UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM SANANDUVA
CURSO DE AGRONOMIA

EDINÉIA GERMINIANI

A ROBOTIZAÇÃO DAS ATIVIDADES AGRÍCOLAS

SANANDUVA
2023

EDINÉIA GERMINIANI

A ROBOTIZAÇÃO DAS ATIVIDADES AGRÍCOLAS

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do curso de na UERGS - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – Unidade Universitária em Sananduva – RS.

Orientadora: Profª. Dra. Marcia Regina Maboni Hoppen Porsch

SANANDUVA
2023

Catalogação de publicação na fonte (CIP)

G374r Germiniani, Edinéia

Robotização das atividades agrícolas, A / Edinéia Germiniani. – Sananduva: Uergs, 2023.

59 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Agronomia (Bacharelado), Unidade em Sananduva, 2023.

Orientadora: Prof.ª. Dra. Marcia Regina Maboni Hoppen Porsch

1. Agricultura. 2. Robôs. 3. Tecnologias. 4. Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação. I. Porsch, Marcia Regina Maboni Hoppen. II. Curso de Agronomia (Bacharelado), Unidade em Sananduva, 2023. III. Título.

Marcelo Bresolin CRB10/2136

EDINÉIA GERMINIANI

A ROBOTIZAÇÃO DAS ATIVIDADES AGRÍCOLAS

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel de Agronomia na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Aprovado em

BANCA EXAMINADORA

_____
Orientadora: Profª Dra Marcia Regina Hoppen Maboni Porsch
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (Uergs)

_____
Prof° Me. Ernane Ervino Pfuller
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (Uergs)

_____
Profº Dr. Ulisses Pereira de Mello
Universidade Federal Fronteira Sul (UFFS)

SANANDUVA
2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus que concedeu que tudo isso acontecesse ao longo da estrada da minha vida me guiando e orientando para que os percalços do caminho fossem atingidos.

A minha família, por sempre me apoiar incondicional.

A professora Dra. Marcia Regina Maboni Hoppen Porsch, orientadora deste trabalho de conclusão de curso, pelo seu tempo dedicado, ensino e também apoio prestado.

À Universidade Estadual do Rio Grande do Sul e a todos os professores que prestaram seu trabalho de ensino e aprendizagem. Aos funcionários da UERGS, pelos serviços prestados.

RESUMO

A agricultura brasileira tem papel importante na economia do país e sofre evolução constante, notadamente a partir do processo conhecido como a modernização da agricultura. Acredita-se que o significativo crescimento da produtividade das culturas agrícolas tenha forte correlação com os avanços tecnológicos. Deste modo, o trabalho tem como objetivo buscar a fundamentação teórica sobre para o embasamento do tema "A robotização das atividades agrícolas", apresentando os aspectos fundamentais da robótica, criação de máquinas inteligentes em ambientes de produção agrícola, exemplos de usos de robôs agrícolas no campo. O objetivo geral é investigar os principais usos dos robôs utilizados nas atividades agrícolas que estão disponibilizados nas bases de dados disponíveis online, de 2012 a 2022, em algumas bases de dados disponíveis na internet sobre a aplicação dos drones na agricultura de precisão, por meio de uma pesquisa bibliométria. Através da pesquisa, constatou-se que as 52 publicações selecionadas como relevantes estão espalhadas nos cinco Continentes. O Brasil tem seis artigos publicados nas cidades de Cornélio Procópio, Campinas (citadas duas vezes), São Paulo, Piracicaba e Santa Maria. Sendo que o Continente asiático teve 44% das publicações indexadas em alguma rede para visualização. A tendência da pesquisa fixou em quatro eixos: automação na agricultura, sensoriamento e monitoramento, tarefas agrícolas e controle de pragas e ervas daninhas. Os temas pesquisados Robotics Agriculture, Smart farms Agriculture 4.0 e Agriculture 5.0 estão indexados nas plataformas do Google Scholar com 77,92%, o IEEE com 18,19% e Scielo com 3,89% de materiais publicados, como ferramenta de planejamento estratégico com relevância, em pesquisas bibliográficas e/ou documental seguidas pelos estudos de caso. Através destes dados, comprovou-se que o uso de robôs na agricultura aumenta os recursos tecnológicos para fornecer dados e informações precisas para a tomada de decisões. A tecnologia empregada no campo foi determinante para que a agricultura alcançasse o patamar atual. A evolução é contínua e agora se consolida uma nova era de tecnologia agrícola. Essa tecnologia está inserida diretamente na robotização agrícola, um conjunto de tecnologias que atuam com o intuito de gerenciar as tarefas diárias do homem do campo.

Palavras-chave: Agricultura, Robôs, Tecnologias.

ABSTRACT

Brazilian agriculture plays an important role in the country's economy and undergoes constant evolution, notably from the process known as the modernization of agriculture. It is believed that the significant growth in the productivity of agricultural crops has a strong correlation with technological advances. In this way, the work aims to seek the theoretical foundation for the basis of the theme "The robotization of agricultural activities", presenting the fundamental aspects of robotics, creation of intelligent machines in agricultural production environments, examples of uses of agricultural robots in the field. The general objective is to investigate the main uses of robots used in agricultural activities that are available in databases available online, from 2012 to 2022, in some databases available on the internet about the application of drones in precision agriculture. Through research, it was found that the 52 publications are spread across the five continents. Brazil has six articles published in the cities of Cornélio Procópio, Campinas (cited twice), São Paulo, Piracicaba and Santa Maria. Since the Asian Continent had 44% of publications indexed in some network for viewing. The research trend focused on four axes: automation in agriculture, sensing and monitoring, agricultural tasks and pest and weed control. The researched themes Robotics Agriculture, Smart farms Agriculture 4.0 and Agriculture 5.0 are indexed in Google Scholar platforms with 77.92%, IEEE with 18.19% and Scielo with 3.89% of published materials, as a strategic planning tool with relevance, in bibliographic and/or documentary research followed by case studies. Through these data, it was proved that the use of robots in agriculture increases the technological resources to provide accurate data and information for decision making. The technology used in the field was decisive for agriculture to reach the current level. The evolution is continuous and now a new era of agricultural technology is consolidated. This technology is directly inserted in agricultural robotization, a set of technologies that act in order to manage the daily tasks of the field man.

Keywords: Agriculture, Robots, Technologies.

.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Exemplo de Sensor Inteligente 9

Figura 2- Exemplo de drone 9

Figura 3- Exemplo de GPS 20

Figura 4-Exemplo de Big Data 20

Figura 5- Exemplo de robôs na agricultura 21

Figura 6-Modelo de robô móvel.....5

Figura 7- Modelo de robô fixo.....6

Figura 8– Ano das publicações que formaram a amostra.....33

Figura 9– Porcentagem das publicações considerando os continentes.....33

Figura 10-Classificação do tipo das universidades onde foram publicados os artigos encontrados na pesquisa.....36

Figura 11- Tipo de pesquisa, metodologia utilizada nas publicações selecionadas..... 33

Figura 12- Tipo de publicação.....34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Leis que regem os estudos bibliométricos 28
Tabela 1- Ranking do número de publicações por países entre 2012 e 2022.....34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Primeira Filtragem: Quantidade De Artigos 31
Quadro 2 - Segunda Filtragem: Tema Relevante A Pesquisa 31
Quadro 3 - Terceira Filtragem: Resumo 32
Quadro 4 - Autores de participação de homens e mulheres 33
Quadro 5 -Classificação do Fator de Impacto segundo Scimago Journal & Country Rank..... 37
Quadro 6 – Relação assunto/autor/ano nas publicações com maior incidência 40

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO.....10

1.2 PROBLEMA 11

1.3 OBJETIVOS 11

1.3.1 Objetivo Geral.....11

1.3.2 Objetivos específicos 12

1.4 JUSTIFICATIVA 12

2 REFERENCIAL TEÓRICO.....13

2.1 EVOLUÇÃO DA AGRICULTURA 13

2.1.1 Revolução agrícola 15

2.2 TECNOLOGIA NA AGRICULTURA.....17

2.3 O USO DE ROBÔS NA AGRICULTURA 21

2.4 CLASSIFICAÇÃO E FUNÇÃO DOS ROBÔS 24

3. METODOLOGIA.....28

4. RESULTADOS E DISCUSÕES 31

4.1 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA.....31

4.2 ANÁLISE QUALITATIVA DOS DADOS 39

4.3 O USO DE ROBÔS NA AGRICULTURA: EXEMPLOS DE APLICAÇÃO 41

4.3.1 Automação na agricultura 43

4.3.2 Sensoriamento e monitoramento 44

4.3.3 Tarefas agrícolas.....45

4.3.4 Controle de pragas e ervas daninhas.....46

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 48

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS 50

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas da humanidade está relacionado ao crescimento desordenado da população. Essa população, em constante crescimento, demanda uma quantidade cada vez maior de alimentos (CHARTER; CLARK, 2007).

Agricultura de Precisão sistematiza e utiliza tecnologia para obter e analisar dados das plantações, com o intuito de otimizar processos e custos o que alavanca a produtividade. O Brasil passou a ser um grande exportador de alimentos nos últimos 40 anos, assim houve aumentos significativos na produção e na produtividade agropecuárias com a produção maior em cada hectare de terra. A evolução tecnológica facilitou o aumento na produtividade no que se refere a quantidade produzida em determinada área (EMBRAPA, 2018).

A incorporação das novas tecnologias como novos processos de produção, faz com que o consumidor perceba o aperfeiçoamento e a adaptação na produção de alimentos. À vista disso, a robótica aparece como um mecanismo de contribuição para um aumento de eficiência em que se destaca também a velocidade de operação dos robôs que ultrapassa a mão de obra humana, ademais para dominar outras habilidades no que concerne o trabalho contínuo de forma consistente com mínimo de manutenção (TANKE et al., 2011).

O uso de robôs nas atividades agrícolas contribui para considerar todos os agentes envolvidos na produção e intensifica com menor impacto a exploração da agricultura de forma sustentável tais como: a economia, social e ambiental. Esse tripé é um grande desafio para aumentar a produtividade da sustentabilidade e na agricultura, deste modo, a produtividade com sustentabilidade requer a utilização de técnicas, metodologias e instrumentos tecnológicos (CRESTANA; FRAGALLE, 2012).

À face do que foi exposto, vê-se a necessidade de abordar com uma revisão bibliográfica como a agricultura vem apresentando novos rumos quanto a modernização em sua produtividade, apresentando os aspectos fundamentais da robótica, criação de máquinas inteligentes em ambientes de produção agrícola, exemplos de usos de robôs agrícolas, bem como indicar os principais desafios encontrados para a implantação de sistemas robóticos no ambiente agrícola, relacionar os problemas sociais e as expectativas geradas pela robotização.

1.2 PROBLEMA

A agricultura vem passando por um processo de inovação tecnológica há algum tempo. A robótica na agricultura traz resultados de maior rapidez na produção, aumento de rendimento operacional, eficiência e baixo custo de mão de obra, uma vez que esta última - mão de obra- é escassa, exaustiva e extenuante. Os robôs são as possibilidades para diversos setores e tarefas agrícolas tais como: colheita de frutos, capina, poda, lavoura, irrigação, monitoramento da lavoura, aragem, pulverização entre outros. Desta maneira, há o aumento de rendimento operacional e facilita a execução de serviços repetitivos oferecendo para o agricultor melhor qualidade de vida.

Os robôs agricultores geram um mapa de produtividade onde o proprietário pode monitorar a lavoura como um todo, auxiliando na agricultura de precisão e assim reduzindo custos e com isso aumentando a rentabilidade.

A partir disso, destaca-se a seguinte questão: o que diz a literatura sobre o uso da robotização nas atividades agrícolas?

Para responder a essa interrogação, este estudo investiga os avanços tecnológicos na área da robótica na agricultura como um grande fator para a potencialização e otimização das lavouras, apesar de alguns desafios como alto custo de implantação e mão de obra especializada, como se desenvolve as novas práticas agrícolas e como vem abrindo oportunidade para a inserção de sistemas autônomos.

De acordo com Earl et. al (2000) o desenvolvimento tecnológico contribui para aumentar a produtividade e eficiência econômica na agropecuária. Esta tendência substitui as máquinas mais pesadas por tecnologias baseadas em informações que serão mais confiáveis no campo, com uso de robôs.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Este estudo tem por objetivo investigar os principais usos dos robôs utilizados nas atividades agrícolas que estão disponibilizados nas bases de dados disponíveis online, de 2012 a 2022.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar um levantamento nas bases de relevância tais como SCIELO – A Scientific Electronic Library Online, Periódicos CAPES, IEEE XPlore Digital Library e Google Acadêmico;
- Descrever como se dá o uso da robótica nas principais atividades agrícolas;
- Analisar sua evolução através dos anos nas práticas de agricultura;
- Realizar uma análise sistêmica e bibliométrica para contemplar os dados sobre a robotização.

1.4 JUSTIFICATIVA

A população mundial crescerá de 7,6 bilhões para 9,8 bilhões de pessoas até o ano de 2050, de acordo com o relatório da ONU (2017). É um crescimento de 30%, desta forma, o desenvolvimento pela busca por novas tecnologias proporcionou um auxílio extra na qualidade na produção.

Assim, a produção agrícola tem crescido ao longo dos anos, e com ela vem a necessidade de encontrar meios e métodos para alcançar a produtividade ideal, por isso é necessário usar um sistema agrícola mais eficiente e autônomo, esse sistema é o uso de robôs na produtividade e, vem crescendo em diversas áreas, industriais, comerciais e residenciais. Essa modernização consiste na utilização de máquinas, insumos e técnicas produtivas que permitem aumentar a produção das atividades agrícolas.

