



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ

DIRETORIA DE ENSINO - CAMPUS TERESINA CENTRAL

DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÃO, AMBIENTE, SAÚDE E PRODUÇÃO

ALIMENTÍCIA – DIASPA

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

EMILLY ARAÚJO SILVA

A APLICAÇÃO DO CONCEITO DE SIMBIOSE INDUSTRIAL NA
INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

TERESINA

2020

EMILLY ARAÚJO SILVA

A APLICAÇÃO DO CONCEITO DE SIMBIOSE INDUSTRIAL NA
PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

Trabalho apresentado ao Curso de Tecnologia
em Alimentos do Instituto Federal de
Educação, Ciências e Tecnologia do Piauí,
Campus Teresina central, como requisito para
obtenção do grau de Tecnólogo em Alimentos

Orientadora: Prof^a Ana Carolina Chaves
Fortes

TERESINA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Silva, Emilly Araújo

S586a A aplicação do conceito de simbiose industrial na indústria de alimentos /Emilly Araújo Silva. - 2020.
57 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia de Alimentos) -
Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Central, 2020.

Orientadora : Profa. Ma. Ana Carolina Chaves Fortes.

1. Economia circular. 2. Resíduos agroindustriais. 3. Indústria alimentícia.I.Título.

CDD - 664

**Elaborado por Sindya Santos Melo CRB
3/1085**

EMILLY ARAÚJO SILVA

A APLICAÇÃO DO CONCEITO DE SIMBIOSE INDUSTRIAL NA
PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

Trabalho apresentado ao Curso de Tecnologia em Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina central, como requisito para obtenção do grau de Tecnólogo em Alimentos

Aprovada em: ____/____/____.

Orientadora: Profª Ana Carolina Chaves Fortes

BANCA EXAMINADORA

Profª Ma. Ana Carolina Chaves Fortes

Orientadora

1º Examinador

Profª Ma. Layane Ribeiro de Araújo Leal

2º Examinador

Dra. Cintia Pereira da Silva

AGRADECIMENTOS

No total foram quatro anos de curso, ao longo desse período tive muitas experiências e obstáculos que foram imprescindíveis para a minha evolução pessoal e acadêmica. Dessa forma, gostaria de agradecer primeiramente a minha família que desde sempre priorizaram, incentivaram e até mesmo se sacrificaram pela minha educação, em especial aos meus pais: Patrícia de Oliveira Araújo e Francisco Orlean Carvalho da Silva, sendo eles os meus maiores exemplos de esforço e dedicação, sem eles não teria chegado até aqui.

Em segundo, agradeço a mim por não desistir, e por enfrentar os meus medos buscando evoluir diariamente dando sempre o meu melhor. Sou grata também ao meu namorado Bruno Henrique Oliveira Rocha, que esteve ao meu lado durante a maior parte da graduação, me apoiando nos momentos mais complicados, fora as aulas de formatação que ele pacientemente me concedeu, obrigada por tudo.

Agradeço à minha orientadora Prof. Ana Carolina Chaves Fortes, que me deu um voto de confiança, pelo aceite da orientação mesmo não estando nas circunstâncias mais normais, e por me apresentar uma nova forma de enxergar o curso. Agradeço às minhas amigas de graduação: Adrielly Iris; Nády Luzia; Nailane Silva e Tháila Pimentel, que estiveram ao meu lado desde o começo dessa jornada e que serão para sempre a minha “pentose” preferida.

E por fim, o meu muito obrigada ao Instituto Federal de Educação, Ciências, e Tecnologia do Piauí – IFPI campus Teresina central, e a todos os colaboradores que o compõem, desde a direção, professores, técnicos de laboratório, até os cozinheiros e auxiliares de limpeza que possibilitam essa experiência incrível que é estudar nessa instituição e poder vivenciar momentos tão especiais.

RESUMO

O segmento alimentício atua como pilar econômico, contribuindo para o abastecimento mundial de alimentos. No entanto, seus moldes convencionais de produção, processamento e distribuição são também grandes geradores de resíduos sólidos. Considerando esses aspectos, foram desenvolvidos conceitos e estratégias mitigadoras, como o de Economia Circular (EC), tido como fluxo sustentável, com priorização dos recursos utilizados e maximização do seu uso. No âmbito industrial, ganha destaque o conceito de Ecologia Industrial (EI), do qual deriva a noção de Simbiose Industrial (SI). A SI, assim como a EI foram baseadas em conceitos já observados na natureza, aplicados no meio industrial para práticas mais harmônicas e menos nocivas ao ambiente. O presente trabalho tem como objetivo verificar como a SI está sendo aplicada no setor de alimentos, por meio de uma revisão sistemática e integrativa de literatura. Para isso, foram feitas buscas nas bases *Scopus*, *Web of Science* e *Food Science Technology and Abstract* – FSTA, a busca foi limitada ao período de 2010 – 2020. Após o refinamento por meio de critérios de inclusão e exclusão obteve-se um total de 40 artigos para a produção do estudo. Esse montante foi examinado a partir de categorias de análises, e os dados gerados foram tratados com o auxílio de métodos quantitativos e qualitativos, que possibilitaram identificar as principais técnicas adotadas para a destinação dos materiais provenientes das trocas simbióticas, identificando ainda uma lacuna em relação a essa temática, que poderá ser alvo de estudos futuros.

Palavras - Chave: Economia Circular. Resíduos Agroindustriais. Indústria alimentícia.

ABSTRACT

The food segments consist of the largest in the world, act as economic pillars and contribute to the global supply of food, however their conventional molds of production, processing and distribution are also great generators of solid waste. Considering these aspects, concepts and mitigating strategies were developed, such as the Circular Economy (CE), considered as a sustainable way to visualize the productive processes, prioritizing the resources used and maximizing their use. In the industrial sphere, the concept of Industrial Ecology (IE) is highlighted, from which the notion of Industrial Symbiosis (IS) derives. The IS, as well as the IS, were based on concepts already observed in nature, applying them in the industrial environment for more harmonic practices and less harmful to the environment. Therefore, the present work aims to verify how IS is being applied in the food sector, through a systematic and integrative literature review. For this, searches were made in the Scopus, Web of Science and Food Science Technology and Abstract - FSTA databases, the search was limited to the period 2010 - 2020, and after its refinement through inclusion and exclusion criteria, a total of 40 articles for the production of the study, this amount was examined based on categories of analysis, and the data generated were treated with the aid of quantitative and qualitative methods, which made it possible to identify the main techniques adopted for the destination of materials coming from symbiotic exchanges, also identifying a gap in relation to this theme, which may be the target of future studies.

Keywords: Circular Economy. Agro-industrial waste. Food industry.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	9
2.1 INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA	9
2.2 RESÍDUO INDUSTRIAL NO SETOR ALIMENTÍCIO	11
2.3 A ECONOMIA CIRCULAR NO SETOR ALIMENTÍCIO COMO PROMOTORA DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS	14
2.3.1 Ecologia industrial.....	16
2.3.2 Simbiose Industrial na indústria de alimentos	17
2.4 REVISÃO SISTEMÁTICA	19
2.4.1 Revisão integrativa	20
3 METODOLOGIA.....	22
3.1 SELEÇÃO DAS BASES DE INDEXAÇÃO.....	22
3.2 SELEÇÃO DOS TERMOS DE BUSCA E OPERADORES BOOLEANOS	23
3.3 APLICAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE BUSCA E DOS CRITÉRIOS DE INCLUSÃO /EXCLUSÃO	23
3.4 TRIAGEM DO MATERIAL RECUPERADO.....	25
3.5 ANÁLISE DO MATERIAL RECUPERADO	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1 SIMBIOSE INDUSTRIAL NO SETOR ALIMENTÍCIO: UM OLHAR SOBRE OS ASPECTOS QUANTITATIVOS DA PRODUÇÃO	27

4.2 A APLICAÇÃO DO CONCEITO DE SIMBIOSE INDUSTRIAL NO SETOR ALIMENTÍCIO: UMA ANÁLISE CRÍTICA DA PRODUÇÃO ACADÊMICA RECUPERADA	37
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
REFERÊNCIAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

A modernidade é marcada pela possibilidade de consumir. Neste cenário em que o consumo se torna central a geração de resíduos passa a ser um problema de destaque, uma vez que a demanda exacerbada implica, principalmente devido ao processo linear de produção, que em algum momento haverá descarte, não necessariamente ligado a perda de função dos materiais (PEREIRA, 2011).

As atividades agroindustriais são atravessadas pelo tema sustentabilidade, particularmente pela questão dos resíduos: todas as fases da produção dos alimentos até a chegada ao consumidor e posterior descarte são potenciais geradoras de resíduos. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO, $\frac{1}{3}$ (um terço) dos alimentos produzidos no mundo são desperdiçados. Para além do valor ético e socioambiental, a FAO avalia perdas econômicas na ordem de 700 bilhões de dólares sob a perspectiva ambiental, e 900 bilhões sob a perspectiva social (FAO, 2011). Nesse sentido, a busca por aprimoramento científico e de soluções multidisciplinares que possam reduzir tais perdas, seja no processo de produção ou no consumo/pós consumo, é uma constante, principalmente diante da demanda por alimentos e pressão ambiental crescentes (RIBEIRO *et al*, 2017).

A intensificação do debate ambiental tem motivado as empresas a adaptarem seus processos de produção, de forma a se adequarem às normas que regulamentam essas questões, cada vez mais determinantes na competitividade entre as indústrias. É neste cenário que surgem conceitos como o da *Economia Circular* (EC), que ao contrário do modelo linear tradicional, baseia-se em moldes de produção e circulação de bens mais limpos, por meio da adoção de práticas que possibilitem manter a matéria-prima na cadeia produtiva por mais tempo, ou garantindo seu aproveitamento integral e reduzindo o montante de resíduos gerados (OLIVEIRA, 2019).

Outros conceitos desenvolvidos ao longo desse processo, são o da *Ecologia Industrial* (EI) e o da *Simbiose Industrial* (SI). Ambos derivam de sistemas naturais: a EI mais abrangente, é um conceito aplicado no âmbito industrial, que considera os sistemas integrados, e que estes guardam relações similares às relações ecológicas. Essa visão reorienta a mitigação dos danos ambientais decorrentes dos processos produtivos. Já a SI consiste em uma das ferramentas utilizadas na EI, cuja finalidade é estabelecer por meio

de interações entre três ou mais indústrias, trocas de materiais ou serviços que sejam benéficas para ambas (SILVA & OLIVEIRA, 2018; TREVISAN *et al*, 2016).

A elaboração e aplicação de conceitos como os descritos acima, sinaliza que a integração da noção de sustentabilidade no setor alimentício é um caminho desejável. Todavia, para tal, faz-se necessário, antes de tudo, compreender como a indústria em questão gere seus resíduos, identificar potencialidades e dificuldades que o segmento apresenta a respeito do gerenciamento. O presente trabalho trata-se de uma revisão sistemática integrativa, com o objetivo de identificar como o conceito de SI e termos correlatos têm sido aplicados pelo setor. Como objetivos específicos propõe *identificar os principais segmentos do ramo alimentício que adotaram a SI, bem como os principais materiais de permuta e as técnicas empregadas, além de apontar possíveis lacunas que poderão ser objeto de estudos futuros.*

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

A indústria de alimentos passou por um processo de redirecionamento no período da segunda guerra mundial, quando a escassez e a necessidade de alimentos não perecíveis, impulsionaram a ampliação da produção industrial de alimentos. Ao longo deste processo, foi gerado um excedente, o que fez com que a indústria buscasse novas soluções, disponibilizando produtos cada vez mais processados, com uma vida de prateleira maior. Esse redirecionamento sistematiza uma nova fase da produção e consumo de alimentos, onde a indústria alimentícia passa a ter papel relevante (MACHADO *et al*, 2016).

Em função da sua participação no abastecimento e envolvimento de uma complexa cadeia que vai desde a produção de insumos, processamento, maquinários, fertilizantes, aditivos e embalagens, a indústria de alimentos é um dos setores produtivos de maior força no cenário mundial, sendo um dos principais alicerces da economia (GOUVEIA, 2006).

Segundo o relatório de 2019 da *Associação Brasileira da Indústria de Alimentos - ABIA*, no Brasil, a indústria de alimentos é a maior do país, chegando a processar cerca de 58% do que é produzido no campo, representando 9,6% do Produto Interno Bruto-PIB. Assume o posto do setor mais importante para a economia do país, contribuindo com 67% do saldo geral da balança comercial brasileira, gerando US \$28,8 bilhões de dólares.

O escoamento da produção, por sua vez, é feito pelos canais de distribuição do comércio varejista e food service (serviços de alimentação) que correspondem com participações de 66,9% e 33,1% respectivamente. A produção e o processamento dos alimentos encontram-se cada vez mais concentrados sob o poder de grandes conglomerados do setor. No Brasil, por exemplo, apenas a produção das 105 empresas nacionais e multinacionais pertencentes a ABIA consistem em 80% do total produzido no setor (ABIA, 2020).

O Brasil encontra-se na segunda posição no ranking de exportação mundial de alimentos processados, destacando-se principalmente nas produções de suco de laranja, onde está em primeiro lugar quanto à produção e exportação. O país também é o segundo maior produtor e maior exportador de carne bovina, de aves, e açúcar refinado, e está na quarta posição da produção de óleo de soja e carne suína, sendo, portanto, um dos países de maior relevância para o abastecimento mundial de alimentos (ABIA, 2020).

Devido às várias etapas necessárias até a obtenção do produto final, que perpassam pela extração e uso de recursos ambientais como matéria-prima, que são de origem variadas e se desdobram em uma ampla gama de possibilidades a partir das diferentes técnicas de processamento e produtos, a indústria alimentícia é um dos setores com maior diversidade de segmentos e atividades relacionadas. Um dos principais segmentos e que reflete a pluralidade do setor são as indústrias de laticínios que utilizam novas tecnologias para a elaboração de diversos produtos como, queijo, requeijão, iogurte, bebidas lácteas, manteiga, entre outros que ainda possuem variações de suas formulações e métodos de preparo assim como os resíduos gerados nos diferentes processos produtivos (LEITE *et al*, 2006).

Pode-se evidenciar ainda o segmento de bebidas, que assim como os demais, possui uma grande variedade de inovações, tanto de técnicas quanto de produtos. Esse segmento pode ser segregado entre as indústrias de bebidas alcoólicas e não alcoólicas, destacando-se as produções de refrigerantes, água (mineral, saborizadas ou não), cervejas, sucos, vinhos e xarope, produtos esses que possuem como principal matéria-prima a água bruta, recurso valioso e que pode ser extraído a partir de mananciais ou fontes subterrâneas, que são submetidas a um tratamento adequado que permita sua utilização para essas produções, além do uso de diversos ingredientes de origem vegetal, como frutas e cereais (CAVALCANTE *et al*, 2013).

As práticas de consumo e produção lineares, adotadas pelo setor, acabam por pressionar os recursos ambientais, podendo, em situações específicas, ocasionar danos em escala diversas, como limitações para a expansão de áreas agrícolas e parques industriais, o que acaba por induzir agricultores e empresas a adotarem técnicas de produção sustentáveis de forma a reduzir danos potenciais, como a geração de resíduos e exploração de novas áreas para agropecuária (PORTUGAL, 2012).

