

Avaliação da adoção de tecnologias da Indústria 4.0 em conjunto com os conceitos de Economia Circular para desenvolver a sustentabilidade para o setor de Agronegócio

Valquiria Demarchi Arns
valquiria.demarchi@cocamar.com.br
UNINOVE

Carlos Augusto Borges da Silva Borges
carlosborges219@gmail.com
UNINOVE

Geraldo Cardoso de Oliveira Neto
geraldo.prod@gmail.com
UNINOVE

Resumo: O estudo teve como objetivo avaliar a adoção de tecnologias da indústria 4.0 em conjunto com os conceitos de economia circular que gerem sustentabilidade e auxiliar os pesquisadores, gestores e empresas a acelerar esse processo, dentro do setor do agronegócio. A metodologia utilizada na pesquisa foi a revisão bibliométrica para avaliar as publicações, países, nível de indicadores de circularidade adotados e método de pesquisa aplicada; e a revisão sistemática da literatura para analisar o impacto da adoção de tecnologias da indústria 4.0 e de conceitos da economia circular, que contribuem para a sustentabilidade do agronegócio. As análises apontam a adoção de Internet das Coisas por todos os estudos, como a tecnologia mais adotada da indústria 4.0 dessas pesquisas, em conjunto com outras ferramentas; dentro do conceito de economia circular, apenas um dos estudos abrange a circularidade de produtos e processos, porém sem mensurar a evolução de circularidade, indicando a rastreabilidade como um dos principais facilitadores para a evolução de circularidade dos negócios em conjunto com a adoção da ferramenta de Blockchain. O estudo elenca oportunidades de aplicação de novas pesquisas e a oportunidade de evoluir dentro do agronegócio.

Palavras Chave: indústria 4.0 - economia circular - sustentabilidade - agronegócio -

1. INTRODUÇÃO

A adoção de novas tecnologias e sistemas econômicos, associados a processos sustentáveis exigem uma visão e desafio a ser vencido, juntamente com a adoção de conceitos de processos inteligentes (LENG et al., 2020). Atualmente trabalhamos com sistemas lineares, por exemplo na agroindústria retiramos os materiais da terra, transformamos em produtos, consumimos e descartamos como lixos e aterros sanitários em um alto percentual, fora as perdas e desperdícios produzidos durante todo esse processo. Evoluir para uma economia circular significa eliminar os desperdícios, baseado em três princípios orientados pelo design circular, sendo eles: eliminação de desperdícios e poluição; produção de materiais e produtos circulares mantendo o seu valor nos ciclos; e regenerar a natureza. A economia circular desvincula as atividades econômicas do consumo de recursos finitos e avança no sentido de regenerar ativamente os ecossistemas e paisagens, construindo um sistema de produção positivo para a natureza, através de estratégias de portfólio de produtos desenvolvidos via design para a natureza, utilizando ingredientes diversificados, baixo impacto, transformados por reciclagem e produzidos de forma regenerativo (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2022).

A indústria 4.0 facilita o monitoramento de desempenho, manutenção, entre outros; a implementação de ferramentas da indústria 4.0, de conceitos da economia circular, e a gestão da cadeia de suprimentos contribui para a implementação de circularidade de produtos e processos (NHAMO et al., 2020). A adoção de Internet das Coisas pelas empresas, tem contribuído para o aumento de ganhos ambientais, sociais e econômicos, resultando na melhora de sustentabilidade; outras tecnologias são importantes para o equilíbrio entre os tópicos abordado, sendo elas: big data, robôs autônomos, simulação, sistemas integrados, computação em nuvem, manufatura aditiva, sistemas ciber físicos e realidade aumentada (Luthra e Mangla 2018).

Sendo assim, é demandado o uso dessas ferramentas simultâneas, garantindo a contribuição para a sustentabilidade; ferramentas da indústria 4.0, conceitos de economia circular e ferramentas da ecoeficiência podem criar o ambiente propício para os benefícios econômicos, sociais e ambientais, sendo assim, as ferramentas da ecoeficiência podem contribuir para o aumento da sustentabilidade e da circularidade (Rajput e Singh 2019). Para Oliveira Neto et al. (2018), uma abordagem que pode promover a sustentabilidade é a adoção das tecnologias da indústria 4.0, em conjunto com as ferramentas da ecoeficiência e os conceitos da economia circular, onde a integração de diferentes fatores de economia, meio ambiente e social, são essenciais para uma forte sustentabilidade, podendo ser alcançado através da prática do aumento da eficiência do consumo de recursos, abordando os princípios de regeneração, através da utilização de materiais orgânicos, uso de fontes de energias renováveis e aumentando o impacto na sustentabilidade.