O presente trabalho justifica-se pela necessidade de discutir o uso de robôs, pois os desenvolvimentos tecnológicos no setor agrícola estão aumentando e buscando auxiliar e facilitar o gerenciamento do agricultor. A robótica agrícola está cada vez mais forte, buscando automatizar e otimizar o trabalho de campo, uma vez que, os desafios apresentados na agricultura, principalmente o de aumentar a produção sem ampliar a área plantada significativamente, surgem novas oportunidades para a no uso da robotização no campo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste Capítulo, é apresentado o embasamento bibliográfico utilizado como referência para a realização deste trabalho.

2.1 EVOLUÇÃO DA AGRICULTURA

A modernização agrícola do Brasil se intensificou através dos anos e como base para a transformação global da economia e da sociedade brasileira, acompanhado por uma forte industrialização. Após a Segunda Guerra Mundial, consolidou-se o projeto de industrialização brasileiro. No início da década de 1950, o governo brasileiro adotou uma política de industrialização forçada (draft industrialization). Até o começo da década de 1970, facilidades foram criadas para a indústria, discriminando fortemente a agricultura. A base desta política era a de manter taxa de câmbio sobrevalorizada; múltiplas taxas de câmbio favorecem as importações bens de capital e desvantagem para outros; e empréstimos a taxas de juros ou taxas subsidiadas para a indústria de bens de capital. Também foram usados para importações de bens de consumo, energia e investimento em infraestrutura de transporte. Finalmente, foram mantidos baixos os preços de alimentos para evitar pressões sobre os salários dos trabalhadores urbanos. Priorizando com isso, o desenvolvimento de infraestrutura urbana, investimento em habitação, saúde e proteção salarial (ALVES; LOPES; CONTINI, 1999).

Em contrapartida, em meados da década de 1960, deu-se início a evolução da agricultura no Brasil, quando tratores, equipamentos agrícolas, fertilizantes, ração animal, os medicamentos veterinários e muitas outras indústrias começaram a ser instalados no país, promovendo os seguintes princípios: a transformação gradual do campo, mesmo mudando a base de produção, que produziam produtos que foram facilmente comercializados em mercados estrangeiros. Já no final dos anos 1980 e início dos anos 1990, iniciou-se um novo ciclo de tecnologia aplicada. Agricultura, especialmente no que diz respeito às possibilidades de equipamentos agrícolas. Além de alternativas para gerenciar com precisão o campo de produção, facilitou o trabalho dos operadores de máquinas agrícolas (TAYLOR; WHELAN, 2010).

Em concordância com Christofidis (1999) a expansão demográfica, associado à

transformação do perfil socioeconômico e a busca por maior produtividade e qualidade fez com que agricultores recorrem a equipamentos tecnológicos para modernizarem suas plantações, e os que ainda se recusam os fazer uso dessa tecnologia acabam perdendo o espaço no mercado. Para qualquer tipo de empresa, a agricultura necessita ter capacidade de competir com a concorrência, oferecendo qualidade e agilidade, e para tanto, existem diversos tipos de máquinas que tornam mais rápidas as etapas do plantio, aragem, irrigação e colheita.

Nos últimos 40 anos, o Brasil tornou-se um grande exportador de alimentos, devido ao aumento significativo da produção, produtividade agrícola e rendimento máximo por hectare de terra. Desde os medos século XX, a evolução tecnologica é um aspecto importante a se considerar para o crescimento da produção, isso se refere à quantidade produzida em uma área específica, menos de 2% das propriedades rurais. Em 1968, o Brasil sofreu escassez de alimentos, levando o governo a formular políticas para intensificar o trabalho agrícola nos campos, a fim de que o investimento público, as linhas de crédito especiais para desenvolvimento, extensão rural e agricultores melhorassem essas atividades. Este foi o ponto de partida do processo de modernização agrícola Brasileiro (EMBRAPA, 2018).

O Brasil em 1977 tinha uma produção agrícola de 46 milhões de toneladas, ocupando uma área produtiva de 37 milhões de hectares, enquanto em 2017 a produção cresceu mais de seis vezes, atingindo 236 milhões, enquanto a área plantada apenas dobrou, ou seja, a tecnificação possibilitou o incremento de produtividade (CONAB,2018).

A agricultura tem fundamental importância à economia, pois é um dos principais setores que movimentou em 26,6% o Produto Interno Bruto (PIB) no valor de R$ 2 trilhões, principalmente para o agronégocio (CEPEA, 2020).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, informou que o agronegócio, somente no ano de 2020 foi responsável por praticamente metade das exportações brasileiras, com recorde de participação de 48%, com crescimento de US$ 87,76 bilhões. Outrossim, na última década o Brasil teve um grande crescimento no mercado mundial de alimentos, investindo de US$ 20,6 bilhões para US$ 100 bilhões, ganhando destaque com a produção de carne, soja, milho, algodão e produtos florestais (EMBRAPA, 2018).

Como resultado, o Brasil vem aumentando sua capacidade produtiva das lavouras espalhadas pelo país. Os produtores rurais investem em novas tecnologias capazes de otimizar a produção e ainda em novos processos e utilização adequada do solo nas culturas produzidas

em determinada área.

Salienta-se que a agricultura de precisão surgiu como uma oportunidade de otimizar diversos processos e custos no processo produtivo que auxiliam o produtor no sentido de garantir maior produtividade e diminuição dos custos com a produção e perdas desnecessárias. Nesse sentido, Davis (1999) afirmou que a agricultura de precisão combina as novas tecnologias sustentando a era da informação, embora não seja uma novidade, as atividades agrícolas desempenham uma melhor praticidade quanto a sua produção.

2.1.1 Revolução agrícola

Agricultura 4.0 é um termo derivado da Indústria 4.0, aplicada à agricultura, referindo-se à utilização de tecnologia de ponta na produção de alimentos. Essa inovação tecnológica possibilitou que o Brasil se tornasse o terceiro maior produtor agrícola do mundo, desempenhando assim um papel importante na exportação de alimentos. A agricultura 4.0 está relacionada com a compreensão dos softwares de gerenciamento dos equipamentos tecnológicos para aplicação em atividades no campo (ESPERIDIÃO, et al.2019).

A agricultura evoluiu e se aprimorou no século XX, com isso surgiu a Agricultura 1.0, que ocorreu até a década de 50, e a tecnologia mais utilizada é a atração de animais em diversas atividades realizadas no campo. A agricultura 2.0, que foi na década de 50, é alcançada substituindo a tração animal pelo motor de combustão interna, mais conhecido como maquinário agrícola. Ao longo dos anos, a Agricultura 3.0 (entre 1990 e 2010) se deve ao desenvolvimento do Sistema de Posicionamento Global (GPS), que ainda está em uso hoje, porém, essa criação é uma grande conquista para os agricultores gerenciarem melhor suas lavouras (ESPERIDIÃO, et al.2019).

De acordo com a cronologia, a Agricultura Digital 4.0 é a última revolução que teve início a partir de 2010, que mescla conectividade e automação, utiliza máquinas, veículos, drones, robôs e animais e sensores. Estima-se que a partir de 2022, a Agricultura 5.0 trará mais inovações para o mercado agrícola (ECOTRACE, 2021).

A Agricultura 4.0 é considerada muito importante, pois traz muitos benefícios e oportunidades aos produtores rurais e todas as informações e dados coletados em tempo real

estão disponíveis. Ajudará a reduzir o consumo de água, fertilizantes e pesticidas, que geralmente são aplicados uniformemente nos campos. Com esta tecnologia, é possível utilizar apenas a quantidade mínima necessária para aplicações específicas (ECOTRACE, 2021).

O uso desta tecnologia pode melhorar os resultados no campo, incentivando os produtores rurais, aumentando os investimentos para melhorar a qualidade de vida, completando a renda e tendo acesso a ferramentas que contribuem para o crescimento da produção, como máquinas agrícolas, softwares, serviços, insumos, produtos agrícolas e outros. Essas ferramentas também possuem recursos para controlar os desperdícios e altos custos de produção. A agricultura 4.0 funciona capturando informações de produção e coletando dados para interpretar as informações, permitindo que eles se comuniquem para obter coletivamente aplicativos que contribuem de maneiras impactantes, ou seja, Internet das Coisas (IoT), tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)), inteligência artificial (AI), big data e computação em nuvem (TU, 2017).

A Agricultura 4.0 inclui vários domínios e práticas, como agricultura de precisão, automação ou robótica, big data e Internet das Coisas (IoT), interconectados para fornecer aquisição, processamento, armazenamento e comunicação de dados mais robustos. De acordo com a Sociedade Internacional de Agricultura de Precisão, a agricultura de precisão é:

> […] uma estratégia de gestão que coleta, processa e analisa dados temporais, espaciais e individuais e os combina com outras informações para apoiar as decisões de gerenciamento de acordo com a variabilidade estimada para melhorar a eficiência no uso de recursos, produtividade, qualidade, rentabilidade e sustentabilidade da produção agropecuária (SPRINGER, 2020).

Neste cenário, introduz-se o conceito da chamada “agricultura 5.0”, que além do uso massivo de inteligência artificial e biotecnologia nos processos agrícolas produtivos, deverá garantir a produção e a distribuição de alimentos de maneira mais econômica e ecologicamente eficiente do que é praticado atualmente (ECOTRACE, 2021).

É relevante dizer que, embora, os produtores já tenham muitas soluções com a agricultura 4.0. Para se alcançar a agricultura 5.0, o Brasil precisa competir com o mercado internacional para que se resolva alguns problemas estruturais. Entre eles: conectividade rural e capacitação da mão de obra, uma vez que há uma geração qualificada para o trabalho no meio rural (ECOTRACE, 2021).

Por outro lado, é preciso considerar os produtores rurais mais conservadores que não aceitam mudanças, principalmente as ligadas ao meio tecnológico, ou seja, preferindo confiar apenas em seus conhecimentos e instintos. Esse talvez seja um dos pontos mais difíceis de mudar no curto prazo (ECOTRACE, 2021).

2.2 TECNOLOGIA NA AGRICULTURA

É fato que o uso de equipamentos desenvolvidos a partir da tecnologia facilita a execução de tarefas no meio rural, sejam elas simples ou complexas, uma vez que vem sendo aplicada cada vez mais na produção agrícola, o que resulta no crescimento da produtividade no campo. Aproximadamente 70% das propriedades brasileiras usam algum tipo de tecnologia, tanto na área de gestão de negócios ou nas atividades de cultivos e colheitas (BRASIL, 2017).

Quando se trata de conhecer a história do desenvolvimento econômico, percebe-se que isso se deu às custas de danos ambientais. Espera-se que o indivíduo passe a ter consciência mundial sobre a importância de preservar o meio ambiente o que consente antecipar que esse será um dos temas que impetrou significados e atos essenciais das instituições públicas, em especial, daquelas formuladoras de políticas econômicas e de ciência e tecnologia, improvisando em surgir nas bases teóricas para um desenvolvimento econômico com prevenção ambiental (MOTTA, 1996).

No século XX, surgiu o padrão convencional de agricultura com informação e tecnologia, um progresso significativo para assegurar alimentos para as pessoas. Todavia, para garantir a segurança alimentar de toda a população mundial e a continuação dos expedientes naturais, como estabelece a informação de sustentabilidade, devido a isso, solicitou-se um conhecimento que associado ao saber característico da agronomia aprovada com a informação sistêmica, incluindo os diversos objetos do agro ecossistema, ou seja, a agricultura convencional provoca alterações no equilíbrio físico, químico e biológico do solo, destruição de florestas e da biodiversidade genética, aumento da suscetibilidade das lavouras ao ataque de pragas e doenças contaminação dos recursos naturais e dos alimentos. (EHLERS, 1996).

Inicialmente, pode-se relacionar o salto em produtividade e gerenciamento das plantações aos avanços tecnológicos que vêm sendo aplicados à agricultura nos últimos anos.

A tecnologia agrícola hoje inclui: o uso de diversos tipos de sensores, utilização de máquinas e sistemas integrados (PIX FORCE, 2022).

Usa-se diariamente em grandes plantações as sofisticadas tecnologias como a robótica e drones que têm revolucionado os processos agrícolas. Com o uso de tecnologias é possível utilizar a quantidade mínima requerida em cada área específica, também se consegue tratar cada planta de maneira única e diferenciada (PIX FORCE, 2022).

As principais tecnologias são:

Sensores: sensores conseguem captar a saúde da plantação, a necessidade de água e o teor de nitrogênio no solo. Como a figura do exemplo1.

Figura 1- Exemplo de Sensor Inteligente

Fonte, Revista Rural (2019).

Drones: o drone tem inovado a agricultura, pois permite através das suas imagens e algoritmos específicos a coleta das seguintes informações: contagem das plantas, medição da altura da plantação, detecção de pragas, medição da eficácia de tratamentos e do uso de pesticidas, monitoramento da necessidade de água e insumos. Conforme a figura 2.

Figura 2 - Exemplo de drone

Fonte:Agroer (2021).

GPS agrícola: esta tecnologia possibilita uma série de aplicações, como: completo mapeamento da plantação, amostragens virtuais do solo e do campo, monitoramento e inspeção dos processos agrícolas e total mapeamento da produção, de acordo com a figura 3.

Figura 3 - Exemplo de GPS

Fonte: Tecnologia no Campo (2020).

Big Data: tem sido implementado na agricultura de precisão e tem possibilitado o melhor fluxo de informações, uma análise mais rápida e efetiva e tem levado à melhores decisões e criação de estratégias. O exemplo de Big Data figura 4.

Figura 4 - Exemplo de Big Data

Fonte: Bit Magazine (2014).

Robótica: os robôs agrícolas são máquinas autônomas utilizadas para melhorar a qualidade e eficiência do rendimento, reduzindo a dependência do trabalho manual, aumentando a produtividade geral da colheita e a sustentabilidade, segundo a figura 5.

