

Elaboração de indicadores de *output* de Ciência e Tecnologia na Agricultura de Precisão

Development of output indicators for Science and Technology in Precision Agriculture

Wanderson de Vasconcelos Rodrigues da Silva^{1*}, Renata Silva-Mann²

RESUMO

A Agricultura de Precisão consiste em uma estratégia de gestão da produção agrícola que envolve o uso de ferramentas de alta tecnologia para otimizar o uso de insumos, aumentar a produtividade, diminuir os riscos e manter a sustentabilidade da atividade no campo. Dessa forma, há interesse constante em monitorar os avanços tecnológicos no setor, seja para pesquisadores, gestores de tecnologia, empresas ou governos. Assim, o uso de indicadores de C&T focados em resultados, como as produções científicas e tecnológicas, permitem identificar e avaliar o estado atual da Ciência e Tecnologia no setor. Este estudo teve por objetivo desenvolver um modelo de indicadores de output de Ciência e Tecnologia, fundamentado nas análises bibliométricas e patentométricas que contribua para o monitoramento das inovações tecnológicas da Agricultura de Precisão. Os indicadores extraídos foram analisados e processados de forma a compor o modelo. Os mesmos foram categorizados de acordo com as seguintes classes: Indicadores de Evolução, Indicadores de Tendências e Indicadores de Impacto. Os resultados obtidos foram complementados com indicadores de input de C&T disponíveis nos relatórios nacionais e internacionais.

Palavras-chave: Agricultura Inteligente; Indicadores; Ciência e Tecnologia; Cientometria.

ABSTRACT

Precision Farming is a strategy for managing agricultural production that involves the use of high-tech tools to optimize the use of inputs, increase productivity, reduce risks and maintain the sustainability of the activity in the field. Thus, there is constant interest in monitoring technological advances in the sector, whether for researchers, technology managers, companies, or governments. Thus, the use of S&T indicators focused on results, such as scientific and technological outputs, allow the identification and evaluation of the current state of Science and Technology in the sector. This study aimed to develop a model of Science and Technology output indicators, based on bibliometric and patentometric analysis, to contribute to the monitoring of technological innovations in Precision Agriculture. The extracted indicators were analyzed and processed in order to compose the model. They were categorized according to the following classes: Evolution Indicators, Trend Indicators and Impact Indicators. The results obtained were complemented with S&T input indicators available in national and international reports.

Keywords: Smart Agriculture; Indicators; Science and Technology; Scientometrics.

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI

*E-mail: wanderson.vasconcelos@ifpi.edu.br

² Universidade Federal de Sergipe – UFS

INTRODUÇÃO

A implementação de novas tecnologias na agricultura constitui um processo de inovação constante do setor. Assim, o uso das técnicas da Agricultura de Precisão (AP) insere inúmeras vantagens ao processo de produção, promovendo competitividade e sustentabilidade no longo prazo, frente aos modelos convencionais de agricultura focados apenas no tratamento uniforme do campo (COELHO; SILVA, 2009).

Uma vez que a Agricultura de Precisão é denominada como uma estratégia que se reconfigura na medida em que as inovações tecnológicas resultantes dos esforços em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) transformam o setor agrícola, faz-se necessário monitorar e avaliar o atual estágio de desenvolvimento científico e tecnológico da AP diante do cenário de mudanças que vêm ocorrendo na agricultura. No entanto, com o avanço das tecnologias da informação e comunicação, o grande volume de informações geradas e disponibilizadas pelas bases de dados dificultou a análise e avaliação da real situação do produto da investigação científica nos mais diferentes setores (BASSOI et al., 2020; SILVA; SILVA-MANN, 2020).

A elaboração de indicadores quantitativos tem ajudado pesquisadores, especialistas e autoridades governamentais a compreenderem a dinâmica das atividades de Ciência e Tecnologia (C&T) e Inovação. A adoção de diferentes métodos de elaboração de indicadores permite avaliar o desenvolvimento e a convergência entre Ciência e Tecnologia, sobretudo no que se refere às tecnologias emergentes. Nesse sentido, a combinação de análise bibliométrica de artigos científicos e análise de documentos de patentes permite um estudo mais integrado para criação de indicadores de resultados (*output*) das atividades de C&T, evitando que haja lacuna de dados (CATELA, 2022; SILVA; BIANCHI, 2001).

Portanto, o monitoramento de inovações tecnológicas na Agricultura de Precisão, por meio de indicadores científicos e tecnológicos produzidos a partir da análise de artigos e patentes, permite identificar o comportamento dos avanços na área em diferentes contextos temporais e espaciais. Além disso, é essencial para a tomada de decisão no âmbito de políticas públicas em P&D e para geração de produtos ou processos inovadores pelos gestores da tecnologia (RAMOS, 2008; SANTOS, 2004).

O objetivo deste estudo consiste no desenvolvimento de um modelo de indicadores de *output* de Ciência e Tecnologia (C&T) fundamentado nas análises bibliométricas e patentométricas que contribua para o monitoramento das inovações

tecnológicas da Agricultura de Precisão. Desta forma, procura-se responder às seguintes questões da pesquisa: (1) Como tem sido a evolução das publicações científicas e dos pedidos de patentes relacionados com a Agricultura de Precisão? (2) Quais as tendências científicas e tecnológicas? (3) Qual o impacto das atividades de pesquisa e das tecnologias depositadas?

