



ANAIS

AGRICULTURA 4.0 E O SEU CENÁRIO: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

EDUARDO TADEU BUENO DA ROCHA
bueno.rocha@unesp.br
UNESP/FCAV

ADRIANO DOS REIS LUCENTE
adriano.lucente@unesp.br
FCAV-UNESP

RESUMO: O objetivo geral do artigo é a realização de um estudo bibliométrico sobre Agricultura 4.0 e tudo que está envolvido ao seu redor. A metodologia do trabalho é a análise bibliométrica das publicações científicas que estejam relacionados com os termos característicos da Agricultura 4.0 - Smart Farming, Smart Agriculture, Digital Agriculture e Agriculture 4.0, existentes na base de dados Scopus. O estudo concluiu que: i) publicações brasileiras não estão nos grupos dos países que mais publicam. ii) EUA, Índia e países Europeus se projetam como vanguarda na aplicação das tecnologias nos campos; iii) as maiores financiadoras de pesquisas são instituições que tem como finalidade a segurança alimentar e nutricional da população mundial.

PALAVRAS CHAVE: Agricultura digital; fazenda inteligente; tecnologia; transformação digital

ABSTRACT: The general objective of the article is execute a bibliometric study on Agriculture 4.0 and everything that is involved around it. The methodology of the work is the bibliometric analysis of scientific publications that are related to the characteristic terms of Agriculture 4.0 - Smart Farming, Smart Agriculture, Digital Agriculture and Agriculture 4.0, existing in the Scopus database. The study concluded that: i) Brazilian publications are not in the groups of the countries that publish the most. ii) USA, India and European countries are projected as a vanguard in the application of technologies in the fields; iii) the largest research financiers are institutions that aim at the food and nutritional security of the world population.

KEY WORDS: Digital agriculture; smart farming; technology; digital transformation

ANAIS

1. INTRODUÇÃO

A transformação digital já é realidade nas lavouras produtivas do mundo. Um movimento proveniente do fenômeno Indústria 4.0, as soluções tecnológicas foram inseridas na gestão de propriedades rurais através de inúmeros conceitos e sistemas baseados em *hardwares* e *softwares*, internet das coisas e Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), inteligência artificial e *big data*, além das práticas de Agricultura de Precisão. Assim, é desenvolvido o que hoje é popularizado no país como Agricultura 4.0, também conhecida como Agricultura Digital, e, no exterior, como *Smart Faming*, *Smart Agriculture* ou *Digital Agriculture* (MANOGARAN et al., 2021).

As técnicas de Agricultura 4.0 e suas formas de manejo das culturas tem como princípio básico a busca de melhor eficiência e eficácia na produção agropecuária, com ganhos de produtividade ao mesmo tempo em que o custo com insumos seja reduzido, com menor uso de terras e o uso racional dos recursos hídricos, gerando ganhos financeiros e ambientais a cadeia do setor rural (MASSRUHÁ et al., 2020).

No Brasil, de acordo com o estudo “A Mente do Agricultor Brasileiro na Era Digital”, publicado pela McKinsey & Company, essa transformação está em constante adesão. A pesquisa contou com participação de 500 produtores rurais espalhados pelo território nacional e constatou aumento de 10% (de 36% para 46%) no número de fazendeiros que adotaram algum meio digital para realizar suas transações comerciais, sejam elas vendas dos produtos ou aquisições de insumos (FERREIRA, CANELA E JANK, 2021).

No mesmo estudo foi constatado que mais de 50% dos produtores entrevistados já adotam tecnologias provenientes da transformação digital, por meio de práticas da Agricultura 4.0 e Agricultura de Precisão, em suas operações nos ciclos produtivos de suas lavouras. Já o estudo de Bolfe et al. (2020) apresenta números ainda maiores sobre a infusão dessas práticas digitais e de precisão. De acordo com a publicação, que contou com 504 produtores rurais brasileiros, 84% dos entrevistados utilizam pelo menos uma tecnologia digital em sua gestão, e que 95% têm interesse de aprender mais sobre essas técnicas.

Já o artigo de Rocha, Lucente e Kalaki (2020) apresenta pesquisa sobre produtores de cana-de-açúcar da região de Jaboticabal e a adoção da Agricultura 4.0 em suas gestões. No estudo foi possível mensurar que grande parte dos entrevistados adotam alguma tecnologia proveniente das transformações digitais e que 91% têm a intenção de obter mais conhecimento e aplicar essas técnicas em suas propriedades.

Nesse sentido, também é notável o papel da EMBRAPA na digitalização do meio rural. A partir da sua unidade de Informática Agropecuária é fomentado pelas políticas públicas o desenvolvimento de projetos e publicações em favor de levar a transformação digital aos agropecuaristas brasileiros e as suas produções. Exemplo disso é a publicação “Agricultura Digital: Pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas” (2020) onde é feito grande estudo sobre a transformação digital na agricultura e tudo que está envolvido no assunto.

Vale destacar também a adoção dessas tecnologias nas diversas propriedades espalhadas pelo mundo. De acordo com Shepherd et al. (2020), a Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO) estima que a população mundial estará em constante crescimento e, para

ANAIS

garantir a segurança alimentar da sociedade, mais alimentos precisarão serem produzidos. Segundo o estudo, a utilização das tecnologias nos campos pode ser a saída ideal para garantir uma maior produção de alimentos para a sociedade.

