

## **Análise temporal da evolução da área irrigada por pivô central, no município de Unai - MG**

Temporal analysis of the evolution of the area irrigated by the central pivot, in the municipality of Unai - MG

Análisis temporal de la evolución de la zona regada por pivote central, en el municipio de Unai - MG

Recebido: 02/07/2022 | Revisado: 19/07/2022 | Aceito: 22/07/2022 | Publicado: 28/07/2022

### **Hugo Mendes de Sousa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6776-4924>  
Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unai, Brasil  
E-mail: [tecagrihugomendes@gmail.com](mailto:tecagrihugomendes@gmail.com)

### **Arthur Moura Aquilino**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8321-3789>  
Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unai, Brasil  
E-mail: [arthurmouraaquilino2016@gmail.com](mailto:arthurmouraaquilino2016@gmail.com)

### **Marinaldo Loures Ferreira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8106-2793>  
Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unai, Brasil  
E-mail: [marinaldo79@gmail.com](mailto:marinaldo79@gmail.com)

### **Cláudia Aparecida Machado**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8694-3760>  
Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unai, Brasil  
E-mail: [ma.fra@uol.com.br](mailto:ma.fra@uol.com.br)

### **Francilene Lima Ferreira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1149-2234>  
Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unai, Brasil  
E-mail: [agronomafran@hotmail.com](mailto:agronomafran@hotmail.com)

### **Resumo**

O conhecimento da disponibilidade e da demanda de recursos hídricos para a irrigação, são um primeiro passo para dar segurança hídrica a região, sendo essencial para tomadas de decisões direcionadas a um planejamento hídrico eficiente e sustentável. Neste contexto, as geotecnologias, dentre elas, o geoprocessamento, tem proporcionado informações mais amplas, precisas e com maior agilidade, podendo auxiliar nas tomadas de decisões, principalmente pela capacidade e facilidade de trabalhar grandes áreas. O presente trabalho, tem como objetivo avaliar a expansão da área irrigada via sistema pivô central no município de Unai (MG) e sua relação com as sub-bacias que contribuem com os recursos hídricos no município, mediante técnicas de geoprocessamento. Foram utilizados a base de dados hidrológicos otocodificados da ANA, assim como, metadados referente a levantamentos de pivôs a nível Brasil, disponibilizados no portal do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Como resultado, constatou-se que o número de áreas irrigadas via pivô central em Unai, foi crescente e constante ao longo dos anos. Unai em 2010 contava com 43.589 hectares com pivô, houve um crescimento de 52,9% até o ano de 2019. Os métodos utilizados foram capazes de proporcionar informações valiosas, contribuindo para o conhecimento do uso hídrico na região de estudo, sendo fundamental para o planejamento e gestão dos recursos hídricos.

**Palavras-chave:** Agricultura irrigada; Geoprocessamento; Recursos hídricos.

### **Abstract**

Knowledge of the availability and demand of water resources for irrigation is a first step towards giving water security to the region, being essential for decision-making aimed at efficient and sustainable water planning. In this context, geotechnologies, among them, geoprocessing, have provided broader, more accurate, and faster information, and can help in decision making, mainly due to the ability and ease of working in large areas. The present work aims to evaluate the expansion of the irrigated area via the central pivot system in the municipality of Unai (MG) and its relationship with the sub-basins that contribute to water resources in the municipality, through geoprocessing techniques. The ANA ottocoded hydrological database was used, as well as metadata related to surveys of pivots at the Brazil level, made available on the portal of the National Information System on Water Resources (SNIRH). As a result, it was found that the number of irrigated areas via the central pivot in Unai, was increasing and constant over the years. In 2010, Unai

had 43,589 hectares with pivot, there was a growth of 52.9% compared to 2019. The methods used were able to provide valuable information, contributing to the knowledge of water use in the study region, and being fundamental for the planning and management of water resources.

**Keywords:** Irrigated agriculture; Geoprocessing; Water resources.

### Resumen

El conocimiento de la disponibilidad y demanda de recursos hídricos para riego es un primer paso para dar seguridad hídrica a la región, siendo esencial para la toma de decisiones orientadas a una planificación hídrica eficiente y sostenible. En este contexto, las geotecnologías, entre ellas, el geoprocésamiento, han proporcionado información más amplia, precisa y rápida, y pueden ayudar en la toma de decisiones, principalmente debido a la capacidad y facilidad de trabajar grandes áreas. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la expansión del área irrigada a través del sistema de pivote central en el municipio de Unaí (MG) y su relación con las subcuencas que contribuyen a los recursos hídricos en el municipio, a través de técnicas de geoprocésamiento. Se utilizó la base de datos hidrológica ocodificada por ANA, así como metadatos relacionados con estudios de pivotes a nivel brasileño, disponibles en el portal del Sistema Nacional de Información sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Como resultado, se encontró que el número de áreas irrigadas a través del pivote central en Unaí, fue aumentando y constante a lo largo de los años. En 2010, Unaí contaba con 43.589 hectáreas con pivote, hubo un crecimiento del 52,9% respecto a 2019. Los métodos utilizados fueron capaces de proporcionar información valiosa, contribuyendo al conocimiento del uso del agua en la región de estudio, siendo fundamental para la planificación y gestión de los recursos hídricos.