Figura 5-Exemplo de robôs na agricultura

Fonte: Canal Rural (2018).

Essas tecnologias revolucionaram o setor agrícola, cada uma com resultados sem precedentes na agricultura de precisão. Por meio dessas inovações, os agricultores estão encontrando maneiras de aumentar a produtividade sem prejudicar o meio ambiente (PIX FORCE, 2022).

2.3 O USO DE ROBÔS NA AGRICULTURA

A literatura sugere que o termo "automação" remonta a 3500 e 3200 A.C, quando os humanos começaram a usar rodas. No entanto, o conceito não se tornou familiar até depois da Revolução Industrial no século XVIII. Ainda é relativamente novo na agricultura brasileira. A partir do século XX, esses processos tornaram-se automatizados e desempenharam um papel importante no desenvolvimento agrícola do país. O desempenho da agricultura brasileira nas últimas décadas colocou o país na vanguarda da agricultura tropical e destacou a importância de seu papel no cenário internacional de segurança alimentar. Durante esse período, o mundo mudou significativamente e a automação trouxe muitas mudanças, como o avanço tecnológico, com a criação de drones, robôs entre outros mecanismos que favoreceram as atividades agrícolas (EMBRAPA, 2018).

Conforme, Siliciano et al, (2009) foi ainda na Era Industrial, que houve relatos de um mecanismo para substituir a mão de obra, no entanto, foi somente em 1920 que o dramaturgo tcheco Karel Capek introduziu o termo robô em uma de suas peças de teatro. Capek vê o robô como um objeto orgânico, semelhante ao humano. Em meados da década de 1940, o russo Isaac Asimov trouxe um robô, que não tem sentidos, apenas um cérebro programável por uma pessoa.

Asimov então formulou três leis básicas para o estudo do Projeto de Robô.

- Primeira Lei: Um robô não pode ferir um humano ou fazer com que o humano sofra algum mal;
- Segunda Lei: Os robôs devem seguir às ordens dos humanos, exceto nos casos em que essas ordens entrem em conflito com a primeira lei;
- Terceira Lei: Um robô deve proteger sua própria existência, contanto que não entre em conflito com as leis anteriores (SILICIANO et al, 2009).

A ideia de fazer robôs ganhou força no século XX, pois a indústria visava aumentar a produtividade e melhorar a qualidade do produto. O rápido crescimento dos salários dos funcionários e o avanço tecnológico são os principais motivos para o desembarque dos robôs na indústria. A robótica pode ser definida como o estudo de máquinas que podem substituir tarefas humanas em termos de física e tomada de decisão, e envolve as áreas de engenharia e tecnologia da informação (ROSÁRIO, 2005).

É importante entender como se dá a automatização no uso de sistemas e tecnologia da informação, no atual setor agrícola. Basicamente pode-se afirmar que é um dos tópicos do da agricultura de precisão. Isso deve ser tratado como um conjunto de tecnologia e procedimentos usados para otimizar a organização de produção agrícola (MOLIN, 2001).

Os robôs estão ganhando espaço na agricultura, pois houve um aumento de produção, ergonomia, entre outros. Devido a isso, uma das tecnologias que potencializa a produção de alimentos é a robótica. Nos últimos anos, vários avanços foram feitos neste campo. A velocidade de operação já ultrapassou a dos humanos e estão alcançando outras habilidades para trabalhar de forma contínua e consistente com manutenção mínima (TANKE et al., 2011).

Em resumo, os robôs agrícolas são máquinas utilizadas para melhorar a qualidade e eficiência do rendimento, reduzindo a dependência do trabalho manual, aumentando a produtividade geral da colheita. Além disso, vários avanços tecnológicos, incluindo a adoção de robôs equipados com GPS, sensores e a integração de dispositivos baseados em Inteligência Artificial, estão atuando como importantes fatores neste mercado. A robótica na agricultura é um ramo que trabalha com a fabricação e utilização de robôs no campo obtendo precisão nos resultados, maior rapidez na produção, aumento de rendimento operacional, eficiência e baixo custo de mão de obra (AEASE, 2017).

Robôs agrícolas podem ser uma possibilidade para diversos setores e tarefas na agricultura no contexto de escassez de mão de obra e mão de obra laboriosa de serviço. A robótica agrícola possui robôs nos ramos de colheita de frutas, capina, poda, lavoura, irrigação, monitoramento de safra, lavoura, pulverização, entre outros. São todos projetados para aumentar o rendimento operacional e facilitar a execução de serviços repetitivos para maior conforto. O problema para os agricultores é identificar áreas onde sua renda é baixa e onde ocorrem as pragas, a falta dessa informação pode levá-los a aumentar seus gastos agrícolas. Robôs agrícolas geram um mapa de produtividade onde o proprietário pode monitorar toda a safra, auxiliando na agricultura de precisão e assim reduzindo custos (AEASE, 2017).

A utilização de manipuladores robóticos está diretamente associada às melhores condições de trabalho do ser humano, redução de custos de mercadorias fabricadas, além de garantir maior agilidade nos processos. A mecanização encontra-se cada vez mais presente, observa-se que o braço robótico tem grande potencial de aplicações nas indústrias (VALDIERO, 2012).

A robótica na agricultura, em especial, foi um setor que obteve diversos avanços. Estes avanços se devem pelas vantagens que o robô apresenta ao ser comparado com humanos como uma maior velocidade, mínimo tempo de manutenção (neste quesito qualquer tipo de parada não planejada do homem como muito calor, desgaste físico é considerado um tempo de manutenção), se manter ativo em mais horas e trabalhar de forma consistente (HACKENHAAR, et al., 2015).

A robotização nas atividades agrícolas deve levar em conta todos os fatores envolvidos na produção, a fim de alcançar a intensificação com o menor impacto possível. Desenvolver a agricultura de forma sustentável depende de uma conciliação conjunta entre variáveis, tais como:1) econômica, que se traduz através do lucro, aponta que, se a agricultura não gerar lucro e renda ao agricultor, ela desaparece. 2) social, se o homem neste meio não obtiver dividendo, não há razão de ter da própria agricultura. 3) Ambiente, é a sobrevivência da natureza, para que a agricultura e um ambiente saudável possam existir no futuro. Portanto, os tripés econômicos, sociais e ambientais são um grande desafio para o desenvolvimento sustentável e a agricultura. Aumentar a produtividade exige o uso e domínio de tecnologias, metodologias e ferramentas que na maioria das vezes não atendem às reais necessidades. Nesse aspecto, a agricultura deve ser direcionada para o desenvolvimento de métodos, processos, sistemas, sensores e equipamentos com vistas à integração dos sistemas de produção e que sejam sustentáveis, melhor dizando, a agricultura deve manter-se sustentável mesmo com toda a evolução tecnológica (CRESTANA; FRAGALLE, 2012).

De acordo com Grift (2007), os agricultores precisam coletar informações sobre culturas, o solo e o estado antes e durante a estação de cultivo, por exemplo: um robô batedor, pode ser movido para um local pré-determinado e coletar amostras de solo usando um penetrômetro de cone para identificar os níveis de umidade, é um tipo de sonda que é inserida no solo para medir a compactação, e utilizar uma sonda elétrica para medir o pH. Durante os estágios de desenvolvimento, são necessários sensores ópticos para medir o nitrogênio e o estresse hídrico nas plantas, bem como câmeras para medir a infestação de insetos e ervas daninhas. Segundo o mesmo autor, a nova geração de robôs agrícolas tem alcançado resultados satisfatórios. Embora muito menores que as máquinas agrícolas tradicionais, elas podem atuar em conjunto e realizar tarefas como pulverizar agrotóxicos que representam risco para os seres humanos.

O estágio atual de desenvolvimento da tecnologia, principalmente a adoção da robótica, é avaliado por retorno econômico, essencialmente potenciado pela eficiência de aplicações diferenciadas. No entanto, a tecnologia deve ser entendida como um sistema de produção agrícola que integra a informação dentro de uma visão holística da produção (OLIVEIRA, 2009).

2.4 CLASSIFICAÇÃO E FUNÇÃO DOS ROBÔS

Pesquisa em robótica e em sistemas autônomos para aplicações agrícolas são os principais tópicos de pesquisa em agricultura de precisão dos últimos anos, assim gera a necessidade da discussão do seu processo de desenvolvimento e implementação, a fim de se compreender as exigências do sistema como um todo e não somente focar em problemas pontuais (TABILE et al., (2008).

A nova geração de robôs agrícolas apresenta resultados satisfatórios. Embora muito menor do que máquinas agrícolas convencionais, eles podem agir de forma cooperativa e realizam tarefas como a pulverização com agrotóxicos que apresenta riscos ao ser humano. Os lasers são usados para várias tarefas, desde a colheita à capina (GRIFT, 2007).

Os robôs podem ser classificados quanto a sua aplicação de construção, em dois tipos distintos: robôs industriais e robôs não industriais. As aplicações, limitações, modelos e formas fazem com que se sejam divididos em dois tipos básicos (SILVEIRA, 2012).

Robô Móvel: geralmente chamados de veículos robóticos que podem se mostrar em diferentes formas e modelos. Eles geralmente têm um grau de assistência inteligente para controle de movimento ou sistema, entre eles citamos: AGV (Automatic Guided Vehicle) veículo guiado automatizado, habitualmente são terrestres sobre rodas, pernas ou trilhos; drones (drone) veículo; Os VANTs são geralmente drones e helicópteros; AUV (Veículo Subaquático Autônomo) Os veículos submarinos autônomos são inteligentes sem motorista e ROV (carro de controle remoto) veículo operação remota, geralmente submarino robótico com transmissão de controle umbilical (SILVEIRA, 2012).

O uso da robótica em sistemas autônomos vem para suprir a ausência de profissionais frente à demanda crescente para aquisição massiva de dados em campo, isto é, há poucas pessoas especializadas para o uso dessa máquina, uma vez que precisa uma demanda grande

de conhecimento e, ainda serve como laboratório para desenvolvimento de tecnologia nacional, adaptada às condições da agricultura (EMBRAPA,2013). Conforme ilustra a figura 6.

Figura 6- Modelo de robô móvel

Fonte: Embrapa (2013).

Desenvolvido em parceria entre a Embrapa Instrumentação, a Escola de Engenharia da USP de São Carlos e a empresa Jacto Máquinas Agrícolas, a Plataforma Autônoma para apoio à Agricultura de Precisão emprega o que há de mais avançado em tecnologia robótica modular para aquisição de dados em campo (EMBRAPA, 2013).

Robô Fixo: conhecido como braço robótico. É composto por uma base fixa e um conjunto de elos e juntas que lhe conferem movimentos em várias direções. Por ser muito empregado em aplicações industriais, tornou-se o tipo mais comum de robô (SILVEIRA, 2012). Conforme a figura 7.

Figura 7 - modelo de robô fixo.

Fonte: Protec (2019)

Ao usar robôs como veículos agrícolas autônomos como ferramenta técnica para a

agricultura de precisão, esta é capaz de tirar proveito de diferentes teorias no controle de robôs, assim, tem-se a implementação em várias aplicações no campo (TANGERINO et al., 2011).

A robótica na agricultura não é um conceito novo, em ambientes controlados (estufas) tem uma história de mais de 20 anos. Estudos vêm sendo realizados para desenvolver colheitadeiras para o tomate cereja, pepino, cogumelos, e outras frutas. Na horticultura, robôs foram utilizados para a colheita de citros e maçãs. Em criação de gado leiteiro, a ordenha realizada por robôs é muito comum na Holanda (NOGUCHI, 2010).

Uma nova concepção de robôs mais leves e com pneus de baixa pressão, revolve o volume mínimo de solo para permitir a acomodação da semente, as quais são semeadas de forma precisa de acordo com os níveis de umidade do solo. Seus movimentos são controlados por Software específicos - SAFAR (Arquitetura de Software para Robôs Agrícolas), e as rotas serão planejadas por meio do Google Earth. Outra atividade realizada por esses robôs é a colheita seletiva, permitindo aos agricultores obter maior qualidade de corte, enquanto as plantas que ainda necessitam de tempo para crescer, são deixados no campo (GRIFT, 2007).

Um fator limitante de robôs de campo é o seu consumo de energia, que interfere no seu raio de ação. Não obstante, os robôs possam ser alimentados por combustíveis fósseis, o adequado é a utilização de fontes disponíveis no local, como luz solar, entre outras fontes de energias renováveis ou biocombustíveis para diminuir o impacto ambiental. Se os robôs são usados para colheita, eles podem até consumir algumas das culturas para sua própria operação. Pode-se afirmar que este é semelhante ao uso homólogo biológico tais como uma colheita de feno com uso de cavalos (NOGUCHI, 2010).

Os robôs agrícolas variam de grandes para pequenos quadros mecânicos, ou seja, são veículos autônomos construídos para aplicações específicas. A concepção do robô é geralmente determinada pelo ambiente em que opera. Em ambiente livre, se usa robôs de grande porte, como tratores autônomos. Todavia, os robôs exteriores requerem sofisticados sistemas de navegação para explorar um ambiente desestruturado (CHEN, 2012).

Outrossim, é importante identificar a função de um robô móvel. Esta pode ser descrita como o sensoriamento inteligente das sequências de tarefas de tomada de decisão e atuação (JONES; FLYNN; SEIGER, 1998). Dependendo da complexidade do procedimento de sensoriamento e atuação, vários níveis de tarefas computacionais são empregados, variando de microprocessadores com simples estruturas de controle reativo até estruturas complexas com

sistemas deliberativos (ARKIN, 1998; OREBÄCK; CHRISTENSEN, 2003).

