



PROJETO DE GRADUAÇÃO

AGRICULTURA 4.0:

**Uma taxonomia por meio da teoria do enfoque
meta-analítico consolidado**

Por,
VINÍCIUS GALVÃO FERRAZ
MATRÍCULA 13/0038911

Brasília, 10 de Maio de 2022.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PROJETO DE GRADUAÇÃO

AGRICULTURA 4.0

Por,

VINÍCIUS GALVÃO FERRAZ
MATRÍCULA 13/0038911

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro de Produção

Banca Examinadora

Prof. Ari Melo Mariano, Ph. D.
- UnB/ EPR (Orientador)

Profa. Dra. Márcia Terezinha Longel Zindel
- UnB/EPR (Banca)

Profa. Msc. Maíra Rocha Santos
- UnB/FAV (Banca)

Brasília, 10 de Maio de 2022.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	8
1.1. PROBLEMA DA PESQUISA	9
1.2. JUSTIFICATIVA.....	10
1.3. OBJETIVOS.....	10
1.3.1. Objetivo Geral	10
1.3.2. Objetivos Específicos	10
1.4. ESTRUTURA DOS CAPÍTULOS	10
REFERENCIAL TEÓRICO	11
1.5. Breve Contexto das Revoluções Industriais e Agrícolas.	11
1.6. Indústria 4.0.....	13
1.7. Agricultura 4.0	14
1.8. <i>Smart Farming</i>	15
2. METODOLOGIA.....	15
3.1 Tipo de pesquisa.....	15
3.2 Local de estudo.....	16
3.3 Objeto de Estudo	16
3.4 Procedimentos metodológicos.....	16
3.5.1 Etapa 1: Preparação da pesquisa.....	17
3.6 Ferramentas	18
3. RESULTADOS.....	18
3.1. Etapa 2: Apresentação e inter-relação dos dados	19
3.2. Etapa 3: Detalhamento e modelo integrador	27
3.2.1. Análise de Cocitação	27
3.2.2. Acoplamento Bibliográfico	28
3.2.3. Modelo Integrador	30
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS, LIMITAÇÕES E FUTURAS LINHAS DE PESQUISA.....	32
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

*'Caminho se conhece andando
Então vez em quando é bom se perder
Perdido fica perguntando
Vai só procurando
E acha sem saber. '*
Chico Cesar.

RESUMO

O objetivo dessa pesquisa foi oferecer uma taxonomia a respeito da Agricultura 4.0. Para alcançar o objetivo do trabalho, foi realizada uma pesquisa do tipo exploratória, via revisão sistemática da literatura, através da Teoria do Enfoque Meta-Analítico – TEMAC – proposto por Mariano e Rocha (2017). Foram analisados 188 registros na plataforma Web of Science e realizaram-se outras filtrações seguindo o TEMAC para ser possível encontrar os artigos de maior relevância que foram utilizados na pesquisa. Por fim, foi entregue uma matriz integradora com dois Cenários – Sistemas Abertos e Fechados, e dois Mecanismos – Modelo *PULL* e *PUSH*, da Agricultura 4.0. Além disso, encontraram-se algumas variáveis que influenciam na escolha desses mecanismos e cenários: Cultura, Estrutura de Mercado e Mercadoria.

Palavras-chave: Agricultura 4.0, Agricultura de Precisão, Engenharia Sustentável, Revolução Agrícola, Agricultura Inteligente.

ABSTRACT

The objective of this research was to offer a taxonomy regarding Agriculture 4.0. To achieve the objective of the work, an exploratory research was conducted, via systematic literature review, through the Meta-Analytical Approach Theory - TEMAC - proposed by Mariano and Rocha (2017). 188 records were analyzed on the Web of Science platform and other filtering was performed following the TEMAC to be able to find the most relevant articles that were used in the research. Finally, an integrative matrix was delivered with two Scenarios - Open and Closed Systems, and two Mechanisms - PULL and PUSH Models, of Agriculture 4.0. In addition, some variables that influence the choice of these mechanisms and scenarios were found: Culture, Market Structure and Commodity.

Keywords: Agriculture 4.0, Precision Farming, Sustainable Engineering, Agricultural Revolution, Smart Farming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Linha do tempo das Revoluções.....	10
Figura 2 – Roteiro das Revoluções Agrícolas e Indústrias	12
Figura 3 – Roteiro das Revoluções Agrícolas.....	13
Figura 4 – Etapas do TEMAC.....	15
Figura 5 – Número de registros obtidos na base de dados WoS	17
Figura 6 – Numero de citações e publicações ao longo dos anos.....	18
Figura 7 – Mapa Coroplético dos países que mais publicaram.....	19
Figura 8 – Áreas de conhecimento das publicações de 2016 a 2022.....	20
Figura 9 – Rede de palavras-chaves no tempo.....	21
Figura 10 – Agencias Financiadoras.....	22
Figura 11 – Universidades.....	22
Figura 12 – Autores.....	23
Figura 13 – Aplicações Agrícolas da Internet das Coisas.....	24
Figura 14 – Autores mais citados nos artigos.....	25
Figura 15 – Mapa de calor das palavras-chaves mais frequentes nos títulos e resumos.....	25
Figura 16 – Mapa de calor dos autores citados em conjuntos	27
Figura 17 – Mapa de calor do acoplamento bibliográfico.....	28
Figura 18 – Matriz Modelo Integrador.....	29

1. INTRODUÇÃO

Nas próximas décadas a expectativa é que a população mundial irá crescer chegando a quase 10 bilhões de pessoas em 2050. Segundo a Prospecção da População Mundial das Nações Unidas (*World Population Prospects - Population Division - United Nations*) o planeta atingiu a marca de 7.7 bilhões de habitantes em agosto de 2019.

Até 2100, espera-se que a população global atinja 11,2 bilhões. Este valor pode conduzir a taxas de fertilidade reais - em outros cenários, a população poderá atingir 16,5 bilhões de habitantes. (DE CLARCQ; VATS; BIEL, 2018 p.5).

Segundo De Clarq (2018), o crescimento da população aumentará a procura de alimentos em cerca de 50%, em comparação com a produção agrícola de 2013.

De um modo geral: quanto maior a população mundial, maior será a procura de alimentos, logo, implicará um aumento da produção. Os agricultores terão de produzir 70% mais alimentos até 2050 de acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação: FAO no Brasil | *Food and Agriculture Organization of the United Nations*). E estes alimentos terão de ser voltado às necessidades de uma população urbana em crescimento, um fator que engloba toda a cadeia de valor da agricultura.

No momento atual, as tecnologias vêm evoluindo de tal maneira que está convergindo para uma nova revolução industrial, conhecida como Indústria 4.0. De acordo com Lasi (2014), a Indústria 4.0 vem do alemão em seu contexto descreve o planejamento da sua estratégia de alta tecnologia. Essas evoluções das tecnologias estão presentes em todas as atividades econômicas dos três setores da Economia.

Segundo Himesh (2018) o setor agrícola sofre uma transformação impulsionada por novas tecnologias, o que parece ser muito promissor, pois permitirá a este setor primário passar para o próximo nível de produtividade agrícola e rentabilidade.

Esses avanços da tecnologia na agricultura apareceram com o intuito de aumentar a produtividade, efetividade, reduzir os custos e o tempo e etapas de produção com devida qualidade. Adicionalmente Batalha (2000), já alertava sobre o futuro do agronegócio marcado por uma necessidade de produtos do campo cada vez mais padronizados em tamanho, nível de maturidade e características técnicas parecidas. Esses e outros desafios estão sendo vencidos via o uso da tecnologia.

Porém, apesar de existirem soluções inovadoras para muitos dos desafios iniciais sobre as atividades agrícolas, Shu L (2021), afirma que ainda existem várias questões que precisam ser

abordadas sobre as tecnologias do campo, tais como: problemas ecológicos, falta de digitalização, questão de segurança alimentar, e cadeia de abastecimento agroalimentar insuficiente, principalmente no contexto global, onde existem regiões diferentes, com níveis de tecnologias diferentes.

Além disso, as cidades, regiões e países vivem, nesse momento, um processo de escalada da tecnologia, que encontrou o momento propício, dado a redução de custos de armazenamento e abundância de dados, alto desempenho dos computadores, aumento nas pesquisas com modelos matemáticos (SONG e ZHU, 2017) mais recentemente a digitalização forçada pela pandemia. Todos esses fatores estão sendo prioritários para o crescimento acelerado da quarta revolução industrial.

A quarta revolução industrial (Indústria 4.0) é caracterizada por uma fusão de tecnologias emergentes, tais como: a Internet das Coisas (IoT), Robótica, *Big Data*, Inteligência artificial (IA) e *Blockchain*.

Esse contexto 4.0 vem alterando os processos de produção industrial e as cadeias de abastecimento tornando-as mais inteligente. À medida que essas cadeias avançam, encontram uma integração imediata com a agricultura, que começa a ampliar o uso de tecnologias para fortalecer a cadeia produtiva. E correspondentemente, a integração da Indústria 4.0 e da agricultura proporciona a oportunidade de transformar a indústria agricultura para a próxima geração, nomeadamente Agricultura 4.0 (DE CLARCQ; VATS; BIEL, 2018 p.11).

Segundo Moreno (2020) o Brasil está no limiar de nova revolução tecnológica no campo, havendo fortes indícios no sentido da adoção ampla das tecnologias caracterizadoras da Indústria 4.0 e da Agricultura 4.0. A existência do grande contingente de projetos bem avaliados em todas as linhas temáticas que não poderão receber subvenção aponta a necessidade de continuidade do fomento à inovação no segmento 4.0.

1.1. PROBLEMA DA PESQUISA

O governo brasileiro vem adotando iniciativas de fomento a esse segmento, sendo a mais recente a Seleção Pública Tecnologias 4.0, para apoio aos temas da Agricultura 4.0, Cidades Inteligentes, Indústria 4.0 e Saúde 4.0. Porém, é necessário compreender quais fatores estão relacionados ao conceito da indústria 4.0 e sua implementação. Deste modo este trabalho busca responder: quais as principais contribuições sobre a agricultura 4.0 na literatura científica? Quais os principais estudos? Quais os principais autores? Quais as principais contribuições?

1.2. JUSTIFICATIVA

Esse trabalho se justifica no âmbito social pela relevância que o assunto Agricultura 4.0 tem-nos mais variados contextos da sociedade urbana e rural, principalmente no contexto brasileiro, onde existem regiões diferentes, com populações diferentes. Além disso, o investimento em Agricultura 4.0 pode acabar com a falta de digitalização no campo.

Em relação à Engenharia de Produção, a pesquisa contribuirá para a fomentação do desenvolvimento da Engenharia Sustentável que segundo a Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO é um dos nove pilares da Engenharia de Produção. Isso abrirá caminhos para que possam ser investigados mais a fundo o tema dentro do curso e assim tomar notoriedade entre os alunos e pesquisadores do curso. Além disso, o estudo terá o foco em frentes de estudo da Engenharia de Produção, como desenvolvimento sustentável, pessoas e tecnologias, podendo servir de inspiração para outros estudos na área que desejem abordar essas perspectivas.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

O objetivo desta pesquisa é apresentar uma taxonomia sobre Agricultura 4.0.

