

4.3.3.2 Tecnologias e Processos

A otimização de tecnologias e processos ajuda a aumentar a eficiência e sustentabilidade na conversão de resíduos em produtos de valor agregado. Várias pesquisas têm explorado métodos avançados de fermentação, digestão anaeróbica, pirólise, e outras

tecnologias inovadoras, que visam tornar as operações de biorrefinarias mais eficientes e ambientalmente amigáveis.

As tecnologias de fermentação e digestão anaeróbica ocupam um papel central na valorização de biomassa para bioprodutos. Kumar *et al.*, (2021) destacaram o uso de biochar para estabilizar a fermentação anaeróbica e melhorar a atualização do biogás, enquanto Singh *et al.*, (2022) investigaram o uso do biochar e óleo de pirólise como estratégias integradas para a melhoria do solo. Diamantis *et al.*, (2021) e Madhavan *et al.*, (2023) também exploraram avanços na fermentação, identificando métodos para aumentar a eficiência dos processos, enquanto Goswami *et al.*, (2023) analisaram técnicas de bioprodução que ajudam a reduzir os custos operacionais.

Tecnologias analíticas avançadas, como inteligência artificial e aprendizado de máquina, têm sido exploradas para otimizar processos de biorrefinarias. Tsui *et al.*, (2023) e Heffernan *et al.*, (2022) discutiram a aplicação dessas ferramentas em processos como compostagem e digestão anaeróbica, enquanto Sharma *et al.*, (2023) investigaram o uso de aprendizado de máquina para melhorar a estabilidade na produção de biogás a partir de resíduos agroindustriais. Wang, Xia, Alagumalai *et al.*, (2023) abordaram a modelagem de processos de geração de biogás com Inteligência Artificial, identificando desafios e futuras oportunidades para aprimorar a eficiência dessas operações. Sangtani *et al.*, (2023) discute o uso de ferramentas computacionais para otimizar a produção de bioplásticos e reduzir custos.

A pirólise é outra técnica importante nas biorrefinarias. Singh *et al.*, (2022) enfatizaram a produção de biochar e óleo de pirólise como práticas que, além de estabilizar resíduos, têm potencial para aplicações no solo. Rosero-Chasoy *et al.*, (2023) exploraram a hidrólise térmica da biomassa de *Spirulina*, determinando a energia de ativação necessária para a extração de carboidratos, enquanto Holzhaeuser *et al.*, (2020) destacaram o potencial das conversões eletroquímicas de biomassa para gerar produtos químicos e energéticos.

Métodos eficientes de extração e separação auxiliam no aproveitamento de compostos bioativos. Jimenez-Lopez *et al.*, (2020) identificaram técnicas eficazes para isolar compostos fenólicos de resíduos agrícolas, e Chen, Si e Pan (2021) desenvolveram métodos para separação de substâncias húmicas e recuperação parcial de nutrientes, que podem ser aplicados como biofertilizantes. Srivastava e Balakrishnan (2022) identificaram condições ótimas para extração de fitoquímicos, contribuindo para o desenvolvimento de produtos bioativos de alto valor.

Velghe *et al.*, (2021) trabalharam na criação de uma plataforma eficaz para purificação e concentração de ácidos graxos voláteis (VFAs), adequados para fermentação subsequente. Outros estudos, como o de Pai e Tester (2023), desenvolveram modelos para maximizar a

concentração de ácido acético, enquanto Moretti *et al.*, (2021) identificaram o consumo de energia na conversão de biomassa em polímero PLA como um ponto crítico ambiental.

O pré-tratamento da biomassa ajuda a melhorar a acessibilidade e a conversão em bioprodutos. Anoopkumar *et al.*, (2023) demonstraram a eficiência do pré-tratamento por micro-ondas para esse fim, enquanto Sambasivam *et al.*, (2023) propuseram estratégias de uso em cascata para biomassa derivada de microalgas, maximizando a eficiência dos recursos e promovendo uma abordagem mais sustentável.

Estudos de reciclagem de resíduos orgânicos destacam o potencial de valorização ambiental e agrícola. Misslin *et al.*, (2022) apontaram o impacto positivo da reciclagem no armazenamento de carbono e qualidade do solo, enquanto Errico *et al.*, (2022) exploraram o uso do microbioma do *Tenébrio Molitor* na degradação de plásticos e recuperação de biopolímeros.

A modelagem de processos e o desenvolvimento de catalisadores também são áreas promissoras para a eficiência das biorrefinarias. Al-Mawali *et al.*, (2021) destacaram o alto rendimento de um catalisador para a produção de biodiesel, com reutilização eficaz e menor impacto ambiental. Em paralelo, Ruiz *et al.*, (2021) identificaram mudanças estruturais em biomassa que aumentam a eficácia do processamento, e Roy e Mohanty (2020) investigaram o uso de biofloculantes para colheita de microalgas, facilitando a reutilização do meio.

Feijoo *et al.*, (2022) identificam a fermentação como uma etapa de alto impacto ambiental, enquanto Singh *et al.*, (2023) destaca a digestão anaeróbica para mitigar emissões de gases de efeito estufa. Nashmin Elyasi *et al.*, (2021) sugerem a atualização biológica do biogás como alternativa sustentável à lavagem com água.

Modestra *et al.*, (2022) revisa sistemas bioeletroquímicos para valorização do CO₂, promovendo eficiência energética e ambiental. Jareonsin *et al.*, (2023) desenvolveu uma plataforma de microalgas para transformação genética e produção de fitoquímicos em condições escuras.

Gaharwar *et al.*, (2023) e Garcia-Vargas *et al.*, (2020) abordam a extração de compostos bioativos com propriedades antioxidantes e antimicrobianas, com métodos convencionais e não convencionais. Ilyas *et al.*, (2021) destaca a reciclagem microbiana de metais como cobre e ouro, mostrando benefícios ambientais significativos.

Marx, Soles e Hankamer (2021) desenvolvem um modelo para converter algas marinhas (*Sargassum*²) em biocombustíveis, demonstrando viabilidade econômica e ambiental. Sathish *et al.*, (2022) propõe uma biorrefinaria para tratar efluentes e produzir biodiesel usando *Azolla*. Mpofu *et al.*, (2022) explora a co-digestão anaeróbia para recuperação de recursos, focando em sustentabilidade e eficiência.

Oyoo *et al.*, (2023) avaliaram o desempenho das larvas da mosca soldado negra (BSF) no co-tratamento de resíduos fecais e resíduos de cozinha. Os resultados mostraram que a combinação ideal de substratos levou a altas taxas de redução de resíduos e conversão em biomassa larval, que pode ser utilizada como ração animal e biofertilizante. Este método oferece uma solução eficaz para a gestão de resíduos orgânicos e produção de insumos valiosos, promovendo a economia circular.

Esses temas demonstram como a pesquisa atual em biorrefinarias e bioeconomia está fortemente orientada para sustentabilidade, inovação tecnológica e benefícios socioambientais.

4.3.3.3 Produtos Derivados

Os produtos derivados das biorrefinarias demonstram potencial de alinhamento as concepções de uma bioeconomia circular, condizente com aspectos *bioeconomics*, ao transformarem resíduos em insumos valiosos aplicáveis em diversos setores, ao mesmo tempo em que expande atividades menos impactantes ao meio ambiente.

Os subprodutos das biorrefinarias têm sido estudados por seu potencial em várias indústrias, como a de alimentos, cosméticos e nutracêutica. Xagoraris *et al.*, (2021) destacaram o aproveitamento integral de subprodutos para a produção de suplementos dietéticos, ingredientes cosméticos, corantes alimentares e conservantes. De forma complementar, Khaksar *et al.*, (2022) Bragagnolo *et al.*, (2022) identificaram compostos bioativos em resíduos agrícolas e de soja, sugerindo o uso desses componentes como ingredientes benéficos que podem reduzir danos ambientais e contribuir para a valorização dos resíduos. Outros trabalhos, como o de Huy, Sristin Vatland e Kumar (2022), exploraram compostos derivados de microalgas, incluindo a astaxantina, proteínas e ácidos graxos poli-insaturados, todos com aplicações em nutracêuticos e cosméticos.

A produção de bioenergia e biocombustíveis a partir de resíduos é uma área promissora na valorização de materiais. Moreno-García *et al.*, (2021) demonstraram o uso de microalgas na produção de biocombustíveis, destacando sua capacidade de remover poluentes. Ulloa-

² Algas flutuantes, encontradas no Mar dos Sargaços, no Golfo do México, no Caribe e em águas tropicais e subtropicais do Atlântico Norte

Murillo *et al.*, (2022) reforçaram a importância desses produtos como alternativas energéticas essenciais. Tsapekos *et al.*, (2021) propuseram um modelo integrado que transforma biogás e digestato em produtos de valor agregado, como proteínas unicelulares e biochar, promovendo uma abordagem circular para o aproveitamento de resíduos orgânicos.

A demanda por alternativas menos nocivas ao meio ambiente em materiais comerciais destaca o papel dos bioplásticos. Ali *et al.*, (2023) sugerem que bioplásticos oferecem uma opção *eco-friendly* que pode contribuir para ciclos de vida mais sustentáveis. Tsapekos *et al.*, (2021) também exploraram a produção de bioplásticos, como PBS e PHA, a partir de resíduos orgânicos, aumentando o potencial de aplicações circulares e reduzindo o impacto ambiental dos resíduos plásticos.

Os resíduos processados nas biorrefinarias são valiosos para a produção de biofertilizantes e insumos agrícolas. Chen, Si e Pan (2021) estudaram a recuperação de substâncias húmicas, que podem ser aplicadas como biofertilizantes, enriquecendo o solo de forma natural e sustentável. Além disso, Sarma *et al.*, (2021) propuseram o uso de águas residuais para nutrir a produção de biomassa, promovendo a biorremediação e apoiando o desenvolvimento agrícola.

A produção de compostos prebióticos a partir de resíduos está em expansão. Narisetty *et al.*, (2022) exploraram a síntese de oligossacarídeos a partir de resíduos, destacando seu papel como prebióticos que beneficiam a microbiota colônica e promovem a saúde humana, oferecendo um novo uso para subprodutos que antes eram descartados.

As iniciativas apresentadas ilustram a versatilidade dos produtos derivados das biorrefinarias, com capacidade para atender diversas demandas do mercado, gerando valor agregado e transformando resíduos em recursos produtivos para uma economia circular.

Os estudos analisados indicam que as biorrefinarias e a bioeconomia circular demonstram potencial para redefinir a maneira como lidamos com resíduos, transformando-os em produtos de valor agregado com impacto positivo no meio ambiente e na sociedade. Ao reaproveitar resíduos agrícolas, orgânicos e industriais, e ao utilizar tecnologias inovadoras como fermentação anaeróbica, pirólise e inteligência artificial, as biorrefinarias ampliam a eficiência e a sustentabilidade do ciclo produtivo. Além disso, os produtos derivados desses processos, como biocombustíveis, bioplásticos, biofertilizantes e prebióticos, atendem a diversas demandas da indústria de forma ambientalmente responsável. Dessa forma, a expansão da bioeconomia circular oferece uma abordagem viável para a transição rumo a um futuro mais sustentável, onde o aproveitamento de resíduos e a inovação tecnológica se unem

para impulsionar práticas produtivas menos impactantes e mais integradas ao ecossistema global.

O Quadro 43 apresenta uma síntese dos resultados identificados nas dimensões Resíduos, Tecnologias ou Processos e Produtos Derivados.

Quadro 43 – Síntese de Resultados

Resíduos Utilizados	Tecnologias e processos	Produtos derivados
Os estudos demonstram que uma diversidade de resíduos pode ser utilizada como matéria-prima em biorrefinarias, destacando o potencial da bioeconomia circular para transformar resíduos agrícolas, orgânicos, agroindustriais e subprodutos de compostagem em bioprodutos e bioenergia de alto valor. Ao valorizar recursos regionais e integrar tecnologias inovadoras, essas abordagens contribuem para a sustentabilidade, promovem a eficiência no uso de recursos e reduzem a dependência de matérias-primas fósseis, consolidando a bioeconomia circular como uma alternativa viável para o desenvolvimento sustentável.	As tecnologias e processos avançados em biorrefinarias estão transformando a gestão de resíduos, otimizando a produção de bioprodutos e bioenergia com maior eficiência e sustentabilidade. Desde técnicas de fermentação e digestão anaeróbica até o uso de inteligência artificial e pirólise, esses métodos melhoram a conversão de biomassa em produtos de alto valor. Inovações em extração, pré-tratamento e reciclagem de resíduos orgânicos e agroindustriais promovem a economia circular, enquanto a modelagem de processos e o desenvolvimento de catalisadores reduzem custos e impactos ambientais. Essas abordagens fortalecem o papel das biorrefinarias na criação de um sistema produtivo mais sustentável e eficiente.	Os produtos derivados das biorrefinarias evidenciam o potencial da bioeconomia circular ao transformar resíduos em insumos valiosos para setores como alimentos, cosméticos, bioenergia e agricultura. Esses subprodutos, que incluem bioativos, bioplásticos, biofertilizantes e prebióticos, não apenas agregam valor econômico, mas também reduzem o impacto ambiental ao reutilizar resíduos. As iniciativas mostram a capacidade das biorrefinarias de atender a diversas demandas de mercado, promovendo uma economia mais sustentável e eficiente.

Fonte: dados da pesquisa

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 MODELO DE NEGÓCIO CIRCULAR EM BIOECONOMIA

O **modelo de negócio** é uma ferramenta visual, que permite às organizações uma compreensão rápida das operações centrais do negócio, adaptação às mudanças de mercado ou redefinição estratégias em busca de uma vantagem competitiva. A relevância do modelo de negócio está em sua capacidade de traduzir estratégias complexas em ferramentas operacionais e adaptáveis às exigências de um mercado dinâmico.

A **economia circular** traz ferramentas para melhorar o *design* de produtos e processos para reduzir desperdícios. O ponto central é reinserir resíduos na cadeia produtiva estendendo a vida útil dos materiais utilizados nos processos produtivos.