É relevante ressaltar que cada função adicionada ao sistema aumenta sua complexidade, uma vez que cada função carece, de alguma forma, de módulos de hardware e software, bem como, alimentação adicional, tornando o projeto mais difícil. Outro ponto que se deve levar em consideração é a resistência intrínseca existente para manejar esses rôbos, visto que, há a necessidade do entendimento que a automação não é uma solução imediatista a determinada carência ou problema, mas parte de um processo gerencial (TABILE et al., 2008).

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste projeto, foi realizada a revisão bibliográfica, buscando identificar trabalhos publicados, ou seja, em uma pesquisa bibliográfica em livros, periódicos, dissertações e teses em relação ao tema. Koche (1997) mostra que a pesquisa bibliográfica pode ser utilizada neste caso, pois buscou-se ampliar o grau de conhecimentos em uma determinada área, compreendendo ou delimitando melhor o problema de pesquisa, bem como descrever estudos já publicados.

A pesquisa deu-se através de uma investigação sobre os principais usos dos robôs utilizados nas atividades agrícolas que foram disponibilizados nas bases de dados dos últimos dez anos. Esse processo metodológico caracterizou-se por ser um estudo exploratório, descritivo, utilizando a estratégia de levantamento de dados e estudos dos materiais já publicados da internet. A pesquisa pretendeu descrever a evolução da agricultura, e seu processo de evolução tecnológica desde a implementação da agricultura 1.0 até os dias de hoje.

Esta pesquisa teve a intenção também de explorar e descrever o perfil da produção científica da robótica em aplicação na agricultura de precisão, desta maneira, foi realizada a revisão sistemática e análise bibliométrica que levou-se em consideração as principais leis bibliométricas: Lei de Bradford, (produtividade de periódicos), Lei de Lotka (produtividade científica de autores) e Leis de Zipf (frequência de palavras), A metodologia foi embasada na lógica de Ferenhof, e Fernandes (2016) e Porsch (2020).

As leis que regem os estudos bibliométricos, onde o rigor nesses estudos é caracterizado pelo atendimento das premissas que regem cada um dos métodos. No caso do método bibliométrico é esperado que os autores atendam às Leis que regem esses estudos (tabela 1).

Tabela 2– Leis que regem os estudos bibliométricos

Leis	Medida	Critério	Objetivo principal
Lei de Bradford	Grau de atração do periódico	Reputação do periódico	Identificar os periódicos mais relevantes e que dão maior vazão a um tema específico,
Lei de Zipf	Frequência de palavras-chave	Lista ordenada de temas	Estimar os temas mais recorrentes relacionados a um campo de conhecimento
Lei de Lotka	Produtividade autor	Tamanho-	Levantar o impacto da produção de um

		frequência	autor numa área de conhecimento.

Fonte: Chueke e Amatucci (2015)

A pesquisa e os estudos foram por meio de publicações de relevância sobre a robotização das atividades agrícolas. Vale ressaltar que foram utilizadas fontes de pesquisa e dados devido a atualidade do tema, com foco em obras e teóricos como Molin, (2021); Esperidião et al, (2019); Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2017); entre outros, para enriquecer o arcabouço literário deste projeto.

A primeira etapa foi a definição do protocolo de pesquisa bibliométrica, através de procedimentos de mecanismos de busca de informações online. O operador booleano “and” forneceu a intercessão, ou seja, mostrou apenas artigos que contenham todas as palavras-chave digitadas, restringindo a amplitude da pesquisa. Desta forma, foram utilizadas as expressões “robotics” and “agriculture” para que ambas tivessem diretamente relacionadas aos mesmos artigos. Utilizando os filtros de apenas publicações entre 2012 e 2022, artigos nacionais e internacionais.

Em um segundo momento, foram definidos as bases de dados, em que pode-se explorar a indexação de informações a aumentar o alcance da pesquisa, foi feita a busca por artigos a respeito da temática nas bases de dados Scielo, Periódicos Capes, Emerald Insight, IEEE Xplore e Google Scholar que disponibilizaram artigos e/ou resumos online.

Os artigos científicos foram selecionados e arquivados com auxilio do software Zotero em pastas específicas para posterior filtragem pelos títulos, resumos e palavras-chave dentro da temática pesquisada, para formar primeiramente a população e, posteriormente, a amostra. Fez-se a composição do portfólio de artigos, que abrangeu a leitura na integra de todos os artigos selecionados, permitindo uma última filtragem de artigos que não mostrem agregar valor científico para o tema pesquisado ou objetivo proposto.

Os resultados foram apresentados em forma de gráficos e tabelas para expressar os dados bibliométricos dos artigos científicos selecionados. A análise dos artigos científicos se desenvolveu utilizando a bibliometria (GUEDES E BORSCHIVER, 2005), sendo possível analisar quantitativamente as tendências da temática robótica aplicada à agricultura de precisão. Pereira, Miranda e Montevechi (2015) mostraram que mapeamentos desenvolvidos por estudos bibliométricos promoveram o conhecimento e forneceram insumos para

enriquecimento de pesquisas futuras. Dessa forma, expondo os indicadores bibliométricos de qualidade científica e impacto científico de cada artigo como Fator de Impacto SJR e índice H.

Também pretendeu-se analisar e descrever a evolução na agricultura, a utilização da tecnologia com o uso de robôs, verificando assim as tendencias para a área. Como os pesquisadores dependeram de fontes atualizadas para pesquisa bibliográfica, conhecer os índices bibliométricos tornou-se de importância estratégica. Cada índice bibliométrico teve a limitações e a utilização em conjunto foi uma forma mais eficiente e confiável, mas vale resaltar que um índice qualitativo e quantitativo não deve ser utilizado de forma isolada, mas através de uma análise sistêmica (THOMAZ et al. 2011).

Dessa forma, expondo os indicadores bibliométricos de qualidade científica e impacto científico de cada artigo como Fator de Impacto SJR e índice H. Os resultados foram apresentados em forma de gráficos e tabelas para expressar os dados bibliométricos dos artigos científicos selecionados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta etapa será apresentada todos os dados coletados durante a pesquisa sobre o tema apresentado no trabalho de conclusão deste curso. Para obter as informações e dados coletados, foi realizada uma busca bibliográfica em diversas bases de dados, resultando em uma análise bibliométrica seguida de uma análise de conteúdo.

4.1 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Para as palavras-chave “Robotics Agriculture”, Smart farms Agriculture 4.0” e “Agriculture 5.0” pesquisadas nas bases de dados, os registros nos períodos de publicação de 2012 a 2022 estão incluídos no quadro 1, ressaltando que podem ser quantificados. A base de dados do Google Scholar foi o que apresentou o maior número de publicações, representando 77,92 % da população seguido por 18,19% das publicações achadas na base IEE e 3,89% em Scielo.

Quadro 1 - Primeira Filtragem: quantidade e artigos

Palavras-chaves	IEEE	SCIELO	GOOGLE SCHOLAR	TOTAL	%
Robotics Agriculture	22.502	4.831	97.000	124.333	99,61%
Smart farms Agriculture 4.0	100	22	217	339	0,27%
Agriculture 5.0	104	6	43	153	0,12%
Total	22. 706	4.859	97.260	124.825	100.00%
%	18,19%	3,89%	77,92%	100,00%	

Fonte: Autora (2023).

Depois da primeira filtragem, investigou-se as publicações através do tema de pesquisa e título. No quadro 2 estão relacionados essa segunda filtragem da pesquisa, contribuindo para se obter uma melhor conclusão e conteúdo no assunto pesquisado. As bases de dados do IEEE e Google Scholar dispuseram maior relevância no resultado da filtragem, contribuindo com maior número de publicações.

Quadro 2 - Segunda Filtragem: Tema Relevante A Pesquisa

Palavras-chaves	IEEE	SCIELO	GOOGLE SCHOLAR	TOTAL	%
Robotics Agriculture	114	10	62	186	55%

Smart farms Agriculture 4.0	40	18	62	120	36%
Agriculture 5.0	16	6	28	123	15%
Total	170	34	152	429	100,00%
%	47,75%	9,55%	42,70%	100,00%	

Fonte: Autora (2023).

Continuamente, houve a terceira filtragem dos dados e serviu para confirmar através das palavras-chave, os temas pesquisados e apresentados no quadro 3, como resultado da pesquisa em que 17% das publicações estão na base de dados do IEEE, 32% no Google Scholar e 5% nos repositórios da Scielo.

Quadro 3 - Terceira Filtragem: Resumo

Palavras-chaves	IEEE	SCIELO	GOOGLE SCHOLAR	TOTAL	%
Robotics Agriculture	14	2	25	41	79%
Smart farms Agriculture 4.0	2	1	2	5	11%
Agriculture 5.0	1	2	5	6	12%
Total	17	5	32	52	100,00%
%	33%	10%	62%	100,00%	

Fonte: Autora (2023).

A busca por dados foi realiada em revistas e artigos cientificos nas plataformas citadas acima. São sites de pesquisa seguros, pois são periódicos que reúnem resultados de dados confiaveis. È uma grande variedade de materiais virtuais em todas as áreas do conhecimento.

As bases de dados utilizadas em na pesquisa encontram-se entre as mais seguras e utilizadas na área científica:

1. IEEE Xplore: é uma biblioteca digital (https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp), um banco de dados de pesquisa para descobrir e acessar artigos de periódicos, anais de conferências, padrões técnicos e materiais, ciência da computação, eletrônica, tecnologia, e mais. Está disponível para os usuários do portal Capes Periódicos.

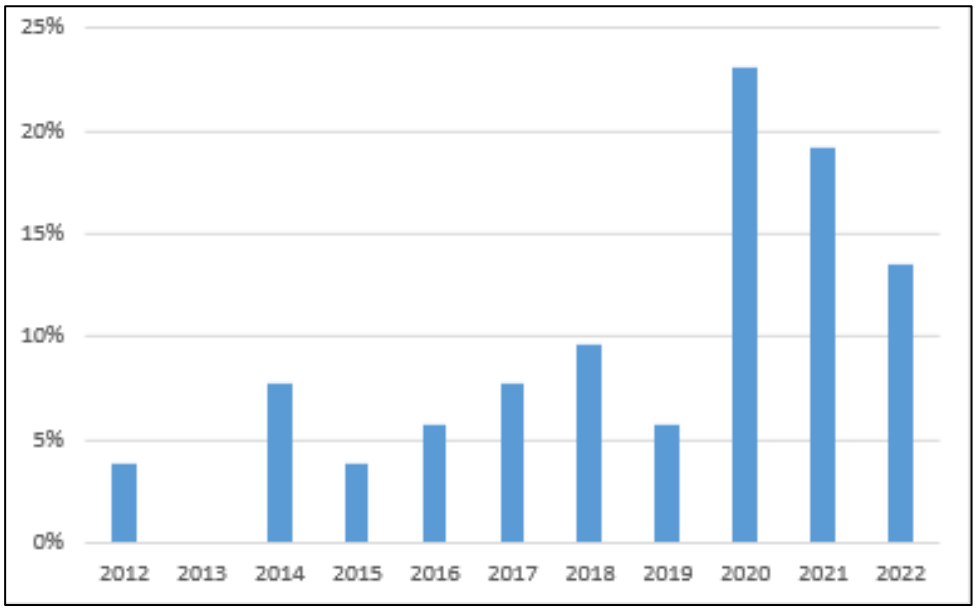
2. Scielo: Plataforma Online Scientific Electronic Library (https://scielo.org/pt/), biblioteca virtual de periódicos científicos brasileiros em formato eletrônico. Organiza e publica o texto completo dos periódicos na Internet/Web, produz e publica suas métricas de uso.

3. Google Scholar: O Google Scholar (https://scholar.google.com.br/) é um serviço de busca do Google especialmente para estudantes, pesquisadores, cientistas, universitários, entre outros. A ferramenta serve como repositório de dissertações, artigos científicos, resumos, monografias,

dissertações e livros, ou seja, é um site para busca de artigos e referências de trabalhos científicos.

Como pode ser observado na Figura 8, os estudos analisados foram publicados no intervalo de tempo entre 2012 e 2022, sendo que os anos mais publicados foram 2020 com 23%, 2021 com 19% e o de 2022 com um percentual de 13% de artigos/livros publicados.

Figura 8– Ano das publicações que formaram a amostra

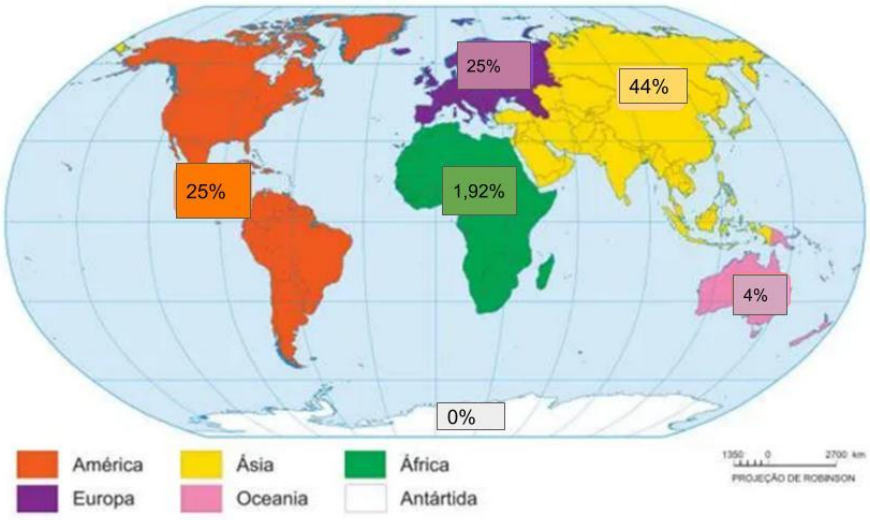


Fonte: Autora (2023).