1.3.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos é a construção por etapas do objetivo geral. A fim de alcançar o objetivo geral, foi necessário dividi-lo em objetivos menores ou específicos:

- Delimitar o conceito de Agricultura 4.0;
- Relacionar a evolução do tema ao longo dos anos;
- Apresentar as principais contribuições científicas sobre o tema;
- Identificar as principais abordagens e fronts de pesquisa;
- Caracterizar e propor um Modelo Integrador sobre Agricultura 4.0;

1.4. ESTRUTURA DOS CAPÍTULOS

Este estudo será dividido em cinco capítulos que serão descritos de uma forma breve: O primeiro capítulo refere-se à contextualização da pesquisa, a definição do problema a ser abordado e os objetivos. No segundo capítulo descreve o Referencial Teórico sobre “*Agriculture*

4.0". No terceiro capítulo será apresentado a metodologia e o tipo de pesquisa exploratória com abordagem qualitativa e, além disso, há uma revisão da literatura por meio da Etapa 1 da Teoria do Enfoque Meta Analítica Consolidada (TEMAC). No capítulo 4 serão discutidos os resultados obtidos acima a partir das demais etapas do TEMAC: Apresentação e inter-relação dos dados; Detalhamento e modelo integrador. Por fim, serão discutidas as considerações finais, limitações do projeto e sugestões de pesquisas futuras.

REFERENCIAL TEÓRICO

1.5. Breve Contexto das Revoluções Industriais e Agrícolas.

As três revoluções industriais anteriores transformaram profundamente a relação do homem com a terra. A agricultura que inicialmente era conhecida como agricultura à base de ferramentas indígenas (Agricultura 1.0) transformou-se em Agricultura Mecanizada (Agricultura 2.0) e recentemente passou a ser conhecida como Agricultura de Precisão (Agricultura 3.0). A Figura 1 mostra essa linha de tempo das Revoluções Agrícolas e Industriais.

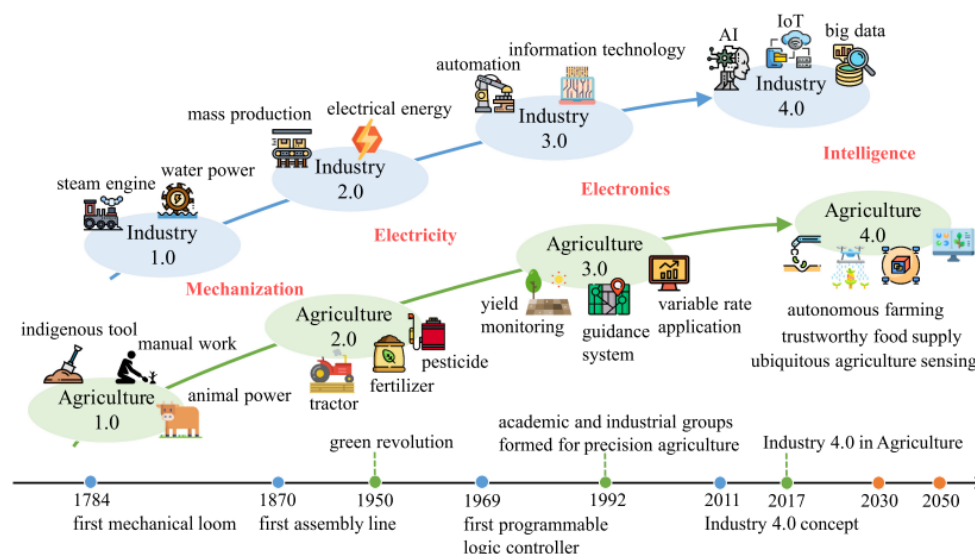


Figura 1 Linha do Tempo das Revoluções – Shu Lei

Fonte: From Industry 4.0 to Agriculture 4.0 Current Status, Enablin ,Technologies and Research Challenges

Segundo Rapela (2019), a Agricultura 1.0 é conhecida como as práticas dos tempos antigos, quando os agricultores dependiam fortemente de ferramentas indígenas como enxada, foice, e forquilha para o cultivo. Até ao final do século XIX os agricultores utilizavam técnicas: arado animal e trabalhos manuais para sua subsistência.

Durante o período de 1784 a 1870, período da primeira Revolução Industrial – *Industry 1.0*, foi marcada pela mecanização da Indústria e também pelo aumento da produtividade. Esse período é caracterizado pela mudança do processo produtivo.

Anteriormente, o trabalho era feito por artesãos, mulheres, homens e crianças, que o desenvolvia em suas casas ou em oficinas. Com a Revolução Industrial, esse trabalho passou a ser desenvolvido em fábricas com a utilização de máquinas.

Após esse período de quase 100 anos, veio a Segunda Revolução Industrial – *Industry 2.0* que foi um aprimoramento e aperfeiçoamento das tecnologias da Primeira Revolução como, por exemplo, a chegada da energia elétrica no ramo industrial.

A segunda revolução industrial teve lugar no século XX, referida como Indústria 2.0. Por um lado, a principal fonte de energia, que era vapor, foi substituída pelo petróleo e gás. A nova fonte de energia, juntamente com as inovações na indústria dos transportes, contribuiu grandemente para o desenvolvimento da cadeia de abastecimento agroalimentar, na qual a agricultura os produtos poderiam ser enviados para longas distâncias. Consequentemente, os produtos poderiam ser enviados para longas distâncias, foram criados novos mercados agrícolas para os agricultores, como anteriormente comunidades isoladas estavam ligadas entre si. Por um lado, a introdução da produção em massa com base na linha de montagem melhoraram significativamente a eficiência e a produtividade. Este modelo de produção em massa na indústria transformadora era então aplicada à produção animal, onde a produção tradicional caseira a criação de animais foi substituída por animais intensivos em grande escala agricultura. (SHU; LIU; HANCKE; MAHFOUZ, 2021 p.1)

Segundo Shu L (2021), a Agricultura 2.0 ficou conhecida quando o maquinário agrícola foi introduzido para preparação da cama de sementes, sementeira, irrigação, monda, e colheita. A agricultura mecanizada aumentou consideravelmente a produção de alimentos e trabalhos manuais reduzidos. Esse período também ficou conhecido como Revolução Verde – Green Revolution.

Subsequentemente, os avanços dos sistemas incorporados, engenharia de software, e tecnologias de comunicação durante a Revolução Técnico-Científica e Informacional – *Industry 3.0* melhorou ainda mais a capacidade de automatização de equipamento de fábrica. Essa Revolução é marcada pela automatização da Indústria.

Segundo Narvaez (2017) é na terceira Revolução Agrícola – Agricultura 3.0, que surge o conceito de Agricultura de Precisão. Além disso, as energias verdes renováveis, tais como energia fotovoltaica, hidroeletricidade e eólica, também foram exploradas.

Essa forma de agricultura digital é destinada a explorar tecnologias de informação através, por exemplo: do controle do rendimento, aplicações de taxa variável, e sistemas agrícolas de orientação.

Na Figura 2 aparece as Revoluções Agrícolas e Industriais. Vale ressaltar que o foco desta pesquisa – Agricultura 4.0, veio da Indústria 4.0. Pode-se dizer que já existem também estudos a respeito da Indústria 5.0, porém na agricultura essa revolução – *Agriculture 5.0* ainda não esta totalmente conhecida.

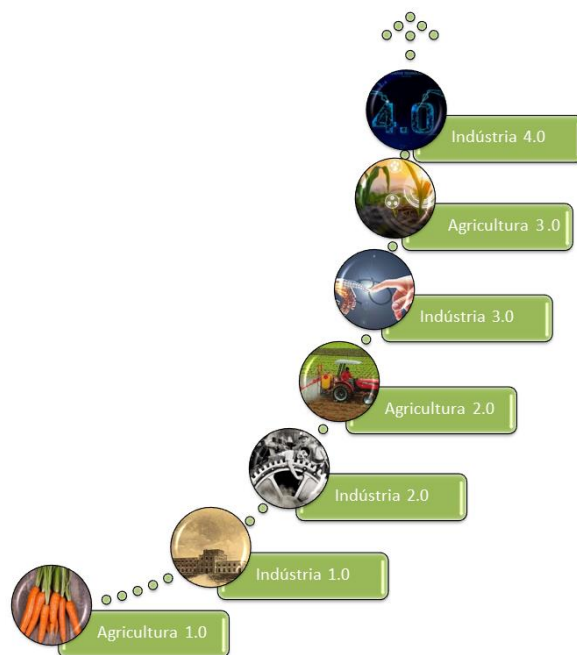


Figura 2 – Roteiro das Revoluções Agrícolas e Industriais

Fonte: Autor próprio

1.6. Indústria 4.0

Segundo Bauer (2015), a quarta Revolução Industrial – *Industry 4.0* começou em 2011 na Alemanha com um projeto do governo alemão de promover a informatização profunda e a inovação conceptual da produção.

Shu L (2021) afirma que essa Revolução está em curso e é caracterizada por uma fusão de tecnologias emergentes, tais como a Internet das Coisas (IoT), Robótica, Big Data, Inteligência Artificial (IA), e as tecnologias de *Blockchain*. Atualmente, os processos de produção industrial e as cadeias de abastecimento tornaram-se mais autónomos e inteligente.

De acordo com De Clarq (2018), a integração da Indústria 4.0 com essas tecnologias voltadas a campo – Agricultura 4.0, proporciona uma oportunidade de transformar a indústria agrícola para as próximas décadas e haverá mudanças para gerações futuras.

Neste contexto, a agricultura sustentável e inteligente seria alcançada através de uma agricultura industrial que, em tempo real recolha, trate e análise os dados espaços-temporais em todos os aspectos da indústria agrícola, desde a produção de alimentos, processamento, distribuição quanto à experiência do consumidor. Um ecossistema de agricultura industrial com gestão agrícola em tempo real, um elevado grau de automatização, e uma tomada de decisão inteligente baseada em dados melhorariam grandemente: a produtividade, o abastecimento agroalimentar, a eficiência da cadeia, a segurança alimentar e a utilização de recursos naturais. (SHU; LIU; HANCKE; MAHFOUZ, 2021 p.2).

1.7. Agricultura 4.0

Segundo Pisanu (2020), a Agricultura 4.0 representa a atual revolução agrícola, que visa melhorar e responder às necessidades reais de consumidores e reengenharia da cadeia de valor, utilizando a investigação tecnológica.

A Agricultura 4.0 está diretamente relacionada com tecnologias emergentes, tais como: Algoritmos *Machine Learning* para gestão da água (ZAHID, 2019); Automatização de seleção de grãos (CHOU, 2019); Inteligência Artificial para análise do solo (KOUADIO, 2018) e Sistemas Complexos de identificação e controle de pragas e doenças (LASSO 2018).