Moysiadis et al. (2021) apresenta um estudo onde é relatado a aplicação de *Smart Faming* nas lavouras produtivas da Europa. No trabalho é evidenciado a ambição do continente europeu em ser referência e líder na utilização das tecnologias nos campos, por meio de inúmeros incentivos financeiros da União Europeia e os países participantes do bloco, como financiamentos em pesquisas e na adoção das práticas nas lavouras no propósito de levar vantagem competitiva aos seus produtores rurais.

Outras nações também estão utilizando de suas políticas públicas para o desenvolvimento da Agricultura 4.0 e a digitalização nas suas propriedades rurais. Conforme estudo de Klerkx, Jakku e Labarthe (2019), há enormes interesses dos governos de diversas regiões no mundo na implantação das tecnologias na gestão das fazendas, para o desenvolvimento social, econômico e institucional das nações, como Estados Unidos, Canadá, Austrália, Nova Zelândia, China e, como relatado no parágrafo anterior, os países Europeus.

Goel et al. (2021) relata que a digitalização na agricultura são transformações que nações em desenvolvimento precisam de urgência da aplicação em suas propriedades rurais visando solucionar diversos problemas na segurança alimentar de suas populações, ao mesmo tempo que faz sua produção de forma sustentável.

Com esse destaque da transformação digital nas propriedades rurais e a adoção da Agricultura 4.0, alguns questionamentos são fundamentados:

- a) Qual é o volume da produção acadêmica e científica sobre o tema?
- b) Quais são os principais autores, trabalhos, países, instituições patrocinadoras e quais principais áreas de atuação sobre a Agricultura 4.0?

Dessa forma, o presente artigo tem como objetivo principal a realização de um estudo bibliométrico sobre Agricultura 4.0 e tudo que está envolvido ao seu redor.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Essa seção é dedicada ao estudo do tema em questão e onde são apresentadas e discutidas diversas visões sobre o assunto, ajudando a elucidar as dúvidas, e ao mesmo tempo, servindo como base referencial para a elaboração das análises e conclusões do estudo. Serão abordados os temas “Indústria 4.0” e “Agricultura 4.0” e suas principais definições e conceitos.

2.1. Indústria 4.0

Conforme Massruhá et al. (2020), a Agricultura 4.0 é a transformação digital no setor agropecuário. Com a aplicação de diversos itens tecnológicos associada ao emprego da internet é possível fazer a gestão das propriedades rurais e, tal transformação, somente foi possível a partir do mesmo sistema no setor industrial. Por meio da Indústria 4.0 foi possível desenvolver

ANAIS

a Agricultura 4.0.

Liu et al. (2021) trouxeram o paralelo entre a relação Indústria vs. Agricultura. Conforme o estudo, a indústria sempre esteve por trás de todas transformações ocorridas no setor rural. Desde o surgimento da Agricultura 1.0 até a Agricultura 4.0 as revoluções foram baseadas nas revoluções industriais como a mecanização, do uso de novas fontes de energia, de tecnologias de automação e, recentemente, no movimento baseado em dados e conectividade, conhecida como quarta revolução industrial.

A Indústria 4.0 é um termo que nasceu na Alemanha, no início dos anos 2010, e foi apresentado ao público na Feira de Hannover em 2011, em paralelo a diversos movimentos sobre a utilização de internet nas produções junto o uso de novas tecnologias com a finalidade de modernizar a produção industrial. Países como EUA, Reino Unido, França, Coreia do Sul, China e Japão, e grandes empresas de tecnologias, também desenvolveram a modernização em momentos similares aos alemães. Entretanto, o termo germânico foi o mais notável, até por se referir a essa movimentação como a quarta revolução industrial e com grande aporte do governo alemão, bem como a academia e empresários, em prol de fortalecer a indústria do país e buscar vantagens competitivas em relação aos concorrentes (LIAO et al., 2017).

De acordo com Rüßmann et al. (2015), a Indústria 4.0 traz avanços a manufatura e todo o complexo industrial. Para esse desenvolvimento acontecer de forma prática nas chamadas “Fabricas Inteligente” é necessária a implantação de nove pilares tecnológicos para sustentar a transformação digital como *Big data* e análise de dados (*blockchain*); Robôs autônomos; Simulação; Integração de sistemas horizontal e verticalmente; Internet das Coisas Industrial; Segurança cibernética; Nuvem; Fabricação de aditivos; e Realidade aumentada.

A adesão de novas tecnologias no sistema de produção das indústrias caracteriza a quarta revolução com o uso de Internet das Coisas (IoT), robótica, *big data* e inteligência artificial (IA). A correlação dessas ferramentas com as tecnologias oriundas da terceira revolução por meio da automação, junta com a troca de dados e permite a comunicação nas diversas áreas da produção levando a uma nova perspectiva na indústria: inovação, eficiência e customização. São produções em grande escala, com menor uso de recursos e resultando em aumento da lucratividade (LASI et al., 2014).

Lima e Gomes (2020) fizeram uma análise bibliométrica sobre a Indústria 4.0 com o objetivo de trazer mais clareza sobre o assunto, visto que suas definições ainda estão difusas e por ser algo recente na academia, porém, de grande relevância para a sociedade. O estudo trouxe resultados que mostraram quais são os países que estão na vanguarda das tecnologias do movimento.