Devemos destacar que a indústria em questão é uma das maiores geradoras de resíduos sólidos, e que na ausência de gestão adequada podem se converter em elementos desencadeadores de processos de perda da qualidade ambiental. A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, no Brasil, preconiza a responsabilização do gerenciamento dos resíduos sólidos industriais ao seu gerador, que deverá articular o gerenciamento destes ao longo de toda a cadeia considerando as características dos resíduos, e no caso do descumprimento desta norma o responsável é passível de punição, com a aplicação da Lei 9.605/1998 referente aos Crimes Ambientais (BRASIL, 2010; 1998).

2.2 RESÍDUO INDUSTRIAL NO SETOR ALIMENTÍCIO

Segundo a Lei N° 12.305 de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), resíduos sólidos (RS) são substâncias ou materiais descartados, provenientes da atividade humana, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos, cuja destinação final se procede em função de suas particularidades que torna inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. A referida lei, define ainda, rejeitos, como sendo “resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010).

A PNRS, em seu artigo 13, classifica ainda os resíduos quanto sua origem, em domiciliares, de limpeza urbana, sólidos urbanos, de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviço, oriundos de serviços públicos de saneamento, serviços de saúde, construção civil, agropastoris, serviços de transportes, mineração e industriais (BRASIL, 2010). Os resíduos sólidos industriais, por sua vez, são aqueles provenientes das atividades produtivas industriais. Destaca-se que estes são diversificados, e variam em

suas características físicas, químicas e microbiológicas de acordo com o segmento ou etapa geradora, podendo ser ou não considerados perigosos.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, em sua norma 10.004/2004 classifica os resíduos quanto à periculosidade, em classe I, perigosos, e classe II não perigosos. Podendo ainda pertencer à Classe II-A, não inertes; e Classe II-B, inertes (BRASIL, 2010; ABNT, 2004)

Para ser considerado de classe I, o resíduo deve apresentar propriedades de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, enquanto os da classe II não possuem tais atributos e por isso são considerados não perigosos. Já os predados para a Classe II A, referem-se aos resíduos que não pertencem a classe I e que possuem propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água, difere-se então da Classe II B, que engloba os resíduos que submetidos ao contato com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões aceitáveis de potabilidade de água, com exceção aos aspectos de cor, turbidez, dureza e sabor (ABNT, 2004).

O conceito de resíduos também é abordado pela Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia de 19 de novembro de 2008, seguida pela maioria dos países que compõem o bloco, em contraste com a PNRS, a diretiva contém explicitamente a definição do termo subproduto, termo bastante utilizado quando se refere aos processos produtivos. No artigo 5º da referida diretiva, subproduto é apontado como uma substância ou material gerado ao longo de uma etapa ou do processo produtivo, e que não seja o produto principal, portanto, também um resíduo sólido considerando a sua origem (UNIÃO EUROPEIA, 2008).

No entanto, ainda segundo a diretiva, para que os subprodutos sejam classificados como tal é necessário que atendam alguns critérios específicos, são eles: a obrigatoriedade de ser um material com potencial de utilização comprovada; ser um material ou substância que possui condições de ser utilizado diretamente, sem a necessidade de submetê-lo a tratamentos para tornar viável seu processamento; deve ser resultante de um processo de produção; e sua utilização deve satisfazer a todos os requisitos relevantes ao produto, levando em conta questões sanitárias, de qualidade e também de acordo com os parâmetros ambientais, de forma a não acarretar impactos adversos do ponto de vista

ambiental ou de saúde pública. Em outras palavras, resíduos que atendam a estes critérios passam a ser considerados subprodutos, especialmente, em função de seu potencial ante ao cenário da produção (UNIÃO EUROPEIA, 2008).

Outro termo a ser destacado, e que muito se confunde com a definição de subprodutos é o coproduto: um conceito bastante abordado nacionalmente no que diz respeito ao emprego desses materiais para a alimentação animal, possuindo, inclusive, definição regulamentada por meio da Instrução Normativa nº 81/2018 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Segundo esta, o coproduto é um produto com potencial para a alimentação animal produzido a partir de resíduos sólidos gerados no processamento de alimentos (BRASIL, 2018).

No entanto, coproduto trata-se de um produto independente, que é evidenciado durante o processamento da matéria-prima principal, e que por sua vez não é prioridade ou finalidade na cadeia produtiva, e assim como o subproduto, possui potencial de aproveitamento, podendo ser utilizado para fins diversos que incluem a elaboração de alimentos, ração animal, entre outros. Tal prática pode ser observada em processos de beneficiamento de grãos e frutas, que durante a utilização principalmente da polpa, salientam partes como castanhas, cascas e sementes e outras partes com potencial de utilização (GOMES, 2014).

Cabe destacar que a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos nos moldes da PNRS obedecem a uma escala de prioridade, apontada como objetivo em seu Art. 7, inciso II, e que serve de base para o desenvolvimento e implantação de práticas que fomentem o uso de subprodutos e coprodutos nas etapas do processo de produção. De acordo com o dispositivo citado, o gerenciamento deve priorizar, em uma escala hierárquica, a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, podendo adotar a recuperação energética do resíduo quando for comprovado o potencial do material e a viabilidade do processo a ser empregado (BRASIL, 2010).

As técnicas de gestão para a minimização dos resíduos podem ser usadas como forma de otimizar o processo de produção de alimentos. Além de reduzir a quantidade de matérias-primas de primeiro uso, o manuseio e o tratamento de resíduos seguem alinhadas com as tendências de produção que favorecem o meio ambiente, como um dos fatores

mais importantes, e por fim, reduzem custos de forma considerável (LEITE & PAWLOWSKY, 2005).

Os resíduos gerados na indústria de alimentos são múltiplos e variam de acordo com a matéria-prima processada e o produto a ser elaborado. Devido a essa pluralidade, os métodos de destinação e disposição final também variam. Para a melhor tomada de decisão e seleção de técnicas viáveis, é necessário um conhecimento sobre os processos utilizados pela indústria, bem como conhecimento acerca da matéria-prima, identificação da fonte geradora e a caracterização dos resíduos gerados (LEITE & PAWLOWSKY, 2005).

A exemplo, indústrias processadoras de matéria-prima vegetal podem gerar um volume significativo de resíduos como cascas, sementes e bagaços, ricas principalmente em fibras, cinzas e compostos fenólicos, com potencial nutricional e econômico que viabilizam sua utilização para a elaboração de outros produtos (STORK *et al*, 2015; HUERTA, 2018).

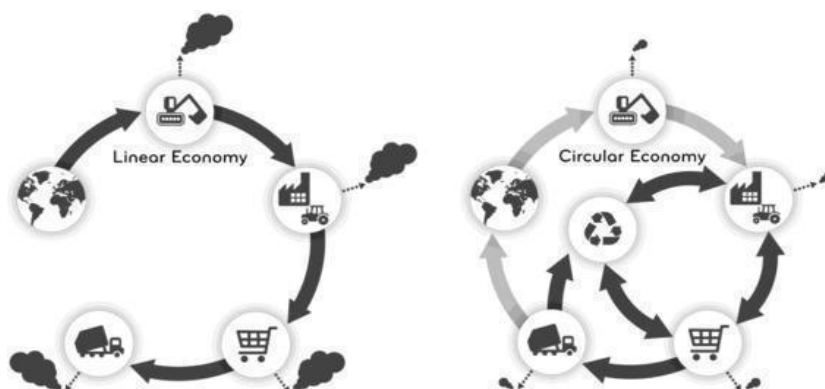
Resíduos gerados no processamento de pescados, por exemplo, consistem em vísceras, pele, cabeça, entre outras que dependendo de suas características podem ser aproveitados tanto para a obtenção de óleo, farinha ou silagem que, por sua vez, podem ser aplicados na alimentação animal, quanto podem ser aplicados como substrato para a produção de proteína texturizada, concentrado proteico, carne mecanicamente separada, surimi, produtos reestruturados ou até mesmo óleo, utilizados na alimentação humana (FELTES *et al*, 2010). Os exemplos apontados, sinalizam o potencial inerente aos resíduos de diferentes cadeias de processamento de alimentos, e seus usos vão de encontro ao preconizado pelas políticas públicas ambientais, especialmente, as norteadoras da gestão de resíduos sólidos.

2.3 A ECONOMIA CIRCULAR NO SETOR ALIMENTÍCIO COMO PROMOTORA DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS

O reconhecimento dos limites da economia linear desperta o interesse no desenvolvimento de um novo modelo de organização econômica. A economia circular é uma estratégia sustentável cujo objetivo é manter o produto, componentes e materiais sempre dentro da cadeia produtiva, aproveitando ao máximo o seu potencial de utilização (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

Vale destacar que, existe a possibilidade de implementação de práticas sustentáveis em uma cadeia linear de produção, no entanto, em um programa de sustentabilidade desse tipo, os produtos recuperados costumam ser isolados, a cadeia não tem tanto valor agregado e poucos participantes estão dispostos a usar resíduos como matéria-prima. Em particular, os processos de manufatura atuais tendem a usar matéria-prima de primeiro uso por estas necessitarem de processos mais simples de aproveitamento. Todavia, o modelo de economia circular consiste em priorizar os recursos, e considera todas as entradas e saídas do processo de produção, reinserindo o mesmo na cadeia produtiva, explorando completamente o seu potencial, como mostra a figura abaixo (SAUVÉ *et al*, 2016).

Figura 1 – Esquema comparativo entre economia linear e economia circular.



Fonte: SAUVÉ *et al*, (2016).

O estudo desenvolvido por Sauv  *et al*, (2016) propõe uma visão holística sobre os conceitos de “Ciências ambientais”, “Desenvolvimento sustentável” e “Economia circular”, trazendo as discussões sobre a origem dos termos e os empregos atuais. O trabalho aborda ainda as diversas interpretações que os referidos conceitos podem ter. De forma geral, consideram que o desenvolvimento sustentável estabelecido em modelos lineares de economia é considerado falho, e que   por meio da economia circular que se pode alcança-lo.

A economia circular consiste, portanto, em uma ferramenta que visa possibilitar o ato de consumir, sem que isso implique, necessariamente, na extração de novos recursos para a produção desses bens. O conceito propõe o fechamento do ciclo produtivo de maneira que os resíduos gerados nas etapas de produção acabam por se tornar a matéria-prima para a fabricação de novos itens. Esse processo de produção cíclica contribui

diretamente com a manutenção da vida e preservação do meio ambiente, uma vez que reduz a necessidade de novos recursos para produzir, se tornando um meio de alcançar um desenvolvimento mais sustentável (OLIVEIRA, 2019).

Modificar os padrões atuais de manufatura não é tarefa fácil, para isso é necessário que haja um empenho coletivo dos diversos setores produtivos, inclusive os de alimentos. A pesquisa realizada por Leite & Pawlowsky, (2005) em uma indústria que fabrica snacks extrusados e fritos, aplica métodos de levantamento, caracterização e priorização dos resíduos, de forma a propor alternativas de minimização desses materiais. De acordo com os autores, estima-se que apenas com o treinamento dos funcionários e a correta gestão da matéria-prima trabalhada, poderia haver uma redução de 48,91% na geração de resíduos e ainda um lucro de R\$148.986,00 ao ano se as alternativas de minimização fossem adotadas, uma vez que os resíduos nada mais são que matéria-prima subutilizada.

Castro *et al*, (2020) emprega o conceito de economia circular também como uma solução para os resíduos provenientes de uma indústria de suco de laranja, onde os resíduos correspondem a cerca de 50% da matéria-prima após o processamento. A pesquisa propõe a utilização desse resíduo, rico em fibras, compostos fenólicos e potencial antioxidante para a produção de uma farinha, posteriormente utilizada na elaboração de cookies. O produto final teve resultados satisfatórios quanto as suas características sensoriais, demonstrando ser uma alternativa viável para o enriquecimento, principalmente, de fibras em diversas preparações, além de ser uma clara demonstração da praticabilidade da economia circular na indústria de alimentos.

2.3.1 Ecologia industrial

As organizações industriais dependem diretamente do ambiente social, econômico, cultural e político ao qual pertencem, e por isso são pressionadas a atender às necessidades das comunidades em que operam. Buscam se reinventar adotando medidas que traduzem as tendências e inovações relacionadas aos seus respectivos setores produtivos (TREVISAN *et al*, 2016).

Processos produtivos pouco eficientes, com má gestão de resíduos sólidos e pouca integração entre os elos da cadeia, atualmente, são questões que têm motivado as discussões referentes aos padrões convencionais de produção (SILVA & OLIVEIRA, 2018). Com o avanço dos estudos sobre o desgaste ambiental causado pela manufatura tradicional aumentou também a pressão da sociedade para uma política de produção mais

sustentável, assim nasce os ideais da Ecologia Industrial, que a partir de conceitos advindos da natureza buscam implementar formas de produção mais limpa.

Para a biologia, a palavra Ecologia refere-se ao estudo das relações mútuas estabelecidas pelos organismos vivos entre si e com o ambiente físico em que estão inseridos. A ecologia industrial é apontada como forma de atingir a sustentabilidade no âmbito industrial por meio da ecoeficiência na produção e na gestão dos resíduos sólidos (SILVA & OLIVEIRA, 2018).

Um estudo realizado em 2015, investigou 130 empresas brasileiras sobre os princípios utilizados para obter uma produção mais sustentável, observou que cerca de 68% das empresas avaliadas já possuíam métodos de planejamento e controle da produção por meio da educação ambiental, com foco na análise dos materiais para redução de emissões e resíduos na produção, e também na substituição de matéria-prima convencional junto aos fornecedores para o desenvolvimento de produtos ecológicos. Práticas estas, que dentre outros conceitos são baseados na ecologia industrial (OLIVEIRA, 2015).

Dentro da Ecologia Industrial, um dos conceitos que tratam como prioridade as relações interempresariais é o de Simbiose industrial, que se vale das interações entre diferentes indústrias como uma forma de alcançar uma produção mais sustentável.

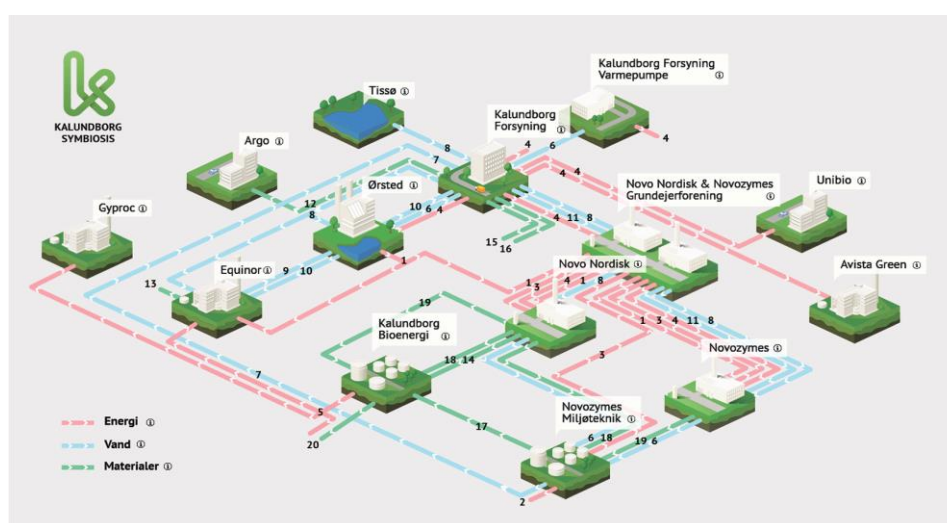
2.3.2 Simbiose Industrial na indústria de alimentos

Assim como a Ecologia Industrial (EI) a Simbiose Industrial (SI) também se fundamenta nas cadeias observadas na natureza. A simbiose trata-se da relação entre organismos distintos, que estabelecem trocas para benefício mútuo. Em escala industrial esse conceito refere-se ao conjunto de permutas envolvendo diferentes materiais e serviços que visam maximizar as vantagens em relação às que seriam possíveis trabalhando individualmente. Para um sistema se caracterizar como simbiótico deve ser composto por no mínimo três empresas que estabeleçam pelo menos a trocas de dois recursos, comumente resíduos (TREVISAN *et al*, 2016).

