

1 Introdução

O estudo da integração das tecnologias da Indústria 4.0 (I4.0) com a agricultura e a procura por soluções a respeito dos desperdícios nas cadeias de suprimentos desta área são de extrema importância para o futuro da humanidade, em um planeta com recursos finitos e uma população crescente. A Agricultura 4.0 (A4.0) é um conceito ligado ao de Indústria 4.0, surgido em 2011. A A4.0 auxilia os fazendeiros no uso eficiente de recursos econômicos, humanos e tecnológicos, criando uma agricultura rastreável para fazer decisões baseadas em dados reais e com o mínimo efeito sobre o ambiente (Sott et al., 2020). Isso acontece devido ao uso de tecnologias da Indústria 4.0, como a Simulação, *Big Data*, *Cloud Computing*, *Cyber-Physical Systems* e outras aplicadas para fins agrícolas. Apesar da ideia da A4.0 ter diferença se comparada à concepção da Agricultura de Precisão, os autores indicam que as técnicas e tecnologias empregadas são semelhantes e se adequam às características do cultivo e do ambiente (Sott et al., 2020). Assim, neste artigo consideramos os dois termos como sinônimos, juntamente com *Smart Agriculture*, assim como indicam Bolfe *et al.* (2020); Albiero, Paulo, Junior, Santos e Melo (2020) e Dos Reis *et al.* (2020).

Neste trabalho, discutiremos a correlação da Agricultura 4.0 com as cadeias de suprimento e de valor e a abordagem *Lean* a fim de estudar maneiras de minimizar os desperdícios na cadeia de suprimentos no setor agrícola, conforme sugerido por Sott *et al.* (2020). Estes autores afirmam que não há o estabelecimento de uma integração tecnológica na cadeia de suprimentos no setor agrícola para melhorar, entre outros fatores, o gerenciamento de desperdícios. Sendo assim, o objetivo deste estudo é realizar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) a fim de identificar quais tecnologias estão sendo usadas na integração tecnológica das cadeias de suprimentos no setor agrícola, buscando a redução de desperdícios nesta cadeia. Os resultados deste estudo estão organizados de forma que futuramente este trabalho possa ajudar outros pesquisadores do tema.

Dessa forma, a união das tecnologias da Indústria 4.0 com as abordagens *Lean* em uma cadeia de suprimentos no setor agrícola, pode ser um grande passo para a redução de desperdícios na área agrícola e contribuir para a mitigação de alguns desafios da atualidade, como as mudanças climáticas e o aquecimento global. Pois, como defendido por Chapman *et al.* (2020) a indústria está atualmente sendo desafiada, de modo que a complexidade da cadeia de suprimentos alimentar está sendo afetada pelos efeitos diretos e indiretos das mudanças climáticas na produção de ingredientes alimentares

2 Referencial Teórico

Inicialmente, dois conceitos a serem informados para o entendimento deste estudo são o de cadeia de suprimentos (*supply chain*) e cadeia de valor (*value chain*). De acordo com Amjad, Rafique e Khan (2021), cadeias de suprimentos referem-se aos processos de design, engenharia, produção e distribuição de bens e serviços de provedores a consumidores. Da mesma forma, Muflikh, Smith e Aziz (2021) comentam que cadeias de valor são modelos operacionais que compreendem um conjunto de atividades, instituições e entidades envolvidas na transformação, processamento e transporte, agregando valor ao produto ou ao serviço, entregando-o aos usuários finais e ao descarte após o uso. Tais cadeias conectam os participantes dentro de seus respectivos setores, como, por exemplo: máquinas, fertilizantes, processamento de alimentos, fabricantes, varejistas etc. ((Barbosa, 2021); (Leng, Bi, Jing, Fu, & Van Nieuwenhuyse, 2018); (Serazetdinova et al., 2019)) como pode ser visto na Figura 1. Esses conceitos são importantes na produção agrícola, pois auxiliam na compreensão da

produção, distribuição e marketing das atividades agrônômicas, ajudando os pequenos agricultores na obtenção de um preço justo em seus produtos (Muflikh et al., 2021).

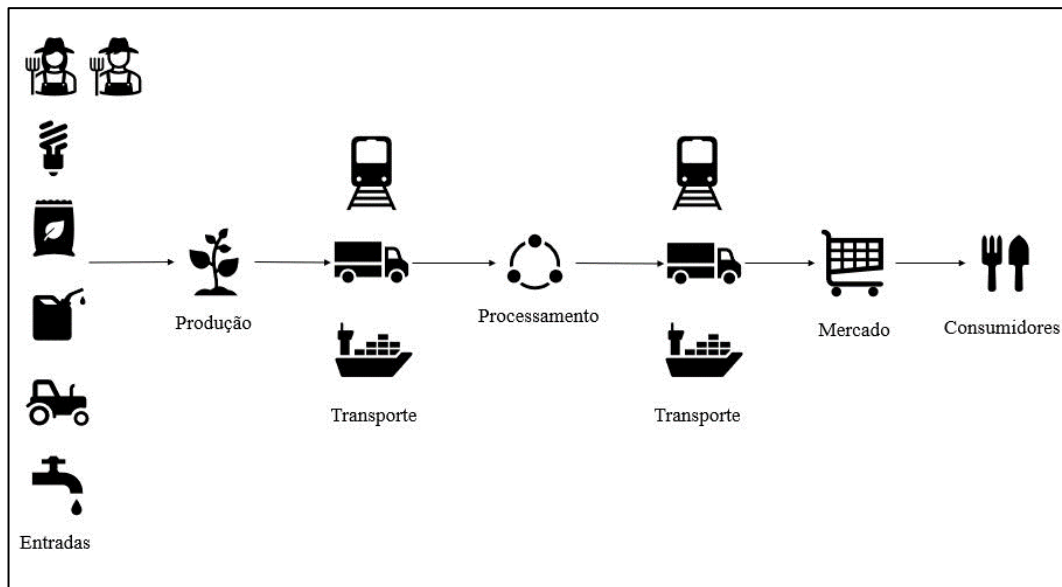


Figura 1 – Cadeia de suprimentos agrícola.

Fonte: Adaptado de Muflikh, Y. N., Smith, C., & Aziz, A. A. (2021). A systematic review of the contribution of system dynamics to value chain analysis in agricultural development. [Review]. *Agricultural Systems*, 189.

