

ARTIGOS

SIMBIOSE INDUSTRIAL E REDES DE INOVAÇÃO:
UMA ANÁLISE SISTEMÁTICA DA LITERATURAINDUSTRIAL SYMBIOSIS AND INNOVATION
NETWORKS: A SYSTEMATIC LITERATURE
REVIEW

Gabriele da Cunha Lopes
gabrielelopes@ufpr.br

Doutoranda no Programa
de Pós-Graduação em
Administração da Universidade
Federal do Paraná (PPGADM/
UFPR). Curitiba, Paraná,
Brasil.

Juliana Moreira dos Santos
julianamoreirasantos@gmail.com

Doutoranda em Administração
no Programa de Pós-
Graduação em Administração
da Universidade Federal do
Paraná, Curitiba, Paraná,
Brasil.

Gabriel Gusso Mazzo
gabrielmazzo@ufpr.br

Doutorando em Administração
no Programa de Pós-
Graduação em Administração
da Universidade Federal do
Paraná, Curitiba, Paraná,
Brasil.

Edipo Vinicius Costa Pinto
edipo.vcpinto@gmail.com

Mestrando em Administração
na Universidade Federal do
Paraná, Curitiba, Paraná,
Brasil.

Fernanda Salvador Alves
fsa@ufpr.br

Professora associada na
Escola de Administração da
Universidade Federal do
Paraná e do Programa de Pós-
Graduação em Administração,
Curitiba, Paraná, Brasil.

RESUMO

Objetivo: investigar o que tem sido pesquisado sobre a interação entre Redes de Inovação e a Simbiose Industrial.

Método: estudo bibliométrico associado ao fluxo de trabalho "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews". Dados coletados na *Web of Science e Scopus*. Análise de dados por meio do VoSViewer, revelando cinco clusters temáticos: "uso de recursos", "cooperação estratégica", "inovação nos modelos de negócio", "potencial das redes" e "redes de inovação".

Resultados e conclusão: os resultados enfatizam a relevância da sustentabilidade, a cooperação e a inovação na Simbiose Industrial. Necessidade de futuras pesquisas sobre redes de simbiose verde, comportamentos de *stakeholders* e cooperação em rede.

Implicações da pesquisa: o estudo oferece insights sobre a implementação de práticas de SI e REI, destacando seus benefícios econômicos e ambientais. Contribui para o conhecimento sobre a interseção entre SI e REI, sugerindo novas áreas de estudo e conscientização sobre a cooperação interindustrial e a inovação para a sustentabilidade.

Palavras-chave: ecologia industrial; redes de inovação; simbiose industrial.

ABSTRACT

Objective: to investigate the current research on the interaction between Innovation Networks and Industrial Symbiosis.

Method: a bibliometric study combined with the "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews" workflow. Data were collected from the Web of Science and Scopus. Data analysis was conducted using VoSViewer, revealing five thematic clusters: "resource use," "strategic cooperation," "innovation in business models," "network potential," and "innovation networks."

Results and Conclusion: the study identifies the need for future research on green symbiosis networks, stakeholder behaviors, and network cooperation. The results emphasize the importance of sustainability, collaboration, and innovation in Industrial Symbiosis.

Research Implications: the study provides insights into implementing IS and IN practices, highlighting their economic and environmental benefits. It contributes to understanding the intersection between IS and IN, suggesting new areas for study, and raising awareness of inter-industrial cooperation and innovation for sustainability.

Keywords: industrial ecology; innovation networks; industrial symbiosis.

1 INTRODUÇÃO

Os estudos relacionados às questões ambientais têm sido, cada vez mais, relevantes, principalmente pelos crescimentos econômico e populacional que exigem, ainda mais, do capital natural do planeta (Chertow; Lombardi, 2005; Graham *et al.*, 2017; Haller *et al.*, 2022). Os recursos naturais, como água, são finitos e estão sendo utilizados para atender à demanda da população que está em constante crescimento (Haller *et al.*, 2022).

As indústrias possuem, diariamente, um conjunto de processos que transformam os recursos naturais em ativos. As atividades industriais, quando não coordenadas, desencadeiam uma série de malefícios: mudanças climáticas, aquecimento global, glaciação das geleiras, fortes chuvas, secas e outros fatores ocasionados pelas condições antrópicas (Taddeo *et al.*, 2017). No entanto, os atores globais começam a repensar sobre o atual modelo utilizado, analisando esses pressupostos e qual o papel da indústria e seus fornecedores. Percebe-se que é necessário buscar alternativas para minimizar os efeitos em relação ao meio ambiente e conciliar com o bem-estar da humanidade (Ek; Valter; Lindgren, 2022).

Pensando nessas proposições, este estudo faz uma análise sistemática sobre Simbiose Industrial (SI) e Redes de Inovação (REI), a fim de investigar o que há de estudo sobre a temática para auxiliar na minimização dos efeitos antrópicos. Desta forma, observam-se mecanismos que podem auxiliar na diminuição dos impactos no meio ambiente, visto que, por meio da SI e da Ecologia Industrial (EI), há um imbricamento relacionado aos sistemas ecológicos como forma de reduzir os efeitos dos processos industriais no meio ambiente.

A SI surge como uma abordagem estratégica para construir uma ponte de equilíbrio entre o crescimento econômico e a sustentabilidade ambiental, a fim de oferecer oportunidades de negócio e inovação enquanto busca mitigar os impactos negativos da atividade industrial perante a sociedade e o meio ambiente (Haraguchi; Martorano; Sanfilippo, 2019).

O desenvolvimento da pesquisa relacionado à SI está presente neste estudo, paralelamente com a disciplina emergente da EI com o intuito de apresentar novas abordagens em relação às preocupações ambientais local e regional (Mirata; Emtairah, 2005). Com isso, observa-se uma atenção para os programas voltados para a SI, a fim de desenvolver as redes SI e para florescer os princípios da EI.

Para Mirata e Emtairah (2005), a SI é vista como um ecossistema industrial, o qual é baseado na cooperação entre empresas e organizações em um determinado espaço geográfico específico. Sendo assim, consideram o local e a proximidade entre as atividades industriais como resposta às questões ambientais, além de cooperar de forma interorganizacional.

Conforme Chertow (2000) e Lombardi e Laybourn (2012), SI surge como colaborações sinérgicas (mutuamente benéficas) entre uma diversidade de indústrias, muitas vezes em proximidade geográfica. A SI deve auxiliar a indústria na minimização das atividades geradas e dos impactos ambientais, para o direcionamento a ser uma sociedade sustentável.

Neste estudo, estão sendo abordados pressupostos teóricos da SI e da EI, visto que enumeram alguns aspectos relevantes, como benefícios, desafios e aplicações práticas. Outro ponto inerente são os estudos apresentados e os casos práticos por meio da revisão sistemática, como forma de contribuir com as discussões futuras relacionadas aos conceitos da SI.

Adiante, observa-se que é possível desenvolver novos modelos e avanços na agenda ambiental, econômica e social. Percebe-se que os pontos da SI e da REI promovem uma concatenação entre as organizações para a cooperação e/ou a troca de recursos, com o intuito de maximizar a eficiência dos processos produtivos e diminuir o impacto ambiental.

A referida pesquisa investiga a interação entre REI e SI, visto que é uma área em expansão, pois exploram como essas interações podem minimizar as ações humanas no meio ambiente. A pesquisa busca identificar os mecanismos que auxiliam na redução dos impactos ambientais causados pelas atividades industriais, promovendo a sustentabilidade por meio da cooperação e da inovação. A análise sistemática da literatura visa fornecer uma visão holística acerca do tema, ressaltando a importância da sustentabilidade, cooperação interorganizacional e inovação para o desenvolvimento de práticas mais sustentáveis e eficientes.