Este estudo está estruturado da seguinte forma: a seção 2 fornece uma breve revisão da literatura sobre os aspectos gerais da Agricultura de Precisão (2.1), os conceitos relacionados a Cientometria, Bibliometria e Patentometria (2.2) e uma abordagem dos principais Indicadores de Ciência e Tecnologia (C&T); na seção 3 são discutidos os procedimentos metodológicos; a seção 4 apresenta os resultados e discussão acerca dos indicadores elaborados, abordando as três questões de pesquisa mencionadas anteriormente; finalmente, na seção 5, são apresentadas as conclusões e considerações finais do estudo, bem como sugestões para pesquisas futuras.

REVISÃO DE LITERATURA

Agricultura de Precisão

A utilização de equipamentos de alta tecnologia na Agricultura, envolvendo desde *hardwares* e *softwares* especializados a redes de telemetria, cria um sistema complexo que permite coletar dados para monitoramento e avaliação das áreas destinadas à produção agrícola como suporte à tomada de decisão. Essa evolução faz parte da Agricultura Inteligente (*Smart Farming*) ou Agricultura 4.0, a qual a Agricultura de Precisão (AP) se destaca pela utilização de estratégias para gerenciar os problemas provenientes da falta de uniformidade das características das lavouras (BASSOI et al., 2020; COELHO; SILVA, 2009).

Não existe um consenso sobre a definição adequada quanto ao emprego das tecnologias, visto que há uma enorme quantidade de inovações tecnológicas que podem compor a infraestrutura desse sistema complexo e, ao mesmo tempo, flexível. A AP não se resume apenas à obtenção de veículos, equipamentos e tecnologias de ponta, mas sim na abordagem de uma cadeia de conhecimentos focados em coletar e processar informações para apoiar o gerenciamento das lavouras (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015).

Independentemente dos tipos de tecnologias adotadas e das etapas do ciclo produtivo em que a abordagem da AP é utilizada, a mesma tem por objetivo principal

otimizar o uso dos recursos disponíveis para aumentar a produtividade e a sustentabilidade das operações agrícolas, reduzir o impacto ambiental negativo resultante da atividade no campo e melhorar a qualidade do ambiente de trabalho (SILVA; SILVA-MANN, 2020).

Cientometria, Bibliometria e Patentometria

Os estudos quantitativos sobre a informação se consolidaram no século XX a partir das propostas de diversos autores em quantificar a atividade científica:

A lei de Lotka (1926) sobre a produtividade de autores de artigos científicos, a lei de Bradford (1934) sobre a dispersão de autores em publicações periódicas, e a lei de Zipf (1935), sobre a frequência/ocorrência de palavras em textos longos, são ainda hoje parâmetros utilizados nos estudos métricos da informação (SANTOS, 2015, p. 327).

Fundamentado nessas propostas, o historiador da ciência Derek de Solla Price estabelece que esses dados quantitativos obedecem certas regras, configurando-os como indicadores de estado da ciência. Surge então o conceito da Cientometria, definida como o estudo da mensuração do progresso científico e tecnológico. A cientometria aborda a dinâmica da ciência como atividade social e baseia-se em técnicas estatísticas para identificar e tratar as informações contidas nas publicações científicas e técnicas (SANTOS; KOBASHI, 2009; SILVA; BIANCHI, 2001).

A bibliometria, por sua vez, surge como tratamento e análise estatística da mensuração dos resultados da ciência e tem como objeto de estudo empírico privilegiado os artigos científicos. As técnicas bibliométricas permitem elaborar mapeamentos detalhados da atividade científica e tem o potencial para medir o "poder" científico de países, regiões e instituições a partir da análise dos indicadores gerados ou da combinação dos mesmos. É importante destacar que a mensuração do progresso científico e tecnológico abordado pela cientometria não deve se limitar apenas às análises bibliométricas de artigos ou revistas científicas, mas também compreende uma análise do número de documentos de patentes nos órgãos de concessão, uma vez que que esses depósitos se constituem no principal indicador tecnológico (GODINHO, 2007; SANTOS; KOBASHI, 2009).

A análise patentométrica ou patentometria emprega técnicas similares às utilizadas pela bibliometria para elaboração de mapeamentos que permitem avaliar os

desdobramentos das pesquisas de foco tecnológico. Conforme o objetivo da análise, é possível identificar tecnologias emergentes, evolução de setores tecnológicos, principais *players* envolvidos, redes de colaboração, dentre outros. Dessa forma, a patentometria é uma área de estudo transdisciplinar e, portanto, a análise adequada dos dados patentários e a interpretação dos mapeamentos tecnológicos dependem do conhecimento prévio do pesquisador (SPEZIALI; NASCIMENTO, 2020).

Indicadores de Ciência e Tecnologia (C&T)

De forma geral, os indicadores consistem em uma medida, genericamente quantitativa, que permite descrever ou avaliar fenômenos complexos, bem como sua natureza, estado e evolução. Assim, os indicadores de Ciência e Tecnologia (C&T) representam dados estatísticos utilizados para medir as ações sistemáticas relacionadas com a produção, transmissão e aplicação dos conhecimentos científicos e tecnológicos, frequentemente utilizados para subsidiar a tomada de decisão e o planejamento em políticas públicas ou estratégias organizacionais (SANTOS, 2015).

Diante do crescente volume das atividades de C&T, surgiu a necessidade de se produzirem indicadores sobre diferentes aspectos e a sistematizá-los segundo sua evolução histórica. A primeira geração de indicadores utilizados para medir as ações de Ciência e Tecnologia envolve os indicadores de *input* (insumos) e *output* (resultados).

Os indicadores de *input* de C&T descrevem os recursos financeiros empregados (despesas) com Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e os recursos humanos ativos (pesquisadores e pessoal auxiliar) envolvidos nas atividades de P&D. O *Manual de Frascati*, publicado pela *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD), estabeleceu metodologias para a produção de estatísticas padronizadas internacionalmente. Dessa forma, os indicadores de *input* relativos aos dispêndios financeiros são estimados em paridade de poder de compra (PPC), ou seja, pelo número de unidades da moeda do país A necessárias para comprar a mesma quantidade de bens e serviços no país B. Frequentemente, é estabelecida a relação entre os investimentos em P&D e o Produto Interno Bruto (PIB) (GODINHO, 2007; OECD, 2022).