O conhecimento sobre a abordagem *Lean* nas cadeias de suprimento também é necessário. De acordo com Amjad et al. (2021) esta perspectiva sempre ajudou a melhorar a performance da produção com a eliminação de desperdícios da manufatura, sendo estes: defeitos, superprodução, tempo de espera, mão de obra pouco utilizada, transporte, inventário, deslocamento e extra processamento, ou seja, interferem diretamente nas cadeias de suprimentos e de valor de um negócio (Caicedo Solano, García Llinás, Montoya-Torres, & Ramirez Polo, 2020). Ressalta-se ainda nesta perspectiva que os conceitos mencionados consistem na implementação de padrões baseados na eliminação de gargalos e processos sem margem de lucro e a minimização de processos e custos excessivos (Carrera et al., 2012).

3 Metodologia

A metodologia empregada foi a Revisão Sistemática da Literatura (RSL), que possuía etapas definidas e planejadas com protocolo e objetivos pré-estabelecidos. Destaca-se na revisão sistemática a definição da estratégia de revisão, a avaliação crítica dos documentos, resultados formalizados, pesquisa sobre determinado assunto, critérios de reprodução e clareza na escolha dos estudos (Biolchini, Mian, Natali, & Travassos, 2005). A RSL deste trabalho está estruturada de acordo com o *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (Moher, Liberati, Tetzlaff, Altman, & Prisma, 2009), que também foi abordado nos trabalhos de Moher et al., (2015); Stewart et al., (2015) e McInnes et al., (2018). O método PRISMA propõe um diagrama de fluxo que é dividido em quatro fases: identificação, triagem, elegibilidade e inclusão (Moher et al., 2009).

Foram elaboradas as seguintes perguntas de pesquisa, com o intuito de guiar os autores na busca por respostas:

Q1 - *Quais são os desperdícios da cadeia de suprimentos agrícola?*

Q2 - *Quais são as tecnologias habilitadoras para a agricultura 4.0 que estão sendo utilizadas para diminuir estes desperdícios?*

Após, a base de dados para a busca de resultados foi selecionada. Foi escolhida a base de dados Scopus (Elsevier), por ser o maior banco de dados de resumos e citações da literatura com revisão por pares existente, além de oferecer um panorama abrangente da produção de pesquisas no mundo das áreas da ciência, tecnologia, medicina, ciências sociais, artes e humanidades (Scopus, 2021). Em relação à divisão cronológica, optou-se pelo período de 2011-2021, por 2011 ser o ano em que o conceito de Indústria 4.0 foi criado, e 2021 ser o ano atual que, apesar de estar no início, já pode apresentar alguns resultados relevantes à pesquisa. A área de pesquisa foi apenas a da agricultura, para evitar com que muitos artigos não relacionados fossem incluídos nos resultados das buscas na base de dados.

Após, as palavras-chave a serem usadas na pesquisa foram escolhidas. Primeiramente, foram definidas as palavras relacionadas às tecnologias da Indústria 4.0 que podem ser aplicadas na Agricultura 4.0. Foi utilizado como guia o estudo de Dalmarco, Ramalho, Barros e Soares (2019), que afirmam que o aumento da eficiência, a adição de valor aos produtos e serviços, a flexibilidade, a customização de serviços e o envolvimento e a lealdade dos clientes são as principais melhorias esperadas com a organização das cadeias de abastecimento em novos modelos de negócios e a utilização concomitante das técnicas da Indústria 4.0 (Dalmarco et al., 2019).

A figura 2 demonstra as tecnologias da Indústria 4.0 de acordo com Dalmarco et al., (2019). Apesar de existirem outras, como a Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA), serão utilizadas somente as do estudo e seus sinônimos para tornar o artigo mais enxuto.

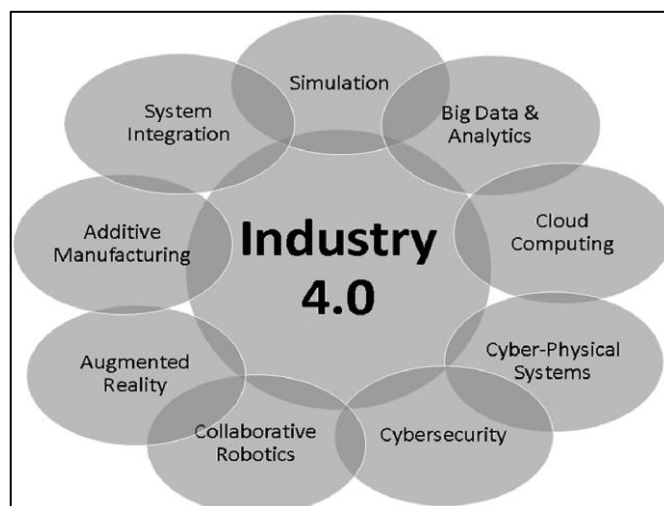


Figura 2 – Tecnologias da Indústria 4.0.

Fonte: Dalmarco, G., Ramalho, F. R., Barros, A. C., & Soares, A. L. (2019). Providing industry 4.0 technologies: The case of a production technology cluster. [Article]. *Journal of High Technology Management Research*, 30(2).

Os sinônimos utilizados para as palavras-chave relacionadas às tecnologias da Indústria 4.0 foram os apresentados na Tabela 1.

Tabela 1:
Sinônimos

Palavra-Chave	Sinônimos	Referências
Simulation	“virtual environment”	(Persson, 2017)
Big Data & Analytics	Sem sinônimos	
Cloud Computing	Sem sinônimos	
Cyber-Physical Systems	“cyber physical system”; “embedded system”	(Plaza, Díaz, & Pérez, 2018)
Cyber security	“cyber security”; “blockchain”; “block chain”	(Jalali, Razak, Gordon, Perakslis, & Madnick, 2019)
Collaborative Robotics	“robots”	
Augmented Reality	“virtual reality”; “VR”	(Brum & Rieder, 2015)
Additive Manufacturing	“3D printing”	(Ramola, Yadav, & Jain, 2019)
System Integration	Sem sinônimos	

Fonte: Autores.