A **bioeconomia** por sua vez, deve ser entendida a partir de duas perspectivas centrais: *bioeconomy* e *bioeconomics*. De modo que *bioeconomy* segue mais orientada para o uso intensivo de biomassa e biotecnologia com fins econômicos. E, *bioeconomics* é focada nos limites ecológicos, essa área explora caminhos para o uso de biomassa renovável, promovendo um crescimento econômico sustentável.

A **bioeconomia circular**, por sua vez, combina os princípios de circularidade da economia circular com elementos da bioeconomia. No entanto sem um entendimento das distinções entre *bioeconomy* e *bioeconomics*, corre-se o risco de estimular a criação de negócios fundamentados na *bioeconomy*, o que pode não ocasionar de fato melhorias para tanto econômicas, quanto sociais e ambientais.

Modelo de negócio, economia circular e bioeconomia (*bioeconomy* e *bioeconomics*), carregam similaridades em tratativas como **inovação, sustentabilidade e criação de valor**, mas também compartilham pontos diferenças em relação ao **foco, escopo de aplicação e bases conceituais**. Compreender a existência de tais elementos ajudará a evitar generalizações.

O Modelo de Negócio pode oferecer uma estrutura flexível, que, quando integrada a práticas circulares tem potencial para o desenvolvimento da bioeconomia, gerando receitas para o negócio, e benefícios para o meio ambiente e sociedade. No entanto, é importante ter clareza sobre a distinção *bioeconomy* e *bioeconomics*.

5.1.1 Inovação

Tanto o modelo de negócio quanto a economia circular e a bioeconomia reconhecem que a inovação para que as organizações e sistemas econômicos adaptem-se às novas demandas

do mercado e à evolução das preocupações sociais com o meio ambiente (Osterwalder e Pigneur, 2010; Kirchherr, Reike e Hekkert, 2017; Conteratto et al., 2021, 2022).

No aporte teórico do Modelo de Negócio, a **inovação** se manifesta por meio de ferramentas como o *Business Model Canvas*, que permitem a reconfiguração ágil das estratégias organizacionais para responder a mudanças no mercado (Osterwalder, 2004).

A Economia Circular promove a inovação em *design* de produtos e processos de produção para minimizar o desperdício. Já a Bioeconomia (*bioeconomy*), enfatiza o papel da biotecnologia e da biomassa na substituição de insumos fósseis (Ghisellini, Cialani e Ulgiati, 2016; Allain et al., 2022). A problemática aqui é a falta de métricas adequadas para compreender o quanto de fato esses negócios estão contribuindo para melhorar questões ambientais. No caso da Bioeconomia (*bioeconomics*) seria necessário incluir critérios de análise capazes de auxiliar na mensuração de questões econômicas, sociais e ambientais, evidenciando como tais externalidades e internalidades são revertidas em custos ou receitas para a empresa.

5.1.2 Sustentabilidade

Embora cada abordagem se diferencie em sua aplicação, todas incluem, em maior ou menor grau, uma dimensão que considera os aspectos econômicos, sociais e ambientais no desenvolvimento organizacional (Chesbrough, 2010; Geissdoerfer et al., 2017; Georgescu-Roegen, 1977).

Enquanto o Modelo de Negócio Sustentável busca criar valor sustentável envolvendo *stakeholders* diversos, a Economia Circular e a Bioeconomia ampliam essa perspectiva, promovendo a reutilização de recursos e minimizando o consumo de materiais não-renováveis (Boons e Lüdeke-Freund, 2013; Bugge, Hansen e Klitkou, 2016; Vivien et al., 2019).

Essa convergência reflete uma tendência crescente de empresas e políticas públicas em incorporar práticas sustentáveis em suas estratégias para atender tanto a demandas de mercado quanto a questões ambientais.

O entendimento sobre sustentabilidade forte e sustentabilidade fraca aqui são importantes para compreender fatores da bioeconomia, pois na se que se refere à *bioeconomy* entende-se uma relação específica com a sustentabilidade fraca, já no caso da *bioeconomics*, tem-se a sustentabilidade forte.

5.1.3 Criação De Valor

A **interdisciplinaridade** se apresenta como um ponto comum entre as três abordagens, que demandam conhecimentos integrados de áreas como economia, biologia, engenharia e políticas públicas (Zott, Amit e Massa, 2011; Ghisellini, Cialani e Ulgiati, 2016; Giampietro, 2019). Essa interdisciplinaridade é necessária para o desenvolvimento de práticas eficazes, principalmente nas abordagens de economia circular e bioeconomia, que necessitam de uma visão holística para tratar a conservação de recursos e maximizar o valor em todas as etapas da cadeia produtiva.

5.1.4 Escopo De Aplicação

Uma diferença está no **escopo de aplicação de cada abordagem**. Enquanto os Modelos de Negócio têm um escopo mais amplo e flexível, aplicável em múltiplos setores e sem a obrigatoriedade de uma orientação para práticas ecológicas, a Economia Circular e a Bioeconomia são mais específicas em seu foco. A economia circular é particularmente relevante para setores industriais e de gestão de resíduos, promovendo uma transformação sistêmica nas cadeias produtivas para conservar recursos e reduzir desperdício (Geissdoerfer et al., 2017; Korhonen, Honkasalo e Seppälä, 2018). Já a **bioeconomia circular** tem forte aplicação **nos setores agrícola e energético**, priorizando o uso de biomassa e biotecnologia para substituir recursos fósseis e promover um crescimento mais sustentável (Conteratto et al., 2021, 2022; Salvador et al., 2021). Mais uma vez, para de fato compreender o quanto esses negócios contribuem para reduzir emissões, é necessário o emprego de métricas de sustentabilidade forte, ou seja, pautadas em princípios *bioeconomics*.

5.1.5 Base Conceitual

O modelo de negócio, centrado na criação e captura de valor econômico para a empresa e seus *stakeholders*, inclui a sustentabilidade como um diferencial competitivo, mas não como um requisito essencial (Massa, Tucci e Afuah, 2017).

A circularidade, por outro lado, é construída com base em princípios de *design* regenerativo, enfatizando a necessidade de desacelerar, fechar e estreitar ciclos de material e energia para minimizar o consumo de novos recursos e evitar o desperdício (Geissdoerfer et al., 2017; Kirchherr, Reike e Hekkert, 2017).

A Bioeconomia (*bioeconomics*) adiciona uma dimensão ecológica explícita, ao propor o uso eficiente de recursos biológicos e renováveis, buscando respeitar os limites naturais e

redução da dependência de combustíveis fósseis, o que reflete uma base conceitual alinhada à ideia de uma sustentabilidade forte (Vivien et al., 2019; Befort, 2020) observando a segunda lei da termodinâmica e dissipar a entropia resultante desses processos (Georgescu-Roegen, 1975). Sem métricas adequadas, no entanto, corre-se o risco e sobrepor uma sustentabilidade fraca alinhada unicamente a bioeconomia (*bioeconomy*).

5.1.6 Limites Ecológicos

Por fim, existe uma divergência notável em relação ao foco na limitação ecológica e regeneração de recursos. Embora todas as abordagens reconheçam a importância dos limites ecológicos, elas variam em suas ênfases.

No Modelo de negócio, essas limitações são secundárias, uma vez que a criação de valor econômico tende a ser o principal foco (Casadesus-Masanell e Ricart, 2010).

A economia circular foca na regeneração e conservação dos recursos, enquanto a bioeconomia (*bioeconomics*) defende o uso de biomassa dentro dos limites ecológicos, evitando a sobrecarga dos ecossistemas (Geissdoerfer et al., 2017; Korhonen, Honkasalo e Seppälä, 2018; Allain et al., 2022). Mas, saber se realmente o negócio está contribuindo para reduzir a entropia resultante dos seus processos operacionais, é necessário mensurar, a quantidade de energia demanda por unidade produzida.

Essas convergências e divergências destacam que, para organizações que buscam sustentabilidade, não há uma única abordagem ideal, mas sim uma combinação de estratégias que melhor atendam às suas necessidades e contexto.

5.2 BIOECONOMICS NO MODELO DE NEGÓCIO CIRCULAR

A incorporação da bioeconomia (*bioeconomics*), utilizando recursos biológicos como critério básico para conceber um modelo de negócio, envolveria transformar resíduos em produtos úteis **de maneira termodinamicamente sustentável**, para que os processos sejam **energeticamente eficientes e viáveis a longo prazo**. Isso implica que os processos sejam planejados de maneira informada com relação à *bioeconomics*, com o entendimento de que as operações devem criar valor econômico, mas também respeitar de maneira efetiva os limites ecológicos.

No entanto, para aplicar princípios *bioeconomics* aos modelos de negócios, são necessários **instrumentos capazes de quantificar** o quanto as operações estão de fato contribuindo para a sustentabilidade. Os produtos, bens ou serviços comercializados devem

gerar valor econômico para as empresas ao atender necessidades de mercado, mas, ao mesmo tempo devem ser concebidos de maneira mais eficiente e menos prejudicial ao ambiente.

Nos termos dessa proposta de tese, **os modelos de negócio alinhados à bioeconomia, devem considerar a perspectiva *bioeconomics*** em a partir de fatores de eficiência termodinâmica. O que pode ser realizado, incorporando às operações tecnologias que melhorem a eficiência energética e criem valor agregado nos produtos derivados de resíduos. Para ancorar essa tomada de decisão, os princípios *bioeconomics* poderiam ser incorporados nos blocos de custos e receitas do Business Model Canvas.

Entende-se que não seja uma tarefa simples incorporar tais elementos aos modelos de negócios, mas acredita-se que a inclusão de métricas de eficiência energética traduzidas em custos e receitas podem auxiliar em uma mudança estrutural robusta e de longo prazo na forma como os negócios são pensados e concebidos desde as suas fases iniciais.

Não há a pretensão, neste trabalho, de abordar as métricas específicas para mensurar a eficiência termodinâmica das operações nos modelos de negócios, mas sim, de lançar luz à esta questão que vem sendo negligenciada nas tratativas sobre bioeconomia, inclusive na formulação de políticas públicas.

5.2.1 Modelo Teórico

A adoção de modelos de negócios circulares pode ajudar na mitigação de impactos ambientais, reduzindo emissões e o consumo de recursos (Bocken et al., 2016; Geissdoerfer et al., 2018; Ding; Tukker; Ward, 2023; Van Loon; Diener; Harris, 2021). No entanto, a literatura aponta dificuldades de implementação e escalabilidade, evidenciada em barreiras financeiras, culturais, institucionais e regulatórias (Assmann, Rosati e Morioka, 2023; Broccardo et al., 2023; Foroozfar et al., 2022; Hina et al., 2022; Hultberg; Pal, 2021; Miranda et al., 2023).

Elementos como a colaboração com *stakeholders* (Fobbe; Hilletoft, 2021; Santa-Maria; Vermeulen; Baumgartner, 2021), inovação contínua (Abideen et al., 2021; Hultberg; Pal, 2021; Miranda et al., 2023), estratégias claras, políticas públicas e tecnologias adequadas (Abideen et al., 2021; Ding; Tukker; Ward, 2023; Miranda et al., 2023; Pigola; Meirelles, 2023; (Salvador et al., 2021; Van Loon; Diener; Harris, 2021), auxiliam na criação de um ambiente institucional propício para a transição desses para modelos de negócios (Abideen et al., 2021).

A convergência entre modelos de negócios e economia circular busca na ecologia industrial instrumentos analíticos para integrar sustentabilidade e criação de valor econômico por meio do *design*

Ao falar de bioeconomia, no entanto, é preciso entender a distinção conceitual, teórica e prática das abordagens *bioeconomics* e *bioeconomy*.

A crítica *bioeconomics* incorporada à ideia circularidade se refere a impossibilidade de haver uma circularidade contínua em termos da termodinâmica de não equilíbrio [incluir elementos relacionados]. O dinamismo mercadológico tem encaminhado negócios, principalmente sob a ótica *bioeconomy*, o que restringe as questões ambientais e sociais em detrimento das econômicas.

Especialmente para o agronegócio a bioeconomia circular tem recebido atenção, por enfatizar a maximização do uso de recursos biológicos e promover a sustentabilidade ao longo da cadeia de valor (Salvador et al., 2021). No entanto, faltam elementos *bioeconomics* capazes de apoiar a tomada de decisão para a concepção dos modelos de negócios no contexto da bioeconomia ainda são uma lacuna de pesquisa a ser preenchida.

Os conceitos básicos de estratégia em modelos de negócios (Casadesus-Masanell e Ricart, 2010; Chesbrough, 2007; Magretta, 2002; Mintzberg et al., 2006; Osterwalder, Pigneur e Tucci, 2005; Teece, 2010; Wirtz et al., 2016; Zott, Amit e Massa, 2011), devem ser cautelosamente examinados à luz das *bioeconomics* evitando generalizações que podem ocorrer devido ao foco na *bioeconomy*. Para que o negócio circular se tornem efetivo, um debate incluindo aspectos de sustentabilidade forte que abre caminho para uma discussão mais efetivas a partir das concepções de *bioeconomics*.

Os modelos de negócios se concentram em estratégias, criação de valor, design e resultados financeiros, ou seja, aspectos focados no crescimento e na competitividade empresarial. Esses elementos representam uma abordagem que visa maximizar o valor econômico, geralmente por meio de inovação e eficiência (Allain et al., 2022). Contudo, essa visão predominantemente orientada para o mercado muitas vezes não incorpora integralmente os princípios de sustentabilidade.

Na bioeconomia, conforme descrito por Bugge, Hansen e Klitkou (2016), há três abordagens principais, a biotecnologia, que foca no crescimento econômico e na criação de empregos por meio da inovação tecnológica, a dos biorrecursos, que promovem a valorização de biomassa e resíduos e a da bioecologia, que é voltada para a conservação e sustentabilidade. A biotecnologia frequentemente destaca-se devido ao seu papel na criação de valor e na expansão econômica, embora autores como Allain *et al.*, (2022) apontem críticas a essa abordagem por priorizar o crescimento econômico em detrimento dos objetivos sociais e ecológicos.