A bibliometria emerge, neste estudo, como uma ferramenta de análise e mapeamento das interações nesta área. Assim, permite organizar as pesquisas, identificar as tendências e temas, além de entender as áreas de pesquisa que necessitam de mais investigação. Logo, ferramentas como o *VoSViewer* demonstram como estudos, autores e instituições se conectam, destacando parcerias e impactos. A análise bibliométrica descobre grupos temáticos, por exemplo “uso de recursos” e “cooperação estratégica”. Desta forma, tais grupos são utilizados para a compreensão da complexidade entre a interação SI e REI. Além disso, fornece *insights* para pesquisas futuras ao identificar lacunas e áreas emergentes, bem

como sugerir novos assuntos e métodos para enriquecer o conhecimento acerca da relação entre SI e REI.

Em relação ao campo de prática administrativa, nota-se que as indústrias estão buscando fontes alternativas em seus processos produtivos a fim de melhorar as atividades do cotidiano organizacional. Outro ponto, estão desenvolvendo novos mecanismos, como a SI, para promover redes de cooperação entre as indústrias a fim de mitigar os efeitos ambientais, além de (re) pensar em novas formas de processos organizacionais.

Social e ambientalmente, este artigo contribui para os fatores de inovação ambiental, mediante processos industriais que apresentam alternativas em relação ao consumo dos recursos naturais, além de minimizar a utilização de materiais que causem aquecimento global.

O referido estudo está estruturado com as seguintes seções: a introdução, seguida do referencial teórico e da metodologia, apresentação e discussão dos dados e, por fim, a conclusão e as referências bibliográficas.

2 SIMBIOSE INDUSTRIAL E REDES DE INOVAÇÃO

A Ecologia Industrial (EI) é uma abordagem utilizada para estudar sistemas industriais que estabelecem paralelos com o campo da biologia. Essa visão é fundamentada na ideia de que um sistema industrial deve considerar os sistemas ao seu redor, em vez de ser estudado de forma isolada. O conceito busca otimizar os ciclos de materiais e energia, com o objetivo de fazer melhor uso dos recursos, energia e capital (Ehrenfeld; Gertler, 1997; Graedel; Allenby, 2010). A Simbiose Industrial (SI) é um subconjunto da abordagem da EI. Ela se concentra em relacionamentos mutuamente benéficos entre indústrias diferentes e pode ser vista como uma ferramenta para a troca de materiais entre seus colaboradores (Haq; Välisuo; Niemi, 2021). Os principais benefícios da SI são as vantagens competitivas derivadas do compartilhamento de materiais, energia,

água e/ou subprodutos (Scafà; Marconi; Germani, 2018).

A SI permite uma maneira inovadora de melhorar a eficiência dos recursos e realizar a economia circular, minimizando a entrada de insumos, a geração de resíduos, as emissões e vazamentos de energia, o que essencialmente leva ao fechamento de ciclos de materiais e energia (Geissdoerfer *et al.*, 2017; Schlüter *et al.*, 2020).

Os resultados esperados de uma implementação bem-sucedida da SI são o melhor uso dos recursos, o que leva a uma redução dos impactos ambientais, além de benefícios econômicos para seus participantes. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) reconhece a SI como uma ferramenta para promover o crescimento verde e aecoinovação (Chopra; Khanna, 2014).

Haraguchi *et al.* (2019) destacam a importância do crescimento econômico para nossa sociedade, mas também apontam para a necessidade de encontrar meios a fim de reduzir seus efeitos negativos. A SI tem sido promovida como uma possível solução para essa equação, com o principal objetivo de promover um nível zero de resíduos (Mantese; Amaral, 2018). De acordo com esse raciocínio, Lombardi e Laybourn (2012, p. 33) sugerem que “a SI é uma oportunidade de negócio e uma ferramenta para aecoinovação”.

A literatura mostra que a colaboração e as oportunidades sinérgicas são fatores-chave para a SI (Chertow, 2000; Mortensen; Kornov, 2019) e, portanto, componentes característicos das REIs estabelecidas (Doz, 1996). O processo de simbiose entre empresas requer utilidades e infraestrutura adequadas, que são importantes para o uso viável e eficiente de recursos compartilhados (Scafà; Marconi; Germani, 2018). Esses requisitos podem barrar a viabilidade econômica, visto que a diferença de custo do subproduto em relação aos recursos virgens deve ser superior aos custos transacionais e de oportunidade associados ao relacionamento simbiótico.

As redes industriais são formas de realizar ecoinovação, pois, ao compartilhar conhecimento e expertise, as indústrias são capazes de desenvolver melhores práticas para o ecossistema sustentável (Haq; Välisuo; Niemi, 2021). As redes de inovação desempenham um papel decisivo ao estimular os processos industriais para que aecoinovação ocorra, incluindo o surgimento da SI (Haq; Välisuo; Niemi, 2021).

Nesse sentido, a Simbiose Industrial reforça a interdependência entre os atores envolvidos (Ehrenfeld; Gertler, 1997), estimulando os ciclos de revisão e aprendizado relacionados à cooperação (Doz, 1996). Dessa forma, a inovação, possibilitada pelas REIs, pode beneficiar a formação de estruturas simbióticas ao promover o desenvolvimento de novas tecnologias e processos, que, por sua vez, contribuem para as relações entre empresas dentro do contexto de simbiose industrial (Taddeo *et al.*, 2017).

Brioschi, Brioschi e Cainelli (2002) e Nieto e Santamaría (2007) demonstram que a cooperação em rede, ou mesmo com atores externos à empresa, é capaz de impactar, positivamente, a performance das empresas. Em um estudo longitudinal com empresas manufatureiras na Espanha, Nieto e Santamaría (2007) concluíram que as redes de colaboração que contam com parceiros de diferentes tipos promovem inovações com maior grau de novidade.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste estudo, utilizam-se os métodos bibliométrico e de Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para esclarecer o que está sendo examinado na perspectiva de Simbiose Industrial (SI) e Redes de Inovação (REI). Delimita-se um portfólio de artigos para explorar a temática supracitada. O portfólio de artigos selecionados visa fornecer uma descrição quantitativa, contendo informações de autores, documentos, redes de

relacionamentos e palavras-chave que mais se destacam na literatura de SI e REI. Isso viabiliza a análise bibliométrica, a síntese do conhecimento e uma agenda para pesquisas futuras sobre o tema (Ensslin *et al.*, 2015; Torraco, 2016; Mariano; Santos, 2017).

Para a RSL, seguiram-se quatro etapas sugeridas por Linnenluecke, Marrone e Singh (2020): (1) identificação e coleta de dados da literatura para inclusão; (2) limpeza dos dados; (3) análise e síntese e (4) apresentação dos resultados. Após isso, a amostra foi explorada e sistematizada por meio das suas dimensões teóricas gerais. As análises foram realizadas seguindo as diretrizes de RSL propostas por Torraco (2016), como exposto na tabela 1:

Tabela 1- Diretrizes para a revisão da literatura

Diretriz adotada	Resultado esperado	Categorias e elemento de análise	
Análise da literatura	Relação conceitual entre o tema simbiose industrial e a rede de inovação	O uso dos recursos na Simbiose Industrial, ii) a cooperação como estratégia para a Simbiose Industrial, iii) a inovação nos modelos de negócios para a indústria simbiótica, iv) o potencial das redes para Simbiose Industrial e v) as Redes de Inovação na Simbiose Industrial .	Contexto, exploração de recursos, agregação de valor, inovação sustentável, relação simbiótica, cooperação, estratégia sustentável, modelos de negócios, redes de inovação e parcerias simbióticas.
Síntese do conhecimento sobre o tema	Esclarecimento de como os diferentes conceitos se relacionam entre si.		
Raciocínio lógico e conceitual	Discussão e análise dos quadros teóricos que compreendem simbiose industrial e rede de inovação.		
Agenda para pesquisa futuras	Sugestão de novas pesquisas a partir dos estudos consultados.		

Fonte: elaborado pelos autores com base em Torraco (2016).

As diretrizes exemplificadas na tabela 1 suportam a RSL que foi complementada com análise bibliométrica. A análise bibliométrica considerou os filtros que contemplam as leis/princípios bibliométricos apresentados por Mariano e Santos (2017). Isso permitiu que a literatura sobre SI e REI fosse explorada, observando a distribuição quantitativa, métricas dos periódicos indexados, autores, anos, quantidade de publicação, afiliações, contextos investigados, estado da arte, tendências e direcionamentos futuros para pesquisas.

