



## **Avanços Digitais na Irrigação de Precisão: Uma Revisão Sistemática de Softwares para Pivôs no Estado de Goiás**

*Digital Advances in Precision Irrigation: A Systematic Review of Software for Farms in the State of Goiás*

*Avances digitales en riego de precisión: una revisión sistemática del software para pivotes en el estado de Goiás*

**Thalline Rodrigues da Silva**

Professor de Negócios e Gestão da Escola do Futuro do Estado de Goiás - Luiz Rassi, Aparecida de Goiânia, Brasil  
Doutoranda em Agronomia, Linha Solo e Água, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil  
thalline.ro@gmail.com

**Armando César Rodrigues de Lima**

Bolsista de Iniciação científica  
Armancezargoncalves27733@gmail.com

**Fernando Lima Alves**

Bolsista de Iniciação científica  
Lima2007.f@gmail.com



## RESUMO

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão sistemática sobre o uso de softwares aplicados à irrigação de precisão com pivôs centrais no estado de Goiás, focando na eficiência da gestão hídrica e nos avanços tecnológicos adotados na região. A metodologia utilizada incluiu a busca de publicações científicas nas bases de dados CAPES, SciELO, Web of Science e Springer, com critérios de inclusão bem definidos, visando selecionar artigos que abordam o uso de tecnologias de irrigação e seus impactos. Esta pesquisa preenche uma lacuna teórica ao explorar o uso de ferramentas digitais de irrigação, tema ainda pouco abordado no contexto agrícola de Goiás. Os resultados apontam que o uso de softwares para controle de pivôs centrais tem contribuído para o aumento da produtividade agrícola, a redução do consumo de água e energia, além de facilitar o monitoramento em tempo real das condições ambientais. As contribuições teóricas e metodológicas incluem a análise das tecnologias emergentes e a necessidade de adaptação dessas ferramentas às condições locais de solo e clima. Em termos de implicações sociais e ambientais, destaca-se o potencial dessas tecnologias em promover uma agricultura mais sustentável, com o uso otimizado dos recursos hídricos, porém, também se revela a necessidade de políticas que facilitem o acesso de pequenos e médios produtores a essas tecnologias, que ainda têm custo elevado.

**PALAVRAS-CHAVE** Irrigação de Precisão, Softwares Agrícolas, Gestão Hídrica

## ABSTRACT

*The objective of this study is to conduct a systematic review on the use of software applied to precision irrigation with central pivots in the state of Goiás, focusing on the efficiency of water management and the technological advancements adopted in the region. The methodology included searching for scientific publications in the CAPES, SciELO, Web of Science, and Springer databases, with well-defined inclusion criteria, aiming to select articles that address the use of irrigation technologies and their impacts. This research fills a theoretical gap by exploring the use of digital irrigation tools, a topic still underexplored in the agricultural context of Goiás. The results indicate that the use of software for controlling central pivots has contributed to increasing agricultural productivity, reducing water and energy consumption, and facilitating real-time monitoring of environmental conditions. The theoretical and methodological contributions include the analysis of emerging technologies and the need to adapt these tools to local soil and climate conditions. In terms of social and environmental implications, the potential of these technologies to promote more sustainable agriculture through optimized water resource use is highlighted. However, the need for policies that facilitate access to these technologies for small and medium-sized producers, who still face high costs, is also revealed.*