Nesse sentido, vale destacar as publicações oriundas de EUA, China e Índia sobre o tema, que evidenciam a intenção de transformar a manufatura dos países em busca de agregar mais valor às suas indústrias. Entretanto, o estudo destaca a limitação sobre a qualidade das publicações e sobre a possibilidade que esses trabalhos não levam a inovação necessária aos *stakeholders*. Também se destaca que há pouco apoio das empresas, visto que diversas pesquisas ainda estão sendo desenvolvidas internamente nas companhias devido ao caráter sigiloso.

Ainda conforme os autores, o Brasil aparece muito abaixo de outros países no ranking

ANAIS

de publicação na base científica utilizada (Scopus) com porcentagem entre 1% e 2% do volume produzido. Outros estudos, como de Pereira e Simonetto (2018) e Pacchini et al. (2020), demonstram toda dificuldade da transformação digital nas indústrias nacionais por diversas barreiras como segurança cibernética, altos custos de investimento, problemas de comunicação entre as máquinas, atrasos tecnológicos (indústrias na segunda e terceira revoluções) e a falta de políticas estratégicas e incentivos governamentais.

4

2.2. Agricultura 4.0

Através dos conceitos oriundos da Indústria 4.0 muito pode ser aproveitado nas mais diversas áreas. Em setores de serviços isso já é uma realidade. Na agricultura segue-se o mesmo direcionamento por meio Agricultura 4.0. Rose e Chilvers (2018) também consideram que se trata da quarta revolução no setor rural, concordando com o estudo de Liu et al. (2021).

A Agricultura 4.0 emerge como a possibilidade de ser a garantidora da produção de alimentos para a sociedade. Segundo Klerxx e Rose (2020), a transformação digital levará a um sistema mais produtivo, racional, eficiente e eficaz na gestão da propriedade rural. Dessa forma, será viabilizada a segurança alimentar e nutricional da população. Ainda possibilitará ao setor operar de forma sustentável, buscando a preservação do meio ambiente por meio do uso racional de fertilizantes, recursos hídricos e menor uso da terra, diminuindo possível desmatamentos.

Essa forma de gestão, aliada aos avanços tecnológicos podem trazer outros tipos de resultados positivos para os produtores rurais. Com a instalação e aplicação das tecnologias provenientes da transformação digital, como IoT, *big data* e IA, muito pode ser agregado às atividades produtivas das fazendas. O ganho de eficiência e eficácia nas operações rurais podem se dar com a utilização de máquinas e tratores autônomos, sensores, atuadores, *chips*, *drones*, irrigação artificial, *drivers* e uma série de equipamentos que, aplicados à produção, podem gerar maior produtividade, menores custos e maiores margens na lucratividade das operações (MILANEZ et al, 2020).

Dessa forma, o conceito de Agricultura 4.0 torna-se muito próximo ao do industrial, e que por estar em pleno desenvolvimento, acaba por ser uma definição complexa. É a aplicação de métodos de forma conjunta e obtenção de ganhos com essa interação, com o trabalho cooperativo entre dados, algoritmos e máquinas de aprendizagem, que geram soluções analíticas para processar grandes volumes de informações, que conversam entre si por meio dispositivos da IoT, e, por meio disso, construir sistemas de suporte à tomada de decisões de manejo, junto com as técnicas de Agricultura de Precisão, visando buscar a máxima eficiência nas lavouras (KLERKX, JAKKU E LABARTHE, 2019).

Zhai et al. (2020) definem que Agricultura 4.0 segue quatro premissas fundamentais: aumento de produtividade nas operações agrícolas, utilização racional e de forma eficiente dos recursos naturais como o solo e água, adaptação e previsão das constantes mudanças climáticas e incertezas sobre pluviosidade e a temperatura e, por fim, evitar os desperdícios que cada processo produtivo pode trazer e impactar na produção de alimentos. Assim, como em Rose et al. (2021), fundamenta-se que são três os pilares sustentáveis básicos: pessoas, produção e

ANAIS

planeta.

Com o advento da transformação digital as operações do campo podem ser melhores planejadas e estruturadas. Essas transformações estarão presentes nas mais diversas etapas produtivas, conforme Figura 1, como preparo do solo, plantio, tratos culturais, colheita e pós-colheita, além de poder ser ferramenta na comercialização e logística dos produtos. Assim como na mitigação de diversos riscos, como financeiros (operações de *hedge*, por exemplo) e fitossanitários, pelo controle de doenças e pragas (SOUZA et al, 2020).

5



FIGURA 1. Digitalização da agricultura caracterizada pela coleta e trocas de dados remotamente.
Fonte: Ribeiro et al. (2018).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente artigo tem como objetivo principal o aprofundamento a respeito das produções e pesquisas já realizadas sobre o tema Agricultura 4.0. Dessa forma, por tratar de um tema recente, com conceitos e definições ainda em construção, e proveniente de outro assunto com teorias também indefinidas (Indústria 4.0), a bibliometria se configura como ferramenta útil para a busca de maior conhecimento sobre o tema proposto, com o levantamento de informações sobre o cenário no qual as transformações digitais podem impactar e se consolidar no futuro do setor (CRUZ e RIBEIRO, 2003).

A bibliometria é uma metodologia de pesquisa que permite ao pesquisador adentrar ao universo que se encontra o assunto do objeto de estudo. É uma ferramenta que busca resultados quantitativos por meio da busca de produções científicas e, posteriormente, possibilita a análise qualitativa das publicações encontradas. As análises bibliométricas são consideradas parte da ciência de informação, e por meio disso, oferece a oportunidade de mapear e investigar diversos

ANAIS

campos sobre diversos temas.