A economia circular se baseia nos princípios orientados ao design, que são eles: eliminar os resíduos e a poluição dos processos de produção; manter os produtos e materias em ciclos fechados, de forma a manter seu valor, sem desvalorizar; e regenerar a natureza. Abordar a circularidade de produtos ou produtos circulares, é trabalhar produtos em sua forma física, podendo ser qualquer mercadoria que possa ser tocada de forma física, produzidos utilizando os conceitos e princípios da economia circular, que permaneçam neutros em relação aos demais produtos produzidos de forma linear (criação, vida útil e destinação), pois os produtos circulares permanecem no ciclo. O design dos produtos precisa ser projetado para serem escaláveis, ou seja, para alta produção, como exemplo projetar produção de garrafas para serem recicláveis, ela só será um produto circular, se realmente for 100% reciclada e permanecer no fluxo. Já o uso de materiais renováveis significa que eles se mantêm continuamente reabastecendo o ciclo a uma taxa igual ou superior à taxa de



esgotamento, como exemplo: algodão, milho, madeira, lã, couro, coprodutos agrícolas, nitrogênio, dióxido de carbono etc.; e materiais de base biológica não são necessariamente renováveis (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2020).

A produção de produtos circulares pode ser feita com a adoção de materiais renováveis quando relevante e produzidos através de práticas de produção regenerativa; uma produção sustentável não é necessariamente considerada como circular, sendo considerada uma fase de transição para a produção regenerativa, como exemplo a abordagem de agro ecossistemas, para fornecer alimentos e materiais por meio da agricultura, aquicultura ou silvicultura, criando resultados para a natureza que incluem solos saudáveis e estáveis, biodiversidade local, qualidade do ar, da água e sequestro de carbono, entre outras; regenerando ecossistemas degradados, podendo recorrer a diferentes escolas de pensamento, como a agricultura regenerativas, agroflorestal e agricultura de conservação (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2020).

A adoção da economia circular é analisada através de indicadores, divididos em níveis, sendo: adoção do nível macro, por cidades, regiões e países; adoção por nível meso, constituído de parques industriais e; nível micro, por organizações, consumidores de forma individual. Há publicações atualmente que reportam os indicadores de circularidade de acordo com o nível, sendo exemplo de indicadores macro reportados como: consumo de energia por PIB – produto interno bruto; consumo de água/produção para setores industriais; taxa de reciclagem; emissões de SO₂ entre outros. Para o nível meso, temos: análise de fluxo de materiais, grau de conectividade entre as industriais, consumo de energia e água por produção industrial, taxa de resíduos sólidos industriais entre outros. E para o nível micro: as empresas respondem pelos indicadores adequados (LINDER et al., 2017).

A pesquisa se iniciou por abordar o tema específico de economia circular, indústria 4.0 e sustentabilidade para a pós colheita dentro do agronegócio, porém ao iniciar a pesquisa de publicação deste setor, a mensuração desses temas ficou limitada, a opção foi iniciar a pesquisa retirando o setor específico do pós colheita do agronegócio e após o levantamento inicial de identificação e exclusão dos artigos, selecionou-se os trabalhos que abordavam de alguma forma o agronegócio. Com isto, o trabalho está direcionado a análise através de revisão bibliométrica e sistemática dos temas selecionados. Portanto, o objetivo é identificar o estado da arte referente a adoção de ferramentas para o agronegócio e as lacunas existentes.

Como resultado deste estudo, não se encontrou nenhum estudo que abordasse o tema específico para a revisão sistemática e bibliográfica da literatura, abordando a adoção de ferramentas da indústria 4.0 e conceitos de economia circular em conjunto, com resultados que gerem sustentabilidade para o agronegócio, que podem auxiliar as empresas e pesquisadores a acelerar para um sistema circular, através de novas tecnologias e com ganhos sustentáveis.

Esta pesquisa corrobora ao destacar que a união desses conceitos de ferramentas da indústria 4.0, economia circular e sustentabilidade para o agronegócio, são uma oportunidade para gestores e pesquisadores adotarem métricas de negócio sustentáveis; apresentando a metodologia após a introdução, onde são abordados os métodos utilizados para o desenvolvimento do estudo, seguido dos resultados da revisão bibliométrica e sistemática, fechando o estudo com as considerações finais.

