



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
SERTÃO PERNAMBUCANO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO CAMPUS
PETROLINA ZONA RURAL
PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM PÓS-COLHEITA DE PRODUTOS
HORTIFRUTÍCOLAS**

AIRAN MIGUEL DOS SANTOS PANTA

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PÓS-COLHEITA DE FRUTAS: UMA
PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DA VISÃO COMPUTACIONAL**

PETROLINA - PE

2024



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
SERTÃO PERNAMBUCANO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO CAMPUS
PETROLINA ZONA RURAL
PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM PÓS-COLHEITA DE PRODUTOS
HORTIFRUTÍCOLAS**

AIRAN MIGUEL DOS SANTOS PANTA

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PÓS-COLHEITA DE FRUTAS: UMA
PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DA VISÃO COMPUTACIONAL**

Monografia apresentada ao curso de Pósgraduação *Lato Sensu* em Pós-colheita de Produtos Hortifrutícolas, ofertado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, como parte dos requisitos para obtenção do título de Especialista.

Orientadora:

Profa. Dra. Luciana Souza de Oliveira

Coorientador:

Prof. Dr. Pablo Teixeira Leal de Oliveira

**PETROLINA - PE
2024**

P197 Panta, Airan Miguel dos Santos.

Inteligência artificial na pós-colheita de frutas: Uma prospecção tecnológica da visão computacional / Airan Miguel dos Santos Panta. - Petrolina, 2025.

38 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Pós-colheita de Produtos Hortifrutícolas) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Luciana Souza de Oliveira.

Coorientação: Dr. Pablo Teixeira Leal de Oliveira.

1. Pós-colheita. 2. Fruticultura. 3. Revisão bibliográfica. I. Título.

CDD 631.56



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
SERTÃO PERNAMBUCANO
PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM PÓS-COLHEITA DE PRODUTOS
HORTIFRUTÍCOLAS**

A monografia “**Inteligência artificial na pós-colheita de frutas: Uma prospecção tecnológica da visão computacional**”, autoria de **Airan Miguel Dos Santos Panta**, foi submetida à Banca Examinadora, constituída pelo IFSertãoPE, como requisito parcial necessário à obtenção do título de Especialista em Pós-colheita de Produtos Hortifrutícolas, outorgado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano – IFSertãoPE.

Aprovado em 7 de dezembro de 2024.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Profa. Dra. Luciana Souza de Oliveira – IFSertãoPE
(Presidente - orientadora)

Prof. Dr. Pablo Teixeira Leal de Oliveira – IFSertãoPE
(1º Examinador)

Profa. Dra. Aline Rocha – IFSertãoPE
(2ª Examinadora)

Prof. Dr. Luis Carlos Pita de Almeida – IFSertãoPE
(3º Examinador)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO PERNAMBUCANO
CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL

Pós-graduação em Pós-colheita de Produtos Hortifrutícolas

ATA DE APRESENTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

No dia sete dedezembro do ano de dois mil e vinte e quatro, às nove horas, através da plataforma do Google Meet (<https://meet.google.com/evs-rtde-cka>), reuniu-se a Banca Examinadora composta pelo(a) presidente e orientadora Luciana Souza de Oliveira, 1º examinador, Pablo Teixeira Leal de Oliveira, 2ª examinadora, Aline Rocha e 3º examinador, Luis Carlos Pita de Almeida. A presidente abriu a sessão de apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do estudante Airan Miguel dos Santos Panta, do Curso de *Pós-graduação em Pós-colheita de Produtos Hortifrutícolas*, intitulado: "INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PÓS-COLHEITA DE FRUTAS: UMA PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DA VISÃO COMPUTACIONAL". Após a apresentação e apreciação da Banca Examinadora, o Trabalho foi **Aprovado**, com nota 97,0 devendo o discente efetuar as correções recomendadas e entregar a versão final no prazo de quinze dias. Ao orientador cabe entregar a Ata e as Fichas Avaliativas a Coordenação do Curso em até quarenta e oito horas após a apresentação. Nada mais havendo a tratar, foi encerrada a sessão na qual, eu, Professora Luciana Souza de Oliveira, lavrei esta Ata que segue assinada por mim e pelos demais membros da Banca.

Luciana
Souza de
Oliveira

Assinado de forma
digital por Luciana
Souza de Oliveira
Dados: 2025.02.22
09:41:07 -03'00'

Luciana Souza de Oliveira

Orientadora/Presidente

IFSertãoPE, Campus Petrolina Zona Rural

Documento assinado digitalmente



PABLO TEIXEIRA LEAL DE OLIVEIRA
Data: 22/02/2025 15:08:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pablo Teixeira Leal de Oliveira

1º Examinador

IFSertãoPE, Campus Petrolina Zona Rural

Documento assinado digitalmente



ALINE ROCHA
Data: 22/02/2025 10:03:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Aline Rocha

2ª Examinadora

IFSertãoPE, Campus Petrolina Zona Rural

Documento assinado digitalmente



LUIS CARLOS PITA DE ALMEIDA
Data: 27/02/2025 15:59:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Luis Carlos Pita de Almeida

3º Examinador

IFSertãoPE, Campus Petrolina Zona Rural

Dedicatória

– Deus, senhor da minha vida, muito obrigado.

Aos meus pais (*In memoriam*), à minha esposa e ao nosso futuro filha,
que o futuro nos espera.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano – IFSertãoPE, pela oportunidade de cursar a pós-graduação e pelo seu reconhecimento como uma Instituição pública que oferece educação profissional em todos os seus níveis.

Ao Programa de Pós-Graduação Lato Sensu em Pós-colheita de Produtos Hortifrutícolas pela oportunidade de aprofundar meus conhecimentos neste campo e pelos recursos e estrutura oferecidos.

Aos meus orientadores, a Profa. Dra. Luciana Souza de Oliveira e o Prof. Dr. Pablo Teixeira Leal de Oliveira. Aos membros da banca avaliadora pela disponibilidade e sugestões de melhoria no trabalho.

RESUMO

A pós-colheita de frutas é uma etapa crucial da agricultura, ela determina diretamente a manutenção da qualidade dos produtos. A tecnologia, especialmente a visão computacional, desempenha um papel vital na modernização da pós-colheita. Os sistemas de visão computacional são utilizados para otimizar processos, prever demandas e ajustar condições de colheita e armazenamento em tempo real. A prospecção é uma ferramenta estratégica para identificar tendências, inovações e oportunidades no desenvolvimento tecnológico, proporcionando insights valiosos para impulsionar o setor de pós-colheita de frutas. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma prospecção científica e tecnológica para as soluções em pós-colheita de frutas que implementam visão computacional. O estudo foi realizado no banco de patentes do INPI, no Espacenet e no WIPO; nos bancos de artigos da SciELO, Elsevier e CAPES. A análise das publicações científicas revelou um total de 1.474 artigos, com a CAPES sendo a principal fonte, concentrando 84,46% das produções. A predominância de publicações nas Ciências Biológicas (79%) destaca a importância desse campo no estudo da pós-colheita de frutas. A análise das bases de dados de patentes revelou um total de 35.302 registros relacionados a visão computacional, pós-colheita e frutas, com a WIPO liderando com 35.098 patentes, seguida por Espacenet e INPI. A evolução das patentes registradas na WIPO entre 2015 e 2024 mostra um crescimento constante, evidenciado por um aumento de 217%. Patentes nas áreas de biotecnologia e tecnologias da informação, como CIP A61k e C12N destacam-se por suas aplicações em diagnósticos e conservação de frutas, enquanto CIP G06F e G06K estão ligadas a sistemas de automação e processamento de dados.

Palavras-Chave: Fruticultura. Armazenamento. Colheita. Revisão bibliográfica.

ABSTRACT

Post-harvest handling of fruits is a crucial stage in agriculture, directly determining the maintenance of product quality. Technology, particularly computer vision, plays a vital role in modernizing post-harvest processes. Computer vision systems are employed to optimize operations, predict demand, and adjust harvesting and storage conditions in real time. Prospecting serves as a strategic tool for identifying trends, innovations, and opportunities in technological development, providing valuable insights to enhance the fruit post-harvest sector. In light of this, the objective was to conduct a scientific and technological prospecting study for post-harvest solutions that implement computer vision. The study was carried out using the patent databases of the Brazilian National Institute of Industrial Property (INPI), Espacenet, and the World Intellectual Property Organization (WIPO), as well as the article databases of SciELO, Elsevier, and CAPES. Analysis of the scientific publications revealed a total of 1,474 articles, with CAPES being the primary source, accounting for 84.46% of the publications. The predominance of publications in the Biological Sciences (79%) underscores the importance of this field in post-harvest fruit studies. Analysis of the patent databases revealed a total of 35,302 records related to computer vision, post-harvest, and fruits, with WIPO leading with 35,098 patents, followed by Espacenet and INPI. The evolution of patents registered with WIPO from 2015 to 2024 shows a consistent increase, evidenced by a 217% rise. Patents in the fields of biotechnology and information technologies, such as IPC A61B and C07K, are prominent for their applications in fruit diagnostics and preservation, while IPC G06F and G06K are associated with automation systems and data processing.