**Palabras clave:** Agricultura de regadío; Geoprocésamiento; Recursos hídricos.

## 1. Introdução

A prática da irrigação no mundo ocorre desde a pré-história, quando o homem desviava cursos d'água para irrigar suas plantações, compreendendo que a água, fonte essencial de sua sobrevivência, também era importante para manter as plantas saudáveis e mais produtivas (Rodrigues & Domingues, 2017; Testezlaf, 2017). O seu uso permite que os cultivos sejam intensificados, proporcionando um mecanismo de adaptação, permitindo terras que antes dependiam exclusivamente de precipitação, possam ser cultivadas através da aplicação suplementar ou total do recurso hídrico (Unesco, 2019). Fato este, contribui para a agricultura ser uma das atividades com maior demanda no consumo de água, sendo responsável por 72% de todas as captações de águas superficiais e subterrâneas mundiais (FAO, 2021). No Brasil, no entanto, a irrigação foi responsável por 50,0% das águas superficiais retiradas no ano de 2020 (ANA, 2021b), cuja área irrigada, dobrou, de 3,1 Mha em 1996 para 8,2 Mha em 2019 (Ana, 2021a).

Em um contexto geral, a agricultura irrigada se beneficia de vários métodos de irrigação (Testezlaf, 2017). Dentre eles, destaque para o pivô central, que está entre os mais populares e utilizados na agricultura Brasileira, cuja projeção para 2040 é de 4,2 milhões de hectares irrigados (ANA, 2021a). A sua versatilidade de uso em diversas culturas, adaptação a diferentes tipos de solos, associada à sua possibilidade de automação, fazem desta tecnologia uma atraente opção para os produtores, tornando-a a mais crescente nos últimos anos (FGV, 2016).

Devido à imensa taxa de crescimento dos sistemas de irrigação, em algumas regiões, os conflitos de uso da água são atribuídos a agricultura (Pousa *et al.*, 2019). Apesar de um arcabouço legal e vários estudos ao longo dos anos, o debate sobre os recursos hídricos, sua gestão, disponibilidade e adequação aos usos múltiplos, ainda é conduzido com lacunas de informações, principalmente técnico-científicas (Mantonani *et al.*, 2019). Portanto, o conhecimento da disponibilidade e da demanda de recursos hídricos para a irrigação, são um primeiro passo para dar segurança hídrica a região (Pousa *et al.*, 2019), sendo essencial para tomadas de decisões direcionadas a um planejamento hídrico eficiente e sustentável (Lima *et al.*, 2019).

Dada a complexidade da contínua expansão da irrigação brasileira, as geotecnologias figuram como as experiências recentes promissoras e com grandes possibilidades de aplicação (ANA, 2019). Portanto, o uso do geoprocésamento associado às geotecnologias tem proporcionado informações mais amplas, precisas e com maior agilidade (Matsushita, 2014). Sua aplicação permite a identificação de áreas potenciais para implantação de irrigação por pivô central (Barros *et al.*, 2020),

mapeamento de áreas irrigadas por pivô (Albuquerque *et al.*, 2020), dentre várias outras aplicações ao campo, fornecendo dados técnicos que auxiliam os produtores nas tomadas de decisões (Waldner *et al.*, 2021).

É fundamental o conhecimento a respeito dos recursos hídricos de uma região, assim como seu uso, no intuito de contribuir para políticas de gestão e fomentar a ampliação da agricultura irrigada, buscando aprimorar as relações entre o ambiente e a atividade agrícola. Unai se destaca como o segundo município com a maior área irrigada por pivôs centrais no Brasil, cerca de 71.573 hectares, contribuindo de forma significativa para o aumento e a estabilidade da oferta de alimentos no país (Guimarães & Landau, 2020). Diante deste contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a expansão da área irrigada via sistema pivô central no município de Unai (MG) e sua relação com as sub-bacias que contribuem com os recursos hídricos no município, mediante técnicas de geoprocessamento.