Lezoche (2020) afirma que as tecnologias da Agricultura 4.0 podem fornecer uma gama de soluções como: a gestão de dados, automatização, rastreabilidade, melhores condições de trabalho e redução de produtos químicos.

A Agricultura 4.0 deixará de depender da aplicação de água, fertilizantes e pesticidas em campos inteiros. Em vez disso, os agricultores utilizarão as quantidades mínimas, ao mesmo tempo em que retirarão esses produtos completamente da cadeia de abastecimento. Os agricultores também serão capazes de cultivar culturas em áreas áridas e utilizar recursos abundantes e limpos como, por exemplo: o sol e a água do mar para cultivar alimentos. (DECLARCQ; VATS; BIEL, 2018 p.11).

Apesar do conceito de Agricultura 4.0 surgir apenas em 2017 e estar ligada as tecnologias de nuvem – *Cloud Computing*. Zambon (2019) afirma que o próximo passo será a quinta Revolução Agrícola – Agricultura 5.0 o que irá incluir empresas integradas digitalmente, e que dependem dos seus processos de produção usando a robótica e algumas formas de inteligência artificial. A Figura 3 explica a cronologia das Revoluções Agrícolas.

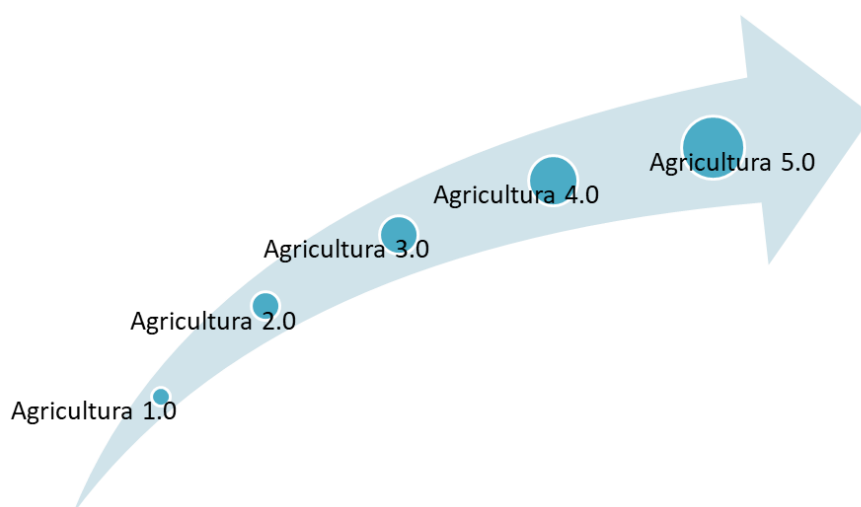


Figura 3 – Roteiro das Revoluções Agrícolas

Fonte: Autor próprio

1.8. Smart Farming

Outro conceito que está diretamente ligada à Agricultura 4.0 e que aparece na literatura recente é o da Agricultura Inteligente – *Smart Farming*.

De acordo com Walfert (2017) A Agricultura Inteligente é um desenvolvimento que enfatiza a utilização das tecnologias de informação e comunicação no ciclo ciberfísico de gestão agrícola.

Segundo Lasso (2018), a Agricultura Inteligente representa uma nova abordagem baseada na gestão da observação, medição e resposta às variações internas e externas das culturas. Esta abordagem está intimamente correlacionada à área de Tecnologias de Informação e Comunicação, tal como *Big Data* e *Machine Learning*. Nesse sentido a aplicação de técnicas de aprendizagem de máquinas aos dados agrícolas permite ajudar na tomada de decisões e prever o que irá acontecer no futuro (análise preditiva).

Enquanto a Agricultura de Precisão é uma forma de agricultura digital, e é também ligado a estruturas mais amplas de cadeia de valor (CAROLAN et al., 2018) algumas autores argumentam que conceitos como o *Smart Farming* e *Agriculture 4.0* são conceitos maiores, uma vez que a *Smart Farming* inclui a digitalização da oferta das cadeias e sistemas alimentares como um todo e a Agricultura 4.0 também pode incluir outras tecnologias como por exemplo edição de genes (WOLFERT et al., 2017; ROSE AND CHILVERS, 2018).

Por fim, é através da Agricultura 4.0 que os agricultores conseguem fazer um melhor aproveitamento dos insumos, reduzindo os custos e os desperdícios da produção agrícola.

2. METOLOGIA

3.1 Tipo de pesquisa

A presente pesquisa trata-se de um estudo exploratório com abordagem qualitativa. Segundo Gil (2008), neste tipo de abordagem, não existe fórmulas ou receitas predefinidas para orientar os pesquisadores, fazendo com que a análise dos dados levantados passe a depender da capacidade e do estilo do pesquisador.

Segundo Lakatos e Marconi (1996) afirmam que: “A pesquisa exploratória tem como objetivos, desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, [...] modificar e clarificar conceitos”. Com isso, esse estudo é exploratório, pois tem por objetivos o ganho de conhecimento sobre o objeto da pesquisa, o direcionamento na definição de hipóteses e a explanação de ocorrências (PIOVESAN e TEMPORINI, 1995).

A fundamentação teórica utilizada para embasar este estudo exploratório e quantitativo e as futuras discussões e análises sobre o tema foi elaborada através da Teoria do Enfoque Meta Analítico Consolidado - TEMAC de Mariano e Rocha (2017) para obtenção das fontes científicas de maior relevância..

De acordo com Mariano e Rocha (2017), o TEMAC oferece uma abordagem integradora de revisão sistemática da literatura, através de uma solução simples e ao mesmo tempo robusta fundamentada nas leis bibliométricas, tendo como um dos principais pontos a melhoria da interação entre a base de dados e pesquisadores distintos.

Por fim, o TEMAC segue as recomendações de Venkatesh (2003) para os sistemas de informação e as instruções de Abramo e D'Angelo (2011) para uma revisão da literatura. Mariano e Rocha (2017) concluem explicando que os registros a respeito de enfoques meta analíticos normalmente não vinham acompanhados de leis e princípios que fundamentassem suas buscas, de modo que a criação do modelo integrador TEMAC foi um grande avanço nessa área do conhecimento.

3.2 Local de estudo

O estudo focou em registros científicos ao redor do mundo via base de dados *Web of Science*, possibilitando a obtenção de perspectivas da Agricultura 4.0 com abrangência mundial. Segundo Mariano e Rocha (2017) essa base de dados é uma das mais completas plataformas para trabalho acadêmico.

3.3 Objeto de Estudo

O objeto de estudo da pesquisa foram registros científicos sobre Agricultura 4.0.

3.4 Procedimentos metodológicos

Iniciar uma pesquisa fazendo a busca da literatura na área de estudo é essencial para encontrar materiais confiáveis, conhecer os principais autores da Agricultura 4.0 e identificar as principais linhas de pesquisa do estudo.

No cenário atual em que a produção e acessibilidade de informação têm sido cada vez maiores, houve uma explosão de dados e conseqüentemente surgiu o interesse em analisar essas informações. Espera-se que o volume de dados e conteúdo cresça exponencialmente na próxima década. Logo, tem sido cada vez mais difícil selecionar artigos relevantes sobre determinado assunto (WANG ET AL., 2011).

Portanto, realizou-se revisão literária e do tipo exploratório com abordagem quantitativo por meio da Teoria do Enfoque Meta Analítico Consolidado – TEMAC, de Mariano e Rocha (2017).

A pesquisa TEMAC é um modelo sistemático e integrador da revisão bibliográfica que permite identificar literaturas relevantes para o assunto e possui três etapas como mostra na Figura 4: (1) Preparação da pesquisa, (2) Apresentação e inter-relação dos dados, e (3) Detalhamento, modelo integrador e validação por evidências.

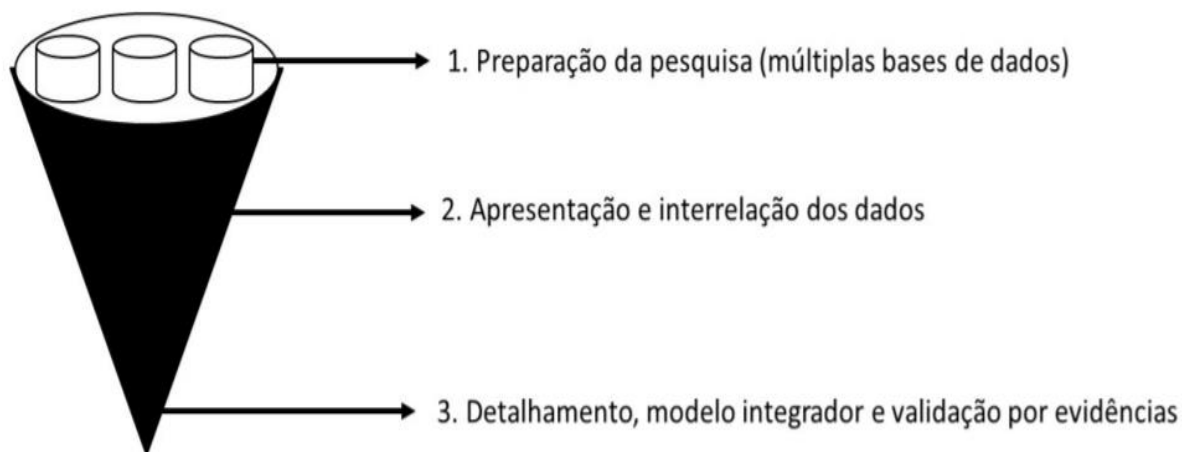


Figura 4: Etapas do TEMAC.

Fonte: Mariano e Rocha (2017)

Ao final da aplicação do modelo TEMAC, o objetivo é identificar os principais artigos, autores mais citados entre outros indicadores para utilizá-los como embasamento, assim como avaliar a relevância do tema no meio científico. Desta forma, o presente trabalho garante maior embasamento teórico, e também o entendimento sobre revisão literária do tema Agricultura 4.0. Para isso é necessário analisar a trajetória dos estudos anteriores, conjuntamente fazer uma projeção de futuros trabalhos.

3.5.1 Etapa 1: Preparação da pesquisa

A primeira etapa definiu-se na base Web Of Science - WOS o termo “*Agriculture 4.0*” como a linha da pesquisa com período de busca de 2016 – 2022(7 anos), sendo que a pesquisa foi realizada 11 de março de 2022. O resultado foram 188 registros indexados.

Porém é importante ressaltar que nesta mesma base de dados, atualmente contam com 199 registros (Figura 5). Logo esses últimos 11 registros não foram considerados durante a análise do TEMAC feita no dia 11 de março de 2022.