Keywords: Horticulture. Storage. Harvesting. Literature review.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAFUTAS - Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada

CIP - Classificação Internacional de Patentes

CNNs - Convolutional Neural Network - Rede Neural Convolutacional

ESPACENET - European Patent Office

FMI - Fundo Monetário Internacional

FUNAG — Fundação Alexandre de Gusmão

IEP - Instituto Europeu de Patentes

INPI - Instituto Nacional de Propriedade Industrial

PCT - Tratado de Cooperação de Patentes

SCIELO - Scientific Eletronic Library Online

WIPO - World Intellectual Property Organization

WITS - World Integrated Trade Solutio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
3 METODOLOGIA	14
4 REFERENCIAL TEÓRICO	15
4.1 A PRODUÇÃO DE FRUTAS NO BRASIL	15
4.2 A PÓS-COLHEITA DE FRUTAS	16
4.3 VISÃO COMPUTACIONAL NA AGRICULTURA	17
4.4 PROSPECÇÃO CIENTÍFICA (ARTIGOS CIENTÍFICOS)	18
4.5 PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA (PATENTES)	23
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

A produção de frutas no Brasil destaca-se pela sua magnitude e diversidade, tornando o país um dos maiores produtores mundiais. Em 2023 ocupava o 3º lugar no ranking de maiores produtores de frutas do mundo, com 58 milhões de toneladas (BRASIL,2024). Em 2023, foram cerca de US\$ 1,35 bilhão movimentados pelo setor, o maior número da série histórica. Desde 2019, as vendas externas de frutas superaram a cifra de US\$ 1 bilhão (ABRAFRUTAS, 2024).

As condições climáticas favoráveis e a vasta extensão territorial permitem uma ampla variedade de frutas, desde as tropicais até as temperadas. Este setor é fundamental para a economia nacional, gerando empregos e renda em diversas regiões do país (Ferreira; Oliveira, 2021).

A pós-colheita de frutas é uma etapa crucial que influencia diretamente a qualidade final dos produtos. Esta fase abrange desde a colheita até o momento em que os frutos chegam ao consumidor, incluindo processos de seleção, embalagem, transporte e armazenamento. Conforme Silva e Ribeiro (2019), a manipulação adequada durante a pós-colheita é essencial para reduzir perdas e manter as características sensoriais e nutricionais das frutas.

A tecnologia de pós-colheita desempenha um papel vital na conservação e agregação de valor às frutas. O monitoramento de parâmetros como temperatura, umidade e pH é fundamental para prolongar a vida útil dos produtos (Silva; Costa, 2021). Essas tecnologias permitem o transporte de frutas para mercados mais distantes, agregando valor e aumentando a competitividade no mercado global.

A visão computacional está cada vez mais presente no ambiente agrícola, oferecendo soluções inovadoras para diversos desafios. No contexto da pós-colheita, a Inteligência Artificial, ou simplesmente IA, pode ser utilizada para otimizar processos, prever a demanda e ajustar parâmetros de armazenamento em tempo real (Buainain et. al. 2023)

Segundo Oliveira e Santos (2021), sistemas de que usam visão computacional podem analisar grandes volumes de dados, permitindo uma tomada de decisão mais precisa e eficiente, reduzindo perdas e melhorando a qualidade final dos produtos. As ferramentas de visão computacional, por exemplo, podem ser utilizadas para identificar defeitos nos frutos e classificá-los de acordo com padrões de qualidade

previamente estabelecidos (Fernandes; Souza, 2020). Isso não só aumenta a eficiência, mas também reduz o desperdício e melhora a rastreabilidade dos produtos.

A transformação digital está remodelando todo o segmento agroindustrial, inclusive a fruticultura, o surgimento de novos dispositivos tem possibilitado a realização de projetos de pesquisa de forma mais acessível e econômica (Carvalho *et al.*, 2020; Junior; Da Silva; Andrade, 2023).

A prospecção tecnológica, segundo Ribeiro (2018), é uma técnica que possibilita identificar os inventores, os tipos de tecnologias e as referências a patentes e artigos anteriores. Tal levantamento ainda tem como vantagem a abrangência de todos os campos tecnológicos relacionados com o objeto de interesse. Traz, ainda, conhecimento sobre o estado atual da tecnologia em questão, onde e quem detém essa tecnologia, a visão dos gargalos tecnológicos, como também ocorrências de inovações, tendências, diversidades de soluções e oportunidades (Da Cunha Lima *et al.*, 2019).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma prospecção científica e tecnológica buscando identificar o estado da arte e da técnica para as soluções em pós-colheita de frutas que implementam Visão Computacional, em base de dados nacionais e internacionais.

Um estudo como esse, sobre o uso da visão computacional na pós-colheita de frutas, é importante para atualizar a cadeia produtiva agrícola e aumentar sua eficiência, facilitando o desenvolvimento de novos softwares, máquinas e equipamentos. Com o Brasil ocupando posição de destaque na produção global de frutas, soluções inovadoras nesse campo são cruciais para atender à crescente demanda por alimentos de qualidade.

Além disso, a prospecção tecnológica permite mapear tendências e inovações, possibilitando acessar detalhes técnicos de invenções existentes. Essas informações auxiliam no desenvolvimento de produtos mais eficientes, diferenciados e alinhados às demandas do mercado, otimizando os investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D).

2 OBJETIVOS DO TRABALHO

2.1 GERAL

Realizar uma prospecção científica e tecnológica buscando identificar o estado da arte e da técnica para as soluções em pós-colheita de frutas que implementam Visão Computacional, em base de dados nacionais e internacionais.

2.2 ESPECÍFICOS

- I. Realizar uma revisão sobre os termos mais impactantes em pesquisas relacionadas à visão computacional e pós-colheita;
- II. Realizar uma revisão sobre as bases de dados de artigos e patentes mais impactantes relacionadas à visão computacional e pós-colheita;
- III. Realizar uma pesquisa de dados nas bases de dados mundiais e apresentar de forma esquematizada as experiências e aplicações da visão computacional na pós-colheita de frutas;

3 METODOLOGIA

A revisão bibliográfica, que consiste em procedimentos metodológicos de levantamento das publicações mais relevantes acerca do assunto, foi empregada com o objetivo de identificar patentes, teses e artigos científicos relacionados à aplicação da visão computacional (inteligência artificial) em processos de pós-colheita de frutas. Em primeiro lugar, foram definidas as bases de dados mais relevantes para o tema (Panta; Hora, 2021; Ribeiro, 2018). Os periódicos científicos são os meios mais importantes para a comunicação e divulgação de estudos científicos (Gil, 2019).

Para consulta de patentes, foi realizado um estudo qualitativo exploratório dos últimos 10 anos (2015 a 2024). O estudo foi realizado no Banco de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), no European Patent Office (Espacenet) e no World Intellectual Property Organization (WIPO). Quanto ao rastreamento de teses e artigos foi realizado no Periódicos Capes e no Scientific Electronic Library Online (Scielo).

As palavras foram definidas em português para bancos de dados nacionais e em inglês para as plataformas internacionais. As palavras utilizadas foram: **visão computacional, pós-colheita e frutas**, auxiliadas pela conjunção AND, que são operadores booleanos empregados para refinar as buscas.

Para as bases internacionais as palavras foram: Computer vision, Post-harvest e Fruits. Os recursos avançados oferecidos nas plataformas foram acionados a fim de excluir semelhantes e agrupar por datas, obtendo dessa forma melhores condições de tratamento para os dados obtidos. As pesquisas nas bases de dados foram atualizadas pela última vez em 30/07/2024.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 A PRODUÇÃO DE FRUTAS NO BRASIL

O Brasil é o 3º maior produtor de frutas, atrás de China e Índia. Somado a isso, as exportações de fruticultura em 2023 foram de US\$ 1,35 bilhão, o maior da série histórica. Desde 2019 as vendas externas brasileiras de frutas suplantam a cifra de US\$ 1 bilhão, com um aumento de 24,5% no ano passado. O principal destino da fruticultura brasileira é a União Europeia (BRASIL, 2024).

As maiores áreas cultivadas com fruticultura no Brasil estão no Nordeste, aproximadamente 52,4%. Os cultivos de cacau, laranja, banana, caju e coco ocupam as maiores áreas com fruticultura. As frutas de maior valor de produção no Brasil são a laranja com destaque para o Estado de São Paulo, a banana que é cultivada em todo o País, a uva em Pernambuco e Rio Grande do Sul e o cacau no Pará e Bahia (BANCO DO NORDESTE DO BRASIL, 2023).