O conceito de SI frequentemente traduz-se em uma outra definição: a de Eco-Parque Industrial (EPI), que segundo Chertow (2007) é um conjunto de empresas que se posicionam estrategicamente no mesmo parque industrial facilitando as trocas sinérgicas. A formação dos EPI, assim como das interações simbióticas podem surgir de forma espontânea ou planejada.

O exemplo mais famoso de EPI e também de SI é o Parque Eco-Industrial de Kalundborg na Dinamarca, pioneiro na adoção da prática, com resultados positivos e estáveis ao longo do tempo. O sistema teve início em 1972, sua origem está atrelada à necessidade de uso eficiente de água, energia, matéria-prima, além da gestão dos resíduos, adaptação às normas ambientais e diminuição de custos. Atualmente com cerca de 11 empresas participantes, que se dividem entre públicas e privadas, o EPI de Kalundborg ainda possui um projeto de implementação de 10 projetos de melhorias para até 2025 (SYMBIOSIS KD, 2018).

Figura 2 - Esquema do Parque Eco-Industrial de Kalundborg.



Fonte: SYMBIOSIS KD, 2018.

O ponto 1 indicado no esquema acima, representa a fonte de um dos principais materiais de permuta do modelo simbiótico de Kalundborg, consiste na empresa Asnaes Verket, uma usina elétrica movida a carvão operada pela Ørsted S/A e que gera vapor em excesso durante seu processo produtivo. O excedente de vapor é distribuído por meio de tubos para outras indústrias do eco - parque industrial. Na refinaria Statoil, por exemplo, o vapor é usado para aquecer óleo bruto no processo de separação de compostos voláteis para a produção de gasolina e diesel. Também recebem o vapor as empresas Novozymes e Nova Nordisk que utilizam para fins diversos, incluindo limpeza, esterilização e destilação (SYMBIOSIS KD, 2018).

Outros países também já se mostram otimistas em relação ao emprego da SI. Na tentativa de atingir os objetivos impostos na convenção das Nações Unidas, a União Europeia formulou o Plano de Ação para a Economia Circular que lista técnicas alternativas a serem adotadas, destaca-se, dentre estas, o estímulo ao emprego da

Simbiose Industrial, com forte integração de indústrias e permuta de resíduos, subprodutos e até mesmo serviços que sejam de interesse mútuo (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

No Brasil, embora haja uma quantidade considerável de estudos sobre o tema, são poucas as experiências concretas de aplicação do conceito. Cutovoi (2015), evidencia alguns dos possíveis motivos pelo qual o conceito de SI é pouco difundido no Brasil. Um dos principais fatores apontados é a ausência de participação do poder público por meio de normas complementares e incentivos fiscais. Outros aspectos também são considerados, como o social e cultural: o conceito embora conhecido pela academia, não tem sido disseminado e acatado no âmbito empresarial.

Em relação a abordagem da SI na área de alimentos Camparotti & Menegon (2017) desenvolveram um trabalho de revisão que compila 19 estudos referentes a SI na agroindústria, com destaque para as cadeias produtivas da cana de açúcar, uva, leite, carne, soja, milho e laranja e concluindo que o setor alimentício tem grande potencial para a aplicação do conceito simbiótico, o que se deve a qualidade nutricional e econômica e da versatilidade dos resíduos gerados nesse setor.

2.4 REVISÃO SISTEMÁTICA

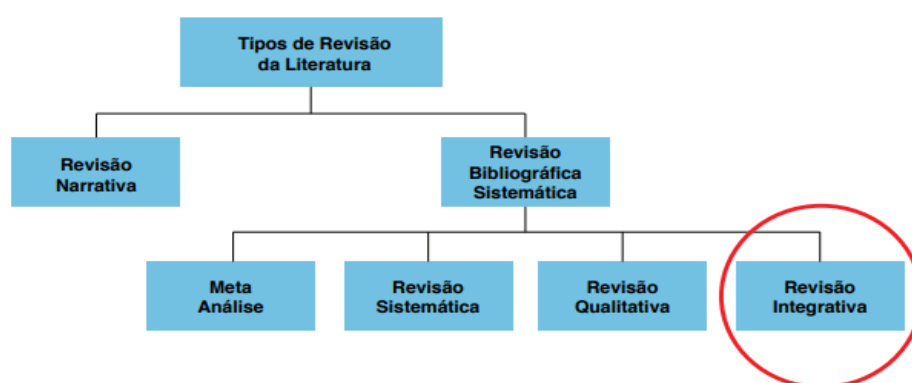
A revisão sistemática surgiu no âmbito da saúde, como uma forma de compactar os diversos estudos relacionados a uma mesma temática, facilitando a visualização dos procedimentos de diagnósticos e tratamentos abordados pelos trabalhos. No entanto, tal metodologia de pesquisa se mostrou eficiente ao ponto de se expandir para as outras áreas do conhecimento. A revisão sistemática tem como principais características uma metodologia rígida e meticulosa, que usa de um padrão pré-determinado de busca e avaliação dos resultados, o que possibilita a sua reprodução. Diferente portanto de uma Revisão tradicional, ou narrativa, que não possui uma metodologia definida, disponibilizando um embasamento teórico, mas que não são passíveis de reprodução (E-LA-TORRE-UGARTE-GUANILO *et al*, 2010).

Para o desenvolvimento de um estudo de revisão sistemática é necessário a formulação de estratégias de busca em bases conceituais da área de pesquisa desejada, com a posterior caracterização e avaliação da qualidade de cada estudo recuperado, detectar os conceitos relevantes dos estudos, equiparar as análises estatísticas formuladas na pesquisa e concluir sobre o que a literatura informa em relação à questão proposta, e

finalizar com observações sobre os possíveis problemas e lacunas que ainda necessitam de novos estudos para que possam ser esclarecidos (SAMPAIO *et al*, 2006).

A metodologia de pesquisa de revisão sistemática ainda se subdivide em quatro métodos diferentes, são eles: revisão integrativa, meta-análise, revisão sistemática e revisão qualitativa. Cada um dos métodos são ideais para se obter resultados distintos, sendo necessário um estudo prévio de cada um deles, para que se possa chegar até a metodologia mais adequada ao tipo de pesquisa desejada.

Figura 3 - Tipos de revisões de literatura.



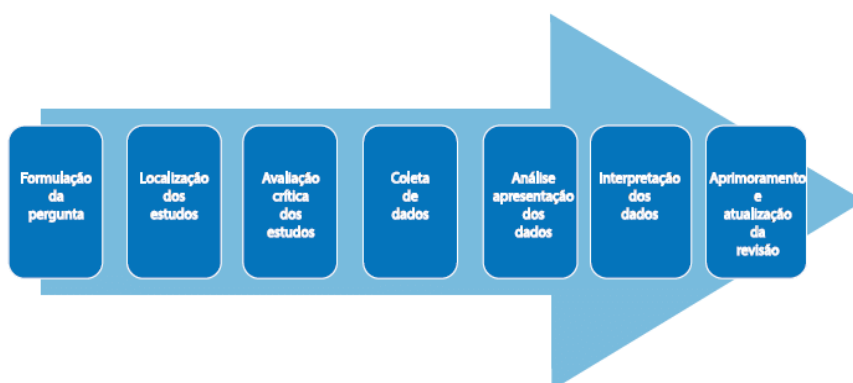
Fonte: BOTELHO *et al*, 2011.

2.4.1 Revisão integrativa

A revisão sistemática integrativa, possibilita a sistematização da pesquisa em diversas outras áreas do conhecimento além da área da saúde. Essa metodologia consiste na realização de um apanhado dos estudos realizados sobre um determinado tema, possibilitando a comparação de metodologias e resultados, gerando novos dados sobre a temática analisada e servindo como embasamento para estudos futuros (BOTELHO *et al*, 2011).

Para que o trabalho seja desenvolvido de forma a obter resultados precisos, devem ser seguidas algumas etapas pré-definidas na literatura, que vão guiar a pesquisa. No entanto, cada pesquisador deve ter a liberdade de usar essas etapas da forma que melhor forem atender suas necessidades, não deixando de registrar ao longo de sua metodologia as adaptações realizadas, garantindo assim que a pesquisa possa ser reproduzida posteriormente (ROTHER, 2007).

Figura 4 - Etapas para o desenvolvimento da revisão integrativa.



Fonte: BOTELHO *et al*, 2011.

Após a escolha do tema, por meio de leituras preliminares, pode-se elaborar a pergunta de pesquisa que deve sintetizar tudo o que o autor deseja que seja respondido com a sua pesquisa. A formulação da pergunta de pesquisa deve ser feita com precisão uma vez que irá direcionar todo o estudo. Para a localização dos documentos é necessário que se identifique as bases indexadas com maior relevância para a temática que se deseja trabalhar, e em seguida definir os termos de busca que melhor represente a pergunta de pesquisa e as combinações que recuperem documentos de qualidade (GONÇALO *et al*, 2012).

Em trabalhos de revisão, os resultados além de serem avaliados qualitativamente, podem ser analisados à luz da bibliometria. As análises bibliométricas são um conjunto de métodos que buscam mensurar a relação dos dados obtidos a partir da busca sistematizada, permite a padronização da obtenção dos dados, além de possibilitar uma visão holística sobre o tema a partir das análises quantitativas das informações. Existem leis bibliométricas específicas para o tratamento de segmentos distintos, os mais conhecidos são as leis de Lotka que estuda a produtividade dos autores considerando uma determinada área; lei de Bradford que trata da produtividade dos periódicos e Zipf que analisa a frequência das palavras (SANTOS, 2015)

Borges (2002), aponta que lei de Bradford, foi motivada devido a dispersão das publicações sobre geofísica, e tem como objetivo mostrar que não faz sentido aumentar progressivamente quantidade de periódicos, pois o total de artigos publicados nas revistas mais relevantes não irá superar o número que pode se estabilizar ou tender a crescer levemente, de acordo com a função logarítmica. Essa lei pode ser aplicada a partir da seguinte equação matemática:

$$F(x) = a + b \log x$$

Onde $F(x)$ é o número cumulativo de referências contidas no periódico x mais produtivo, a e b são coeficientes. Existem também outras fórmulas que são referentes a essa lei, e o resultado gera uma quantitativo linear chamado de denominador de Bradford (BORGES, 2002).

Esses métodos quantitativos conferem uma maior credibilidade para a pesquisa, evidenciando os diversos panoramas possíveis de se analisar dentro de uma mesma temática. Como foi aplicado por Cavalcanti (2016), que utilizou em seu estudo as análises bibliométricas de forma a validar os resultados de sua pesquisa, a autora avaliou a evolução da temática abordado durante o período de 42 anos, frisando a medição do desempenho por ano, de forma a possibilitar a visualização dos anos de maior e menor desempenho; avaliou a produtividade dos periódicos, autores e universidades, além da distribuição dos artigos recuperados em relação a sua localização geográfica, gerando uma panorama geral sobre o tema estudado. Para realizar tais análises, a autora fez uso de recurso de softwares estatísticos específicos para esse tipo de medição.

Já a análise qualitativa, por sua vez, costura todos os pontos abordados pelos estudos, trabalhando de forma clínica cada um deles, visando um desfecho para o estudo. Por conseguinte, a revisão de literatura sistemática é vista como a principal fonte de informação para a adoção de práticas baseadas em evidências. (GONÇALO *et al*, 2012).

3 METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida caracteriza-se como sendo descritiva, exploratória e bibliográfica. Por método é uma revisão sistemática, do tipo integrativa, que visa responder a seguinte pergunta de pesquisa: “Como a simbiose industrial está sendo aplicada na indústria de alimentos?”.

3.1 SELEÇÃO DAS BASES DE INDEXAÇÃO

As bases foram selecionadas considerando sua abrangência e magnitude quanto à área de estudo. Foram escolhidas três bases de dados diferentes visando obter diversificação dos resultados. A primeira foi a base de indexação Scopus, uma das bases com maior destaque no meio científico, pertencente a editora Elsevier, que engloba áreas da ciência, medicina, tecnologia, ciências sociais, artes e humanas, possui uma abrangência de publicação datado de 1823 até o presente (SCOPUS, 2016).

A segunda base selecionada foi a Web Of Science (WOS), atualmente dirigida pela Clarivate Analytics, com aproximadamente 12.000 periódicos e, a assinatura do banco de dados principal da WOF feito pelo portal de periódicos Capes, engloba as 5 principais coleções com cobertura temática e temporal distintas para cada uma. A última base utilizada foi a Food Science Technology and Abstract (FSTA), com acesso através da EBSCO que é uma organização especializada na oferta de conteúdo e recursos tecnológicos para bibliotecas e instituições variadas, promovendo a pesquisa nas diversas áreas do conhecimento, podendo ser acessada via portal de periódico Capes.

3.2 SELEÇÃO DOS TERMOS DE BUSCA E OPERADORES BOOLEANOS

A seleção em questão foi feita a partir de uma listagem com combinações de diferentes estratégias, utilizadas em buscas teste. Ao final dos testes, considerou-se a estratégia com melhor retorno quantitativo, sendo ela: “Industrial Symbiosis” AND Food.