**KEYWORDS:** Precision Irrigation, Agricultural Software, Water Management

## RESUMEN

*El objetivo de este trabajo es realizar una revisión sistemática sobre el uso de softwares aplicados a la irrigación de precisión con pivotes centrales en el estado de Goiás, enfocándose en la eficiencia de la gestión hídrica y en los avances tecnológicos adoptados en la región. La metodología utilizada incluyó la búsqueda de publicaciones científicas en las bases de datos CAPES, SciELO, Web of Science y Springer, con criterios de inclusión bien definidos, con el fin de seleccionar artículos que aborden el uso de tecnologías de irrigación y sus impactos. Esta investigación llena un vacío teórico al explorar el uso de herramientas digitales de irrigación, un tema aún poco abordado en el contexto agrícola de Goiás. Los resultados indican que el uso de softwares para el control de pivotes centrales ha contribuido al aumento de la productividad agrícola, la reducción del consumo de agua y energía, además de facilitar el monitoreo en tiempo real de las condiciones ambientales. Las contribuciones teóricas y metodológicas incluyen el análisis de las tecnologías emergentes y la necesidad de adaptar estas herramientas a las condiciones locales de suelo y clima. En cuanto a las implicaciones sociales y ambientales, se destaca el potencial de estas tecnologías para promover una agricultura más sostenible mediante el uso optimizado de los recursos hídricos. No obstante, también se revela la necesidad de políticas que faciliten el acceso de pequeños y medianos productores a estas tecnologías, cuyo costo aún es elevado.*

**PALABRAS CLAVE:** Irrigación de Precisión, Softwares Agrícolas, Gestión Hídrica



## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil, detentor de uma das maiores extensões de terras agrícolas do mundo, tem vivenciado um acelerado avanço no setor agrícola durante o século XXI, impulsionado por seus vastos recursos naturais e pela robustez da sua indústria agropecuária (FAO, 2015).

É importante destacar que o agronegócio brasileiro desempenhou diversas funções essenciais para a economia do país. A partir da reorientação das políticas agrícolas na década de 1960, buscou-se aumentar a produtividade e mitigar problemas relacionados à escassez de alimentos, por meio da adoção de técnicas intensivas de cultivo (Leão et al., 2022). Essa estratégia, entretanto, resultou em maiores pressões sobre os recursos naturais, especialmente no Bioma Cerrado (Sano et al., 2010; Pilatti et al., 2022).

Conforme Diniz (2006), o crescimento populacional no Cerrado goiano manteve-se lento e instável até meados do século XX. Porém, a partir desse período, houve uma transformação significativa, impulsionada pela construção de Brasília e pela implementação do projeto de expansão rumo ao oeste, o que foi facilitado pela criação de uma rede nacional de rodovias, conectando as regiões Norte e Centro-Oeste ao restante do país.

Nesse mesmo contexto, surgiram políticas de incentivos fiscais, programas de colonização e a introdução de inovações tecnológicas, que contribuíram para a ocupação produtiva do Cerrado, caracterizado por vastas áreas planas e extensas fronteiras agrícolas (Galindo, 1995; Bertran, 1988; Monteiro Neto, 2000).

Sendo que, ao longo dos anos, o crescimento populacional tem provocado um aumento significativo na demanda por água, com grande parte desse recurso sendo direcionado para o setor agrícola (Wallace, 2000). No entanto, uma parcela da água aplicada ao solo não é efetivamente utilizada pelas plantas, sendo perdida em processos como lixiviação e evaporação (Rebouças, 2001).

Os sistemas de irrigação modernos, como os pivôs centrais, têm ganhado destaque nesse cenário devido à sua capacidade de distribuir água de maneira uniforme e eficiente em grandes áreas. Esses sistemas empregam tecnologia de precisão para monitorar e ajustar variáveis ambientais, promovendo melhores resultados no desenvolvimento das culturas. Apesar disso, a adoção de pivôs e outras tecnologias avançadas de irrigação ainda enfrenta desafios, especialmente devido ao alto custo de aquisição e manutenção, o que os torna inacessíveis para muitos pequenos produtores (Reis, 2015).

Buscando uma alternativa de menor custo, Giomo (2019) desenvolveu um sistema automatizado de irrigação por gotejamento em uma plantação de alface, utilizando um microcontrolador Raspberry Pi e sensores de umidade do solo, visando diminuir os custos e tornar a tecnologia mais acessível. A crescente demanda por pivôs e outros sistemas automatizados de irrigação reforça a necessidade de soluções mais acessíveis, especialmente para agricultores de menor porte.