2. METODOLOGIA

O presente estudo realizou uma revisão bibliométrica, para identificar/classificar perfis de várias publicações, através do levantamento de dados quantitativos e gráficos (PRITCHARD, 1969), e sistemática da literatura, para analisar o conteúdo (BARDIN, 1986),

sobre os temas Indústria 4.0, sustentabilidade, economia circular e agronegócio, com o objetivo de identificar a utilização das ferramentas da indústria 4.0 e dos conceitos de economia circular, a relação entre as tecnologias da indústria 4.0 e a economia circular, aplicadas ao agronegócio, abordando a circularidade de produtos e processos. A tabela 1 mostra as palavras-chave utilizadas na pesquisa, realizada em janeiro de 2022, com intervalo de período aberto, para a seleção dos artigos.

Tabela 1: Conjunto de palavras chaves

Idioma	Palavras chaves
Inglês	"industry 4.0" "sustainable"
Inglês	"industry 4.0" "sustainability"
Inglês	"industry 4.0" "circular economy"

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

Segundo Oliveira et al. (2018), utilizou-se o modelo de revisão bibliométrica e sistemática, definindo as palavras-chaves, perguntas básicas e específicas. Utilizou-se como fonte de pesquisa parâmetros como local de publicação, título, autores, ano de publicação, referências bibliográficas, método utilizado nos estudos e país pesquisado. Os artigos foram coletados utilizando a base de dados Scopus, por possuir relevante cobertura de conteúdo e incorporar importantes bases científicas, após a pesquisa e identificação dos artigos, foram selecionados aqueles que abordam o tema, porém que foram estudados para o setor de agronegócio.

Sendo assim, após utilização do modelo de revisão bibliométrica e sistemática segundo Oliveira Neto et al. (2018), adaptou-se as diretrizes do framework PRISMA Flow Diagram (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (MOHER et al., 2009), para auxiliar o processo de revisão sistemática, nos processos de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão de estudos, onde os artigos foram analisados a partir de seus resumos, resultados, considerações e conclusões, com objetivo de extrair dados, seguindo o seguinte critério de exclusão:

- a. Eliminação de resumos, artigos publicados em congressos e capítulos de livros;
- b. Eliminação de artigos duplicados;
- c. Eliminação de artigos que não abordam as tecnologias da indústria 4.0, sustentabilidade, economia circular e agronegócio.

Durante o desenvolvimento da pesquisa, ao triar as palavras-chaves na base de dados Scopus, se inseriu as palavras relacionadas à área de interesse: "agribusiness", "post harvest", "grain storage" e "grain large Scale Storage", em conjunto com as demais palavras-chaves; o resultado apontava para apenas um artigo publicado, sendo assim, foi excluído essas palavras, aplicado a pesquisa e depois selecionado os artigos que abordavam algum trabalho relacionado ao agronegócio de uma forma geral.

3. REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E SISTEMÁTICA

3.1 REVISÃO BIBLIOMÉTRICA

Com o resultado, foram identificados 1249 artigos, utilizou-se o método PRISMA para filtrar esses artigos, conforme a metodologia adotada. Desse total de artigos, após uma criteriosa avaliação, foram excluídos na triagem inicial 175 artigos duplicados e 33 resumos, os demais artigos foram analisados individualmente para buscar a abordagem tratada pelas

palavras-chave em seus resumos, resultados, considerações e conclusões; e a abordagem do setor do agronegócio. Senso assim, foram identificados cinco artigos que tratavam os assuntos da pesquisas relacionados ao setor do agronegócio.

Tabela 2: Artigos selecionados para as análises

Sequência	Título	Autores	Ano Publicação
1.	Application of blockchain technology for sustainability development in agricultural supply chain: justification framework	(MUKHERJEE et al., 2021).	2021
2.	Drone as a Service (DaaS) in promoting cleaner agricultural production and Circular Economy for ethical Sustainable Supply Chain development	(MAHROOF et al., 2021).	2021
3.	Fostering Awareness on Environmentally Sustainable Technological Solutions for the Post-Harvest Food Supply Chain	(FERNANDEZ et al., 2021).	2021
4.	Leveraging blockchain technology for circularity in agricultural supply chains: evidence from a fast-growing economy	(SHARMA et al., 2021).	2021
5.	To identify industry 4.0 and circular economy adoption barriers in the agriculture supply chain by using ISM-ANP	(KUMAR et al., 2021).	2021

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

É possível identificar pelo resultado dos artigos selecionados, que as publicações envolvendo os temas selecionados, em conjunto, são recentes. As revistas científicas identificadas da pesquisa são: Operations Management Research, Journal of Cleaner Production, Processes, Journal of Enterprise Information Management; sendo que foram identificados dois artigos publicados na revista Journal of Cleaner Production.