Além disso, cabe destacar que as palavras-chave analisadas com base no percentual de artigos publicados em periódicos de 2012 a 2022 e outras publicações: como trabalhos de conclusão de curso, artigos científicos e livros, foram encontradas em contexto acadêmico.

As origens dos autores pesquisados encontram-se espalhados nos cinco continentes, em primeiro lugar é o continente asiático com 44%, seguido do europeu com 25%. O continente americano em 4º lugar com 23%, a Oceania com 9% e em último o africano com 1,92% (figura 9). Cabe destacar também que são membros do IES (Instituição de Ensino Superior), são oriundos de muitas organizações educacionais, secretarias públicas ou de entidades sem fim lucrativo. O que sugere uma estreita aproximação entre a IES e outras entidades da sociedade.

Figura 9– Porcentagem das publicações considerando os continentes



Fonte: Autora (2023).

Por causa dos avanços nos sistemas de informação e comunicação, há um veloz progresso de novos conhecimentos com criação de novas tecnologias e a facilidade social desses produtos. Isso fornece uma melhor compreensão das tecnologias modernas em termos de amplitude, profundidade e especificidade, incluindo a rápida e mais ampla influência humana no polimento do conhecimento que gera uma valorização das referências mais recentes (SOUZA, 2019).

Analisando o que foi apurado do ranking da produção e das publicações científicas por países, filtrados na área da agricultura, tecnologia e rôbos, contabilizados entre os anos de 2012 e 2022, constatou-se que a Índia ocupa a 1ª posição, devido ao seu crescimento populacional, científico e econômico em desenvolvimento que se globaliza rapidamente, cada vez mais impulsionada pela tecnologia. Em seguida tem os Estados Unidos e Brasil (Tabela 2).

Tabela 3- Ranking do número de publicações por países entre 2012 e 2022

País	**Número de publicações**
África do Sul	1
Alemanha	3
Australia	2
Bangladesh	1
Brasil	5

Catar	1
China	2
Colômbia	1
Coréia so Sul	1
Dinamarca	1
Espanha	1
Estados Unidos	6
Grécia	1
Índia	12
Indonésia	1
Itália	1
Japão	2
Malásia	1
Portugal	3
Reino Unido	2
Sri Lanka	1
Tailândia	1
Taiwan	1
Total	**52**

Fonte: Autora (2023).

Ao apurar a produção dos autores para compor a pesquisa deste estudo, comprovou que desses 52 artigos, houve a participação de 84,82% de homens, somente 12,5% de autoras são mulheres e sendo a primeira autora mulher 2,7%. Apesar da grande maioria das publicações serem masculinas, cabe ressaltar a importância do papel feminino como autoras no meio acadêmico, logo, vem desempenhando funções estratégicas para esse crescimento em todas as àreas do conhecimento. Segue o quadro 4 para corroborar.

Quadro 4- Autores de participação de homens e mulheres

Autores em 52 artigos	**Total**	**%**
Participação homens	190	84,82%
Participação mulheres	28	12,5%
Primeira autora mulher	6	2,7%
TOTAL	**224**	**100%**

Fonte: Autora (2023).

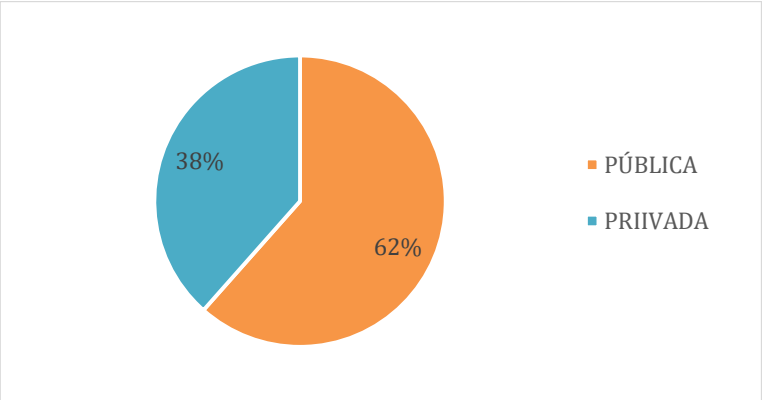
Outrossim, a pesquisa tem ajudado a entender como a geração de conhecimento e o desenvolvimento humano contribuem para o aprendizado acadêmico, por isso a divulgação de produtos acadêmicos devem ser incentivada. A publicação de trabalhos científicos ou técnicos

é uma forma de divulgação do conhecimento para a sociedade. Ela surge de pesquisas científicas em diferentes ramos do conhecimento e disponibiliza seus resultados à comunidade por meio de publicações. Essas mesmas publicações científicas permitem a partilha de novas descobertas, desenvolvimentos de novos materiais, técnicas e métodos analíticos em vários domínios científicos (REVISTA CIENTÍFICA IPEDSS,2021).

A publicação de artigos científicos ou técnicos é um método de transferência de informações sobre novas descobertas em vários campos da ciência desenvolvimento de novos materiais, técnicos e métodos analíticos para a comunidade técnico-científica. No mundo contemporâneo, a busca do saber nunca foi tão importante, pois além de proporcionar inovações tecnológicas propicia desenvolvimento social e menor dependência de importação de conhecimentos (SOUZA, 2019).

À vista disto, é relevante que as Instituições de Ensino, de pesquisa e de fomento científico de qualidade, apoiem a publicação periódica dos trabalhos científicos produzidos por seus professores, pesquisadores e estudantes. Na figura 10 percebe-se que na amostra das publicações, as IES (Instituição de Ensino Superior) públicas participaram com 69%, enquanto as IES privadas formaram 38% da amostra. Estes dados são importantes, pois mostram como são necessárias as IES públicas como produtoras de conhecimento científico.

Figura 10- Classificação do tipo das universidades onde foram publicados os artigos encontrados na pesquisa



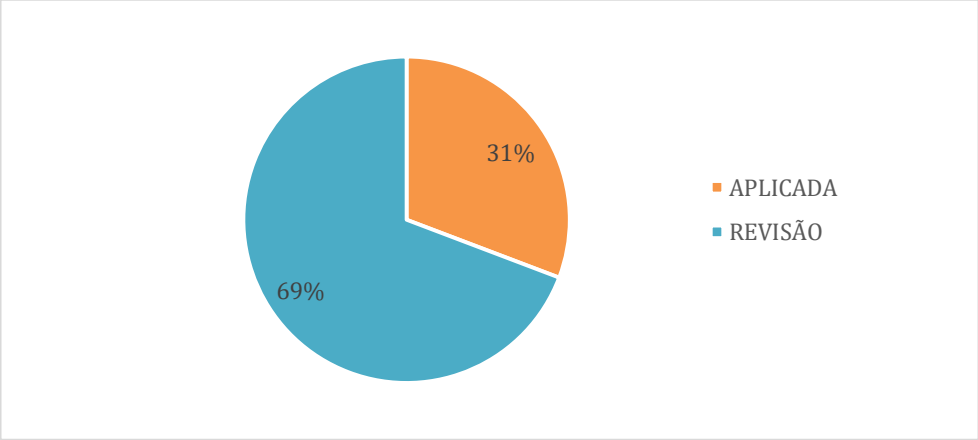
Fonte: Autora (2023).

De acordo com o Ministério da Educação constata-se um crescimento considerável do

número de cursos acadêmicos e programas em todas as áreas de conhecimento e nas diferentes regiões do país. Consequentemente, há o aumento do número de discentes em cursos de mestrados e doutorados e de docentes para acompanhar essa demanda, bem como o surgimento de novas linhas e projetos de pesquisa nos Programas de Pós-Graduação *stricto* ***sensu*** **nas universidades brasileiras** (BRASIL, 2015).

Com relação ao tipo de pesquisa utilizada nas publicações selecionadas, verificou-se que de forma geral, podem ser classificadas em pesquisa aplicada 31% e artigos de revisão 69%. Outro dado interessante, são os artigos de revisão que geralmente buscam evidenciar uma tendência dos rumos da produção científica (figura 11).

Figura 11- Tipo de pesquisa, metodologia utilizada nas publicações selecionadas

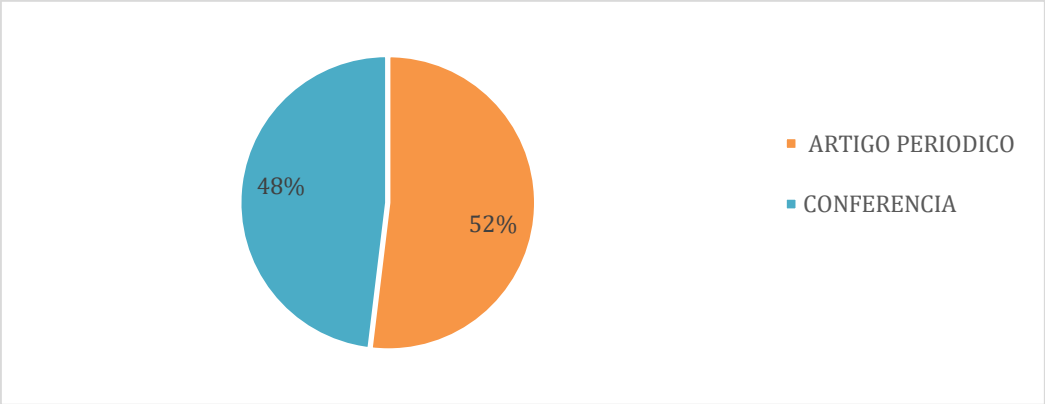


Fonte: Autora (2023).

A pesquisa aplicada recebe essa classificação quando o principal objetivo é a geração de conhecimento para aplicação prática e imediata, dirigidos à solução de problemas específicos envolvendo os interesses locais, territoriais e regionais. Já artigos de revisão tem por objetivo tentar identificar o que se conhece do tema estudado, o que foi pesquisado e quais aspectos permanecem desconhecidos.

Igualmente verificou-se que o tipo da publicação dos artigos científicos da amostra classificando-se em, publicado em periódicos ou em conferências (figura 12). Desta maneira, a maioria 52% das publicações são artigos científicos apresentados artigos periódocos (importantes eventos para continuar o amadurecimento e debate de diversos assuntos da ciência, como também para melhorar inovações tecnológicas).

Figura 12 – Tipo de publicação



Fonte: Autora (2023)

Outro indicador bibliométrico é o Índice H ou H-Index. O quadro 5 a seguir apresenta a identificação das revistas utilizadas na pesquisa pelo índice H-INDEX, ele é calculado pela relação do número de trabalhos publicados e suas citações, com a intenção de quantificar a produção científica a partir das citações dos trabalhos. Assim, foi pesquisado segundo Scimago Journal & Country Rank (SJR) que avalia e ranqueia periódicos científicos a partir da quantidade de citações por eles recebidas nos três anos que se seguem à publicação das edições.

Quadro 5 – Classificação do Fator de Impacto segundo Scimago Journal & Country Rank

Descrição	**Título do periódico ou conferência**	**ISSN**	**H-index**	**Qualis**
Conferência	2017 18th IEEE/ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD)	-	9	-
Conferência	2016 13th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI)	-	11	-
Conferência	2014 International Conference on Science Engineering and Management Research (ICSEMR)	-	7	-
Conferência	2012 IEEE SENSORS	-	11	-
Conferência	2019 5th International Conference on Advanced Computing & Communication Systems (ICACCS)	-	15	-

Conferência	2014 IEEE Conference on Wireless Sensors (ICWiSE)	-	4	-
Conferência	2015 IEEE Technological Innovation in ICT for Agriculture and Rural Development (TIAR)	-	12	-
Conferência	2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)	-	16	-
Conferência	2018 15th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV)	-	13	-
Conferência	2015 International Conference on Industrial Instrumentation and Control (ICIC)	-	17	-
Periódico	IEEE Robotics & Automation Magazine	1070-9932	100	A2
Periódico	Industrial Robot: An International Journal	0143-991x	57	A3
Periódico	International Journal of Agricultural and Biological Engineering	1934-6352	45	A2
Periódico	Revista Ciência Agronômica	1806-6690	31	A3
Periódico	RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação	1646-9895	16	A4
Periódico	Ingeniería y competitividad	2027-8284		B4

Fonte: Autora (2023)

4.2 ANÁLISE QUALITATIVA DOS DADOS

A análise da coleta de dados mostra que pode ser uma ferramenta importante para melhorar a qualidade do dos estudos na área, pois todos os aspectos envolvidos nele são implementados nos resultados, com várias palavras-chave: Robotics Agriculture", "Smart farms Agriculture 4.0" e "Agriculture 5.0". São levantadas e combatidas por meio de diferentes planos de ação.

Diante da pesquisa bibliográfica realizada em trabalhos publicados, pode-se dizer que a análise da agricultura e sua tecnologia é uma ferramenta importante para avaliar o posicionamento estratégico de uma organização. Proporciona resultados expressivos no planejamento estratégico. A pesquisa mostra que, embora a tecnologia seja relativamente simples de aplicar, é uma tecnologia amplamente utilizada e eficaz, e o uso de robôs na agricultura está se tornando mais comum.

Tendo em vitas os resultados, elencam-se as áreas de pesquisa utilizadas para a

realização deste estudo, os objetivos e o ano de publicação, todas as publicações independentes dessas áreas ou setores, utilizando as palavras-chave como ferramenta de grande potencial para o planejamento estratégico.