O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão sistemática da literatura sobre os softwares e aplicativos utilizados na irrigação por meio de pivôs no estado de Goiás. A pesquisa visa identificar as tecnologias mais utilizadas e seus impactos na eficiência da irrigação e na



gestão dos recursos hídricos, contribuindo para o desenvolvimento de práticas mais sustentáveis e produtivas na agricultura goiana.

## 2 METODOLOGIA

A revisão da literatura é uma etapa essencial no desenvolvimento de pesquisas acadêmicas e científicas, pois desempenha um papel fundamental na prevenção da duplicação de estudos, além de permitir a reutilização de pesquisas em diferentes contextos e escalas, quando aplicável. Esse processo é crucial para identificar lacunas existentes na literatura e contribuir para a formulação de novos temas, problemas de pesquisa, hipóteses e metodologias inovadoras (Baek, 2018; Galvão, 2019).

No entanto, as revisões sistemáticas da literatura seguem uma abordagem mais detalhada e rigorosa em comparação às revisões tradicionais. Elas visam visitar de forma criteriosa e abrangente a produção científica disponível sobre um tema específico. Esse método envolve a definição de estratégias de busca estruturadas, que têm como objetivo localizar fontes relevantes de maneira criteriosa e abrangente (Cronin, Ryan & Coughlan, 2008; Routroy & Behera, 2017; Filippi, 2019).

O protocolo utilizado para a realização de uma revisão sistemática envolve várias etapas: (i) definição da questão de pesquisa; (ii) determinação dos critérios de inclusão e exclusão; (iii) seleção e acesso às fontes relevantes; (iv) avaliação da qualidade dos estudos incluídos; e (v) análise, síntese e disseminação dos resultados obtidos (Cronin, Ryan & Coughlan, 2008; Filippi, 2019).

No quadro 01, apresentada a seguir, descreve o desenvolvimento de cada uma dessas etapas no protocolo de revisão sistemática adotado neste estudo

Quadro 1. Etapas do protocolo de revisão sistemática

Etapas do protocolo	Desenvolvimento
<b>(i) Formulação da questão de pesquisa</b>	Quais os trabalhos já publicados que mencionam os softwares de irrigação com pivôs no Estado de Goiás?
<b>(ii) Estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão</b>	Os critérios de inclusão e exclusão utilizados nas buscas da literatura existente obedeceram às seguintes delimitações para obter materiais: (a) palavra-chave em inglês: <i>softwares AND irrigation AND pivot AND Goiás</i> ; (b) operadores booleanos: uso do AND; (c) apenas artigos completos em periódicos (exclusão de resumos, capítulos de livros, anais de eventos, editoriais, patentes etc.); (d) período de publicação: todo o período. (e) base de dados: <i>periódicos da CAPES, Scielo, Web os Science, e Springer</i> , em qualquer idioma.
<b>(iii) Seleção e acesso à literatura</b>	Artigos completos publicados nas bases de dados de acordo com os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos.
<b>(iv) Avaliação da qualidade da literatura incluída na revisão</b>	A partir das buscas e dos critérios estabelecidos no protocolo, foram encontrados inicialmente 4.134.060 artigos. Deste, apenas 03 artigos que abordavam ou mencionavam características do uso de aplicativos para irrigação.
<b>(v) Análise, síntese e disseminação dos resultados</b>	Tabela 1.