Foram identificados os métodos de pesquisas dos artigos selecionados para a revisão sistemática da literatura, sendo: Processo de hierarquia analítica (AHP), Modelagem Matemática, Revisão sistemática da literatura e Método Delphi (análise de especialistas).

O país com maior quantidade de artigos desenvolvidos é a Índia, foram 3 estudos, seguidos de uma publicação do Reino Unido e uma de Portugal.

3.2 REVISÃO SISTEMÁTICA

Realizou a revisão sistemática com objetivo de analisar as seguintes abordagens nas publicações triadas, segue:

- a. Utilização de ferramentas da indústria 4.0;
- b. Utilização dos conceitos da economia circular;
- c. Relação entre a adoção das ferramentas da indústria 4.0 e os conceitos da economia circular;
- d. Aplicação dentro do agronegócio;
- e. Circularidade de produtos e processos;
- f. Possíveis lacunas e oportunidades de novos estudos.

a. Utilização de ferramentas da indústria 4.0:

As ferramentas da indústria 4.0 abordadas no estudo são: Blockchain, Internet das Coisas – IoT, Computação em Nuvem, Drones, Inteligência Artificial – IA, Automação, Ciber Segurança ou Sistemas Ciber Físico e Big Data, conforme tabela 3 a seguir.

Tabela 3: Utilização de ferramentas da Indústria 4.0

Seqüência	Título	Ferramentas da Indústria 4.0
1.	Application of blockchain technology for sustainability development in agricultural supply chain: justification framework	Blockchain, IoT, Computação em Nuvem
2.	Drone as a Service (DaaS) in promoting cleaner agricultural production and Circular Economy for ethical Sustainable Supply Chain development	Drones e Inteligência Artificial
3.	Fostering Awareness on Environmentally Sustainable Technological Solutions for the Post-Harvest Food Supply Chain	Inteligência Artificial, IoT e automação, ciber segurança, Robótica
4.	Leveraging blockchain technology for circularity in agricultural supply chains: evidence from a fast-growing economy	Inteligência Artificial, IoT e Big Data
5.	To identify industry 4.0 and circular economy adoption barriers in the agriculture supply chain by using ISM-ANP	Sistemas Cyber Físicos, IoT, Big Data

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

A seguir a figura 1 com o resultado da incidência de estudo das tecnologias da Indústria 4.0 abordadas pelos artigos, é possível constatar que todos os artigos mencionaram a utilização de Internet das Coisas – IoT.

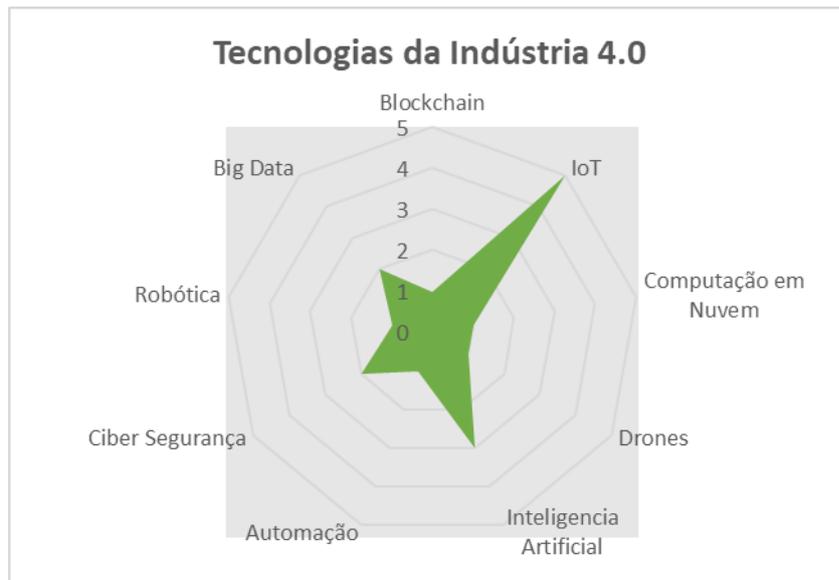


Figura 1: Utilização de Tecnologias da Indústria 4.0

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

b. Utilização dos conceitos da economia circular:

A tabela 4 aborda a utilização dos conceitos da econômica circular abordados nos artigos; através do estudo fica evidenciado trabalhos voltados para embalagens utilizadas no agronegócio, cadeia de suprimentos, adoção de conceitos gerais para aumentar a circularidade do setor, baseado em sustentabilidade da produção agrícola. Também é abordado o nível de adoção da economia circular pelos estudos; quatro artigos estudaram a adoção de conceitos da economia circular de forma Macro, onde o ecossistema é abordado, como exemplo pode ser regiões, e um dos artigos abordou a adoção de forma Meso, que corresponde a adoção por parques industriais ou eco setores.