Giampietro e Funtowicz (2020) reforçam a importância de uma visão crítica, alinhada a ótica *bioeconomics*, que considera os limites ecológicos e energéticos nos processos econômicos. De acordo com Georgescu-Roegen (1975, 1977), o crescimento econômico ilimitado não é sustentável, pois ignora a finitude dos recursos naturais. Para Giampietro e Funtowicz (2020) esse pensamento diverge da visão dominante da bioeconomia (*bioeconomy*), que muitas vezes prioriza o desenvolvimento econômico baseado na inovação biotecnológica, mas sem necessariamente atender aos critérios de sustentabilidade e equidade social.

Um alinhamento real entre a bioeconomia e modelos de negócios sustentáveis, é necessário que a bioeconomia vá além da simples inovação tecnológica e incorpore práticas que respeitem os limites ambientais e promovam o equilíbrio entre crescimento e sustentabilidade (Giuntoli et al., 2023). Dessa forma, para adotar princípios *bioeconomics* aos modelos de negócios é necessário incorporar uma visão equilibrada, focada não apenas no crescimento, mas também na preservação e no respeito aos recursos naturais, buscando eficiência termodinâmica dos modelos circulares, a qual pode ser obtida compreendendo-se o custo energético por unidade de matéria produzida.

A bioeconomia busca reduzir a dependência de recursos fósseis, minimizar resíduos e promover um uso mais eficiente e regenerativo dos recursos naturais, especialmente os biológicos (Bugge, Hansen e Klitkou, 2016; Vivien et al., 2019; Befort, 2020; Reike, Vermeulen e Witjes, 2018). A ideia de circularidade, neste contexto, visa o prolongamento do ciclo de vida dos produtos de modo a reduzir os custos entrópicos e irreversíveis inerentes aos fatores de produção.

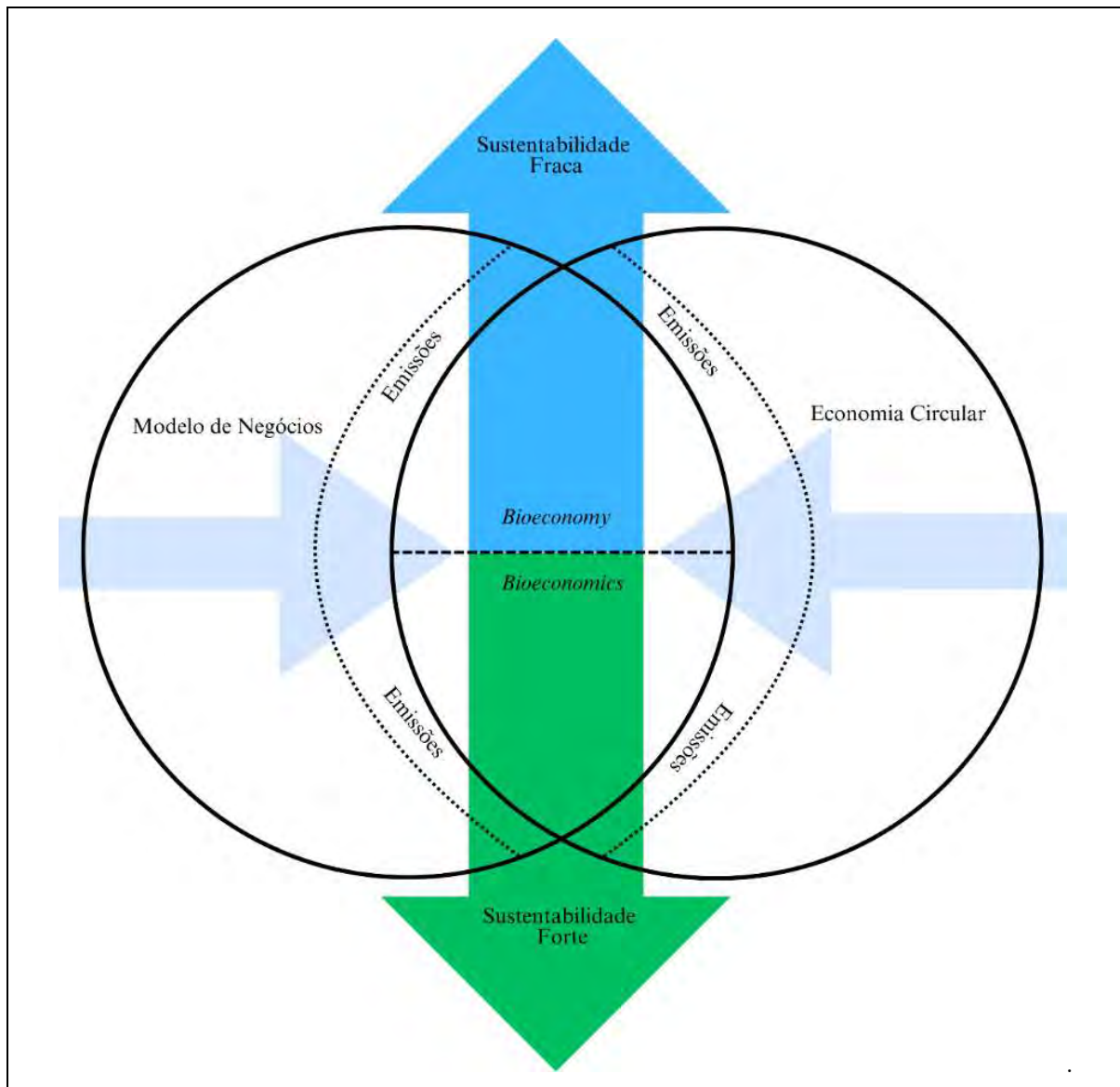
Ao aplicar estratégias circulares a partir de princípios *bioeconomics*, o modelo de negócios, busca melhorar a eficiência dos recursos, integrar tecnologias digitais e adotar práticas de *design* ecológico de maneira informada, conforme discutido por Bugge, Hansen e Klitkou (2016), Vivien et al., (2019) e Befort (2020).

A convergência entre a concepção estratégica do modelo de negócio e aos princípios *bioeconomics* representam um avanço na criação de um sistema econômico regenerativo e resiliente para enfrentar desafios econômicos, ambientais e sociais. No entanto, a ausência de métricas apropriadas, limitam o potencial de os empreendimentos planejarem operações efetivas equilibrando valor monetário e valor ambiental (não sei como incluir o valor social aqui).

Lewandowski (2016) e Salvador et al., (2023) apontaram a necessidade de adaptação de ferramentas como o Business Model Canvas para capturar o valor por meio da bioeconomia. No entanto, a crítica *bioeconomics* não foi considerada até o presente momento.

A combinação da circular com a bioeconomia (*bioeconomy*) deve oferecer uma estrutura para promover o uso eficiente dos recursos renováveis, reduzir a pegada ambiental e sustentar o desenvolvimento.

Figura 24 – Modelo de Teórico: Negócios Circular alinhado a Bioeconomia



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (2024).

Na perspectiva da bioeconomia (*bioeconomics*), o foco em sustentabilidade forte deve considerar métricas para avaliar as emissões atmosféricas, de cada unidade de produção. Assim é necessário apoio de profissionais de amplo conhecimento técnico para realização de tais análises.

A adaptação ao *Business Model Canvas*, por meio da inclusão de um bloco destinado à identificação de princípios *bioeconomics*, entre os blocos estrutura de custos e fluxo de receitas, pode auxiliar nessa compreensão de modo visual. Assim, podem ser incluídos aspectos

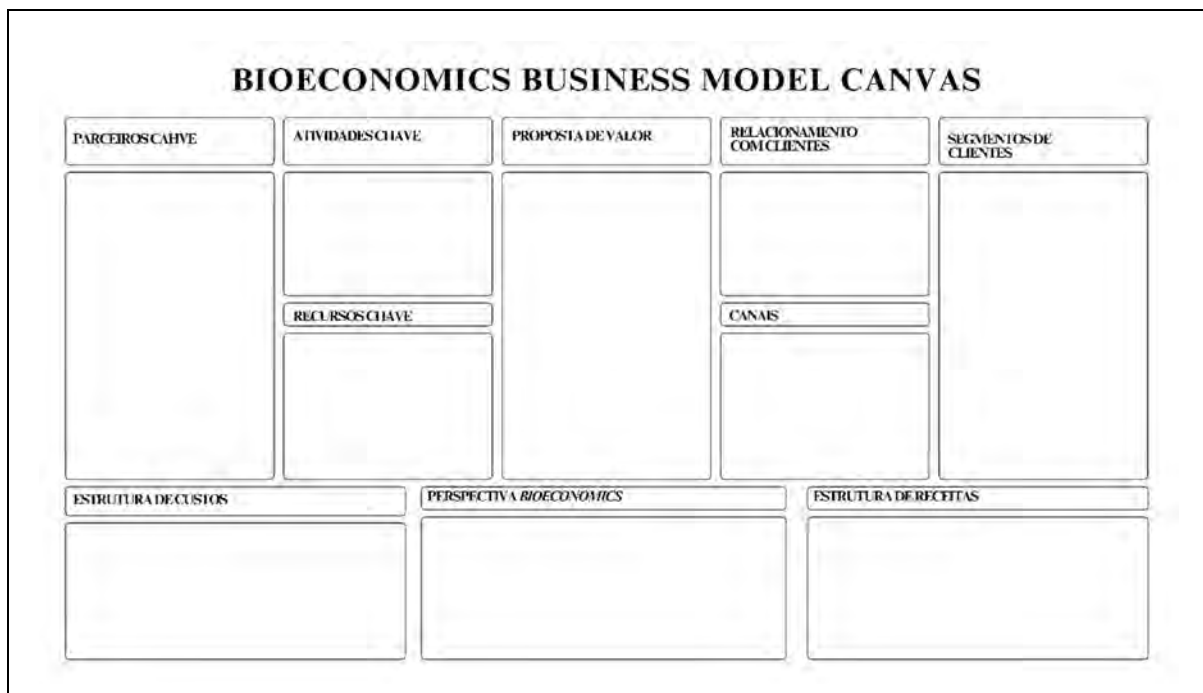
relacionados a sustentabilidade forte tais como a eficiência no uso de recursos e o impacto ambiental dos processos operacionais do negócio. O desafio aqui é tornar essas métricas acessível ao que diz respeito aos pequenos negócios.

Na incorporação das receitas, produtos, co-produtos e serviços ambientais devem ser contabilizados. De modo que subprodutos sejam valorizados de um processo de produção principal. Serviços ambientais podem incluir benefícios como créditos de carbono ou serviços de gestão de ecossistemas.

Já no bloco das despesas podem ser incluídas métricas específicas. O que pode ser realizado listando custos diretos e indiretos associados ao negócio, de modo a mensurar valor econômico, impacto ambiental e social das atividades do negócio.

Um desafio para pesquisas futuras é a padronização de métricas que possam ser utilizadas para avaliar os novos modelos de negócios à luz dos princípios *bioeconomics*. Essas métricas ajudariam a quantificar benefícios econômicos, ambientais e sociais, apoiando a validação e a escalabilidade de modelos de negócios.

Figura 25 – Proposta de *Bioeconomics Buissiness Model Canvas*



Fonte: A autora com base nos blocos do *Business Model Canvas* de Osterwalder.

O agronegócio e as biorrefinarias representam cenários de destaque ao aproveitarem resíduos agrícolas, subprodutos e outros materiais biológicos, maximizando a utilização de recursos locais e renováveis. No entanto, a abordagem bioeconômica (*bioeconomy*) precisa ser

aplicada de forma prática, realista e mais perceptível, fomentando a inovação de maneira mais alinhada à *bioeconomics*.

Ao considerar tanto o impulso tecnológico (*technology push*) quanto a demanda de mercado (*market pull*), Gatto e Re (2021) destacam que as estratégias de demanda de mercado, são mais eficazes para superar o chamado **vale da morte**, que é um ponto crítico no modelo de avaliação de maturidade TRL (*Tecnologia Readiness Level*), onde inovações enfrentam dificuldades para progredir da fase de desenvolvimento para o mercado devido a desafios financeiros e falta de aceitação pelo consumidor. A integração de perspectiva *bioeconomics* à análise reforça o potencial de criação de cadeias produtivas de base biológica, que sejam economicamente atraentes para investidores, ao mesmo tempo que promovem o desenvolvimento local e respeitam os limites da natureza.

Neste aspecto Befort *et al.*, (2020) ressaltou que muitos exemplos práticos permanecem centrados na bioeconomia (*bioeconomy*) como uma perspectiva de mercado, o que acaba se sobrepondo às questões sociais e ambientais. As biorrefinarias de base biológica, nesse contexto, representam tecnologias naturais com potencial para elucidar de maneira prática a condução de modelos de negócios em uma perspectiva *bioeconomics*.

Ghisellini, Cialani e Ulgiati (2016) também ressaltam a importância de maximizar o uso de recursos e converter resíduos em valor, princípios centrais nas operações de biorrefinarias ao reaproveitar biomassa.

Conteratto *et al.*, (2021) exemplificaram, essa lógica, mostrando o potencial das biorrefinarias que utilizam tecnologia natural nos processos de biorrefinamento. Esse modelo de negócio, representativo da bioeconomia circular, está alinhado com as perspectivas bioeconômicas (*bioeconomy* e *bioeconomics*) ao contribuir para a criação de processos sustentáveis e valorização de resíduos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou propor um modelo conceitual de negócio para a bioeconomia circular, promovendo uma visão integrada de sustentabilidade que abrange aspectos econômicos, ambientais e sociais. A pesquisa respondeu ao objetivo geral ao propor um modelo de referência que apoia a transição de empresas para práticas mais sustentáveis, com foco em circularidade, de maneira consistente com a perspectiva *bioeconomics*. A estrutura conceitual apresentada contribui para a compreensão e implementação de estratégias empresariais que valorizam recursos biológicos, maximizam a reutilização de resíduos e integram inovação tecnológica para sustentabilidade.

O modelo teórico proposto representa uma contribuição ao campo dos modelos de negócios circulares, ao incluir a perspectiva *bioeconomics* no centro das discussões, pois apresenta uma estrutura que permite a compreensão de como as perspectivas *bioeconomy* e *bioeconomics* podem ser abordadas de maneira perceptível para sustentabilidade fraca ou forte. Ao sintetizar práticas de biorrefinarias e estratégias de gestão de resíduos, estudos futuros podem evidenciar como é possível agregar valor econômico ao mesmo tempo em que respeita os limites ecológicos.