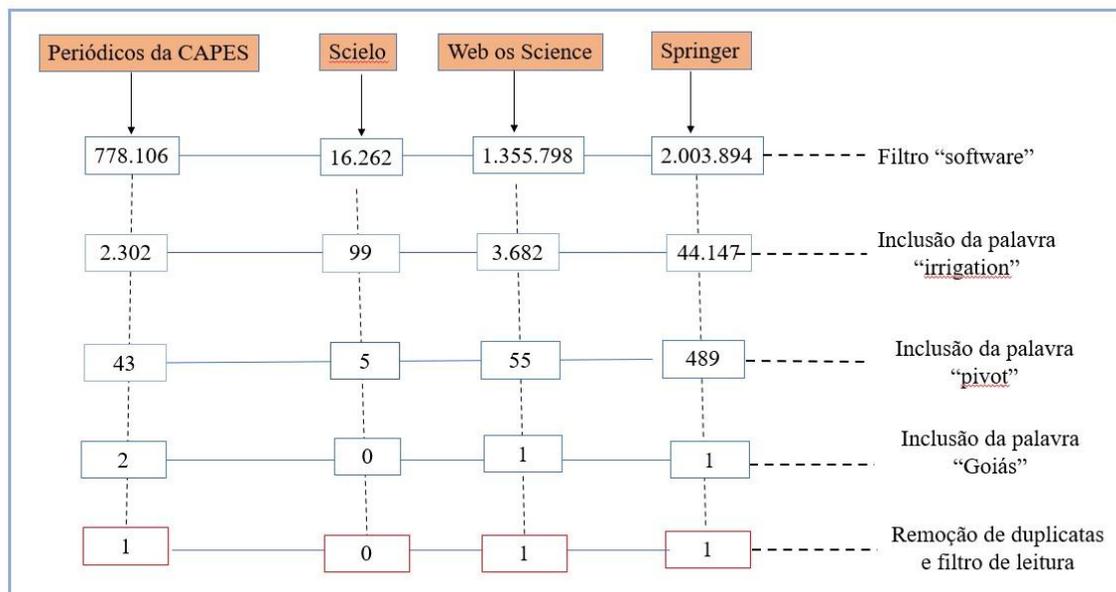
Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em Filippi, 2019.



### 3. RESULTADOS

Os resultados obtidos na revisão sistemática da literatura estão apresentados na Figura 1.

Figura 1. Sistematização do protocolo de pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor

A sistematização adotada para demonstrar os artigos relacionado ao tema desta pesquisa foi estabelecida com base nas seguintes informações: a base científica em que o trabalho foi identificado, o título, autor e ano de publicação do artigo, o periódico que o publicou e o assunto abordado pelo documento (Tabela 1).



Tabela 1. Artigos encontrados na Revisão Sistemática

Título	Design proposal of a wireless sensor and actuator network for irrigation, based on Internet of Things technology
Autor/Ano	Tovar-Soto <i>et al.</i> , 2022
Periódico	Investigación e Innovación en Ingenierías,
Assunto	O artigo aborda a proposta de design de uma rede de sensores e atuadores sem fio para irrigação, baseada na tecnologia da Internet das Coisas (IoT). O foco principal é a seleção de tecnologias IoT para monitoramento de umidade ambiental visando controlar a irrigação de culturas, com ênfase em testes e estudos realizados para validar a eficácia do sistema.
Base	Web of Science
Título	Desenvolvimento de software e hardware para irrigação de precisão usando pivô central
Autor/Ano	Tadeu M. de Queiroz, Tarlei A. Botrel, José A. Frizzone, 2008
Periódico	Engenharia Agrícola (Eng. Agríc.),
Assunto	Desenvolvimento de software e hardware para a irrigação de precisão utilizando sistemas de pivô central. O estudo foca na automação e melhoria da eficiência dos processos de irrigação por meio de inovações tecnológicas, como o uso de radiofrequência e microcontroladores para transmissão e monitoramento de dados.
Base	Periódicos da Capes
Título	Software para o design hidráulico de sistemas de irrigação por pivô central
Autor/Ano	Maiquel López-Silva, Dayma Carmenates-Hernández, Albi Mujica-Cervantes, Pedro Paneque-Rondón, 2018
Periódico	Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias
Assunto	O artigo apresenta o desenvolvimento do software CurvePivot 2.0 para o design hidráulico de sistemas de irrigação por pivô central. O software utiliza variáveis hidrogeológicas, hidráulicas, edáficas, agrônômicas e econômicas para otimizar o projeto de sistemas de irrigação, visando reduzir custos e aumentar a eficiência dos recursos hídricos e energéticos.
Base	SPRINGER

Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados do estudo conduzido por Queiroz, (2008) demonstraram que tanto o software quanto o hardware desenvolvidos para o monitoramento e controle da irrigação de precisão utilizando pivô central apresentaram um desempenho satisfatório. Os circuitos eletrônicos e os aplicativos testados funcionaram adequadamente, com destaque para a comunicação via radiofrequência, que alcançou um desempenho confiável em distâncias de até 50 metros.

