IMAGENS CBERS4A PARA O MAPEAMENTO DE AGRICULTURA IRRIGADA EM SÃO DESIDÉRIO, BAHIA

Paloma Santana Marinho Cerqueira[1], João Pedro Meireles de Almeida[1], Alex Mota dos Santos[1], Carla Valéria da Silva Padilha[1] e Fabrizia Gioppo Nunes[2]

[1] Universidade Federal do Sul da Bahia, Campus Jorge Amado, Itabuna/BA, palomamarinho.loma@gmail.com; joaopedromeirelesdealmeida@gmail.com; alexmota@gfe.ufsb.edu.br; carlavaleria@gfe.ufsb.edu.br e [2] Universidade Federal de Goiás, Campus Samambaia, Goiânia/GO, fabrizia@ufg.br.

Resumo

O mapeamento de áreas agrícolas irrigadas é essencial por permitir a estimativa da produção e a gestão eficiente dos recursos hídricos. O objetivo deste artigo é analisar o desempenho das imagens do CBERS-4A no mapeamento da agricultura irrigada em um município da porção oeste do estado da Bahia, Brasil. A metodologia contemplou o processamento digital de imagens do sensor WPM do CBERS-4A, de 2024, por meio de fusão, classificação e análise de performance em Sistema de Informação Geográfica. Os resultados revelaram que as imagens são valiosas para mapear áreas agrícolas irrigadas, com uma precisão geral de 92%. As classes de uso, como áreas de cultivo recente e pivô-central em fase de germinação, apresentaram as maiores acurácias. Foi possível identificar diversos estágios da fenologia dos cultivos agrícolas, como preparo dos solos, área de cultivo recente irrigado, crescimento e desenvolvimento, e pousio.

Palavras-chave — Irrigação, sensoriamento remoto, classificação de imagens, recursos hídricos.

Abstract

The mapping of irrigated agricultural areas is essential as it allows for the estimation of production and the efficient management of water resources. The aim of this article is to analyze the performance of CBERS-4A imagery in mapping irrigated agriculture in a municipality in the western region of the state of Bahia, Brazil. The methodology included the digital processing of images from the WPM sensor of CBERS-4A, from 2024, through fusion, classification, and performance analysis in a Geographic Information System. The results revealed that the images are valuable for mapping irrigated agricultural areas, with an overall accuracy of 92%. The land use classes, such as recently cultivated areas and central pivot fields in the germination phase, showed the highest accuracies. It was possible to identify various stages of crop phenology, such as soil preparation, recently irrigated cultivation areas, growth and development, and fallow.

Key words — *Irrigation, remote sensing, image classification, water resources.*

1. INTRODUÇÃO

O mapeamento de áreas agrícolas irrigadas é essencial por permitir a estimativa da produção e a gestão eficiente dos recursos hídricos. Assim, o uso de imagens de sensoriamento remoto tem sido recorrente para esse fim [1], [2]. No Brasil, país de extensão continental, o mapeamento da área agrícola é um desafio que vem sendo superado por meio do uso de imagens de satélite. Na Bahia, o município de São Desidério, no oeste do estado, é um dos maiores polos agrícolas do país, com destaque para extensa produção de grãos como soja, milho e algodão. Desde a década 1980, o oeste da Bahia tem-se firmado como um dos principais polos de produção de grãos no Brasil, isso se deve ao avanço tecnológico e as políticas públicas, que incentivaram a compra de terras por meio de subsídios e condições de financiamentos a juros baixos, bem como do auxílio do governo na implantação do novo modelo agrícola, voltado ao agronegócio [3]. A região se caracteriza pelo uso intensivo da irrigação, devido ao baixo índice de precipitações, maiores níveis nos meses de novembro a janeiro, sendo o clima seco predominante na região [4].

Nesse cenário, o mapeamento das áreas irrigadas é fundamental para avaliar a distribuição e o impacto do uso da água na agricultura, auxiliando na formulação de políticas de gestão sustentável dos recursos hídricos [5]. A irrigação é uma estratégia crucial para manter a competitividade agrícola, especialmente diante das mudanças climáticas e da crescente demanda global por alimentos.

De acordo com o relatório da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura [6], a insegurança alimentar permanece alta no mundo. Nos últimos 4 anos os índices obtiveram alterações razoáveis. Estima-se que 8,9% a 9,25% da população mundial, pode ter enfrentado a fome em 2023 [6]. Portanto, com o crescente aumento da população, cresce também a necessidade da produção de alimentos.