Os indicadores de *output* de C&T foram desenvolvidos com base na cientometria e utiliza-se das análises bibliométricas e patentométricas para capturar os resultados das atividades de Ciência e Tecnologia, ou seja, é realizado tanto o mapeamento dos artigos científicos publicados nas bases de dados, quanto o mapeamento dos pedidos de patentes

depositados nos escritórios de registro. Dessa forma, os indicadores de *output* descrevem o conhecimento científico e tecnológico de um setor, região ou país, auxiliando o entendimento da dinâmica da ciência e tecnologia e funcionando como um instrumento para planejamento de políticas de inovação (GODINHO, 2007; SANTOS, 2004).

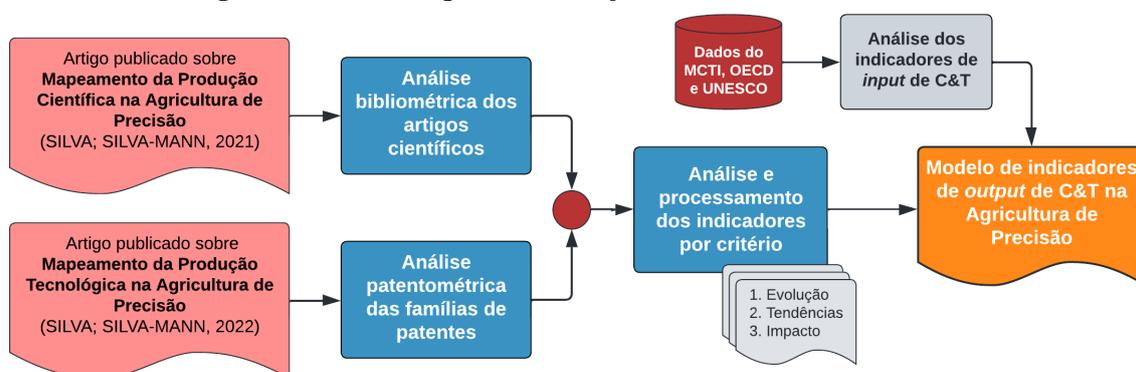
É evidente que os indicadores de *output* (resultados) de C&T dependem substancialmente dos indicadores de *input* (insumos) introduzidos no sistema e, dessa forma, é conveniente associar esses resultados em função dos montantes alocados para Ciência e Tecnologia por país, região ou instituição, seja por recursos da iniciativa pública ou privada (SILVA; BIANCHI, 2001).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia utilizada no desenvolvimento deste estudo envolve aspectos exploratórios ao investigar a elaboração de indicadores de *output* de C&T para o setor de Agricultura de Precisão, permitindo a construção de hipóteses para pesquisas futuras. Também envolve aspectos descritivos, uma vez que apresenta as características e dimensões das produções científicas e tecnológicas, estabelecendo relações entre os dados coletados. Quanto aos procedimentos técnicos utilizados, esta pesquisa assumiu a forma de levantamento bibliográfico e documental, a partir de uma abordagem quantitativa (GIL, 2002; PEREIRA, 2016).

Inicialmente realizou-se uma busca na literatura para contextualização do tema (seção 2), evidenciando sua relevância e justificativa para o desenvolvimento do estudo. Posteriormente, para facilitar o entendimento e o acompanhamento das ações correspondentes às etapas deste estudo, foi elaborado um fluxograma metodológico (Figura 1).

Figura 1 – Metodologia de elaboração do modelo de indicadores.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para elaboração dos indicadores da produção científica relacionada com a Agricultura de Precisão, adotou-se como referência o estudo intitulado “*Precision Agriculture under a bibliometric view*”, publicado na *International Journal for Innovation Education and Research* e realizado pelos atuais autores desta pesquisa. O mapeamento realizado no estudo em questão recuperou informações de dois bancos de dados bibliográficos comumente usados por estudiosos: *Scopus* e *Web of Science*. A pesquisa limitou o tipo de documento a artigos publicados até o ano de 2020. Como a pesquisa foi realizada no ano de 2021, o mesmo foi excluído da busca. Foram analisados um total de 5807 documentos que por sua vez foram publicados no período de 1993 a 2020. Para auxiliar a análise, o estudo utilizou o pacote *bibliometrix*, uma ferramenta de pesquisa em ciéncia de código aberto desenvolvida em linguagem R (SILVA; SILVA-MANN, 2021).

Para a elaboração dos indicadores tecnológicos, utilizou-se como referência o estudo realizado pelos mesmos autores intitulado “*Precision Agriculture: technological monitoring based on patent analysis*”, publicado na *Research, Society and Development*. O banco de dados consultado na pesquisa foi o *The Lens* (lens.org), uma ferramenta que agrega mais de 127 milhões de registros de patentes globais. A busca se limitou aos registros de patentes que possuem título e resumo publicados até o ano de 2020. Foram analisadas no estudo em questão um total de 312 famílias de patentes relacionadas à Agricultura de Precisão (AP), as quais foram publicadas no período de 1995 a 2020. A análise da família de patente considera o depósito prioritário. Sendo assim, ao se referir à família da patente, poderá ser utilizado apenas o termo patente ou equivalente (SILVA; SILVA-MANN, 2022).