As principais frutas exportadas pelo Brasil em 2023 foram: **Mangas:** 266 mil toneladas, **Melões:** 228 mil toneladas, **Uvas:** 73 mil toneladas, **Limões e limas:** 166 mil toneladas. A União Europeia (Países Baixos, Espanha, Alemanha, Portugal, França e Itália) e os Estados Unidos são os principais destinos das exportações provenientes do Brasil (BRASIL, 2024).

Em atenção ao cenário nacional, observa-se que o comércio brasileiro de produtos de origem vegetal, apresentou crescimento de 56,62% entre o início e o fim do período investigado (2010-2017), revelando a participação crescente do país no mercado de bens agrícolas. Pelo fato de apresentar baixos custos de produção, terras adequadas para o cultivo e recursos hídricos disponíveis, combinados com contínuos avanços tecnológicos na agricultura, o país ocupa posição de potência internacional no agrobusiness (Martins; Silva, 2019).

Uma pesquisa da Revista Hortifruti Brasil (2020) - publicação do CEPEA - aponta mudanças nos hábitos de consumo dos brasileiros ocasionadas pelo contexto da pandemia do coronavírus. No que diz respeito ao hortifruti, o destaque diz respeito ao aumento do consumo no varejo em razão da busca por saudabilidade e aumento das refeições no lar. No entanto, a Revista HORTIFRUTI apontou que ações devem ser tomadas para que os produtores possam aproveitar esse cenário de população mais consciente e conectada.

4.2 A PÓS-COLHEITA DE FRUTAS

A ciência pós-colheita refere-se ao estudo da fisiologia e do manejo de produtos vegetais, logo após a colheita até o seu destino, tendo como objetivos principais a manutenção da qualidade e minimização de perdas. Estima-se que as perdas pós-colheita no Brasil, ocorridas entre a colheita e a chegada ao consumidor, estão em torno de 40% (Perez; Moreira; Santos, 2024).

A produtividade é aumentada no campo por meio de tecnologias de fertilidade, combate a doenças e pragas e tecnologias de melhoramento. Além disso, técnicas apropriadas para preservação pós-colheita de produtos agrícolas são imprescindíveis para manter a qualidade e segurança de frutas e hortaliças (Cavallari; Brito; Leite, 2018). Várias tecnologias pós-colheita emergentes estão sendo exploradas na indústria como o uso de ozônio, luz pulsada, irradiação, tratamento com água resfriada, agentes de controle biológico e atmosfera controlada, que demonstraram eficácia na preservação da qualidade de frutas (Bambalele et al., 2021).

Um dos fatores mais importantes na preservação de frutos pós-colheita é o controle da temperatura (Rees; Farrell; Orchard, 2012). O controle da umidade e a conservação de produtos agrícolas em baixa temperatura contribuem para preservação de suas características nutricionais e sensoriais.

Cada fruto tem sua temperatura mínima limite, temperaturas abaixo das toleradas, prejudicam os frutos. Essa alteração fisiológica é denominada *chilling*, causando amadurecimento deficiente, alterações sensoriais e escurecimento da epiderme e da polpa. Fatores como estágio de maturação, cultivar e tempo de exposição do fruto a temperatura são variáveis que interferem na intensidade do dano para cada fruta e hortaliça. Os frutos imaturos são mais susceptíveis às injúrias pelo frio do que aqueles parcialmente ou total maduros (Rosa et al. 2018).

A atmosfera modificada e controlada compreende o armazenamento de frutas e hortaliças em atmosferas cujas concentrações de gás carbônico (CO₂) oxigênio (O₂) e nitrogênio (N₂) sejam diferentes daquelas encontradas em concentrações normais do ar ambiente.

A qualidade, durante o período de comercialização e armazenamento, dos produtos alimentícios pode ser prejudicada por danos ambientais, fisiológicos e microbiológicos como calor, oxidação, umidade, atividade enzimática, bem como ataques de fungos, leveduras e bactérias.

4.3 VISÃO COMPUTACIONAL NA AGRICULTURA

A inteligência artificial (IA) na agricultura, também chamada de “Inteligência Agrícola, “Agricultura Inteligente” (Smart Farm) ou “Agricultura 4.0”, é parte da revolução tecnológica da indústria agropecuária (Pathan et al., 2020). IA é a capacidade do sistema de interpretar corretamente dados externos, aprender a partir desses dados e utilizar dessa aprendizagem para atingir objetivos e tarefas específicas por meio de adaptação flexível (Kaplan; Haenlein, 2019).

Inserido nessa temática temos a Visão Computacional, um campo da inteligência artificial que busca desenvolver técnicas para representar formas tridimensionais utilizando imagens. Ela busca descrever o mundo que nós vemos em uma ou mais imagens, reconstruindo sua forma, iluminação e distribuição de cor. É basicamente fazer com que computadores consigam enxergar da mesma maneira que nós, seres humanos (Szeliski, 2022).

Existem produtos tecnológicos com capacidade de avaliar características biométricas dos frutos, com a aplicação de técnicas de visão computacional monocromática e a utilização de equações para estimar a massa a partir das medidas de comprimento e largura, além do uso de aplicativos de smartphones dedicados a realizar tais estimativas (Patel et al., 2020; Amaral e Silva, 2022).

Problemas muito complexos para serem resolvidos por humanos são enfrentados por aprendizado de máquina, deslocando a carga da tomada de decisão para o algoritmo (Patel et al., 2020; Panchiwala, SHAH, 2020; Talaviya et al., 2020).

A necessidade dos setores da agroindústria em desenvolverem novos métodos que permitam uma avaliação mais rápida da qualidade e composição destas tem sido alvo de pesquisa sobre os métodos rápidos e não destrutivos, especialmente técnicas ópticas, espectrais e de imagem (Elmasry et al., 2020).

A possibilidade de estudar os detalhes estruturais de elementos biológicos, como organismos e suas partes internas e externas, pode ter um impacto profundo na pesquisa biológica (Loddo et al., 2021) e agrárias. As abordagens baseadas em imagens, que usam visão computacional, oferecem soluções para medir automaticamente uma variedade de recursos de tamanho e forma a partir de alta resolução em um modo de alto rendimento (Liu et al., 2020). Graças à sua ampla gama de aplicações, a análise de imagens desempenha um papel importante no campo das Ciências Agrárias, sendo primordial nos processos de pós-colheita.

4.4 PROSPECÇÃO CIENTÍFICA (ARTIGOS CIENTÍFICOS)

A publicação de artigos científicos revela os resultados dos investimentos em educação e pesquisa científica e tecnológica, além de permitir a divulgação das fronteiras do conhecimento. Assim, acabam por contribuir para o desenvolvimento de inovações em temas de relevância dos pontos de vista econômico, social e humano (Junior, 2007).

Os pesquisadores acessam e utilizam o conhecimento científico durante todo o processo de pesquisa, ou seja, ele é a fonte de produção de novos saberes. Isso é o mesmo que dizer que pesquisadores e cientistas consomem conhecimentos à medida que os produzem (Martins, 2015).

As três bases pesquisadas levantaram 1.474 teses e artigos (Tabela 1), sendo a base SciELO com 0,46% e a base Elsevier com tendo 15,07%. A base CAPES é responsável por comportar a maior parte deles, 84,46% (Figura 1). É relevante mencionar que as bases não dispõem dos mesmos mecanismos para descrição técnica e comparação direta entre elas, assim algumas informações não poderão ser comparadas, apenas apresentadas.

Tabela 1: Número de artigos científicos encontrados nos bancos de dados da Capes, Elsevier e Scielo.

Base	Palavra-chave 1	Conectivo	Palavra-chave 2	Resultado
CAPES	visão computacional	AND	pós-colheita	59
CAPES	visão computacional	AND	fruta	1.181
ELSEVIER	visão computacional	AND	pós-colheita	24
ELSEVIER	visão computacional	AND	fruta	203
SCIELO	visão computacional	AND	pós-colheita	3
SCIELO	visão computacional	AND	fruta	4
Total				1.474

Fonte: O autor (2024).

De acordo com Oliveira e colaboradores (2020), a plataforma CAPES proporciona acesso a uma vasta quantidade de publicações internacionais e nacionais, sendo considerada uma das maiores do mundo em termos de cobertura de periódicos. Em comparação com outras bases de dados, como SciELO e Elsevier, observa-se uma predominância nas publicações disponíveis na CAPES, principalmente devido à sua abrangência e ao apoio governamental que recebe.