Conceitos, definições, principais autores e trabalhos, áreas de interesses, países que mais publicam, entre outros, são exemplos de dados que podem ser verificados com essa metodologia, além da possibilidade mensurar a produtividade da produção científica a respeito do assunto proposto (PIMENTA et al, 2017).

A opção pela análise bibliométrica no presente estudo se deu pela intenção de colaborar com o acréscimo de informações para o desenvolvimento do conhecimento sobre Agricultura 4.0. Por meio de estudos com essa metodologia podem ser feitas análises dos cenários, e com isso mitigar os desafios de acordo com as publicações mapeadas pelas pesquisas bibliométricas (CHUEKE e AMATUCCI, 2015).

Entretanto, a análise bibliométrica pode não ser tão eficiente em alguns aspectos devido as limitações que pode trazer. Ao fazer a pesquisa das publicações sobre algum tema específico será encontrado um valor absoluto, porém não é possível mensurar a qualidade dessas produções. É possível quantificar, porém, não é possível qualificar os documentos e toda gama disponível, e compreender outros aspectos das publicações (ARAUJO, 2006).

O presente estudo foi elaborado por meio de levantamentos na base científica Scopus, que é uma das mais renomadas bases de dados da área acadêmica. De acordo com Elvesier (2020), “é um banco de dados de citações e resumos de fontes neutras, com curadoria de especialistas independentes no assunto. Ele coloca ferramentas poderosas de descoberta e análise nas mãos de pesquisadores, bibliotecários, gerentes de pesquisa institucionais e financiadores”.

Falagas et al. (2008) afirmam que a base Scopus é uma fonte de pesquisa mais universal que às demais bases como *Web of Science* e *Google Scholar*. Segundo o estudo, a Scopus apresenta trabalhos científicos dos mais diversos países e em diferentes idiomas, aos quais é mais restringindo nas bases alternativas. Com isso, atinge-se por completo a ambição do presente estudo que é buscar as informações de forma global e conseguir fazer o mapeamento o mais próximo do completo da Agricultura 4.0.

A pesquisa bibliométrica, que ocorreu entre os dias 20/03/2021 e 08/04/2021, seguiu com a definição de quatro palavras-chaves para realizar a pesquisa e todas elas no idioma inglês: “*Smart Farming*”, “*Smart Agriculture*”, “*Digital Agriculture*” e “*Agriculture 4.0*”, e possuindo o mesmo valor para o termo “Agricultura 4.0” utilizado em território nacional. Foi definida a busca por publicações a partir do ano de 2010 e, até, 2021, em função de ser um assunto que surgiu no início da década passada, e análise foi por meio de documentos da base pública. O estudo foi realizado sem suporte de software bibliométrico.

Dessa forma, o presente estudo bibliométrico foi determinado de acordo com os indicadores apresentado no Quadro 1 e, posteriormente, com a análise sobre a pesquisa realizada.

QUADRO 1: Indicadores Bibliométricos sobre o tema Agricultura 4.0

Indicadores	Variáveis
Total de Publicações	Quantidade total encontrada nas bases
Evolução do tema ao longo dos anos	Evolução de publicações de 2010 a 2021

ANAIS

Países que publicaram	Países que mais publicaram
Instituições financiadoras	Relação das instituições que mais incentivaram
Principais áreas científicas	Áreas científicas identificadas mais publicadas nas bases
Palavras-chaves	Lista das palavras-chaves mais usuais
Autores mais citados	Seleção dos autores que mais citados
Publicações mais citadas	Seleção das publicações mais citadas

Fonte: Elaborado pelos autores

7

4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS E DISCUSSÕES

Essa seção é destinada para apresentação dos resultados obtidos na pesquisa feita pelo autor, além de utilizar o espaço para discussão sobre o que foi acolhido com o estudo realizado. Foram encontrados 2806 artigos na base *Scopus*, levando em consideração o espaço amostral de 11 anos (2010-21).

4.1. Resultados e discussões

Respeitando os parâmetros definidos na seção 3, foram encontradas 2806 publicações na pesquisa realizada. Desses, 959 são documentos públicos e de livre acesso conforme Gráfico 1, que serão objeto de estudo da análise proposta. Tais números evidenciam que grande parte das pesquisas ainda se encontram dentro de instituições privadas e que, para se obter o acesso é necessário o pagamento e/ou as mesmas envolvem caráter sigiloso.

Esse indicador mostra que muito do que está sendo produzido sobre o tema pertence ao meio privado e desenvolvido por suas equipes, o que pode ser visto como um fator que as companhias preferem não deixar público suas descobertas em busca de vantagem competitiva ao seu mercado e, por assim seja, obter melhores resultados na disputa empresarial dentro das fazendas. Esse fato prejudica o presente estudo, limitando a busca concreta dos materiais já produzidos, porém atesta a relevância em toda cadeia do agronegócio em que a digitalização pode impactar.