Após esta etapa, foram escolhidas as palavras-chave relacionadas à área da agricultura. As palavras pensadas pelos autores foram “agricultur*”, “agricultur* 4.0” e “farm*”. Os sinônimos escolhidos para acompanhar estas palavras e deixar o campo de pesquisa mais específico, foram “agri-tech” (Rose, Wheeler, Winter, Lobley, & Chivers, 2021), “agri-food” (Almadani & Mostafa, 2021), “smart agriculture” (Filev Maia, Ballester Lurbe, Agrahari Baniya, & Hornbuckle, 2020) e “precision agriculture” (Monteleone et al., 2020). Foram também estabelecidos sinônimos unindo palavras da área da agricultura com a palavra “Simulation”, assim sendo “simulated farms” e “virtual farms”. Após, as palavras-chave pertinentes aos conceitos *Lean* e às cadeias de abastecimento foram reunidas. São essas: “lean”, “lean management”, “lean production”, “supply chain” e “value chain”. Esse grupo de termos será de grande relevância para a pesquisa, visto que as cadeias de abastecimento são os grandes focos de desperdícios, e as técnicas Lean podem ajudar a diminuí-los.

Por último, os termos que abrangem os ideais de desperdício foram agrupados. Os autores chegaram às seguintes palavras-chave: “wast*”, “loss”, e “residue*”. A união das palavras escolhidas pelos autores formou um total de 9 strings de pesquisa, uma para cada tecnologia da Indústria 4.0.

Após as pesquisas, a seleção dos artigos para a análise quantitativa e qualitativa, deu-se de acordo com o protocolo PRISMA apresentado na Figura 3.

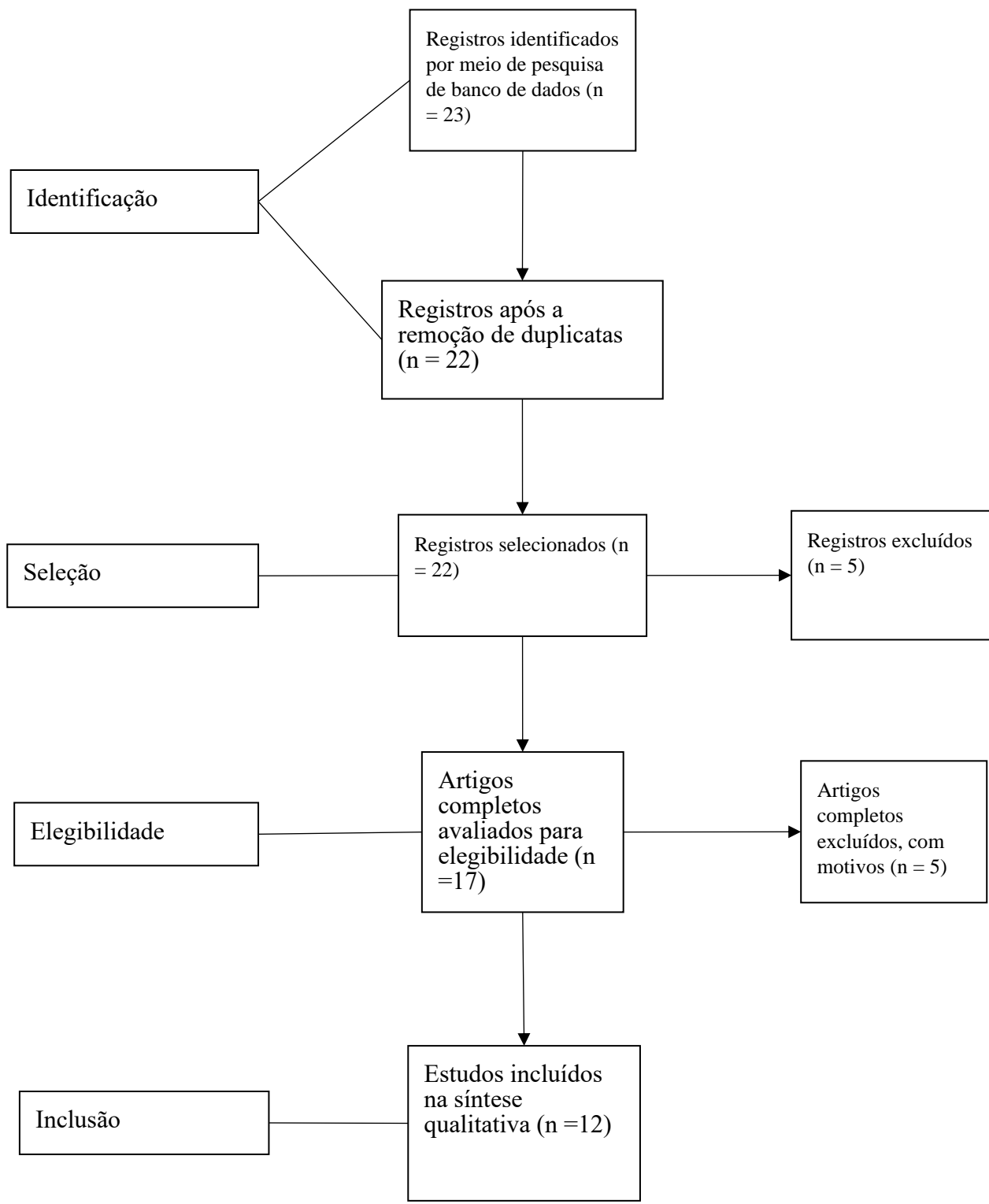


Figura 3 – Protocolo PRISMA

Fonte: Adaptado de Galvão, T. F., Pansani, T. d. S. A., & Harrad, D. (2015). Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 24, 335-342.

4 Análise dos resultados

Analisando o material de estudo, pôde-se perceber que 10 dos 12 artigos finais são classificados como trabalhos teóricos e 2 como práticos. Ainda, 7 destes estudos apresentam uma sessão de sugestões para trabalhos futuros. Em relação aos anos de publicação, os anos de 2017 e 2020 apresentaram um número maior de publicações (3) em detrimento dos demais anos, que apresentaram 1 ou 2 documentos publicados.