Tabela 4: Utilização dos conceitos de Economia Circular

Sequência	Título	Conceitos da Economia Circular	Nível de Economia Circular abordado
1.	Application of blockchain technology for sustainability development in agricultural supply chain: justification framework	Utilização de conceitos de circularidade para a cadeia de abastecimento do setor agrícola, com estratégia para sustentabilidade da operação	Macro
2.	Drone as a Service (DaaS) in promoting cleaner agricultural production and Circular Economy for ethical Sustainable Supply Chain development	Implementação dos conceitos de economia circular para melhorar o desempenho e desafio da produção agrícola limpa.	Macro
3.	Fostering Awareness on Environmentally Sustainable Technological Solutions for the Post-Harvest Food Supply Chain	Fechar os ciclos e trabalhar a circularidade dos processos, de forma ecológica, inteligente, ativa e sustentável.	Macro
4.	Leveraging blockchain technology for circularity in agricultural supply chains: evidence from a fast-growing economy	Trabalhar o aumento da circularidade do processo de suprimentos agrícolas através do uso de tecnologias disruptivas.	Meso
5.	To identify industry 4.0 and circular economy adoption barriers in the agriculture supply chain by using ISM-ANP	Adotar os conceitos de economia circular por organizações agrícolas, para a cadeia de suprimentos sustentável.	Macro

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

c. Relação entre a adoção das ferramentas da indústria 4.0 e os conceitos da economia circular:

A tabela 5 apresenta a adoção das tecnologias da indústria 4.0 adotadas para impulsionar a sustentabilidade, em conjunto com a economia circular.

Tabela 5: Relação entre adoção de Ferramentas da Indústria 4.0 e de conceitos da Economia Circular

Sequência	Título	Relação
1.	Application of blockchain technology for sustainability development in agricultural supply chain: justification framework	O artigo aborda a adoção de Tecnologia Blockchain para a cadeia de abastecimento do setor de agronegócio, em conjunto com conceitos da economia circular, como resultado para a sustentabilidade.
2.	Drone as a Service (DaaS) in promoting cleaner agricultural production and Circular Economy for ethical Sustainable Supply Chain development	Potencial de utilização de conceitos de circularidade e novas tecnologias para o desafio da produção agrícola limpa.
3.	Fostering Awareness on Environmentally Sustainable Technological Solutions for the Post-Harvest Food Supply Chain	Utilização de novas tecnologias da indústria 4.0 para o desenvolvimento de embalagens sustentáveis e circulares.
4.	Leveraging blockchain technology for circularity in agricultural supply chains: evidence from a fast-growing economy	Uso das tecnologias de Inteligência Artificial e Big Data para a cadeia de fornecedores do agronegócio, com objetivo de aumentar a circularidade do setor.
5.	To identify industry 4.0 and circular economy adoption barriers in the agriculture supply chain by using ISM-ANP	Organizações agrícolas investindo em novas tecnologias e mecanismos da indústria 4.0, em conjunto com os conceitos da economia circular.

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

d. Aplicação dentro do agronegócio:

O agronegócio apresenta oportunidades de investimento em pesquisa em sustentabilidade e circularidade de seus produtos e processos. Esse estudo destacou os benefícios da adoção do Blockchain na gestão do abastecimento do agronegócio, com influência positiva para a produção agrícola, promovendo a sustentabilidade frente a redução de custos, aumento de resiliência, melhora da capacidade do setor de respostas, adaptabilidade, agilidades e aumento de circularidade de toda a cadeia (MUKHERJEE et al., 2021).

O estudo da adoção de drones e a implementação de economia circular com base na estrutura do modelo ReSolve é uma oportunidade de superação de desafios, estudada para a cadeia de abastecimento do agronegócio, com seus principais desafios e a relação entre eles, para superar os obstáculos do abastecimento de alimentos para o mundo, impactando o setor de saúde, ambiental e econômico (MAHROOF et al., 2021).

Já a avaliação do ponto de vista de sustentabilidade e econômico, é preciso reduzir a perda de alimentos, reduzir os desperdícios, para impactar na sustentabilidade, aumentando a conscientização das empresas agroindustriais para adotar soluções inovadoras através da digitalização da indústria 4.0, logística reversa e a economia circular, preocupando com os sistemas ciber físicos, através de informações sobre os produtos, comunicação e extensão do prazo de validade e desenvolver o consumo e a produção sustentável de forma responsável (FERNANDEZ et al., 2021).