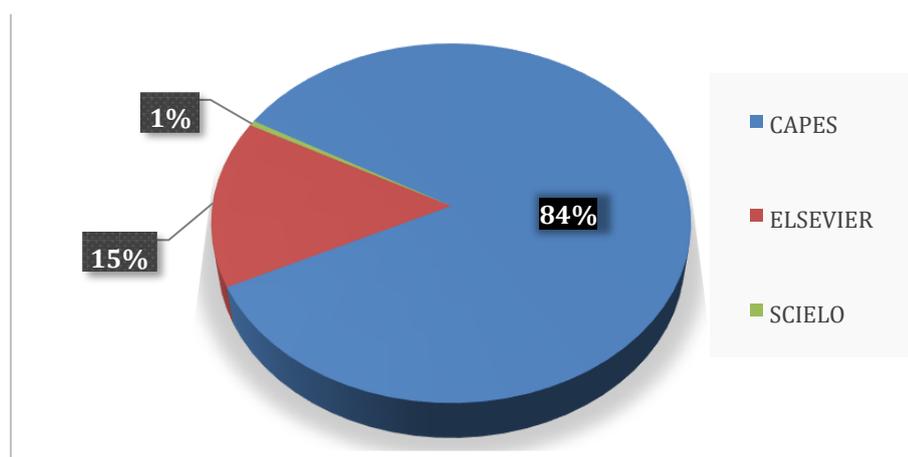
Souza; Costa; Martins (2022) observaram que a CAPES oferece um portfólio mais completo para os pesquisadores, tornando-se um ponto de convergência para diversas áreas do conhecimento. Tal fator fortalece seu papel como principal fonte de consulta para cientistas no Brasil.

Por outro lado, a Elsevier, uma das maiores editoras acadêmicas do mundo, apresenta uma vasta coleção de periódicos internacionais de alta relevância científica. No entanto, seu modelo comercial, baseado na assinatura paga de suas revistas, limita o acesso para muitas instituições, especialmente em países em desenvolvimento (Fernandes, 2019).

No contexto brasileiro, a SciELO também tem um papel relevante, especialmente no que tange à disseminação de pesquisas produzidas na América Latina. Contudo, como destacam Silva e Pereira (2021), a SciELO foca principalmente em revistas de livre acesso, o que limita seu escopo em relação a áreas de alta demanda internacional.

Em atenção especial à base CAPES (Figura 1), que detém a maior porção das produções científicas, observamos algumas informações pertinentes a serem apresentadas neste trabalho.

Figura 1 – Produção científica presente nas bases CAPES, Elsevier e SciELO apresentados em pontos percentuais (%).



Fonte: O autor (2024).

Sobre o acesso aos dados, 56,87% dos dados estão abertos aos usuários. O acesso aberto é crucial para democratizar o conhecimento científico, permitindo que

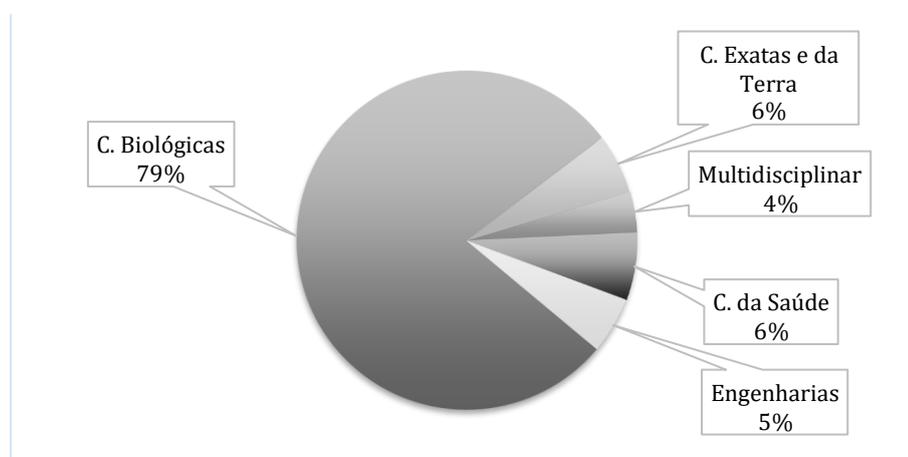
pesquisadores, estudantes e profissionais de países com menos recursos tenham acesso à produção acadêmica de ponta. Conforme discutido por Borges e Silva (2021), a ciência aberta não só amplia o impacto das pesquisas, como também promove a inclusão, uma vez que rompe barreiras financeiras e institucionais que limitam o acesso a informações científicas relevantes.

Os trabalhos foram publicados em sua maioria, 75,4%, com revisão por pares. A revisão por pares é um dos pilares da credibilidade científica, sendo essencial para garantir a qualidade e a validade das pesquisas publicadas. Esse processo envolve a avaliação do artigo por especialistas independentes da área antes de sua aceitação para publicação.

Segundo Rodrigues (2021), a revisão por pares ajuda a manter os padrões acadêmicos, filtrando erros metodológicos e garantindo que as descobertas apresentadas contribuem efetivamente para o avanço do conhecimento, essa interação entre autores e revisores é crucial para o refinamento das ideias e para o aprimoramento contínuo da ciência.

Durante o levantamento na plataforma CAPES, observa-se um predomínio de publicações nas áreas de Ciências biológicas (79%). Seguidos por Ciência da Saúde (6%), Ciência Exatas e da Terra (6%), Engenharias (5%) e Multidisciplinar (4%). (Figura 2).

Figura 2 – Distribuição das publicações da base de periódicos CAPES nas grandes áreas de conhecimentos, apresentados em pontos percentuais (%).



Fonte: O autor (2024).

A produção bibliográfica foi organizada considerando as 9 Grandes Áreas do Conhecimento: Ciências Exatas e da Terra, Ciências Biológicas, Engenharias, Ciências da Saúde, Ciências Agrárias, Ciências Sociais Aplicadas, Ciências Humanas, Linguística, Letras e Artes e Multidisciplinar. Cada uma dessas áreas possui características específicas que influenciam a maneira como os artigos científicos são estruturados e publicados, conforme apontado por Capes.

Essas áreas são subdivididas em especializações que facilitam a orientação dos pesquisadores no momento da produção bibliográfica. Conforme Santos e Oliveira (2020), as orientações para a escrita de artigos científicos dentro dessas áreas exigem uma adaptação de linguagem, método e estrutura, variando de acordo com as peculiaridades de cada campo do saber.

É possível identificar certos padrões nas áreas de avaliação pertencentes às Grandes Áreas Ciências Exatas e da Terra e Ciências Biológicas. Biologia 1, 2 e 3 possuem percentual de publicações indexadas acima de 85%. Estudos recentes demonstram de maneira convincente que a análise bibliométrica oferece informações importantes sobre as tendências no desenvolvimento de um campo científico específico (Rana, 2020; Kim; Jeong; Chung, 2021).

Segundo Souza; Costa; Martins (2022), durante a análise das publicações disponíveis na plataforma CAPES, constatou-se um predomínio significativo de artigos nas Ciências Biológicas, que representam 79% do total de publicações. A relevância das Ciências Biológicas no contexto da pós-colheita de frutas pode ser explicada pela necessidade de compreender as interações biológicas e fisiológicas que ocorrem após a colheita

As Ciências da Saúde e as Ciências Exatas e da Terra também desempenham um papel significativo, representando cada uma 6% das publicações. Estudos na área da Saúde são essenciais para garantir que as frutas não apenas mantenham sua qualidade nutricional, mas também sejam seguras para o consumo. Martins e Oliveira (2023) ressaltam que a aplicação de tecnologias de IA pode auxiliar na detecção precoce de doenças e na análise de contaminantes, promovendo uma abordagem mais eficaz na segurança alimentar.

As Engenharias, com 5% das publicações, refletem a contribuição de disciplinas técnicas no desenvolvimento de equipamentos e sistemas que utilizam IA para melhorar os processos de pós-colheita. Ferreira e Oliveira (2023) destacam que inovações em engenharia, como sensores e sistemas automatizados, têm sido

fundamentais para a implementação de tecnologias de IA na agricultura, promovendo maior eficiência e redução de perdas.

Na base da CAPES, maior quantidade de resultados, as principais revistas escolhidas para publicação dos artigos com a temática de visão computacional, póscolheita e frutas são: Elsevier BV; Multidisciplinary Digit, Springer Science Busnes, Springer Nature, Institute of Electrical, Wiley-Blackwell, Springer International, Institution of Engineer, Wiley, Frontiers Media, IOP Publishing, Hindawi Publishing Corp, International Journal Taylor & Francis.

A escolha da revista científica adequada para a publicação de artigos é uma etapa crucial no processo de produção científica e tecnológica. As revistas são classificadas de acordo com critérios estabelecidos por sistemas como o QualisCAPES, que organiza periódicos em estratos que variam de A1 (máxima qualidade) a C (mínima qualidade) (Amaral; Silva, 2022).

Outro critério importante na escolha da revista é o fator de impacto. Medido pelo Journal Citation Reports (JCR), esse índice reflete o número médio de citações recebidas por artigos publicados na revista em um determinado período. Publicar em revistas de estratos superiores pode aumentar significativamente a repercussão do artigo e a reputação do autor no campo (Costa; Ferreira, 2021).

Observando a base de periódicos Elsevier, as principais publicações foram nas revistas científicas: Computers and Electronics in Agriculture, Postharvest Biology and Technology, Biosystems Engineering, Scientia Horticulturae, Trends in Food Science & Technology, Smart Agricultural Technology, Journal of Food Engineering, Journal of Agriculture and Food Research e Information Processing in Agriculture. A base Elsevier retornou 227 publicações.