3.3 APLICAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE BUSCA E DOS CRITÉRIOS DE INCLUSÃO /EXCLUSÃO

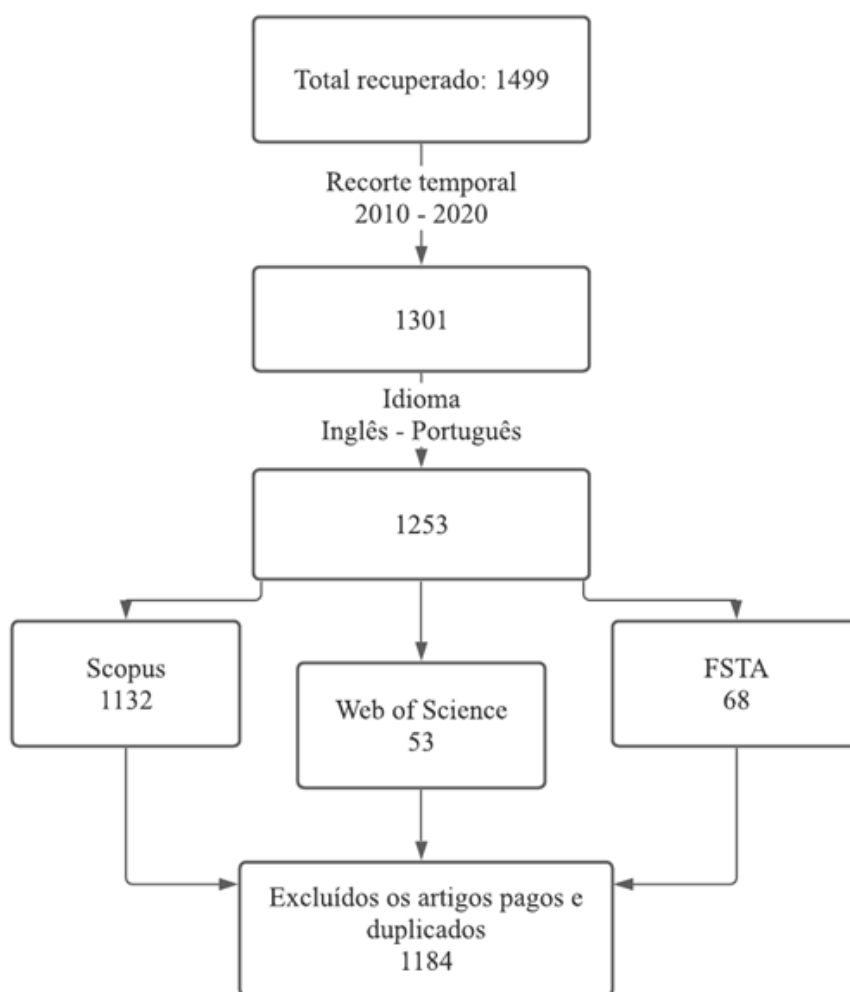
A estratégia de busca foi aplicada no modo avançado das bases. A janela temporal utilizada foi de 2010-2020. Neste intervalo de tempo, houveram acontecimentos que ampliaram a discussão sobre os resíduos sólidos e conceitos sustentáveis, no Brasil, como a publicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) em 2010; e em 2012 a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável com impacto nacional e internacional, aconteceu no Rio de Janeiro abordou temas como a economia verde e o desenvolvimento sustentável, a erradicação da pobreza e as organizações institucionais para o desenvolvimento sustentável.

Ainda no âmbito internacional destacam-se a Cúpula do Clima em 2014, sediada em Nova York, onde a diretoria da ONU convocou lideranças políticas, do setor privado e sociedade civil para discutir sobre as emissões de carbono e medidas para reduzi-las. E em 2015 a Conferência das Nações Unidas para Mudanças Climáticas, que ocorreu em Paris, fechou um acordo com 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável com foco na garantia da vida na água, terra, diminuição das mudanças climáticas e adoção de energia limpa sustentável. Todos esses marcos podem contribuir para a implementação de práticas simbióticas na indústria de alimentos e fomento da publicação na área.

Foram selecionados os artigos publicados na língua materna, Português e em Inglês, um dos idiomas mais falados no mundo. Após aplicação dos filtros/critérios de

inclusão/exclusão de tempo e idioma, resultando em um montante de 1.253 arquivos, foram identificados 62 documentos duplicados, ou seja, um artigo presente em mais de uma das bases, e 7 documentos restritos, com isso foram 1.184 arquivos para as duas fases de triagem, como é apresentado na figura 5.

Figura 5 - Fluxograma da primeira etapa da pesquisa.



Fonte: Autor.

Como descrito por Botelho *et al*, (2011) devido a amplitude dos bancos de buscas os resultados tendem a ser diversos, o que torna o refinamento uma estratégia necessária, de modo a garantir que permaneçam apenas os documentos com afinidade com o estudo. Nesta etapa, utiliza-se os critérios de inclusão e exclusão. Na presente pesquisa os critérios adotados foram os descritos no Quadro 1.

Quadro 1 – Descrição dos critérios de inclusão e exclusão aplicados às buscas realizadas.

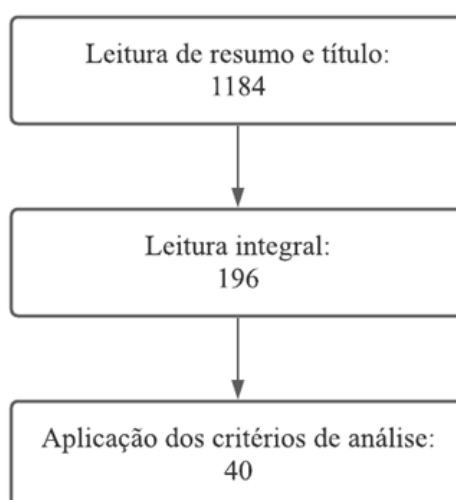
INCLUSÃO	EXCLUSÃO
Abordagem do conceito de simbiose industrial (SI)	Abordagem de conceitos sem nenhuma relação com a SI
A aplicação deve ser em âmbito agroindustrial	Aplicação do conceito de simbiose em outros segmentos industriais e urbanos
Janela temporal 2010-2020	-
Idioma - Português/Inglês	-

Fonte: Autor.

3.4 TRIAGEM DO MATERIAL RECUPERADO

A triagem do material foi realizada em duas etapas, a primeira consistiu na leitura dos títulos e resumos, afunilando ainda mais os resultados, permanecendo apenas 196 documentos para a leitura integral. A segunda fase da triagem consistiu em uma leitura criteriosa dos artigos restantes, avaliando pontos relevantes para a temática, nessa última etapa o quantitativo restante para a elaboração da revisão foi de apenas 40 artigos (BOTELHO et al 2011).

Figura 6 - Fluxograma das etapas de triagem dos artigos.



Fonte: Autor.

Percebeu-se uma queda brusca referente a quantidade de artigos selecionados em relação ao montante inicial, consequência da aplicação dos critérios de inclusão e exclusão adotados, uma vez que os artigos recuperados inicialmente tratavam muitas vezes da aplicação do conceito de SI em segmentos distintos ao desejado, tornando sua análise inviável para a obtenção de dados que respondessem à pergunta de pesquisa, assim como os objetivos gerais e específicos. Fenômeno semelhante foi experimentado por Barros *et al*, (2020) na elaboração de um estudo de revisão de literatura, o qual o autor recuperou um quantitativo total de 1.604 e ao final do processo de refinamento obteve apenas 52 documentos no seu portfólio definitivo.

3.5 ANÁLISE DO MATERIAL RECUPERADO

Os 40 artigos restantes foram lidos integralmente e analisados a partir de 21 categorias de análise, ordenadas com auxílio da ferramenta Excel. As categorias de análise abordavam desde informações bibliográficas como título, autores e ano de publicação, até atributos mais específicos ao tema, como o segmento da empresa, material de permuta, utilização dos resíduos, etc. A aplicação de categorias de análise, permitiu a extração de informações relevantes à compreensão e alcance dos objetivos geral e específicos.

A partir da obtenção dos dados foi possível conduzir as análises quantitativas e qualitativas. As análises quantitativas foram feitas a partir de estatística descritiva básica e aplicação de princípios bibliométricos, como a lei de Bradford para verificação da produtividade dos periódicos sobre a temática trabalhada. Assim como Santos (2015), foi utilizado a ferramenta Excel para o tratamento dos dados, elaboração dos gráficos e a aplicação da lei de Bradford. elaborada uma tabela no Excel com a distribuição dos 26 periódicos em que foram publicados os artigos analisados, postos em ordem decrescente de publicação, possibilitando a visualização da relação periódicos\artigos.

Considerando os valores obtidos foram realizados a produção de uma tabela que representa em zonas os conceitos da lei aplicada e um gráfico de dispersão e em seguida calculado o multiplicador de Bradford de forma a verificar se os resultados obtidos condizem ou não com a lei.

Já a avaliação qualitativa se deu pela explanação dos pontos abordados mais relevantes dos artigos sobre a temática, buscando identificar as principais técnicas, vantagens e desvantagens/dificuldades da aplicação do conceito estudado.

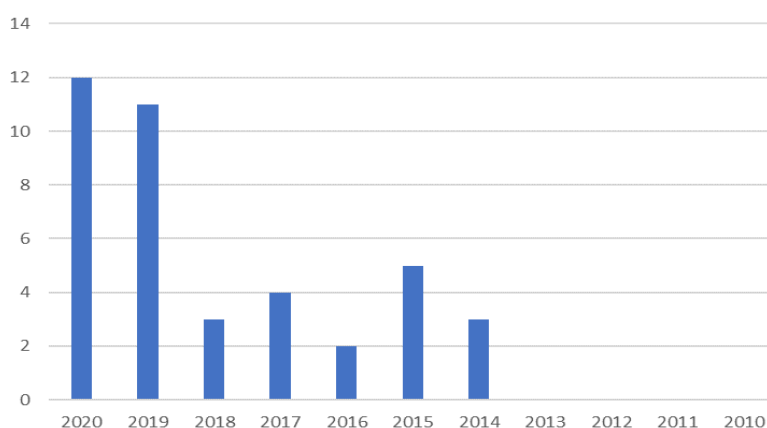
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 SIMBIOSE INDUSTRIAL NO SETOR ALIMENTÍCIO: UM OLHAR SOBRE OS ASPECTOS QUANTITATIVOS DA PRODUÇÃO

Com o intuito de observar o panorama de evolução das publicações referentes ao tema proposto, a presente seção explana os resultados quantitativos da busca realizada, de forma a possibilitar a visualização dos recortes temporais, geográficos, metodológicos e dos periódicos pertencentes.

Nos últimos anos a questão ambiental tem se apresentado como decisiva para os mercados. A figura 7, apresenta o ano de 2020 com o maior número de artigos relevantes para o tema em questão. Cabe destacar que a busca foi realizada no mês de setembro, logo, o número de publicações ao final de 2020 pode ser ainda maior que o apontado.

Figura 7 - Análise da distribuição por ano dos artigos.



Fonte: Autor.

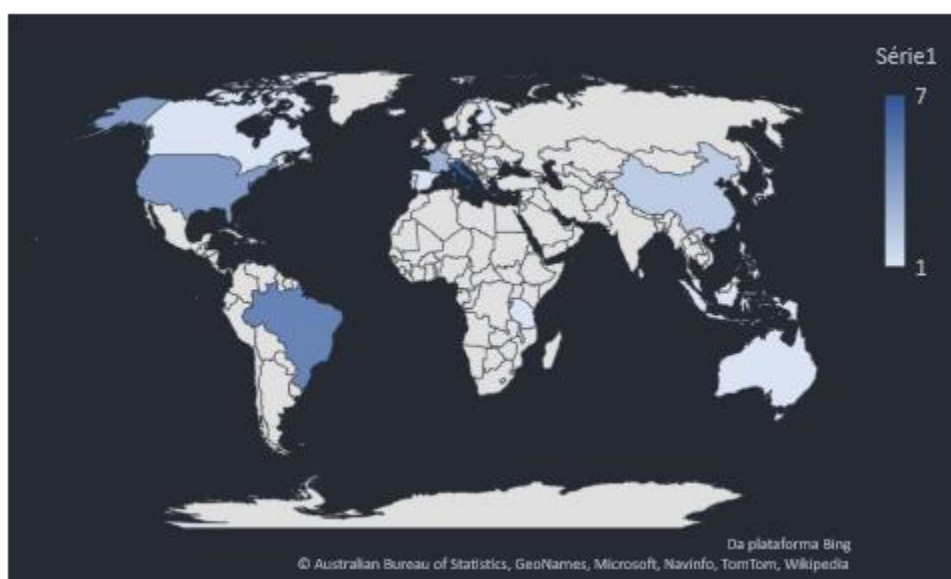
A grande concentração de publicações em 2020 pode ter relação com o evento ocorrido em dezembro de 2019 em Madrid, a Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática - CUP 25, reunindo diversos líderes mundiais e ativistas que tinham como objetivo discutir estratégias para mitigar as mudanças climáticas (ONU, 2019). Koppelmäki *et al* (2019) também aborda em sua pesquisa sobre sistemas simbióticos em fazendas de produção orgânica que nos últimos anos vem havendo uma pressão cada vez maior para a produção sustentável de alimentos, e que essa pressão tem grande relação com as metas impostas pela União Europeia (UE), que além da produção de alimentos também frisam uma geração de energia a partir de fontes alternativas.

Nesse cenário de debate, restabelecimento de metas e direcionamento de políticas ambientais a economia circular e simbiose industrial são conceitos que tendem a ganhar força. O ano de 2020 conta ainda com outros fatores que contribuíram para o interesse no tema: se trata da pandemia da COVID-19. A pandemia acabou por agravar e dar maior visibilidade a diversas outras questões já existentes, como as questões sociais, de saúde e segurança pública, e também ambientais (SANTOS, 2020), convidando a sociedade civil e os diversos setores, incluindo os setores industriais a repensarem seu *modus operandi*.

Barros *et al*, (2020) concluiu em sua pesquisa de revisão que as publicações dos trabalhos científicos referentes à temática ganharam força apenas nos últimos quatro anos. De acordo com a figura 7, 2019 é o segundo ano com maior produção, contrastando com os anos de 2010- 2013, que não apresentam publicação sobre o tema, e corrobora com o observado pelo autor.

Ao avaliar a distribuição geográfica das produções, observa-se que as pesquisas foram desenvolvidas em 20 países, sendo que a maior produtividade ficou concentrada na Itália, Brasil, Estados Unidos, França e Singapura, que juntos totalizam 22 publicações, ou seja, pouco mais da metade do total de artigos analisados. Das pesquisas desenvolvidas no Brasil a maior parte consiste em trabalhos de revisões de literatura, enquanto que nos demais países citados predominam trabalhos de estudos de casos. Apenas nos países Taiwan, Indonésia, Itália e Chipre foram observados pesquisas de metodologias diferentes das mencionadas acima.

Figura 8 - Distribuição por país dos artigos recuperados.



Fonte: Autor.

De acordo com levantamento realizado por Barros e colaboradores (2020), os países europeus são os que mais produzem sobre o tema. Tal resultado, pode ser consequência dos parâmetros impostos pela União Europeia para a adoção do modelo de economia circular, que incentivam a implantação de práticas como a simbiose industrial. A Itália, país de destaque, aprovou em 2019 um decreto de lei conhecido como “Decreto Clima” que propõe medidas como o reflorestamento, investimento na compra de transportes elétricos para escolas e a criação da “cidade verde Itália” que premiará cidades com as melhores técnicas sustentáveis implantadas, visando mitigar as mudanças climáticas (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

O segundo lugar de destaque na produção é ocupado pelo Brasil com 12, 5% das publicações. Dentre eles, o trabalho de Alberto et al, 2019, que estuda o potencial dos resíduos orgânicos, evidenciando questões que devem ser consideradas durante a gestão desses materiais, como é o caso da logística das trocas, sazonalidade da matéria-prima, e pouca homogeneização dos resíduos, finalizando a pesquisa com a elaboração de uma agenda de estudos referentes a esse conteúdo. No entanto, mesmo com o crescente desenvolvimento de pesquisas nessa área e com os gastos elevados para a gestão de resíduos sólidos, o país pouco mostra interesse em implementar de fato políticas públicas e práticas sustentáveis que melhorem essa realidade, onde maior parte dos resíduos continua sendo aterrado sem maiores aproveitamentos (NEVES *et al*, 2020).