A análise bibliométrica seguiu três etapas: (1) fase exploratória, na qual foi possível identificar e filtrar os estudos que formam a estrutura conceitual do tema e

constituem a amostra que, em sua análise, resulta em subgrupos fragmentados em *clusters* e redes de pesquisa; (2) as bases de dados foram utilizadas mediante sua funcionalidade atrelada ao *VOSviewer* e (3) a etapa de análise dos relacionamentos por meio desse *software*, que permitiu reduzir os estudos em eixos temáticos, nos quais foram considerados os elementos de análises de cada *cluster* para triangular as informações e apresentar resultados contributivos sobre SI e REI.

Destaca-se que o *VOSviewer* cria mapas e estruturas de rede por meio de termos extraídos dos arquivos oriundos da *Web of Science* e *Scopus* (Van Eck; Waltman, 2011). Neste estudo, a versão utilizada do *software* foi a 1.6.19, que permitiu gerar as análises de

relacionamentos (coccitação, coocorrência e coautoria) do portfólio. Para isso, os arquivos da WoS e da Scopus foram convertidos para o formato RIS, em virtude da limitação do software em fazer análises simultâneas com bases de dados distintas. Foi gerado o mapa de rede com os termos mais recorrentes nos títulos e resumos dos artigos selecionados. Passou-se para a escolha da criação da rede por meio de dados de texto, a fonte de dados dos arquivos foi no formato RIS, considerando os termos extraídos dos títulos e resumos dos artigos do portfólio.

A partir dos elementos de análises distribuídos em clusters que foram gerados pelo *software*, foi possível codificar cinco eixos temáticos que comportaram a análise sistemática deste estudo, sendo estes:

- a) o uso dos recursos na SI;
- b) a cooperação como estratégia para a SI;
- c) a inovação nos modelos de negócios para a indústria simbiótica;
- d) o potencial das redes para SI e;
- e) as redes de inovação na SI.

Esses eixos foram definidos a posteriori (de forma dedutiva). A categorização dedutiva baseou-se em Post *et al.* (2020), que estabelecem que uma revisão de literatura pode ter um design voltado à compreensão do conceito e operacionalização dos constructos chaves, de ambientes de estudo, bem como de características das amostras e outros aspectos que definem as fronteiras do fenômeno em estudo.

Para aumentar a credibilidade da pesquisa, aplicou-se o fluxo de trabalho *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews* (PRISMA) enquanto revisão da literatura (Page *et al.*, 2021). Nesse sentido, optou-se em seguir os mesmos passos de estudos anteriores (Linnenluecke; Marrone; Singh, 2020; Neves *et al.*, 2020; Schlüter *et al.*, 2020; Colpo *et al.*, 2022) para:

- a) identificação dos critérios de elegibilidade;
- b) definição de fontes de informação e as estratégias de busca e;

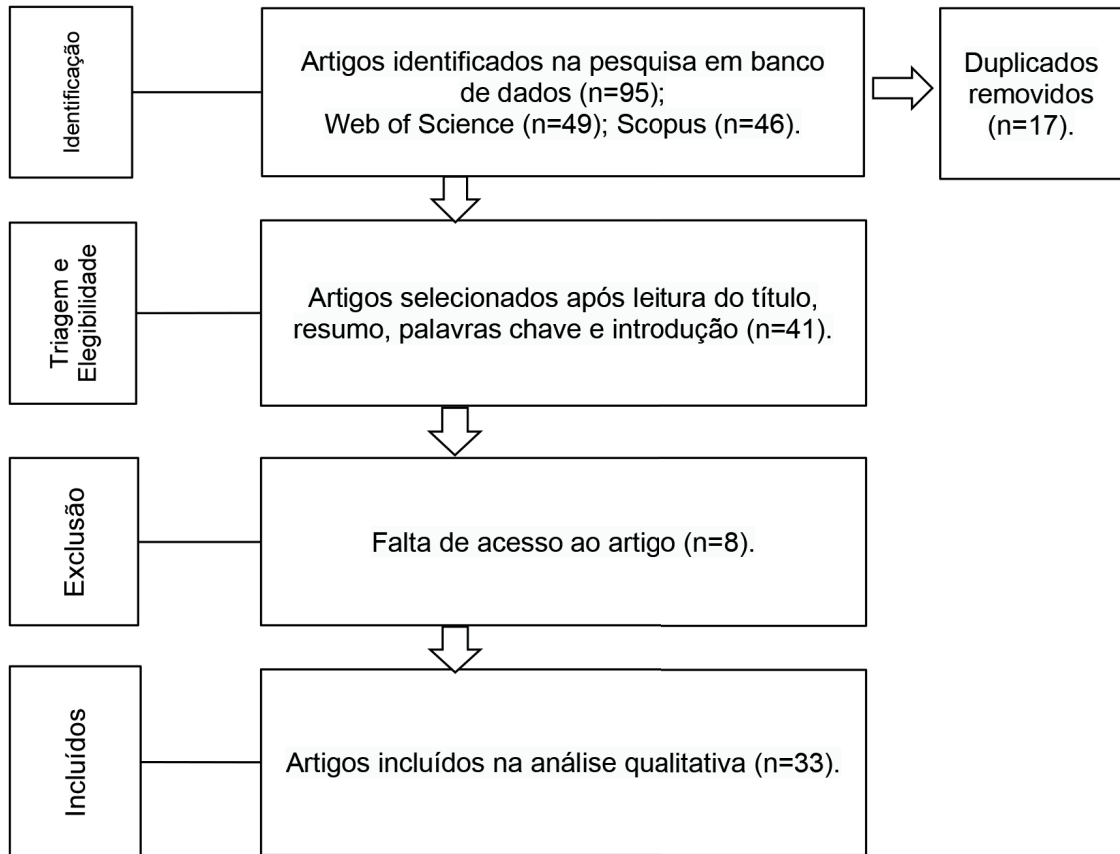
- c) estudar processos de seleção, resultados e síntese de dados.

Na primeira etapa, que envolve a identificação e a coleta de dados da literatura para inclusão, foram utilizados dados coletados nas bases Web of Science (WoS) e Scopus, com data de coleta em 22 de maio de 2023. Essas bases, segundo Gouvêa *et al.* (2022), são as maiores e mais utilizadas pela comunidade acadêmica, em virtude de terem reconhecimento global sobre a qualidade e relevância dos artigos científicos indexados.

A chave combinatória utilizada para a busca em tais bases foi: (“*industrial symbiosis*” and “*network**” and “*innovation*”), com os seguintes critérios de filtragem: (1) por tópico, (2) todos os tipos de documentos e (3) artigo, artigo de conferência e revisão. A busca inicial na WoS apresentou 49 artigos e na Scopus 46, totalizando 95 artigos.

Na limpeza de dados, foram removidos artigos iguais, reduzindo para 78 o número de artigos. As informações referentes aos artigos foram exportadas para uma nova planilha do *Software Microsoft Excel* para, então, ser realizado o filtro final. Foram lidos, individualmente, os títulos, resumos e algumas vezes a introdução dos artigos que apresentavam incerteza na sua aderência com o objetivo da pesquisa. Esse filtro resultou no portfólio final de 41 artigos que passaram por análise bibliométrica. No entanto, na etapa de revisão sistemática, oito artigos não estavam disponíveis, resultando em 33 artigos incluídos na pesquisa para a análise sistemática. A figura 1 apresenta o fluxo do PRISMA destas primeiras etapas.

Figura 1 - Fluxo de Pesquisa PRISMA



Fonte: dados da pesquisa.

Na etapa que compreende a análise e síntese, foi gerado um mapa de rede da co-ocorrência de termos contidos nos resumos dos 33 artigos, para sustentar as categorias de análises. Assim, consideraram-se os elementos de análise dentro dos cinco *clusters* apresentados pelo *software* e construímos os eixos temáticos para discutir a revisão da literatura. Destacamos que o *software* disponibiliza os elementos de análise contidos em cada *cluster* e isso permitiu categorizar cada estudo em sua dimensão correspondente, para então ser analisado.