No entanto, foi identificado que, para viabilizar a aplicação prática em grandes áreas irrigadas, seria necessário aumentar o alcance da comunicação entre os módulos de rádio. Os testes de laboratório indicaram a eficiência dos sistemas de monitoramento, embora ainda não tenham sido realizados experimentos em campo, o que limitou a avaliação de sua eficácia em condições reais de cultivo (Queiroz, et al., 2008).

López-Silva et al. (2018) destacam o desenvolvimento do software CurvePivot 2.0, que permite o design hidráulico de sistemas de irrigação por pivô central, considerando variáveis



como condições hidrogeológicas, hidráulicas, agrônômicas e econômicas. O software foi projetado com uma interface simples, facilitando seu uso por diferentes perfis de usuários. Além disso, o programa demonstrou eficiência na elaboração de projetos de irrigação de forma rápida e precisa, contribuindo para a redução de custos operacionais e de manutenção, especialmente no que diz respeito ao consumo de água e energia.

As funcionalidades do software, que incluem cálculos detalhados sobre o desempenho de bombas centrífugas, perdas de carga e pressão de trabalho, mostraram-se eficazes para aumentar a produtividade da irrigação e minimizar os impactos ambientais, oferecendo uma solução tecnológica significativa para a agricultura irrigada em condições reais de operação (López-Silva et al., 2018).

De acordo com Tovar-Soto et al. (2022), há uma demanda crescente por soluções acessíveis e de baixo custo para pequenos e médios agricultores em áreas rurais da região de Xinjiang, na China. O sistema de irrigação proposto foi desenvolvido para ser autossuficiente, utilizando painéis solares e baterias recarregáveis, com o objetivo de reduzir o consumo de energia. Além disso, o sistema é flexível, podendo ser adaptado a diversas culturas.

Por outro lado, Bartlett et al. (2014) destacam a importância da adoção de tecnologias para enfrentar a escassez de água, especialmente em regiões como o Colorado, onde o aumento da população tem intensificado a demanda por recursos hídricos. A ferramenta WISE, juntamente com seu aplicativo para smartphones, é apresentada como uma solução destinada a auxiliar agricultores, gerentes de irrigação e cientistas a otimizar o uso da água na produção agrícola. Nessas regiões semiáridas, a tecnologia é considerada uma ferramenta crucial para enfrentar os desafios relacionados à irrigação e à gestão eficiente da água.

León-Mostacero et al. (2017) apresenta o desenvolvimento e avaliação de um sistema de irrigação de precisão em pivô central, realizado no México entre 2011 e 2012. O sistema foi composto por componentes eletromecânicos e eletrônicos, incluindo a integração de GPS e a criação de um software de controle baseado em mapas de zonas homogêneas de irrigação. Entre os resultados, destaca-se que o sistema permitiu um controle eficiente das válvulas de irrigação com base no posicionamento geográfico, resultando em uma economia de 39,09% de água, comparado ao sistema convencional de pivô central. Além disso, a variação entre a quantidade de água aplicada e coletada foi de 8,41%, atribuída ao efeito do vento e ao atraso na atuação das válvulas. O sistema desenvolvido mostrou-se flexível e adaptável a qualquer equipamento de pivô central, sendo uma solução promissora para a irrigação agrícola de precisão.