Tendo esta etapa pronta, o próximo passo foi a utilização do software SciMAT (Cobo, López-Herrera, Herrera-Viedma, & Herrera, 2012). Esta ferramenta foi escolhida por mostrar-se muito útil na análise bibliométrica de documentos, agrupando e analisando palavras-chave por ano e criando gráficos de densidade e centralidade para as palavras-chave mais frequentes no grupo de artigos analisados.

A análise no software bibliométrico se deu da seguinte maneira: primeiramente, os artigos foram transferidos para a plataforma e processados, de forma que as palavras-chave ficassem em grupos e que não houvesse duplicatas. Após, foi a vez desses grupos passarem por triagem, para que não existissem agrupamentos que fossem iguais e interferissem negativamente nos resultados do processamento. Em seguida, os períodos que compreenderam os artigos foram criados, resultando em 5 espaços de tempo que compreendiam os documentos publicados em: 2011-2012, 2013-2014, 2015-2016, 2017-2018 e 2019-2021. Com isso, a análise foi feita, e vários resultados foram obtidos. A figura 4 mostra o mapa de evolução das palavras-chave.

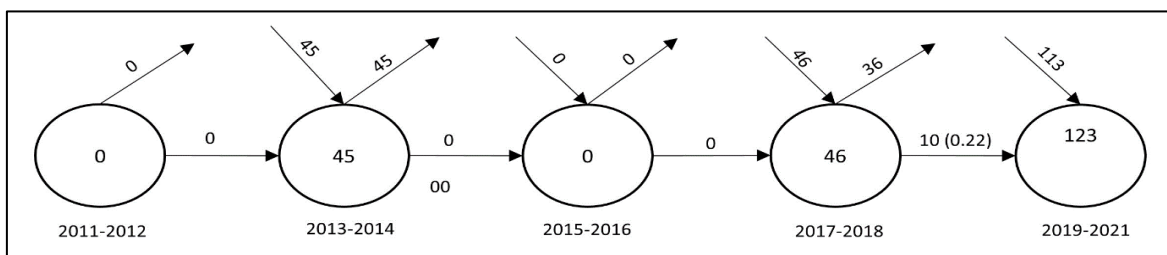


Figura 4 – Mapa sobreposto: evolução das palavras-chaves.

Observando a Figura 4, pode-se perceber a dinâmica das palavras-chave durante os 10 anos do intervalo pesquisado. O primeiro momento, que correspondia à 2011-2012, obteve um resultado nulo, por não conter artigos. No segundo período (2013-2014), com 2 documentos, houve a adição de 45 palavras-chave e posterior remoção de 45, finalizando com 0 vocábulos remanescentes ao próximo intervalo. Em seguida, no que abrangia 2015-2016, que não continha nenhum documento, a análise foi nula. No intervalo seguinte, de 2017-2018, foram adicionados 46 termos e posteriormente removidos 36. Com isso, o estágio de 2019 até 2021 iniciou com 10 palavras e adicionou mais 113 expressões às pesquisas, não removendo nenhuma, fazendo com que até o momento existam 123 vocábulos envolvidos em discussões concomitantes.

Dando seguimento à pesquisa bibliométrica no SciMAT, foram visualizados os gráficos sobre a centralidade e densidade das palavras-chave nos períodos selecionados. Os intervalos mais relevantes a serem apresentados neste estudo são os de 2017-2018 e 2019-2021, visto que resultaram em gráficos mais ricos em detalhes para a análise. Iniciando pela imagem referente ao gráfico do período de 2017-2018, na Figura 5, pode-se perceber a presença de alguns termos interessantes para a análise do andamento das pesquisas acerca do tema “Agriculture 4.0”.

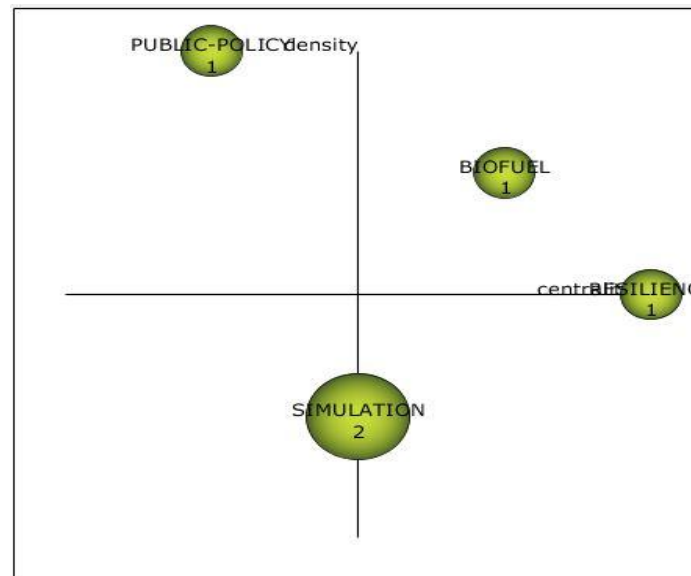


Figura 5 – Centralidade e densidade de temas no período 2017-2018.

Analisando esta imagem, pode-se perceber que no período de 2017-2018 a discussão sobre a tecnologia habilitadora da Indústria 4.0 Simulação estava em ascensão, visto que o termo “SIMULATION” está presente na parte inferior central do gráfico. Além disso, debates sobre resiliência das lavouras, biocombustíveis e políticas públicas também estiveram presentes neste momento.

Partindo para o gráfico referente ao período 2019-2021, na Figura 6, é notável a diferença em comparação com o período anterior.

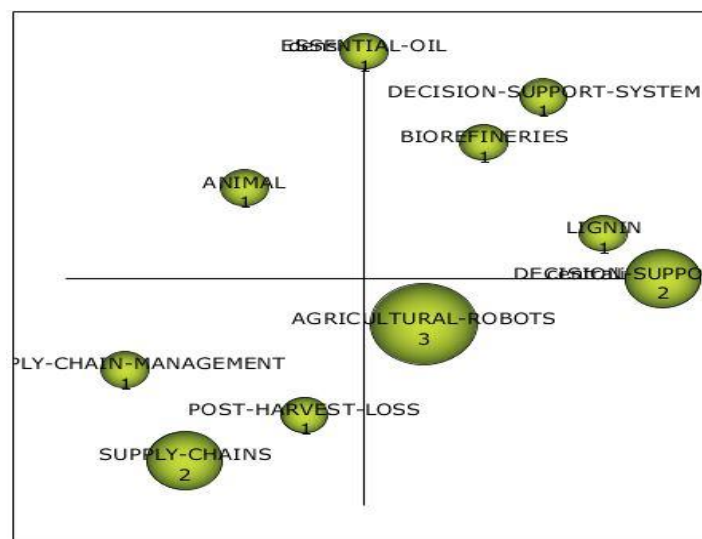


Figura 6 - Centralidade e densidade de temas no período 2019-2021.