Na quarta etapa, referente à apresentação dos resultados, foram extraídas as informações sobre título, autores, objetivo/problema, métodos, afiliações dos autores, contexto analisado, justificativa, principais resultados, conclusões e sugestões para pesquisas futuras de cada documento. Após isso, a amostra foi explorada e sistematizada a partir das suas dimensões teóricas gerais.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS DADOS

A amostra final foi composta por 33 documentos, dos quais todos possuem natureza qualitativa, como ilustrado na tabela 2.

Tabela 2 - Perfil da amostra

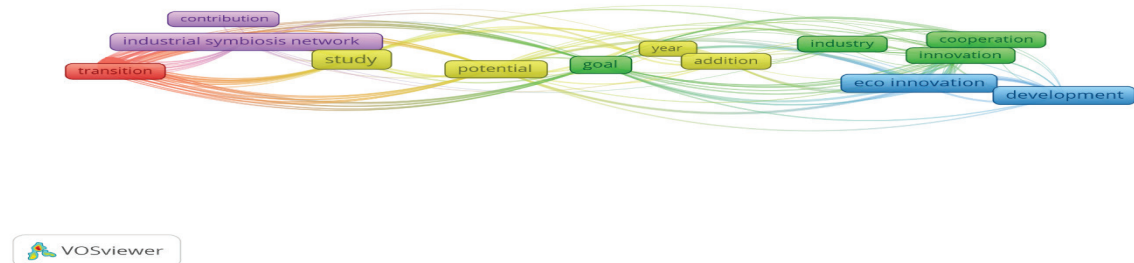
	Autores	Ano	Tipo de Pesquisa	Contexto	Eixo
01	Mirata e Emtairah	2005	Estudo de caso	Suécia	Eixo 04
02	Mirata e Emtairah	2005	Estudo de Caso	Suécia	Eixo 03 e Eixo 04
03	Park <i>et al.</i>	2008	Relato técnico	Coréia	Eixo 03
04	Mangan e Olivetti	2010	Estudo de Caso	Estados Unidos	Eixo 04
05	Lombardi e Laybourn	2012	Ensaio teórico	N/A	Eixo 01
06	Dong <i>et al.</i>	2014	Estudo de Caso	China	Eixo 01
07	Simboli, Taddeo e Morgante	2014	Estudo de caso	Itália (Região de Abruzzo)	Eixo 05
08	Velenturf	2016	Estudo de casos	Reino Unido	Eixo 01
09	Velenturf e Jensen	2016	Revisão da literatura	N/A	Eixo 01
10	Velenturf	2017	Estudo de casos	Reino Unido	Eixo 02
11	Yap e Devlin	2017	Análise Multinível	Ásia Oriental	Eixo 03 Eixo 04
12	Aid <i>et al.</i>	2017	Estudo de Caso	Suécia	Eixo 02 e Eixo 04
13	Taddeo <i>et al.</i>	2017	Revisão de Literatura	Itália	Eixo 03 e Eixo 04
14	Tseng e Bui	2017	Estudo de Caso	Vietnã	Eixo 03
15	Gabriel, Schoeggel e Posch	2017	Estudo de Caso	Áustria	Eixo 01 e Eixo 02
16	Pigosso, Schmiegelow e Andersen	2018	Pesquisa Ação	Dinamarca	Eixo 01 e Eixo 04
17	Scafa, Marconi e Germani	2018	Revisão da Literatura	N/A	Eixo 03
18	Martin e Harris	2018	Estudo de caso	Suécia (Sotenäs)	Eixo 04
19	Neves e Magrini	2018	Estudo de caso	Brasil	Eixo 02
20	Morales e Diemer	2019	Estudo de caso	França (Dunkirk)	Eixo 02
21	Morales <i>et al.</i>	2019	Estudo de caso	México	Eixo 05
22	Butturi e Gamberini	2020	Artigo tecnológico	Itália	Eixo 04
23	Schluter, Mortensen e Kornov	2020	Estudo de caso	Dinamarca (Aalborg)	Eixo 05
24	Patala, Salmi e Bocken	2020	Estudo de caso	Finlândia	Eixo 05
25	Oliveira <i>et al.</i>	2021	Quali-Quantitativo	Brasil	Eixo 01
26	Haq, Valisuo e Niemi	2021	Estudo de caso	Finlândia (Sodankylä)	Eixo 01
27	Rweyendela, e Mwegoha	2021	Estudo de caso	África	Eixo 01
28	Ek, Valter e Lindgren	2022	Revisão bibliográfica	N/A	Eixo 01
29	Castiglione e Fiore	2022	Design sistêmico/ Estudo de caso	Itália	Eixo 04
30	Agudo <i>et al.</i>	2022	Revisão Bibliográfica	Brasil	Eixo 03 e E05
31	Haller <i>et al.</i>	2022	Estudo de Caso	Suécia	Eixo 01 e Eixo 02
32	Dong <i>et al.</i>	2022	Estudo de caso	Brasil	Eixo 02
33	Haller <i>et al.</i>	2022	Estudo de caso	Suécia	Eixo 04

Fonte: dados da pesquisa.

4.1 PANORAMA DOS ESTUDOS SOBRE SI E REI

Com auxílio do software VoSViewer, foi realizada a análise de coocorrência de termos e coautoria entre os autores, usando os dados das duas bases. O método foi de contagem completa, com o limite para que todos os termos ocorridos, no mínimo 02 vezes, fossem considerados. Dos 281 termos encontrados, apenas 94 atendiam aos limites impostos. Foi calculada a pontuação de relevância desses termos e, conforme a escolha padrão sugerida, foram considerados os 60% dos mais relevantes, ou seja, 56 termos, porém apenas 53 estão conectados entre si e ilustram a estrutura de rede da figura 2.

Figura 2 - CoCoocorrência de termos em títulos e resumos



Fonte: dados da pesquisa.

A figura 2 ilustra cinco clusters que foram analisados conforme sua frequência (o nó), conexão (cores das linhas que indicam a relação simultânea entre os termos) e o padrão apresentado (clusters gerados com os nós da mesma cor). Isso permite inferir que termos do mesmo cluster podem estar disponíveis em documentos com relações entre si.

O cluster I, na cor vermelha, teve a maior quantidade de termos, no total de 22 itens, que fazem referência à forma e ao contexto nos quais os recursos são explorados e à relação simbiótica de valor que é adquirido por eles a partir da inovação. Já o cluster II, ilustrado na cor verde, apresentou 14 itens que remetem à cooperação como uma estratégia sustentável para a simbiose industrial. O cluster III, marcado pela cor azul, foi constituído por 08 itens relacionados a modelos de negócios de simbiose industrial que se desenvolvem por meio de inovação verde. Enquanto os clusters IV, na cor amarela, e V, na cor roxa, foram os que apresentaram menores ocorrências de termos, sendo 6 e 3 itens respectivamente, que trataram do potencial das redes de inovação sustentável para o desenvolvimento da simbiose industrial.

Mediante os dados expostos, foram definidos eixos temáticos que resultaram dos clusters observados na rede estruturada. Feito isso, todos os artigos 33 foram lidos na íntegra e cada documento foi alocado nos eixos temáticos que contém os mesmos elementos de análise. Essa análise permitiu compreender como se desenvolveu a estrutura conceitual do tema simbiose industrial e rede de inovação, levando em consideração a forma como os pesquisadores da área exploraram o tema. Os elementos de análise que constituem cada cluster, juntamente com a saída do VOSviewer ilustrada na figura 1, permitiram apontar que as pesquisas sobre SI e REI podem ser contempladas nos cinco eixos temáticos discutidos a seguir.