O modelo possui aplicabilidade prática, podendo ser utilizado como ferramenta de orientação para gestores e formuladores de políticas públicas que buscam implantar práticas de circularidade em modelos de negócio considerando a sustentabilidade forte. Ao incluir a transformação de resíduos em produtos de valor agregado, como bioplásticos e bioenergia, a pesquisa destaca o potencial da bioeconomia circular para atender às demandas de mercado, reduzindo o impacto ambiental e promovendo o uso eficiente de recursos naturais. No entanto, é necessário ter cautela, e se embasar em métricas estabelecidas para avaliar se de fato o negócio contribui com o Desenvolvimento Sustentável. Esse modelo oferece um referencial aplicável para a criação de políticas públicas e para a estruturação de novos negócios incluindo um fator de reflexão para a sustentabilidade forte.

Este estudo apresenta limitações que devem ser consideradas. A natureza teórica do modelo desenvolvido sugere que pesquisas adicionais, de natureza empírica, são necessárias para validar o modelo em diferentes setores e contextos geográficos. Além disso, a análise foi focada em uma abordagem qualitativa de literatura, o que restringe a generalização dos achados para contextos práticos sem uma adaptação ou teste prévio. Essas limitações podem ser abordadas em estudos futuros que explorem casos de aplicação do modelo em situações reais.

Recomenda-se que futuras pesquisas realizem estudos de caso ou experimentos práticos para testar a aplicabilidade e eficácia do modelo teórico proposto. O desenvolvimento de métricas e indicadores específicos para mensurar o impacto do modelo em termos de sustentabilidade ambiental e econômica contribuiria para a robustez e praticidade da aplicação do modelo. Outras áreas que podem ser exploradas incluem a análise de barreiras institucionais e tecnológicas que influenciam a implementação da bioeconomia circular em setores variados.

O trabalho contribui para a bioeconomia circular ao fornecer um modelo teórico que promove a transição para práticas empresariais mais sustentáveis e circulares, alinhadas com as necessidades contemporâneas de preservação ambiental e crescimento econômico. Esse modelo representa um avanço na estruturação de negócios sustentáveis e serve como referência prática para a integração de inovação e sustentabilidade em diversos setores econômicos.

REFERÊNCIAS

- ABIDEEN, A. Z.; PYEMAN, J.; SUNDRAM, V. P. K.; TSENG, M.-L.; SOROOSHIAN, S. Leveraging Capabilities of Technology into a Circular Supply Chain to Build Circular Business Models: A State-of-the-Art Systematic Review. **Sustainability**, v. 13, n. 16, p. 8997, 2021.
- AGUILAR, A.; WOHLGEMUTH, R.; TWARDOWSKI, T. Perspectives on bioeconomy. **New Biotechnology**, v. 40, Bioeconomy, p. 181–184, 2018.
- ALEXANDRI, M.; LOPEZ-GOMEZ, J. P.; OLSZEWSKA-WIDDRAT, A.; VENUS, J. Valorising Agro-industrial Wastes within the Circular Bioeconomy Concept: the Case of Defatted Rice Bran with Emphasis on Bioconversion Strategies. **Fermentation-Basel**, 2020.
- ALLAIN, S.; RUAULT, J.-F.; MORAINÉ, M.; MADELRIEUX, S. The ‘bioeconomics vs bioeconomy’ debate: Beyond criticism, advancing research fronts. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 42, p. 58–73, 2022a..
- ANDERSEN, M. S. An introductory note on the environmental economics of the circular economy. **Sustainability Science**, v. 2, n. 1, p. 133–140, 2007.
- ANGELIS, R. D.; HOWARD, M.; MIEMCZYK, J. Supply chain management and the circular economy: towards the circular supply chain. **Production Planning & Control**, v. 29, n. 6, p. 425–437, 2018.
- ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017.
- ASGARI, A.; ASGARI, R. How circular economy transforms business models in a transition towards circular ecosystem: the barriers and incentives. **Sustainable Production and Consumption**, v. 28, p. 566–579, 2021.
- ASSMANN, I. R.; ROSATI, F.; MORIOKA, S. N. Determinants of circular business model adoption—A systematic literature review. **Business Strategy and the Environment**, v. 32, n. 8, p. 6008–6028, 2023.
- ATIF, S. Mapping circular economy principles and servitisation approach in business model canvas: an integrated literature review. **Future Business Journal**, v. 9, n. 1, p. 33, 2023.
- AWASTHI, M. K.; SINDHU, R.; SIROHI, R.; KUMAR, V.; AHLUWALIA, V.; BINOD, P.; JUNEJA, A.; KUMAR, D.; YAN, B.; SARSAIYA, S.; ZHANG, Z.; PANDEY, A.; TAHERZADEH, M. J. Agricultural waste biorefinery development towards circular bioeconomy. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, 2022a.
- AWASTHI, M. K.; YAN, B.; SAR, T.; GOMEZ-GARCIA, R.; REN, L.; SHARMA, P.; BINOD, P.; SINDHU, R.; KUMAR, V.; KUMAR, D.; MOHAMED, B. A.; ZHANG, Z.; TAHERZADEH, M. J. Organic waste recycling for carbon smart circular bioeconomy and sustainable development: A review. **Bioresource Technology**. 2022b.
- 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**, v. 163, p. 120420, 2021.

BANDARA, W.; FURTMUELLER, E.; GORBACHEVA, E.; MISKON, S.; BEEKHUYZEN, J. Achieving Rigor in Literature Reviews: Insights from Qualitative Data Analysis and Tool-Support. **Communications of the Association for Information Systems**, v. 37, n. 1, 2015. Disponível em: <https://aisel.aisnet.org/cais/vol37/iss1/8>.

BEFORT, N. Going beyond definitions to understand tensions within the bioeconomy: The contribution of sociotechnical regimes to contested fields. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 153, p. 119923, 2020.

BHATNAGAR, R.; KESKIN, D.; KIRKELS, A.; ROMME, A. G. L.; HUIJBEN, J. C. C. M. Design principles for sustainability assessments in the business model innovation process. **Journal of Cleaner Production**, v. 377, p. 134313, 2022.

BLOMSMA, F.; BRENNAN, G. The Emergence of Circular Economy: A New Framing Around Prolonging Resource Productivity. **Journal of Industrial Ecology**, v. 21, n. 3, p. 603–614, 2017.

BOCKEN, N. M. P.; 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**, v. 33, n. 5, p. 308–320, 2016.

BOCKEN, N. M. P.; SHORT, S. W.; RANA, P.; EVANS, S. A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. **Journal of Cleaner Production**, 2014.

BOONS, F.; LÜDEKE-FREUND, F. Business models for sustainable innovation: state-of-the-art and steps towards a research agenda. **Journal of Cleaner Production**, v. 45, Sustainable Innovation and Business Models, p. 9–19, 2013.

BOTELHO, D. F.; DIAS, B. H.; OLIVEIRA, L. W. de; SOARES, T. A.; REZENDE, I.; SOUSA, T. Innovative business models as drivers for prosumers integration - Enablers and barriers. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 144, p. 111057, 2021.

BRENNER, B.; DRDLA, D. Business Model Innovation toward Sustainability and Circularity—A Systematic Review of Innovation Types. **Sustainability**, v. 15, n. 15, p. 11625, 2023.

BRESSANELLI, G.; PERONA, M.; SACCANI, N. Challenges in supply chain redesign for the Circular Economy: a literature review and a multiple case study. **International Journal of Production Research**, v. 57, n. 23, p. 7395–7422, 2019.

BROCCARDO, L.; VOLA, P.; ZICARI, A.; ALSHIBANI, S. M. Contingency-based analysis of the drivers and obstacles to a successful sustainable business model: Seeking the uncaptured value. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 191, p. 122513, 2023.

BUGGE, M.; HANSEN, T.; KLITKOU, A. What Is the Bioeconomy? A Review of the Literature. **Sustainability**, v. 8, n. 7, p. 691, 2016.

BUREN, N. V.; DEMMERS, M.; HEIJDEN, R. V. D.; WITLOX, F. Towards a Circular Economy: The Role of Dutch Logistics Industries and Governments. **Sustainability**, v. 8, n. 7, p. 647, 2016.

CASADESUS-MASANELL, R.; RICART, J. E. From Strategy to Business Models and onto Tactics. **Long Range Planning**, v. 43, n. 2–3, p. 195–215, 2010.

CENTOBELLI, P.; CERCHIONE, R.; CHIARONI, D.; DEL VECCHIO, P.; URBINATI, A. Designing business models in circular economy: A systematic literature review and research agenda. **Business Strategy and the Environment**, v. 29, n. 4, p. 1734–1749, 2020.

CHESBROUGH, H. **Business model innovation: Opportunities and barriers**. Long Range Planning, 2010.

CHESBROUGH, H.; ROSENBLOOM, R. S. The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin-off companies. **Industrial and Corporate Change**, v. 11, n. 3, p. 529–555, 2002.

CONTERATTO, C.; ARTUZO, F. D.; BENEDETTI SANTOS, O. I.; TALAMINI, E. Biorefinery: A comprehensive concept for the sociotechnical transition toward bioeconomy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 151, p. 111527, 2021.

CONTERATTO, C.; ARTUZO, F. D.; SANTOS, O. I. B.; TALAMINI, E. Biorefinery concepts in the transition to the bioeconomy: A Q-analysis from the Brazilian experts' perspectives. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 17, n. 3, p. 482–498, 2022.

CUI, Y.; CAO, Y.; JI, Y.; CHANG, I.; WU, J. Determinant factors and business strategy in a sustainable business model: An explorative analysis for the promotion of solid waste recycling technologies. **Business Strategy and the Environment**, v. 31, n. 5, p. 2533–2545, 2022.

DE BRUYNE, M.-J.; VERLEYE, K. Realizing the economic and circular potential of sharing business models by engaging consumers. **Journal of Service Management**, v. 34, n. 3, p. 493–519, 2023.

DE PONTE, C.; LISCIO, M. C.; SOSPIRO, P. State of the art on the Nexus between sustainability, fashion industry and sustainable business model. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 32, p. 100968, 2023.

DEBOER, J.; PANWAR, R.; KOZAK, R.; CASHORE, B. Squaring the circle: Refining the competitiveness logic for the circular bioeconomy. **Forest Policy And Economics**, 2020.

DEL GIUDICE, M.; DI VAIO, A.; HASSAN, R.; PALLADINO, R. Digitalization and new technologies for sustainable business models at the ship–port interface: a bibliometric analysis. **Maritime Policy & Management**, v. 49, n. 3, p. 410–446, 2022.

DESPEISSE, M.; BAUMERS, M.; BROWN, P.; CHARNLEY, F.; FORD, S. J.; GARMULEWICZ, A.; KNOWLES, S.; MINSHALL, T. H. W.; MORTARA, L.; REED-TSOCHAS, F. P.; ROWLEY, J. Unlocking value for a circular economy through 3D printing: A research agenda. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 115, p. 75–84, 2017.

DEV, N. K.; SHANKAR, R.; QAISER, F. H. Industry 4.0 and circular economy: Operational excellence for sustainable reverse supply chain performance. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 153, p. 104583, 2020.

DING, S.; TUKKER, A.; WARD, H. Opportunities and risks of internet of things (IoT) technologies for circular business models: A literature review. **Journal of Environmental Management**, v. 336, p. 117662, 2023.

DONNER, M.; DE VRIES, H. Business models for sustainable food systems: a typology based on a literature review. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 7, p. 1160097, 2023.

DUQUE-ACEVEDO, M.; BELMONTE-URENA, L. J.; PLAZA-UBEDA, J. A.; CAMACHO-FERRE, F. The Management of Agricultural Waste Biomass in the Framework of Circular Economy and Bioeconomy: An Opportunity for Greenhouse Agriculture in Southeast Spain. **Agronomy-Basel**, 2020.

ELIA, Valerio; GNONI, M. G.; TORNESE, F. Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 2741–2751, 2017.

ELIA, V; GNONI, M.; TORNESE, F. Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. **Journal Of Cleaner Production**, v. 142, p. 2741–2751, 2017.

EMF. **Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition**. 2013. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/milestones/wced>. Acesso em: 4 maio 2023.

EUROPEAN COMMISSION. **A sustainable Bioeconomy for Europe: Strengthening the connection between economy, society and the environment**. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0673>. Acesso em: 19 maio 2023.

EVANS, S.; VLADIMIROVA, D.; HOLGADO, M.; VAN FOSSEN, K.; YANG, M.; SILVA, E. A.; BARLOW, C. Y. Business Model Innovation for Sustainability: Towards a Unified Perspective for Creation of Sustainable Business Models. **Business Strategy and the Environment**, 2017.

FATIMAH, Y. A.; GOVINDAN, K.; MURNININGSIH, R.; SETIAWAN, A. Industry 4.0 based sustainable circular economy approach for smart waste management system to achieve sustainable development goals: A case study of Indonesia. **Journal of Cleaner Production**, v. 269, p. 122263, 2020.

FOBBE, L.; HILLETOTH, P. The role of stakeholder interaction in sustainable business models. A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 327, p. 129510, 2021.

FOROOZANFAR, M. H.; IMANIPOUR, N.; SAJADI, S. M. Integrating circular economy strategies and business models: a systematic literature review. **Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies**, v. 14, n. 5, p. 678–700, 2022.

FRANK, A. G.; MENDES, G. H. S.; AYALA, N. F.; GHEZZI, A. Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 141, p. 341–351, 2019.

GEISSDOERFER, M.; MORIOKA, S. N.; CARVALHO, M. M. de; EVANS, S. Business models and supply chains for the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 190, p. 712–721, 2018a.

GEISSDOERFER, M.; MORIOKA, S. N.; CARVALHO, M. M. D.; EVANS, S. Business models and supply chains for the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 190, p. 712–721, 2018b.