Assim se confirmam em algumas publicações analisadas que corroboram o que a agricultura e suas tecnologias, e o uso de rôbos é um tema recorrente, Pode-se citar Schmoldt (2012) que afirma que que a ciência e engenheria da robótica agrícola é amplamente conduzida com base em aplicações especificas, sendo impulsionado pelas necessidades das partes interessadas, que podem ser apoiadas por entidades financiadoras do setor público ou privado. Já Suzukin et al. (2022) definem que o robô utiliza a informação visual e as redes neurais de convolução para reconhecer as plantas-alvo. Amer et al. (2015) comprovaram que um robô autônomo para agricultura (AgriBot) é um protótipo que pode ser implementado para executar várias atividades agrícolas como semeadura, capina, pulverização de fertilizantes e inseticidas. Ball et al. (2017) asseguram que os robôs autônomos que realizam operações típicas de cobertura agrícola, torna mais viável a economia de grandes frotas destes robôs, uma vez que que eles requerem uso de sensores baratos com câmeras para a localização e prevenção de obstáculos.

Segundo Santos et al. (2020), há uma semelhança em relação a robótica na agricultura e o conceito de fazendas inteligentes (smart farms), isto é explicado por algumas características que os robôs agrícolas devem obter da relação com os robôs de industrias para atingir a fazenda inteligente, isto é, conceito sobre morfologias e recursos do robô, bem como comunicação, computação e dados técnicas de gestão.

Sing et al. (2022) validaram que para melhorar o rendimento das culturas e a qualidade dos produtos, ferramentas tecnológicas modernas foram introduzidas e denominadas como "agricultura inteligente". Técnicas de agricultura inteligente podem permitir que os agricultores usem fertilizantes/pesticidas nas culturas de acordo com a necessidade. Integrando dispositivos/sensores eletrônicos adequados no solo, ambiente circundante ou culturas, e empregando aquisição de dados, tais estimativas podem ajudar a agricultura sustentável.

Portanto, percebeu-se que o levantamento de dados comprova que a agricultura de precisão utiliza a tecnologia para obtenção e análise dos dados das plantações, com o objetivo de otimizar processos e custos, aumentando assim a produtividade e a rentabilidade. A robótica contribui para a eficiência, enfatizando que os robôs podem operar mais rápido que os

humanos e podem trabalhar continuamente com manutenção mínima, entre outras habilidades.

4.3 O USO DE ROBÔS NA AGRICULTURA: EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Conforme, Fue et al. (2020) examinaram as oportunidades e desafios para a agricultura do século XXI, em que as operações gerais em robôs agrícolas são equivalentes entre si para culturas semelhantes e diferem ligeiramente em outros tipos de culturas. Os mesmos autores ainda afirmam que na agricultura, vários trabalhos como fenotipagem de plantas, triagem e embalagem, escotização, roçada, poda, desbaste, plantio, pulverização, capina, colheita e colheita podem ser automatizados usando robôs. Isso pode ser alcançado pelo mesmo robô com mudanças nos anexos e selecionando um programa de computador diferente para a percepção robótica e um efetor final diferente para a nova tarefa.

Para Khadatkar et al. (2022) uma opção alternativa para o sistema agrícola seguro e sustentável é usar Iot, ou seja, aprendizado de máquina e robôtica para realizações de operações agrícolas. O aumento do uso de eletrônicos e aplicativos de computador tornou possível o funcionamento do sistema de robô para várias operações de campo, transplante, colheita e intercultura e culturas no campo.

A utilização dessas tecnologias vem se tornando um grande aliado na agricultura, graças à precisão de dados, possibilitando detectar e fazer o monitoramento de áreas com grande rapidez. Visto por outra perspectiva, os subsídios agrícolas desempenham um papel importante tanto na modernização quanto no próprio crescimento, bem como nas melhorias alcançadas com a adoção de novas tecnologias e investimentos no setor. O progresso tecnológico é o “motor do crescimento”, visto que atua diretamente sobre a produtividade, isto é, “o trabalho do homem ou de uma máquina se torna mais produtivo quando o nível de tecnologia aumenta” (SANTOS e SANCHEZ, 2014, p. 4).

Os desenvolvimentos tecnológicos podem ajudar a aumentar a produtividade agrícola e a eficiência econômica. Essa tendência é substituir máquinas mais potentes e pesadas por tecnologias baseadas em informações que podem propiciar operações autônomas viáveis e confiáveis em campo (EARL et. al, 2000).

A inserção de robôs e da automação agrícola é um dos artifícios que serão utilizados por agricultores para aumentar a produção de alimentos. Existem ainda robôs na agricultura capazes

de identificar pragas e aplicar pesticidas apenas na região onde ele é realmente necessário. A utilização dessas tecnologias vem se tornando um grande aliado na agricultura, graças à precisão de dados, possibilitando detectar e fazer o monitoramento de áreas com grande rapidez. Por meio das imagens geradas, é possível realizar a correção de acordo com o que cada área plantada necessita, maximizando o resultado para o produtor (ARTIOLI e BELONI, 2016).

A robotização das atividades agrícolas deve considerar todos os agentes envolvidos na produção possibilitando a intensificação com o menor impacto possível, neste sentido, Fountas et al. (2020)) perceberam em sua pesquisa os sistemas robóticos mais explorados estavam relacionados com colheita e capina, enquanto ou menos estudados foram os rrobôs de dectecão de doenças. No quadro5 é possível verificar a relação assunto/autor/ano de parte das publicações consideradas relevantes ao estudo, que serão abordados e discutidos em seguida.

Quadro 6 – Relação assunto/autor/ano nas publicações com maior incidência

Assunto	**Autor (ano)**
Automação na agricultura	De Oliveira e Corrêa (2020); Yoe (2017); Vijayalakshm et al. (2014); Kaewmard e Saiyod (2014); Aishwarya et al. (2015); Andrew et al. (2018); Ramachandran et al. (2018); Duckett et al. (2018); Saiz-Rubio e Rovira-Más (2020); Shamshiri et al. (2018); Kushwaha et al.(2016); Fountas et al. (2020); Megeto (2021);
Sensoriamento e monitoramento	Wu (2017); Tan e Chong (2021); Sulistijono et al. (2020); Schmoldt (2012); Dutta e Mitra (2021); Rathinam et al. (2019); Hasan et al. (2021); Dong et al. (2017); Khadatkar et al. (2022); Pretto et al. (2020); English et al. (2014); Singh et al. (2022); Saqib (2021); Preethi e Reddy (2022);
Tarefas agrícolas	Wang et al. (2016); Qul'am et al. (2019); Bawden et al. (2014); Jensen et al. (2012); Oliveira et al. (2021); Zhang e Karkee (2021); Vougioukas (2019); Fountas et al. (2020); Fue et al. (2020); Amer et. Al. (2015); Quaglia et al. (2020); Ball et al. (2017); Gonzalez-de-Santos et al. (2020); Schlosser et al. (2021); Fracarolli, et al. (2021);
Controle de pragas e ervas daninhas	Suzuki et al. (2022); Santos et al. (2019); Milioto et al. (2028);

	Bogue (2016); Escola et al. (2021); Gómez-Camperos et al. (2023); Molin et al. (2021);

Fonte: Autora (2023).

4.3.1 Automação na agricultura

À medida que o crescimento populacional aumenta, a área de terra para a agricultura é reduzida. Para obter o melhor rendimento com menos espaço, a tecnologia é combinada com a agricultura. A tecnologia recente mostra um grande salto em todos os campos, principalmente a nanotecnologia (é uma ciência que se dedica ao estudo da manipulação da matéria numa escala atómica e molecular), isso leva à combinação da arte do nano com a agricultura (VIJAYALAKSHM et al., 2014).

Yoe et al (2017) previu que os agricultores têm muito interesse na agricultura inteligente, pois ajudarão futuramente a aumentar seus rendimentos e aumentar sua conveniência no campo. Já De Oliveira e Corrêa (2020) afirmam que as tecnologias de VR (Realidade Virtual) e AR (Realidade Aumentada) são benéficas para o setor agrícola.

De acordo com Kaewmard e Saiyod (2014), a automação de sistema de irrigação é útil para as atividades agrícolas porque torna praticável o uso na agricultura tradicional do telefone inteligente para monitorar e controlar o sistema. Assim, a longo prazo tem custo reduzido. O resultado experimental mostra que a precisão do controle de comando de envio e recebimento para o sistema de irrigação é de 96% e a precisão da coleta do ambiente é de 98%.

O sistema de irrigação automatizado pode reduzir a utilização de água na agricultura com uma combinação com Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem e ferramentas de otimização. Esse mesmo sistema implanta sensores de baixo custo para detectar variáveis de interesse, como umidade do solo, pH, tipo de solo e condições climáticas (RAMACHANDRAN et al., (2015).

Para Aishwarya et al. (2015), o sistema de automação envolve a concepção de um protótipo que utiliza equipamentos simples e de baixo custo, como microprocessadores, câmera sem fio, vários motores e equipamentos terminais, o que é um auxílio para os agricultores em várias atividades de lavoura. Os sistemas mais avançados de gerenciamento em fazendas são importantes para a aquisição de dados no campo de cultivo de aplicações de taxa variável para

os produtores possam otimizar as decisões. Assim economiza-se dinheiro, protege o meio ambiente e transforma a forma como os alimentos são produzidos de forma saudável para a população (SAIZ-RUBIO; ROVIRA-MÁS, 2020).

Igualmente Fountas et al. (2020) apresentou os principais avanços tecnológicos na agricultura digital, que tiveram impacto significativo na agricultura. Técnicas baseadas em inteligência artificial, juntamente com análises de big data, abordaram os desafios da produção agrícola em termos de produtividade e sustentabilidade.

Portanto, o uso de dados digitais é uma das principais características da Agricultura 4.0. Diferentes dispositivos e sensores podem ser usados para capturar vários tipos de dados, permitindo o desenvolvimento de aplicações de visão computacional, eventos acústicos e processamento de dados. Esses aplicativos podem ser utilizados para monitorar, entender e prever diversos atributos da cadeia produtiva agrícola para auxiliar o produtor rural na tomada de decisão. Com a crescente obrigação de usar os recursos naturais de forma sustentável e aumentar a produtividade para garantir o estado de segurança alimentar no mundo, há uma grande necessidade de melhorias em qualquer etapa do processo agrícola (MEGETO et al., 2021).

4.3.2 Sensoriamento e monitoramento

Tan e Chong (2021) afirmam que a implantação da agricultura de precisão é inevitável devido à escassez de terras aráveis, as redes de sensores e atuadores monitoram o crescimento das lavouras e do entorno para ativar o sistema inteligente de fertirrigação e irrigação, assim a escolha do protocolo de mensagens adequado é um desafio devido à natureza do sistema de agricultura de precisão. Para uma solução eficiente e eficaz, o sistema de agricultura de precisão não pode contar com um único protocolo, pois precisa trabalhar em diversos dispositivos, como sensores, câmeras, drones, robótica... Os mesmos autores propõem um middleware (é um software de de comunicação) de mensagens leve (LMM) para agricultura de precisão é proposto. É para facilitar os diferentes dispositivos que são usados na aplicação de agricultura de precisão de sensoriamento.

A camada de processamento inteligente é orientada principalmente para tecnologias de armazenamento, processamento e controle de big data agrícola; a camada de aplicação estuda

principalmente a construção de sistemas de aplicação e inteligência de aplicação; a camada de ambiente de suporte visa a implementação de agricultura inteligente e a aplicação de longo prazo de resultados (WU, et al. 2017).

Segundo Sulistijono et al. (2020) reitera que a agricultura de precisão utilizando tecnologia robótica, aumenta do rendimento e da qualidade das culturas, ao mesmo tempo em que reduz os custos de mão-de-obra, cultivando melhor as terras agrícolas. O desenvolvimento de ciência e engenharia para robótica agrícola, incluindo sistemas de biosensoriamento, são amplamente conduzidos em uma base específica de aplicação, logo, é possível avançar de forma mais rápida e deliberada na produção do campo (SCHMOLDT, 2012).

Para melhorar o rendimento das culturas e a qualidade dos produtos, as ferramentas tecnológicas modernas foram introduzidas e denominadas como "agricultura inteligente". Técnicas de agricultura inteligente que podem permitir que os agricultores usem fertilizantes/pesticidas nas culturas de acordo com a necessidade. Integrando dispositivos/sensores eletrônicos adequados no solo, ambiente circundante ou culturas, e empregando aquisição de dados, tais estimativas podem ajudar a agricultura sustentável (SINGH et al., 2022).

4.3.3 Tarefas agrícolas

A popularização da internet trouxe novas oportunidades para o desenvolvimento da informatização da agricultura e trouxe novas exigências para a tecnologia de coleta de informações agrícolas e seus equipamentos. O robô tem uma boa e satisfatória capacidade de coleta de informações tanto em voo interno inteligente quanto em operação em terras agrícolas (WANG et al., 2016).

Na visão de Qul'am et al. (2019), a tecnologia robótica se fundiu à vida cotidiana do ser humano, da indústria à aplicação doméstica, incluindo a agricultura e criando a agricultura digital. A indústria agrícola enfrenta novos desafios, incluindo o envelhecimento da agricultura e a maior demanda por alimentos para alimentar a crescente população. Espera-se que a aplicação de robôs na agricultura possa reduzir o custo de produção a longo prazo e melhorar a qualidade do produto, além de aumentar a produtividade.

Inegavelmente, as aplicações robóticas agrícolas servem para o preparo da terra antes do

plantio, semeadura, plantio, tratamento de plantas, colheita, estimativa de produtividade e fenotipagem (OLIVEIRA et al.,2021).

As necessidades críticas de lidar com a disponibilidade insuficiente de mão de obra no campo e o rápido aumento dos custos de mão de obra na agricultura e em outras operações de campo e puxadas pelos sucessos e benefícios percebidos da adoção de tecnologias robóticas em outras aplicações industriais, as operações agrícolas robotizadas foram idealizadas (e adotadas até certo ponto) para substituir ou auxiliar os trabalhadores do campo (ZHANG et al., 2021).