O estudo, conduzido por Ferreira, Tormen e Andrade (2024), mostrou que as áreas irrigadas por pivô central aumentaram em 99,4% entre 2010 e 2020, na região Noroeste de Minas Gerais, houve uma redução significativa nas precipitações e nos fluxos dos rios ao longo dos anos, associada à expansão da irrigação por pivô central. Durante esse período, também foi registrado um declínio de até 14,4% nas precipitações desde 2012 e uma redução nos fluxos fluviais em todas as sub-bacias analisadas. Esses resultados indicam que o uso de informações desatualizadas para a definição de direitos de uso da água pode intensificar os conflitos na região.

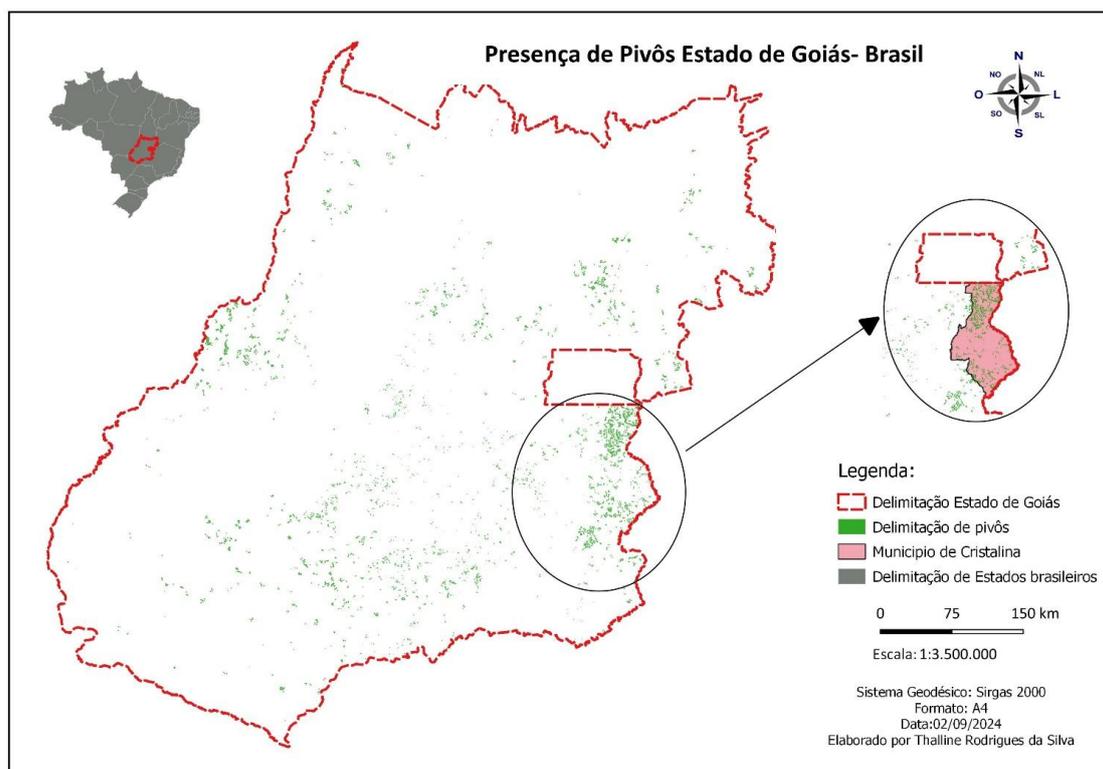
O estudo recomenda a implementação de políticas mais sustentáveis e o uso eficiente da água na agricultura para enfrentar os desafios atuais e futuros relacionados à escassez hídrica. A pesquisa também ressalta a necessidade de monitoramento hidroclimático contínuo

para assegurar uma gestão eficaz dos recursos hídricos e evitar o agravamento dos conflitos de uso da água na região (Ferreira et al., 2024).

Ao se observar o panorama local, a área objeto de estudo foi o Estado de Goiás, localizado de forma estratégica no centro do Brasil, facilitando sua conexão com outros estados. Com uma extensão territorial superior a 347 mil quilômetros quadrados, Goiás é caracterizado predominantemente pelo bioma cerrado, que cobre 97% de sua área, enquanto os 3% restantes são ocupados pelo bioma Mata Atlântica (Medeiros et al., 2009; SIEG, 2018), ( Figura 2).