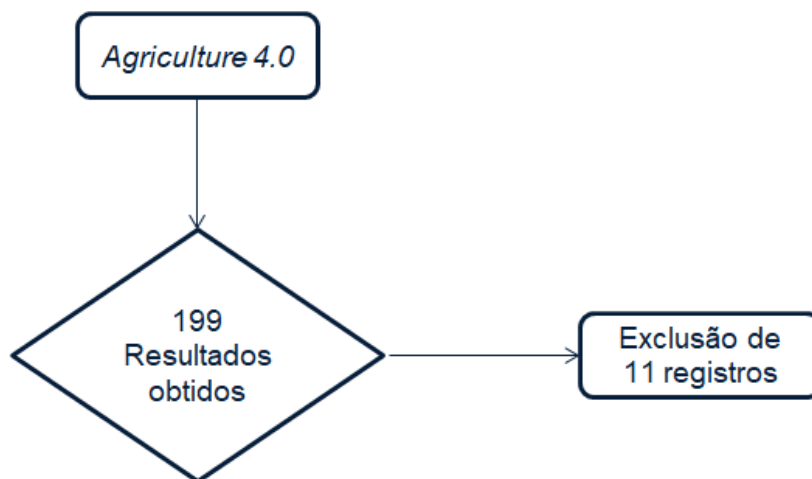


Figura 5 – Número de registros obtidos na base de dados WoS

Fonte: Autor próprio

Entre as vantagens mais relevantes da base de dados WOS estão a excelente cobertura temporal (a partir de 1900-presente para algumas revistas), foi à primeira base de dados a incorporar o h-index, permite visualizar o h-index negativo (apenas do primeiro autor) entre outros (MARIANO; ROCHA, 2017).

3.6 Ferramentas

Como ferramenta de análise foi utilizado o software *VosViewer* que, segundo Silva et al. (2014) proporciona análises bibliométricas e fornece gráficos com informações relevantes

A análise também teve como suporte a metodologia proposta por Gil (2008) para pesquisas bibliográficas. Gil (2008) define uma metodologia para pesquisa bibliográfica baseada em alguns pontos, que são eles:

- Definição das fontes utilizadas para coleta de dados;
- Coleta de dados;
- Análise e interpretação dos resultados;
- Discussão dos resultados;

Para a realização das análises de *co-citation* e *coupling* foi utilizado o software *VosViewer* que, segundo Silva et al. (2014) tem como função não apenas proporcionar análises bibliométricas, assim como fornecer mapas e gráficos com informações relevantes.

3. RESULTADOS

3.1. Etapa 2: Apresentação e inter-relação dos dados

Na segunda etapa do TEMAC são utilizadas leis da bibliometria para fazer a inter-relação entre os registros encontrados. Todas as informações necessárias para esta etapa podem ser obtidas por meio da base Web of Science - WOS. A partir da análise da própria base de dados realizada no dia 11 de Março de 2022 foi possível notar um aumento de documentos publicados ao longo dos últimos 7 anos a respeito do tema. É importante ressaltar que algumas dessas publicações demoram a ser publicadas, é o caso do ano de 2021 que houve apenas 59 publicações de ano. O ano de 2022 não foi considerado o ano completo porque a pesquisa foi realizada logo no terceiro mês de 2022.

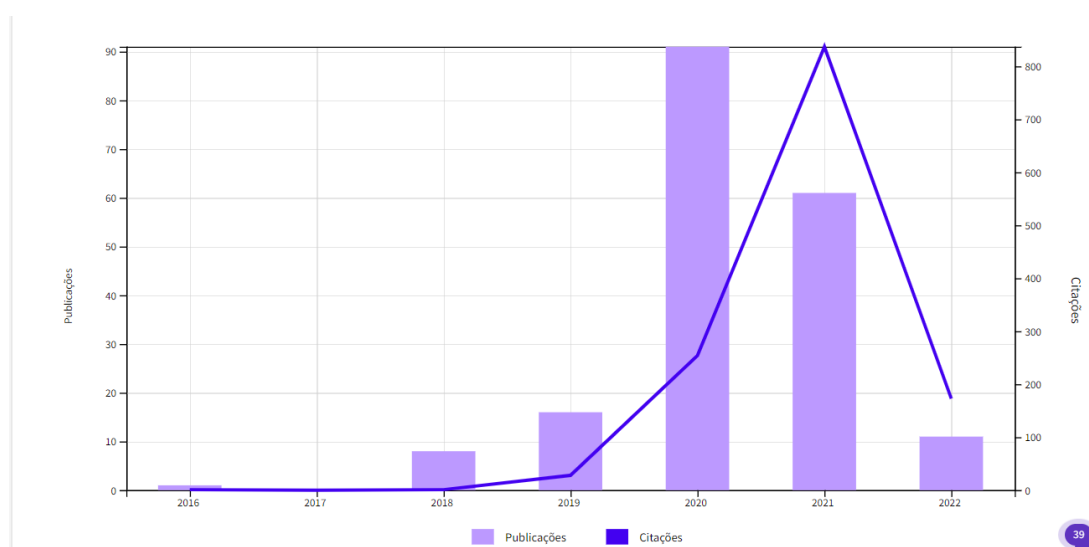


Figura 6 – Número de citações e publicações ao longo do tempo

Fonte: Autor próprio extraído do Web Of Science

Porém ao analisar o gráfico acima – Figura 6, o número de citações e publicações ao longo do tempo (2016 a 2022) cresceu até 2022. O ano de 2020 foi o ano em que teve o maior número de publicações acerca de Agricultura 4.0 – 91 documentos, já o ano seguinte foi o ano em que houve o maior número de citações 837 citações. Ao todo, foram 188 publicações com um total de 1294 citações. Uma média de 6,88 citações por publicação.

De acordo com Mariano e Rocha (2017), a segunda fase do TEMAC consiste na apresentação dos resultados encontrados e a análise da inter-relação entre eles. Desta forma, serão mapeadas e analisadas informações dos 188 resultados encontrados, como o trabalho mais antigo, a trajetória durante os anos, as áreas do conhecimento, os países que mais contribuíram e os principais autores, publicações e revistas.

O registro mais antigo encontrado na busca foi o Artigo de 2016 com o título *IHPNode Platform as a Base for Precision Farming and Remote Diagnosis in Agriculture the case of Serbia*, Piotrowski, K. Nele o autor apresenta a plataforma IHPNode no contexto da agricultura

de precisão (ou Agricultura 3.0). Esta plataforma é uma plataforma experimental para aplicações de redes de sensores sem fios (WSN) e pode ser utilizada na agricultura de precisão como uma das áreas de aplicação mais promissoras das WSN. O documento apresenta os requisitos das aplicações, as características da plataforma IHPNode, bem como, as melhorias futuras planeadas. Este artigo possui 3 citações (duas delas no ano de 2020 e uma em 2021).

Em um panorama mundial, desde 2016, observou-se que os países que mais publicaram foram Indonésia, Brasil, Itália, Espanha, Inglaterra, Grécia, com aproximadamente 17%, 11%, 10%, 5%, 4% e 4% respectivamente.

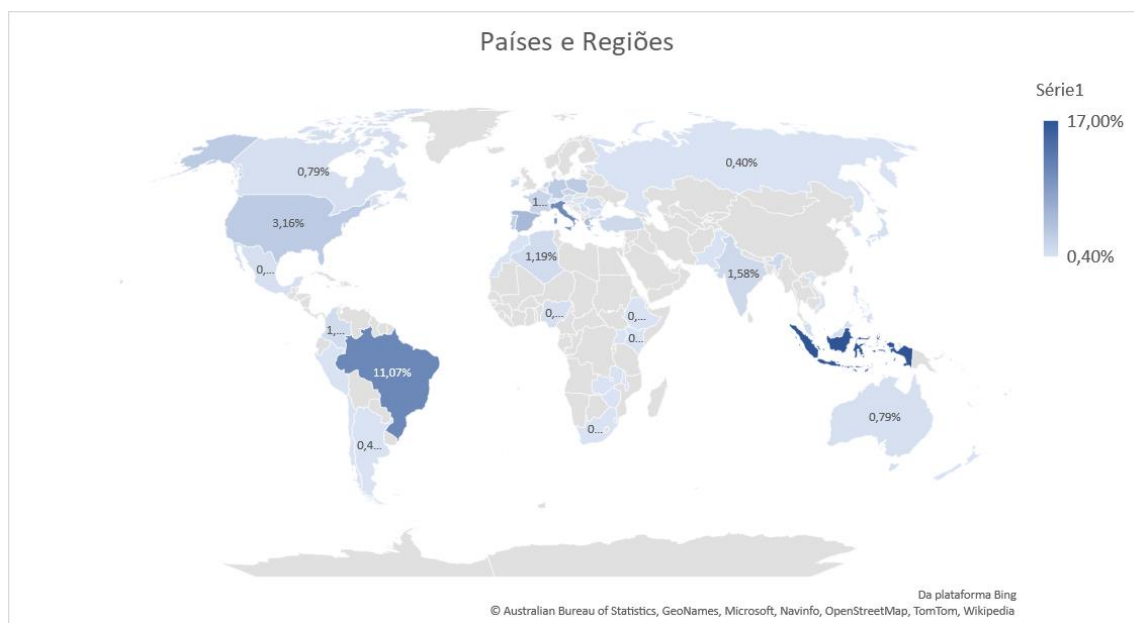


Figura 7: Mapa coroplético de países que mais publicaram.

Fonte: Autor próprio.

O Brasil contribuiu com 28 publicações (11%). Ao analisa-las, o registro brasileiro com mais citações (26) foi o artigo com título *Precision Techniques and Agriculture 4.0 Technologies to Promote Sustainability in the Coffee Sector: State of the Art, Challenges and Future Trends the case of Brazil*, Michele Kremer, S. (2020).

Nesta pesquisa, a autora apresenta uma Revisão Sistemática da Literatura (SLR) apoiada por um *Bibliometric Performance and Network Analysis* (BPNA) do uso de tecnologias na *Agriculture 4.0* (A4.0) e técnicas *Precision Agriculture* (PA) no setor cafeeiro. Para realizar a revisão, 87 documentos publicados desde 2011 foram extraídos das bases de Dados Scopus e Web of Science e processados através dos *Preferred Reporting Items for Systematic reviews* e do protocolo *Meta-Analyzes* (PRISMA). O BPNA foi levado a cabo para identificar os temas estratégicos no campo de estudo. Os resultados apresentaram 23 clusters com diferentes níveis de desenvolvimento e maturidade. Também se descobriu a estrutura temática de rede das tecnologias da Agricultura 4.0 mais utilizadas no setor do café.