Os estudos produzidos nos Estados Unidos representam 10% do total. Em sua maioria, tratam da gestão e decisões operacionais e como esses fatores impactam na prática do modelo de simbiose industrial. Lee & Tongarlak (2017) trabalham, por exemplo, um modelo de gerenciamento de estoque de produtos perecíveis em um supermercado varejista, com o objetivo de diminuir o desperdício e perdas desses produtos. Apenas duas publicações recuperadas foram desenvolvidas na Dinamarca, local em que se encontra a experiência mais exitosa de simbiose industrial com o parque eco-industrial de Kalundborg.

As publicações recuperadas estão distribuídas em um total de 25 periódicos indexados. O ranking dos periódicos considerando a assiduidade de trabalhos significativos para a pesquisa juntamente com o seu respectivo Fator de Impacto (FI) está representado no Quadro 2.

Quadro 2 - Ranking dos periódicos referente aos artigos selecionados.

Periódicos	Nº de artigos	Fator de Impacto
Journal of cleaner production	7	9.297
Journal of industrial ecology	4	6.946
Procedia CIRP	3	2.40
Sustainability	2	3.251
Agricultural Systems	2	5.370
Waste Management	2	7.145
Resources, Conservation & Recycling	2	10.204
Ecological Economics	1	5.389
Food and Bioproducts Processing	1	4.481
European Journal of Lipid Science and Technology	1	2.056
Scientific Papers-series Management Economic Engineering and Agriculture and Rural Development	1	0.787
IISE Transactions	1	2.90
African Journal of Science, Technology, Innovation and Development	1	0.93

Resources	1	3.59
The Journal of Supercritical Fluids	1	4.577
European Journal of Operational Research	1	5.334
Journal of Environmental Management	1	6.789
Procedia Environmental Science, Engineering and Management	1	1.00
Frontiers in Sustainable Food Systems	1	3.95
IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	1	0.41
Benchmarking	1	3.93
Journal of Enterprise Information Management	1	5.17
Environmental Science and Pollution Research	1	3.056
Science of the Total Environment	1	6.551
Renewable and Sustainable Energy Reviews	1	14.982

Fonte: Autor.

Dos 25 periódicos, 17 estão catalogados no Qualis periódicos disponíveis na Plataforma Sucupira. Segundo a análise do quadriênio (2016-2013) às revistas listadas estão classificadas entre A1, A2, B1, B1, B3 e C com foco nas áreas de Ciências Ambientais, Ciências de Alimentos, Ciências agrárias e Biológicas, e em menor

quantidade as que se destacam nas áreas de Economia e Engenharia. São 8 as revistas que não estão presentes na avaliação da Qualis periódicos, são elas: Resources, Conservation & Recycling que possui 2 artigos na pesquisa e as demais Scientific Papers-series Management Economic Engineering and Agriculture and Rural Development; African Journal of Science, Technology, Innovation and Development; The Journal of Supercritical Fluids;Procedia Environmental Science, Engineering and Management; Frontiers in Sustainable Food Systems;IOP Conference Series: Earth and Environmental Science e Renewable and Sustainable Energy Reviews, com apenas uma publicação cada. (BRASIL, 2019).

Dentre os periódicos com maior frequência de publicação, portanto, com maior impacto para essa pesquisa destacam-se o Journal of cleaner production e Journal of industrial ecology, corroborando com os resultados encontrados por Neves *et al* (2020) e Barros *et al* (2020) que também observaram os referidos periódicos como os principais em sua pesquisa de revisão. Em seguida estão os periódicos, Procedia CIRP; Sustanaibility; Agricultural systems e Waste management completando o ranking dos periódicos com mais de uma publicação.

Em grande parte, as revistas são especializadas em sustentabilidade e temas correlatos. O periódico de maior importância Journal of cleaner production é especializado em temas que abordam uma produção mais limpa, meio ambiente e sustentabilidade, possui Fator de Impacto (FI) 9.297. Já o Journal of industrial ecology possui FI 6.946 e é especializado em publicações que tratam da relação do meio ambiente com fatores socioeconômicos como o conceito de economia circular, o que justifica as posições de destaque na pesquisa (ELSEVIER, 2020; WILEY LIBRARY, 2019).

Após rankeamento dos periódicos por frequência de publicação, aplicou-se a lei de Bradford. Observa-se que um único periódico é responsável por 7 publicações estudadas, e metade das publicações estão pulverizadas em 20 periódicos. A tabela 1 aponta a distribuição de periódicos em núcleo central, ou grupo que concentram $\frac{1}{3}$ das publicações e zonas de menor frequência.

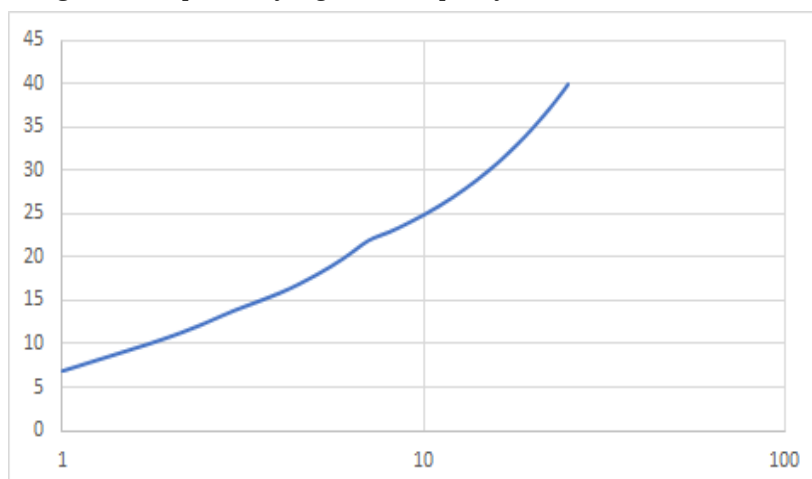
Tabela 1 – Resultados da aplicação da lei de Bradford.

	Nº de periódicos	Nº de artigos por periódicos
Núcleo	3	14
Zona 1	8	12
Zona 2	14	14
Total	25	40

Fonte: Autor.

A pesquisa recuperou 40 artigos de 25 periódicos distintos. Com a aplicação da lei pôde-se perceber que apenas os valores correspondentes a três periódicos pertencentes ao campo do Núcleo, englobam 35% do total de artigos, enquanto o somatório de trabalhos das oito revistas representadas na Zona 1 consistem em 30% das publicações, e os 14 periódicos referentes a Zona 2 compreende aos 35% restante para atingir o total de artigos. Esses resultados confirmam o princípio de Bradford, uma vez que de acordo com o mesmo, o número mais expressivo de artigos relevantes para um determinado tema é publicado por um quantitativo menor de periódicos em relação aqueles que publicam menos sobre um mesmo tema (BORGES, 2002).

Os dados obtidos através da aplicação da Lei de Bradford também podem ser representados a partir de um gráfico. A relação entre o número de periódicos e o número de artigos, onde para que se confirme a lei, o mesmo deve ter um crescimento logarítmico apresentado como o da Figura 9.

Figura 9 - Representação gráfica da aplicação da lei de Bradford.**Fonte:** Autor.

As palavras-chave, por sua vez, foram tratadas em duas tabelas, que distinguem as palavras mais utilizadas e outra para as menos utilizadas.

Tabela 2- Frequência das palavras-chave mais apontadas

Palavras – Chave	<i>n</i>
Circular Economy	21
Industrial Symbiosis	17
Industrial Ecology	7
Biomass	5
Eco-industrial park	5
Food waste	4
Sustainability	4
Recycling	4

Fonte: Autor.

As duas palavras chave mais utilizadas foram “Circular Economy” e “Industrial Symbiosis”, respectivamente. Ainda que o termo central desta pesquisa tenha sido simbiose industrial, a palavra/termo de destaque foi economia circular. Provavelmente

esse resultado se deve ao fato de que o termo em questão acaba por englobar diversos outros que se referem à sustentabilidade no ramo industrial, o mesmo pode se aplicar ao termo “Industrial Ecology”, que também está na lista (JACOB *et al*, 2017).

A segunda palavra-chave mais utilizada trata-se do conceito central dessa pesquisa, e que também foi utilizada como estratégia de busca “Industrial Symbiosis”. O termo “Eco-industrial Park” também aparece com frequência em função da sua ligação direta com a simbiose industrial, já que muitas das indústrias que aplicam o conceito de simbiose se organizam em parques eco industriais. A palavra “Biomass” e o termo “Food waste”, são relevantes por direcionar a pesquisa para o setor de alimentos, representando assim o resíduo gerado durante o processamento o qual será destinado para que haja o seu aproveitamento.

A tabela seguinte lista algumas das palavras-chave que se repetiram com menos frequência dentre os artigos selecionados e que, todavia, apresentam relevância em relação à temática abordada.

Tabela 4 – Palavras-Chave menos utilizadas dentre os trabalhos.

Palavras – Chave	Quantidade de repetições
Bioeconomy	3
By-products	3
Energy	3
Material Flow Analysis	3
Waste Management	3
Food Industry	2
Green gas	2
Life cycle assessment	2

Fonte: Autor.

As palavras apontadas anteriormente abrangem diversos aspectos dos estudos trabalhados. Por exemplo, “Energy” e “Green gas”, representam duas das principais destinações dadas aos resíduos descritos nas pesquisas analisadas. Pramulya *et al*, (2019)

utiliza a compostagem como meio de captação de gases para a produção de energia. Pierie *et al*, (2017) que trabalha o termo “green gas” para se referir ao gás produzido a partir de materiais como esterco de animais que são tratados a partir de processos anaeróbios.

Já os termos “Material Flow Analysis”, “Waste Management” e “Lyfe cycle assessment”, representam metodologias de se gerenciar o material resultante dos processos produtivos, de forma a conduzi-lo para fins mais adequados. Esses conceitos são abordados nos trabalhos de Fernandes-Mena *et al*, (2020) como uma maneira de simular cenários de fluxos de materiais e propor melhorias, além de estudar possíveis utilizações.

As pesquisas tratadas também foram quantificadas quanto a metodologia utilizada para sua elaboração. Os trabalhos recuperados consistem em sua maioria em estudos de casos que somam 23 trabalhos e correspondem a 57,5% do total, seguidos por 11 revisões de literatura 27,5%, 3 trabalhos experimentais que compreendem a 7,5%, 2 pesquisas de campo 5% e apenas 1 estudo de caráter narrativo representando 2,5% dos trabalhos analisados.

Os estudos de caso possibilitam uma visão holística sobre a temática abordada, resultando em informações que podem auxiliar na identificação e resolução de problemas que contribuem para a melhoria do objeto de estudo, auxiliando ainda na tomada de decisões referente ao mesmo. Por essa razão, a metodologia em questão é muito utilizada para avaliar casos de setores industriais e governamentais. Os artigos que tinham como metodologia o estudo de caso, em sua maioria tratavam de setores agroindustriais como as indústrias beneficiadoras de cana-de-açúcar, arroz, soja, pescado e também algumas indústrias de panificação, refrigerantes e ainda fazendas e supermercados varejistas, realizados principalmente em países europeus, seguidos por países asiáticos e por último em países da América Latina (TORMES *et al*, 2018; YU *et al*, 2015; SADHUKHAN *et al*, 2020).

Em segundo, as Revisões de literatura, que permitem a integração de diversos estudos em um só, além de possibilitar a visualização das pesquisas que estão sendo elaboradas na área de interesse como o caso do conceito de Simbiose industrial, proporcionando uma avaliação dos métodos empregados e da evolução em cada um dos setores, com o intuito de identificar lacunas e potencialidades de novos estudos. O único trabalho de caráter narrativo se refere ao uso de tecnologias que auxiliam na tomada de

decisões através da coleta de dados de todas as etapas do processo produtivo de indústrias alimentícias, mas que também podem ser aplicadas em outros segmentos, a fim de subsidiar melhorias para processos circulares já existentes e também para os que estão em fase de implementação (TSENG *et al*, 2019).

Em relação às duas pesquisas de campo, a realizada por Dias *et al*, (2016) no Canadá que utiliza da análise de ciclo de vida como meio de verificar os impactos ambientais causados por uma produção de tomates em estufa, de modo a encontrar formas de amenizar os impactos negativos através de práticas circulares. O segundo estudo referente a mesma metodologia é o de Borrello *et al*, (2020) que abordam a importância da participação dos consumidores para a promoção de negócios cíclicos, por meio de entrevistas que avaliam a intenção dos mesmos em participar desse tipo de empreendimento, além de proporcionar às empresas conhecimento para direcionar suas práticas para o público alvo.

Já os trabalhos experimentais tratam em sua maioria sobre meios para a recuperação energética, como o trabalho de Pramulya *et al*, (2019) que usa como substrato resíduos do beneficiamento do grão de café para a geração de energia, enquanto Loizia *et al*, (2019) usam sobras provenientes do abate bovino para o mesmo fim.

4.2 A APLICAÇÃO DO CONCEITO DE SIMBIOSE INDUSTRIAL NO SETOR ALIMENTÍCIO: UMA ANÁLISE CRÍTICA DA PRODUÇÃO ACADÊMICA RECUPERADA

Os artigos recuperados e selecionados para a leitura foram analisados criticamente. O quadro 3 apresenta os 40 artigos do portfólio final, ordenados de acordo com as características dos resíduos e demais abordagens dos artigos, dispostos de forma a responder às categorias de análises discutidas ao longo da seção.

Quadro 3 - Produção recuperada nas bases Scopus, Web of Science e FSTA, período de 2010-2020.