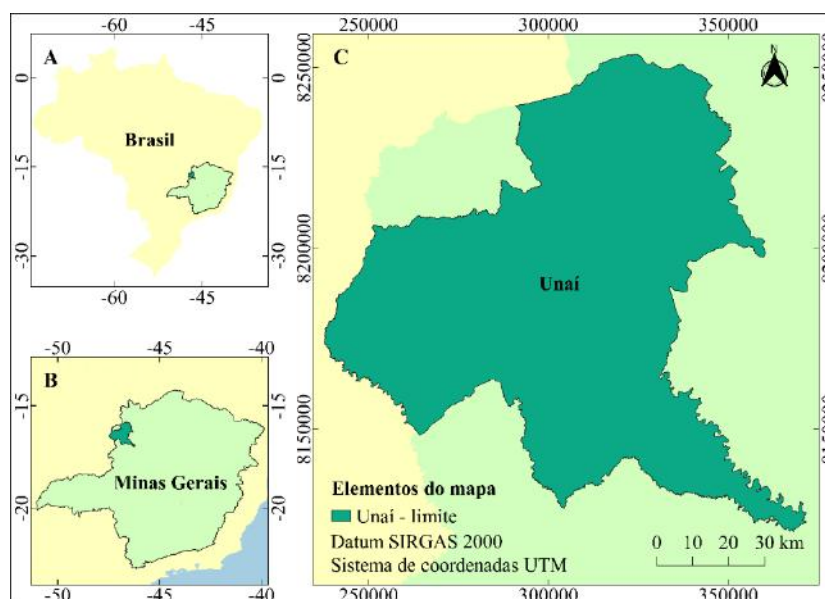
## 2. Metodologia

O método de abordagem deste estudo se caracteriza como pesquisa quantitativa, pois utiliza a verificação, a demonstração através de estatística e da lógica matemática (Aragão & Neta, 2017). Em relação aos procedimentos técnicos, é do tipo estudo de caso (Zambello *et al.*, 2018), e analisando os objetivos, essa pesquisa é exploratória (Pereira *et al.*, 2018).

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo corresponde ao município de Unai (Figura 1), localizado no Noroeste de Minas Gerais, no bioma Cerrado. Possui 8.448,08 km<sup>2</sup> de unidade territorial e população estimada em 84.378 habitantes no ano de 2019 (IBGE, 2019). Seu clima segundo Köppen (1948), é do tipo Aw, que corresponde ao clima tropical chuvoso, clima de savana, com predomínio de invernos secos. As temperaturas médias anuais oscilam entre 31°C, máxima, e 17°C, mínima. O regime pluviométrico da região caracteriza-se por um período chuvoso de outubro a março, com o período seco prolongando-se por cinco meses, de maio a setembro. A precipitação média anual está entre 1.400 e 1.500 mm (EPAMIG, 2014).

**Figura 1.** Mapa de localização. A) Localização de Minas Gerais. B) Município de Unai em Minas Gerais. C) Limite de Unai.