A conclusão do trabalho mostra que a Internet das Coisas (IoT), a *Machine Learning* (ML) e a Geoestatística são as tecnologias mais utilizadas no setor do café. Nesse mesmo artigo, apresenta também os principais desafios e tendências relacionadas com a adoção tecnológica nos sistemas de café. (SOTT ET AL., 2020)

Ao analisar as áreas de conhecimento que mais publicaram sobre o tema, ao longo dos sete anos, observa-se que as maiores partes das publicações estão relacionadas: Agricultura, Economia Empresarial, Ciência Tecnológica e Tecnologia em Ciência de Alimentos com 92, 48, 47 e 43 publicações respectivamente. A área da Engenharia aparece apenas em quinta colocação do percentual de áreas de conhecimento sobre Agricultura 4.0 com apenas 37 publicações

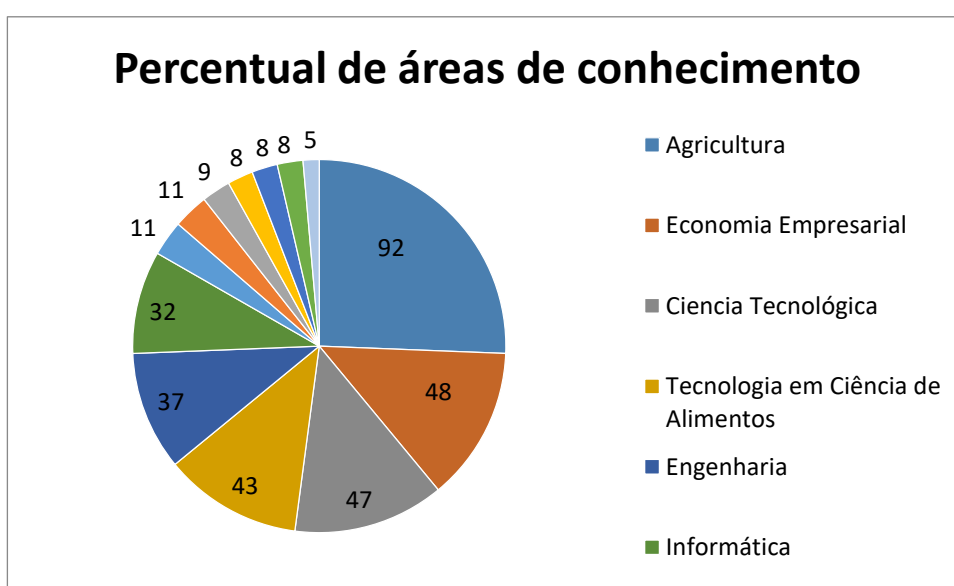


Figura 8: Áreas de conhecimento das publicações de 2016 a 2022.

Fonte: Autor próprio

O tema também contemplou outras áreas, em menores percentuais, onde as principais foram: Informática, Química, Ciências Ambientais e Ecologia com 32, 11, 11, 9 publicações, respectivamente.

Com relação às palavras-chaves ligadas á Agricultura 4.0, no decorrer do ano de 2020 houve mudanças na frente da pesquisa do tema, no qual as relações das palavras-chaves usadas nos artigos foram variando. Através da Figura 9 é possível verificar esse movimento, onde os círculos representam palavra-chave e as linhas de conexões entre elas. As cores utilizadas, em ordem crescente, representam a variação do bimestre do ano de 2020 da pesquisa realizada.

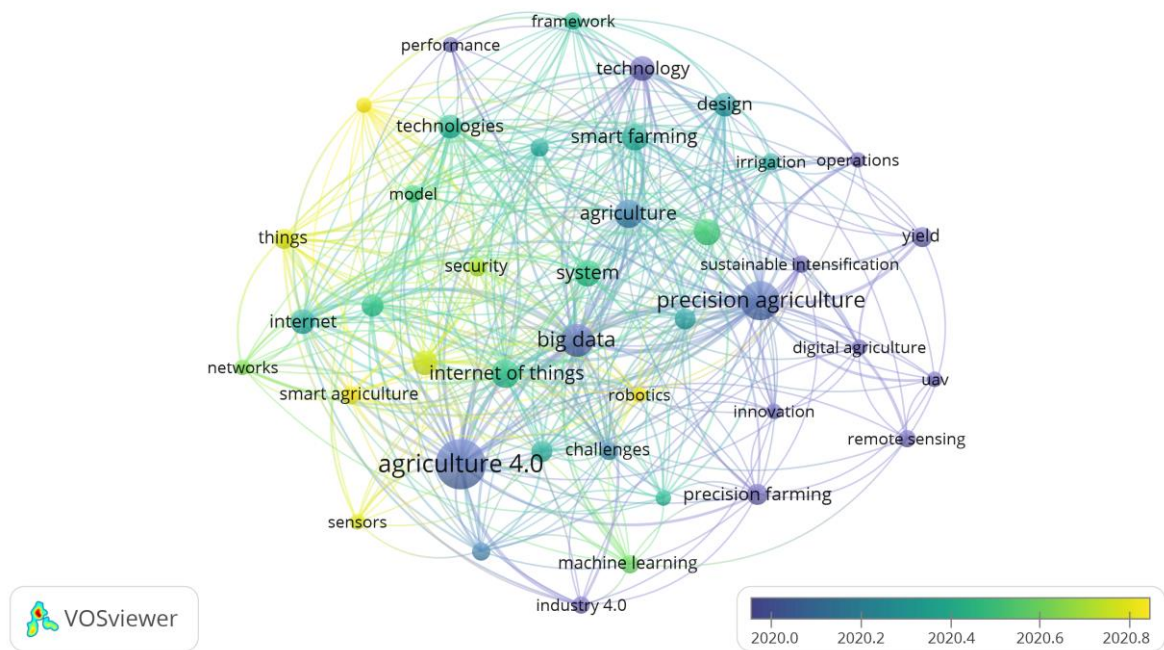


Figura 9: Rede de palavras-chaves no tempo

Fonte: Autor próprio. Extraída do *software VOSviewer*

Inicialmente, as conexões estão voltadas para a palavra-chave *Agriculture 4.0* como, por exemplo, *Big Data* e *Precision Agriculture*. Embora muitos autores apresentem Agricultura de Precisão e Agricultura 4.0 com o mesmo significado, o conceito de Agricultura 4.0 surgiu a partir do conceito de Indústria 4.0 e tem uma maior amplitude, enquanto o conceito de Agricultura de Precisão surgiu a partir da Agricultura 3.0 e são técnicas utilizadas para medir e controlar variáveis tais como temperatura, água e nutrientes do solo para controlar a utilização adequada de herbicidas, fertilizantes e outras variáveis relacionadas à produção agrícola (UFERAH ET AL., 2019).

No bimestre seguinte, representados pelos círculos de tons de roxo e azul, aparecem as palavras *Challenges* e *Agriculture* e *Design*. Já no bimestre de 2020.4, representado pela cor verde, surge às estratégias da *Internet of Things* e *System* voltada para agricultura.

No bimestre 2020.6 o movimento de círculos de palavras chaves, representado pelos tons esverdeados e amarelados, mudou para seguintes conexões: *Security*, *Model*. Por fim, no bimestre 2020.8, aparecem as palavras-chaves e suas conexões das cores amarelas, os seguintes termos: *Smart Agriculture*, *Sensors*, *Robotics*. O que se conclui que essas são as novas tendências dentro da Agricultura 4.0 os temas voltados a Agricultura Inteligente, sensores e robótica no campo.

Com relação às principais agencias financiadoras de projetos neste tema estão: a *European Comission* com 12 registros o logo atrás o Conselho Nacional de Desenvolvimento

Científico e Tecnológico – CNPq e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior – CAPES com 11 e 6 registros publicados, respectivamente.



Figura 10 – Agencias Financiadoras

Fonte: Autor próprio

Já as universidades que mais publicaram sobre tema Agricultura 4.0 foram a Universidade Andalas (Indonésia), Universidade Estadual de Campinas (Brasil), Universidade Estadual Paulista (Brasil) e Nanjing Agricultural University (China) com 28, 6, 6, e 5 registros, respectivamente.

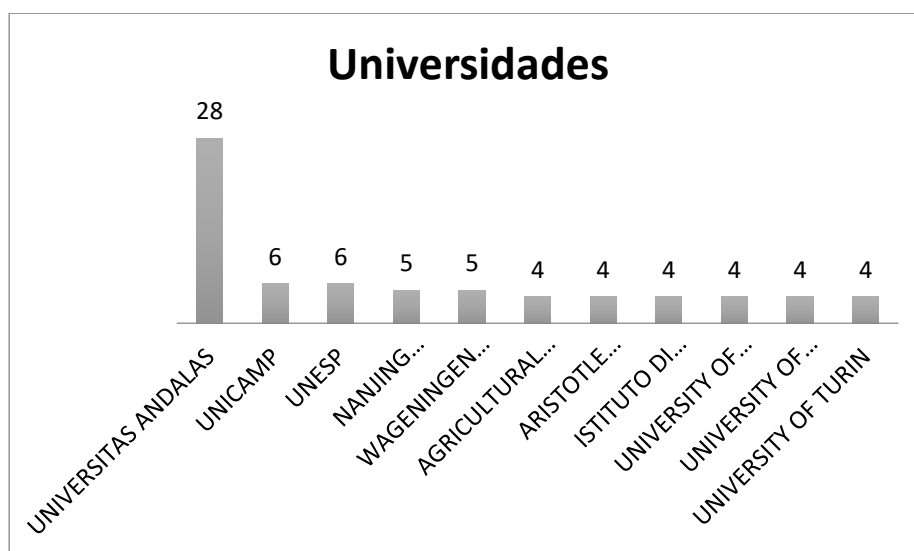


Figura 11 – Universidades

Fonte: Autor próprio

Já os autores que mais publicaram sobre o tema, foram Comba L, Gay P e Shu L embora não tenha sido um número muito elevado, apenas 4 publicações cada.

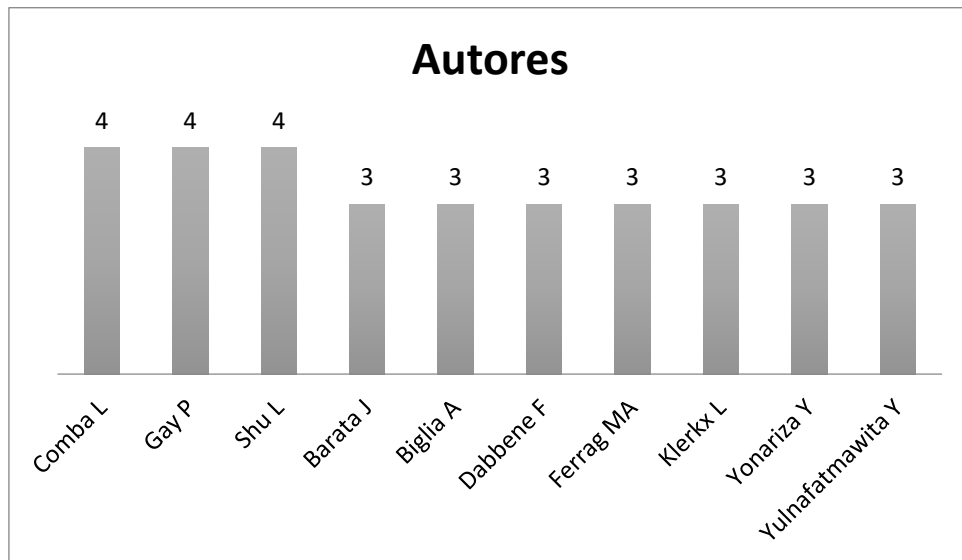


Figura 12 – Autores

Fonte: Autor próprio

Porém o autor mais citado não aparece em primeiro no Gráfico acima. Klerkx L foi citado 271 vezes enquanto Shu L foi citado 70 vezes em seus 4 registros e Comba L e Gay P foram citados 53 vezes. O motivo desse empate tanto no número de publicações, quanto no numero de citações é que Comba L e Gay P publicaram juntos todos os trabalhos sobre o tema, que foram gerados com esta busca.