A Base Scielo retornou 7 publicações, distribuídas entre as revistas: Scientia Agrícola, Brazilian Journal of Food Technology, Computación y Sistemas, Revista chilena de ingeniería, Ciência e Agrotecnologia, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental e a Revista Ciência Agronômica.

Por fim, a produção bibliográfica exige que os autores façam escolhas estratégicas quanto à revista científica para publicação, equilibrando o rigor e o alcance pretendidos. A correta avaliação de fatores como classificação, fator de impacto e adequação temática garante que o artigo tenha o máximo de visibilidade e impacto, contribuindo de forma mais eficaz para o avanço científico e tecnológico.

4.5 PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA (PATENTES)

Uma prospecção tecnológica visa identificar todas as tecnologias existentes e descrever como elas se inserem na sociedade (Santos; Oliveira, 2023). Isso se mostra importante para a indústria, pois Califa (et al, 2023) esclarece que a indústria é profícua para criar produtos e tecnologias inovadoras. Conforme Ribeiro (2018), métodos de busca e prospecção de tecnologias auxiliam o pesquisador a entender como uma tecnologia em desenvolvimento relaciona-se com outras existentes o mercado, o que evita conflitos e reduz os riscos de perda do investimento e de tempo com a pesquisa.

A Tabela 02 apresenta o quantitativo encontrado em cada base de dados. A base da WIPO apresentou a maior quantidade de patentes (35.098) seguido do Espacenet (200) e com menor quantidade ficou a base INPI (4). Ao todo observou-se 35.302 registros correlacionados aos temas propostos: visão computacional, pós-colheita e frutas.

Tabela 02: Número de patentes encontradas usando as palavras-chave nos bancos de dados.

Base	Palavra-chave 1 visão	Conectivo	Palavra-chave 2	Resultado
WIPO	computacional	AND	pós-colheita	23.920
WIPO	visão computacional	AND	fruta	11.178
INPI	visão computacional	AND	pós-colheita	4
INPI	visão computacional	AND	fruta	0
Espacenet	visão computacional	AND	pós-colheita	24
Espacenet	visão computacional	AND	fruta	176
Total				35.302

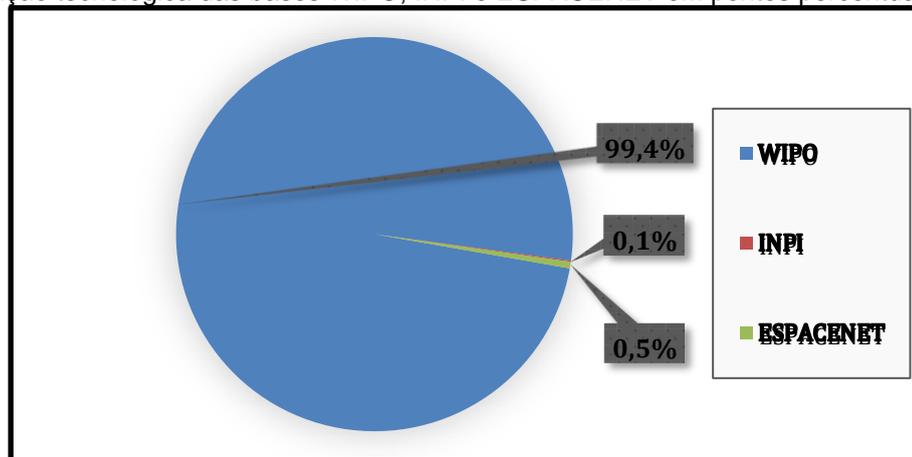
Fonte: O autor (2024).

Como as bases de patentes não dispõe dos mesmos mecanismos para descrição técnica e comparação direta entre elas, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para complementar os estudos, conforme apontam Califa (et al, 2023), França (et al, 2023) e Jenuino (et al, 2023).

A WIPO, (Figura 3) principal entidade de registro de patentes relacionadas a visão computacional, pós-colheita e frutas, desempenha um papel crucial na proteção da propriedade intelectual. É uma das maiores bases de patentes do mundo, reunindo

dados de mais de 190 países. Destaca-se pela abrangência e pela acessibilidade, sendo uma referência global para a busca de patentes em diversas áreas tecnológicas (Souza; Costa, 2020).

Figura 3 - Produção tecnológica das bases WIPO, INPI e ESPACENET em pontos percentuais (%).



Fonte: O autor (2024).

Diversas patentes cadastradas na WIPO revelam inovações no desenvolvimento de sensores óticos e sistemas automáticos que identificam características como cor, textura e formato, possibilitando uma triagem mais precisa e rápida de frutas. Um exemplo é o uso de câmeras multiespectrais para identificar imperfeições em maçãs, promovendo uma análise em tempo real sem a necessidade de intervenção manual (Lee; Park; Kim, 2021).

Além disso, os algoritmos de inteligência artificial, em especial os baseados em aprendizado de máquina, para prever a deterioração de frutas. Com base em dados históricos de temperatura e umidade durante o transporte, o sistema é capaz de oferecer recomendações para otimizar as condições de armazenamento, prolongando assim a vida útil dos produtos (Zhang et al., 2020).

Patentes nessa área descrevem sistemas que integram sensores de umidade e temperatura com algoritmos preditivos, permitindo ajustar as condições de armazenamento automaticamente. Tais inovações são essenciais para minimizar perdas e garantir que os produtos cheguem ao mercado com qualidade superior.

Em patentes recentes, tecnologias combinadas de IA e robótica foram desenvolvidas para manusear frutas de maneira delicada, evitando danos físicos, um dos maiores desafios na automação do setor agrícola (Guo et al., 2022). Essas

soluções, além de melhorarem a eficiência operacional, reduzem custos e aumentam a competitividade dos produtores no mercado internacional.

Patentes sobre um dispositivo de inspeção multiespectral projetado para avaliar a qualidade das frutas durante o armazenamento. Este dispositivo combina tecnologia de imagem multiespectral com IA permitindo a detecção de níveis de açúcar e firmeza nas frutas, o que é crucial para o controle rigoroso da qualidade antes da comercialização (Lee; Park; Kim, 2021).

Com o uso de redes neurais convolucionais, o sistema é capaz de detectar padrões que indicam deterioração, permitindo intervenções precoces para evitar perdas substanciais, contribuindo assim para a segurança alimentar e a sustentabilidade na cadeia de suprimentos (Li et al., 2020).

Por último, observamos patentes que fazem uso de drones equipados com câmeras e algoritmos de IA para inspecionar pomares e monitorar a saúde das frutas. Os drones realizam voos programados sobre as plantações, coletando dados que são analisados em tempo real para identificar áreas que precisam de manejo hídrico, pragas ou nutricional. Essa abordagem não apenas melhora a eficiência das operações agrícolas, mas também contribui para práticas mais sustentáveis, permitindo um manejo mais preciso dos recursos (Guo et al., 2022).

Com a expansão de tecnologias de IA para a otimização de processos póscolheita, como a classificação automatizada e o monitoramento de qualidade, a necessidade de proteger essas inovações em múltiplos mercados torna-se essencial.

Quanto à evolução temporal dos registros das patentes, A figura 4 evidencia um recorte temporal de 10 anos. De 2015 a 2024, houve uma constante de crescimento das patentes por ano. Em 2015 houve 1.192 patentes registradas, já em 2023 (último ano completo) houve 2.587 patentes registradas, evolução de 217%%. O ano de 2024 ainda não foi finalizado, mas já apresenta 2.025 patentes, número que está dentro do esperado.

Figura 4 – Distribuição das patentes depositadas na base WIPO ao longo dos anos de 2015 e 2024.



Fonte: O autor (2024).

De acordo com Santos e Oliveira (2023), a crescente proteção da propriedade intelectual é um indicativo de que as empresas e pesquisadores estão investindo em inovação. Esse ambiente favorável não apenas estimula o desenvolvimento de novas soluções, mas também atrai investimentos, criando um ciclo virtuoso de pesquisa e inovação no setor. Na Tabela 3 é apresentado de forma tabulada as patentes presentes no órgão de patentes brasileiro (INPI), facilitando as comparações.

Tabela 3. Caracterização das patentes depositadas no INPI período de 2015-2024 correlacionados aos temas propostos: visão computacional, pós-colheita e frutas.

Pedido	Depósito	Título	IPC
BR 102023 0206182	05/10/2023	Sistemas e métodos de visão computadorizada para uma plataforma agrícola	A01D
BR 112023 0005426	15/07/2021	Mapeamento de rendimento de área de colheita baseado em visão computacional para produto hortícola	A01D
BR 102020 0264729	22/12/2020	Dispositivo de visão computacional aplicado a sistemas de pulverização seletiva	A01M
BR 102018 0103598	22/05/2018	Sistema de visão estéreo para identificação e localização de hortícolas	G01B

Fonte: O autor (2024)

As patentes relacionadas à aplicação de visão computacional em sistemas agrícolas destacam a importância dessa tecnologia no aprimoramento da automação e da eficiência agrícola. A patente BR 102023 0206182, depositada em 5 de outubro

de 2023, descreve sistemas e métodos de visão computadorizada para uma plataforma agrícola, focada na automação de processos de colheita.