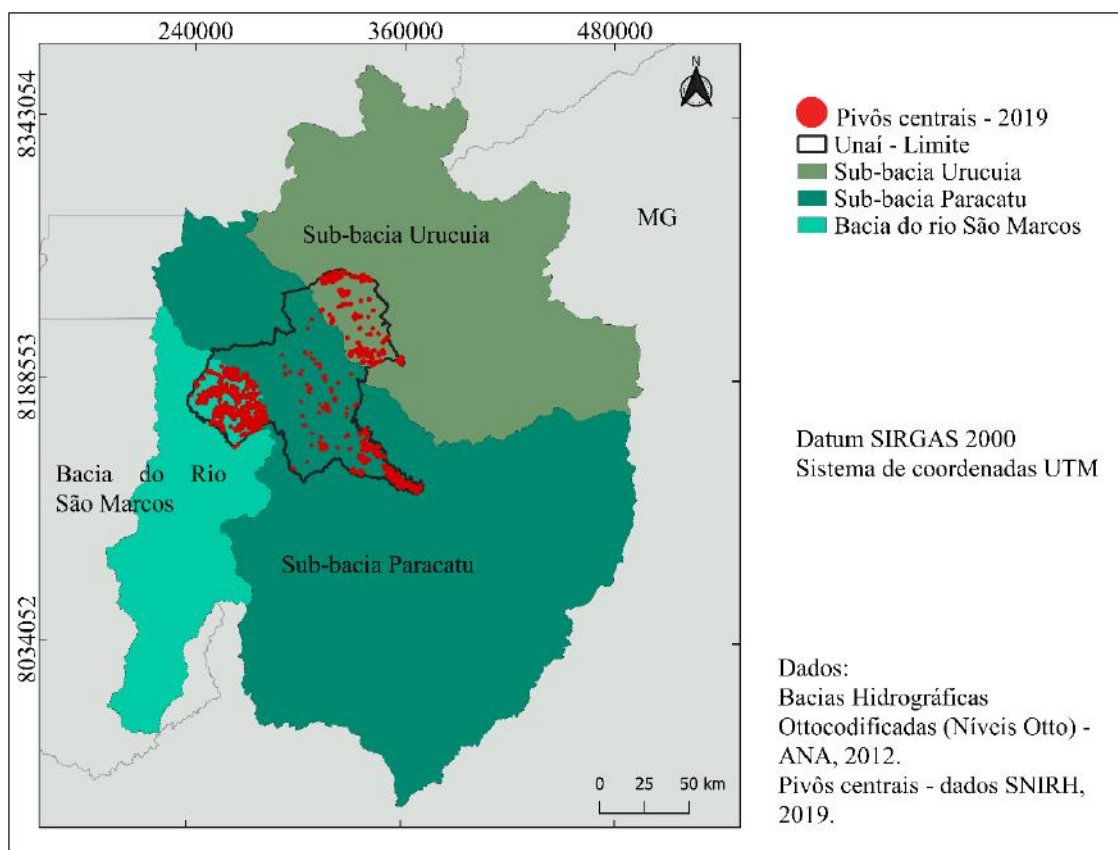
Fonte: Autores.

## 2.2 Evolução da área irrigada

Para cálculo da evolução da área irrigada por pivôs centrais, foi utilizado a base de dados hidrológicos otocodificados da ANA, ou seja, os limites das sub-bacias da área de estudo, assim como, metadados referente a levantamentos de pivôs a nível Brasil, disponibilizados no portal do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH, que é a base de disponibilização das informações sobre águas no Brasil.

Mediante o processamento dos arquivos vetoriais da ANA, foi analisado a evolução temporal dos pivôs na área de estudo para os anos 1985, 1990, 2000, 2005, 2010, 2014, 2017 e 2019, período este, que corresponde a base de dados do levantamento dos pivôs a nível Brasil, disponibilizado pelo SNIRH. Ademais, foi observado a evolução da área irrigada em relação a área de contribuição hídrica das sub-bacias que compõe o município. A Figura 2, no entanto, demonstra a distribuição dos pontos pivôs na área de estudo no ano de 2019, mediante as áreas de contribuição hídrica.

**Figura 2.** Mapa de localização. Localização das regiões hidrográficas.



Fonte: Autores.

Para a verificação dos mapas anuais referente a cada período de interesse, foi utilizado imagens de satélite da coleção Landsat 5, 7 e 8, obtidas no portal *United States Geological Survey – USGS* (USGS, 2022), e com o auxílio das bandas visíveis (RGB) e do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) gerado, as feições do pivô central foram digitalizadas ou apagadas de acordo com o reconhecimento nas imagens de cada ano proposto.

O NDVI é um índice de vegetação comum, proposto por Rouse *et al.* (1973) para monitorar a biomassa de culturas, e devido à sua facilidade de aplicação e bons resultados, é um dos índices de vegetação mais utilizados em estudos de sensoriamento remoto (Roznik *et al.* 2022). Podendo ser obtido de conforme a equação:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

Onde:

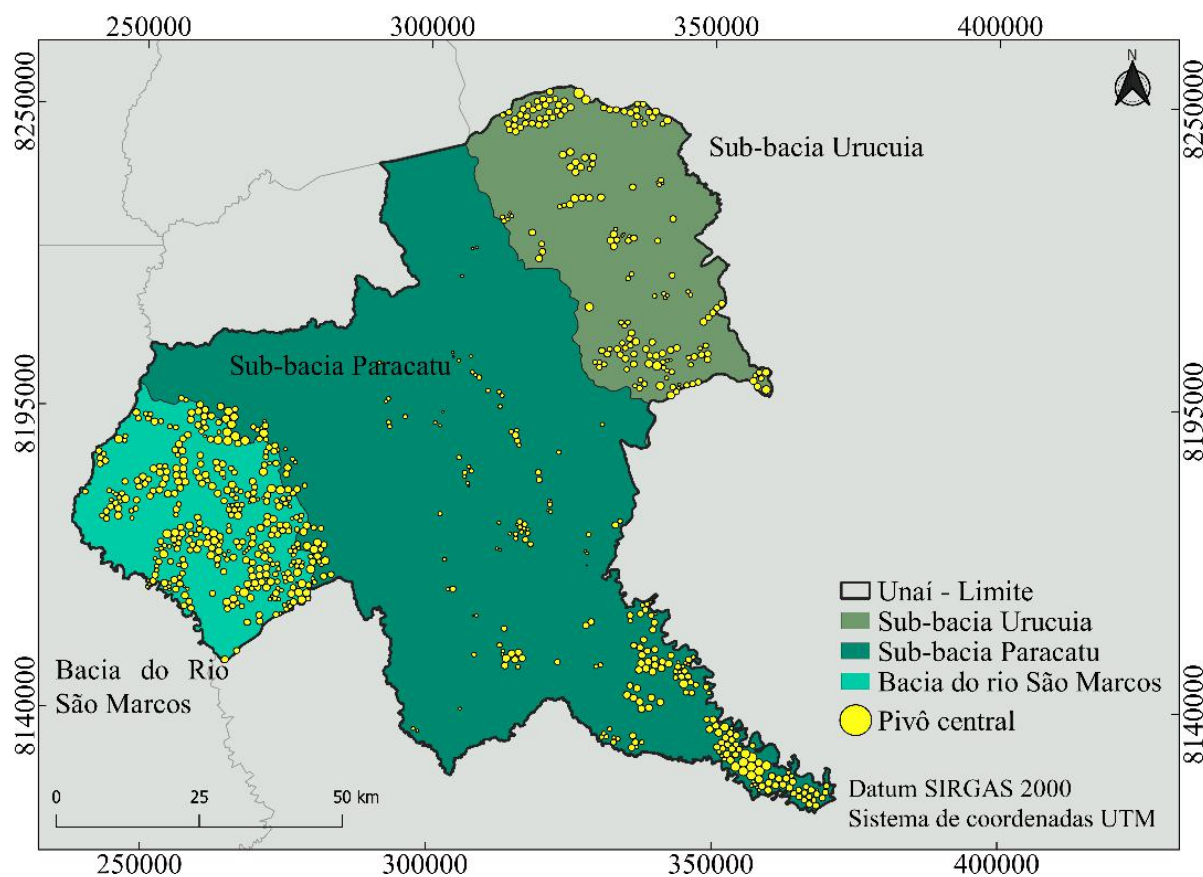
NIR é o Infravermelho Próximo; e

Red é a Radiação do Vermelho (Rouse *et al.* 1973).

### 3. Resultados e Discussão

A análise dos pivôs centrais no município de Unaí no ano de 2019 identificou 798 pontos pivôs em uma área de 66.637 hectares (Figura 3), sendo 352 pivôs instalados em áreas pertencentes a bacia do Rio São Marcos (30.324 hectares), 268 pivôs instalados na sub-bacia Paracatu (22.181 hectares) e 178 pivôs instalados na sub-bacia Urucuia (14.132 hectares).

**Figura 3.** Pivôs centrais instalados no município de Unaí no ano de 2019.

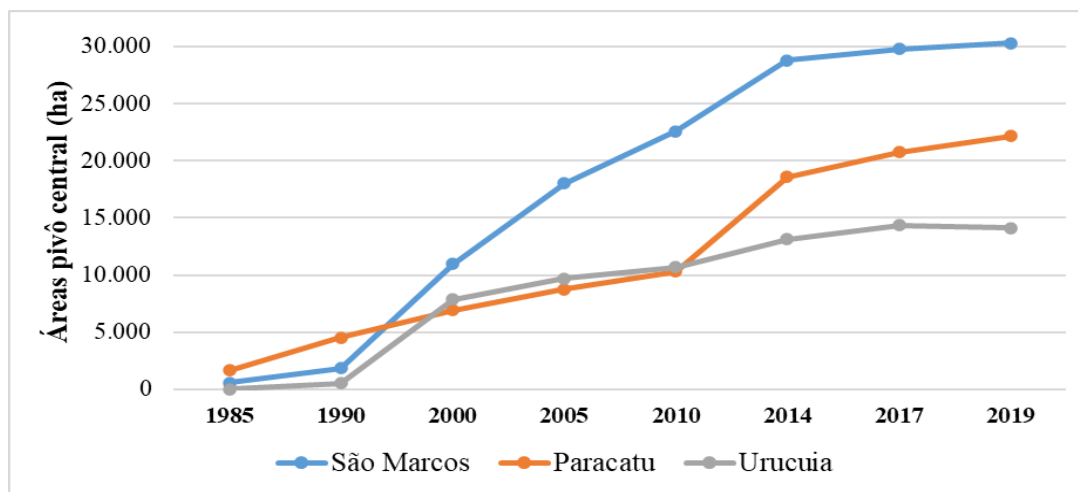


Fonte: Dados da pesquisa.