Para os autores Comba L e Gay P, a agricultura de precisão compreende um conjunto de tecnologias que combina sensores, sistemas de informação, maquinaria melhorada e gestão informada para aperfeiçoar a produção, tendo em conta a variabilidade e as incertezas dentro dos sistemas agrícolas.

Em suas obras, esses autores falam da importância da detecção por imagem via satélite sendo uma ferramenta importante no mapeamento de culturas, monitoramento e avaliação de doenças. Porém as imagens de satélites disponíveis gratuitamente com resoluções baixas ou moderadas mostraram alguns limites em aplicações agrícolas específicas, por exemplo, onde as culturas são cultivadas por filas.

Para validação da proposta, os autores escolheram uma vinícola em Serralunga d'Alba (Norte de Itália). Em seus documentos, eles apresentam uma nova estrutura de refinamento de imagens de satélite, baseada numa técnica de aprendizagem profunda que explora informação devidamente derivada de imagens de alta resolução adquiridas por sensores multiespectrais aerotransportados por veículos aéreos não tripulados (UAV) – Drones.

Os 3 registros produzidos por Klerkx L somam um total de 271 citações. No artigo com mais citações (152), o autor faz uma revisão literária da importância das tecnologias sócias ao se investigar a Agricultura 4.0. Nesse documento, *A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda* o autor

mostra que podem ser identificados cinco grupos temáticos de literatura de ciências sociais existentes sobre digitalização na agricultura: 1) Adopção, utilização e adaptação de tecnologias digitais na exploração agrícola; 2) Efeitos da digitalização na identidade do agricultor, competências do agricultor e trabalho agrícola; 3) Poder, propriedade, privacidade e ética na digitalização de sistemas de produção agrícola e cadeias de valor; 4) Digitalização e conhecimento agrícola e sistemas de inovação (AKIS); e 5) Economia e gestão de sistemas de produção agrícolas digitalizados e cadeias de valor.

Os 4 artigos produzidos por Shu Lei somam um total de 70 citações. No artigo mais citado (41) o autor explica o processo de transformação da Indústria Agrícola que acompanhou as 3 Revoluções Industriais anteriores.

Nesse documento, *From Industry 4.0 to Agriculture 4.0 Current Status, Enablin ,Technologies and Research Challenges* o autor revê o estado atual da agricultura industrial juntamente com as lições aprendidas dos padrões de produção agrícola industrializada, dos processos de produção agrícola industrializada, e da cadeia de abastecimento agro-alimentar industrializada.

Além disso, são discutidas cinco tecnologias emergentes, nomeadamente: *Internet of Things (IoT)*, *Robotics*, *Artificial Intelligence (AI)*, *Big Data* e *Blockchain* com relação à Agricultura 4.0. Especificamente, Shu Lei concentra-se nas principais aplicações destas tecnologias emergentes no setor agrícola e nas oportunidades e desafios de investigação acerca da Agricultura 4.0. A Figura 13 mostra as aplicações agrícolas da Internet das Coisas que incluem: agricultura de precisão, monitorização do gado, estufas inteligentes, gestão da pesca, e seguimento meteorológico.

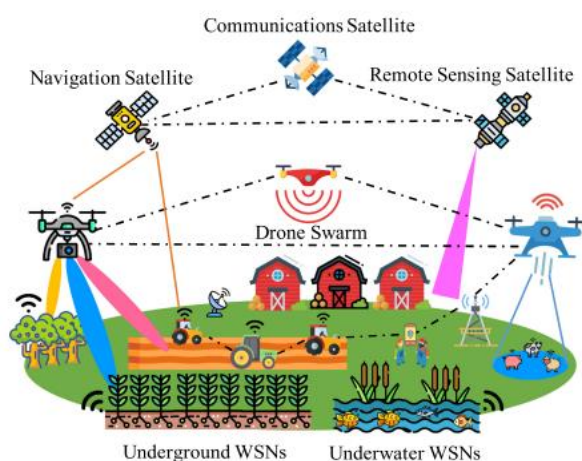


Figura 13 Aplicações agrícolas da Internet das Coisas – Shu Lei LIU

Fonte: *From Industry 4.0 to Agriculture 4.0 Current Status, Enablin ,Technologies and Research Challenges*

A Figura 14 mostra os autores mais citados nos artigos sobre Agricultura 4.0. Em azul aparece Klerkx L com 271 citações; em verde, aparece Shu L com 70 citações e, por conseguinte aparece Comba L, em vermelho com 53 citações.

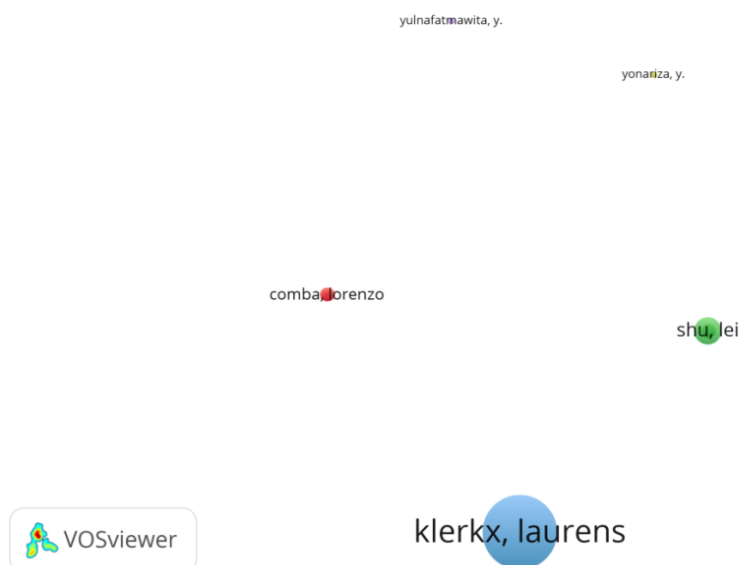


Figura 14: Autores mais citados nos artigos
Fonte: Autor próprio. Extraída do *software VOSviewer*

O mapa de calor das palavras-chaves presentes nos títulos, resumos e palavras-chaves de todos os artigos no tema pesquisado pode ser visualizado na Figura 15. Este mapa é importante, pois auxilia a análise dos 188 documentos a cerca da Agricultura 4.0, uma vez que evidência as palavras mais utilizadas nesse contexto.

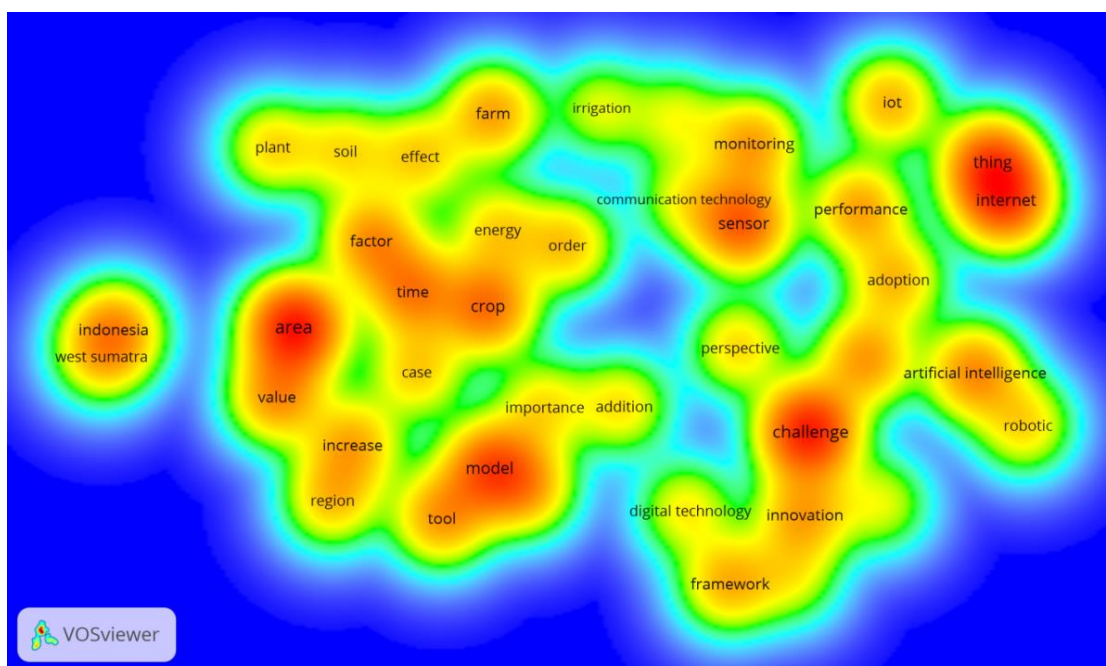


Figura 15: Mapa de calor das palavras-chaves mais frequentes no título, resumo e palavras-chaves.
Fonte: Autor próprio. Extraída do *software VOSviewer*

Na Figura 15, aparecem palavras com cores avermelhadas como: *Area*, *Challenge*, *Model*, *Performance* e *Value* que na tradução significa Área, Desafios, Modelo, Desempenho e Valor, respectivamente. Essas palavras analisadas em conjunto fazem sentido pois a Agricultura 4.0 enfrenta desafios e também busca a melhorar a produtividade através do desempenho e valor. É possível notar outras palavras que aparecem no mapa de calor e que tem a ver com a Agricultura 4.0 que é o caso de *Thing*, *Internet*, *Artificial Inteligente*, *Sensor*, *Robotic*, *Energy* e *Monitoring* que são uns dos pilares da Industria 4.0.

3.2. Etapa 3: Detalhamento e modelo integrador

Segundo Mariano e Rocha (2017), nesta terceira e última etapa da pesquisa TEMAC objetiva examinar quais são as principais contribuições e abordagens de pesquisa na base da *Web of Science*. Para isso, foram desenvolvidos dois mapas de calor, um de co-citação (*cocitation*), e um de acoplamento bibliográfico (*coupling*), com o auxílio da ferramenta de software gratuito *VOSviewer*.

O mapa de co-citação (Figura 16) permite identificar quais autores foram citados em conjunto, enquanto o *coupling* (Figura 17) demonstra as principais frentes de pesquisa ainda vigentes.