Essa solução utiliza câmeras e algoritmos de processamento de imagens para identificar e classificar os frutos prontos para colheita, melhorando a precisão e reduzindo a dependência de mão de obra manual. Com isso, a tecnologia busca otimizar o tempo e os recursos investidos na operação agrícola, oferecendo um sistema mais inteligente para a tomada de decisões em campo.

A patente BR 112023 0005426, registrada em 15 de julho de 2021, propõe uma solução voltada para o mapeamento de rendimento de áreas de colheita, usando visão computacional. Esse sistema é projetado para monitorar e medir, em tempo real, o volume de hortícolas colhidos em uma determinada área, com base em imagens capturadas por sensores instalados em máquinas agrícolas.

Dessa forma, o mapeamento permite uma análise detalhada da produtividade, identificando áreas mais e menos produtivas. Essa informação é crucial para o gerenciamento agrícola, possibilitando uma intervenção precisa, como ajuste no plantio ou uso direcionado de fertilizantes.

Já a patente BR 102020 0264729, depositada em 22 de dezembro de 2020, introduz um dispositivo de visão computacional aplicado a sistemas de pulverização seletiva. O sistema combina sensores de imagem com algoritmos de reconhecimento para identificar plantas específicas que precisam de pulverização, evitando a aplicação desnecessária de agroquímicos em áreas saudáveis.

Com isso, o dispositivo não só otimiza o uso de pesticidas, como também contribui para práticas agrícolas mais sustentáveis, reduzindo o impacto ambiental e os custos operacionais. Essa tecnologia é especialmente importante em grandes áreas agrícolas, onde a pulverização tradicional pode resultar em desperdício de insumos.

A patente BR 102018 0103598, de 22 de maio de 2018, descreve um sistema de visão estéreo para identificação e localização de hortícolas. Ao utilizar câmeras que capturam imagens em duas perspectivas, o sistema consegue criar uma representação tridimensional das plantas, o que é essencial para identificar com precisão a posição e a maturidade dos frutos.

Essa solução é usada principalmente em sistemas automatizados de colheita, permitindo que máquinas ajustem suas operações de acordo com a localização exata

das plantas. O uso de visão estéreo melhora a eficiência e a precisão da colheita, reduzindo danos aos vegetais e aumentando a qualidade do produto.

As inovações demonstram como a visão computacional tem sido aplicada para melhorar processos agrícolas, desde a colheita automatizada e mapeamento de produtividade, até a pulverização seletiva e identificação de hortícolas. Esses avanços contribuem para a sustentabilidade e competitividade do setor agrícola, trazendo maior controle, automação e eficiência para as operações de campo.

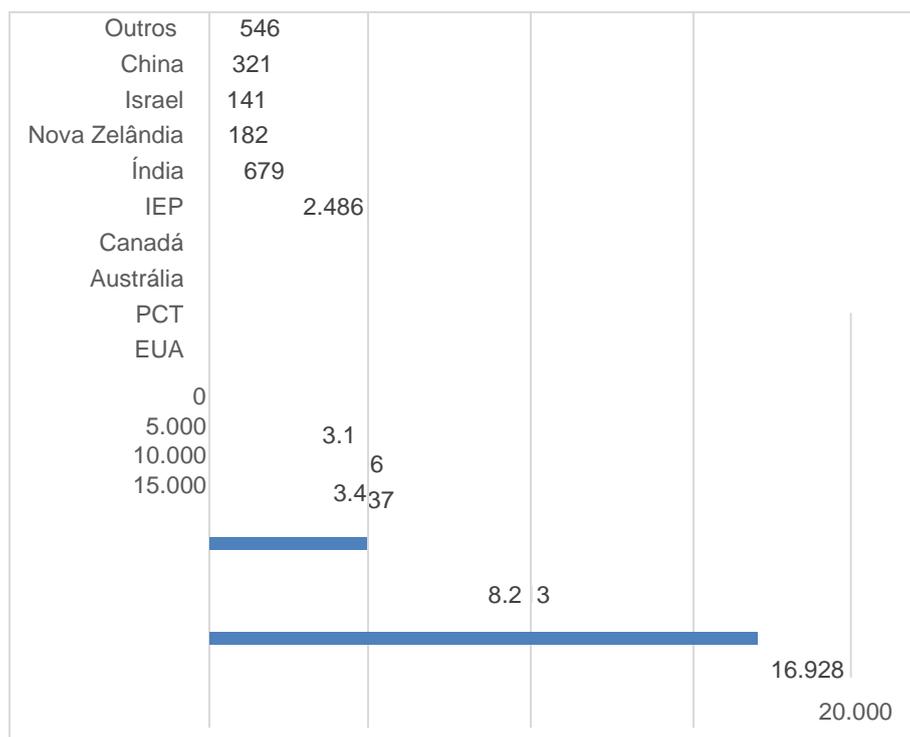
Um dos principais eventos globais que influenciaram esse aumento foi a ascensão da Indústria 4.0, que promoveu a digitalização e automação dos processos produtivos. De acordo com Buainain e colaboradores (2023), a integração de tecnologias como IoT (Internet das Coisas) e big data nas práticas agrícolas gerou um ambiente propício para a inovação.

A pandemia de COVID-19 também teve um impacto significativo, acelerando a adoção de tecnologias digitais em diversos setores, incluindo a agricultura. Silva e Costa (2023) apontam que a necessidade de garantir a segurança alimentar e a eficiência nos processos produtivos levou muitas empresas a investirem em tecnologias de IA resultando em um aumento no registro de patentes.

A produção patentária (Figura 5) apresentou maior expressividade em países que com as maiores economias mundiais, de acordo com o Fundo Monetário Internacional (FMI): Austrália, Canadá, China, EUA, Índia, Israel, Nova Zelândia, além dos países signatários do PCT (Tratado de Cooperação de Patentes) e do IEP (Instituto Europeu de Patentes) (FUNAG, 2021).

A relação entre a riqueza desses países e o aumento da produção de patentes é evidente em vários aspectos. De acordo com Souza; Costa; Martins (2022), países como Estados Unidos demonstram uma expressiva quantidade de registros tecnológicos. Essa tendência não apenas reflete a capacidade inovadora desses países, mas também o impacto positivo que a riqueza econômica pode ter sobre a produção de patentes.

Figura 5 – Distribuição das patentes baseada nos países depositantes correlacionados aos temas propostos: visão computacional, pós-colheita e frutas.



Fonte: O autor (2024)

A relação entre a IA e a produção de patentes é especialmente evidente em países como os Estados Unidos, Canadá, Austrália e China, que lideram em pesquisa e desenvolvimento. De acordo com Lima e colaboradores (2024), esses países têm investido pesadamente em tecnologias que aplicam IA para otimizar a colheita, armazenamento e transporte de frutas.

A produção de patentes também reflete a dinâmica de colaboração internacional. Países membros do PCT têm promovido parcerias estratégicas para o intercâmbio de tecnologia e conhecimento. Santos e Oliveira (2023) apontam que as parcerias estratégicas entre universidades, centros de pesquisa e o setor privado são essenciais para a criação de tecnologias que atendam às necessidades específicas do mercado agrícola.

No contexto de patentes, CIP significa Classificação Internacional de Patentes (também conhecida pela sigla em inglês, IPC, de *International Patent Classification*). É um sistema hierárquico que organiza patentes por áreas técnicas de acordo com a natureza da invenção. A CIP é gerida pela Organização Mundial da Propriedade

A61K abrange composições para tratamento médico, incluindo produtos naturais. No setor de pós-colheita, essa CIP pode ser relevante em pesquisas relacionadas ao uso de compostos bioativos extraídos de frutas ou desenvolvidos para aumentar o tempo de prateleira dos produtos, melhorando sua durabilidade após a colheita. Esses compostos podem ser aplicados na conservação, garantindo a manutenção da qualidade ao longo do armazenamento (INPI, 2024).

A classificação A61B refere-se a diagnósticos, cirurgia e dispositivos médicos. No contexto de pós-colheita de frutas, essa classe pode ser adaptada para o desenvolvimento de dispositivos não invasivos usados para avaliar a qualidade de frutas, detectando contaminações ou danos internos, sem a necessidade de cortar ou danificar os produtos, otimizando a qualidade no transporte e comercialização.

Já A61P se refere ao uso terapêutico de compostos, o que inclui também antioxidantes e outros produtos que podem ser utilizados para a conservação de frutas durante o armazenamento e transporte. No contexto de frutas, esta classe pode abranger o desenvolvimento de tratamentos que prolonguem a vida útil e combatam doenças pós-colheita (INPI, 2024).