	ORIGEM	MATERIA L DE PERMUTA	DESTIN O	PRODU TO GERAD O	LOCAL	AUTORES
RESÍDUOS DE ORIGEM VEGETAL	Processamento de grãos, refino de vinho, produtor de açúcar, óleo	Bagaço, cascas, farelo, sementes, vinhaça, melaço, argila e água	Biorrefinarias, fábrica de ração, fábrica de papel, fazendas	Papel, álcool, etanol, ração animal, biogás, energia,	Inglaterra, China, Itália, Estados Unidos, Tanzânia, Grécia,	YU; HAN; CUI, 2015; SADHUKHAN et al., 2020; ZHU et al., 2020; RWEYENDEL

	vegetal, sucos, indústria de panificação	condensada de alta temperatura	de criação de animais, incineração	óleo, nutrientes isolados, farinhas para consumo humano	Brasil, França, Espanha	A; MWEGOHA, 2020; VASKALIS et al., (2019); AMATO et al., (2018); FERNANDEZ-MENA et al., (2020b); PRAMULYA et al., (2019); CARDENIA et al., (2018); SANTOS; MAGRINI, (2018); VARDANEGA; PRADO; MEIRELES, (2015); MIRABELLA; CASTELLANI; SALA, (2014); ALFARO; MILLER, (2014); NEVES et al, 2020; BARROS et al., 2020;
RESÍDUOS DE ORIGEM ANIMAL	Fazendas de criação, abatedouros frigoríficos, indústria de processamento de carne bovina, aves e peixes, indústria de laticínios	Casco, chifre, penas, cabelo, unhas, espécies de peixes de baixo valor comercial, pele, cabeça, vísceras, etc.	Fábricas de ração, composta, biorrefinarias, fazendas agropecuárias.	Produção de ração animal, extração de nutrientes, fertilizantes, biogás e energia	Dinamarca, Itália, Romênia, Finlândia, Holanda, França, Chipre, Austrália.	UDUGAMA et al., (2020); FERNANDEZ-MENA et al., (2020); KOPPELMÄKI et al., (2019); LOIZIA; NEOFYTOU; ZORPAS, (2019); FRONE; FRONE, (2017); PIERIE et al., (2017); RAABE et al., (2017); DIAS et al., (2017); LOPES et al., (2015); PAES et al, 2019; FERNANDEZ-MENA; NESME;

						PELLERIN, (2016); PAGOTTO; HALOG, (2016)
ÁGUA RESIDUAL	Principalmente produtores de bebidas, sorvetes e refrigerante	Água residual do processo	Centrais de tratamento de água	Carbono, água para caldeiras, lavagem de áreas externas	China, Indonésia	HU et al., (2020); CHOPRA; KHANNA, (2014)
RESÍDUOS DE EMBALAGENS	Fazendas agrícolas e indústrias processadoras de bebidas, alimentos fritos e congelados e açúcar	Embalagens de defensivos agrícolas, embalagens primárias e secundária, resíduo de escritório	reciclagem	Papel e embalagem plásticos reciclados	Itália e Brasil	MARRUCCI; MARCHI; DADDI, (2020); SELLITTO; ALMEIDA, (2019); SIMBOLI; TADDEO; MORGANTE, (2015)
TÉCNICAS E TECNOLOGIAS QUE AUXILIAM A SI	Fazendas agropecuárias, mercados varejistas			Dados que possibilitam diagnosticar o nível das interações simbióticas para a geração de estratégias futuras	Itália; Taiwan; Estados Unidos; Singapura e Reino Unido	FRACCASCIA ; GIANNOCARO, (2020); LOW et al., (2018); TSENG et al., (2019); LEE; TONGARLAK, (2017) TEKLER et al., (2019); BORRELLO et al., (2020); BREHM E LAYTON, 2020; DORA, 2019

Fonte: Autor.

Os estudos recuperados abordam aspectos diferentes referentes à Simbiose Industrial (SI). Como indica o trabalho de Neves *et al*, (2020), o conceito em questão pode ser aplicado em diversos setores produtivos, auxiliando a implementação de práticas que acabam por tornar o fluxo de produção mais cíclico, com trocas de recursos que favoreçam ambos os envolvidos, que podem ser desde resíduos resultantes do processo produtivo até prestações de serviços, diminuindo desperdícios e os impactos negativos que geram no meio ambiente.

Dentre os trabalhos selecionados, aqueles que abordam a utilização de resíduos de origem vegetal são a maioria. Esses estudos destacam várias formas de aproveitamento dos resíduos gerados, entre eles os que sugerem aproveitamento dos resíduos em cadeias similares são minorias, apontamos a pesquisa de Sadhukhan *et al*, (2020) que trata a extração de proteína a partir de resíduos de grãos e leguminosas, com o auxílio de surfactantes, também de origem vegetal, possibilitando seu uso na elaboração de novos produtos à base de proteína vegetal, empregados principalmente na produção de produtos veganos e vegetarianos industrializados, como hambúrgueres.

Exemplo similar é explanado por Mirabella *et al*, (2014) que através de uma revisão de literatura abordam diferentes tipos de resíduos vegetais, e apresentam suas potencialidades. O estudo apresenta principalmente resíduos originários das indústrias de sucos que processam frutas como maçãs, bagas (amora, framboesa, etc.) e frutas cítricas (laranja, limão, etc.), processos onde os resíduos gerados são bagaço, cascas e sementes, que possuem uma grande viabilidade econômica. Esses resíduos são ricos em antioxidantes, fibras, água, carboidratos insolúveis, ácidos graxos essenciais, entre outros compostos, além de possuírem boa palatabilidade. O bagaço e as cascas podem ser aproveitados principalmente em sua forma desidratada com técnicas mais simples como a desidratação por estufa, ou mais sofisticada como é o caso da liofilização que preserva de forma mais eficiente as propriedades nutricionais, elevando o valor agregado do subproduto e podendo ser adicionada em inúmeras preparações. Já as sementes são aproveitadas para a produção de óleos, que são ricos em ácidos graxos essenciais e antioxidantes.

No estudo de Cardenia *et al*, (2018) também é descrito o uso de subprodutos potenciais na indústria de alimentos, com destaque ao resíduo do beneficiamento do trigo duro. O farelo de trigo é apresentado como recurso para a produção de óleo e farinha desengordurada, especialmente em função de sua composição (pericarpo e o gérmen). Os autores destacam que esses resíduos são gerados em grande escala e geralmente destinados para a produção de ração animal, no entanto, devido a sua abundância e qualidade nutricional há um grande potencial para outras utilizações, o óleo é indicado para ser empregado na indústria farmacêutica, enquanto a farinha e o farelo podem ser aplicados na indústria de alimentos.

Em contraste, Amato *et al*, (2018) trabalha o farelo de trigo para a produção de biocombustíveis, como alternativa para a diminuição das queimas de combustíveis

fósseis, um dos principais emissores de gases de efeito estufa. O projeto estuda uma empresa do ramo da panificação, para a qual o autor coloca a Simbiose Industrial como uma das estratégias de promoção da auto suficiência energética, juntamente com a implantação de placas fotovoltaicas. A energia da biomassa do trigo é gerada a partir de um processo anaeróbico de digestão, que produz o biogás, e este antes de utilizado é purificado pelos processos de dessulfurização e desumidificação.

A produção de calor e energia, é uma das principais formas em que os resíduos do setor agroindustrial são empregados, fato que pode ser percebido pelos múltiplos trabalhos que discutem e fazem uso dos resíduos de origem vegetal e animal para essa finalidade, chegando a cerca de 32,5% dos artigos analisados.

Vaskalis *et al*, (2019) faz uso da técnica de gaseificação, como forma de gerar eletricidade e calor, utilizando a casca de arroz como substrato, no entanto, o processo em questão resulta na produção de cinzas, posteriormente, aplicadas como fertilizantes agrícolas. Já Pramulya *et al*, (2019) abordam o emprego de resíduos da cadeia do café (casca e água residual da despolpa) como substrato para a geração de energia elétrica, a partir do emprego da compostagem da biomassa e queima. A pesquisa aponta ainda, através da análise de fluxo da geração de resíduos, o quanto de energia pode ser gerada, estimando que 1 tonelada de café cereja (processamento primário) tenha potencial energético de 34 kWh.

No estudo de Rweyendela & Mwegoha, (2020) o resíduo trabalhado é o bagaço da cana-de-açúcar, utilizado como combustível na alimentação de caldeiras para a geração de energia, processo esse que acaba por resultar em cinzas que são aproveitadas como fertilizantes. No entanto, o processamento da cana-de-açúcar resulta em mais de um tipo de resíduos, além do bagaço ainda é produzido o melaço, que os autores destacam o seu uso para a produção de álcool. Outra aplicação para o bagaço de cana-de-açúcar proveniente da produção do açúcar, devido sua característica fibrosa é a fabricação de papel, meio encontrado pelo setor de diminuir o desmatamento, uma vez que diversas leis para reduzir essa prática foram aplicadas, tornando o processo de produção mais econômico e sustentável (ZHU *et al*, 2020).

O processo de simbiose industrial depende muito da logística de como serão realizadas as trocas entre as empresas colaboradoras, o conceito de “Parque eco-industrial”, se apresenta como um importante aliado nessa questão, trata-se, da forma em

que as indústrias que realizam trocas simbióticas podem se organizar geograficamente, de modo a facilitar tais interações. Raabe *et al*, (2017) apresenta em seu estudo, uma arquitetura hipotética para comparação com um caso real, apontando as dificuldades e vantagens dos elos da cadeia com trocas simbióticas. A pesquisa apresenta o caso de uma refinaria que utiliza óleo de cozinha para a produção de biodiesel, e aponta que para aumentar a eficiência do processo o ideal seria a implementação de refinarias menores, como postos de coleta do resíduo utilizado, para diminuir a distância entre o gerador do resíduo e o seu beneficiador.

No estudo de caso produzido por YU *et al*, (2015) sobre a evolução da Simbiose Industrial e dos “parques eco-industriais” usando o Parque Eco-Industrial de Demonstração Nacional, Área de Desenvolvimento Econômico e Tecnológico de Rizhao (REDA) como objeto de estudo, as indústrias alimentícias desse parque consistem em um dos segmentos mais rentáveis representando 43% do montante gerado. Os principais empreendimentos alimentícios são os de óleos de grãos (soja e feijão), produção de vinho e açúcar, seus processos produtivos geram como resíduos argila e água quente condensada, vinhaça (bagaço da produção do vinho) e melaço, respectivamente. Esses por sua vez, são aproveitados para a produção de novos produtos: a argila é aplicada na produção de fertilizantes, a vinhaça para a produção de ração animal e o melaço como substrato para usina de álcool. Além das trocas de resíduos citadas, as empresas compartilham a infraestrutura de centrais termelétricas onde é aproveitada a água quente condensada, e tratamento de efluentes e rejeitos, reduzindo assim o custo de operação.

Alfaro & Miller (2014) por outro lado, trazem a SI praticada em pequenas propriedades de agricultura familiar, mostrando a versatilidade da aplicação do conceito. Os autores aplicaram a SI em 5 unidades produtivas localizadas na aldeia de Konia no norte da Libéria, região onde a agricultura é a principal fonte de renda. Dentre os empreendimentos envolvidos no estudo estão presentes: criação de porcos, coelhos e peixes; uma empresa que processa arroz e uma pousada. A SI é apresentada como uma forma de elevar a receita total dos participantes, diminuindo custos e desperdícios, onde o farelo gerado no beneficiamento do arroz, juntamente com as ervas daninhas são direcionados para a alimentação dos animais, e com o auxílio de um digestor os dejetos destes vão para a produção de metano que é utilizada na cozinha da pousada, diminuindo o uso do carvão, e fertilizante para a plantação de arroz.

Resíduos provenientes da criação, abate e processamento de animais também são bastante frequentes dentre os artigos selecionados, direcionados principalmente para a produção de ração animal, recuperação energética, e biofertilizantes. Udugama *et al* (2020), por exemplo realiza a recuperação de proteína como forma de reinserir os resíduos na cadeia de produção com a extração de queratina das penas, unhas, chifres e cascos gerados do abate de animais, para serem incorporados na ração animal. Esses resíduos passam por um tratamento hidrotérmico, que segue as etapas de hidrólise, secagem e moagem, obtendo como produto final um concentrado de proteína direcionados principalmente para a ração de peixes, uma vez que a fonte de proteína mais empregada para esses animais, são oriundas de espécies de peixes silvestres ou com pouco valor comercial, sendo essa uma prática econômica e, todavia, ambientalmente insustentável.

Exemplo disso é tratado por Lopes *et al* (2015), que compara quatro cenários diferentes para a gestão de subprodutos de pescado gerados pela atividade de indústrias pesqueiras, sendo eles a valorização, compostagem, incineração e aterro. A valorização é feita a partir da produção de farinha e óleo de vísceras, pele e ossos, além de espécimes inteiras com baixo valor comercial e descartados de peixes pequenos, indicando o potencial desses produtos principalmente da farinha, para a produção de ração animal. O autor conclui que a valorização desses resíduos é a forma mais viável de tratá-los, acarretando em produtos de valor agregado, e com menos danos ao meio ambiente. No entanto, mesmo que o intuito do trabalho seja implementar a SI como forma de possibilitar novas utilizações para esses recursos, é necessário que se analise o impacto negativo que a utilização dos peixes considerados de pouco interesse comercial para este fim, uma vez que acabam por desencadear um desequilíbrio dessas espécies e poderiam ser inseridos novamente ao seu local de origem, sendo necessário uma modificação no método de pesca e critérios de seleção dos peixes, antes do seu abate.

Aplicações distintas a essa para resíduos de origem animal são trazidas por Frone & Frone (2017) que buscando um meio de tratar os resíduos gerados por um parque eco-industrial com várias indústrias de abatedouros frigoríficos e de laticínios, empregaram as carcaças expiradas, sangue, vísceras e os resíduos da indústria de laticínio, como substrato para a geração de energia a partir da incineração desses materiais em um equipamento que permite a recuperação do calor. As autoras estimam que cerca de 450 toneladas desses resíduos são incineradas por ano, representando uma redução de cerca de 15 toneladas de CO₂, em relação à queima da mesma quantidade de combustíveis

fósseis, e destacam ainda a importância dos incentivos governamentais para alavancar parques industriais com foco sustentável, uma vez que o equipamento utilizado pelas indústrias foi adquirido através de parcerias público/privadas.

A pesquisa de Koppelmäki *et al* (2019), realizada com produtores orgânicos na Finlândia, partem do princípio que devido à progressiva degradação do meio ambiente, e consequentes pressões da União Europeia e dos consumidores, a tendência, tanto na produção de alimentos, quanto na de energia, é a de adotarem cada vez mais práticas sustentáveis. O estudo engloba produtores orgânicos de cereais, vegetais, galinhas e uma usina de biogás, onde a biomassa oriunda de ambas as empresas são enviados para serem digeridas por processo anaeróbios, produzindo gás como fonte de energia e adubo, direcionados para os mesmos empreendimentos, tornando uma cadeia mais cíclica, com redução de custos com fertilizantes e energia.

Trabalho análogo a esse, desenvolvido por Pierie *et al* (2017), em uma cooperativa de fazendas localizadas em Groningen na Holanda, onde também usam a biomassa da agroindústria, criação e abate de animais como substratos para a recuperação energética e produção de adubo a partir do tratamento anaeróbio. No entanto, os autores apresentam alguns critérios de análise para avaliar a sustentabilidade dessa prática em comparação com métodos convencionais e para otimizar o sistema de Digestão Anaeróbia (DA) em escala agrícola. Para isso, utilizaram indicadores diferentes: eficiência energética, pegada de carbono, impactos e custos ambientais, que possibilitaram concluir que comparado com a produção de energia a partir da queima de combustíveis fósseis, por exemplo, o sistema de DA simbiótico implantado na referida cooperação agrícola tem potencial para reduzir significativamente o consumo de energia externa de 92%v para 72% ; a pegada de carbono que compreende na emissões de CO₂ gerada pela atividade de 71% à 91%, os impactos ambientais de forma geral de 68% à 89% e os gastos anuais dos empreendimentos participantes de 56% à 66%.

Ainda considerando os trabalhos que tratam a SI empregando resíduos de origem animal como recurso para a produção de energia, adubos e fertilizantes, pode-se apontar os trabalhos de Loizia *et al* (2019), trabalham resíduos gerados do abate de animais de corte (suínos e caprinos), como substrato para a geração de biogás a partir da digestão anaeróbica. Fernandez-Mena *et al* (2020) utiliza a mesma técnica para tratar esterco e resíduos agroindustriais para a produção de fertilizantes.