4.1.1 Eixo temático 01 - O uso dos recursos na SI

O uso dos recursos tem sido estudado nos artigos analisados. As redes simbióticas adotadas por duas ou mais empresas melhoram a ecoeficiência local e a utilização dos recursos é primordial para a transição verde de indústrias e cidades (Dong *et al.*, 2022). Tal

fato é justificado pela prevenção da geração de resíduos e possíveis alternativas podem surgir ao utilizar-se da simbiose industrial (Dong *et al.*, 2022). Os arranjos proporcionam otimização do uso dos recursos e, portanto, minimizam os impactos ambientais negativos inerentes às emissões (Rweyendel; Mwegoha, 2021). A ideia da SI é facilitar a troca de subprodutos entre as empresas a fim de alcançar benefícios coletivos. Essa interação pode levar à redução de custos, receitas adicionais e melhor sustentabilidade ambiental (Gabriel *et al.*, 2017). Os subprodutos são resultados da produção que podem ser reciclados ou reutilizados. A lignina, um subproduto da indústria de celulose e papel, por exemplo, pode ser vendida para ser utilizada como matéria-prima para produção em outras indústrias, ao invés de ser utilizada como combustível, que é a prática normal (Gabriel *et al.*, 2017).

A SI tende a ser mais prevalente do que a simbiose energética, pois a energia é menos estável e mais difícil de transportar (Dong *et al.*, 2014). Ao analisar os efeitos do uso e compartilhamento de recursos em contextos de SI, é comum verificar o fluxo de materiais e a redução de emissão de CO₂, como forma de avaliar os benefícios obtidos com a colaboração (Dong *et al.*, 2014). Além dessas abordagens, também é possível combinar abordagens ecológicas e técnicas, incluindo a identificação de conexões de rede, avaliação do ciclo de vida, avaliação econômica e avaliação de desempenho ambiental (Gabriel *et al.*, 2017). Em Haq, Välisuo e Niemi (2021), por exemplo, os autores avaliaram a rede de SI em busca de uma possível troca de materiais entre os participantes, quantificando o ciclo de vida dos materiais e propondo estimativas de impacto econômico e ambiental.

Os autores Lombardi e Laybourn (2012) afirmaram que a interpretação dos termos de simbioses industriais, proposta no ano de 2010, necessitava de atualização em virtude de sua compreensão ter evoluído substancialmente na percepção dos pesquisadores, e propõem o conceito de SI que

envolve diversas organizações em uma rede que visa àecoinovação e à mudança cultural em longo prazo. Compreende-se que os estudos analisados nesta pesquisa estão enraizados nessa definição.

Os achados de Park *et al.* (2008) apontaram que a SI adota a estratégia de reutilização de recursos, como uma alternativa para as regiões que almejam o desenvolvimento sustentável. Na oportunidade, os autores citam os casos de SI na Dinamarca, Reino Unido, México, Suécia, Austrália e Singapura, que foram apreciados para apoiar o desenvolvimento do projeto da rede de simbiose industrial em Ulsan.

O estudo de Velenturf (2016) investigou como as empresas da região de Humber, no Reino Unido, implementaram a simbiose industrial, por meio do uso inovador de resíduos de uma empresa que resulta em recursos para outra empresa. A autora considerou estruturas de redes sociais e efeitos de proximidade espacial entre organizações governamentais e não governamentais que promovem atividades comerciais que contribuem para a transição da sociedade em direção a uma economia de baixo carbono.

Explorando um entendimento distinto de Velenturf (2016), Butturi e Gamberini (2020) trazem uma visão ampla para o desenvolvimento urbano sustentável que envolve a criação de sinergias industriais entre empresas e as cidades. Os autores supracitados afirmam que a simbiose urbano-industrial pode ser considerada uma extensão da abordagem tradicional de SI, pois estabelece uma relação simbiótica em que os resíduos urbanos são entregues aos parques industriais, que, por sua vez, destinam às indústrias que os transformam em energia limpa.

Outros estudos mostram que o uso de uma abordagem de ecologia industrial, como a SI, pode alavancar o dinamismo econômico por meio de sinergias materiais com o ambiente produtivo e atividades de pesquisa (Haller *et al.*, 2022). Isso porque o mapeamento dos recursos disponíveis, a categorização de seus usos potenciais para a produção de alimentos ou produtos, e redirecionamento de fluxos materiais por meio da

simbiose industrial têm o potencial de estimular inovação para os modelos de negócio (Haller *et al.*, 2022). Delimitando as discussões sobre o uso de recursos na SI, a seguir, discutem-se os achados sobre o eixo temático dois.

4.1.2 Eixo temático 02 - A cooperação como estratégia para a SI

Os estudos apontam que a cooperação pode ter um elemento estratégico para a simbiose industrial, tais como:

- a) mecanismos para melhorar o aprendizado e a inovação, ii) a diminuição dos custos de transação e;
- b) aumento da sustentabilidade (Morales *et al.*, 2019).

É importante frisar que, quanto maior a “mudança para uma estrutura de simbiose industrial”, maior a “resiliência da rede”, englobando valores políticos, econômicos, culturais e “produtivos” (Morales *et al.*, 2019, p. 9).

O estudo de Velenturf (2017) buscou compreender as relações entre parceiros públicos e privados que adotam a simbiose industrial como inovação de desperdício em recursos. A autora constatou que a colaboração simbiótica surge da formação de parcerias potenciais que foram acessadas por meio de redes de contatos já estabelecidas e concluiu que a SI deve ser incluída nas estratégias governamentais de desenvolvimento, como um componente capaz de promover a transição da sociedade para a economia circular.

Park *et al.* (2008) apontam que a SI tem viabilizado a evolução contínua de complexos industriais convencionais de Ulsan, na Coreia do Sul, para parques eco industriais. Os autores discutem a inovação que emerge das cooperações entre parceiros de um conglomerado industrial, como uma estratégia de desenvolvimento sustentável local com efeitos globais. Os autores supracitados afirmam que a cooperação para transferência simbiótica de resíduos provenientes de indústrias melhorou o desempenho ambiental e econômico, tanto por empresas individuais

quanto do sistema industrial coletivo, na Coreia do Sul. É interessante pontuar que, ainda no ano de 2008, a indústria coreana já estava observando experiências para criar programas de desenvolvimento sustentável, que incluíam usufruir da cooperação entre empresas para melhorar seu desempenho ambiental, social e econômico.

O artigo de Morales *et al.* (2019) destacou a coordenação entre os *stakeholders* como fator crucial para o sucesso da rede, sendo a cooperação uma estratégia fundamental. Assim, o sucesso da SI está intimamente relacionado à busca de governança, que envolve equilibrar estratégias de autonomia/autoridade e cooperação/competição em escalas locais e globais (Morales *et al.*, 2019). Após esses apontamentos acerca da cooperação enquanto estratégia para SI, o próximo tópico aborda o eixo temático três.

4.1.3 Eixo temático 03: Inovação nos modelos de negócios para a indústria simbiótica

Os estudos analisados no portfólio sobre inovação no modelo de negócio para indústria simbiótica apontam que há uma lacuna de pesquisa a ser explorada pelos pesquisadores (Agudo *et al.*, 2022; Tseng; Bui, 2017). Isso porque, do ponto de vista organizacional, a SI envolve diferentes organizações em uma rede e promove a inovação e uma mudança cultural de longo prazo (Chertow, 2000). A inovação no modelo de negócio é crucial para personalizar os sistemas de acordo com a variação regional. Essa adaptação permite a padronização nos ecossistemas industriais e personalização das condições e materiais locais (Agudo *et al.*, 2022). Além disso, Gabriel *et al.* (2017) destacaram que as inovações em SI são, muitas vezes, desencadeadas pela existência de subprodutos específicos. Os autores descrevem diferentes formas pelas quais as inovações em contextos de SI podem surgir, como auto-organização, facilitação-corretagem e planejamento governamental (Gabriel *et al.*, 2017).