A classe C07H refere-se à química orgânica, especificamente aos compostos contendo açúcares. Isso pode ser útil em pesquisas sobre o conteúdo nutricional das frutas após a colheita, permitindo desenvolver novos métodos para avaliar ou até melhorar os níveis de açúcares e outros componentes bioquímicos durante o armazenamento (INPI, 2024).

C07K trata de peptídeos e proteínas. No pós-colheita, essa CIP pode ser aplicada na modificação de enzimas que controlam o amadurecimento e o envelhecimento das frutas. A manipulação enzimática tem o potencial de retardar o amadurecimento e reduzir o desperdício durante o processo de comercialização (INPI, 2024).

As classificações C12N e C12P lidam com biotecnologia e microbiologia, sendo altamente relevantes no desenvolvimento de bioprocessos para a conservação de frutas. Por exemplo, o uso de culturas microbianas para combater o crescimento de fungos ou a aplicação de tecnologia de DNA recombinante para criar frutas mais resistentes ao transporte pode ser enquadrado nessas categorias (INPI, 2024).

C12Q abrange métodos de medição ou testes que utilizam enzimas, ácidos nucleicos ou microorganismos. Isso pode incluir tecnologias baseadas em biossensores, capazes de detectar rapidamente a presença de patógenos ou resíduos

de pesticidas nas frutas, garantindo sua segurança antes de serem comercializadas (INPI, 2024).

A classe G01N é voltada para a análise de materiais. No pós-colheita, é aplicada no desenvolvimento de tecnologias de detecção e análise de qualidade das frutas, como sensores de maturação ou dispositivos que avaliem o nível de umidade, firmeza e outros parâmetros cruciais para garantir a qualidade do produto (INPI, 2024).

As classes G06F, G06K, G06Q e G06T estão relacionadas a tecnologias da informação, incluindo sistemas de processamento de dados e reconhecimento de padrões. Essas classificações são amplamente aplicáveis em sistemas de automação para o controle de qualidade de frutas pós-colheita, usando inteligência artificial para detectar defeitos, classificar frutas por tamanho e cor, e otimizar cadeias logísticas. Além disso, sistemas de rastreamento baseados em blockchain ou outras tecnologias digitais para monitorar a origem e o transporte das frutas também se enquadram nessas categorias (INPI, 2024).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das publicações científicas nas bases de dados SciELO, Elsevier e CAPES revelou um total de 1.474 teses e artigos, com a CAPES sendo a principal fonte, concentrando 84,46% das produções. A predominância de publicações nas Ciências Biológicas (79%) destaca a importância desse campo no estudo da pós-colheita de frutas. A CAPES se destaca por sua abrangência e acesso a uma vasta quantidade de publicações, sendo considerada uma das maiores plataformas do mundo.

A análise das bases de dados de patentes revelou um total de 35.302 registros relacionados a visão computacional, pós-colheita e frutas, com a WIPO liderando com 35.098 patentes, seguida por Espacenet e INPI.

A evolução das patentes registradas na WIPO entre 2015 e 2024 mostra um crescimento constante, evidenciado por um aumento de 217% no número de registros. Esse crescimento reflete o investimento em inovação e a criação de um ambiente favorável ao desenvolvimento tecnológico (Santos et al., 2023).

A análise das patentes segundo a Classificação Internacional de Patentes (CIP) mostrou uma concentração nas áreas de biotecnologia e tecnologias da informação.

Classificações como A61k, C12N e C07K destacam-se por suas aplicações em diagnósticos e conservação de frutas, enquanto G06F e G06K estão ligadas a sistemas de automação e processamento de dados, evidenciando a relevância da IA na modernização do setor agrícola (INPI, 2024).

REFERÊNCIAS

AMARAL, S. C.; SILVA, J. P. O fator de impacto como indicador de qualidade em revistas científicas. *Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação*, v. 11, n. 2, p. 35-45, 2022.

ABRAFRUTAS. Setor de fruticultura se destaca nas exportações brasileiras. 2024. Disponível em: <https://abrafrutas.org/2024/07/setor-de-fruticultura-se-destaca-nasexportacoes-brasileiras/>. Acesso em: 05 junho. 2024.

BAMBALELE, N. L., MDITSHWA, A., MAGWAZA, L. S., TESFAY, S. Z. Recent advances on postharvest technologies of mango fruit: a review. *International Journal of Fruit Science*, 21(1), 565-586. 2021.

BUAINAIN, Antônio Márcio; VIEIRA, Adriana Carvalho de Pinto; SOUZA, Roney Fraga. *Propriedade intelectual, royalties e inovação na agricultura: Controvérsias sobre o papel da PI na agricultura*. Rio de Janeiro: Ideia D; INCT-PPED, 2023.

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. Análise da Classificação Internacional de Patentes (CIP). Fortaleza, 2023. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482dspace/bitstream/123456789/1761/1/2023_CDS_280.pdf.

BORGES, A. P.; SILVA, M. R. *A inclusão digital através da ciência aberta*. São Paulo: Editora Acadêmica, 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Setor de fruticultura se destaca nas exportações brasileiras. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/setor-de-fruticultura-se-destaca-nas-exportacoes-brasileiras>. Acesso em: 01 junho. 2024.

CALIFA, N., P.; SABINO, N. S. de, G.; KELSEN, O. F.; CARDOSO, V. A.; MAFRA, D. M. dos S. Estudo prospectivo de artigos, patentes e softwares voltados à alergia e intolerância alimentar no Brasil: Prospective studie of papers, patents and softwares towards allergies and food intolerance. *Revista Semiárido De Visu*, [S. I.], v. 11, n. 2, p. 436–456, 2023. DOI: 10.31416/rsdv.v11i2.474.

CARVALHO, A. A. D., MONTENEGRO, A. A. D. A., SILVA, H. P. D., LOPES, I., MORAIS, J. E. D., SILVA, T. G. D. (2020). Trends of rainfall and temperature in Northeast Brazil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 24(1), 1523.

- CAVALLARI, L. G., DE BRITO, P. R. O., DE CAMPOS LEITE, V. (2018). Deficiências do manejo pós-colheita de frutas e hortaliças no Brasil. *In VII JORNACITEC - Jornada Científica e Tecnológica*.
- DA CUNHA LIMA, J. A., FREITAS, J. R., DE FARIAS SILVA, J., CUNHA FILHO, M., FREITAS, J. C. R. O Estado da Técnica do Eugenol: Uma Prospecção Tecnológica Fundamentada em Base de Dados de Patentes e Periódicos. *Revista Virtual de Química*, v. 11, n. 3, 2019.
- ELMASRY, G., ELGAMAL, R., MANDOUR, N., GOU, P., AL-REJAIE, S., BELIN, E.; ROUSSEAU, D. Emerging thermal imaging techniques for seed quality evaluation: Principles and applications. *Food Research International*, 131, 109025. 2020.
- FERNANDES, A. O modelo de negócios da Elsevier e seus impactos no acesso à ciência. *Revista Brasileira de Biblioteconomia*, v. 25, n. 2, p. 45-63, 2019.
- FERNANDES, J.; SOUZA, P. Visão computacional aplicada à classificação de frutos. *Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária*, v. 6, n. 3, p. 123-136, 2020.
- FERREIRA, A.; OLIVEIRA, C. Produção de frutas no Brasil: um panorama atual. *Journal of Agricultural Economics*, v. 10, n. 2, p. 145-158, 2021.
- FERREIRA, C. A.; OLIVEIRA, J. P. (2023). Inovações Tecnológicas na Engenharia Agrícola e seu Impacto na Pós-Colheita. *Journal of Agricultural Engineering*, 10(2), 35-50.
- FRANÇA, M. T.; SANTOS, A. T. dos; JESUS, I. D. C. de; TEIXEIRA, S. M.; ARAÚJO, W. A. G. de; PEREIRA, L. D. de L. A utilização da computação em nuvem como auxílio à escalabilidade e disponibilidade de serviços online. *Brazilian Journal of Production Engineering*, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 79–87, 2023. DOI: 10.47456/bjpe.v9i2.40518. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/40518>. Acesso em: 25 jan. 2024.
- FUNAG. As 15 maiores economias do mundo, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/funag/pt-br/ipri/publicacoes/estatisticas/as-15-maiores-economias-do-mundo>.
- GIL, A.C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 7ª ed. São Paulo: *Atlas*, 2019.
- GUO, X.; WANG, Y.; LI, Z. Application of artificial intelligence in fruit post-harvest handling: Current trends and future perspectives. *Journal of Agricultural Engineering*, v. 38, n. 2, p. 210-225, 2022.
- INPI. Relatório Executivo da Classificação Internacional de Patentes. Brasília, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/inpi/ptbr/servicos/patentes/classificacao/relatorioexecutivo_classificacao2023_v0-1.pdf. Acesso em: 01 junho. 2024.