ANAIS

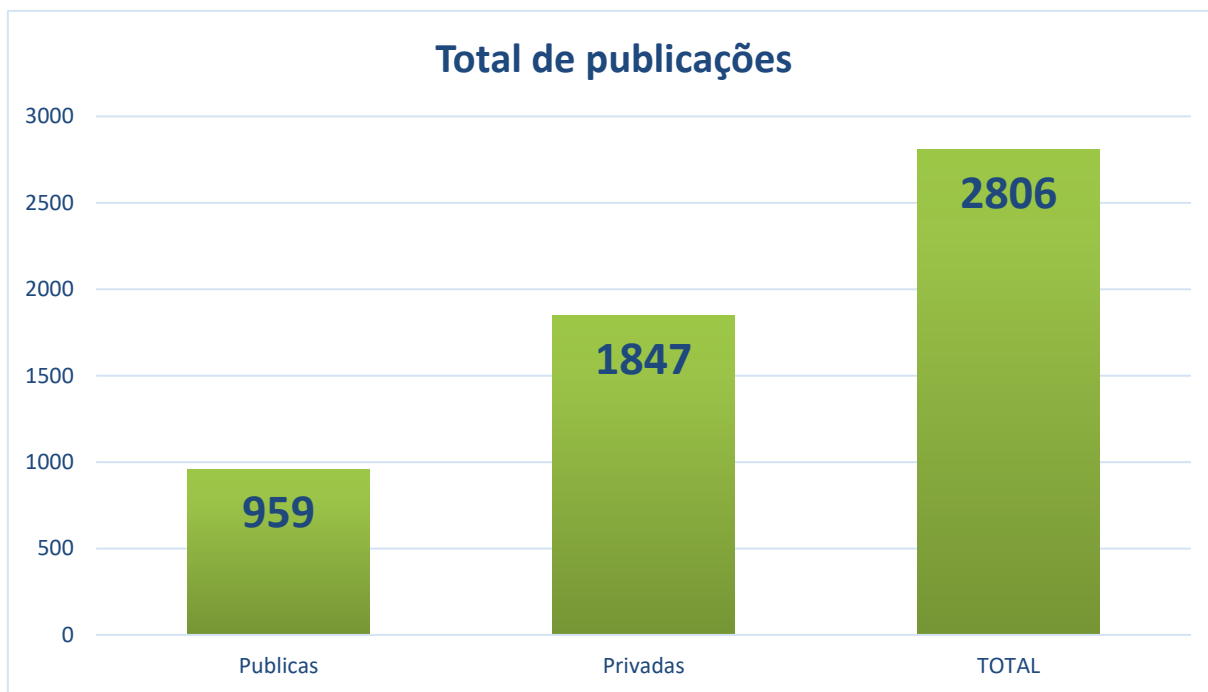


GRÁFICO 1. Quantidade de publicações de Agricultura 4.0

Fonte: Elaborado pelos autores

Dessa forma, a pesquisa prosseguiu com base nas 959 publicações públicas sobre o assunto em questão, entre os anos de 2010 e 2021. O Quadro 2 apresenta a evolução do volume de estudos durante o período considerado. Vale destacar que já existiam publicações anteriores sobre Indústria 4.0 e sua difusão. Provavelmente são conteúdos envolvendo a Agricultura de Precisão, que é uma das premissas da Agricultura 4.0.

QUADRO 2: Evolução de publicações de Agricultura 4.0 no período de 2010 a 2021

Ano	Quantidade	Variação
2021	93	-
2020	348	34,36%
2019	259	110,57%
2018	123	105,00%
2017	60	50,00%
2016	40	207,69%
2015	13	44,44%
2014	9	200,00%
2013	3	-25,00%
2012	4	0,00%
2011	4	33,33%

ANAIS

2010	3	-
------	---	---

Fonte: Elaborado pelos autores

Um destaque é o aumento expressivo das publicações a partir de 2016, relacionado, certamente, com a difusão das técnicas industriais e com crescimento constante dos estudos a partir de então, fato esse que indica a popularização das técnicas, tendo crescimento relevante a cada ano e tendo sua maturação a partir de 2019. Tais números atestam a relevância do assunto e o seu caráter de inovação no setor agropecuário, o que demonstra a complexidade da Agricultura 4.0, mesmo no meio científico.

O Quadro 3 traz os países que mais tiveram publicações desenvolvidas no intervalo de tempo apontado. É interessante constatar a liderança norte-americana e seu interesse na aplicação dessas técnicas, visto que é um dos grandes *players* do agronegócio mundial. Também vale destacar a presença da Índia na segunda colocação, constando o relato na introdução do presente artigo onde foi apresentada a referência de um estudo indiano sobre o desenvolvimento das técnicas de Agricultura 4.0 no país e sua busca de ser vanguarda.

QUADRO 3: Países com mais publicações de Agricultura 4.0

País	Registros
EUA	122
Índia	110
Reino Unido	88
Itália	76
China	67
Holanda	61
França	55
Quênia	53
Espanha	52
Alemanha	50

Fonte: Elaborado pelos autores

Também vale ressaltar a presença de países europeus na relação, com seis representantes no grupo e que, ao se considerar como um bloco único, representará 382 publicações no total. Isso também confirma a referência feita na Introdução de que a Europa busca ser liderança quanto ao desenvolvimento das transformações digitais nas lavouras e o volume de produção científica é um sinal sintomático.

Outra informação relevante é a presença de um país africano na seleção: o Quênia. Tal fato possa causar estranheza pelo país não ser listado entre os maiores produtores agrícolas do planeta, mas, indica a ambição de se desenvolver com tecnologias no campo em busca de um maior retorno socioeconômico-ambiental no país e a produção acadêmica indica isso.

É surpreendente, também, a não presença do Brasil nessa relação, visto que é um dos maiores produtores agrícolas do mundo e, de acordo com pesquisas recentes, um dos países que

ANAIS

mais estão adotando a transformação digital nas lavouras. Entretanto, tal fato pode ser explicado por não existirem publicações em revistas internacionais inseridas na base Scopus.