Por fim, a ecoinovação destacou-se ao longo desta revisão da literatura enquanto inovação no modelo de negócio (Tseng; Bui, 2017). Horbach (2008) define a ecoinovação como o desenvolvimento de processos operacionais novos ou modificados, técnicas de manuseio, sistemas de fabricação e produtos para reduzir danos ambientais. O conceito inclui tecnologias de energia renovável, sistemas de prevenção de poluição, equipamentos de gerenciamento de resíduos, produtos de design ecológico e o uso de materiais biológicos (Kemp, 2010; Tseng; Bui, 2017). É nesse sentido que a transição de modelos de negócios verdes emergiu ao longo desta pesquisa (Ek; Valter; Lindgren, 2022). A exemplo, Ek, Valter e Lindgren, (2022) apontam a formação de valor comercial por meio da simbiose verde. Os autores destacaram que as redes estratégicas de valor comercial, juntamente com a tecnologia sem fio, podem ser projetadas, reconfiguradas e desenvolvidas para estimular a transformação verde na sociedade. Apresentados os resultados acerca da inovação nos modelos de negócio, a seguir discute-se o eixo temático quatro.

4.1.4 Eixo temático 04 - O potencial das redes para SI

Estudos têm demonstrado que uma rede de simbiose industrial bem projetada é “economicamente viável, tecnologicamente replicável, ambientalmente neutra ou positiva e socialmente adaptável” (Dong *et al.*, 2022, p. 9). Morales *et al.* (2018, p. 34) apontam que a SI pode ser um “ecossistema no qual resultam inter-relações em ações cooperativas ao lado da competição, e em que biofísica e dimensões sociais melhoram as características do ecossistema industrial local”. Os potenciais impactos econômicos, sociais e ambientais são estimados em termos de resíduos desviados de aterro sanitário, emissões de CO₂ capturadas, empregos gerados, processamento de materiais subexplorados (Haller *et al.*, 2022).

O estudo de Mirata e Emtairah (2005) discutiu o potencial das redes de SI na

promoção da inovação ambiental em nível local/regional. Os autores basearam-se nos estudos de proximidade espacial para apontar que a colaboração inteorganizacional, no caso da cidade de Landskrona, resultou em redes de SI que estimulam o desenvolvimento de inovação e, por consequência, possibilitam a proteção ambiental. Em uma direção similar, Castiglione e Fiore (2022) propõem uma abordagem de redes produtivas sustentáveis que são apoiadas pela cooperação entre as partes interessadas, porém esses autores exploram as relações simbióticas industriais, como fases que resultam em formalização para a entrada e saída de empresas em novas redes de produção.

Já Butturi e Gamberini (2020) investigaram a simbiose industrial na perspectiva urbana. As autoras apresentam uma análise dos principais esquemas de simbiose urbano-industrial baseados em fluxos de energia de baixo carbono entre indústrias e cidades e concluíram que o engajamento das partes interessadas e o compartilhamento de conhecimento poderão estimular uma forte cooperação entre as empresas e a comunidade urbana em que estão inseridas.

O estudo realizado por Dong *et al.* (2014) mostrou que a SI pode contribuir para economia de matéria-prima, redução de resíduos e redução de emissões de CO₂. Ao contrário das atualizações de tecnologia única, a SI alcança benefícios ambientais por meio da inovação do sistema, especificamente alterando a rede industrial por meio de ligações de fluxo de materiais, energia e resíduos. O estudo enfatiza a importância dessa inovação sistemática para o desenvolvimento de baixo carbono nas áreas urbanas chinesas, considerando a rápida urbanização e a industrialização na China. Também destaca a necessidade de design inteligente de padrões de SI com base nas realidades locais, particularmente em áreas especializadas como a indústria siderúrgica (Dong *et al.*, 2014).

Outro estudo, realizado por Martin e Harris (2018), na região de Sotenãs, na Suécia, avaliou os potenciais benefícios ambientais do

desenvolvimento de uma rede SI. Os resultados indicam que a rede de SI tem potencial para contribuir, positivamente, com o desempenho ambiental das indústrias e com o status socioeconômico da região. A rede mostra benefícios em termos de redução de transporte, cascata de nutrientes de águas residuais e outras sinergias entre as indústrias participantes. A avaliação socioeconômica demonstra que a rede de SI pode criar empregos, gerar receitas, aprimorar a base de competências locais, fomentar a pesquisa e a inovação e contribuir para a identidade regional.

Em resumo, esses estudos fornecem evidências empíricas dos benefícios ambientais e socioeconômicos da SI. Eles demonstram o potencial de redução de emissões de CO₂, economia de matéria-prima, redução de resíduos, criação de empregos, geração de receita e desenvolvimento regional por meio da implementação de projetos e redes de SI. Eles também enfatizam a importância de considerar as realidades locais e as características específicas das indústrias ao projetar padrões de SI (Martin; Harris, 2018). Apresentados os potenciais das redes para SI, o próximo tópico discute sobre as redes de inovação na SI.

4.1.5 Eixo temático 05 - Redes de inovação na SI

Os estudos analisados apontam que a dinâmica da SI pode contribuir para o desenvolvimento de uma rede colaborativa porque envolve indústrias tradicionalmente separadas em uma abordagem coletiva para obtenção de vantagens competitivas, envolvendo a troca física de materiais, energia, água e/ou por produtos (Chertow; Ehrenfeld, 2012; Chertow, 2000; Agudo *et al.*, 2022). Do ponto de vista organizacional, a SI envolve diferentes organizações em uma rede e promove a inovação e uma mudança cultural em longo prazo (Chertow, 2000; Agudo *et al.*, 2022).

O artigo de Schlüter *et al.* (2020) destacou o papel das ligações simbióticas existentes em influenciar o surgimento e o desenvolvimento

de novas redes. O artigo discute a natureza dinâmica desse processo e explora como a tecnologia, instrumentos políticos e plataformas online podem facilitar o crescimento de redes de simbiose industrial. Também propõe um modelo de reprodução de simbiose industrial para “obter novas perspectivas sobre emergência e desenvolvimento de rede” (Schlüter *et al.*, 2020, p. 2).

Patala, Salmi e Bocken (2020) adotaram outra abordagem para investigar a inovação em redes de SI: os autores examinam o papel dos intermediários na facilitação de sua formação. Eles exploram os desafios enfrentados pelos intermediários e as ações colaborativas que eles realizam para superá-los. O estudo visa identificar os dilemas e os obstáculos no processo de intermediação e como os intermediários podem fornecer facilidade de agregação de valor em longo prazo. Enfatiza a importância dos intermediários na construção de confiança, estabelecimento de conexões, conscientização e compartilhamento de informações dentro da rede. O estudo também destaca a heterogeneidade dos intermediários e seu papel na institucionalização da SI.

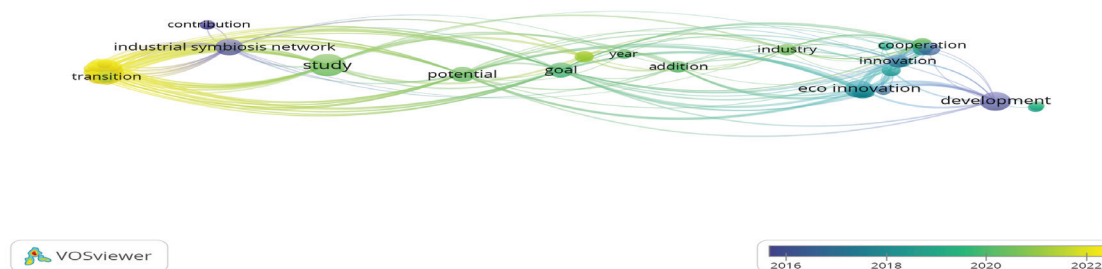
Finaliza-se o tópico, apontando os incentivadores e as barreiras da SI identificados por Rweyendela e Mwegoha (2021). Em relação aos incentivadores, foram diagnosticados: pressão regulatória, cultura de melhoria contínua da matriz e inter subsidiárias concorrência. Já as barreiras foram cinco: flutuações na geração de resíduos, tecnologias ultrapassadas, barreiras de informação, falta de indústrias pesadas na região estudada, e apoio passivo do governo - como pontos de alavancagem para facilitação e desbloqueando potencial adicional (Rweyendela; Mwegoha, 2021). A seguir, apresentamos uma agenda de pesquisa para as pesquisas futuras.

4.2 AGENDA PARA PESQUISAS FUTURAS

Para propor uma agenda para pesquisas futuras sobre o tema estudado, geramos a figura

3, que apresenta uma sobreposição da coocorrência de termos. A visualização dessa rede permite perceber a temporalidade de uso de cada termo a partir da data dos documentos de onde foram extraídos, de modo que é possível inferir a tendência para os estudos.