GEISSDOERFER, M.; PIERONI, M. P. P.; PIGOSSO, D. C. A.; SOUFANI, K. Circular business models: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 277, p. 123741, 2020.

GEISSDOERFER, M.; SAVAGET, P.; BOCKEN, N. M. P.; HULTINK, E. J. The Circular Economy – A new sustainability paradigm?. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 757–768, 2017.

GENG, Y.; DOBERSTEIN, B. Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving “leapfrog development”. **International Journal Of Sustainable Development And World Ecology**, v. 15, n. 3, p. 231–239, 2008.

GENG, Yong; DOBERSTEIN, B. Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving “leapfrog development”. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 15, n. 3, p. 231–239, 2008.

GENG, Y.; FU, J.; SARKIS, J.; XUE, B. Towards a national circular economy indicator system in China: an evaluation and critical analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 23, n. 1, p. 216–224, 2012.

GENG, Y.; ZHU, Q.; DOBERSTEIN, B.; FUJITA, T. Implementing China’s circular economy concept at the regional level: A review of progress in Dalian, China. **Waste Management**, v. 29, n. 2, p. 996–1002, 2009.

GENOVESE, A.; ACQUAYE, A. A.; FIGUEROA, A.; KOH, S. C. L. Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. **Omega**, v. 66, p. 344–357, 2017.

GEORGESCU-ROEGEN, N. Energy and Economic Myths. **Southern Economic Journal**, v. 41, n. 3, p. 347–381, 1975.

GEORGESCU-ROEGEN, N. Inequality, Limits and Growth from a Bioeconomic Viewpoint. **Review of Social Economy**, v. 35, n. 3, p. 361–375, 1977.

GEUEKE, B.; GROH, K.; MUNCKE, J. Food packaging in the circular economy: Overview of chemical safety aspects for commonly used materials. **Journal of Cleaner Production**, v. 193, p. 491–505, 2018.

GHERGHEL, A.; TEODOSIU, C.; GISI, S. D. A review on wastewater sludge valorisation and its challenges in the context of circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 228, p. 244–263, 2019.

GHEZZI, A.; CAVALLO, A. Agile Business Model Innovation in Digital Entrepreneurship: Lean Startup Approaches. **Journal of Business Research**, 2020.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 114, p. 11–32, 2016.

GHISELLINI, P.; RIPA, M.; ULGIATI, S. Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 178, p. 618–643, 2018.

GIAMPIETRO, M. On the Circular Bioeconomy and Decoupling: Implications for Sustainable Growth. **Ecological Economics**, v. 162, p. 143–156, 2019a.

GIAMPIETRO, M. On the Circular Bioeconomy and Decoupling: Implications for Sustainable Growth. **Ecological Economics**, 2019b.

GOVINDAN, K.; HASANAGIC, M. A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 1–2, p. 278–311, 2018.

GREGSON, N.; CRANG, M.; FULLER, S.; HOLMES, H. Interrogating the circular economy: the moral economy of resource recovery in the EU. **Economy and Society**, v. 44, n. 2, p. 218–243, 2015.

HAZEN, B. T.; MOLLENKOPF, D. A.; WANG, Y. Remanufacturing for the Circular Economy: An Examination of Consumer Switching Behavior. **Business Strategy and the Environment**, v. 26, n. 4, p. 451–464, 2017.

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**, v. 333, p. 130049, 2022.

HINA, M.; CHAUHAN, C.; SHARMA, R.; DHIR, A. Circular economy business models as pillars of sustainability: Where are we now, and where are we heading?. **Business Strategy and the Environment**, v. 32, n. 8, p. 6182–6209, 2023.

HOBSON, K.; LYNCH, N. Diversifying and de-growing the circular economy: Radical social transformation in a resource-scarce world. **Futures**, v. 82, p. 15–25, 2016.

HOLLANDER, M. C. D.; BAKKER, C. A.; HULTINK, E. J. Product Design in a Circular Economy: Development of a Typology of Key Concepts and Terms. **Journal of Industrial Ecology**, v. 21, n. 3, p. 517–525, 2017.

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

HONG, M.; CHEN, E. Y.-X. Chemically recyclable polymers: a circular economy approach to sustainability. **Green Chemistry**, v. 19, n. 16, p. 3692–3706, 2017.

HULTBERG, E.; PAL, R. Lessons on business model scalability for circular economy in the fashion retail value chain: Towards a conceptual model. **Sustainable Production and Consumption**, v. 28, p. 686–698, 2021.

IBN-MOHAMMED, T.; MUSTAPHA, K. B.; GODSELL, J.; ADAMU, Z.; BABATUNDE, K. A.; AKINTADE, D. D.; ACQUAYE, A.; FUJII, H.; NDIAYE, M. M.; YAMOA, F. A.; KOH, S. C. L. A critical analysis of the impacts of COVID-19 on the global economy and ecosystems and opportunities for circular economy strategies. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 164, p. 105169, 2021.

JABBOUR, A. B. L. de S.; JABBOUR, C. J. C.; FILHO, M. G.; ROUBAUD, D. Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations. **Annals of Operations Research**, v. 270, n. 1–2, p. 273–286, 2018.

JAIN, A.; SARSAIYA, S.; AWASTHI, M. K.; SINGH, R.; RAJPUT, R.; MISHRA, U. C.; CHEN, J.; SHI, J. Bioenergy and bio-products from bio-waste and its associated modern circular economy: Current research trends, challenges, and future outlooks. **Fuel**, 2022.

JESUS, A. D.; MENDONÇA, S. Lost in Transition? Drivers and Barriers in the Eco-innovation Road to the Circular Economy. **Ecological Economics**, v. 145, p. 75–89, 2018.

JIA, F.; YIN, S.; CHEN, L.; CHEN, X. The circular economy in the textile and apparel industry: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 259, p. 120728, 2020.

KALMYKOVA, Y.; SADAGOPAN, M.; ROSADO, L. Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 135, p. 190–201, 2018.

KANZARI, A.; RASMUSSEN, J.; NEHLER, H.; INGELSSON, F. How financial performance is addressed in light of the transition to circular business models - A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 376, p. 134134, 2022.

KARDUNG, M.; CINGIZ, K.; COSTENOBLE, O.; DELAHAYE, R.; HEIJMAN, W.; LOVRIĆ, M.; VAN LEEUWEN, M.; M'BAREK, R.; VAN MEIJL, H.; PIOTROWSKI, S.; RONZON, T.; SAUER, J.; VERHOOG, D.; VERKERK, P. J.; VRACHIOLI, M.; WESSELER, J. H. H.; ZHU, B. X. Development of the Circular Bioeconomy: Drivers and Indicators. **Sustainability**, v. 13, n. 1, p. 413, 2021.

KIRCHHERR, J.; PISCICELLI, L.; BOUR, R.; KOSTENSE-SMIT, E.; MULLER, J.; HUIBRECHTSE-TRUIJENS, A.; HEKKERT, M. Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU). **Ecological Economics**, v. 150, p. 264–272, 2018.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resources Conservation And Recycling**, v. 127, p. 221–232, 2017.

KIRCHHERR, Julian; REIKE, D.; HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 127, p. 221–232, 2017.

KOHTAMÄKI, M.; PARIDA, V.; OGHAZI, P.; GEBAUER, H.; BAINES, T. Digital servitization business models in ecosystems: A theory of the firm. **Journal of Business Research**, 2019.

KORHONEN, J.; HONKASALO, A.; SEPPALA, J. Circular Economy: The Concept and its Limitations. **Ecological Economics**, 2018a.

KORHONEN, J.; HONKASALO, A.; SEPPÄLÄ, J. Circular Economy: The Concept and its Limitations. **Ecological Economics**, v. 143, p. 37–46, 2018b.

KORHONEN, J.; NUUR, C.; FELDMANN, A.; BIRKIE, S. E. Circular economy as an essentially contested concept. **Journal of Cleaner Production**, v. 175, p. 544–552, 2018c.

KOUHIZADEH, M.; ZHU, Q.; SARKIS, J. Blockchain and the circular economy: potential tensions and critical reflections from practice. **Production Planning & Control**, v. 31, n. 11–12, p. 950–966, 2020.

KRISTENSEN, H. S.; MOSGAARD, M. A. A review of micro level indicators for a circular economy – moving away from the three dimensions of sustainability?. **Journal of Cleaner Production**, v. 243, p. 118531, 2020.

KUIK, S.; KUMAR, A.; DIONG, L.; BAN, J. A Systematic Literature Review on the Transition to Circular Business Models for Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs). **Sustainability**, v. 15, n. 12, p. 9352, 2023.

LEISING, E.; QUIST, J.; BOCKEN, N. Circular Economy in the building sector: Three cases and a collaboration tool. **Journal of Cleaner Production**, v. 176, p. 976–989, 2018.

LEWANDOWSKI, M. Designing the Business Models for Circular Economy-Towards the Conceptual Framework. **Sustainability**, v. 8, n. 1, 2016.

LEWANDOWSKI, Mateusz. Designing the Business Models for Circular Economy—Towards the Conceptual Framework. **Sustainability**, v. 8, n. 1, p. 43, 2016.

LIEDER, M.; RASHID, A. Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 115, p. 36–51, 2016.

LOZANO, R. Envisioning sustainability three-dimensionally. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 17, p. 1838–1846, 2008.

LÜDEKE-FREUND, F.; DEMBEK, K. Sustainable business model research and practice: Emerging field or passing fancy?. **Journal of Cleaner Production**, v. 168, p. 1668–1678, 2017.

LÜDEKE-FREUND, F.; GOLD, S.; BOCKEN, N. M. P. A Review and Typology of Circular Economy Business Model Patterns. **Journal of Industrial Ecology**, v. 23, n. 1, p. 36–61, 2019.

LÜDEKE-FREUND, F.; GOLD, S.; BOCKEN, N. M. P. A Review and Typology of Circular Economy Business Model Patterns. **Journal of Industrial Ecology**, v. 23, n. 1, p. 36–61, 2019.

MAGRETTA, J. **Entendendo Michael Porter: o guia essencial de competição e estratégia**. [S. l.]: HSM Editora S/A, 2012. 2012.

MAGRETTA, J. Why business models matter. **Harvard Business Review**, 2002.

MAHPOUR, A. Prioritizing barriers to adopt circular economy in construction and demolition waste management. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 134, p. 216–227, 2018.

MALINAUSKAITE, J.; JOUHARA, H.; CZAJCZYŃSKA, D.; STANCHEV, P.; KATSOU, E.; ROSTKOWSKI, P.; THORNE, R. J.; COLÓN, J.; PONSÁ, S.; AL-MANSOUR, F.; ANGUILANO, L.; KRZYŻYŃSKA, R.; LÓPEZ, I. C.; A. VLASOPOULOS; SPENCER, N. Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe. **Energy**, v. 141, p. 2013–2044, 2017.

MANNINEN, K.; KOSKELA, S.; ANTIKAINEN, R.; BOCKEN, N.; DAHLBO, H.; AMINOFF, A. Do circular economy business models capture intended environmental value propositions?. **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 413–422, 2018.

MATHEWS, J. A.; TAN, H. Progress Toward a Circular Economy in China: The Drivers (and Inhibitors) of Eco-industrial Initiative. **Journal of Industrial Ecology**, v. 15, n. 3, p. 435–457, 2011.

MCDOWALL, W.; GENG, Y.; HUANG, B.; BARTEKOVÁ, E.; BLEISCHWITZ, R.; TÜRKELI, S.; KEMP, R.; DOMÉNECH, T. Circular Economy Policies in China and Europe. **Journal Of Industrial Ecology**, v. 21, n. 3, p. 651–661, 2017.

MCTIC. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016/2022**. Brasília, DF: , 2017. 2017.

MÉNDEZ-LEÓN, E.; REYES-CARRILLO, T.; DÍAZ-PICHARDO, R. Towards a holistic framework for sustainable value analysis in business models: A tool for sustainable development. **Business Strategy and the Environment**, v. 31, n. 1, p. 15–31, 2022.

MERLI, R.; PREZIOSI, M.; ACAMPORA, A. How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 178, p. 703–722, 2018.

MINATOGAWA, V.; FRANCO, M.; RAMPASSO, I. S.; HOLGADO, M.; GARRIDO, D.; PINTO, H.; QUADROS, R. Towards Systematic Sustainable Business Model Innovation: What Can We Learn from Business Model Innovation. **Sustainability**, v. 14, n. 5, p. 2939, 2022.

MINTZBERG, H.; LAMPEL, J.; QUINN, J. B.; GHOSHAL, S. (org.). **The strategy process: concepts, contexts, cases**. Global 4. eded. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003. 2003.

MIRANDA, F. J.; GARCÍA-GALLEGO, J. M.; CHAMORRO-MERA, A.; VALERO-AMARO, V.; RUBIO, S. A systematic review of the literature on agri-food business models: critical review and research agenda. **British Food Journal**, v. 125, n. 12, p. 4498–4517, 2023.

MOKTADIR, M. A.; RAHMAN, T.; RAHMAN, M. H.; ALI, S. M.; PAUL, S. K. Drivers to sustainable manufacturing practices and circular economy: A perspective of leather industries in Bangladesh. **Journal of Cleaner Production**, v. 174, p. 1366–1380, 2018.

MONTAG, L. Roadmap to a Circular Economy by 2030: A Comparative Review of Circular Business Model Visions in Germany and Japan. **Sustainability**, v. 15, n. 6, p. 5374, 2023.

MOREAU, Vincent; SAHAKIAN, M.; GRIETHUYSEN, P. V.; VUILLE, F. Coming Full Circle: Why Social and Institutional Dimensions Matter for the Circular Economy. **Journal of Industrial Ecology**, v. 21, n. 3, p. 497–506, 2017.

MOREAU, V; SAHAKIAN, M.; VAN GRIETHUYSEN, P.; VUILLE, F. Coming Full Circle Why Social and Institutional Dimensions Matter for the Circular Economy. **Journal Of Industrial Ecology**, v. 21, n. 3, p. 497–506, 2017.

MORRIS, M.; SCHINDEHUTTE, M.; ALLEN, J. The entrepreneur's business model: toward a unified perspective. **Journal of Business Research**, v. 58, n. 6, p. 726–735, 2005.