Buscando complementar as discussões acerca do modelo de indicadores de *output* proposto neste estudo, realizou-se uma pesquisa documental nos relatórios recentes de indicadores de Ciência e Tecnologia disponíveis nas bases de dados do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), da *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) e da *UNESCO Institute for Statistics* (UIS). Dessa forma, atribui-se ao modelo significados mais amplos, vinculando-os a outros conhecimentos teóricos discutidos na revisão de literatura deste estudo (MCTI, 2021; OECD, 2022; UIS, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os indicadores extraídos das análises bibliométricas e patentométricas foram analisados e processados de forma a compor o modelo de indicadores de *output* de Ciência e Tecnologia (C&T). Os mesmos foram categorizados de acordo com as seguintes classes de análise: (1) Indicadores de Evolução, (2) Indicadores de Tendências e (3) Indicadores de Impacto (Quadro 1).

Quadro 1 – Modelo de Indicadores de *output* de Ciência e Tecnologia (C&T).

Classe	Indicador	Descrição
1. Indicadores de Evolução	1.1 Evolução anual por valor absoluto	Números absolutos anuais dos artigos científicos publicados em periódicos e dos depósitos de patentes publicados pelos órgãos de concessão.
	1.2 Evolução anual por quantidade acumulada	Somatório das quantidades de publicações científicas e de depósitos de pedidos de patentes acumulados a cada ano.
	1.3 Evolução anual por taxa de crescimento	Taxa de crescimento anual das publicações de artigos nas bases de dados científicas e das publicações dos pedidos de patentes depositados.
2. Indicadores de Tendências	2.1 Tendência geográfica	Frequência geográfica dos artigos e patentes publicados, considerando o país do primeiro autor e o local de depósito da tecnologia, respectivamente.
	2.2 Tendência por provedor do conhecimento	Quantidade de artigos publicados por revista/autor/filiação e de depósitos de pedidos de patentes por requerente/inventor.
	2.3 Tendência temática	Percentual das palavras-chaves mais frequentes nos artigos científicos e nos títulos e resumos dos documentos de patentes.
3. Indicadores de Impacto	3.1 Impacto por citações posteriores	Número de vezes que um artigo científico foi citado por outros e número de vezes em que uma patente foi citada por outras posteriores.
	3.2 Impacto por média de citações	Média de citações por artigo publicado nas revistas e média de citações por patente depositada pelos requerentes.

Fonte: Elaborado pelo autor.

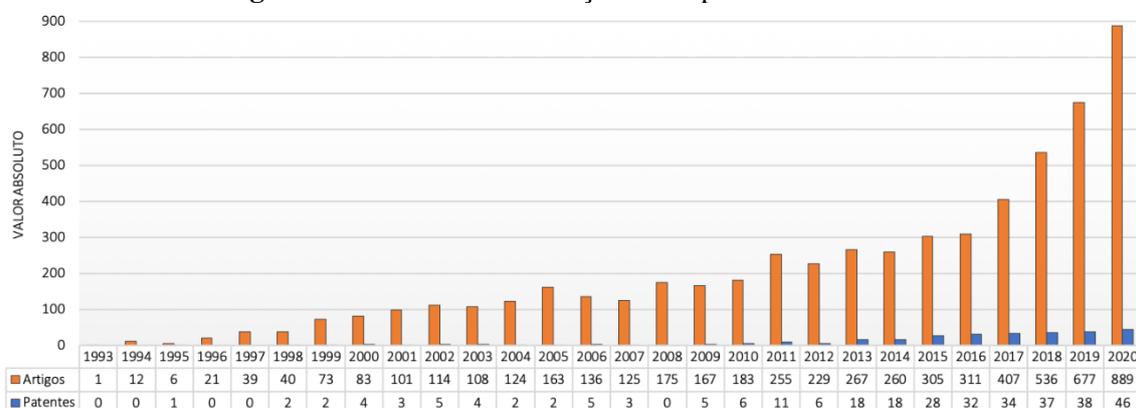
Para responder ordenadamente às questões da pesquisa, esta seção está dividida por critério de análise do indicador de *output* de Ciência e Tecnologia (C&T), considerando a análise integrada dos resultados da produção científica e tecnológica com respeito à Agricultura de Precisão.

Indicadores de Evolução

Os indicadores apresentados e discutidos nesta subseção visam responder a seguinte questão de pesquisa: *(1) Como tem sido a evolução das publicações científicas e dos pedidos de patentes relacionados com a Agricultura de Precisão?*

Na Figura 2 são apresentadas numericamente e graficamente as quantidades anuais de artigos científicos publicados em periódicos, bem como o número de pedidos de patentes que foram publicados a cada ano pelos escritórios de concessão de patentes.

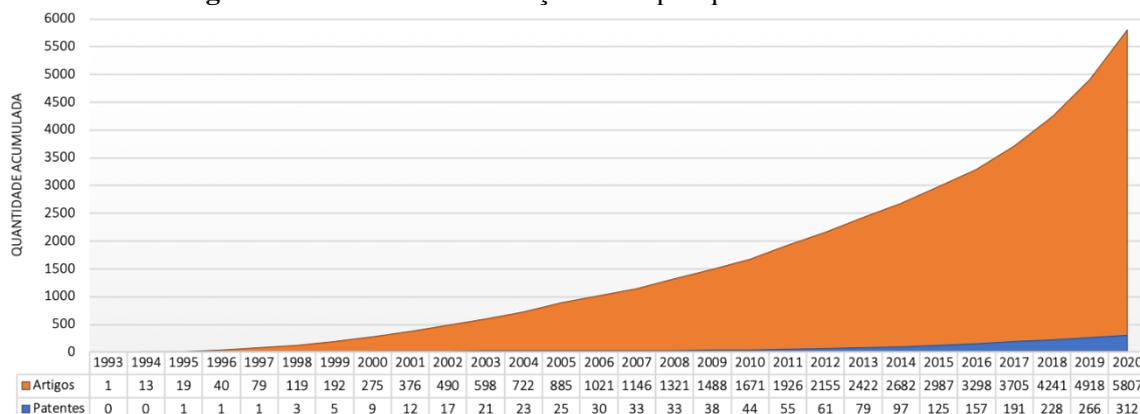
Figura 2 – Indicador de evolução anual por valor absoluto.



Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com os resultados obtidos, o interesse pelas pesquisas ligadas à Agricultura de Precisão iniciou na década de 90, porém apenas os estudos científicos apresentaram um crescimento contínuo desde o início, enquanto que em alguns anos não foram registrados pedidos de patentes. Os depósitos de tecnologias passaram a ter estabilidade no crescimento após o ano de 2013, o qual observa-se a partir desse ponto um crescimento praticamente exponencial dos artigos científicos, o que pode explicar o aumento no número de tecnologias desenvolvidas como resultado desses estudos. Dados de *input* de C&T (UIS, 2020) revelam que o número de pesquisadores por milhão de habitantes cresceu na última década, aumentando a mão de obra científica e tecnológica.

Figura 3 – Indicador de evolução anual por quantidade acumulada.



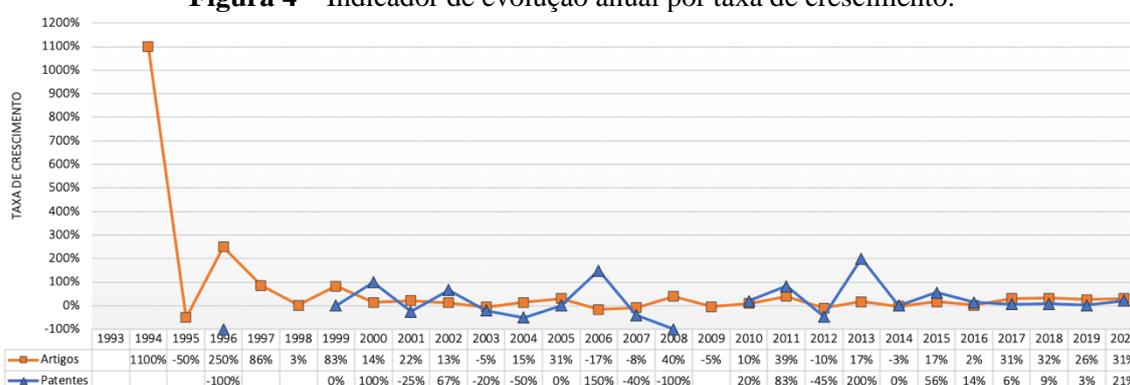
Fonte: Elaborada pelo autor.

Sob outra perspectiva, na Figura 3 são apresentados os valores acumulados anualmente das publicações científicas e dos depósitos de pedidos de patentes referentes à Agricultura de Precisão.

Na maior parte do tempo, o acumulado das pesquisas científicas ultrapassa em 30 vezes a quantidade dos pedidos de patentes. Em todo o período analisado, para 19 artigos publicados, um pedido de patente foi depositado nos escritórios de concessão.

Para além da visão global da evolução, foram analisadas as taxas de crescimento anual das publicações para perceber as apostas ou retrocessos nas pesquisas do setor ao longo dos anos (Figura 4).

Figura 4 – Indicador de evolução anual por taxa de crescimento.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A taxa média de crescimento anual dos artigos a partir da primeira publicação em 1993 foi de 27,4%, enquanto que os pedidos de patentes tiveram um crescimento médio de 15,9% a partir do primeiro depósito em 1995. Em relação às pesquisas tecnológicas, as pesquisas científicas são mais sustentadas.

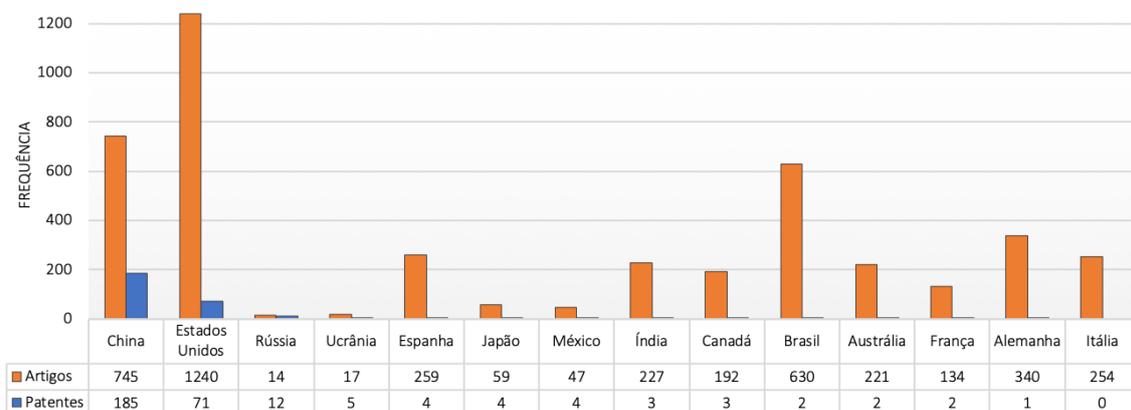
Os principais indicadores de *input* de Ciência e Tecnologia (OECD, 2022) apontam um crescimento linear das despesas brutas em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) ao longo do período analisado neste estudo, tendo retrocedido apenas durante a crise econômica de 2008-2009 iniciada no mercado imobiliário dos Estados Unidos que afetou diversos países e setores da economia mundial.