Neste caso, a variedade de termos é maior. Inicialmente, o que chama a atenção nesta imagem são os vocábulos relacionados às cadeias de suprimento e valor: “SUPPLY CHAINS” e “SUPPLY-CHAIN-MANAGEMENT”. Após, são reconhecidas palavras referentes a tecnologias utilizadas na melhoria das cadeias de suprimento e valor, como “DECISION-

SUPPORT-SYSTEM”, “DECISION-SUPPORT-TOOLS” e “AGRICULTURAL ROBOTS”. Na imagem, é possível interpretar que as expressões relacionadas às cadeias de suprimento estão em ascensão, visto que se encontram na parte inferior esquerda do gráfico, e que os termos relacionados às tecnologias já estão sendo mais desenvolvidos, por se localizarem na parte superior da figura, com exceção de “AGRICULTURAL ROBOTS”, que apesar de estar na parte inferior da imagem, é de alta densidade. Ainda, outra palavra que merece atenção é “BIOREFINERIES”, que aponta que a discussão sobre biocombustíveis ainda está acontecendo no meio científico, assim como “POST-HARVEST-LOSS”, que se refere aos desperdícios de pós-colheita, assunto importante para a realização deste estudo.

Para o início da discussão sobre os resultados, é importante lembrar as questões de pesquisa, a fim de garantir que sejam respondidas:

Q1 - Quais são os desperdícios da cadeia de abastecimento agrícola?

Q2 - Quais são as tecnologias que estão sendo utilizadas para diminuir estes desperdícios?

Feito isso, a Tabela 2 é mostrada a seguir, resumindo os resultados apresentados na seção anterior.

Tabela 2:
 Resumo dos resultados compreendendo os desperdícios e tecnologias da Indústria 4.0 mais apontados pelos autores.

Autores	Desperdícios	Tecnologias
Serazetdinova <i>et al.</i> , (2019)	Cadeia de Abastecimento/Valor fragmentada - menor eficiência (gado de corte); Lavouras não ou parcialmente automatizadas geram menor produtividade; Falta de transparência e rastreabilidade sobre a proveniência da comida; Falta de entendimento sobre as necessidades dos consumidores; Especialização em uma só cultura; Insegurança dos fazendeiros para adotar as tecnologias; Falta de instrutores para ensinar os stakeholders a usar as tecnologias.	Sensores; Big Data; Plataformas digitais; Robôs; Simulação; Machine Learning; Ferramentas de Gerenciamento de Risco.
Makkar e Costa, (2020)	Desperdício de alimentos; Desinformação dos stakeholders sobre o status total das transações das cadeias de abastecimento/valor; Atraso de entregas nas cadeias de suprimentos de laticínios; Contaminação de alimentos; Falta de transparência e rastreabilidade na cadeia de valor/abastecimento de alimentos/rações; mau uso de recursos naturais; má prevenção contra impactos climáticos;	Blockchain, Internet das Coisas (IoT); Sensores e Câmeras;
	Volatilidade dos preços dos alimentos; Variabilidade	

Barbosa, (2021)	controlada pelo clima; Percipibilidade dos alimentos; má gestão da energia; Desperdícios de recursos (água e fertilizantes); Desperdícios devido à incompleta conversão ou processamento de materiais na cadeia de abastecimento, da produção nas lavouras até o consumo dos alimentos;	Técnicas de avaliação de risco; Blockchain; Logística Reversa;
Caicedo Solano <i>et al.</i> , (2020)	Mau gerenciamento de custos em relação a trabalhadores, uso de água e maquinários; Falhas no plantio e manutenção das lavouras; Erros de planejamento no cuidado das lavouras;	Simulação; Ferramentas de auxílio à tomada de decisão;
Stathers <i>et al.</i> , (2020)	Desperdícios de pós-colheita; Ataques de pestes; Aumento de danos; Decomposição; Quebra; Contaminação por toxinas; Redução da viabilidade das sementes; Deterioração do teor de nutrientes ou valor econômico	Intervenções tecnológicas nos estoques.
Zaccardelli <i>et al.</i> , (2021)	Estoque	Sem tecnologia da Indústria 4.0
Welfle, Gilbert e Thornley, (2014)	Estoque e Produtos defeituosos	Simulação
Dizyee, Baker e Rich, (2017)	Processo e produtos defeituosos	Simulação
Manikas, Sundarakani e John, (2017)	Processo e Má utilização do capital humano	Simulação
Berruto, Busato, Bochtis e Sørensen, (2013)	Transporte/logística; Mão de obra.	Simulação
Maheshwari, Singla e Shastri, (2017)	Estoque de biomassa; Transporte de insumos de biomassa para a produção de biogás; Equipamento subutilizado; Manutenção do sistema durante a estação de não uso	Simulação
Petig, Rudi, Angenendt, Schultmann e Barhs (2019)	Transporte, movimentação	Simulação

Com a Tabela 3, é possível ter uma visão geral dos desperdícios e tecnologias apontados pelos autores dos artigos estudados. Nota-se que alguns autores citam mais de um desperdício e mais de uma tecnologia para resolvê-la. Dessa forma, é conveniente organizar estes dados em uma tabela comprimindo a quantidade de vezes em que essas informações são citadas, para que sejam melhor discutidas posteriormente. As Tabelas 3 e 4 terão esta finalidade.