MORSELETTA, P. Targets for a circular economy. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 153, p. 104553, 2020.

MOSSALI, E.; PICONE, N.; GENTILINI, L.; RODRÍGUEZ, O.; PÉREZ, J. M.; COLLEDANI, M. Lithium-ion batteries towards circular economy: A literature review of opportunities and issues of recycling treatments. **Journal of Environmental Management**, v. 264, p. 110500, 2020.

MUNARO, M. R.; FREITAS, M. D. C. D.; TAVARES, S. F.; BRAGANÇA, L. Circular Business Models: Current State and Framework to Achieve Sustainable Buildings. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 147, n. 12, p. 04021164, 2021.

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**, v. 140, n. 3, p. 369–380, 2017a.

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**, v. 140, n. 3, p. 369–380, 2017b.

NANDI, S.; SARKIS, J.; HERVANI, A. A.; HELMS, M. M. Redesigning Supply Chains using Blockchain-Enabled Circular Economy and COVID-19 Experiences. **Sustainable Production and Consumption**, v. 27, p. 10–22, 2021.

NASCIMENTO, D. L. M.; ALENCASTRO, V.; QUELHAS, O. L. G.; CAIADO, R. G. G.; GARZA-REYES, J. A.; ROCHA-LONA, L.; TORTORELLA, G. Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context: A business

model proposal. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 30, n. 3, p. 607–627, 2019.

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

ORMAZABAL, M.; PRIETO-SANDOVAL, V.; PUGA-LEAL, R.; JACA, C. Circular Economy in Spanish SMEs: Challenges and opportunities. **Journal of Cleaner Production**, v. 185, p. 157–167, 2018.

OSTERWALDER, A. **The business model ontology a proposition in a design science approach**. 2004. 169 f. Tese (doutorado em Informática Empresarial) - Universidade de Lausanne, Suíça 2004.

OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.; TUCCI, C. L. Clarifying Business Models: Origins, Present, and Future of the Concept. **Communications of the Association for Information Systems**, v. 16, n. 1, 2005. Disponível em: <https://aisel.aisnet.org/cais/vol16/iss1/1>.

PAN, S.-Y.; DU, M. A.; HUANG, I.-T.; LIU, I.-H.; CHANG, E.-E.; CHIANG, P.-C. Strategies on implementation of waste-to-energy (WTE) supply chain for circular economy system: a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 108, p. 409–421, 2015.

PANGARSO, A.; SISILIA, K.; PERANGINANGIN, Y. Circular Economy Business Models in the Micro, Small, and Medium Enterprises: A Review. **Etikonomi**, v. 21, n. 2, p. 313–334, 2022.

PARK, J.; SARKIS, J.; WU, Z. Creating integrated business and environmental value within the context of China's circular economy and ecological modernization. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 15, p. 1494–1501, 2010.

PAULIUK, S. Critical appraisal of the circular economy standard BS 8001:2017 and a dashboard of quantitative system indicators for its implementation in organizations. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 129, p. 81–92, 2018.

PFAU, S. F.; HAGENS, J. E.; DANKBAAR, B.; SMITS, A. J. M. Visions of Sustainability in Bioeconomy Research. **Sustainability**, v. 6, n. 3, p. 1222–1249, 2014.

PIERONI, M. P. P.; MCALOONE, T. C.; PIGOSSO, D. C. A. Business model innovation for circular economy and sustainability: A review of approaches. **Journal of Cleaner Production**, v. 215, p. 198–216, 2019.

PIGOLA, A.; MEIRELLES, F. S. Sustainable business value model in the ICT4D research agenda. **Information Technology for Development**, v. 29, n. 4, p. 435–461, 2023.

POMPONI, F.; MONCASTER, A. Circular economy for the built environment: A research framework. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 710–718, 2017.

PORTER, M. E. **Competitive advantage: creating and sustaining superior performance**. 4. printinged. New York, 1985.

- PRIETO-SANDOVAL, V.; JACA, C.; ORMAZABAL, M. Towards a consensus on the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 179, p. 605–615, 2018.
- RANTA, V.; AARIKKA-STENROOS, L.; RITALA, P.; MÄKINEN, S. J. Exploring institutional drivers and barriers of the circular economy: A cross-regional comparison of China, the US, and Europe. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 135, p. 70–82, 2018.
- REIKE, D.; VERMEULEN, W. J. V.; 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**, v. 135, p. 246–264, 2018.
- REIM, W.; PARIDA, V.; SJÖDIN, D. R. Circular Business Models for the Bio-Economy: A Review and New Directions for Future Research. **Sustainability**, v. 11, n. 9, p. 2558, 2019.
- RIOS, I. C. D. L.; CHARNLEY, F. J. S. Skills and capabilities for a sustainable and circular economy: The changing role of design. **Journal of Cleaner Production**, v. 160, p. 109–122, 2017.
- RIZOS, V.; BEHRENS, A.; GAAST, W. V. D.; HOFMAN, E.; IOANNOU, A.; KAFYEKE, T.; FLAMOS, A.; RINALDI, R.; PAPADELIS, S.; HIRSCHNITZ-GARBERS, M.; TOPI, C. Implementation of Circular Economy Business Models by Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs): Barriers and Enablers. **Sustainability**, v. 8, n. 11, p. 1212, 2016.
- ROSA, P.; SASSANELLI, C.; URBINATI, A.; CHIARONI, D.; TERZI, S. Assessing relations between Circular Economy and Industry 4.0: a systematic literature review. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 6, p. 1662–1687, 2020.
- ROSENBOOM, J.-G.; LANGER, R.; TRAVERSO, G. Bioplastics for a circular economy. **Nature Reviews Materials**, v. 7, n. 2, p. 117–137, 2022.
- SAIDANI, M.; YANNOU, B.; LEROY, Y.; CLUZEL, F.; KENDALL, A. A taxonomy of circular economy indicators. **Journal of Cleaner Production**, v. 207, p. 542–559, 2019.
- SALVADOR, R.; BARROS, M. V.; FREIRE, F.; HALOG, A.; PIEKARSKI, C. M.; DE FRANCISCO, A. C. Circular economy strategies on business modelling: Identifying the greatest influences. **Journal of Cleaner Production**, v. 299, p. 126918, 2021a.
- SALVADOR, R.; BARROS, M. V.; PIERONI, M.; LOPES SILVA, D. A.; FREIRE, F.; DE FRANCISCO, A. C. Overarching Business Models for a Circular Bioeconomy: Systematising archetypes. **Sustainable Production and Consumption**, v. 43, p. 349–362, 2023.
- SALVADOR, R.; PUGLIERI, F. N.; HALOG, A.; DE ANDRADE, F. G.; PIEKARSKI, C. M.; DE FRANCISCO, A. C. Key aspects for designing business models for a circular bioeconomy. **Journal of Cleaner Production**, 2021b.
- SANTA-MARIA, T.; VERMEULEN, W. J. V.; BAUMGARTNER, R. J. Framing and assessing the emergent field of business model innovation for the circular economy: A

combined literature review and multiple case study approach. **Sustainable Production and Consumption**, v. 26, p. 872–891, 2021.

SARANGI, P. K.; VIVEKANAND, V.; MOHANAKRISHNA, G.; PATTNAIK, B.; MUDDAPUR, U. M.; AMINABHAVI, T. M. Production of bioactive phenolic compounds from agricultural by-products towards bioeconomic perspectives. **Journal of Cleaner Production**, 2023.

SASSANELLI, C.; ROSA, P.; ROCCA, R.; TERZI, S. Circular economy performance assessment methods: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 229, p. 440–453, 2019.

SAUVÉ, S.; BERNARD, S.; SLOAN, P. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. **Environmental Development**, v. 17, p. 48–56, 2016.

SAUVÉ, Sébastien; BERNARD, S.; SLOAN, P. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. **Environmental Development**, v. 17, p. 48–56, 2016.

SCHEEPENS, A. E.; VOGTLÄNDER, J. G.; BREZET, J. C. Two life cycle assessment (LCA) based methods to analyse and design complex (regional) circular economy systems. Case: making water tourism more sustainable. **Journal of Cleaner Production**, v. 114, p. 257–268, 2016.

SCHOORMANN, T.; SCHWEIHOFF, J.; JUSSEN, I.; MÖLLER, F. Classification tools for business models: Status quo, comparison, and agenda. **Electronic Markets**, v. 33, n. 1, p. 7, 2023.

SCHROEDER, P.; ANGGRAENI, K.; WEBER, U. The Relevance of Circular Economy Practices to the Sustainable Development Goals. **Journal of Industrial Ecology**, v. 23, n. 1, p. 77–95, 2019.

SHARMA, V.; TSAI, M.-L.; CHEN, C.-W.; SUN, P.-P.; NARGOTRA, P.; DONG, C.-D. Advances in machine learning technology for sustainable biofuel production systems in lignocellulosic biorefineries. **Science of The Total Environment**, 2023.

SINGH, J.; ORDOÑEZ, I. Resource recovery from post-consumer waste: important lessons for the upcoming circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 134, p. 342–353, 2016.

SINKOVICS, N.; GUNARATNE, D.; SINKOVICS, R. R.; MOLINA-CASTILLO, F.-J. Sustainable Business Model Innovation: An Umbrella Review. **Sustainability**, v. 13, n. 13, p. 7266, 2021.

SMOL, M.; KULCZYCKA, J.; HENCLIK, A.; GORAZDA, K.; WZOREK, Z. The possible use of sewage sludge ash (SSA) in the construction industry as a way towards a circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 95, p. 45–54, 2015.

SUÁREZ-EIROA, B.; FERNÁNDEZ, E.; MÉNDEZ-MARTÍNEZ, G.; SOTO-OÑATE, D. Operational principles of circular economy for sustainable development: Linking theory and practice. **Journal of Cleaner Production**, v. 214, p. 952–961, 2019.

SÜSS, A.; HÖSE, K.; GÖTZE, U. Sustainability-Oriented Business Model Evaluation—A Literature Review. **Sustainability**, v. 13, n. 19, p. 10908, 2021.

SUSUR, E.; ENGWALL, M. A transitions framework for circular business models. **Journal of Industrial Ecology**, v. 27, n. 1, p. 19–32, 2023.

TEECE, D. J. Business Models, Business Strategy and Innovation. **Long Range Planning**, v. 43, n. 2–3, p. 172–194, 2010.

TRICCO, A. C.; LILLIE, E.; ZARIN, W.; O'BRIEN, K. K.; COLQUHOUN, H.; LEVAC, D.; MOHER, D.; PETERS, M. D. J.; HORSLEY, T.; WEEKS, L.; HEMPEL, S.; AKL, E. A.; CHANG, C.; MCGOWAN, J.; STEWART, L.; HARTLING, L.; ALDCROFT, A.; WILSON, M. G.; GARRITTY, C.; LEWIN, S.; GODFREY, C. M.; MACDONALD, M. T.; LANGLOIS, E. V.; SOARES-WEISER, K.; MORIARTY, J.; CLIFFORD, T.; TUNÇALP, Ö.; STRAUS, S. E. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. **Annals of Internal Medicine**, v. 169, n. 7, p. 467–473, 2018.

TUKKER, Arnold. Product services for a resource-efficient and circular economy – a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 97, p. 76–91, 2015.

TUKKER, A. Product services for a resource-efficient and circular economy - a review. **JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION**, v. 97, p. 76–91, 2015.

URBINATI, A.; CHIARONI, D.; CHIESA, V. Towards a new taxonomy of circular economy business models. **Journal of Cleaner Production**, v. 168, p. 487–498, 2017.

VAN LOON, P.; DIENER, D.; HARRIS, S. Circular products and business models and environmental impact reductions: Current knowledge and knowledge gaps. **Journal of Cleaner Production**, v. 288, p. 125627, 2021.

VIVIEN, F.-D.; NIEDDU, M.; BEFORT, N.; DEBREF, R.; GIAMPIETRO, M. The Hijacking of the Bioeconomy. **Ecological Economics**, v. 159, p. 189–197, 2019.

WAINAINA, S.; AWASTHI, M. K.; SARSAIYA, S.; CHEN, H.; SINGH, E.; KUMAR, A.; RAVINDRAN, B.; AWASTHI, S. K.; LIU, T.; DUAN, Y.; KUMAR, S.; ZHANG, Z.; TAHERZADEH, M. J. Resource recovery and circular economy from organic solid waste using aerobic and anaerobic digestion technologies. **Bioresource Technology**, v. 301, p. 122778, 2020.

WINANS, K.; KENDALL, A.; DENG, H. The history and current applications of the circular economy concept. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 68, p. 825–833, 2017.

WIRTZ, B. W.; PISTOIA, A.; ULLRICH, S.; GÖTTEL, V. Business Models: Origin, Development and Future Research Perspectives. **Long Range Planning**, v. 49, n. 1, p. 36–54, 2016.

WITJES, S.; LOZANO, R. Towards a more Circular Economy: Proposing a framework linking sustainable public procurement and sustainable business models. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 112, p. 37–44, 2016.

YADAV, G.; LUTHRA, S.; JAKHAR, S. K.; MANGLA, S. K.; RAI, D. P. A framework to overcome sustainable supply chain challenges through solution measures of industry 4.0 and circular economy: An automotive case. **Journal of Cleaner Production**, v. 254, p. 120112, 2020.

ZENG, H.; CHEN, X.; XIAO, X.; ZHOU, Z. Institutional pressures, sustainable supply chain management, and circular economy capability: Empirical evidence from Chinese eco-industrial park firms. **Journal of Cleaner Production**, v. 155, p. 54–65, 2017.

ZHIJUN, F.; NAILING, Y. Putting a circular economy into practice in China. **Sustainability Science**, v. 2, n. 1, p. 95–101, 2007.

ZHU, Q.; GENG, Y.; LAI, K. Circular economy practices among Chinese manufacturers varying in environmental-oriented supply chain cooperation and the performance implications. **Journal of Environmental Management**, v. 91, n. 6, p. 1324–1331, 2010.

ZINK, T; GEYER, R. Circular Economy Rebound. **JOURNAL OF INDUSTRIAL ECOLOGY**, v. 21, n. 3, p. 593–602, 2017.