INPI. Classificação Internacional de Patentes: IPC. Brasília, 2024. Disponível em: <http://ipc.inpi.gov.br/classifications/ipc/ipcpub/?notion=scheme&version=20240101&symbol=none&menulang=pt&lang=pt&viewmode=f&fipcp=no&showdeleted=yes&in dexes=no&headings=yes¬es=yes&direction=o2n&initial=A&cwid=none&tree=no& searchmode=smart>. Acesso em: 01 junho. 2024.

JENUINO, F.T.; BUSCARIOLO, L.; KUMANAYA, D. R. G.; BUENO M. J. C. A aplicação de sistema ERP em gestão de estoques: um estudo multicaso. *Refas - Revista Fatec Zona Sul*, [S. l.], v. 9, 2023, n. 4, p. 1–13, DOI: 10.26853/Refas_ISSN-2359-182X_v09n04_05. Disponível <https://www.revistarefas.com.br/RevFATECZS/article/view/633>. Acesso em: 31 jan. 2024.

JUNIOR, A. A., DA SILVA, T. J. A., ANDRADE, S. P. (2023). Smart IoT lysimetry system by weighing with automatic cloud data storage. *Smart Agricultural Technology*, 4, 10017

JUNIOR, P.A., (2007). A publicação científica na atualidade. **Jornal Vascular Brasileiro**. DOI:10.1590/S1677-54492007000400002

KAPLAN, Andreas; HAENLEIN, Michael. Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business horizons*, v. 2, n. 1, p. 15-27, 2019. Disponível em: [30<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681318301393?via%3Dihub>](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681318301393?via%3Dihub). Acesso em: 23 de maio de 2024

KIM, Byeong Je; JEONG, Seunghoo; CHUNG, Ji Bum. Research trends in vulnerability studies from 2000 to 2019: Findings from a bibliometric analysis. *International Journal of Disaster Risk Reduction*.v. 56, 102141 2021.

LIMA, G. de M., FERREIRA, G. M. dos S., & CARVALHO, J. de S.. (2024). Automação na educação: Caminhos da discussão sobre a inteligência artificial. **Educação E Pesquisa**, 50, e273857. <https://doi.org/10.1590/S16784634202450273857>.

LEE, J.; PARK, H.; KIM, S. Multispectral imaging for defect detection in apples: A patent review. *Postharvest Technology Journal*, v. 45, n. 3, p. 305-315, 2021.

LI, X.; ZHANG, H.; YU, F. Device for detecting diseases in fruits using computer vision. *International Journal of Agricultural Automation*, v. 12, n. 4, p. 150-162, 2020.

LIU, W., LIU, C., JIN, J., LI, D., FU, Y., , YUAN, X. High-throughput phenotyping of morphological seed and fruit characteristics using X-ray computed tomography. *Frontiers in plant science*, 11, 601475. 2020.

LODDO, A., LODDO, M., & DI RUBERTO, C. A novel deep learning based approach for seed image classification and retrieval. *Computers and Electronics in Agriculture*, 187, 106269. 2021.

MARTINS, M. M. V., GELAIN, J. G., DE ALMEIDA, A. N. (2021). AS EXPORTAÇÕES DE FRUTAS BRASILEIRAS: UMA PERSPECTIVA DA ÁGUA VIRTUAL. *Revista De Economia E Agronegócio*, 18(2), 1–22. <https://doi.org/10.25070/rea.v18i2.8267>

MARTINS, P. R.; OLIVEIRA, L. F. (2023). Segurança Alimentar e Tecnologias de IA na Agricultura. *Revista de Saúde Pública e Nutrição*, 14(3), 75-90.

MARTINS, R. R. *Gestão do conhecimento: práticas adotadas para a divulgação e a utilização do conhecimento científico na Pró-Reitoria de Extensão da UFMG*. 2015. 138f. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração) – Fundação Cultural Dr. Pedro Leopoldo, Pedro Leopoldo, 2015.

OLIVEIRA, R. L.; SILVA, M. C.; PEREIRA, A. D. Periódicos CAPES: uma análise de sua relevância para a pesquisa no Brasil. *Ciência e Tecnologia em Foco*, v. 8, n. 1, p. 102-120, 2020.

OLIVEIRA, T. A.; SANTOS, M. A. (2021). Visão Computacional na Pós-Colheita: Um Caminho para a Sustentabilidade. *Journal of Agricultural Science*, 20(2), 100-110.

PANCHIWALA, S., SHAH, M. A comprehensive study on critical security issues and challenges of the IoT world. *Journal of Data, Information and Management*, 2, 257278. 2020.

PANTA, A. M. S.; HORA, E. S. Prospecção de tecnologias relacionadas ao reuso de efluentes. In: ANAIS DO XIII ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE (ENREHSE), 2021, Aracaju-SE. Anais... Brasília: ABRHidro, 2021. Disponível em: <http://www.abrhidro.org.br/xiiienrehse>. Acesso em: 01 janeiro. 2024.

PATEL, H., PRAJAPATI, D., MAHIDA, D., SHAH, M. Transforming petroleum downstream sector through big data: a holistic review. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 10, 2601-2611. 2020.

PATHAN, M., PATEL, N., YAGNIK, H., SHAH, M. Artificial cognition for applications in smart agriculture: A comprehensive review. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 4, 81-95. 2022.

PEREZ J. O.; MOREIRA, A. N; SANTOS, A. E. O. (Orgs.). Pós-colheita de frutas e hortaliças: coletânea de pesquisas - Petrolina: IFSertãoPE, 2024. PDF ;143p.: il. - (*Trabalhos acadêmicos coleção em E-book*) ISBN: 978-65-89380-36-8

RANA, Irfan Ahmad. Disaster and climate change resilience: a bibliometric analysis. *International Journal of Disaster Risk Reduction*.v.50, 101839, 2020.

REES, D., FARRELL, G., ORCHARD, J. (EDS.). (2012). Crop post-harvest: science and technology, Volume 3: *Perishables* (Vol. 3).

RIBEIRO, N.M. Prospecção tecnológica [Recurso eletrônico on-line]. Salvador (BA): IFBA, 2018. Disponível em: <https://profnit.org.br/wpcontent/uploads/2018/08/PROFNIT-Serie-Prospeccao-Tecnologica-Volume-1-1.pdf>. Acesso em: 15 set. 2022.

RODRIGUES, Paulo. *A ciência e os processos de validação: desafios do século XXI*. Rio de Janeiro: Editora da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2021.

ROSA, C. I. L. F., MORIBE, A. M., YAMAMOTO, L. Y., SPERANDIO, D. (2018). Pós-colheita e comercialização. Hortaliças-fruto. *EDUEM*, 489-526.

SANTOS, J. C.; SILVA, P. A. *Colaboração científica e revisão por pares: um panorama crítico*. Salvador: Editora Saberes, 2020.

SANTOS, M. A.; OLIVEIRA, T. A. (2023). Colaboração Internacional e Inovação na Agricultura: O Papel das Patentes. *Journal of Agricultural Science*, 20(2), 100-110.

SILVA, J. B.; PEREIRA, C. G. O papel da SciELO na disseminação da produção científica latino-americana. *Revista de Bibliometria*, v. 15, n. 3, p. 89-101, 2021.

SILVA, J. R.; COSTA, L. F. (2023). Políticas Públicas e Inovação Tecnológica: O Papel das Patentes na Agricultura. *Revista de Ciências Agrárias e Ambientais*, 19(4), 55-70.

SILVA, P.; COSTA, R. Monitoramento de parâmetros pós-colheita. *Journal of Postharvest Technology*, v. 11, n. 2, p. 88-99, 2021.

SILVA, T.; RIBEIRO, F. Qualidade pós-colheita de frutas. *Revista de Fruticultura*, v. 13, n. 1, p. 110-122, 2019.

SOUZA, L. A.; COSTA, E. F.; MARTINS, T. R. A integração de bases de dados na plataforma Periódicos CAPES. *Revista Brasileira de Educação Superior*, v. 13, n. 2, p. 34-50, 2022.

SOUZA, T. A.; ALMEIDA, F. R. O sistema Qualis-CAPES e sua influência na produção científica brasileira. *Revista de Educação e Pesquisa*, v. 27, n. 3, p. 65-72, 2020.

SZELISKI, R. *Computer vision: algorithms and applications* 2nd Edition. [S.I.]: Springer Science Business Media, 2022.

TALAVIYA, T., SHAH, D., PATEL, N., YAGNIK, H., , SHAH, M. Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 4, 58-73. 2020.

WIPO. A importância da propriedade intelectual para o desenvolvimento sustentável. WIPO Magazine, [S.I.], n. 8, p. 1-5, 2024. Disponível em:

https://www.wipo.int/wipo_magazine_digital/pt/2024/article_0008.html. Acesso em: 01 nov. 2024.

ZHANG, L.; YU, F.; CHEN, W. Predictive models for fruit storage based on artificial intelligence algorithms: A review of recent patents. *Postharvest Biology and Technology*, v. 55, n. 7, p. 345-360, 2020.