Para a confecção da figura 02 foi utilizado o banco de dados do IBGE, além do MapBiomas coleção 8.0 para o ano de 2019. No qual, procedeu-se com uma análise de presença e aglomeração de pivôs no Estado de Goiás (Souza et al., 2020).

Figura 2. Presença de Pivôs no Estado de Goiás



Fonte: Elaborado pelo autor

O mapa evidencia uma concentração significativa de tecnologias de irrigação por pivô central no município de Cristalina, que se destaca como um polo de desenvolvimento agrícola no estado de Goiás. Cristalina está estrategicamente localizada próxima a Brasília, a capital federal, o que facilita o acesso a mercados consumidores e a infraestrutura logística, como rodovias e centros de distribuição.

Além disso, a proximidade de Cristalina com a região do Oeste Baiano, uma área também reconhecida pelo seu desenvolvimento agrícola, coloca o município em uma posição



privilegiada dentro de um corredor de produção agrícola que abrange Goiás, o Distrito Federal e o Oeste da Bahia. Essa localização estratégica contribui para a expansão das tecnologias de irrigação, como os pivôs centrais, que são essenciais para otimizar a produtividade em áreas agrícolas com grandes variações climáticas.

A alta concentração de pivôs de irrigação em Cristalina, conforme indicado no mapa, reflete não apenas a sua importância para a agricultura irrigada no Brasil, mas também o papel central que a tecnologia desempenha na maximização do uso dos recursos hídricos e na melhoria da eficiência produtiva em uma área de intensa atividade agrícola.

A revisão sistemática evidencia a relevância dessas tecnologias para otimizar a água em sistemas de irrigação, mas também aponta a necessidade de mais pesquisas voltadas para o planejamento eficiente do uso desses recursos.

## **CONCLUSÃO**

O uso de softwares aplicados à irrigação de precisão com pivôs centrais em Goiás apresenta grande potencial para melhorar a eficiência do uso da água e aumentar a produtividade das culturas. Contudo, há um desafio significativo relacionado à acessibilidade econômica dessas tecnologias, especialmente para pequenos e médios produtores. A revisão sistemática demonstrou que, embora existam soluções tecnológicas robustas, a adoção dessas ferramentas ainda é limitada. Assim, são recomendadas políticas de incentivo e estudos adicionais que busquem tornar essas tecnologias mais acessíveis e adaptadas às condições locais. O avanço tecnológico no campo da irrigação é essencial para garantir o uso sustentável dos recursos hídricos em regiões com grande dependência da agricultura irrigada, como Goiás.

O uso de softwares para irrigação de precisão, especialmente com pivôs centrais, representa uma ferramenta crucial para a modernização e sustentabilidade da agricultura no estado de Goiás. Os resultados da revisão sistemática evidenciam que essas tecnologias têm contribuído significativamente para a otimização do uso dos recursos hídricos, redução de desperdícios e aumento da produtividade agrícola. Além disso, a capacidade desses softwares de monitorar variáveis ambientais e ajustar a irrigação de forma precisa resulta em benefícios não apenas econômicos, mas também ambientais, promovendo uma agricultura mais sustentável.

Entretanto, o estudo também revelou importantes barreiras à adoção dessas tecnologias, principalmente em relação ao custo elevado e à complexidade de uso, fatores que limitam o acesso de pequenos e médios produtores rurais. Este é um desafio crítico, pois grande parte da agricultura goiana é composta por esses produtores, que enfrentam dificuldades em implementar soluções tecnológicas de alta precisão.

Diante disso, faz-se necessário o desenvolvimento de políticas públicas que incentivem a democratização dessas tecnologias, seja por meio de subsídios governamentais, linhas de crédito específicas, ou programas de capacitação técnica. Adicionalmente, novos estudos devem explorar alternativas mais acessíveis e adequadas à realidade local, como o desenvolvimento de softwares de código aberto ou o aprimoramento de tecnologias existentes com foco na redução de custos.