Em consonância com o Quadro 3, o Quadro 4 traz a relação das instituições, públicas ou privadas, que mais investiram e patrocinaram publicações sobre o tema proposto. Esse indicador pode trazer mais uma dimensão sobre as nações que estão em busca da vanguarda sobre as transformações digitais. A instituição que mais financia estudos sobre Agricultura 4.0 é a Comissão Europeia, órgão ligado a União Europeia e que tem como propósito a criação de leis, políticas públicas e programas de ação para as nações participantes do bloco. Esse fato confirma, novamente, a ambição europeia em ser líder no advento de tecnologias nas produções agropecuárias.

10

QUADRO 4: Instituições que mais financiaram estudos sobre Agricultura 4.0

Instituição Financiadora	Quantidade
European Commission	69
Consortium of International Agricultural Research Centers	39
United States Agency for International Development	30
Horizon 2020 Framework Programme	29
UK Research and Innovation	22
International Fund for Agricultural Development	10
United Nations	18
Australian Centre for International Agricultural Research	16
European Regional Development Fund	15
National Natural Science Foundation of China	14

Fonte: Elaborado pelos autores

A segunda instituição com mais financiamentos é o Consortium of International Agricultural Research Centers (CGIAR), um órgão internacional que tem como grande missão desenvolver técnicas que garantam segurança alimentar e o combate da fome da população mundial. Também são conhecidos por desenvolver a Revolução Verde (via Fundação Rockefeller, um dos maiores parceiros) na segunda metade do século XX em busca de produzir maior quantidade de alimentos. Tal fato demonstra a confiança da instituição em aplicar recursos em mais estudos e pesquisas da transformação digital nas lavouras, na missão de aumentar a produtividade das culturas e, conseqüentemente, aumentar a oferta de alimentos à sociedade.

Também vale ressaltar a quantidade de instituições europeias no financiamento das produções científicas. Além da líder Comissão Europeia, mais três organizações europeias aparecem na lista. Outro destaque para dois órgãos das Organização das Nações Unidas (ONU) na relação, realizando os financiamentos em ideais semelhantes ao da CGIAR, na busca da segurança alimentar e nutricional da população.

Além desses destaques, também é possível observar o papel significativo da instituição norte-americana United States Agency for International Development (USAID), bem como

ANAIS

instituições da Austrália e China. Em ambos os casos é notável o papel desses Estados no financiamento em pesquisas para o desenvolvimento da Agricultura 4.0 em seus países.

Em relação às áreas científicas sobre os estudos a respeito das transformações digitais é possível observar, conforme Quadro 5, a quantidade de publicações direcionado a “Ciências Agrárias e Biológicas”. Por ser um assunto direcionado ao setor agropecuário era de se esperar esse volume de pesquisas relacionadas a esse campo, com mais documentos aplicados nessa área em busca do desenvolvimento das tecnologias.

11

QUADRO 5: Áreas de interesse de Agricultura 4.0

Área científica	Registros
Ciências Agrárias e Biológicas	314
Engenharia	292
Ciência da Computação	283
Ciência ambiental	254
Ciência Sociais	152
Física e Astronomia	105
Bioquímica, Genética e Biologia Molecular	84
Ciências da Terra e Planetárias	82
Ciência de materiais	73
Energia	73

Fonte: Elaborado pelos autores

E conforme o advento de itens tecnológicos e a base industrial ganham destaque as áreas “Engenharia” e “Ciência da Computação”. Ambas os campos são responsáveis pelo desenvolvimento da Indústria 4.0, escola proveniente da transformação digital nos processos produtivos. Essas áreas são conhecidas por estudar a aplicação das tecnologias e como essas podem atuar nas etapas de produção. A Agricultura 4.0 usufrui desses estudos para ser viável a utilização nas operações agropecuárias.

As palavras-chaves são ferramentas importantes para a exploração de conteúdos sobre o assunto. O Quadro 6 traz os principais termos e que podem facilitar as buscas de pesquisas relacionadas as transformações digitais. O termo “Agriculture” foi o mais utilizado, devido a área específica de que trata o assunto. Também pode ser um auxílio ao se fazer a busca associada aos termos específicos das tecnologias como “Internet das Coisas”, “*Big Data*”, “*Machine Learning*” e “Robótica”. Aliás, a associação dos termos pode potencializar a exploração de publicações.

QUADRO 6: Palavras-chaves relacionadas à Agricultura 4.0

Palavras-chave	Quantidade
Agriculture	243
Internet Of Things	185
Climate Change	145
Smart Agriculture	131

ANAIS

Smart Agricultures	131
Smart Farming	129
Agricultural Robots	122
Climate-smart Agriculture	103
Precision Agriculture	96
Digital Agriculture	83

Fonte: Elaborado pelos autores

Também se destacam os termos que são sinônimos da Agricultura 4.0, usuais no idioma inglês, como “*Smart Agriculture*” e “*Smart Farming*”. Também é possível observar a presença da Agricultura de Precisão na relação. A Agricultura de Precisão e Agricultura 4.0 são métodos que se completam e isso poderá trazer bons frutos na associação dos termos nas pesquisas.

O Quadro 7 apresenta os autores com mais publicações sobre o tema. Como é possível observar, ainda não é possível indicar os principais autores sobre a teoria. Por ser um assunto recente e em constante crescimento das produções, a lista ainda não apresenta elevados números de publicações e tampouco algum pesquisador que se destaque.