3.2.1. Análise de Cocitação

O estudo de co-citação auxilia na identificação de quais autores são citados juntos com maior recorrência. Dessa forma, podem-se verificar quais autores tem linhas de pesquisa semelhantes. Através de algoritmos de clusterização, o software *VOSviewer* cria um mapa de calor que separa os autores em grupos (clusters), de acordo com os aspectos de estudo na área. O mapa de calor de co-citação está representado pela Figura 16.

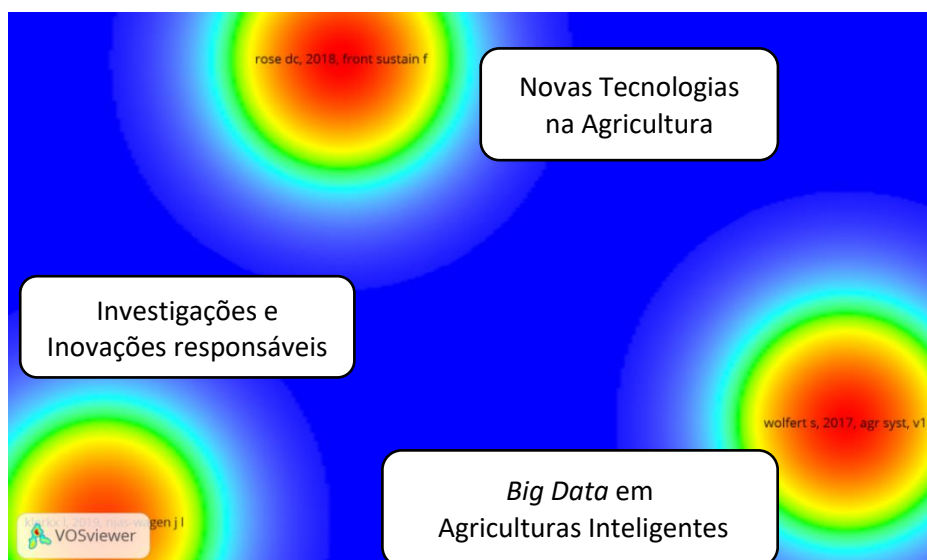


Figura 16: Mapa de calor dos autores citados em conjuntos (*cocitation*)

O primeiro grupo mais esquerda, é composto pelo trabalho de Klerkx L em 2019 no qual ele menciona a importância das 5 áreas sociais no estudo da digitalização no campo que são: 1) Adopção, utilização e adaptação de tecnologias digitais na exploração agrícola; 2) Efeitos da digitalização na identidade do agricultor, competências do agricultor e trabalho agrícola; 3) Poder, propriedade, privacidade e ética na digitalização de sistemas de produção agrícola e cadeias de valor; 4) Digitalização e conhecimento agrícola e sistemas de inovação (AKIS); e 5) Economia.

No segundo grupo aparece o trabalho de Rose DC em 2018 na qual ele menciona sobre as novas tecnologias (Internet Das Coisas, Robótica, Inteligência Artificial) possam ajudar no aumento da produtividade e maior eficiência seguindo os conceitos que tangem a Inovação Responsável.

Segundo Rose DC (2018) o conceito de inovação responsável não tem sido amplamente considerado na agricultura. Porém em seu trabalho ele define alguns aspectos que devem se ter ao promover a inovação responsável no campo o campo: 1) uma abordagem mais sistêmica que mapeia e atende a uma ecologia mais ampla das inovações associadas a esta quarta revolução agrícola; 2) um alargamento das noções de "inclusão" na inovação responsável para melhor dar conta dos diversos e já existentes espaços de participação na agricultura; 3) um maior teste das estruturas na prática para ver se são capazes de tornar os processos de inovação mais responsáveis socialmente.

No terceiro grupo aparece o trabalho de Wolfert S, de 2017, com título Big Data in Smart Farming no qual o autor faz uma revisão do estado da arte das aplicações de Big Data na Agricultura Inteligente – *Smart Farming* – e identifica os desafios socioeconômicos relacionados sobre o assunto.

3.2.2. Acoplamento Bibliográfico

Já o *coupling*, também chamado de Acoplamento Bibliográfico, é uma análise que visa avaliar a associação de um artigo com o outro, feita a partir das referências que os próprios trabalhos fizeram (VOGEL; GÜTTEL, 2013).

É uma técnica que busca identificar quais são os principais fronts de pesquisa que estão se destacando como expoentes nos últimos anos. Essa análise ajuda a prever quais são as linhas que continuarão sendo empregadas nesse campo de pesquisa. Para tal, foi realizada a análise dos autores que mais citaram referências em comum no período de busca de 2016-2022.

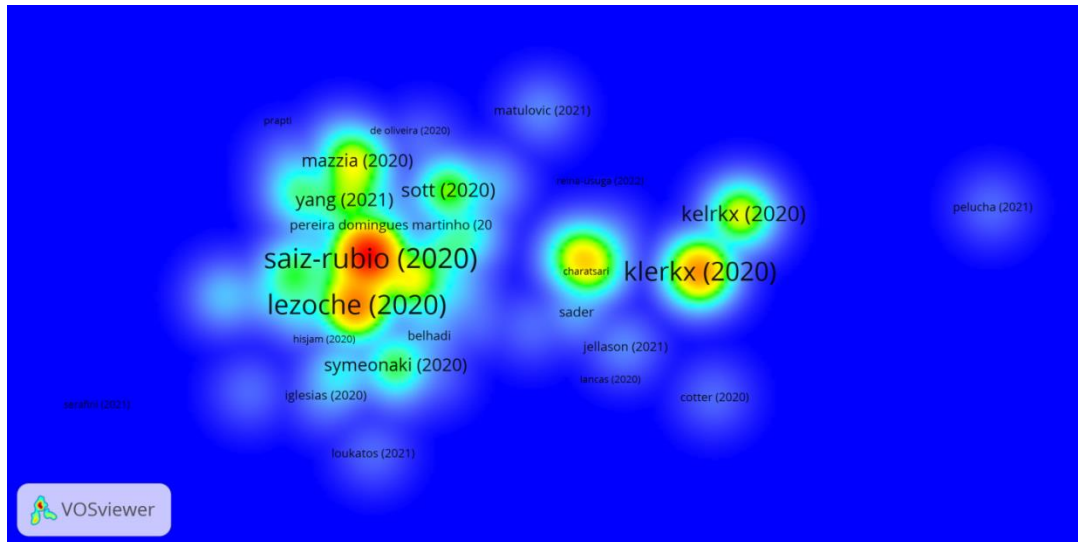


Figura 17: Mapa de calor do acoplamento bibliográfico (*coupling*)

Fonte: Autor próprio. Extraída do *software VOSviewer*

O mapa de acoplamento bibliográfico está representado pela Figura 17. Através do mapa de calor do *coupling*, disposto na Figura 17, é notado um núcleo mais intenso em Saiz Rubio et al. (2020), e Lezoche et al. (2020), sugerindo ser uma importante frente de pesquisa.

O trabalho de Saiz Rubio (2020) faz análise sobre a Gestão e Mineração de Dados da Agricultura Inteligente já se preparando para Agricultura 5.0.

Segundo Saiz Rubio(2020) Os atuais avanços na gestão de dados fazem com que a Agricultura Inteligente cresça exponencialmente à medida que os dados se tornaram o elemento chave na agricultura moderna para ajudar os produtores na tomada de decisões críticas como por exemplo utilização dos recursos disponíveis e a poluição do meio ambiente. A agricultura baseada em dados, com a ajuda de soluções robóticas incorporando técnicas artificiais inteligentes, estabelece as bases para a agricultura sustentável do futuro, ou melhor, a Agricultura 5.0.

Essas tomadas de decisões críticas aparecem também no trabalho de Lezoche M (2020) em que o autor faz um levantamento das cadeias e tecnologias de abastecimento para a agricultura do futuro.

No seu estudo, Lezoche M aborda a agricultura 4.0 como uma forma de melhor o processo de tomada de decisão na cadeia de abastecimento, ou como pode ajudar a poupar tempo aos agricultores para tomarem decisões eficazes com base em dados objetivos.

Nesse seu artigo, *Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture de 2020*, Lezoche faz uma análise de mais de cem (100) documentos sobre novas tecnologias e os novos métodos disponíveis para as cadeias de abastecimento e são analisados e contrastados para compreender os caminhos futuros do domínio da Agri-food 4.0.

3.2.3. Modelo Integrador

Para idealizar o modelo integrador, utilizou-se o material da pesquisa extraído da etapa anterior – TEMAC. A partir da análise de cocitação (Figura 16) e acoplamento bibliográfico (Figura 17) construiu-se uma matriz que representasse os principais desafios para digitalização do campo frente à Agricultura 4.0.

Nessa Matriz existem dois cenários: Sistema Aberto e Sistema Fechado; e dois mecanismos: Modelo *PULL* e Modelo *PUSH*. Além de conter outras variáveis que integram a Matriz (Cultura, Mercadoria e Estrutura de Mercado).

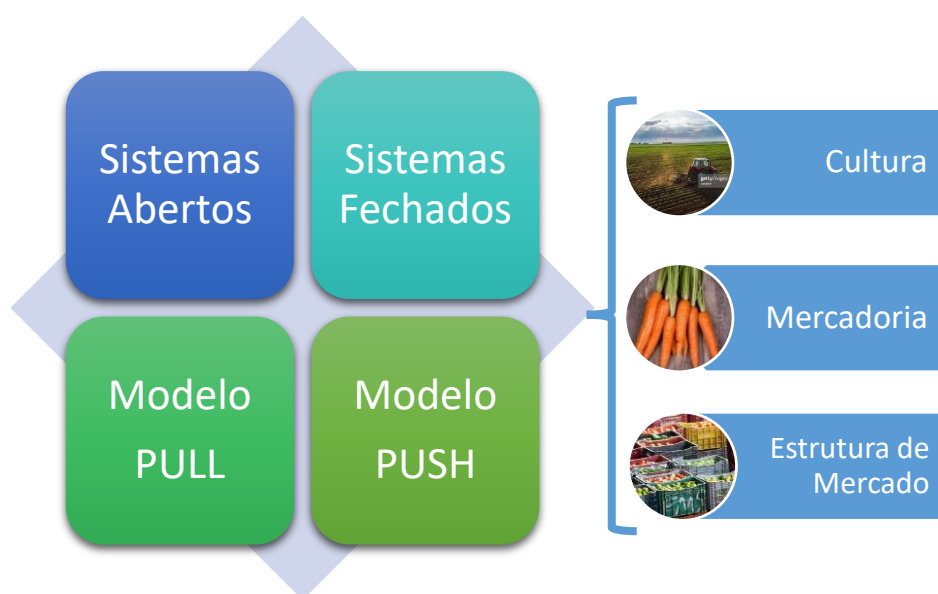


Figura 18: Matriz Modelo Integrador

Fonte: Autor próprio.

Cenário 1: Sistemas Abertos – Esse Sistema funciona por colaboração. Segundo Wolfert (2017), os agricultores e os outros atores da agricultura, fornecedores de insumos e tecnologias são flexíveis na escolha de parceiros comerciais tanto para as tecnologias como para o lado da produção alimentar.