Indicadores de Tendências

Os indicadores apresentados e discutidos nesta subseção visam responder à seguinte questão de pesquisa: (2) *Quais as tendências científicas e tecnológicas?* Para isso, três indicadores são apresentados: tendência geográfica, tendência por provedor do conhecimento e tendência temática.

Na Figura 5 foram representados os países mais prolíficos em publicações de artigos e patentes na área de Agricultura de Precisão, considerando para esta análise o país do primeiro autor e o local de depósito da tecnologia, respectivamente.

Figura 5 – Indicador de tendência geográfica.



Fonte: Elaborada pelo autor.

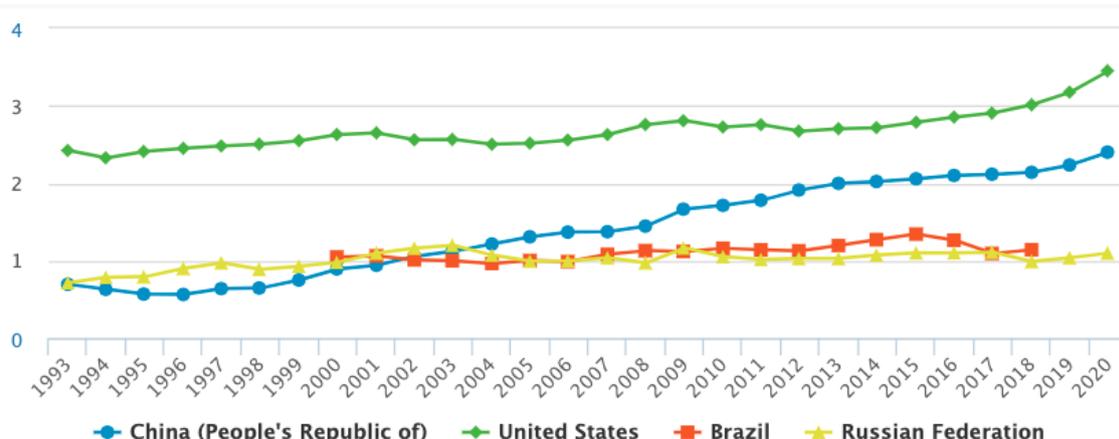
Os 14 países apresentados na Figura 5 correspondem ao conjunto dos dez países mais produtivos em cada tipo de documento. Nesse caso, 6 países figuram no *Top 10* em produção científica e tecnológica simultaneamente: China, Estados Unidos, Espanha, Índia, Canadá e Brasil.

A China demonstra mais interesse pelo patenteamento, assumindo aproximadamente 60% dos depósitos, enquanto os Estados Unidos lideram as pesquisas científicas com 21,4% do total. A Rússia é o terceiro país em número de patentes depositadas, no entanto apresenta o menor valor dessa listagem em quantidade de artigos. Do outro lado, o Brasil se destaca com a terceira colocação em quantidade de artigos publicados (10,9%).

Esses resultados são reforçados pelos Indicadores Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI, 2021) que apontam para o crescimento no total de pessoas envolvidas em pesquisa e desenvolvimento (P&D) em relação a cada mil pessoas ocupadas.

Ao se analisar a intensidade de P&D desses quatro países (Figura 6), observa-se a estabilidade de investimentos no Brasil e na Rússia, enquanto que os Estados Unidos e China apresentam leve e expressivo crescimento, respectivamente. Segundo o Instituto de Estatística da Unesco (UIS, 2020), os quatro países também estão entre os dez maiores em quantidade de pesquisadores.

Figura 6 – Intensidade de P&D (investimentos em P&D como porcentagem do PIB).



Fonte: OECD (2022).

Quanto à tendência na Agricultura de Precisão por provedor do conhecimento científico e tecnológico, na Tabela 1 são representados os *Top 5* de produtividades de artigos por revista, autor, afiliação e os pedidos de patente por requerente e inventor. Apesar da existência de um periódico específico (*Precision Agriculture*), a revista mais prolífica na área é a *Computers and Electronics in Agriculture*, com 8,4% dos artigos. Por concentrar a maior parte das pesquisas, os autores e inventores, chineses e americanos, bem como suas afiliações predominam. Entre os requerentes que mais realizam pedidos de patentes, o setor empresarial dos Estados Unidos se destaca, enquanto que na China, o setor acadêmico é mais produtivo tecnologicamente.

Tabela 1 – Indicador de tendência por provedor do conhecimento.

Publicação de artigos científicos				Publicação de depósitos de patentes				
Revistas	Autores		Afiliação	Requerente	Inventor			
Computers and Electronics in Agriculture	489	Li M	50 China Agricultural University	165	Iteris Inc	10	Mewes John J	14
Precision Agriculture	356	Li Y	48 University of Florida	129	Cohen Harris Lee	6	Salentiny Dustin M	11
Transactions of the Chinese Soc. of Agricultural Engineering	184	Sudduth K	48 Iowa State University	96	China Agricultural University	6	Ni Jun	7
Remote Sensing	161	Wang Y	47 University of California	91	Nanjing Agricultural University	6	Zhu Yan	7
Sensors	152	Wang X	46 Zhejiang University	88	Clearag Inc	5	Cao Weixing	6