ZINK, Trevor; GEYER, R. Circular Economy Rebound. **Journal of Industrial Ecology**, v. 21, n. 3, p. 593–602, 2017.

ZOTT, C.; AMIT, R. Business Model Design: An Activity System Perspective. **Long Range Planning**, v. 43, n. 2–3, p. 216–226, 2010.

ZOTT, C.; AMIT, R.; MASSA, L. The Business Model: Recent Developments and Future Research. **Journal of Management**, v. 37, n. 4, p. 1019–1042, 2011.

APÊNDICE 1 – Palavras da Nuvem de palavras-chave dos autores (2.146 registros)

Options			Text Editing			Parameters					
<i>Field: Author's keywords</i>			<i>Terms to remove: Yes</i>			<i>Word occurrence by: Square root</i>			<i>Font size: 0,6</i>		
<i>Number of words: 50</i>			<i>List of synonyms: Yes</i>			<i>Shape: Circle</i>			<i>Ellipticity: 0,65</i>		
						<i>Font type: Impact</i>			<i>Padding: 1</i>		
						<i>Text colors: Random Dark</i>			<i>Rotate: 0</i>		
Ordem	Termo	N		Ordem	Termo	N					
1	sustainable development	237		26	transformation	21					
2	circular economy	182		27	big data	19					
3	innovation	130		28	servitization	19					
4	value	112		29	machine learning	18					
5	sustainable business model	110		30	platform	18					
6	business	101		31	systematic literature review	18					
7	digital transformation	84		32	electric vehicles	17					
8	circular business model	83		33	environment	17					
9	dynamic capabilities	63		34	framework	17					
10	smes	58		35	industry	17					
11	canvas	54		36	modeling	17					
12	strategy	49		37	sustainable business	17					
13	entrepreneurship	48		38	business process management	16					
14	performance	48		39	energy transition	16					
15	digitalization	44		40	internet of things	16					
16	energy	43		41	barriers	15					
17	covid-19	42		42	economy	15					
18	management	39		43	resilience	15					
19	business process	38		44	companies	14					
20	sharing economy	32		45	design	14					
21	artificial intelligence	27		46	development	14					
22	analysis	26		47	ecosystem	14					
23	bm design	24		48	network	14					
24	technology	24		49	services	14					
25	blockchain	23		50	system	14					

Fonte: Dados da pesquisa, imagem gerada no Biblioshiny

APÊNDICE 2 – Consistência dos Metadados 33 Revisões

Metadados	Descrição	Contagens ausentes	Ausente %	Status
Sobre	Resumo	0	0	Excelente
C1	Afiliação	0	0	Excelente
AU	Autor	0	0	Excelente
CR	Referências citadas	0	0	Excelente
RP	Autor correspondente	0	0	Excelente
Eu	DOI	0	0	Excelente
DT	Tipo de documento	0	0	Excelente
ENTÃO	Jornal	0	0	Excelente
DE	Palavras-chave	0	0	Excelente
EU IA	Palavras-chave Plus	0	0	Excelente
Os	Linguagem	0	0	Excelente
PY	Ano de publicação	0	0	Excelente
Banheiro	Categorias de Ciência	0	0	Excelente
TI	Título	0	0	Excelente
TC	Citação total	0	0	Excelente

APÊNDICE 3 – Pesquisa nos sites das revistas pelo escopo do periódico

Journal	URL	Escopo
Technological Forecasting and Social Change (Technol. Forecast. Soc. Chang.)	https://www.journals.elsevier.com/technological-forecasting-and-social-change	Publica estudos sobre as previsões tecnológicas e suas implicações sociais, abordando mudanças futuras em tecnologia, economia e sociedade.
Business Strategy and the Environment (Bus. Strateg. Environ.)	https://onlinelibrary.wiley.com/journal/10991719	Foca em pesquisas que ligam a estratégia empresarial com questões ambientais, incluindo práticas de sustentabilidade corporativa, responsabilidade social e impacto ambiental.
Sustainable Production and Consumption (Sustain. Prod. Consump.)	https://www.journals.elsevier.com/sustainable-production-and-consumption	Aborda temas sobre a transição para práticas de produção e consumo sustentáveis, com foco em economia circular, eficiência de recursos e mitigação de impactos ambientais.
Journal of Cleaner Production (J. Clean Prod.)	https://www.journals.elsevier.com/journal-of-cleaner-production	Especializa-se em pesquisas que exploram métodos de produção mais limpos e sustentáveis, com foco em reduzir a pegada ambiental e promover inovações ecológicas.
Journal of Environmental Management (J. Environ. Manage.)	https://www.journals.elsevier.com/journal-of-environmental-management	Publica estudos sobre a gestão de recursos ambientais, incluindo a conservação, proteção ambiental e políticas de sustentabilidade.
Journal of Service Management (J. Serv. Manage.)	https://www.emeraldgroupublishing.com/journal/josm	Foca em pesquisas relacionadas à gestão e inovação em serviços, explorando tópicos como experiência do cliente, qualidade de serviço e operações de serviço.
Sustainable Chemistry and Pharmacy (Sustain. Chem. Pharm.)	https://www.journals.elsevier.com/sustainable-chemistry-and-pharmacy	Publica pesquisas sobre produtos químicos e farmacêuticos sustentáveis, incluindo desenvolvimentos verdes e abordagens que minimizam impactos ambientais.
Information Technology for Development (Inform. Technol. Dev.)	https://www.tandfonline.com/journals/titd20	Explora o impacto das tecnologias da informação no desenvolvimento social e econômico, com foco em países em desenvolvimento e comunidades marginalizadas.
Journal of Industrial Ecology (J. Ind. Ecol.)	https://onlinelibrary.wiley.com/journal/15309290	Foca em estudos sobre a aplicação de conceitos ecológicos na indústria, incluindo economia circular, análise de ciclo de vida e sustentabilidade industrial.
Frontiers in Sustainable Food Systems (Front. Sustain. Food Syst.)	https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems	Publica pesquisas sobre práticas agrícolas e alimentares sustentáveis, com ênfase em segurança alimentar, nutrição e cadeias de abastecimento sustentáveis.
Maritime Policy e Management (Marit. Policy Manag.)	https://www.tandfonline.com/toc/tpmg20/current	Publica estudos sobre ciência e tecnologia dos alimentos, segurança alimentar, comportamento do consumidor e gestão da cadeia de abastecimento de alimentos.
British Food Journal (Br. Food J.)	https://www.emeraldgroupublishing.com/journal/bfj	Foca em políticas e gestão no setor marítimo, incluindo transporte, governança oceânica e regulamentação ambiental relacionada aos oceanos e à navegação.
Sustainability	https://www.mdpi.com/journal/sustainability	Foca em pesquisas interdisciplinares sobre sustentabilidade em várias áreas, incluindo meio ambiente, economia, sociedade, e políticas públicas.
Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies (J. Entrep. Emerg. Econ.)	https://www.emeraldgroupublishing.com/journal/jeee	Foca em estudos sobre empreendedorismo e desenvolvimento econômico em países em desenvolvimento, abordando desafios e oportunidades nesses contextos.
Future Business Journal (Futur. Bus. J.)	https://fbj.springeropen.com/	Publica artigos sobre inovações e tendências futuras em negócios, com foco em mudanças tecnológicas, práticas empresariais emergentes e impactos globais no setor empresarial.
Etikonomi	https://journal.uinjkt.ac.id/index.php/etikonomi	Publica pesquisas sobre economia islâmica e ética econômica, explorando questões financeiras e empresariais sob a ótica dos princípios islâmicos.

APÊNDICE 4 – Revisões Sistemáticas selecionadas

Referência	Período	N	Protocolo
Van Loon, Diener e Harris (2021)	2001-2020	54	Tranfield <i>et al.</i> , (2003)
Pigola e Meirelles (2023)	2003-2022	160	Gaur e Kumar (2018)
Ding, Tukker e Ward (2023)	jun/22	59	Moher <i>et al.</i> , (2015) - PRISMA-P; Page <i>et al.</i> , (2021) - PRISMA Abstract
De Ponte, Liscio e Sospiro (2023)	2020-2022	9	Paul (2021) - SPAR-4-SLR protocol
Montag (2023)	2017-2022	69	Denyer e Tranfield (2009) e Grant, M.J.; Booth, A.(2009)
Hultberg e Pal (2021)	2001-2021	57	Page <i>et al.</i> , (2021) - PRISMA
Mendez-Leon, Reyes-Carrillo e Diaz-Pichardo (2022)	2000-2020	98	Tranfield <i>et al.</i> , (2003) e Hofmann (2019)
Kanzari, Rasmussen, Nehler e Ingelsson (2022)	2005-2021	145	Tranfield <i>et al.</i> , (2003)
Miranda, Garcia-Gallego, Chamorro-Mera e Valero-Amaro (2023)	2004-2022	36	Page <i>et al.</i> , (2021) - PRISMA
Kuik, Kumar, Diong e Ban (2023)	2018-2022	58	Tranfield <i>et al.</i> , (2003)
Salvador, Puglieri, Halog e De Andrade (2021)	2016-2020	26	Próprio (1. Search; 2. Excluding duplicates; 3. Title and keywords filter; 4. Abstract filter.; 5. Retrieving full papers; 6. Full Reading)
Abideen, Pyeman, Sundram, Kaliani, <i>et al.</i> , (2021)	2010-2021	96	Próprio
Pangarso, Sisilia e Peranginangin (2022)	2016-2021	13	Moher <i>et al.</i> , (2009) - PRISMA, Seguiu, Paul e Criado (2020) e Snyder (2019)
Donner e De Vries (2023b)	2011-2022	37	Page <i>et al.</i> , (2021) - PRISMA
De Bruyne e Verleye (2023)	2012-2021	67	De Keyser <i>et al.</i> , (2020) e Mustak <i>et al.</i> , (2016)
Salvador, Barros, Pieroni, Silva, <i>et al.</i> , (2023)	2014-2021	29	Page <i>et al.</i> , (2021) - PRISMA
Fobbe e Hilletofh (2021)	2006-2020	47	Tranfield <i>et al.</i> , (2003) e Linnelucke <i>et al.</i> , (2020)
Del Giudice, Di Vaio, Hassan e Palladino (2022)	1969-2020	132	Moher <i>et al.</i> , (2009) - PRISMA
Atif (2023)	2013-2022	152	Denyer e Tranfield (2009)
Salvador, Barros, Freire, Halog, <i>et al.</i> , (2021)	jun/22	118	Próprio (1. Search; 2. Excluding duplicates; 3. Title and keywords filter; 4. Abstract filter.; 5. Retrieving full papers; 6. Full Reading)
Asgari e Asgari (2021)	2000-2021	42	Moher <i>et al.</i> , (2009) - PRISMA
Bhatnagar, Keskin, Kirkels e Romme (2022)	2014-2020	15	Denyer and Tranfield (2009)
Hina, Chauhan, Kaur, Kraus, <i>et al.</i> , (2022)	2012-2021	126	Tranfield <i>et al.</i> , (2003), os autores seguiram Chauhan <i>et al.</i> , (2021a,b), os quais utilizaram o protocolo de Tranfield
Foroozanfar, Imanipour, Sajadi e Mojtaba (2022)	2010-2021	106	Tranfield <i>et al.</i> , (2003)
Assmann, Rosati e Morioka (2023)	After 2010	67	Okoli (2015)
Hina, Chauhan, Sharma e Dhir (2023)	2014-2021	87	Moher <i>et al.</i> , (2009) - PRISMA, também menciona revisões anteriores, (Chauhan <i>et al.</i> , 2022; Dhir <i>et al.</i> , 2020 e Hina <i>et al.</i> , 2021).
Susur e Engwall (2023)	2014-2022	64	Fink (1998) e revisões anteriores de Fischl <i>et al.</i> , (2014) e Susur <i>et al.</i> , (2019).
Brenner e Drdla (2023)	2012-2017	71	Page <i>et al.</i> , (2021) - PRISMA
Broccardo, Vola, Zicari e Alshibani (2023)	2010-2020	31	Massaro <i>et al.</i> , (2016)
Santa-Maria, Vermeulen e Baumgartner (2021)	2014-2020	84	Geissdoerfer <i>et al.</i> , (2018b) e Pieroni <i>et al.</i> , (2019b)
Sinkovics, Gunaratne, Sinkovics e Molina-Castillo (2021)		57	Sinkovics e Reuber (2021) e Jones, <i>et al.</i> , (2011)
Suess, Hoes e Goetze (2021)	2007-2020	18	Próprio
Minatogawa, Franco, Rampasso, Holgado, <i>et al.</i> , (2022)	2014-2021	40	Denyer and Tranfield (2009), Moher <i>et al.</i> , (2010) - PRISMA

Fonte: Os autores (2024)