Portanto, o futuro da irrigação em Goiás depende não apenas da inovação tecnológica, mas também de esforços conjuntos entre setor público e privado para garantir que esses



avanços estejam ao alcance de todos os produtores. O sucesso na adoção de softwares de irrigação de precisão poderá consolidar Goiás como um polo agrícola ainda mais eficiente e sustentável, atendendo às demandas crescentes por alimentos e pela preservação dos recursos naturais.

## REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO

BAEK, S. et al. The most downloaded and most cited articles in radiology journals: a comparative bibliometric analysis. *European Radiology*, v. 28, n. 11, p. 4832–4838, 2018.

BARTLETT, A. C.; ANDALES, A. A.; ARABI, M.; BAUDER, T. A. A smartphone app to extend use of a cloud-based irrigation scheduling tool. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 111, p. 127-130, 2015.

CRONIN, P.; RYAN, F.; COUGHLAN, M. Undertaking a literature review: a step-by-step approach. *British Journal of Nursing*, v. 17, n. 1, p. 38-43, 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. Panorama de la inseguridad alimentaria en América Latina y el Caribe: La región alcanza las metas internacionales del hambre. Roma: FAO, 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i4636s.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2024.

FELFILI, J. M.; SILVA Jr., M. C. Biogeografia do bioma Cerrado: estudo fitofisionômico na chapada do espigão mestre do São Francisco. Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, 2001.

FRANÇA, M. O Cerrado e a Evolução Crescente da Agricultura Capitalista: A Experiência de Minas Gerais. 1984. Dissertação (Mestrado) – CEDEPLAR, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1984.

FILIPPI, A. C. G.; GUARNIERI, P.; CUNHA, C. A. Condomínios Rurais: revisão sistemática da literatura internacional. *Estudos Sociedade e Agricultura*, v. 27, n. 3, p. 525-546, out. 2019.

LEÓN-MOSTACERO, J. A.; GAVI-REYES, F.; FLORES-MAGDALENO, H.; ASCENCIO-HERNÁNDEZ, R.; FLORES-GARDEA, C. Desarrollo de un sistema de riego de precisión en un pivote central. *Tecnología y Ciencias del Agua*, v. 8, n. 4, p. 101-116.

LOPÉZ-SILVA, M.; CARMENATES-HERNÁNDEZ, D.; MUJICA-CERVANTES, A.; PANEQUE-RONDÓN, P. Software para o design hidráulico de sistemas de irrigação por pivô central. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, v. 27, n. 4, 2018. E-ISSN: 2071-0054.

MOURTZINIS, S. et al. Sifting and winnowing: Analysis of farmer field data for soybean in the US North-Central region. *Field Crops Research*, v. 221, p. 130-141, 2018.

QUEIROZ, T. M. de; BOTREL, T. A.; FRIZZONE, J. A. Desenvolvimento de software e hardware para irrigação de precisão usando pivô central. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 44-54, jan./mar. 2008.

REBOUÇAS, A. C. Água e desenvolvimento rural. *Estudos Avançados*, v. 15, n. 43, p. 327-344, 2001.

REIS, J. S. Sistema de controle aplicado à automação de irrigação agrícola. 2015. 73 p. Monografia (Graduação em Tecnologia em Automação Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

SOARES, F. A. A.; MARIN, F. R. Crop-specific technology extrapolation domains for Brazil. *Bragança*, v. 80, 2021.

SOUZA, C. et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, v. 12, n. 17, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs12172735>.



TOVAR-SOTO, J. P.; GARCÍA-NAVARRETE, O. L.; GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ, L. C. Design proposal of a wireless sensor and actuator network for irrigation, based on Internet of Things technology. **Revista Investigación e Innovación en Ingenierías**, v. 10, n. 1, p. 99-123, 2022.