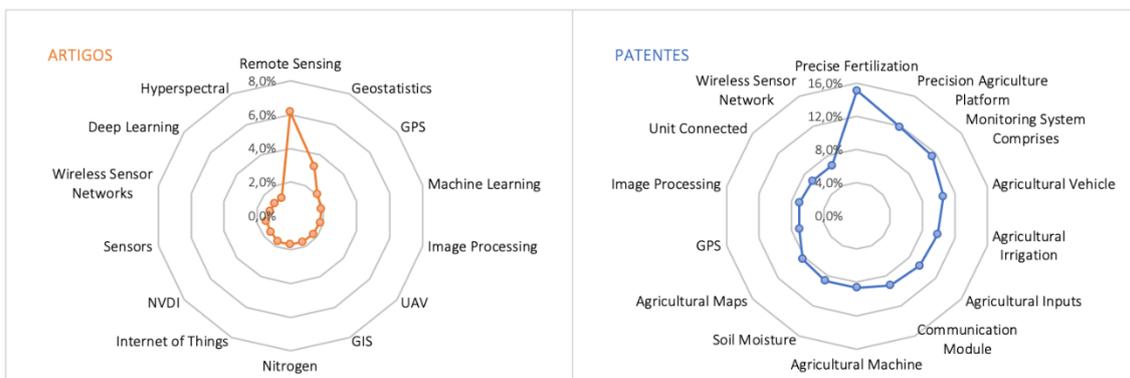
Fonte: Elaborada pelo autor.

Quanto à tendência temática das publicações científicas, este estudo considerou o percentual das palavras-chaves mais frequentes indicadas pelo autor do artigo. Para isso, foram desconsiderados os termos sinônimos da Agricultura de Precisão. Para a tendência

temática das patentes depositadas, foram considerados os agrupamentos (*clusters*) de termos dos títulos e resumos dos documentos realizados pelo algoritmo Lingo com a ferramenta *Carrot2 Clustering Workbench* (SILVA; SILVA-MANN, 2022).

Os principais resultados são representados na forma de gráficos de radar na Figura 7. Os dados demonstram bastante regularidade de temas abordados nas pesquisas, com exceção da área de Sensoriamento remoto e Geoestatística que cobrem cerca de 6,1% e 3,3% dos artigos, respectivamente. No que se refere às tecnologias desenvolvidas, estas focam nos processos de Fertilização precisa (15,1%), além dos Sistemas de monitoramento e Veículos agrícolas. Entre os principais temas, destaca-se a presença simultânea das Redes de sensores sem fio (*Wireless Sensor Network*) nas produções científicas e tecnológicas.

Figura 7 – Indicador de tendência temática.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Indicadores de Impacto

Os indicadores aqui apresentados e discutidos visam responder à seguinte questão de pesquisa: (3) *Qual o impacto das atividades de pesquisa e das tecnologias depositadas?* Para responder essa última questão, serão utilizados dois indicadores: Indicador de impacto por citações posteriores que corresponde ao número de vezes que um artigo científico foi citado por outros e, paralelamente, ao número de vezes em que uma patente foi citada por outras posteriores (Tabela 2) e o Indicador de impacto por média de citações que corresponde à média de citações por artigo publicado nas revistas e à média de citações por patente depositada pelos requerentes (Tabela 3).

Os artigos mais citados na área de Agricultura de Precisão abordam como tópico de interesse o tema Sensoriamento remoto. O grande número de citações do tema confirma o Indicador de tendência temática analisado na subseção anterior deste estudo.

Outro fato a se notar é que os artigos mais citados foram publicados uma década depois do primeiro trabalho (1993). Isso difere das tecnologias, uma vez que a primeira patente solicitada em 1995 é, até a data deste estudo, o documento mais citado por outras patentes, demonstrando que os conhecimentos tecnológicos reproduzidos nos documentos de patentes são cruciais para o desenvolvimento de novas tecnologias no setor (Tabela 2).

Tabela 2 – Indicador de impacto por citações posteriores.

Publicação de artigos científicos		Publicação de depósitos de patente	
Referência do artigo	Citações	Referência da patente	Citações
Haboudane D, 2004, Remote Sens Environ	1309	Abel Robert J, 1995, US5467271A, TRW Inc.	375
Viscarra Rossel RA, 2006, Geoderma	1149	Keller Russell J, 2003, US20030187560A1, Keller Russell J.	170
Haboudane D, 2002, Remote Sens Environ	1034	Hale George, 2000, US6016713A, Case Corp.	135
Cassman KG, 1999, Proc Natl Acad Sci USA	862	Reep Paul J, 2001, US6327569B1, Milestone Technology Inc.	89
Zhang C, 2012, Precis Agric	695	Nichols Mark E, 2002, US6501422B1, Trimble Navigation Ltd.	86

Fonte: Elaborada pelo autor.

O Indicador de impacto por média de citações revela a intensidade das citações recebidas por periódicos e titulares das patentes (Tabela 3). Destaca-se a revista *Remote Sensing of Environment* na qual cada artigo publicado no periódico com respeito à Agricultura de Precisão recebe em média 149,47 citações, demonstrando o seu impacto dentro do setor apesar de não ser a revista com o maior número de artigos nesta área. A revista mais produtiva *Computers and Electronics in Agriculture* recebeu em média 40 citações por artigo.

Tabela 3 – Indicador de impacto por média de citações.

Publicação de artigos científicos				Publicação de depósitos de patente			
Revistas	Citações	Artigos	Média	Requerente	Citações	Patentes	Média
Remote Sensing of Environment	5082	34	149,47	TRW Inc.	375	1	375,00
Field Crops Research	2795	48	58,23	Keller Russell J.	170	1	170,00
Geoderma	3462	65	53,26	Nichols Mark E.	170	1	170,00
Computers and Electronics in Agriculture	19567	489	40,01	Lange Arthur F.	170	1	170,00
Biosystems Engineering	2303	68	33,87	Case Corp.	181	2	90,50
Transactions of the American Society of Agricultural Engineers	3723	112	33,24	Milestone Technology Inc.	89	1	89,00
Precision Agriculture	9539	356	26,79	Trimble Navigation Ltd.	89	2	44,50
Remote Sensing	3961	161	24,60	Ag Chem Equipment Co.	121	3	40,33

Fonte: Elaborada pelo autor.