O estudo mostra que o crescimento de áreas irrigadas via pivô central em Unaí, foi crescente e constante ao longo dos anos (Figura 4). Unaí em 2010 contava com 43.589 hectares irrigadas com pivô central e em 2019 esse número foi 52,9% maior.



**Figura 4.** Evolução das áreas irrigadas em Unaí-MG ao longo dos anos, em relação as sub-bacias de contribuição hídrica.



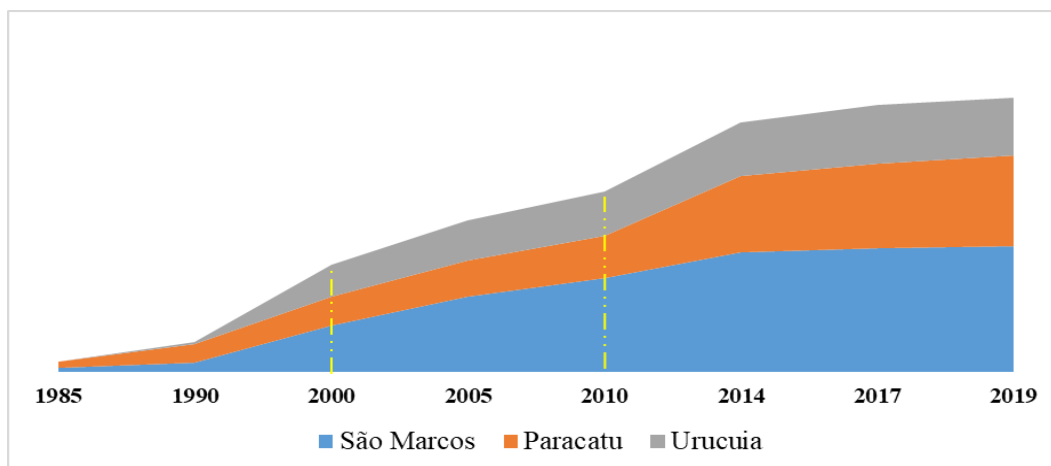
Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme visto na Figura 4, o destaque da evolução de áreas irrigada, foi a região da sub-bacia São Marcos, que teve um crescimento mais expressivo de 1995 a 2019 em relação as demais sub-bacias que contribuem com o recurso hídrico no município. A Sub-bacia do Rio São Marcos, além de Unaí, abrange parcelas dos Estados de Goiás e Distrito Federal, com uma área de 1.214.000 hectares, sendo limítrofe entre Cristalina e Unaí (Brunckhorst & Bias, 2014).

Em relação aos anos de 1985 a 1995, a região que se destacou em expansão de áreas irrigadas via pivô, foi a sub-bacia do Rio Paracatu. Fato este, relacionado aos projetos do governo brasileiro para desenvolvimento dos cerrados, neste caso, o projeto de colonização Paracatu Entre Ribeiros (PCPER I), iniciado em 1980 e pertencente ao Programa de Cooperação Nipo-Brasileiro para o Desenvolvimento Agrícola dos Cerrados – PRODECER (Pruski *et al*, 2007). A sub-bacia Paracatu está situada no Médio São Francisco e possui área de 4.560.000 hectares. Encontra-se quase totalmente na região Noroeste de Minas Gerais (92,3%), com pequenas áreas de topo adentrando no estado de Goiás (4,8%) e no Distrito Federal (3,0%) (Lima *et al*, 2019).

A Figura 5 apresenta a divisão temporal dos períodos com mudança significativa na expansão da irrigação na área de estudo. Observa-se, que a sub-bacia Urucuia, no qual, possui área de 2.597.520 hectares, apresentou uma expansão gradativa, porém, menos intensiva quanto as demais. No ano 2000 a 2010, houve um crescimento de 2.838 hectares, o que corresponde à 36% das áreas irrigadas via pivô central, valor este, próximo da evolução de 2010 a 2019, 3.422 hectares, cerca de 32%. As demais bacias, o comportamento variou significativamente, pois, a sub-bacia do Rio São Marcos evoluiu 11.591 hectares de 2000 a 2010, cerca de 105% de áreas irrigadas e 7.746 hectares de 2010 a 2019, o que corresponde à 34%, enquanto a sub-bacia do Rio Paracatu foi o inverso, cresceu cerca de 3.352 hectares de áreas irrigadas de 2000 a 2010, o que representa 48% e 11.880 hectares de 2010 a 2019, correspondendo a 115%.