Aumentar a circularidade é o tema pesquisado em conjunto com a adoção da tecnologia Blockchain para a cadeias do agronegócio, compreendendo as dependências, estrutura hierárquica e causalidades. A rastreabilidade é o facilitador mais proeminente quando se analisar o aumento da circularidade dos processos e produtos, propondo a adoção de uma estrutura, para aumentar a circularidade (SHARMA et al., 2021).

As organizações do agronegócio passaram a investir em seus processos, com tecnologias relacionadas a indústria 4.0, como sistemas ciber físico, internet das coisas, big data entre outras, sendo promissoras na redução de impacto ambiental e em sustentabilidade, propondo uma modelagem para ajudar no desenvolvimento de uma estratégia para as barreiras da adoção de tecnologias da indústria 4.0 e a economia circular, com resultado para o uso de tecnologias atrelado ao ciclo de vida, para manter conectados os fornecedores e as informações ao longo de vida de seus produtos (KUMAR et al., 2021).

e. Circularidade de produtos e processos:

Devido a importância do agronegócio, pesquisou o estudo do tema de circularidade e evolução para produtos circulares; produtos físicos concebidos a partir de princípios da economia circular e que permaneçam neutros, projetados para fechar circuitos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2020). Assim sendo, analisou o objetivo dos artigos selecionados, se houve a abordagem de análise da circularidade da produção e se há trabalhos utilizando o indicador de circularidade de produtos e processos.

- ✓ Este estudo destaca os benefícios do Blockchain na gestão do abastecimento, através de uma revisão da literatura, junto com pesquisa de especialistas do setor de agronegócio, porém sem abordar o tema de circularidade (MUKHERJEE et al., 2021);
- ✓ A pesquisa explorou os desafios do abastecimento da cadeia agrícola, para identificar principalmente os desafios que influenciam essa relação, utilizando soluções inovadoras, apoiando a economia circular e a indústria 4.0, através da opinião de especialistas, identificando os perigos e os desafios do setor, porém sem abordar a circularidade (MAHROOF et al., 2021).

- ✓ Visando aumentar a conscientização global de micro, pequenas e médias empresas do setor de agronegócio, foi estudado soluções inovadoras através da utilização de digitalização e ciber segurança da indústria 4.0, logística e economia circular, abordando questões globais de injustiça, desigualdade, alterações climáticas, poluição, paz, degradação do meio ambiente, consumo sustentável de recursos naturais, abordando principalmente a redução do desperdício de alimentos, mas a pesquisa não chegou a abordar a circularidade, mantendo o estudo apenas no âmbito de conceitos da utilização de economia circular em adoção para mitigar o desperdício de alimentos, trabalhando a sua função como reutilização, reciclagem e recuperação, considerando o material ou sua energia para produção que será perdida ao longo do processo (FERNANDEZ et al., 2021).
- ✓ Explorou-se os fatores para adoção de tecnologias do Blockchain, para aumentar a circularidade e compreender as dependências, estruturas e causalidades. Este trabalho abordou o tema de circularidade, observando que a rastreabilidade é um facilitador dos mais proeminentes para aumentar a perspectiva de circularidade de produtos e processos, porém é um facilitador de efeito líquido, que precisa ser implementado em conjunto com outros facilitadores de causa, como a conectividade, uso de informações, tecnologias de contabilidade descentralizadas e distribuídas. Os autores propuseram uma nova estrutura de implementação para aumentar a circularidade das operações (SHARMA et al., 2021).
- ✓ O estudo abordou a procura pela adoção de novas tecnologias sustentáveis e centrada no cliente, através de conceitos tecnológicos e de economia circular, com o objetivo de reduzir o impacto sobre a cadeia, do ecossistema da indústria 4.0, através do uso de tecnologias como Internet das Coisas, Sistemas Ciber Físicos, Computação em Nuvem, Big Data e outras tecnologias; identificando as barreiras para adoção das tecnologias; mas sem ser abordado a circularidade de produtos, processos e indicadores de circularidade (KUMAR et al., 2021).

f. Possíveis lacunas e oportunidades de novos estudos:

A seguir alguns itens identificados nas publicações, como lacunas e oportunidades.

O uso de Blockchain por gestores para desenvolver a sustentabilidade do abastecimento do agronegócio (MUKHERJEE et al., 2021).

Proposta de pesquisas futuras para completar e validar as proposições desenvolvidas a partir da pesquisa, abordando diferentes ambientes, envolvendo análise das partes interessadas para o agronegócio, no cenário de planejamento, construção e ação, para implementar a produção agrícola ética e limpa (MAHROOF et al., 2021).