Com respeito aos titulares dos pedidos de patentes, a empresa TRW Inc. foi a responsável pelo primeiro depósito e por ter realizado apenas este, foi citada 375 vezes. O indicador revela que entre os requerentes de maior impacto, figuram inventores e empresas, e estes não estão entre os titulares mais produtivos apresentados na Tabela 1.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo investigou a elaboração de indicadores de *output* de Ciência e Tecnologia (C&T) para construção de um modelo que contribui para o monitoramento das inovações tecnológicas com respeito à Agricultura de Precisão. Para isso, os procedimentos metodológicos adotados envolveram estudos bibliométricos e patentométricos previamente publicados pelos autores. Para definição do modelo, questões de pesquisa foram estabelecidas, as quais nortearam o desenvolvimento da metodologia na seleção e classificação dos indicadores.

O estudo também forneceu uma breve revisão de literatura sobre os aspectos gerais da Agricultura de Precisão, os conceitos relacionados a Cientometria, Bibliometria e Patentometria e uma abordagem sobre os Indicadores de Ciência e Tecnologia. Posto que os indicadores de produção científica e tecnológica (*output*) dependem dos insumos (*input*) aplicados em P&D, este estudo realizou uma busca documental nos principais relatórios de indicadores de *input* de C&T para associá-los aos resultados obtidos, atribuindo a este estudo significados mais amplos.

Os indicadores elaborados foram categorizados no modelo de acordo com a classe de análise, sendo divididos em Indicadores de Evolução, Indicadores de Tendências e Indicadores de Impacto. Essa classificação permitiu responder de forma ordenada às questões de pesquisa, considerando a análise integrada dos resultados da produção científica e tecnológica com respeito à Agricultura de Precisão.

Dessa forma, o modelo permitiu identificar o avanço das atividades de ciência e tecnologia na Agricultura de Precisão, mas este estudo não está isento de limitações, uma vez que, a depender da necessidade do monitoramento que se deseja realizar, outros indicadores devem ser implementados para ajudar pesquisadores, especialistas, gestores de tecnologia e autoridades governamentais compreender a dinâmica da ciência e subsidiar a tomada decisão de forma mais assertiva. Essas limitações oferecem oportunidades para novos estudos, visando expandir os resultados desta pesquisa e corroborar com as teorias estabelecidas.

REFERÊNCIAS

BASSOI, L. H. et al. Agricultura de precisão e agricultura digital. **TECCOGS: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, n. 20, p. 17–36, 26 maio 2020.

CATELA, P. M. C. **O que os indicadores de output de C&T nos dizem sobre Inovação no sector da energia renovável offshore?** [s.l.] Universidade de Lisboa, 2022.

COELHO, J. P. C.; SILVA, J. R. M. **Agricultura de Precisão**. Lisboa: Associação dos Jovens Agricultores de Portugal, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GODINHO, M. M. Indicadores de C&T, inovação e conhecimento: onde estamos? Para onde vamos? **Análise Social**, v. 42, n. 182, p. 239–274, 2007.

MCTI. **Indicadores Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovações - Edição 2021**. 2021. Disponível em: <https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/indicadores_cti.html>. Acesso em: 10 maio. 2022.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de Precisão**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

OECD. **OECD Main Science and Technology Indicators**. 2022. Disponível em: <<https://www.oecd.org/sti/msti.htm>>. Acesso em: 30 maio. 2022.

PEREIRA, J. M. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

RAMOS, M. Y. Evolução e novas perspectivas para a construção e produção de indicadores de ciência, tecnologia e inovação. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 13, n. 1, p. 1–23, 16 maio 2008.

SANTOS, R. N. M. DOS. Produção científica: por que medir? o que medir? **RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 1, n. 1, p. 22–38, 26 nov. 2004.

SANTOS, R. N. M. DOS; KOBASHI, N. Y. Bibliometria, cientometria, infometria: conceitos e aplicações. **Tendências da Pesquisa brasileira em Ciência da Informação**, v. 2, n. 1, p. 155–172, 2009.

SANTOS, R. N. M. Os indicadores bibliométricos: virtudes e limites no contexto da avaliação em Ciência & Tecnologia. **Em Questão**, v. 21, n. 3, p. 319–335, 24 dez. 2015.

SILVA, J. A. DA; BIANCHI, M. DE L. P. Cientometria: a métrica da ciência. **Paidéia**, v. 11, n. 21, p. 5–10, 2001.

SILVA, W. DE V. R. DA; SILVA-MANN, R. Agricultura de Precisão no Brasil: conjuntura atual, desafios e perspectivas. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e1979119603, 11 nov. 2020.

SILVA, W. DE V. R. DA; SILVA-MANN, R. Precision Agriculture under a bibliometric view. **International Journal for Innovation Education and Research**, v. 9, n. 11, p. 422–442, 1 nov. 2021.

SILVA, W. DE V. R. DA; SILVA-MANN, R. Precision Agriculture: technological monitoring based on patent analysis. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e42611326852, 2 mar. 2022.

SPEZIALI, M.; NASCIMENTO, R. Patentometria: uma ferramenta indispensável no estudo de desenvolvimento de tecnologias para a indústria química. **Química Nova**, v. 43, n. 10, p. 1538–1548, 2020.

UIS. **Global Investments in R&D - 2020**. 2020. Disponível em: <<http://uis.unesco.org/en/topic/research-and-development>>. Acesso em: 10 maio. 2022.

Recebido em: 15/07/2022

Aprovado em: 23/08/2022

Publicado em: 25/08/2022