QUADRO 7: Principais autores de publicações sobre Agricultura 4.0

Autores	Registros
Whitfield, S.	11
Dougill, A.J.	10
Campbell, B.M.	9
Aggarwal, P.K.	9
Lipper, L.	8
Zougmore, R.B.	8
Thierfelder, C.	8
Klerkx, L.	7
Läderach, P.	7
Andrieu, N.	7

Fonte: Elaborado pelos autores

Um item comum chama a atenção em grande parte dos autores listados: muitos deles são pesquisadores da CGIAR. Tais estudiosos se destacam por realizar suas publicações voltadas a solucionar problemas como falta de alimentos e sustentabilidade nas produções agrícolas, principais finalidades da CGIAR. Também se destaca a quantidade de autores europeus, sendo a grande maioria dos pesquisadores listados, além da presença de um indiano (Aggarwal, P.K.) e um Maliano (Zougmore, R.B.).

Ainda em relação as publicações, o Quadro 8 apresenta os principais trabalhos sobre a Agricultura 4.0 e tudo que a margeia. A lista apresenta dois destaques, que apresentam a temática relacionada com tecnologias da transformação digital: *Deep Learning* (inteligência artificial) e *Big Data*, ambos aplicados a Agricultura 4.0. Os dois estudos apresentam grande revisão sobre a aplicação das tecnologias na agricultura, o que traz aos leitores a possibilidade

ANAIS

de entender a utilização e a associação entre as partes. E faz-se, também, destaque para as publicações voltadas à sustentabilidade e estudos sobre o clima.

QUADRO 8: Publicações mais citadas de Agricultura 4.0

Autor	Título	Ano	Citações
Kamilaris A., Prenafeta-Boldú F.X.,	Deep learning in agriculture: A survey	2018	704
Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M.-J.,	Big Data in Smart Farming – A review	2017	591
Campbell B.M., Thornton P., Zougmore R., van Asten P., Lipper L.,	Sustainable intensification: What is its role in climate smart agriculture?	2014	189
Giller K.E., Andersson J.A., Corbeels M., Kirkegaard J., Mortensen D., Erenstein O., Vanlauwe B.,	Beyond conservation agriculture	2015	150
Harvey C.A., Chacón M., Donatti C.I., Garen E., Hannah L., Andrade A., Bede L., Brown D., Calle A., Chará J., Clement C., Gray E., Hoang M.H., Minang P., Rodríguez A.M., Seeberg-Elverfeldt C., Semroc B., Shames S., Smukler S., Somarriba E., Torquebiau E., van Etten J., Wollenberg E.,	Climate-Smart Landscapes: Opportunities and Challenges for Integrating Adaptation and Mitigation in Tropical Agriculture	2014	141
Scherr S.J., Shames S., Friedman R.,	From climate-smart agriculture to climate-smart landscapes	2012	136
Jayaraman P.P., Yavari A., Georgakopoulos D., Morshed A., Zaslavsky A.,	Internet of things platform for smart farming: Experiences and lessons learnt	2016	127

ANAIS

Walter A., Finger R., Huber R., Buchmann N.,	Smart farming is key to developing sustainable agriculture	2017	126
Hartman K., van der Heijden M.G., Wittwer R.A., Banerjee S., Walser J.-C., Schlaeppli K.,	Cropping practices manipulate abundance patterns of root and soil microbiome members paving the way to smart farming	2018	109
Raza A., Razzaq A., Mehmood S.S., Zou X., Zhang X., Lv Y., Xu J.,	Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: A review	2019	106

Fonte: Elaborado pelos autores

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversos autores apontam a Agricultura 4.0 como a transformação digital no meio rural, proveniente da revolução apresentada pela Indústria 4.0 e aproveitando o vácuo criado por esse movimento. Dessa forma, o presente estudo traçou alguns pontos sobre a transformação digital nas lavouras, levantando as informações bibliométricas e o que já foi produzido baseado na nova concepção de trabalho na gestão das propriedades rurais.

O levantamento de publicações é fundamental para trazer à tona o real cenário científico e acadêmico no qual se encontra determinado assunto. Porém, esse estudo trouxe à tona algumas das limitações da metodologia bibliométrica: (i) a grande quantidade de publicações não públicas, o que pode demonstrar uma certa resistência de algumas organizações em subsidiar o avanço das técnicas nos campos e/ou revela o caráter sigiloso do assunto, o que impede da pesquisa ser mais completa e conclusiva possível; (ii) não é possível avaliar a qualidade dos trabalhos encontrados na pesquisa, apenas trazendo valores absolutos; (iii) a baixa quantidade de estudos nacionais sobre o tema, devido a limitação que a base científica adotada pode trazer.

Por ser um assunto relativamente novo é interessante enxergar o crescimento das publicações no decorrer dos últimos anos. Acompanhando a evolução da Indústria 4.0, a Agricultura 4.0 começa a ter uma maior produção de trabalhos a partir de 2016 e com constante crescimento no volume de publicações sobre o termo definido, o que pode evidenciar maior interesse e/ou adoção das práticas.

Os EUA e a Índia são os países com mais publicações sobre os termos selecionados. Os norte-americanos, devido a sua posição de relevância no agronegócio mundial, buscam desenvolver novas técnicas visando trazer mais eficiência e eficácia as suas lavouras. Já o país da Ásia Meridional ganha destaque devido a quantidade de publicações devido a ânsia de desenvolver mais seu agronegócio, ocupar posição de destaque no cenário mundial e poder alimentar sua grande população.