Figura 3 - Sobreposição da coocorrência de termos



Fonte: dados da pesquisa.

A rede visualizada na figura 3 apresenta o resultado temporal para a ocorrência dos termos que apareceram nos estudos analisados. Destaca-se que os termos nas cores verde e amarelo representam a tendência para os estudos sobre simbiose industrial e redes de inovação. Verificou-se que, do ano de 2016 a 2020, os estudos sobre as temáticas supracitadas estavam concentrados nas discussões sobre as contribuições de redes de SI, os seus efeitos para o desenvolvimento e o potencial da cooperação para a indústria desenvolver inovações e produtos verdes.

Observando o *cluster* na cor amarela, que marca a emergência para as discussões futuras sobre o tema, pode-se inferir que novas pesquisas sobre SI e REI estarão empenhadas em observar os efeitos da inovação em rede da indústria simbiótica na transição, seja para uma sociedade de baixo carbono, para modelos de negócios seja para forma de cooperação que envolvam as demandas do mercado na era do antropoceno.

Nessa direção, Ek, Valter e Lidgree (2022) sugeriram que estudos futuros explorem o valor dos negócios em rede de simbiose verde considerando a realidade de cada local e o uso da tecnologia sem fio. Os autores acrescentaram que a tecnologia sem fio pode quebrar os limites atuais das organizações e facilitar uma abordagem mais holística aos

processos de valor nos modelos de negócios em rede de simbiose verde e propõem que os pesquisadores investiguem as tendências e padrões na evolução das redes de valor comercial de simbiose verde, riscos nas formas de fazê-la e os diferentes critérios de inovação que são fomentados nessas redes.

Conforme sugestão de Castiglione e Fiore (2022), estudos futuros poderiam investigar novas ferramentas para compreender os comportamentos dos *stakeholders* em redes de produção que criam valor por meio de resíduos e subprodutos. Além disso, os autores acrescentam que as análises devem buscar os efeitos oportunistas que surgem na cooperação em rede. Também há lacunas para investigar a inovação e a cooperação em redes de simbiose urbano-industrial como uma estratégia para a transição de uma sociedade que almeja o baixo uso de carbono.

De maneira geral, as temáticas encontradas ao longo da revisão da literatura apresentam-se temas pertinentes às pesquisas. Entre eles, o eixo temático três, a inovação nos modelos e negócio carecem de atenção dos pesquisadores, pois foram poucos estudos identificados, seguido do eixo dois, cooperação como estratégia. Incentiva-se que os estudos futuros desdobrem sobre as contribuições e desvantagens, barreiras e incentivadores e demais potenciais que envolvem a SI. Assim

como são necessários estudos sobre cooperações e alianças para a SI, visto o destaque do eixo temático dois.

Butturi e Gamberini (2020) sugerem que novas pesquisas explorem as vantagens coletivas da integração entre simbiose urbano-industrial e fontes de energia renovável. A ecoinovação apresenta-se como forte agenda de pesquisa, principalmente no que concerne às cooperações e inovações (Tseng; Bui, 2017). Estudos de caso na temática podem contribuir com o desvelar os desdobramentos práticos da SI, por isso enseja-se tal área de pesquisa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve por objetivo investigar o que tem sido estudado e publicado, na literatura acadêmica, acerca da integração entre simbiose industrial e a redes de inovação. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, por meio da qual se revelou que as indústrias, de forma inovadora, conseguem tirar proveito das redes de inovação, a fim de estabelecer conexões simbióticas que possibilitam o compartilhamento de recursos. Essa cooperação estimula o surgimento de novos negócios e possibilita a transição para indústrias mais sustentáveis.

As categorias de análise possibilitaram verificar o foco dos estudos e publicações a respeito dos temas analisados. Notou-se que a Simbiose Industrial (SI) e as Redes de Inovação (REI) estão relacionadas à cooperação em rede, como um ativo estratégico que visa desenvolver negócios e produtos verdes no setor industrial, bem como auxiliar a economia na transição para o desenvolvimento sustentável da sociedade. Conclui-se ainda que o desenho das redes de SI pode ser afetado pela tecnologia sem fio, pelo comportamento dos *stakeholders* e pela orientação de políticas públicas.

Ao observar a interposição entre os temas, é interessante ressaltar sua complementaridade e a ênfase administrada à colaboração entre os atores envolvidos nos fenômenos da SI e também nas REI. Constatou-se que os pesquisadores do

tema têm observado o **uso dos recursos na SI** como estratégia que minimiza os impactos ambientais e viabiliza o desenvolvimento sustentável das regiões; a **cooperação como estratégia para a simbiose industrial**, que oportuniza inovação, aprendizado, reduz custos e aumenta a sustentabilidade ambiental. Essa cooperação foi observada como **inovação nos modelos de negócios para a indústria simbiótica**, que oportuniza ecossistemas industriais adaptados para cada região em que estão inseridos. Dos novos modelos de negócios, emergem as **redes de inovação na simbiose industrial**, que estão sendo estudadas na perspectiva de mudança cultural em longo prazo para manter e desenvolver as redes simbióticas. Por último, observaram-se pesquisadores avaliando o **potencial das redes para a Simbiose Industrial**, em que a cooperação gera inovação, sustentabilidade ambiental, econômica e social, assim como se mostra apta a estimular o desenvolvimento regional.

Este estudo não está isento de limitações. Estimula-se que os estudos futuros explorem outras amostras temporais, que superem o período escolhido neste trabalho, pois estudos anteriores à amostra podem somar-se aos achados. Além disso, as bases de dados utilizadas podem ser outra limitação deste estudo. A escolha do *VOSViewer* pode ser uma limitação do estudo, isso porque existem outros *softwares* de análise qualitativa, tais como ATLAS.ti e NVivo. Incentiva-se que os estudos futuros utilizem outros *softwares* para o desenvolvimento e aprimoramento do conhecimento teórico e acadêmico sobre SEI e REI.

O estudo soma contribuições para a área teórica, prática, social e ambiental. A principal contribuição teórica do estudo é o desenvolvimento do conhecimento científico sobre SI e REI. Os desdobramentos de pesquisas mapeados e apresentados contribuem para o norteamento das pesquisas futuras sobre o tema, dada a lacuna de pesquisa e evidenciado pela elaboração dos eixos temáticos. A contribuição prática desta pesquisa repousa na apresentação

da potencialidade das redes para a SI (eixo temático quatro). Os benefícios e vantagens que circundam a SI e a REI ocasionam impactos econômicos para as empresas e, por isso, devem ser consideradas. Por fim, a contribuição social e ambiental do estudo é o apontamento de como o uso de recursos na SI contribui para o desenvolvimento sustentável. Por exemplo, o processamento de materiais subexplorados apontado na revisão da literatura pode ser relacionado com o Objetivo 9 para o Desenvolvimento Sustentável - Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.