Por outro lado, a ampliação das áreas irrigadas gera desafios em relação à gestão eficiente dos recursos hídricos e à sustentabilidade ambiental [7]. O mapeamento detalhado dessas áreas, por meio de tecnologias de sensoriamento remoto, possibilita o monitoramento do uso da água, a identificação de padrões de cultivo e a avaliação do impacto das práticas agrícolas na região.

As análises de desempenho do uso de imagens de sensoriamento remoto têm sido recorrentes [8], [9]. [illegible] arece de investigações sobre o uso

específico do CBERS4A para mapeamento de áreas agrícolas.

Assim, este trabalho tem como o objetivo analisar o desempenho das imagens do CBERS4A no mapeamento da agricultura irrigada no município de São Desidério, Mesorregião Oeste Baiano, estado da Bahia, Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é o município de São Desidério, localizado na porção oeste do estado da Bahia (Figura 1). A determinação dessa área se deve ao fato de que o município possui a maior área de cultivos agrícolas do estado. O oeste da Bahia, é um exemplo clássico de uma região onde o crescimento intenso da irrigação levou à situações agudas de estresse hídrico em algumas pequenas bacias hidrográficas [10]. Esse cenário tende a ser potencializado, cada vez mais, com a expansão da agricultura nessa área. Consequentemente, a demanda por sistemas de irrigação, nessa região, aumentou 150 vezes de 1985 a 2016 [11].

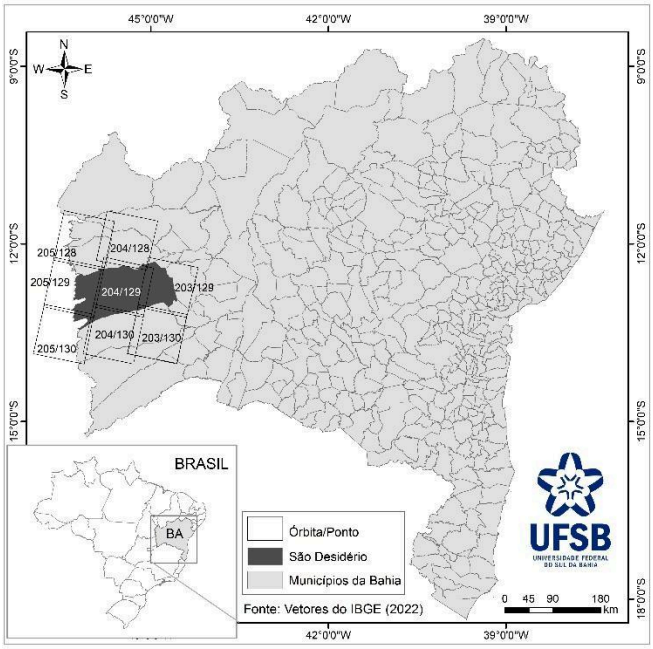

Figura 1. Localização da área de estudo, com indicação das órbitas/pontos utilizados.

O crescimento da área de cultivos na porção oeste da Bahia, e também em outras regiões centrais do Brasil, se deve às excelentes condições para as atividades agrícolas, como topografia plana, disponibilidade de água superficial e subterrânea e infraestrutura de energia [11]. Frente a esse cenário de expansão da área agrícola já se observa redução da vazão dos rios em algumas estações de fluxos [11].

2.1. Procedimentos Metodológicos

Para o mapeamento foram utilizadas as imagens do *China-Brazil Earth-Resources Satellite* (CBERS), versão 4A, Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM), Banda P, Pancromática (PAN) e Bandas 1, 2, 3 e 4, Multiespectrais (MS). As imagens são referentes às cenas órbitas/ponto: 203/129; 203/130; 204/128; 204/129; 204/130; passagem em 25 de julho (órbita 203); 15 de agosto (órbita 205) e 20 de agosto (órbita 204) do ano de 2024.

A efetividade do uso das imagens do sensor WPM do CBERS4A, para mapeamento de áreas agrícolas irrigadas, foi realizada sob duas perspectivas: A utilidade das imagens do sensor WPM do CBERS4A, para o mapeamento de áreas agrícolas irrigadas, foi avaliada sob duas perspectivas: a análise do Processamento Digital de Imagens (PDI) pelo método 'tradicional', em Sistema de Informação Geográfica (SIG), e a comparação deste resultado com o mapeamento sistemático do MapBiomas. Foi aplicada a técnica de fusão de imagens no *software* QGIS, versão 3.34.10, *i.pansharpen,* método *Intensity*, *Hue* e *Saturation* (IHS). Nesta abordagem, a técnica de fusão mescla os detalhes espaciais da banda pancromática (PAN) aos detalhes espectrais das bandas multiespectrais (MS) para produzir uma imagem fusionada com melhorias das resoluções espacial e espectral [12].