**Figura 5.** Divisão temporal da evolução das áreas irrigadas em Unaí-MG por sub-bacia de contribuição hídrica.



Fonte: Dados da pesquisa.

Este crescimento da irrigação via pivô em Unaí, se deve a vários fatores, um deles, é o fato de o clima ser caracterizado, pela existência de duas estações bem definidas e distintas, uma seca, de maio a setembro, e outra chuvosa, de outubro a abril, tornando a irrigação uma prática fundamental para a produção agrícola durante o período seco (Albuquerque & Silva, 2008), e outro fato, são as características físicas do município, que possui 60% de sua área plana, 25% ondulada e 15% montanhosa (PMU, 2022), apresentando chapadas com altitudes entre 800 m e 1.000 m, onde são encontrados os solos com características de latossolos e as chapadas que possuem cotas de 600 m a 800 m, com a presença dos Latossolos, Neossolos e, com menor expressão, Cambissolos (EPAMIG, 2014). Também apresenta superfícies com formas aplainadas e superfícies onduladas, variando entre 500 m a 600 m de altitude, regionalmente, chamada de vão (CETEC, 1983).

A evolução da área irrigada na área estudo, demanda muito dos recursos hídricos das sub-bacias de contribuição. O município possui uma vazão média outorgada de  $54,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  de água sob dominialidade da ANA, e deste total,  $49,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  são destinados a irrigação por pivô central, representando 90,7% do total outorgado provenientes de captações superficiais (Ferreira *et al.*, 2021). Devido à diminuição das chuvas e dos recursos hídricos, os limites de concessão dos recursos hídricos podem ser atingidos com uma frequência muito maior do que o planejado (Pousa *et al.*, 2019), podendo causar conflitos, caso, não haja um estudo eficiente, assim como, um uso mais racional.

A situação na bacia do Rio São Marcos (Figura 3) prenuncia problemas potenciais. É muito provável, que pequenos rios desta sub-bacia estejam atualmente enfrentando um cenário de estresse hídrico. A concentração de 352 pontos pivôs instalados, já limitou a emissão de novas outorgas de recursos hídricos (Ferreira *et al.*, 2021).

#### 4. Considerações Finais

Os resultados demonstram que o uso de técnicas de geoprocessamento é uma poderosa ferramenta para caracterizar o cenário de irrigação em uma região. Nesse trabalho, permitiu evidenciar que o município de estudo, teve uma evolução gradativa de áreas irrigadas ao longo dos anos, sendo mais expressivo no período que compreende o ano de 2010 a 2019. Portanto, o uso das geotecnologias no meio agrícola fornece informações qualitativas e quantitativas, promovendo um planejamento mais técnico, contribuindo para tomadas de decisões mais assertivas.

Sugere-se para trabalhos futuros, uma análise dos recursos hídricos do município em termos de demanda e disponibilidade, para correlacionar com os dados da evolução da área irrigada apresentada neste estudo.