Tabela 3:
Quantidade de vezes em que os desperdícios são citados

Desperdício	Quantidade de citações
Espera	1
Transporte	3
Processamento	15
Estoque	3
Movimentação	1

Produtos defeituosos	6
Manutenção	1
Volatilidade de preços dos alimentos	1
Variabilidade de resultados de acordo com o clima	1
Mal gerenciamento de recursos (humanos, naturais, monetários, equipamentos) e energia	8
Automação nula ou parcial	1
Desinformação dos stakeholders	2
Especialização em uma só cultura	1
Erros no planejamento/gerenciamento do plantio e manutenção das lavouras	1
Falta de transparência e rastreabilidade sobre a proveniência dos produtos	2
Falta de entendimento sobre as necessidades dos consumidores	1
Insegurança dos fazendeiros acerca de novas tecnologias	1
Falta de prevenção contra impactos climáticos	1

Nesta compilação dos desperdícios, foram reunidos 15 citações de perdas por processamento, 8 de perdas por mau gerenciamento de recursos e energia, 6 de produtos defeituosos, 3 de transporte e estoque e 2 de desinformação dos stakeholders e falta de rastreabilidade e transparência sobre a proveniência dos produtos nas cadeias de suprimento e valor. Com isso, chega-se a 7 tipos de perdas principais das cadeias de suprimento agrícola. Agora, serão analisadas as tecnologias e a quantidade de vezes em que foram citadas nos artigos selecionados.

Tabela 4:

Tecnologias habilitadoras da Agricultura 4.0 indicadas em artigos

Tecnologias	Número de artigos
Simulação	8
Robótica Colaborativa	1
<i>Big Data</i>	1
Sensores (incluindo câmeras)	4
Ferramentas de auxílio à tomada de decisões e análise de risco	3
<i>Blockchain</i>	2
Internet das Coisas (IoT)	1
Plataformas digitais (aplicativos)	1
Digitalização (intervenção tecnológica)	1
<i>Machine Learning</i>	1

Analisando a Tabela 4, percebe-se que a Simulação foi a tecnologia mais utilizada e citada pelos autores, com 8 citações. Após, com 4 menções, seguem os sensores (incluindo câmeras), com 3 menções, as ferramentas de auxílio à tomada de decisões e análise de risco e, ainda, a tecnologia de *Blockchain*, com 2 citações. As demais ferramentas tecnológicas obtiveram 1 citação cada. Com esses dados organizados, será iniciada a discussão sobre os resultados.

Respondendo à primeira questão de pesquisa, os desperdícios mais citados pelos autores nos documentos presentes no período de 2011 a 2021 são:

- Processamento;
- Mal gerenciamento de recursos e energia;

- Produtos defeituosos;
- Transporte;
- Estoque;
- Desinformação dos stakeholders;
- Falta de transparência e rastreabilidade sobre a procedência dos produtos das cadeias de suprimentos agrícolas.

E, quanto às tecnologias utilizadas para a resolução desses problemas, as mais indicadas foram:

- Simulação;
- Sensores;
- Ferramentas de auxílio à tomada de decisões e análise de risco;
- Blockchain.

A Figura 7 mostra os locais dos desperdícios nas cadeias de suprimentos agrícolas. Esta definição é importante, pois com ela torna-se possível abordar estes problemas com mais clareza. Dando seguimento a ela, a Figura 9 relaciona estes desperdícios às principais tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 indicadas para resolver estes desafios, juntamente com seus respectivos autores.

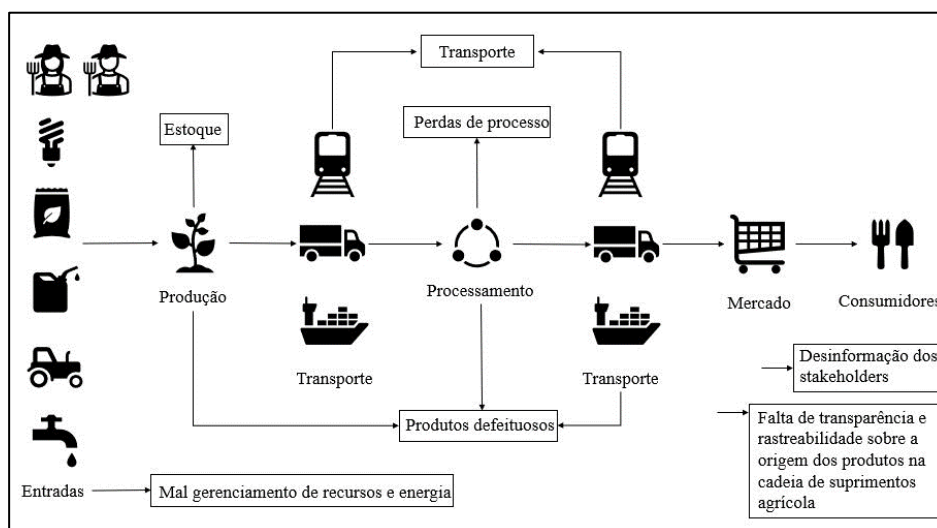


Figura 7 – Locais dos desperdícios nas cadeias de suprimento agrícola.

Na imagem acima estão presentes os principais integrantes da cadeia de suprimentos agrícola, juntamente com os desperdícios encontrados neste estudo em seus locais de ocorrência. Nota-se que no setor de matéria-prima agrícola existem falhas no gerenciamento de recursos e energia e que a produção, o transporte e o processamento geram produtos defeituosos. Ainda, na produção, há também o defeito de estoque, no processamento, perdas de processo e no transporte os chamados desperdícios de transporte, que incluem atrasos, custos com combustíveis, manutenção dos veículos e outros. Há ainda desperdícios que não abrangem

um só ponto da cadeia de suprimentos agrícolas, mas toda ela, como a falta de informação dos stakeholders e a falta de transparência sobre a origem dos produtos agrícolas. Por conta disso, essas perdas estão no canto da imagem, sem ligação direta com nenhuma fase específica da cadeia de suprimentos. A Figura 8 a seguir mostrará as tecnologias indicadas para a resolução desses problemas.