Na sequência, foi realizada a classificação de imagem pelo método da Máxima Verossimilhança (MaxVer) com base em 2.111 amostras coletadas na forma pontual. O método MaxVer tem sido amplamente utilizado em análises de Processamento Digital (PDI) aplicadas ao sensoriamento remoto de aplicação recorrente, quando se trata de análises por SIG, para PDI de sensoriamento remoto [13].

A definição das classes de uso e cobertura foi realizada a partir da experiência de campo na área de estudo, em que se observou o estágio de crescimento das plantas e foram assim classificadas: cultivo irrigado, cultivo irrigado em crescimento e desenvolvimento, solo exposto, savanas, nuvem, sombra, água, mata de galeria, agricultura em pousio, área úmida, agricultura em cultivo recente, uso misto, savana rala, pastagem e agricultura em pivô em fase de germinação.

A verificação da performance do processo de classificação foi efetuada pela ferramenta *Accuracy Assessment of Thematic Maps* (AcATaMa), no QGIS, versão 3.28.3 [3]. No AcATaMa utilizou-se o método de avaliação de 150 amostras estratificadas em proporcionalidade com sua presença na imagem. Por fim, foi realizada a análise quantitativa das classes de usos e coberturas das terras pelo plugin *r.report*, também do QGIS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A imagem fusionada é apresentada na Figura 3 com destaque para as áreas agrícolas em sistemas de pivô de irrigação. A imagem permite um melhor detalhe das áreas agrícolas, se comparada com as imagens multiespectrais brutas, mas também do seu estágio fenológico. Como as plantas têm exigências diferentes de água nas diferentes fases fenológicas [15], a identificação da área irrigada pode servir para cálculo da estimativa do consumo de água a partir da definição das necessidades do cultivo [16]. Apesar disso, há limitações no uso dessas bandas já que são de sensor passivo, sujeito às influências das condições de nebulosidade [16].

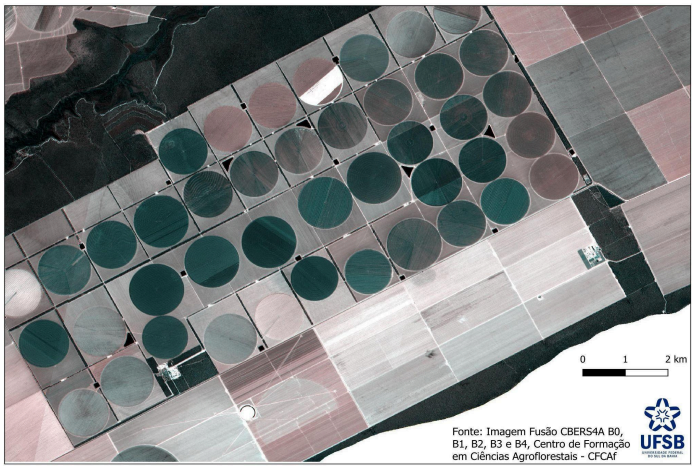

Figura 2. Imagem fusão CBERS4A.

As imagens do sensor WPM possibilitaram a distinção de 15 classes de uso e de cobertura das terras no município de São Desidério (Figura 4). No que se refere às classes de uso, associadas às áreas agrícolas, foi possível identificar estágios diversos da fenologia dos cultivos agrícolas (preparo dos solos, área de cultivo recente irrigado, área de cultivo em crescimento e desenvolvimento, agricultura em pivô - germinação e pousio). Esse nível de classificação não é apresentado em outros produtos de cartografia do uso da terra produzidos para o país, a exemplo do MapBiomas que utiliza imagens dos programas Landsat e Sentinel

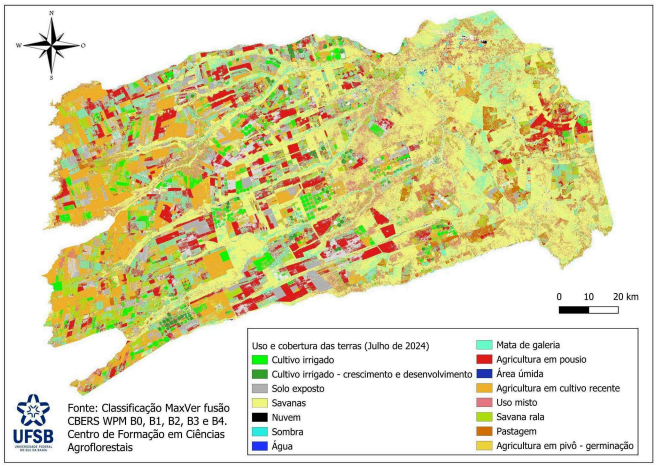

Figura 3. Classificação de uso e cobertura da terra.