Também limitações em relação a pesquisa, sendo: a generalização dos resultados da pesquisa limitada ao setor de agronegócio; e baseados em opinião de especialistas que podem divergir em relação as experiências de cada um, portanto o resultado difere de acordo com a experiência de cada um, os interesses e pré-conceitos. O resultado pode ser projetado para remover o preconceito de um conjunto mais extenso de dados e análise estatística sensível, podendo ser estendido para encontrar a causa e efeito entre as relações com um sistema dinâmico (KUMAR et al., 2021).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou seis abordagens baseadas na adoção de tecnologias da indústria 4.0, conceitos de economia circular e a sustentabilidade, que estivessem baseados em estudos relacionados ao setor de agronegócio para ajudar a pesquisadores e gestores a entender e adotar ferramentas que proporcionem os princípios de sustentabilidade. Com base nos

estudos realizados, observa-se a carência de pesquisas dentro do agronegócio, voltados para a adoção de indústria 4.0 e a economia circular, com impacto na sustentabilidade. Inicialmente a ideia era abordar o mesmo tema, mas voltado para um setor específico dentro do agronegócio, que é o trabalho da pós colheita, que compõe o processamento realizado em grãos após serem colhidos, onde envolve o beneficiamento dos grãos através de limpeza, secagem, segregação por qualidade e armazenagem, até a destinação para a industrialização. Com base no resultado, é possível sugerir que mais empresas e instituições deem continuidade aos estudos, através de pesquisas, da adoção dessas ferramentas, para auxiliar na busca por sustentabilidade e que contribuam para a tomada de decisões de desempenho dos negócios.

Entre as pesquisas analisadas, constatasse que todos os estudos são recentes, por serem ferramentas que continuam em ascensão de utilização. Dentro da indústria 4.0, a ferramenta mais mencionada pelos estudos é a utilização de Internet das Coisas – IoT, onde todos os artigos abordaram a utilização dessa ferramenta, seguindo da adoção de Inteligência Artificial por 3 pesquisas, Robótica e Ciber Segurança por mais duas pesquisas e as demais citadas cada uma em uma das pesquisas. Também entre as pesquisas é possível notar a forte adesão dos novos conceitos e tecnologias para a gestão da cadeia de suprimentos do agronegócio, com forte demanda para serem utilizadas em conceitos de novas embalagens, logística reversa, cadeia de suprimentos verdes.

Constatou-se que a pesquisa realizada por Sharma et. A. (2021), abordou de forma mais detalhada a utilização de tecnologias do Blockchain e impactos da adoção de economia circular, de uma forma a compreender as dependências, quais suas estruturas e as causalidades para o aumento de circularidade. Um estudo produtivo, que constata a rastreabilidade como um dos principais facilitadores para a adoção e implementação dos conceitos de circularidade, isto através das novas tecnologias como é o caso do Blockchain, utilizando dados em nuvem e alta conectividade, que podem impactar para o resultado de circularidade das operações, porém poderia adotar os indicadores de circularidade para mensuração e acompanhamento da evolução desse processo.

Este estudo contribui para a teoria por ser inovador na perspectiva de apresentar de uma forma estruturada, por meio de uma revisão sistemática da literatura, o estado atual da adoção das tecnologias da indústria 4.0, dos conceitos de economia circular em busca de sustentabilidade, abordando o setor do agronegócio e o que pode ser realizado como pesquisas para o atingimento de uma alta sustentabilidade.

Sugere-se que pesquisas futuras abordem os impactos das tecnologias da indústria 4.0 e da economia circular identificando avaliações econômicas, juntamente com a adoção de indicadores para a mensuração de ganhos tanto na gestão econômica, na ambiental e na social. Outro ponto é a análise criteriosa sobre ganhos ambientais que possam ser mensurados e analisados por compartimento, utilizando ferramentas específicas para as pesquisas. A adoção de metodologia para o cálculo de indicadores de circularidade também é um estudo a ser considerado, pois levantar a situação atual do setor permite entender a realidade e propor ações de curto, médio e longo prazo, que possuam impacto em busca da circularidade dos produtos e processos.

Além disto, aplicar uma pesquisa aplicada no próprio setor de pós colheita do agronegócio, como oportunidade de desenvolver o tema e a evolução dentro do setor, em busca de forte sustentabilidade, processos de ciclo fechado – circulares, com redução de desperdício e perdas de alimentos como prioridade alta para a sustentabilidade, entendendo como está a adoção das novas tecnologias e a implementação de economia circular para o pós colheita. Uma abordagem que pode ser utilizada, bem específica é a evolução mediante comparativos de estresse hídricos e emissões de gases CO₂.