Os empregos dos resíduos advindos da indústria de alimentos menos explanados pelos trabalhos selecionados são referentes ao uso das águas residuais. Como o estudo conduzido por Hu *et al*, (2020) com objetivo de explorar um modelo de SI aplicada em um parque eco-industrial Chinês de grande porte com especialidade nas áreas de, informação eletrônica, a bioengenharia, indústria farmacêutica, indústria de equipamentos, indústria automobilística, e ainda 7 indústrias processadoras de alimentos (entre produção de biscoitos, sorvetes e bebidas) contudo o estudo considera que apenas as 2 fábricas de refrigerantes e 1 de sorvete geram juntas 80% da água residual do parque industrial, e torna-se fonte de carbono que é direcionado para a central de tratamento que recebe os efluentes originado de todas as indústrias pertencentes.

Além dos resíduos já expostos, a SI também pode ser aplicada para a valorização dos chamados materiais auxiliares, que compreendem em embalagens de defensivos agrícolas, fertilizantes, material de limpeza, embalagens primárias e secundárias dos produtos, entre outros. Sellitto & Almeida (2019) por exemplo, apontam alternativas sustentáveis para esses materiais, os quais são gerados em um aglomerado agroindustrial na Itália, composto por fazendas agrícolas e empresas beneficiadoras de sucos e purê de cenoura; fábrica de tortas e bolinhos de batata congelados e outros produtos; fabrica de açúcar de beterraba. Esses empreendimentos são geradores de resíduos auxiliares como filmes e embalagens; Caixas e paletes (madeira); Embalagem mista (plásticos, papel, papelão); óleos usados Filtros de óleo gasto; Baterias gastas; Embalagem mista a (contendo resíduos de substâncias perigosas); outros materiais mistos (contendo resíduos de substâncias perigosas), nesse caso o aproveitamento desses materiais é realizado por empresas terceirizadas, o que acaba sendo uma alternativa economicamente desfavorável. Os autores destacam o potencial de integração com outras empresas que consigam utilizar esses resíduos como matéria-prima para a produção de novas embalagens, o que reduziria seus custos, e contribuiria para ampliar a reciclagem.

Em contrapartida, Marrucci *et al* (2020) evidenciam o aproveitamento de embalagens e materiais auxiliares advindos do setor varejista, que assim como as indústrias são grandes geradores desse tipo de material, e ainda de alimentos vencidos ou fora dos padrões de consumo. Esses resíduos são direcionados para cooperativas de reciclagem e acabam gerando novos produtos, e os alimentos são enviados à compostagem para a produção de adubo. A implementação dessas práticas enfrenta certas dificuldades, sendo a principal delas, a má conduta dos funcionários que mesmo com

treinamentos, acabam por descartar os resíduos em locais inapropriados, misturando materiais recicláveis com orgânicos, dificultando o processo de separação e posterior tratamento.

Além dos estudos que abordam as trocas simbióticas na indústria, a pesquisa recuperou ainda artigos que tratam da importância dos colaboradores e do emprego de tecnologias como forma de potencializar os resultados da SI. A implantação de tecnologia de banco de dados por meio de um aplicativo, por exemplo, tem como objetivo gerenciar as trocas simbióticas e de recursos como forma de disponibilizar na sua base melhores alternativas para a destinação dos resíduos gerados considerando suas particularidades, de forma a arquivar as técnicas utilizadas nos tratamentos e trocas anteriores facilitando as atividades futuras (LOW *et al*, 2018).

Enquanto o trabalho de Terkler *et al*, (2019) por sua vez, trata da importância dos recursos humanos para a aplicação do conceito de SI na indústria de alimentos. O estudo foi realizado com um número representativo de profissionais responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos de uma indústria de alimentos, foram propostas políticas com o intuito de promover o conhecimento dos funcionários sobre a SI, o que auxiliará na tomada de decisões, para avaliar as características dos resíduos e o que se deve ou não ser feito para o seu melhor aproveitamento.

Fraccascia & Giannoccaro, (2020) apresentam indicadores, que avaliam dentre outros aspectos, alguns dos benefícios referentes a implementação do modelo de Simbiose Industrial nos processos de produção. Dentre os principais benefícios estão a redução de custos, que ocorrem devido a economia dos gastos com o descarte de resíduos e aquisição de insumos. Já os benefícios para o meio ambiente, são tratados no estudo referido, a partir dos indicadores de pegada de carbono, que consiste na quantidade de gás carbônico liberado por determinada ação e análise do ciclo de vida, por exemplo.

O conceito de Simbiose Industrial pode abranger toda a cadeia produtiva, desde a produção da matéria-prima, processamento, distribuição, e comercialização dos alimentos, Lee & Tongarlak, (2017) trabalha o conceito de SI em um comércio varejista, empregando práticas de gerenciamento de estoque, para diminuir o desperdício de produtos alimentícios, além de técnicas para o tratamento dos excedentes, como o processamento de produtos perecíveis para a novas formulações com maior tempo de vida

útil, e ainda a participação de projetos que recebem o excedente comercial como doação, em troca de crédito fiscal.

Durante a seleção dos artigos, pôde-se perceber ainda a utilização de diversos conceitos complementares ao conceito central deste estudo, como: FAN (Flows in Agro-food Networks) termo que traduzido refere-se aos fluxos de rede agroalimentar, consiste basicamente na análise dos sistemas agroalimentares, com o intuito de aprimorar as práticas agrícolas, e reformular para um sistema de produção mais cíclico (FERNANDEZ-MENA *et al*, 2020).

A Análise do Ciclo de Vida é outro conceito de destaque, abordado no trabalho desenvolvido por Dias *et al* (2017), que além do emprego da SI, para a destinação dos resíduos gerados em uma produção de tomates, os autores destacam a técnica da Análise do Ciclo de Vida como um método de avaliar os impactos ambientais gerados por toda a cadeia produtiva, desde a sua colheita, processamento, distribuição e comercialização. Possibilitando a comparação da produção de tomate em estufa na cidade de Ontario no Canadá, da de outros locais com relação ao impacto ambiental.

Todos os artigos trazidos nessa seção comprovam a viabilidade e a versatilidade da utilização da Simbiose Industrial, como método de transformação para os diversos segmentos industriais, de forma a modificar as tradicionais cadeias lineares para cadeia cíclicas, aproveitando conceitos já conhecidos na natureza, como uma maneira de mitigar os problemas de desperdício na indústria de alimentos e suas consequências negativas para o meio ambientais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Simbiose Industrial tem sido aplicada por setores diversos, e pode ser uma boa alternativa para o aproveitamento dos resíduos, possibilitando agregação de valor com consequente redução dos impactos negativos que os mesmos podem ter no meio ambiente sem o devido tratamento. Outro aspecto positivo é que a implantação dessa dinâmica possibilita a geração de novos postos de emprego, uma vez que, o processamento dos resíduos é uma nova linha produtiva; além de gerar a diminuição de custos em muitos casos e contribuindo para elevar a receita dos empreendimentos que adotam esse conceito.

O aproveitamento dos resíduos oriundos da cadeia de produção de alimentos é, em sua maioria, feito com recuperação energética, produção de fertilizantes naturais e

produção de ração animal. Percebe-se uma lacuna sobre a utilização da SI para a produção de novos gêneros alimentícios que incorporem subprodutos ou resíduos enquanto matéria-prima, o que pode ser uma possibilidade para o desenvolvimento de novos estudos bibliográficos e, especialmente, estudos experimentais, que possam avaliar o potencial, a qualidade e viabilidade desses produtos.

Sob a perspectiva logística, as principais dificuldades enfrentadas na implementação dos conceitos de simbiose industrial, correspondem à disposição geográfica das empresas interessadas, fomentar arranjos proximais é mais viável e facilita a execução das permutas. Outro ponto, é a falta de regulamentos e legislações referentes ao tema, incentivos governamentais, ou até mesmo a compulsoriedade da prática, somada a falta de conhecimento sobre a SI pelos responsáveis diretos das indústrias alimentícias. Recomenda-se ainda o estudo de arranjos locais viáveis de aplicação de Simbiose Industrial aplicada em eco-parques formados apenas por indústrias beneficiadoras de alimentos.

REFERÊNCIAS

ABIA - Associação Brasileira da Indústria de Alimentos. **Relatório anual de atividades ABIA 2019**. São Paulo, 2020. Disponível em: https://www.abia.org.br/vsn/tmp_10.aspx?id=32 Acesso em: 23/06/2020.

Agência Italiana de Notícias (ANSA). **Decreto contra mudanças climáticas**, dezembro, 2019. Disponível em: http://ansabrasil.com.br/brasil/noticias/brasil/natureza/2019/12/10/camara-da-italiaaprova-decreto-contramudancas-climaticas_bd3c92c4-6d05481395043be52245a725.html

ALFARO, J.; MILLER, S. Applying Industrial Symbiosis to Smallholder Farms: Modeling a Case Study in Liberia, West Africa. **Journal of Industrial Ecology**, v. 18, n. 1, p. 145–154, 2014.

AMATO, F. et al. Assessment of the energetic value of ancient Sicilian wheat in the industrial symbiosis perspective. **Procedia Environmental Science, Engineering and Management**, v. 5, n. 1, p. 1–9, 2018.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 10004: **Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro – RJ, 2004. Disponível em: <https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf> Acesso em: 22/10/2020.

BARROS, M. V. et al. Mapping of research lines on circular economy practices in agriculture: From waste to energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 131, 2020.

BEZZON, Rodolfo Zampieri; DINIZ, Renato Eugênio da Silva. O conceito de ecossistema em livros didáticos de biologia do ensino médio: abordagem e possíveis implicações. **Educ. rev.**, Belo Horizonte, v. 36, e195948, 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010246982020000100230&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 24/10/2020.

BORGES, Paulo César Rodrigues. **Métodos quantitativos de apoio à bibliometria: a pesquisa operacional pode ser uma alternativa?** Ci. Inf., Brasília, v. 31, n. 3, p. 5-17, set.2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19652002000300001&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 25/10/2020.

BORRELLO, M. et al. Consumers are willing to participate in circular business models: A practice theory perspective to food provisioning. **Journal of Cleaner Production**, v. 259, 2020.

BOTELHO, Louise Lira Roedel; CUNHA, Cristiano Castro de Almeida e MACEDO, Marcelo. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e Sociedade**. Belho Horozonte, v. 5, n. 11, p 121-136. mai-ago, 2011. Disponível em: <https://www.gestaoesociedade.org/gestaoesociedade/article/view/1220> Acesso em: 25/06/2020.

BRASIL. Lei N° 12.305 de 2 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário oficial da união. Brasília – DF, 2010. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm Acesso em: 18/05/2020.

BRASIL. Leiº 9.605 de fevereiro de 1998. **Sanção penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente**. Diário oficial da união. Brasília - DF, 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm Acesso em: 24/10/2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 81, de dezembro de 2018. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade e os Procedimentos para uso na Alimentação Animal de Coprodutos na Indústria de Alimentação Humana e a Animal**. Diário oficial da união. Brasília, 2018. Disponível em: <https://in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-81-de-19-de-dezembro-de-2018-56128060> Acesso em: 17/11/2020.

CAMPAROTTI, Carlos Eduardo Soares e MENEGON, Nilton Luiz. **Aplicações da Simbiose Industrial no Agronegócio: uma revisão da literatura**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção XXXVII, 2017. Joinville. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_246_426_31564.pdf Acesso em: 23/10/2020.

CARDENIA, V. et al. Durum wheat bran by-products: Oil and phenolic acids to be valorized by industrial symbiosis. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 120, n. 8, 2018.

CASTRO, Larissa Alves de; LIZI, Jaqueline Miranda; CHAGAS, Eduardo Galvão Leite das; CARVALHO, Rosemary Aparecida de e VANIN, Fernanda Maria. From Orange Juice By-products in the Food Industry to a Functional Ingredient: application in the circular economia. *Foods*, v.9, p. 593, maio, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/5/593#cite> Acesso: 22/10/2020.

CAVALCANTE, Luciana Miranda; MACHADO, Luiza Carla Girad Teixeira; LIMA, Aline Maria Meiguins de. Avaliação do desempenho ambiental e racionalização do consumo de água no segmento industrial de produção de bebidas. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 8, n. 3, p. 191-202, dezembro, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2013000300016 Acesso em: 24/11/2020.

CAVALCANTE, Priscila de Sousa. Sistema de Medição de Desempenho: revisão sistemática de literatura. 2016, 91 f. Dissertação (Mestrado) – Pontifício Universidade Católica (PUC), Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/29509/29509.PDF> Acesso em: 26/10/2020.

CHERTOW, Marian R. “Uncovering” Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, v. 11, n. 1, p. 11-30, dezembro, 2007. Disponível em: <https://onlinelibrary-wiley.ez117.periodicos.capes.gov.br/doi/epdf/10.1162/jiec.2007.1110> Acesso em: 23/10/2020.

CHOPRA, S. S.; KHANNA, V. Understanding resilience in industrial symbiosis networks: Insights from network analysis. **Journal of Environmental Management**, v. 141, p. 86–94, 2014.

CUTOVOI, Iara Tonissi Moroni. Entendimento da baixa ocorrência da Simbiose Industrial no Brasil. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão XI, 2015. Gestão Ambiental & Sustentabilidade. Disponível em: https://www.inovarse.org/sites/default/files/T_15_508_0.pdf Acesso em: 23/10/2020.

DIAS, G. M. et al. Life cycle perspectives on the sustainability of Ontario greenhouse tomato production: Benchmarking and improvement opportunities. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 831–839, 2017.

DORA, M. Collaboration in a circular economy: learning from the farmers to reduce food waste. **Journal of Enterprise Information Management**, v. 33, n. 4, p. 769–789, 2019.

E-LA-TORRE-UGARTE-GUANILO, Mônica Cecilia; TAKAHASHI, Renata Ferreira; BERTOLOZZI, Maria Rita. Revisão sistemática: noções gerais. **Rev. esc. enferm. USP**, São Paulo, v. 45, n. 5, p. 1260-1266. Out, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0080-62342011000500033 Acesso em: 24/06/2020.

ELSEVIER. **Journal of Cleaner Production**, 2020. Disponível em: <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-cleaner-production> Acesso em: 29/10/2020.

EUROPEAN COMMISSION. *Closing the loop - an EU action plan for the Circular Economy*. 2015. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614>. Acesso em: 18/10/2020.

FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **Perdas e desperdícios de alimentos na América Latina e no Caribe**. FAO, 2011. Disponível em: <https://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/239394/> Acesso em: 29/10/2020.

FELTES, Maria M. C. et al. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 669-677. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000600014&lng=en Acesso em: 17/11/2020.

FERNANDEZ-MENA, H. et al. Co-benefits and Trade-Offs From Agro-Food System Redesign for Circularity: A Case Study With the FAN Agent-Based Model. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, 2020a.

FERNANDEZ-MENA, H. et al. Flows in Agro-food Networks (FAN): An agent-based model to simulate local agricultural material flows. **Agricultural Systems**, v. 180, 2020b.

FERNANDEZ-MENA, H.; NESME, T.; PELLERIN, S. Towards an Agro-Industrial Ecology: A review of nutrient flow modelling and assessment tools in agro-food systems at the local scale. **Science of the Total Environment**, v. 543, p. 467–479, 2016.