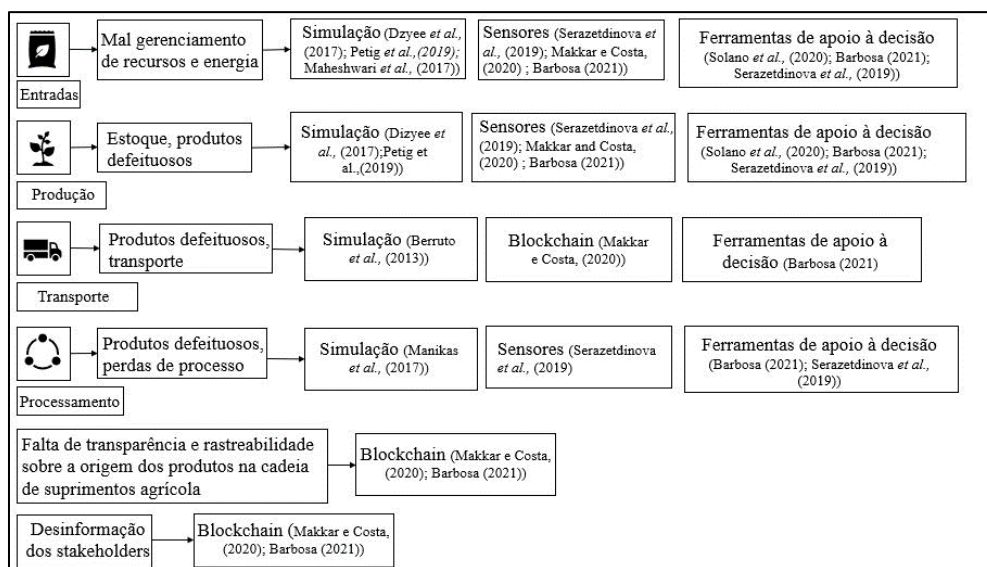


Figura 8 – Desperdícios agrícolas, locais de ocorrência e tecnologias habilitadoras.

A utilização das tecnologias também é facilitada com a análise apresentada na imagem. As ferramentas de auxílio à tomada de decisão são de grande utilidade no âmbito das fazendas, abrangendo questões referentes aos defeitos em todas as áreas antes dos produtos chegarem aos supermercados. A simulação também tem esta característica, amparando os responsáveis pelo processo dos produtos agrícolas nas indústrias, os fazendeiros no gerenciamento de recursos e durante a produção e os responsáveis pelo transporte dos produtos agrícolas, de forma que as perdas sejam as menores possíveis. Sensores prometem bons resultados quando aplicados nas diferentes áreas mostradas na figura, tendo uma utilização muito ampla e a tecnologia de *Blockchain*, pode resolver o problema da desinformação dos stakeholders e gerar mais transparência e rastreabilidade aos produtos da *supply chain*.

5 Conclusões/Considerações finais

O estudo da integração das tecnologias da Indústria 4.0 (I4.0) com a agricultura e a procura por soluções a respeito dos desperdícios nas cadeias de suprimentos desta área são de extrema importância para o futuro da humanidade, em um planeta com recursos finitos e uma população crescente. Durante esta RSL, foram investigadas quais tecnologias estão sendo utilizadas na integração tecnológica das cadeias de suprimentos no setor agrícola, a fim de buscar a redução de desperdícios neste âmbito.

As perguntas de pesquisa que guiaram o estudo foram “Quais são os desperdícios da cadeia de abastecimento agrícola?” e “Quais são as tecnologias que estão sendo utilizadas para diminuir estes desperdícios?”, e suas respectivas respostas foram que os desperdícios mais citados pelos autores durante o período estudado foram processamento, mal gerenciamento de recursos e energia, produtos defeituosos, transporte, estoque, desinformação dos stakeholders e

falta de transparência e rastreabilidade sobre a procedência dos produtos das cadeias de suprimentos agrícolas, enquanto as tecnologias mais utilizadas para resolver estes problemas foram simulação, sensores, ferramentas de auxílio à tomada de decisões e análise de risco e blockchain.

Como sugestão para trabalhos futuros, os autores indicam a elaboração de um estudo prático sobre a utilização das tecnologias apontadas na resolução dos desperdícios encontrados. Além disso, o estudo das aplicações dos conceitos de Green Manufacturing relacionado com as tecnologias da Indústria 4.0 na agricultura também é interessante, visto que esta área visa a diminuição da poluição nos processos produtivos. Dessa forma, será possível descobrir se a união do Green Manufacturing com a redução de desperdícios na agricultura levaria a um modelo com maior sustentabilidade no setor agrícola do que o utilizado atualmente.

6 Referências

- Albiero, D., Paulo, R. L. D., Junior, J. C. F., Santos, J. D. S. G., & Melo, R. P. (2020). Agriculture 4.0: a terminological introduction. [Article]. *Revista Ciencia Agronomica*, 51(5), 1-8.
- Almadani, B., & Mostafa, S. M. (2021). IIoT based multimodal communication model for Agriculture and Agro-Industries. [Article]. *IEEE Access*.
- Amjad, M. S., Rafique, M. Z., & Khan, M. A. (2021). Leveraging Optimized and Cleaner Production through Industry 4.0. [Article]. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 859-871.
- Barbosa, M. W. (2021). Uncovering research streams on agri-food supply chain management: A bibliometric study. [Article]. *Global Food Security*, 28.
- Berruto, R., Busato, P., Bochtis, D. D., & Sørensen, C. G. (2013). Comparison of distribution systems for biogas plant residual. [Article]. *Biomass and Bioenergy*, 52, 139-150.
- Biolchini, J., Mian, P. G., Natali, A. C. C., & Travassos, G. H. (2005). Systematic review in software engineering. *System Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ, Technical Report ES*, 679(05), 45.
- Bolfé, É. L., Jorge, L. A. C., Sanches, I. D., Júnior, A. L., Costa, C. C. D., Victoria, D. C., et al. (2020). Precision and digital agriculture: Adoption of technologies and perception of Brazilian farmers. [Article]. *Agriculture (Switzerland)*, 10(12), 1-16.
- Brum, M. R., & Rieder, R. (2015). *Virtual Reality Applications for Smart Cities in Health: A Systematic Review*. Paper presented at the 17th Symposium on Virtual and Augmented Reality, SVR 2015.
- Caicedo Solano, N. E., García Llinás, G. A., Montoya-Torres, J. R., & Ramirez Polo, L. E. (2020). A planning model of crop maintenance operations inspired in lean manufacturing. [Article]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 179.
- Carrera, J., Fernández del Carmen, A., Fernández-Muñoz, R., Rambla, J. L., Pons, C., Jaramillo, A., et al. (2012). Fine-tuning tomato agronomic properties by computational genome redesign. [Article]. *PLoS Computational Biology*, 8(6).
- Chapman, J., Power, A., Netzel, M. E., Sultanbawa, Y., Smyth, H. E., Truong, V. K., et al. (2020). Challenges and opportunities of the fourth revolution: a brief insight into the future of food. [Review]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2012). SciMAT: A new science mapping analysis software tool. [Article]. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 63(8), 1609-1630.