Também é evidente a ambição dos países europeus, seja de forma independente ou pelo bloco econômico, na busca de ser vanguarda em relação as transformações digitais com

ANAIS

inúmeras publicações, instituições patrocinando o desenvolvimento das pesquisas e a quantidade de autores entre os mais prolíferos sobre o assunto.

Outro ponto que chamou a atenção neste estudo foi a quantidade de instituições independentes que realizam estudos na área em busca de aprofundar o conhecimento nas transformações que a digitalização pode causar na produção de alimentos e na nutrição da população, pelo financiamento de pesquisas e na quantidade de pesquisadores presentes em suas equipes de trabalho que apareceram na lista de autores que mais publicaram a respeito da Agricultura 4.0.

Apesar de estudos apresentarem informações de que o agronegócio brasileiro é um dos que mais adotam a transformação digital em suas lavouras, esse estudo demonstrou que em relação a produção científica o País ainda não aparece entre as dez principais nações quando se trata de publicações acadêmicas. Dois aspectos podem explicar esse fato: a limitação da base Scopus às produções em línguas estrangeiras e/ou a baixa quantidade de publicações sobre o assunto no Brasil.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, C. A. **Bibliometria**: evolução histórica e questões atuais. v. 12, n. 1, p. 11-32., 2006.

CHUEKE, G. V; AMATUCCI, M. O que é bibliometria? Uma introdução ao Fórum. **Revista Eletrônica de Negócios Internacionais**, v.10, n. 2, p. 1-5, 2015.

ELSEVIER. Scopus: content coverage guide. **Research Intelligence**, 2020. Disponível em: https://www.elsevier.com/_data/assets/pdf_file/0007/69451/Scopus_ContentCoverage_Guide_WEB.pdf. Acesso em: 21 mar. 2021.

FALAGAS, et al. Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weaknesses. **The FASEB Journal**, v. 22, n. 2, p. 338-342, 2008.

FERREIRA, N; CANELA, A; JANK, M. Pandemia acelera a digitalizacao da agricultura brasileira, **Brazil journal** 2021. Disponível em: <https://braziljournal.com/pandemia-acelera-a-digitalizacao-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: 29 mar. 2021.

GOEL, et al. Smart agriculture – Urgent need of the day in developing countries. **Sustainable Computing: Informatics and Systems**, 30, 2021.

KLERKX, L.; JAKKU, E.; LABARTHE, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences**, 90–91, 100315, 2019.



ANAIS

KLERKX, L.; ROSE, D.; Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways?. **Global Food Security**, 2020.

LASI, et al. Industry 4.0. **Business & Information Systems Engineering**, 239-242, 2014.

LIAO, et al. Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. **International Journal of Production Research**, 2017.

LIMA, F. R.; GOMES, R. Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0: uma análise bibliométrica. **Revista Brasileira de Inovação**, 1-30, 2020.

LIU, et al. From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current Status, Enabling Technologies, and Research Challenges. **IEEE transactions on industrial informatics**, vol. 17, no. 6, 2021.

MANOGARAN, et al. ISOF: Information Scheduling and Optimization Framework for Improving the Performance of Agriculture Systems Aided by Industry 4.0. **IEEE internet of things journal**, VOL. 8, NO. 5, 2021.

MASSRUHÁ, et al. A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente. Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. In **Portal Embrapa**, 2020. CRUZ, C.; RIBEIRO, U.; Metodologia científica: teoria e prática. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2003

MILANEZ, et al. Conectividade rural: situação atual e alternativas para superação da principal barreira à agricultura 4.0 no Brasil. **BNDES**, v. 26, n. 52,7-43, 2020.

MOYSIADIS, et al. Smart Farming in Europe. **Computer Science Review**, 39, 2021.

PACCHINI, et al. Indústria 4.0: barreiras para implantação na indústria brasileira. **Exacta**, 278-292, 2020.

PEREIRA, A; SIMONETTO, E. O. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Vol. 16, 2018.

PIMENTA, et al. A bibliometria nas pesquisas acadêmicas. **Scientia**, v. 4, n. 7, 2017.

RIBEIRO, J. G.; MARINHO, D. Y.; ESPINOSA, J. W. M. Agricultura 4.0: desafios à produção de alimentos e inovações tecnológicas. In: **SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 2, 2018, Catalão-GO. Anais... Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2018. p. 1-7.



ANAIS

ROCHA, E. T. B.; REIS, A. L.; KALAKI, R. B. Mapeamento da agricultura 4.0 na produção de cana-de-açúcar de fornecedores na região de Jaboticabal. **V SIMPÓSIO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO**, Gestão do conhecimento no agronegócio 4.0, Jaboticabal-SP, 2020.

ROSE, D. C.; CHILVERS, J. Agriculture 4.0: Broadening Responsible Innovation in an Era of Smart Farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2, 87, 2018.

RÜßMANN, et al. Industry 4.0 The future of productivity and growth in manufacturing industries. **The Boston Consulting Group**, 2015.

SHEPHERD, et al. Priorities for science to overcome hurdlesthwarting the full promise of the ‘digitalagriculture’ revolution. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 5083-5092, 2020.

ZHAI, et al. Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. **E3S Web of Conferences**, 170, 105256, 2020.