REFERÊNCIAS

- AGUDO, F. *et al.* Unfolding research themes for industrial symbiosis and underlying theories. **Sustainable Development**, v. 30, 2022.
- BRIOSCHI, F.; BRIOSCHI, M.; CAINELLI, G. From the industrial district to the district group: An insight into the evolution of capitalism in Italy. **Regional Studies**, v. 36, n. 9, p. 1037-1052, 2002.
- BUTTURI, M.; GAMBERINI, R. Urban-industrial symbiosis to support sustainable energy transition. **International Journal of Energy Production and Management**, v. 5, n. 4, p. 355-366, 2020.
- CASTIGLIONE, C.; FIORE, E. Sustainable production networks: A design methodology based on the cooperation among stakeholders. **Journal of Cleaner Production**, v. 362, 2022.
- CHERTOW, M. R. Industrial symbiosis: Literature and Taxonomy. **Annual Review of Energy and the Environment**, v. 25, n. 1, p. 313-337, Nov. 2000.
- CHERTOW, M.; EHRENFELD, J. Organizing Self-Organizing Systems. **Journal of Industrial Ecology**, v. 16, p. 13-27, 2012. DOI 10.1111/j.1530-9290.2011.00450.x
- CHERTOW, M.; Lombardi, D. Quantifying Economic and Environmental Benefits of Co-Located Firms. **Environmental Science & Technology**, v. 39, n. 17, p. 6535-6541, 2005.
- CHOPRA, S. S.; KHANNA, V. Understanding resilience in industrial symbiosis networks: Insights from network analysis. **Journal of Environmental Management**, v. 141, p. 86-94, Aug. 2014.
- COLPO, I. *et al.* Industrial symbiosis in Brazil: a systematic literature review. **Waste Management & Research**, v. 40, n. 10, 2022.
- DONG, L. *et al.* Uncovering opportunity of low-carbon city promotion with industrial system innovation: Case study on industrial symbiosis projects in China. **Energy Policy**, v. 65, p. 388-397, 2014.
- DONG, L. *et al.* Tracking industrial symbiosis performance with ecological network approach integrating economic and environmental benefits analysis. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 185, p. 106454, 2022.
- DOZ, Y. The evolution of cooperation in strategic alliances: Initial conditions or learning processes?. **Strategic Management Journal**, v. 17, p. 55-83, 1996. DOI 10.1002/smj.4250171006
- EHRENFELD, J.; GERTLER, N. Industrial Ecology in Practice: The Evolution of Interdependence at Kalundborg. **Journal of Industrial Ecology**, v. 1, n. 1, p. 67-79, Jan. 1997.
- EK, E.; LINDGREN, P.; VALTER, P. From Green Business Models to Green Symbiosis Business Value Network. **25th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC)**. IEEE, 2022.
- ENSSLIN, L. *et al.* Research process for selecting a theoretical framework and bibliometric analysis of a theme: Illustration for the management of customer service in a bank. **Modern Economy**, 6 June 2015.

- GABRIEL, M. *et al.* Early Front-End Innovation Decisions for Self-Organized Industrial Symbiosis Dynamics—A Case Study on Lignin Utilization. **Sustainability**, v. 9, n. 4, p. 515, 2017.
- GEISSDOERFER, M. *et al.* The Circular Economy—A new sustainability paradigm?. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 757-768, 2017.
- GOUVÊA, A. *et al.* Índice H dos pesquisadores brasileiros: um olhar comparativo entre as bases de dados WoS, Scopus e Google Scholar. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, 2022.
- GRAEDEL, T. E.; ALLENBY, B. R. **Industrial ecology and sustainable engineering**. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2010.
- GRAHAM, A. *et al.* Expanding roles for the Swedish waste management sector in inter-organizational resource management. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 124, p. 85-97, 2017.
- HALLER, H. *et al.* Towards a Resilient and Resource-Efficient Local Food System Based on Industrial Symbiosis in Härnösand: A Swedish Case Study. **Sustainability**, v. 14, n. 4, 2022.
- HAQ, H.; VÄLISUO, P.; NIEMI, S. Modelling Sustainable Industrial Symbiosis. **Energies**, v. 14, n. 4, p. 1172, 22 Feb. 2021.
- HARAGUCHI, N.; MARTORANO, B.; SANFILIPPO, M. What factors drive successful industrialization? Evidence and implications for developing countries. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 49, p. 266–276, jun. 2019. DOI 10.1016/j.strueco.2018.11.002.
- HORBACH, K. Determinants of environmental innovation - new evidence from German panel data sources. **Research Policy**, v. 37, n. 1, 2008.
- KEMP, D. Community Relations in the Global Mining Industry: Exploring the Internal Dimensions of Externally Oriented Work. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 17, p. 1-14, 2010. DOI 10.1002/csr.195
- LINNENLUECKE, Martina K.; MARRONE, Mauricio; SINGH, Abhay K. Conducting systematic literature reviews and bibliometric analyses. **Australian Journal of Management**, v. 45, n. 2, p. 175-194, 2020.
- LOMBARDI, D.; LAYBOURN, P. Redefining industrial symbiosis: crossing academic–practitioner boundaries. **Journal of Industrial Ecology**, v. 16, n. 1, p. 28-37, 2012.
- MANTESE, G.; AMARAL. Agent-based simulation to evaluate and categorize industrial symbiosis indicators. **Journal of Cleaner Production**, v. 186, p. 450-464, 2018. DOI 10.1016/j.jclepro.2018.03.142
- MARIANO, A.; SANTOS, M. Revisão da literatura: apresentação de uma abordagem integradora. **AEDEM International Conference**, v. 18, 2017.
- MARTIN, Michael; HARRIS, Steve. Prospecting the sustainability implications of an emerging industrial symbiosis network. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 138, p. 246-256, 2018.
- MIRATA, M.; EMTAIRAH, Tareq. Industrial symbiosis networks and the contribution to environmental innovation: The case of the Landskrona industrial symbiosis programme. **Journal of Cleaner Production**, v. 13, p. 933-1002, 2005.
- MORALES, M E.; DIEMER, A. Industrial symbiosis dynamics, a strategy to accomplish complex analysis: The Dunkirk case study. **Sustainability**, v. 11, n. 7, p. 1971, 2019.
- MORALES, E. M *et al.* “By-product synergy” changes in the industrial symbiosis dynamics at the Altamira-Tampico industrial corridor: 20 Years of industrial ecology in Mexico. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 140, p. 235-245, 2019.

- MORTENSEN, L.; KØRNØV, L. Critical factors for industrial symbiosis emergence process. **Journal of Cleaner Production**, v. 212, p. 56-69, Mar. 2019.
- NEVES, A. *et al.* A comprehensive review of industrial symbiosis. **Journal of Cleaner Production**, v. 247, 2020.
- NIETO, M.; SANTAMARÍA, L. The importance of diverse collaborative networks for the novelty of product innovation. **Technovation**, v. 27, n. 6-7, p. 367-377, 2007.
- PAGE, M. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, 2021. DOI 10.1136/bmj.n71
- PARK, H. *et al.* Strategies for sustainable development of industrial park in Ulsan, South Korea—From spontaneous evolution to systematic expansion of industrial symbiosis. **Journal Of Environmental Management**, v. 87, n. 1, p. 1-13, 2008.
- PATALA, S.; SALMI, A.; BOCKEN, N. Intermediation dilemmas in facilitated industrial symbiosis. **Journal Of Cleaner Production**, v. 261, 2020.
- POST, Corinne *et al.* Advancing theory with review articles. **Journal of Management Studies**, v. 57, n. 2, p. 351-376, 2020.
- RWEYENDELA, G.; MWEGOHA, W. Industrial symbiosis in Tanzania: a case study from the sugar industry. **African Journal of Science, Technology, Innovation and Development**, v. 13, n. 5, p. 595-606, 2021.
- SCAFÀ, Martina; MARCONI, Marco; GERMANI, Michele. A critical review of industrial symbiosis models. **Transdisciplinary Engineering Methods for Social Innovation of Industry 4.0**, p. 1184-1193, 2018.
- SCHLÜTER, L. *et al.* Industrial symbiosis emergence and network development through reproduction. **Journal of Cleaner Production**, v. 252, 2020.
- TADDEO, R. *et al.* Industrial Symbiosis, Networking and Innovation: the potential role of innovation poles. **Sustainability**, v. 9, 2017.
- TSENG, M.; BUI, T. Identifying eco-innovation in industrial symbiosis under linguistic preferences: A novel hierarchical approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 1376-1389, 2017.
- TORRACO, R. Writing integrative literature reviews: using the past and present to explore the future. **Human resource development review**, 15 Apr. 2016.
- VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. **VOSviewer manual**. Manual for VOSviewer version, 1.0. [S.l.: s.n.], 2011.
- VELENTURF, A. Initiating resource partnerships for industrial symbiosis. **Regional Studies, Regional Science**, 4 Jan. 2017.
- VELENTURF, A. Promoting industrial symbiosis: empirical observations of low-carbon innovations in the Humber region, UK. **Journal of Cleaner Production**, v. 128, 2016.

Submetido: 26 ago. 2024

Aprovado: 23 out. 2024