5. REFERÊNCIAS

- BARDIN L.** El análisis de contenido. Ediciones Akal, Madrid, 1986.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION.** Circulytics: Measure a Circularidade do seu Negócio. Circulytics 2.0, 2020.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION.** The big food redesign. 2022
- FERNANDEZ, C. M. et al.** Fostering Awareness on Environmentally Sustainable Technological Solutions for the Post-Harvest Food Supply Chain. Processes, v. 9, n. 9, p. 1611, 2021.
- LENG, J.; RUAN, G.; JIANG, P.; XU, K.; LIU, Q.; ZHOU, X.; LIU, C.** Blockchain-empowered sustainable manufacturing and product lifecycle management in industry 4.0: A survey. Renewable and sustainable energy reviews, v. 132, p. 110112, 2020.
- LINDER, M.; SARASINI, S.; VAN LOON, P.** A Metric for Quantifying Product-Level Circularity. Journal of Industrial Ecology, v. 21, n. 3, p. 545–558, 2017.
- LUTHRA S, MANGLA SK (2018).** Avaliando os desafios das iniciativas da Indústria 4.0 para a sustentabilidade da cadeia de suprimentos em economias emergentes. Processo Saf Environ Prot 117:168–179.
- MAHROOF, K. et al.** Drone as a Service (DaaS) in promoting cleaner agricultural production and Circular Economy for ethical Sustainable Supply Chain development. Journal of Cleaner Production, v. 287, p. 125522, 2021.
- MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G.; PRISMA GROUP.** Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. PLoS medicine, v. 6, n. 7, p. e1000097, 2009.
- MUKHERJEE, A. A. et al.** Application of blockchain technology for sustainability development in agricultural supply chain: justification framework. Operations Management Research, p. 1-16, 2021.
- NHAMO, G.; NHEMACHENA, C.; NHAMO, S.** Using ICT indicators to measure readiness of countries to implement Industry 4.0 and the SDGs. Environmental Economics and Policy Studies, v. 22, n. 2, p. 315-337, 2020.
- OLIVEIRA NETO, G. C.; PINTO, L. F. R.; AMORIM, M. P. C.; GIANNETTI, B. F.; DE ALMEIDA, C. M. V. B.** A framework of actions for strong sustainability. Journal of Cleaner Production, v. 196, p. 1629-1643, 2018.
- PRITCHARD A.** Statistical bibliography or bibliometrics. J Doc 25:348–349, 1969.
- SHARMA, R., SAMAD, T. A., JABBOUR, C. J. C., & de QUEIROZ, M. J. (2021).** Leveraging blockchain technology for circularity in agricultural supply chains: evidence from a fast-growing economy. Journal of Enterprise Information Management.
- RAJPUT S, SINGH SP (2019).** Conectando economia circular e indústria 4.0. Int J Inf Manag 49:98–113
- KUMAR, S. et al.** To identify industry 4.0 and circular economy adoption barriers in the agriculture supply chain by using ISM-ANP. Journal of Cleaner Production, v. 293, p. 126023, 2021.

Resumo:

O estudo teve como objetivo avaliar a adoção de tecnologias da indústria 4.0 em conjunto com os conceitos de economia circular que gerem sustentabilidade e auxiliar os



pesquisadores, gestores e empresas a acelerar esse processo, dentro do setor do agronegócio. A metodologia utilizada na pesquisa foi a revisão bibliométrica para avaliar as publicações, países, nível de indicadores de circularidade adotados e método de pesquisa aplicada; e a revisão sistemática da literatura para analisar o impacto da adoção de tecnologias da indústria 4.0 e de conceitos da economia circular, que contribuem para a sustentabilidade do agronegócio. As análises apontam a adoção de Internet das Coisas por todos os estudos, como a tecnologia mais adotada da indústria 4.0 dessas pesquisas, em conjunto com outras ferramentas; dentro do conceito de economia circular, apenas um dos estudos abrange a circularidade de produtos e processos, porém sem mensurar a evolução de circularidade, indicando a rastreabilidade como um dos principais facilitadores para a evolução de circularidade dos negócios em conjunto com a adoção da ferramenta de Blockchain. O estudo elenca oportunidades de aplicação de novas pesquisas e a oportunidade de evoluir dentro do agronegócio.

Palavras-chave: indústria 4.0, economia circular, sustentabilidade, agronegócio.