- Dalmarco, G., Ramalho, F. R., Barros, A. C., & Soares, A. L. (2019). Providing industry 4.0 technologies: The case of a production technology cluster. [Article]. *Journal of High Technology Management Research*, 30(2).
- Dizyee, K., Baker, D., & Rich, K. M. (2017). A quantitative value chain analysis of policy options for the beef sector in Botswana. [Article]. *Agricultural Systems*, 156, 13-24.
- dos Reis, Â. V., Medeiros, F. A., Ferreira, M. F., Machado, R. L. T., Romano, L. N., Marini, V. K., et al. (2020). Technological trends in digital agriculture and their impact on agricultural machinery development practices. [Article]. *Revista Ciencia Agronomica*, 51(5), 2-12.
- Filev Maia, R., Ballester Lurbe, C., Agrahari Baniya, A., & Hornbuckle, J. (2020). IRRISENS: An IoT Platform Based on Microservices Applied in Commercial-Scale Crops Working in a Multi-Cloud Environment. [Article]. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 20(24).
- Galvão, T. F., Pansani, T. d. S. A., & Harrad, D. (2015). Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 24, 335-342.
- Jalali, M. S., Razak, S., Gordon, W., Perakslis, E., & Madnick, S. (2019). Health care and cybersecurity: Bibliometric analysis of the literature. [Review]. *Journal of Medical Internet Research*, 21(2).
- Leng, K., Bi, Y., Jing, L., Fu, H. C., & Van Nieuwenhuysse, I. (2018). Research on agricultural supply chain system with double chain architecture based on blockchain technology. [Article]. *Future Generation Computer Systems*, 86, 641-649.
- Maheshwari, P., Singla, S., & Shastri, Y. (2017). Resiliency optimization of biomass to biofuel supply chain incorporating regional biomass pre-processing depots. [Article]. *Biomass and Bioenergy*, 97, 116-131.
- Makkar, H. P. S., & Costa, C. (2020). Potential blockchain applications in animal production and health sector. [Article]. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 15(35).
- Manikas, I., Sundarakani, B., & John, J. V. (2017). Analysis of operational efficiency of a meat processing supply chain: A case study from the UAE. [Article]. *Agricultural Economics Review*, 18(2), 60-76.
- McInnes, M. D. F., Moher, D., Thombs, B. D., McGrath, T. A., Bossuyt, P. M., Clifford, T., et al. (2018). Preferred reporting items for a systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy studies: the PRISMA-DTA statement. *Jama*, 319(4), 388-396.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Prisma, G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS medicine*, 6(7), e1000097.
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., et al. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic reviews*, 4(1), 1-9.
- Monteleone, S., de Moraes, E. A., de Faria, B. T., Aquino Junior, P. T., Maia, R. F., Neto, A. T., et al. (2020). Exploring the adoption of precision agriculture for irrigation in the context of agriculture 4.0: The key role of internet of things. [Article]. *Sensors (Switzerland)*, 20(24), 1-32.
- Muflikh, Y. N., Smith, C., & Aziz, A. A. (2021). A systematic review of the contribution of system dynamics to value chain analysis in agricultural development. [Review]. *Agricultural Systems*, 189.

- Persson, J. (2017). A review of the design and development processes of simulation for training in healthcare – A technology-centered versus a human-centered perspective. [Review]. *Applied Ergonomics*, 58, 314-326.
- Petig, E., Rudi, A., Angenendt, E., Schultmann, F., & Bahrs, E. (2019). Linking a farm model and a location optimization model for evaluating energetic and material straw valorization pathways—A case study in Baden-Wuerttemberg. [Article]. *GCB Bioenergy*, 11(1), 304-325.
- Plaza, A. M., Díaz, J., & Pérez, J. (2018). Software architectures for health care cyber-physical systems: A systematic literature review. [Conference Paper]. *Journal of Software: Evolution and Process*, 30(7).
- Ramola, M., Yadav, V., & Jain, R. (2019). On the adoption of additive manufacturing in healthcare: a literature review. [Review]. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(1), 48-69.
- Rose, D. C., Wheeler, R., Winter, M., Lobley, M., & Chivers, C. A. (2021). Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet. [Article]. *Land Use Policy*, 100.
- Serazetdinova, L., Garratt, J., Baylis, A., Stergiadis, S., Collison, M., & Davis, S. (2019). How should we turn data into decisions in AgriFood? [Article]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(7), 3213-3219.
- Sott, M. K., Furstenuau, L. B., Kipper, L. M., Giraldo, F. D., Lopez-Robles, J. R., Cobo, M. J., et al. (2020). Precision Techniques and Agriculture 4.0 Technologies to Promote Sustainability in the Coffee Sector: State of the Art, Challenges and Future Trends. [Article]. *IEEE Access*, 8, 149854-149867.
- Stathers, T., Holcroft, D., Kitinoja, L., Mvumi, B. M., English, A., Omotilewa, O., et al. (2020). A scoping review of interventions for crop postharvest loss reduction in sub-Saharan Africa and South Asia. [Article]. *Nature Sustainability*, 3(10), 821-835.
- Stewart, L. A., Clarke, M., Rovers, M., Riley, R. D., Simmonds, M., Stewart, G., et al. (2015). Preferred reporting items for a systematic review and meta-analysis of individual participant data: the PRISMA-IPD statement. *Jama*, 313(16), 1657-1665.
- Welfle, A., Gilbert, P., & Thornley, P. (2014). Increasing biomass resource availability through supply chain analysis. [Article]. *Biomass and Bioenergy*, 70, 249-266.
- Zaccardelli, M., Roscigno, G., Pane, C., Celano, G., Di Matteo, M., Mainente, M., et al. (2021). Essential oils and quality composts sourced by recycling vegetable residues from the aromatic plant supply chain. [Article]. *Industrial Crops and Products*, 162.