APÊNDICE 5 – Categorização dos achados

	Referência	Achados
Avaliação de Impactos Ambientais em Modelos Circulares	Van Loon <i>et al.</i> , (2021)	Os modelos de negócios circulares podem reduzir o impacto ambiental, especialmente em termos de emissões de gases de efeito estufa e consumo de recursos, mas isso depende da implementação eficaz e do suporte contínuo das partes interessadas (stakeholders).
	Pigola e Meirelles (2023)	A adoção de práticas de economia circular nas TIC pode reduzir significativamente a pegada de carbono e o consumo de recursos naturais, ao mesmo tempo que prolonga a vida útil dos produtos e promove a reciclagem eficiente dos materiais.
	Montag (2023)	Embora muitas iniciativas tenham potencial para reduzir o impacto ambiental, a eficácia dessas estratégias depende fortemente de políticas de apoio e da integração da cadeia de valor. A falta de harmonização nas políticas entre regiões é identificada como uma barreira significativa para maximizar os benefícios ambientais.
	De Ponte <i>et al.</i> , (2023)	As práticas identificadas incluem a redução de emissões de CO2, o uso de materiais recicláveis , e a adoção de processos de produção mais eficientes. A indústria da moda ainda enfrenta desafios significativos para atingir a circularidade total.
	Ding <i>et al.</i> , (2023)	A implementação adequada de IoT pode reduzir impactos ambientais ao otimizar o uso de recursos e minimizar o desperdício através de monitoramento contínuo e processos automatizados. No entanto, desafios, como a complexidade tecnológica, a segurança de dados, e a necessidade de infraestrutura robusta, são barreiras enfrentadas.
Necessidade de Ferramentas e Frameworks	Santa-Maria <i>et al.</i> , (2021)	Destaca a ausência de frameworks unificados que possam ser facilmente adaptados a diferentes setores e contextos. A proposta é que novos frameworks considerem tanto a complexidade dos negócios modernos quanto as demandas por práticas sustentáveis.
	Sinkovics <i>et al.</i> , (2021)	Enfatiza a necessidade de frameworks mais inclusivos que possam guiar a inovação sustentável de maneira mais eficiente, reduzindo a complexidade e facilitando a implementação prática.
	Süß <i>et al.</i> , (2021)	Embora existam várias abordagens de avaliação, muitas carecem de uma aplicação prática efetiva devido à falta de integração entre as diferentes dimensões da sustentabilidade. Propõe o desenvolvimento de frameworks mais holísticos e aplicáveis para melhor apoiar a avaliação e implementação de modelos de negócios sustentáveis.
	Minatogawa <i>et al.</i> , (2022)	Identifica a falta de ferramentas robustas que possam ser aplicadas de forma consistente em diferentes contextos industriais. Como solução, propõe um framework que integra várias dimensões da sustentabilidade, incluindo econômica, ambiental e social.
Interseções com Sustentabilidade.	Salvador, Barros, Freire, Halog, et al. (2021a)	Embora a economia circular não seja inerentemente mais sustentável , ela pode oferecer benefícios significativos ao estender a vida útil dos produtos e recursos , contribuindo para a redução do desperdício e a regeneração ambiental. Parcerias estratégicas e engajamento de stakeholders ao longo da cadeia de valor são identificados meios para a implementação bem-sucedida da economia circular.
	Asgari e Asgari (2021)	A transformação para um ecossistema circular pode aumentar a sustentabilidade , promovendo a eficiência de recursos e reduzindo a pegada de carbono , mas depende fortemente da inovação e da cooperação entre as partes interessadas (<i>stakeholders</i>)
	Hina et al. (2022)	A integração da economia circular com práticas sustentáveis pode potencialmente mitigar os impactos ambientais , mas requer uma estrutura de apoio sólida para superar as barreiras existentes.
	Bhatnagar, Keskin, Kirkels e Romme (2022)	As avaliações de sustentabilidade são destacadas para criar um entendimento comum entre stakeholders e orientar decisões estratégicas. Mostra como as empresas podem utilizar essas avaliações para otimizar seus modelos de negócios em direção à circularidade, alinhando objetivos econômicos com metas de sustentabilidade ambiental e social.
	Foroozanfar, Imanipour, Sajadi e Mojtaba (2022)	A implementação de estratégias de economia circular pode levar a um desenvolvimento mais sustentável , reduzindo impactos ambientais e criando valor econômico. No entanto, o sucesso da integração da economia circular nos modelos de negócios depende da consideração de fatores contextuais , como regulamentações, mercados e infraestrutura local.
	Brenner e Drdla (2023)	A adoção de práticas circulares contribui significativamente para a sustentabilidade , especialmente em termos de redução de resíduos e emissões de gases de efeito estufa. A inovação nos modelos de negócios é vista como um caminho necessário para alcançar esses objetivos.
	Broccardo et al. (2023)	O estudo destaca que a integração de práticas sustentáveis na economia circular pode ser complexa devido a variáveis contextuais , mas é necessário para maximizar os benefícios ambientais e econômicos a longo prazo.

	Susur e Engwall (2023)	O framework proposto sugere que a inovação nos modelos de negócios circulares é importante para apoiar as transições para uma economia mais sustentável. Enfatiza a necessidade de um alinhamento entre práticas circulares e os objetivos de sustentabilidade para alcançar uma transformação significativa.
	Assmann, Rosati e Morioka (2023)	A adoção de modelos de negócios circulares é uma via necessária para o desenvolvimento sustentável, ao reduzir a exploração de recursos não renováveis e promover práticas empresariais regenerativas . Aponta ainda, que a implementação efetiva de CBMs requer uma mudança significativa em fatores institucionais, organizacionais e individuais .
Interação com Stakeholders	Fobbe e Hilletoft (2021)	O sucesso dos modelos de negócios sustentáveis depende fortemente da criação de parcerias sólidas e do engajamento contínuo com os <i>stakeholders</i> , o que inclui clientes, fornecedores, comunidades locais e governos.
	Del Giudice <i>et al.</i> , (2022)	A digitalização é identificada como uma ferramenta para facilitar a cooperação entre empresas e stakeholders , garantindo que as necessidades e expectativas de todas as partes sejam consideradas nas decisões de negócios.
	Atif (2023) - Mapping	Identifica que o compromisso gerencial com a colaboração com stakeholders é auxiliado a explorar plenamente o potencial da economia circular e da servitização , permitindo que as empresas co-criem e capturem valor de maneira eficaz.
Implementação e Escalabilidade	Hultberg e Pal (2021)	A inovação é um elemento chave, mas a falta de suporte institucional e de políticas públicas robustas é um dos principais impedimentos para a escalabilidade de modelos circulares . A adaptação ao mercado , incluindo a educação do consumidor e a aceitação do mercado , também é um desafio significativo.
	Kanzari et al. (2022)	A falta de mecanismos financeiros robustos e de incentivos pode dificultar a escalabilidade dos modelos de negócios circulares. Além disso, a percepção de risco elevado associada à transição para a circularidade é uma barreira significativa para a obtenção de financiamento externo.
	Méndez-León et al. (2022)	A criação de valor sustentável enfrenta desafios significativos, como a necessidade de cooperação intersetorial e a harmonização de objetivos divergentes . A escalabilidade é particularmente difícil em contextos onde os incentivos econômicos não estão claramente alinhados com os objetivos de sustentabilidade.
	Kuik et al. (2023)	A escalabilidade dos modelos de negócios circulares é limitada pela falta de padronização e clareza nas políticas regulatórias . A resistência cultural dentro das organizações e a falta de capacitação adequada são barreiras críticas para a adoção em larga escala.
	Miranda et al. (2023)	A escalabilidade dos modelos de negócios sustentáveis no setor agroalimentar é dificultada pela falta de tecnologias acessíveis e adaptadas à realidade local , além de desafios relacionados à gestão de recursos e à resistência das comunidades rurais à mudança .
Inovação na transição para Sustentabilidade	Abideen et al. (2021)	A diversidade de abordagens tecnológicas , incluindo o uso de IoT e big data , é vista como essencial para apoiar a circularidade e a sustentabilidade , permitindo que as empresas adaptem seus modelos de negócios para enfrentar desafios ambientais.
	Pangarso et al. (2022)	A diversidade de modelos de negócios e a capacidade de inovar dentro das MSMEs são identificadas como fatores chave para a implementação de práticas sustentáveis , promovendo a resiliência econômica e a sustentabilidade ambiental em contextos locais .
	Donner e De Vries (2023)	A inovação nos modelos de negócios alimentares é crítica para alcançar a sustentabilidade , especialmente através da adoção de práticas diversificadas que incluem produção local, agricultura regenerativa e redução de desperdício .
	De Bruyne e Verleye (2023)	A diversidade de abordagens e a capacidade de inovar são fundamentais para que as empresas possam capitalizar sobre o potencial econômico da circularidade , assegurando simultaneamente a sustentabilidade a longo prazo.
Bioeconomia Circular	Salvador et al. (2021b)	Enfatiza a relevância de adaptar os modelos de negócios às especificidades locais , incluindo a disponibilidade de bio-recursos e infraestrutura tecnológica . A inovação nos modelos de negócios é vista como fundamental para maximizar o valor dos bio-recursos, promover a sustentabilidade e garantir a competitividade no mercado .
	Salvador et al. (2023)	A integração de tecnologias avançadas e práticas de sustentabilidade nos modelos de negócios é essencial para o sucesso de uma bioeconomia circular . A colaboração entre diferentes setores e partes interessadas (<i>stakeholders</i>) é destacada para superar desafios e aproveitar as oportunidades da bioeconomia .

Fonte: os pesquisadores.

Síntese das Convergências e Divergências entre as Tratativas

Aspecto	Convergências	Divergências	Referências - Modelos de Negócio
Sustentabilidade	Todas as seções promovem a sustentabilidade e buscam práticas que reduzam o impacto ambiental e gerem valor para a sociedade e o meio ambiente.	- Modelos de Negócio: Sustentabilidade é uma dimensão adicional e opcional, com foco primário em valor econômico.	Chesbrough, 2010; Magretta, 2002; Teece, 2010; Osterwalder, 2004; Osterwalder e Pigneur, 2010; Massa, Tucci e Afuah, 2017
		- Economia Circular: Sustentabilidade é um objetivo central, promovendo ciclos de reutilização e conservação de recursos.	Geissdoerfer et al., 2017; Kirchherr, Reike e Hekkert, 2017; Korhonen, Honkasalo e Seppälä, 2018; Giampietro, 2019; Jacobsen, 2006
		- Bioeconomia: Sustentabilidade por meio de biomassa e biotecnologia como alternativas a recursos fósseis. <i>Bioeconomy</i>	Georgescu-Roegen, 1977; Bugge, Hansen e Klitkou, 2016; Vivien et al., 2019; Befort, 2020; Conteratto et al., 2021
		<i>Bioeconomics</i>	
Inovação e Adaptação	As três abordagens enfatizam a inovação como meio de adaptação às mudanças de mercado e demandas sustentáveis.	- Modelos de Negócio: Inovação centrada na criação e captura de valor para a empresa.	Osterwalder e Pigneur, 2010; Frank et al., 2019; Ghezzi e Cavallo, 2020
		- Economia Circular: Inovação voltada para a redução do desperdício e regeneração de recursos.	Kirchherr, Reike e Hekkert, 2017; Geissdoerfer et al., 2017; Tukker, 2015
		- Bioeconomia: Inovação focada na biotecnologia e uso intensivo de biomassa.	Allain et al., 2022; Conteratto et al., 2021, 2022
Interdisciplinaridade	Todas demandam conhecimento interdisciplinar, integrando áreas como economia, biologia, engenharia e políticas públicas.	- Modelos de Negócio: Aplicável em múltiplas áreas e setores, não limitado a práticas ecológicas ou renováveis.	Zott, Amit e Massa, 2011; Chesbrough, 2010
		- Economia Circular e Bioeconomia: Necessitam mais envolvimento de áreas ambientais para promover conservação de recursos.	Ghisellini, Cialani e Ulgiati, 2016; Scheepens, Vogtländer e Brezet, 2016
			Giampietro, 2019; Allain et al., 2022
Escopo de Aplicação	Promovem transformação em práticas organizacionais e industriais.	- Modelos de Negócio: Aplicáveis a diversos setores, sem foco específico em sustentabilidade.	Osterwalder e Pigneur, 2010; Morris, Schindehutte e Allen, 2005
		- Economia Circular: Aplicação direcionada a indústrias e gestão de recursos.	Geissdoerfer et al., 2017; Geng e Doberstein, 2008; Mathews & Tan, 2011
		- Bioeconomia: Mais aplicável a setores agrícolas e energéticos, priorizando biomassa e biotecnologia.	Georgescu-Roegen, 1975; Befort, 2020
Base Conceitual	Visam inovação e adaptação organizacional e econômica.	- Modelos de Negócio: Estruturação de valor com foco mercadológico.	Teece, 2010; Osterwalder e Pigneur, 2010; Massa, Tucci e Afuah, 2017
		- Economia Circular: Baseia-se no ciclo de vida dos produtos e na regeneração de recursos.	Geissdoerfer et al., 2017; Elkington, 1998

		- Bioeconomia: Valoriza o uso eficiente de biomassa, respeitando limites naturais, com ênfase na substituição de recursos fósseis.	Georgescu-Roegen, 1977; Bugge, Hansen e Klitkou, 2016; Vivien et al., 2019; Conteratto et al., 2021
Limitações Ecológicas	Todas reconhecem a importância de considerar os limites de recursos naturais.	- Modelos de Negócio: Limitações ecológicas são menos centrais, focando mais em estratégia de valor.	Casadesus-Masanell e Ricart, 2010
		- Economia Circular e Bioeconomia: Limitações ecológicas são fundamentais, guiando práticas de conservação e reutilização para assegurar sustentabilidade de longo prazo.	Korhonen, Honkasalo e Seppälä, 2018; Sauvé, Bernard & Sloan, 2016
			Allain et al., 2022; Conteratto et al., 2021
Orientação para Crescimento	Buscam práticas inovadoras que permitam crescimento econômico sustentável.	- Modelos de Negócio: Foco em valor e competitividade, com crescimento sustentável como uma possibilidade.	Massa, Tucci e Afuah, 2017; Wirtz et al., 2016
		- Economia Circular: Questiona o crescimento linear, enfatizando uma economia regenerativa e circular.	Kirchherr, Reike e Hekkert, 2017; Murray, Skene & Haynes, 2017; Reike, Vermeulen & Witjes, 2018
		- Bioeconomia: Crescimento sustentável pela substituição de fósseis por biomassa.	Befort, 2020; Conteratto et al., 2021
Ferramentas e Estruturas	Promovem a criação de <i>frameworks</i> e ferramentas para aplicar e adaptar as práticas organizacionais.	- Modelos de Negócio: Ferramentas de estruturação interna e estratégia, como o Business Model Canvas.	Osterwalder, 2004; Osterwalder e Pigneur, 2010
		- Economia Circular: Ferramentas de avaliação de impacto e ciclo de vida, como LCA.	Ghisellini, Cialani e Ulgiati, 2016; Scheepens, Vogtländer & Brezet, 2016; Lewandowski, 2016
		- Bioeconomia: Foca em biorrefinarias e biotecnologias para viabilizar o uso sustentável de biomassa.	Kardung et al., 2021; Conteratto et al., 2022; Salvador et al., 2021, 2023

Fonte: Elaborado pela pesquisadora (2024).