Portanto, as imagens CBERS 4A permitem detalhes adicionais no mapeamento de áreas agrícolas. Isso se torna mais relevante, pois o acesso às imagens CBERS é gratuito. Ademais, devido a sua órbita polar, o que permite revisitar a mesma área da Terra com frequência, as imagens CBERS 4A são úteis para monitorar as variações em áreas agrícolas. Essa análise pode ser utilizada ainda para identificar a data de início de crescimento da planta, o que possibilita estimar o período de plantio utilizado pelos agricultores, que por sua vez, pode ser relacionado com dados de produtividade das culturas [18].

Ainda segundo [19], a partir da observação destas relações de produtividades, ao longo de diversos anos, e em diferentes regiões, poder-se-ia fornecer recomendações mais específicas, dependendo da localização das parcelas. Ademais, esses dados resultam em informações estratégicas de mercadológica, refletindo em ações futuras para determinada cultura [20].

A avaliação de precisão da classificação revelou Precisão Geral, de 92%, considerando as 150 amostras estratificadas aleatoriamente. Nesse processo, a classificação das áreas úmidas resultou em valores mais baixos de performance. A quantificação das áreas ocupadas pelas classes de uso e cobertura das terras revelou o predomínio de cultivos agrícolas, 40,91% da área total do município de São Desidério (Tabela 1). Apesar disso, as savanas ocupam 34,82% da área total do município.

Classes de uso e cobertura da terra	Área da classe	Porcentagem %
Abstenção (não classificado)	0.669	0.004
Nuvem	4.198	0.028
Água	14.052	0.093
Área Úmida	16.413	0.108
Sombra	18.566	0.122
Cultivo Irrigado - Crescimento e Desenvolvimento	116.498	0.769
Savana Rala	374.209	2.469
Agricultura em Pivô - Germinação	459.555	3.032
Solo exposto	480.570	3.171
Cultivo Irrigado	1072.645	7.077
Mata de Galeria	618.173	4.079
Pastagem	827.924	5.462
Uso Misto	1027.309	6.778
Agricultura em Pousio	2810.230	18.541
Agricultura em Cultivo Recente	1743.128	11.501
Savanas	4904.656	32.360
Área total do município	**15156.712**	100.000

Tabela 1. Dados quantitativos da análise de cobertura e uso da terra no município de São Desidério, estado da Bahia.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As imagens do CBERS-4A, sensor WPM, permitiram a identificação das áreas irrigadas com pivô-central, além do reconhecimento dos diferentes estágios fenológicos dos cultivos agrícolas. A precisão geral obtida de 92% reforça a qualidade da classificação. Porém, apesar dos resultados promissores, da alta resolução espacial, o processamento das imagens demanda de um elevado poder computacional e do uso de *softwares* especializados.

Diante desse cenário, a próxima etapa da pesquisa é avançar em soluções em nuvem, devido à capacidade de processamento de grande volume de dados, deste tipo de plataforma e à necessidade de processamento em larga escala para o estado da Bahia.

5. REFERÊNCIAS

[1] H. A. Zurqani, J. S. Allen, C. J. Post, C.A. Pellett, and T.C. Walker. T.C. Mapping and quantifying agricultural irrigation in heterogeneous landscapes using Google Earth Engine, *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, v. 23: 20 pp., 2021.

[2] H. N. Bendini, L. M. G. Fonseca, C. A. Bertolini, R. F. Mariano, A. S. Fernandes Filho, T. H. Fontenelle, and D. A. C. Ferreira. Irrigated agriculture mapping in a semi-arid region in Brazil based on the use of sentinel-2 data and random forest algorithm. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. 48: 33-39 pp., 2023.