Cenário 2: Sistemas Fechados – Esses Sistemas são mais comuns entre os grandes agricultores, cooperativas ou organizações. De acordo com Wolfert (2017), esses grupos, preocupados com a privacidade e segurança dos dados, querem valorizar os seus próprios dados fortalecendo assim uma cadeia de abastecimento altamente integrada.

Mecanismo 1: Modelo *PULL* – Esse Modelo faz com que as digitalizações no campo puxem os objetivos, melhorando assim a rentabilidade e a eficiência do agricultor. Segundo Poppe (2015), o avanço da tecnologia no campo, ajuda os agricultores na hora de tomar decisões.

Mecanismo 2: Modelo *PUSH* – Esse Modelo permite que as novas tecnologias do campo sejam empurradas para as pessoas e organizações. Por exemplo, a Internet das Coisas (IoT), na qual todos os tipos de dispositivos – *Smart Objects* – estão ligados e interagem entre si através de infraestruturas de rede locais e globais. (WOLFERT; VERDOUW; BOGAARDT, 2017 p.73).

Com base no que foi explorada durante a pesquisa, a Agricultura 4.0 vem da Indústria 4.0 e algumas tecnologias, portanto, se repetem tanto na Indústria como no campo: Big Data; Inteligência Artificial, Internet das Coisas, Robótica e outras mais.

Por fim o papel da Engenharia, uma ciência exata, é contribuir para o desenvolvimento da sociedade, através da aplicação de técnica e conhecimentos que estão ligados às disciplinas de exatas e à demanda socioeconômica, de melhorar a eficiência, de diminuir os custos, de entregar a solução de problemas, ou seja, estão relacionados à melhoria da qualidade de vida e vida útil aliada ao desenvolvimento.

O Engenheiro de Produção por sua vez é capaz de associar conhecimentos técnicos, mas também domina aspectos humanos e ambientes que norteiam a tomada de decisão dentro das organizações, e articular modelos formais quantitativos como aspectos qualitativos.

Esse perfil multidisciplinar faz com que o engenheiro de produção seja um profissional essencial na agroindústria e permite que atue como gestor de manutenção ou qualidade, ambiental, bem como possa elaborar projetos, trabalhar com finanças, organização e segurança do trabalho e muitas outras atividades dentro da agricultura.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS, LIMITAÇÕES E FUTURAS LINHAS DE PESQUISA

O objetivo da pesquisa foi apresentar uma taxonomia das principais contribuições científicas a respeito da Agricultura 4.0 e especificamente, oferecer um modelo integrador que pudesse representar os principais desafios para digitalização do campo frente à Agricultura 4.0. Para isso, primeiro era necessário delimitar o conceito da Agricultura 4.0 e com isso identificar as principais contribuições científicas a respeito do tema.

Como é possível observar no final do Capítulo 4, o modelo integrador foi obtido e foram analisadas as principais linhas de pesquisas sobre o tema, com isso é possível afirmar que o objetivo foi alcançado.

Com relação às principais limitações para a realização do trabalho, duas se sobressaem em especial. São elas: as dificuldades provocadas pela pandemia do COVID 19 que ocorre atualmente não só no Brasil, assim como no resto do mundo; e o fato do pesquisador ter precisado mudar três vezes de tema durante a execução do trabalho, por questões de afinidade do conteúdo.

Resumidamente, é através da Agricultura 4.0 que os agricultores conseguem fazer um melhor aproveitamento dos insumos, reduzindo os custos e os desperdícios da produção agrícola. Dessa forma, as inovações no campo além de reduzir os desperdícios, contribuem para competitividade no setor agrícola, aumentando a produtividade e a qualidade das mercadorias.

Por fim, é proposta uma linha futura de pesquisa para dar continuidade ao trabalho. Como a presente pesquisa gerou um modelo conceitual como resultado, propõe-se a ampliação do modelo obtido, revelando os principais fatores críticos de sucesso da implementação da agricultura 4.0.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRAMO, G., D'Angelo, C. A., & Di Costa, F. (2009). **Research collaboration and productivity: is there correlation?**. Higher Education, 57(2), 155-171
2. BATALHA, Mário Otávio. **Gestão agroindustrial: GEPAl: grupo de estudos e pesquisas agroindustriais**. Editora Atlas SA, 2000.
3. BAUER, W.; Hämmerle, M.; Schlund, S.; Vocke, C. **Transforming to a hyper-connected society and economy—towards an “Industry 4.0”**. Procedia Manuf. 2015, 3, 417–424.
4. CAROLAN, M., 2018. **The Politics of Big Data: Corporate Agri-food Governance Meets “weak” Resistance, Agri-environmental Governance As an Assemblage: Multiplicity, Power, and Transformation**. pp. 195–212.
5. CHOU Y.-C, Kuo C.-J., T.-T. Chen, G.-J. Horng, M.-Y. Pai, M.-E. Wu, Y.-C. Lin, M.-H. Hung, W.-T. Su, Y.-C. Chen, D.-C. Wang, and C.-C. Chen, **“Deep-learning-based defective bean inspection with GANstructured automated labeled data augmentation in coffee industry,”** Appl. Sci., vol. 9, no. 19, p. 4166, Oct. 2019, doi: 10.3390/ app9194166.
6. DE CLARCQ M., A. Vats, and A. Biel, **“Agriculture 4.0: The future of farming technology,”** in Proc. World Government Summit, 2018, pp. 11–13
7. GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª Ed. São Paulo: Atlas, 2008.
8. HIMESH, S. **Digital revolution and Big Data: A new revolution in agriculture**. CAB Rev. 2018, 13, 1–7.
9. KOUADIO L, R. C. Deo, V. Byrareddy, J. F. Adamowski, S. Mushtaq, and V. P. Nguyen, **“Artificial intelligence approach for the prediction of robusta coffee yield using soil fertility properties,”** Comput. Electron. Agricult., vol. 155, pp. 324–338, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.compag.2018.10.014
10. LAKATOS, E. M. MARCONI, M. A. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragem e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996.
11. LASI, H., Fettke, P., Kemper, H., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). **Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering**, 6(4), 239–242
12. LASSO E. and J. C. Corrales, **“Towards an alert system for coffee diseases and pests in a smart farming approach based on semi-supervised learning and graph similarity,”** in Proc. Int. Conf. ICT Adapting Agricult. Climate Change, Adv. Intell. Syst. Comput. (AACC), vol. 687. Popayán, Colombia: Springer-Verlag, 2018, pp. 111–123, doi: 10.1007/978-3-319-70187-5_9
13. LEZOCHE M, J. E. Hernandez, M. D. M. E. A. Díaz, H. Panetto, and J. Kacprzyk, **“Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture,”** Comput. Ind., vol. 117, May 2020, Art. no. 103187, doi: 10.1016/j.compind.2020.103187
14. LIU Y., X. Ma, L. Shu, G. P. Hancke and A. M. Abu-Mahfouz, **“From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current Status, Enabling Technologies, and Research Challenges,”** in IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 17, no. 6, pp. 4322-4334, June 2021, doi: 10.1109/TII.2020.3003910
15. MARIANO, Ari Melo; ROCHA, Maíra Santos. Revisão da literatura: apresentação de uma abordagem integradora. In: **AEDEM International Conference**. 2017. p. 427-442.

16. MORENO A.N. Fernandes, M. A. Da Cruz Barros, N. Kenji Hamatsu, **Trend of Technologies 4.0 in Brazil - what does the demand about the Public Selection MCTI/FINEP/FNDCT Grant to Innovation 04/2020 tell us?** Revista Ciencia Agrônômica v. 51 (2020) SPECIAL AGRICULTURE 4.0
17. NARVAEZ F. Y, G. Reina, M. Torres-Torriti, G. Kantor, and F. A. Cheein, **“A survey of ranging and imaging techniques for precision agriculture phenotyping,”** IEEE/ASME Trans. Mechatron., vol. 22, no. 6, pp. 2428–2439, Dec. 2017.
18. PIOVESAN, A.; TEMPORINI, E. R. **Pesquisa exploratória: procedimento metodológico para o estudo de fatores humanos no campo da saúde pública.** Revista Saúde Pública, v. 29, n. 4, p. 318-25, 1995.
19. POPPE, K.J., Wolfert, J., Verdouw, C.N., Renwick, A., 2015. **A European perspective on the economics of Big Data.** Farm Policy Journal 12, 11–19
20. ROSE, D.C., Chilvers, J., 2018. **Agriculture 4.0: Broadening Responsible Innovation in an Era of Smart Farming.** Frontiers in Sustainable Food Systems, pp. 87
21. SONG, I. Y., & Zhu, Y. (2017). **Big data and data science: opportunities and challenges of iSchools.** Journal of Data and Information Science, 2(3), 1-18.
22. SOTT, M.K., Furstenau, L.B., Kipper, L.M., Giraldo, F.D., Lopez-Robles, J.R., Cobo, M.J., Zahid, A., Abbasi, Q.H. & Imran, M.A. (2020) **Precision techniques and agriculture 4.0 technologies to promote sustainability in the coffee sector: state of the art, challenges and future trends.** *IEEE Access*, 8, 149854– 149867.
23. UFERAH. Shafi, R. Mumtaz, J. García-Nieto, S. A. Hassan, S. A. R. Zaidi, and N. Iqbal, **“Precision agriculture techniques and practices: From considerations to applications,”** Sensors, vol. 19, no. 17, p. 3796, Sep. 2019, doi: 10.3390/s19173796.
24. VOGEL, Rick; GÜTTEL, Wolfgang H. The dynamic capability view in strategic management: A bibliometric review. **International Journal of Management Reviews**, v. 15, n. 4, p. 426-446, 2013
25. VENKATESH, V., Morris, M.G., Davis, G.B., et al. (2003) **User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View.** MIS Quarterly, 27, 425-478.
26. WANG, Chong; BLEI, David M. Collaborative topic modeling for recommending scientific articles. In: **Proceedings of the 17th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining.** 2011. p. 448-456.
27. WOLFERT, S., Ge, L., Verdouw, C., Bogaardt, M.-J., 2017. **Big data in smart farming – a review.** Agric. Syst. 153, 69–80
28. ZAHID A., H. T. Abbas, A. Ren, A. Zoha, H. Heidari, S. A. Shah, M. A. Imran, A. Alomainy, and Q. H. Abbasi, **“Machine learning driven non-invasive approach of water content estimation in living plant leaves using terahertz waves,”** Plant Methods, vol. 15, no. 1, Nov. 2019, doi: 10.1186/s13007-019-0522-9.
29. ZAMBON, I.; Cecchini, M.; Egidi, G.; Saporito, M.G.; Colantoni, A. **Revolution 4.0: Industry vs. Agriculture in a Future Development for SMEs.** Processes 2019, 7, 36. <https://doi.org/10.3390/pr7010036>

ANEXOS