Vougioukas (2019) comprova que os robôs agrícolas para produção na lavoura são mais eficientes do que os robôs terrestres, uma vez que estes participam das operações de campo aberto que vão desde o melhoramento de plantas até o estabelecimento de culturas, cultivo e colheita.

4.3.4 Controle de pragas e ervas daninhas

Os robôs agrícolas devem realizar uma ampla gama de operações, como pulverizar pesticidas, distribuir fertilizantes, remover ervas daninhas (SUZUKI et al., 2022). Santos el al. (2020), incorpora uma técnica moderna, o Deep Learning (DL), que serve para o processamento de imagens e análise de big data com grande potencial. O deep Learning detecta vários problemas agrícolas, como doenças detecção/identificação, classificação de frutos/plantas e contagem de frutos entre outros domínios.

Vários robôs autônomos voltados para o controle preciso de ervas daninhas e aplicação de fertilizantes chegaram à fase de pré-produção. Da mesma forma, os robôs de colheita estão em um estágio avançado de desenvolvimento. Ambas as classes de robôs exploram tecnologias de visão mecânica e processamento de imagens de última geração (BOUGUR, 2016).

A detecção apropriada de pragas e doenças na produção agrícola é essencial para aumentar a produção agrícola de forma sustentável, por essa razão, incorpora-se o termo Agricultura 4.0, que integra um conjunto de tecnologias, dispositivos, protocolos e paradigmas computacionais para melhorar os processos agrícolas. Essas informações sobre as condições climáticas, solos, doenças, insetos, sementes, fertilizantes ajudam o desenvolvimento econômico. Essas técnicas de processamento digital de imagens são uma ferramenta que permite a identificação precoce de pragas ou doenças em culturas como cereais, árvores frutíferas, raízes,

folhas e tubérculos (GÓMEZ-CAMPEROS et al., 2022).

Segundo Molin et al. (2021), uma ampla gama de soluções de coleta de dados e intervenção de campo permite práticas de gerenciamento específicas do local. Diferentes métodos de coleta de dados devem ser considerados, como sensores dedicados ao solo e plantas, atrelados até mesmo à capacidade do maquinário agrícola de gerar dados valiosos que permitem aos agricultores ou gestores inferir a variabilidade espacial dos campos. No entanto, são necessários recursos de computação significativos para converter o extenso banco de dados em informações úteis para o gerenciamento específico do local.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final do estudo sobre tecnologia agrícola com foco ao uso da robótica, fica evidente sua importância no meio rural e para o agricultor. Observa-se como a evolução de décadas de pesquisa ajudou o agricultor e continua até hoje, e como veio se aperfeiçoando no manejo de muitos instrumentos ou aplicativos que registram em tempo real o que as pessoas do campo precisando para a qualidade dos alimentos. Ao tornar a lavoura mais eficiente e sustentável, o uso de robôs ajuda o produtor rural e, ele tem em mãos uma ferramenta de captação de dados para as tomadas de decisão eficientes e rápidas.

Durante a pesquisa constatou-se que os avanços mais recentes na área tecnológica, associada ao desenvolvimento de sistemas globais de navegação e o geoprocessamento estão a cada dia ampliando as perspectivas de uso da robótica. A robotização das atividades agrícolas considera todos os agentes envolvidos na produção possibilitando a intensificação com o menor impacto possível. Outro fator de estudos, foi que a robótica não é algo novo no que diz respeito à agricultura, há 20 anos vem sendo usados para plantio e colheita.

Foi constatado que a agricultura de precisão não é nenhuma novidade para alguns agricultores, pois já aplicavam técnicas de controle de produtividade, tinham conhecimento de suas lavouras e sabiam quais áreas necessitavam maiores cuidados. Claro que a agricultura de precisão facilita pela técnica que engloba o uso de computadores, sensores e elevados níveis de controle. Não consiste só na habilidade de aplicação deste método, mas também capacita e monitora as atividades em áreas especificas.

A revisão da literatura também embasou, conforme a cronologia, que a agricultura digital 4.0 foi a última revolução, que incorporou conectividade e automação, com uso de máquinas, veículos, drones, robôs e animais com sensores. A agricultura 5.0 é caracterizada pelo uso de inteligência artificial, biotecnologia e análise de dados agrícolas. Isso melhora a precisão, a produtividade e o desempenho da automação.

Corroborou também para perceber que a multidisciplinaridade e os avanços tecnológicos que passam a envolver as novas práticas agrícolas abrem a oportunidade para inserção de sistemas autônomos no campo. Esses por sua vez, devem ser interpretado como uma ferramenta de auxilio que irá compor e incrementar o sistema de manejo e não como uma solução isolada e imediatista.

Através da pesquisa, descobriu-se que o uso de robôs na agricultura é importante, pois pode melhorar a eficiência da produção agrícola, aumenta a produtividade em alguns aspectos e também é uma tecnologia mais sustentável que lida com aspectos de fabricação limpa. A integração com outros processos de produção agrícola também é importante. O monitoramento em tempo real pode fornecer informações significativas sobre as sequências pós-colheita. Essas atividades de agricultura de precisão tornaram os robôs uma ferramenta essencial na lavoura, e espera-se que estejam cada vez mais presentes no campo, seja em grandes ou pequenas fazendas, pois reduz tempo e custo para os produtores, aumentando assim a produtividade.

A pesquisa limitou-se a um determinado período entre as publicações de 2012 a 2022, utilizou-se de ferramentas de pesquisa por meio de filtros, atingindo apenas as publicações da área de estudo deste tema, já citado na introdução do trabalho. Sugere-se igualmente a utilização de outras bases de dados bibliográficos como também outros meios de análise bibliométrica. Outros formatos de textos também poderão ser considerados durante a pesquisa para que diferentes tipos de materiais sejam contemplados durante a pesquisa.

A tendência da pesquisa fixou-se em quatro eixos: automação na agricultura, sensoriamento e monitoramento, tarefas agrícolas e controle de pragas e ervas daninhas. Os resultados mostram que a agricultura digital é capaz de ajudar os usuários a aumentar a produtividade de forma sustentável.

Para trabalhos futuros a expectativa é verificar o impacto do uso robôs na produção de alimentos, sobre tudo para a agricultura familiar. Também para analisar se os efeitos positivos e negativos se sobrepõem ou se há novas implicações que precisam ser exploradas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEASE. **Robótica na agricultura: a importância e as principais vantagens.** 2017. Disponível em : http://www.aease.org.br/?p=1420. Acesso em 24 abr 22.

AGROER. **A Embrapa vai desenvolver tecnologias em drones para uso no campo.** 2016. Disponível em: https://www.ofitexto.com.br/comunitexto/uso-de-drones-na-agricultura-conheca-a-tecnologia/. Acesso em 23 maio 2022.

AISHWARYA, B.V.; ARCHANA, G.; UMAYAL, C. **Agriculture robotic vehicle based pesticide sprayer with efficiency optimization.** In: 2015 IEEE Technological Innovation in ICT for Agriculture and Rural Development (TIAR). [s.l.: s.n.], 2015, p. 59–65.

ALVES, Eliseu; LOPES, Mauro; CONTINI, Elísio. **O empobrecimento da agricultura brasileira. Revista de Política Agrícola.** Brasília, DF, v. 8, n. 3, p. 5-19. jul./set. 1999.

AMER, Gulam; MUDASSIR, S. M. M.; MALIK, M. A. **Design and operation of Wi-Fi agribot integrated system**. In: 2015 International Conference on Industrial Instrumentation and Control (ICIC). [s.l.]: IEEE, 2015, p. 207–212.

ARKIN, Ronald C. **Behavior-based robotics.** London: MIT Press, 1998. 491 p.

ARTIOLI, Felipe; BELONI, Tatiane. **Diagnostico do perfil do usuário de drones no agronegócio brasileiro**. Revista iPacege, Piracicaba/SP, v.2, n. 3, p. 40-56, 2016.

BALL, David; ROSS, Patrick; ENGLISH, Andrew; et al. **Farm workers of the future: Vision-based robotics for broad-acre agriculture.** IEEE Robotics & Automation Magazine, v. 24, n. 3, p. 97–107, 2017.

BIT MAGAZINE. **Big Data pode otimizar a agricultura.** 2014. Disponível em: https://www.bitmag.com.br/big-data-pode-otimizar-agricultura/. acesso em: 24 maio 2022.

BOGUE, Robert. **Robots poised to revolutionise agriculture. Industrial Robot: An International Journal**, v. 43, n. 5, p. 450–456, 2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Tecnologia já é usada em cerca de 70% das propriedades rurais do país.** 2017 Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/noticias/tecnologia-ja-e-usada-em-cerca-de-67-das-proprieda des-rurais-do-pais-1. Acesso em: 22 abr 22.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**. A democratização e expansão da Educação Superior no país.** 2015. Disponível em: <Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=16762-

balanco-social-sesu-2003-2014&Itemid=30192 > Acesso em: 2 maio 2023.

BROFMAN, Paulo Roberto. **A importância das publicações científicas**. Cogitare Enfermagem, Curitiba, v. 3, n. 17, p. 419-421, jul/set. 2012. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/cogitare/article/view/29281/19029. Acesso em: 15 maio de 2023.

BORGES, Mário Neto. **Ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento do Brasil**. Scientia Plena , São Cristóvão, v. 12, n. 8, p. 1-11, 2016.

CANAL RURAL. **Robô promete consumo 20 vezes menor de herbicidas no controle de ervas daninhas.** 2018. Disponível em: https://www.canalrural.com.br/noticias/robo-promete-consumo-vezes-menor-herbicidas-controle- ervas-daninhas-75121/. Acesso 22 abr 22.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA [CEPEA]. 2021. P**IB do Agronegócio Brasileiro.** Disponível em: https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx . Acesso em: 09 abr 22.

CHARTER, Martin; CLARK, Tom. **Sustainable innovation: key conclusions from sustainable innovation – conferences 2003-2006. The Center for Sustainable Design, University College for the Creative Arts,** May 2007. Disponível em: http://www.cfsd.org.uk/Sustainable%20Innovation/Sustainable_Innovation_report.pdf>. Acesso em: 28 mar de 2022.

CHUEKE, Gabriel Vouga; AMATUCCI, Marcos. **O que é bibliometria? Uma introdução ao fórum**. Internext, São Paulo, v.11, n. 2, p. 1-5, mai./ago. 2015.

CHEN, Howard. **Design of a controlled environment agricultural plant inspection robot.** Thesis (Master of Science Industrial Engineering) - University of Iowa, 2012.

CRESTANA, Silvio; FRAGALLE, Edilson Pepino. **A Trilha da quinta potência: um primeiro ensaio sobre ciência e inovação, agricultura e instrumentação agropecuária brasileira.** *Revista Eixo*, Brasília, v. 1, n. 1, p. 6-27, 2012.

CHRISTOFIDIS, Demetrios . **Recursos Hídricos e Irrigação no Brasil.** Brasília: CDS – UnB, 1999.

DAVIS, Glenn; CASADY, William; MASSEY, Raymond **Precision agriculture: An introduction.** Water quality University of Missouri-System, 1998. P.8. Disponível na Internet. http://www.fse.missouri.edu/mpac/pubs/wq0450.pdf em 17 Jun. 1999.

BAWDEN, Owen; BALL, David; KULK, Jason; et al. **A lightweight, modular robotic vehicle for the sustainable intensification of agriculture.** In: Proceedings of the 16th Australasian Conference on Robotics and Automation 2014. [s.l.]: Australian Robotics and Automation

Association (ARAA), 2014, p. 1–9.

DE OLIVEIRA, Monique Emídio ; CORRÊA, C. G. **Virtual Reality and Augmented reality applications in agriculture: a literature review**. 2020 22nd Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR). Anais... Em: 2020 22ND SYMPOSIUM ON VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY (SVR). nov. 2020.

DONG, Jing; BURNHAM, John Gary; BOOTS, Byron; et al. **4D crop monitoring: Spatio-temporal reconstruction for agriculture**. In: 2017 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). [s.l.]: IEEE, 2017, p. 3878–3885.

DUCKETT, Tom; PEARSON, Simon; BLACKMORE, Simon; et al. **Agricultural robotics: the future of robotic agriculture.** arXiv preprint arXiv:1806.06762, 2018.

EARL, R.; THOMAS, G.; BLACKMORE, B. S. The potential role of GIS autonomous field operations. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 25, p. 107-120, 2000.

ECOTRACE. **Agricultura 5.0: o futuro do agro é logo ali.** 2021. Dísponível em: https://ecotrace.info/agricultura%E2%80%8C-%E2%80%8C5-0%E2%80%8C %E2%80%8Co% E2%80%8C-%E2%80%8Cfuturo%E2%80%8C-%E2%80%8Cdo%E2%80%8C-%E2%80%8Ca gro%E2%80%8C-%E2%80%8Ce%E2%80%8C-%E2%80%8Clogo%E2%80%8C-%E2%80%8 Cali%E2%80%8C/ . Acesso em: 10 abr 22.

EHLERS, E. **Agricultura Sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma.** São Paulo: Livros da Terra, 1996.

EMBRAPA. **Embrapa Instrumentação mostra, no campo, robô agrícola e novos sensores**. 2013.Disponívelem: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1490692/embrapa-instrumentacao-mostra-no-campo-robo-agricola-e-novos sensores#:~:text=Rob%C3%B4%20agr%C3%ADcola%20m%C3%B3vel,-desenvolvido%20em%20parceria&text=grande%20capacidade%20operacional.-,O%20 uso%20da%20rob%C3%B3tica%20em%20sistemas%20aut%C3%B4nomos%20vem%20para% 20suprir,%C3%A0s%20condi%C3%A7%C3%B5es%20da%20Agricultura%20Tropical. Acesso em: 07 maio 22.

EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira.** Brasília, 2018 Disponível em:https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829. Acesso em 28 de mar de 2022.

ESPERIDIÃO,Tamara Lima, SANTOS, Tamiris Camargo dos, AMARANTE, Mayara dos Santos. **Agricultura 4.0: Software de gerenciamento de produção.** 2019. Disponível em: https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/view/768/779. Acesso em: 10 abr 22.

FERENHOF, Helio Aisenberg. FERNANDES, Roberto Fabiano. **Desmistificando a revisão de literatura como base científica.** Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina, Florianópolis, SC: v. 21, n. 3, p. 550-563, ago./nov., 2016.

FOUNTAS, Spyros; MYLONAS, Nikos; MALOUNAS, Ioannis; et al**. Agricultural robotics for field operations**. Sensors, v. 20, n. 9, p. 2672, 2020.

FUE, Kadeghe G.; PORTER, Wesley M.; BARNES, Edward M.; et al. **An extensive review of mobile agricultural robotics for field operations: focus on cotton harvesting**. AgriEngineering, v. 2, n. 1, 2020.

GUEDES, Vânia. L. S; BORSCHIVER, Suzana. **Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica.** Anais do Encontro Nacional de Ciência da Informação, Salvador, BA, Brasil, 6. 2005.

GRIFT, Tony. E. ***Robotics in Crop Production*** **Illinois, U.S.A**.: Urbana, 2007. Disponível em: abe.illinois.edu/faculty/t_grift/publications. Acesso em: 29 abr 22.

GONZALEZ-DE-SANTOS, Pablo; FERNÁNDEZ, Roemi; SEPÚLVEDA, Delia; et al. Field robots for intelligent farms—inhering features from industry. Agronomy, v. 10, n. 11, p. 1638, 2020.

GÓMEZ-CAMPEROS, July A.; JARAMILLO, Haidee Y.; GUERRERO-GÓMEZ, Gustavo; et al. **Digital image processing techniques for detection of pests and diseases in crops: a review.** Ingeniería y competitividad, v. 24, n. 1, 2022. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S012330332022000100028&lng=en&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 16 mar. 2023.

JONES, Josep L.; FLYNN, Anita. M.; SEIGER, Bruce. A. **Mobile robots: inspiration to implementation.** Natick: A. K. Peters, 1998.

HACKENHAAR, Neusa Maria, HACKENHAAR, Celso, ABREU, Yolanda V ieira de (2014) – **Robótica na agricultura**. Disponível em:http://www.scielo.br/pdf/inter/v16n1/1518-7012-inter-16-01- 0119.pdf. Acesso abr 22.

KHADATKAR, Abhijit; MEHTA, C. R.; SAWANT, C. P. **Application of robotics in changing the future of agriculture.** 2022.

KAEWMARD, Nattapol; SAIYOD, Saiyan. **Sensor data collection and irrigation control on vegetable crop using smart phone and wireless sensor networks for smart farm.** In: 2014 IEEE Conference on Wireless Sensors (ICWiSE). [s.l.: s.n.], 2014, p. 106–112.

KÖCHE, José Carlos. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e prática da pesquisa.** 14. ed. rev. amp. Petrópolis, RJ: Vozes,1997.

MEGETO, Guilherme Augusto Silva; SILVA, Atilla Graciano da; BULGARELLI, Rodrigo Fernandes; et al. **Artificial intelligence applications in the agriculture 4.0.** Revista Ciência Agronômica, v. 51, p. e20207701, 2021.

MOLIN, José Paulo. **Agricultura de Precisão - O Gerenciamento da Variabilidade.** Piracicaba, 2001. v. 1.

MOLIN, Jose Paulo; BAZAME, Helizani Couto; MALDANER, Leonardo; et al. **Precision agriculture and the digital contributions for site-specific management of the fields**. Revista Ciência Agronômica, v. 51, p. e20207720, 2021.

MOTTA, Ronaldo Seroa. S. **Análise de custo-benefício do meio ambiente.** In: MARGULIS, S. (Ed.). Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos. 2. ed. Brasília: IPEA/PNUD, 1996. 109 p.

NOGUCHI, Noboru. **Development of Automated and Robot Agriculture in Japan. Journal of Agricultural Engineering Research, Sapporo**, Hokkaido University. 2010.

OLIVEIRA, Ronaldo Pereira. **Agricultura de precisão: a Tecnologia da Informação em suporte ao conhecimento agronômico clássico.** Revista Tecnologia & Cultura, Rio de Janeiro, ano 11, n. 15, p. 63-71, jul./dez. 2009.

OLIVIRA, Luiz F. P.; António P. Moreira, Ántonio P; SILVA, Manuel F. **Advances in agriculture robotics: A state-of-the-art review and challenges ahead. Robotics,** v. 10, n.2, p. 52, 2021.

ONU. **World Population Prospects:** The 2017 Revision. Disponível em: < https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf>. Acesso em 03 de abril de 2022.

PEREIRA, T. F., MIRANDA, R. DE C., & MONTEVECHI, J. A. B. Gestão do conhecimento em projetos de simulação: um estudo bibliométrico. In: **Perspectivas em Ciência da Informação**, 2015, 20 (1), 138-155. doi: http://dx.doi.org/10.1590/1981- 5344/203.

PIX FORCE. **Tecnologia agrícola: a importância e principais inovações.** 2022. Disponível em: https://www.pixforce.com.br/post/tecnologia-agr%C3%ADcola-a-import%C3%A2ncia-e-princip ais-inova%C3%A7%C3%B5es. Acesso em : 21 abr 22.

PORSCH, Marcia Regina Maboni Hoopen. **Modelagem Matemática De Um Robô Pneumático Do Tipo Gantry Para Aplicações Agrícolas Em Estufas**. 2020. 225 f. Tese (Doutorado em Modelagem Matemática) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio grande do Sul, Ijuí, 2020.

PROTEC.**Três tipos de roubos industriais que você precisa conhecer**. 2019. Disponível em: https://pyrotec.com.br/2019/10/03/tipos-de-robos/. Acesso em: 26 maio 2022.

QUL'AM, Hasta Muzana; DEWI, Tresna; RISMA, Pola; et al. **Edge detection for online image processing of a vision guide pick and place robot.** In: 2019 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICECOS). [s.l.: s.n.], 2019, p. 102–106.

RAMACHANDRAN, V.; RAMALAKSHMI, R.; SRINIVASAN, Seshadhri. **An Automated Irrigation System for Smart Agriculture Using the Internet of Things.** In: 2018 15th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV). [s.l.: s.n.], 2018, p. 210–215.

REVISTA AGROPECUÁRIA. **Utilização do GPS na Agricultura.** 2022. Disponível em: http://www.revistaagropecuaria.com.br/2014/11/10/utilizao-do-gps-na-agricultura/. Acesso em: 21 abr 22.

REVISTA CIENTÍFICA IPEDSS. **Qual a importância de uma publicação científica?**. 2021. Disponível em: https://ipedsspe.com/f/qual-a-import%C3%A2ncia-de-uma publica%C3%A7%C3%A3ocient%C3%ADfica?blogcategory=Biotecnologia+e+Sa%C3 %BAde. Acesso em: maio de 2023.

REVISTA RURAL. **Sensores inteligentes geram dados em tempo real. 2019**. Disponível em: https://www.revistarural.com.br/2019/09/17/sensores-inteligentes-geram-dados-em-tempo-real/. Acesso em: 21 abr 22.

ROSÁRIO, João Maurício. **Princípios de mecatrônica.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

SAIZ-RUBIO, Verónica; ROVIRA-MÁS, Francisco. **From smart farming towards agriculture 5.0: A review on crop data management.** Agronomy, v. 10, n. 2, p. 207, 2020.

SANTOS, Luiz Antonio Casemiro dos; SANCHEZ, Gabriela Fernandez. Pinagro – **Proposta de pesquisa de inovação na agricultura**. [artigo científico]. Goiânia, 2014.

SANTOS, Luís; SANTOS, Filipe N.; OLIVEIRA, Paulo Moura; SHINDER. Pranjali. **Deep learning applications in agriculture: A short review.** In: Robot 2019: Fourth Iberian Robotics Conference: Advances in Robotics, Volume 1. [s.l.]: Springer, 2020, p. 139–151.

SCHMOLDT, Daniel L. **Biosensing typologies for agricultural robotics**. In: 2012 IEEE SENSORS. [s.l.: s.n.], 2012, p. 1–4.

SINGH, Abhishek; MEHROTRA, Riya; RAJPUT, Vishnu D.; et al. **Geoinformatics, artificial intelligence, sensor technology, big data: emerging modern tools for sustainable agriculture.** Sustainable Agriculture Systems and Technologies, p. 295–313, 2022.

SIMÕES, Alexandre S.; COLOMBINI, E. L.; MATSUURA, J. P.; FRANCHIN, M. N. TORP: The Open **Robot Project.Journal of Intelligent & Robotic Systems**, v. 66, n. 1-2, p. 3-22, 2011.

SILVEIRA, PAulo Cesar Rocha. **Robô baseado em tecnologia celular Android e lógica nebulosa para inspeção e monitoração em usinas nucleares**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Nuclear) - COPPE/Programa de Engenharia Nuclear, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

SOUZA, Felipe B. M. **Qual a importância de uma publicação científica?** 2019. Disponível em: https://www.unitpac.com.br/noticias/2019/12/17/qual-a-importancia-de-uma-publicacao-cientifica. Acesso em:16 maio de 2023.

SPRINGER. Precision agriculture. 2020 Disponível em: https://www.springer.com/ journal/11119/updates/17240272. Acesso em: 15 maio 2022.

SULISTIJONO, Indra Adji; RAMADHANI, Moch Rifki; RISNUMAWAN, Anhar. **Aerial Drone Mapping and Trajectories Generator for Agricultural Ground Robots.** In: 2020 International Symposium on Community-centric Systems (CcS). [s.l.: s.n.], 2020, p. 1–6.

SUZUKI, Hayato; OSAWA, Ryosuke; SAEGUSA, Hiroto; et al. **Development of Agriculture Robot for Plant Detection and Fertilizer Dispense**. In: 2022 2 nd International Conference on Image Processing and Robotics (ICIPRob). [s.l.: s.n.], 2022, p. 1–5.

TABILE, Rubens. A.; INAMASU, Ricardo. Y.; PORTO, A. J. V. **Robótica na agricultura de precisão. In Agricultura de Precisão:Um novo olhar**. p. 120-125, 2008.

TAN, Eng-Kee; CHONG, **Lightweight messaging protocol for precision agriculture; SETYAWAN, Raden Arief; et al. Lightweight messaging protocol for precision agriculture**. In: 2021 International Conference on Information Networking (ICOIN). [s.l.: s.n.], 2021, p. 403–407.

TANGERINO, Giovana. et al. **Controle de esterçamento de robô agrícola móvel de quatro rodas guiáveis.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO INTELIGENTE - SBAI, 10., 18-21 set. 2011. São João del-Rei, MG, Brasil. Anais... São João del-Rei, 2011. (v. X).

TANKE, Niels. F. et al. ***Automation of Hydroponic Installations using a Robot with Position Based Visual Feedback*.** Pittsburgh: The Robotics Institute, Carnegie Mellon University, 2011.

TAYLOR, James; WHELAN, BM. **A General Introduction to Precision Agriculture. Australian Centre for Precision Agriculture.** 2010. Disponível em: http://www.agriprecisione.it/wp-content/uploads/2010/11/general introduction _to_ precision agriculture.pdf. Acesso em: 09 abr 22.

TECNOLOGIA NO CAMPO. **Aplicações do GPS Agrícola: saiba 10 aplicações do**

aparelho que te ajudarão a aumentar a produtividade na sua lavoura. 2020. Disponível em: https://tecnologianocampo.com.br/aplicacoes-do-gps-agricola/. Acesso em: 23 maio 2022.

THOMAZ , Petronio. G.; ASSAD, Renato. S.; MOREIRA, Luiz. F. P. **Uso do Fator de Impacto e do Índice H para Avaliar Pesquisadores e Publicações**.In: Arq Bras Cardiol, v.96, n.2: 90-93, 2011.

TU, Natan N. **Agronegócio: a aplicação da indústria 4.0 na melhora da produtividade e rendimento.**USP –AUN (Agência Universitária de Notícias). Jun. 2017.Disponível em: https://paineira.usp.br/aun/index.php/2017/06/29/agronegocio-a-aplicacao-da-industria-4-0-na-m elhora-da-produtividade-e-rendimento/. Acesso em: 10 abr 22.

VALDIERO, A. C. **Modelagem matemática de robôs hidráulicos**, Ijui: UNIJUI. 2012.

VIJAYALAKSHMI, C.; CHELLARAM, C.; KUMAR, S. **Logesh. Trendy usage of nanotechnology in agriculture** — A review. In: 2014 International Conference on Science Engineering and Management Research (ICSEMR). [s.l.: s.n.], 2014, p. 1–4.

VOUGIOUKAS, Stavros G. **Agricultural robotics. Annual review of control, robotics, and autonomous systems**, v. 2, p. 365–392, 2019.

WANG, Wei; LI, Chao yi; CHU, Ling hui; et al. **Study on air-ground amphibious agricultural information collection robot.** In: 2016 13th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI). [s.l.: s.n.], 2016, p. 938–944.

WU, Qiulan. et al. **Research on intelligent acquisition of smart agricultural big data**. 2017 25th International Conference on Geoinformatics. 25Th International Conference on Geoinformatics, ago. 2017.

YOE, Hyun . **Smart farming: ICT based agriculture: Keynote address**. 2017 18th IEEE/ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD), 2017.

ZHANG, Qin; KARKEE, Manoj. **Agricultural and field robotics: an introduction. Fundamentals of Agricultural and Field Robotics**, p. 1–10, 2021.