## Referências

- Agência Nacional de Águas (2019). *Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil (1985 – 2017)*. Brasília: ANA, 47 p.
- Agência Nacional de Águas (2021a). *Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada*. Brasília: ANA, 47 p.
- Agência Nacional de Águas (2021b). *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: informe anual / Agência Nacional de Águas*. Brasília: ANA, 100 p.
- Albuquerque, A. O., de Carvalho Júnior, O. A., Carvalho, O. L. F. D., de Bem, P. P., Ferreira, P. H. G., de Moura, R. D. S., Silva, C. R., Trancoso Gomes, R. A., & Fontes Guimarães, R. (2020). Deep Semantic Segmentation of Center Pivot Irrigation Systems from Remotely Sensed Data. *Remote Sensing*, 12(13), 2159.
- Albuquerque, S. C., & Silva, G. S. da. (2008). *Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 700p.
- Aragão, J. W. M., & Neta, M. A. H. M. (2017). *Metodologia Científica*. UFBA.
- Barros, A. C., Minihoni, R. T. A., Lima, A. A., & Barros, Z. X. (2020). Identificação de terras potenciais para irrigação por pivô central mediante técnicas de geoprocessamento. *Brazilian Journal of Development*, 6(5), 32329-32343.
- Brunckhorst, A., & Bias, E. de S. (2014). Aplicação de SIG na Gestão de Conflitos Pelo Uso da Água na Porção Goiana da Bacia Hidrográfica do Rio São Marcos, Município de Cristalina – GO. *Geociências*, 33 (2), 228-243.
- Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (2014). Solos e avaliação do potencial agrossilvipastoril das microrregiões Paracatu e Unai - Minas Gerais. Belo Horizonte: EPAMIG, 106 p.
- Ferreira, M. L., Andrade, A. M., & Santiago, W. E. (2021). Consumption grants: water analysis in the Municipality of Unai – MG. *Research, Society and Development* 10 (4), e1610413858.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2021). *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture – Systems at breaking point (SOLAW 2021)*. Rome: FAO Water Reports.
- Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (1983). *Diagnóstico ambiental do estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: CETEC.
- Fundação Getúlio Vargas (2016). *Estudo sobre eficiência do uso da água no Brasil: Análise do Impacto da Irrigação na Agricultura Brasileira e Potencial de Produção de Alimentos Face ao Aquecimento Global*. Relatório Técnico, EESP-FGV.
- Guimarães, D. P., & Landau, E. C. (2020). *Georreferenciamento dos Pivôs Centrais de Irrigação no Brasil: Ano Base 2020*. Embrapa Milho e Sorgo.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019). *Território e ambiente*. Rio de Janeiro: IBGE.
- Köppen, W. (1948). *Climatologia: con un studio de los climas de la tierra*. México: Fondo de Cultura Económica, 479 p.
- Lima, E. P., Andrade, R. G., Sedyama, G. C., & Bof, L. H. N. (2019). Temporal-spatial Control of the difference between Precipitation and Evapotranspiration in Paracatu Sub-basins. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 6 (6), 617-622.
- Mantovani, E. C., Júnior, A. G. S., Costa, M. H., Marques, E. A. G., Júnior, G. C. S., & Pruski, F. F. (2019). *Relatório Final: Estudo do Potencial Hídrico da Região Oeste da Bahia: Quantificação e Monitoramento da Disponibilidade dos Recursos do Aquífero Urucua e Superficiais nas Bacias dos rios Grande, Corrente e Carinhanha*. UFV, 359 p.
- Matsushita, M. S. (2014). *Trabalhos da Extensão Rural com uso de Geoprocessamento*. Curitiba: Instituto Emater, 439 p.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. UAB/NTE/UFMS.
- Pousa, R., Costa, M. H., Pimenta, F. M., Fontes, V. C., Britoe, V. F. A., & Castro, M. (2019). Climate Change and Intense Irrigation Growth in Western Bahia, Brazil: The Urgent Need for Hydroclimatic Monitoring. *Water*, 11 (5), 933.
- Prefeitura Municipal de Unai. *Aspectos físicos*. <<http://www.prefeituraunai.mg.gov.br/pmu/index.php/2012-12-21-16-56-25/aspectos-fisicos.html>>.
- Pruski, F. F., Rodriguez, R. D. G., Novaes, L. F. D., Silva, D. D. D., Ramos, M. M., & Teixeira, A. D. F. (2007). Impacto das vazões demandadas pela irrigação e pelos abastecimentos animal e humano, na bacia do Paracatu. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 11, 199-210.
- Rodrigues, L. N., & Domingues, A. F. (2017). *Agricultura irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável*. Brasília: INOVAGRI.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite). Anais... Third Earth Resources Technology Satellite Symposium, Greenbelt, MD, NASA (National Aeronautics and Space Administration), p. 309-317.
- Roznik, M., Boyd, M., & Porth, L. (2022). Improving crop yield estimation by applying higher resolution satellite NDVI imagery and high-resolution cropland masks. *Society and Environment*, 25, 100693.
- Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (2019). *Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil*. Banco de dados SNIRH. <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/e2d38e3f-5e62-41ad-87ab-990490841073>
- Testezlaf, R. (2017). *Irrigação: métodos, sistemas e aplicações*. Campinas: Unicamp/FEAGRI.



United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2019). *The United Nations World Water Development Report 2019: Leaving No One Behind*. Paris: UNESCO.

United States Geological Survey (2022). Earth Explorer, USGS. <https://earthexplorer.usgs.gov>

Waldner, F., Diakogiannis F. I., Batchelor, K., Ciccotosto-Camp, M., Cooper-Williams, E., Herrmann, C., Mata, G., & Toovey, A. (2021). Detect, Consolidate, delineate: Scalable Mapping of Field Boundaries Using Satellite Images. *Remote Sensing*, 13(11), 2197.

Zambello, A. V., Soares, A. G., Tauil, C. E., Donzelli, C. A., Fontana, F., & Chotolli, W. P. (2018). *Metodologia da pesquisa e do trabalho científico*. FUNEPE.