FRACCASCIA, L.; GIANNOCARO, I. What, where, and how measuring industrial symbiosis: A reasoned taxonomy of relevant indicators. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 157, 2020.

FRONE, D. F.; FRONE, S. Circular economy in romania: an industrial synergy in the agri-food sector. **scientific papers-series management economic engineering in agriculture and rural development**, v. 17, n. 2, p. 103–109, 2017.

GOMES, Ubiara Henrique; SIMIONI, Tiago Adriano; PINA, Douglas dos Santos; GOMES, Fagner Junior, PAULA, Diego Cordeiro de e BOTINI, Leonardo Antonio. Potencial de Utilização de Co-produtos Agroindustriais para Suplementos. **Rev. Nutritime**. v, 11. n, 02. p, 3363-3386, Mar/Abr, 2014. Disponível em: https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/ARTIGO244.pdf Acesso em: 11/03/2021.

GONÇALO, Camila da Silva; CASTRO, Cecília Muzetti de; BONON, Michele Mazzocata; MOTTA, Pedro Mourão Roxo da; DAHDAL, Andreia Benati; BATISTA, Janir Coutinho; HIRAYAMA, Marcio Sussumu; PERES, Silvia Miguel de Paula e BARROS, Nelson Filice de. **Planejamento e execução de revisões sistemáticas da literatura**. Brasília Med, v. 49, n. 2, p. 104-110, 2012. Disponível em: <https://cdn.publisher.gn1.link/rbm.org.br/pdf/v49n2a06.pdf> Acesso em: 24/10/20.

GOUVEIA, Flavia. **Indústria de Alimentos: no caminho da inovação e de novos produtos**. v. 2, n. 5, Campinas, nov.-dez. 2006. Disponível em: <http://inovacao.scielo.br/pdf/inov/v2n5/a20v02n5.pdf> Acesso em: 23/06/2020

GOUVEIA, Nelson. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciênc. saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1503-1510. junho, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232012000600014 Acesso em: 11/06/2020.

HU, W. et al. Wastewater treatment system optimization with an industrial symbiosis model: A case study of a Chinese eco-industrial park. **Journal of Industrial Ecology**, 2020.

HUERTA, Marina da Mota. **Bagaço de uva: aproveitamento, avaliação e aplicação em pré-mistura para bolo**. 2018. 85 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15934/DIS_PPGCTA_2018_HUERTA_MARINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 17/05/2020.

JACOBI, Pedro Roberto; GIATTI, Leandro. INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE. **Ambient. soc.** São Paulo, v. 20, n. 4, p. I-IV, Dec. 2017. Acesso em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2017000400001&script=sci_arttext&tlng=pt#:~:text=A%20economia%20circular%20agrega%20diversos,torna%20um%20novo%20'ber%C3%A7o'%20para 11/10/2020.

KALUNDBORG SYMBIOSIS DK. Artigos de associação para Kalundborg Symbiosis, Dinamarca, dezembro, 2019. Disponível em: <http://www.symbiosis.dk/> Acesso em: 23/10/2020.

KOPPELMÄKI, K. et al. Ecological intensification by integrating biogas production into nutrient cycling: Modeling the case of Agroecological Symbiosis. **Agricultural Systems**, v. 170, p. 39–48, 2019.

LEE, D.; TONGARLAK, M. H. Converting retail food waste into by-product. **European Journal of Operational Research**, v. 257, n. 3, p. 944–956, 2017.

LEITE, Bárbara Zanicotti; PAWLOWSKY, Urivald. Alternativas de minimização de resíduos em uma indústria de alimentos da região metropolitana de Curitiba. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 96-105, junho 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141341522005000200002&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 18/10/2020.

LEITE, Zélia Therezinha Custódio et al. Leite e alguns de seus derivados: da antiguidade à atualidade. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 876-880, julho, 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422006000400043 Acesso em: 19/11/2020.

LOIZIA, P.; NEOFYTOU, N.; ZORPAS, A. A. The concept of circular economy strategy in food waste management for the optimization of energy production through anaerobic digestion. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 15, p. 14766–14773, 2019.

LOPES, C. et al. Valorisation of fish by-products against waste management treatments - Comparison of environmental impacts. **Waste Management**, v. 46, p. 103–112, 2015.

LOW, J. S. C. et al. **A Collaboration Platform for Enabling Industrial Symbiosis: Application of the Database Engine for Waste-to-Resource Matching**. Procedia CIRP. **Anais...2018** Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85047087597&doi=10.1016%2fj.procir.2017.11.075&partnerID=40&md5=cdedee2b4454a616a4854b86acf4f796>>

MACHADO, Priscila Pereira; OLIVEIRA, Nádia Rosana Fernandes de e MENDES, Áquilas Nogueira. O indigesto sistema do alimento mercadoria. **Saúde e Sociedade**. 2016, v. 25, n. 2, pp. 505-515. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/sausoc/2016.v25n2/505-515/#> Acesso em: 23/06/2020.

MARRUCCI, L.; MARCHI, M.; DADDI, T. Improving the carbon footprint of food and packaging waste management in a supermarket of the Italian retail sector. **Waste Management**, v. 105, p. 594–603, 2020.

MIRABELLA, N.; CASTELLANI, V.; SALA, S. Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p. 28–41, 15 fev. 2014.

NEVES, A. et al. A comprehensive review of industrial symbiosis. **Journal of Cleaner Production**, v. 247, 2020.

NUNES, Bianca Brekaieto Silveira; XAVIER, Antonio Augusto de Pula; KOVALESKI, João Luiz; MICHALOSKI, Ariel Orlei e OLIVEIRA, Kaline Araújo. **Gestão de resíduos na indústria de alimentícia no Brasil: uma revisão de literatura das metodologias aplicadas**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Paraná, 2017.

Disponível em: <http://www.aprepro.org.br/conbrepro/2017/down.php?id=3264&q=1>
Acesso em: 23/06/2020.

OLIVEIRA NETO, Geraldo Cardoso de et al. Princípios e ferramentas da produção mais limpa: um estudo exploratório em empresas brasileiras. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 22, n. 2, p. 326-344, June 2015. Available from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104530X2015000200326&lng=en&nrm=iso. 23/10/20.

OLIVEIRA, Aline Pereira de. **Resíduos da indústria de alimentos para a elaboração de farinhas: uma estratégia para aproveitamento**. 2018. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/15791/1/APO19092019.pdf>
Acesso em: 17/05/2020.

OLIVEIRA, Fábio Ribeiro de; FRANCA, Sergio Luiz Braga; RANGEL, Luís Alberto Duncan. Princípios de economia circular para o desenvolvimento de produtos em arranjos produtivos locais **Interações (Campo Grande)**, Campo Grande, v. 20, n. 4, p. 1179-1193, Dec. 2019. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1518-70122019000401179&script=sci_arttext Acesso em: 22/10/20.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas COP 25**. Madrid, 2019. Disponível em: <https://www.unenvironment.org/pt-br/events/conference/conferencia-das-nacoes-unidas-sobre-mudanca-climatica-cop-25> Acesso em: 10/10/2020.

PAES, L. A. B. et al. Organic solid waste management in a circular economy perspective – A systematic review and SWOT analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 239, 2019.

PAGOTTO, M.; HALOG, A. Towards a Circular Economy in Australian Agri-food Industry: An Application of Input-Output Oriented Approaches for Analyzing Resource Efficiency and Competitiveness Potential. **Journal of Industrial Ecology**, v. 20, n. 5, p. 1176–1186, out. 2016.

PEREIRA, Tatiana Cotta Gonçalves. Política Nacional de Resíduos Sólidos: nova regulamentação para um velho problema. **Direito e Justiça**, v.11, n. 17, 2011. Disponível em: http://srvapp2s.urisan.tche.br/seer/index.php/direito_e_justica/article/view/719
Acesso em: 29/06/2020.

PIERIE, F. et al. Improving the sustainability of farming practices through the use of a symbiotic approach for anaerobic digestion and digestate processing. **Resources**, v. 6, n. 4, 2017.

PORTUGAL JUNIOR, Pedro dos Santos; REYDON, Bastiaan Philip; PORTUGAL, Nilton dos Santos. A sustentabilidade ambiental como direcionadora estratégica ao processo de reindustrialização no Brasil. **Econ. soc.**, Campinas, v. 21, n. spe, p. 889-907, Dec. 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010406182012000400008&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 20/10/2020.

PRAMULYA, R. et al. **Material flow analysis for energy potential in coffee production**. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. **Anais...**2019Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85078297077&doi=10.1088%2f1755-1315%2f399%2f1%2f012011&partnerID=40&md5=e4dd609dab1aad5f35937dd5e8b82a49>>

RAABE, B. et al. **Collaboration Platform for Enabling Industrial Symbiosis: Application of the By-product Exchange Network Model**. Procedia CIRP. **Anais...**2017Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85020016587&doi=10.1016%2fj.procir.2016.11.225&partnerID=40&md5=a505b33524a7b2a1e2b88667cb0f0977>>

RIBEIRO, Helena; JAIME, Patrícia Constante; VENTURA, Deisy. Alimentação e sustentabilidade. **Estud. av. São Paulo**, v. 31, n. 89, p. 185-198, abr. 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142017000100185&lng=pt&tlng=pt Acesso em: 19/05/2020.

ROTHER, Edna Terezinha. Revisão sistemática X revisão narrativa. **Acta paul. enferm.** São Paulo, v. 20, n. 2, p. 5-6. junho, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ape/v20n2/a01v20n2.pdf> Acesso em: 24/06/2020.

RWEYENDELA, A. G.; MWEGOHA, W. J. S. Industrial symbiosis in Tanzania: A case study from the sugar industry. **African Journal of Science, Technology, Innovation and Development**, p. 1–12, 2020.

SADHUKHAN, J. et al. Perspectives on “Game Changer” Global Challenges for Sustainable 21st Century: Plant-Based Diet, Unavoidable Food Waste Biorefining, and Circular Economy. **SUSTAINABILITY**, v. 12, n. 5, 1 mar. 2020.

SAMPAIO, RF e MANCINI, MC. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Rev. bras. fisioter.**, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 83-89. Fev, 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-35552007000100013 Acesso em: 24/06/2020.

SANTOS, Boaventura de Sousa. COELHO, Gabriel Bandeira e FRANZ, Alice Hubner. A cruel pedagogia do vírus. **Ciências Sociais Unisinos**, v. 56, n.1, p 104-106, São Leopoldo, 2020. Disponível em: <https://www.boitempoeditorial.com.br/produto/e-a-cruel-pedagogia-do-virus-958> Acesso em: 28/10/20.

SANTOS, G. C. D. Análise Bibliométrica dos Artigos Publicados como Estudos Bibliométricos na História do Congresso Brasileiro de Custos. **Pensar Contábil**, v. 17, n. 62, p. 4-13, 2015. Disponível em: <http://www.spell.org.br/documentos/ver/37276/analise-bibliometrica-dos-artigos-publicados-co---> Acesso em: 24/10/20.

SANTOS, V. E. N.; MAGRINI, A. Biorefining and industrial symbiosis: A proposal for regional development in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 177, p. 19–33, 2018.

SAUVÉ, Sébastien; BERNARD, Sophie e SLOAN, Pamela. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. **Environmental Development**, v.17, p. 48-56, janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211464515300099> Acesso em: 24/10/20.

SCOPUS. **Guia de referência rápida**, Elsevier, 2016. Disponível em: https://www.periodicos.capes.gov.br/images/documents/Scopus_Guia%20de%20refer%C3%Aancia%20r%C3%A1pida_10.08.2016.pdf Acesso em: 24/10/20.

SELLITTO, M. A.; ALMEIDA, F. A. Strategies for value recovery from industrial waste: case studies of six industries from Brazil. **Benchmarking**, v. 27, n. 2, p. 867–885, 2019.

SILVA, N. D. da; OLIVEIRA, A. L. A Ecologia industrial como instrumento na busca pela sustentabilidade. **interface tecnológica**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 220-231, 2018. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/469>. Acesso em: 22/10/20.

SIMBOLI, A.; TADDEO, R.; MORGANTE, A. The potential of Industrial Ecology in agri-food clusters (AFCs): A case study based on valorisation of auxiliary materials. **Ecological economics**, v. 111, p. 65–75, mar. 2015.

STORCK, Cátia Regina; BASSO, Cristiana; FAVARIN, Fernanda Reis e RODRIGUES, Alessandra Cristina. Qualidade microbiológica e composição de farinhas de resíduos da produção de suco de frutas em diferentes granulometrias. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 277-284, dezembro, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-67232015000400277&lang=pt> Acesso em: 11/06/2020.

TEKLER, Z. D. et al. **A waste management behavioural framework of Singapore's food manufacturing industry using factor analysis**. Procedia CIRP. **Anais...2019** Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85067170449&doi=10.1016%2fj.procir.2019.01.066&partnerID=40&md5=7193aa70dbe16394671cac9df10b3531>>

TORMES, Jiane Ribeiro; MONTEIRO, Luana e MOURA, Luiza Cristina Simplício Gomes de Azevedo. Estudo de Caso: uma metodologia para pesquisas educacionais. **Ensaio Pedagógicos**, Sorocaba, v. 2, n. 1, p 18-25, Jan/Abr, 2018 Disponível em: <http://www.ensaiospedagogicos.ufscar.br/index.php/ENP/article/view/57/100> Acesso em: 11/10/2020.

TREVISAN, M., NASCIMENTO, L. F., MADRUGA, L. R. da R. G., NEUTZLING, D. M., FIGUEIRÓ, P. S., & BOSSLE, M. B. (2016). Ecologia Industrial, Simbiose Industrial e Ecoparque Industrial: conhecer para aplicar. **Sistemas & Gestão**, 11(2), 204-15, v11. n2.993 Disponível em: <https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/993/430> Acesso em: 22/10/20.

TSENG, M.-L. et al. Pathways and barriers to circularity in food systems. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 143, p. 236–237, 2019.

UDUGAMA, I. A. et al. Resource recovery from waste streams in a water-energy-food nexus perspective: Toward more sustainable food processing. **Food & Bioproducts Processing: Transactions of the Institution of Chemical Engineers Part C**, v. 119, n. Part C, p. 133–147, jan. 2020.

UNIÃO EUROPEIA. Directiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho e 19 de novembro de 2008, relativa aos resíduos. Jornal Oficial da União Europeia, 2008. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=IT> Acesso em: 17/11/2020.

VARDANEGA, R.; PRADO, J. M.; MEIRELES, M. A. A. Adding value to agri-food residues by means of supercritical technology. **Journal of supercritical fluids**, v. 96, n. SI, p. 217–227, jan. 2015.

VASKALIS, I. et al. Towards circular economy solutions for the management of rice processing residues to bioenergy via gasification. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 22, 2019.

WILEY ONLINE LIBRARY. **Journal of Industrial Ecology**. Yale Unisersite, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/15309290?tabActivePane=> Acesso em: 29/10/2020.

YU, F.; HAN, F.; CUI, Z. Evolution of industrial symbiosis in an eco-industrial park in China. **journal of cleaner production**, v. 87, p. 339–347, 15 jan. 2015.

ZHU, Y. et al. Industrial symbiosis: Impact of competition on firms' willingness to implement. **IISE Transactions**, p. 1–17, 2020.