[3] T. F. O. Spagnolo, R. A. T. Gomes, O. A. Carvalho Junior, R. F. Guimarães, Éder de S. Martins, & A. F. Couto Junior (2012). Dinâmica da expansão agrícola do município de São Desidério entre os anos de 1984 a 2008, importante produtor nacional de soja, milho e algodão. *Geo UERJ*, *2*(23), 603–618. DOI:10.12957/GEOUERJ.2012.4821

[4] D. P. Passos, K. B. de Castro, Éder de S. Martins, M. P. Gomes, A. Reatto, L. A. de S. Lima, O. A. C. Junior, R. A. T. Gomes. Caracterização Geomorfológica do Município de São Desidério, BA, Escala 1:50.000: subtítulo do artigo. Boletim de Pesquisa e desenvolvimento: subtítulo da revista Planaltina, v. 1, n. 1, p. 8-15, mai./2010.

[5] R. G. Allem, L. S. Pereira, D. Raes, M. Smith. *Crop Evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Requirements - FAO Irrigation and Drainage Paper 56*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998. Disponível em: https://www.fao.org/3/X0490E/X0490E00.htm. Acesso em: 04 out. 2024.

[6] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATIONS OF THE UNITED NATIONS – FAO DATABASE. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/901168>. Acesso em: 30 de setembro de 2024

[7] Almeida, A. H. B., de Almeida, H. S. A., & de Oliveira, M. K. T. (2021). Perspectivas da gestão hídrica no semiárido brasileiro para a irrigação. Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas, 22(2), 119-132.

[8] Rocha, B. O., Körting, T. S., & Namikawa, L. M. (2024). Processamento de Imagens dos Satélites Brasileiros CBERS-4 e CBERS-4A para Respostas Rápidas a Desastres. Rev. Bras. Cartogr, 76, 1.

[9] Silva Júnior, J. A., & da Penha Pacheco, A. (2023). Uso do classificador Support Vector Machines para o mapeamento da cobertura do solo usando imagens de Sensoriamento Remoto. Revista Brasileira de Geografia Física, 16(3), 1304-1319.

[10] Santos, A. B., Heil Costa, M., Chartuni Mantovani, E., Boninsenha, I., & Castro, M. (2020). A remote sensing diagnosis of water use and water stress in a region with intense irrigation growth in Brazil. Remote Sensing, 12(22), 3725.

[11] ANA, Agência Nacional de Águas. Atlas de Irrigação: Uso da Água na Agricultura. 2017. Available online: http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrrigacao-UsodaAguanaAgriculturaIrrigada.pdf (accessed on 6 July 2020).

[12] ELSHORA, Mohamed. Developing a new IHS-based fusion methodology for GeoEye-1 satellite imagery with the ELSHORA fusion technique. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 15, n. 4,
p. 046508-046508, 2021.

[13] Martins, S., dos Santos, A., Souza, P., Silva, I., Souza, Í., Fernandes, M., ... & Lisboa, G. (2023). Processamento Digital de Imagens para Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra: Uma Revisão de Literatura: Digital Image Processing for Land Use and Land Cover Mapping: A Literature Review. Revista de Geociências do Nordeste, 9(2), 131-143.

[14] Llano, X.C. 2019, 'AcATaMa - QGIS plugin for Accuracy Assessment of Thematic Maps', version 3.16.9, AcATaMa

[15] De Oliveira, L. F. C., OLIVEIRA, M. D. C., Wendland, A., Heinemann, A. B., Guimarães, C. M., FERREIRA, E. D. B., ... & da SILVA, S. C. (2018). Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos.

[16] Santos, A. M., Monteiro, J. P. P. G., de Araújo Romão, P., & Ramos, H. F. Caracterização do Consumo de Água no Sul de Portugal (Algarve) a partir da Identificação da Área Agrícola Regada utilizando um Modelo Linear de Mistura.

[17] MAATOUG, Léna et al. Monitoramento da fenologia de culturas através de sensoriamento remoto. 2013. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.alice.c
nptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/981198/1/Sbsr2013LenaMaggie.pdf

[18] TRABAQUINI, Kleber et al. Identificação e espacialização dos pomares de maçã utilizando dados de sensoriamento remoto no estado de Santa Catarina-Brasil. Revista de Ciências Agrárias, v. 44, n. 2-3, 2021.

[19] Lu, D., Hetrick, S. & Moran, E.F. 2010, 'Land cover classification in a complex urban-rural landscape with quickbird imagery', Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 76, no. 10, pp. 1159-68, DOI:10.14358/PERS.76.10.1159

[20] FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2024 – Financing to end hunger, food insecurity and malnutrition in all its forms*. Rome. 2024. DOI:10.4060/cd1254en