

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA GERAÇÃO DE MOSAICOS FOTOGRAMÉTRICOS COM IMAGENS MULTIESPECTRAIS ADQUIRIDAS COM RPAS

WELINTON OLIVEIRA SILVA¹
LUCIENE STAMATO DELAZARI¹
LEONARDO ERCOLIN FILHO¹
JOSÉ EDUARDO GONÇALVES²

¹Centro de Pesquisas Aplicadas em Geoinformação (CEPAG) – Universidade Federal do Paraná – {welinton.oliveira; luciene; leonardo.ercolin}@ufpr.br

²Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) – jose.eduardo@simepar.br

No Brasil há um amplo desenvolvimento de atividades no meio ambiente como Agricultura e Agropecuária, sendo o terceiro maior exportador mundial de produtos, atrás apenas da União Europeia e Estados Unidos [1]. No tema meio ambiente, questões relacionadas com a qualidade de água e desmatamento têm chamado cada vez mais atenção, em função de mudanças climáticas que ocorrem devido à má gestão ambiental. Já no tema da gestão territorial, é imprescindível utilizar geoinformação multiespectral atualizada para analisar o uso e ocupação de solo urbano, bem como possibilitar uma gestão eficiente dos recursos naturais. Neste sentido, técnicas que envolvem o uso do *Remotely Piloted Aircraft Systems* (RPAS), popularmente conhecido como *drones*, equipados com câmeras multiespectrais, vem sendo empregadas no diagnóstico e monitoramento de diversas informações no ambiente. Essas técnicas se referem ao conjunto de teorias, ferramentas e meios de interpretação que permitem adquirir, processar e interpretar à distância dados sobre a terra e o meio ambiente [2]. Nas Ciências Geodésicas, há uma grande variedade de uso e aplicações possíveis utilizando técnicas clássicas de Fotogrametria e imagens adquiridas no espectro eletromagnético visível (RGB) e infravermelho próximo ou *near infrared* (NIR) e borda do vermelho ou *Red Edge* (RE). Os produtos fotogramétricos gerados com imagens multiespectrais são usados com frequência em áreas como Agricultura, Meio Ambiente, Gestão Territorial e Recursos Naturais em função da alta resolução temporal e espacial. Para processar imagens adquiridas com sensores multiespectrais instalados em RPAS, uma etapa fundamental do processo fotogramétrico consiste no tratamento das imagens para se obter resultados apropriados através do correto registro das diferentes bandas de imageamento. Em geral, os sensores que capturam imagens multiespectrais possuem sistemas de lentes fisicamente separados, portanto, é imprescindível desenvolver metodologias que possibilitem a calibração simultânea desses sensores, bem como procedimentos para gerar composições multiespectrais e mapas de índice isentos de problemas geométricos oriundos de falhas no registro das bandas. A adoção de metodologias automatizadas para essa finalidade possibilita que os produtos decorrentes de imagens multiespectrais sejam gerados de forma rápida e customizada, além de oferecer uma solução alternativa frente às soluções comerciais. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de uma metodologia para gerar de forma automática composições coloridas e mapas de índices de mosaicos fotogramétricos gerados com imagens adquiridas com os sensores *Sentera AGX710* (Figura 1 - I) e *Micasense RedEdge Mx* (Figura 1 - II), instalados em um RPAS modelo *DJI Matrice 210 RTK V2*. No caso do sensor *Sentera*, os mosaicos fotogramétricos são gerados com imagens armazenadas em 2 arquivos que correspondem aos dois sistemas sensores, sendo um RGB e outro NDRE. As imagens NDRE possuem composição das bandas RE e NIR, além de uma terceira banda que é descartada em função de não possuir informação relevante dentro do espectro definido. Já no caso do sensor *Micasense*, os mosaicos fotogramétricos são gerados com imagens armazenadas em 5 arquivos que correspondem aos sistemas sensores, sendo cada arquivo corresponde às bandas R, G, B, NIR e RE. Para tratar o conjunto de informações de cada sensor, foi desenvolvido um algoritmo em linguagem *Python* que analisa os mosaicos de cada sensor e gera automaticamente diferentes composições e mapas de índice. A premissa básica adotada no desenvolvimento da metodologia foi o de processamento digital de imagens onde é possível, por meio de operações matemáticas em bandas, calcular diferentes índices espectrais [3]. Para a geração de mosaicos fotogramétricos, a primeira etapa consistiu na fototriangulação com ajustamento simultâneo das imagens adquiridas pelos

sensores, ou seja, imagens RGB e NDRE para o sensor *Sentera* e imagens R, G, B, NIR e RE para o sensor *Micasense*. Esse procedimento teve como objetivo determinar os parâmetros de calibração de cada sensor utilizando o modelo clássico de *Conrady-Brown* [5-6] de forma simultânea, ou seja, em um único processo de ajustamento. Na etapa seguinte, foi extraída a nuvem de pontos e gerado um modelo digital de superfície (MDS). Para finalizar a etapa do processamento fotogramétrico, no caso do sensor *Micasense*, foram gerados e exportados mosaicos com imagens separadas por bandas (Figura 2). No caso do sensor *Sentera*, foram gerados mosaicos de composição RGB e NDRE (Figura 3). Para os mosaicos gerados com ambos os sensores, a rotina desenvolvida identifica de forma automática as bandas e realiza o processamento para gerar novos mosaicos com diferentes composições multiespectrais. Paralelamente, a rotina também gera um mapa de *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) com bibliotecas *OpenCV* (*cv2*) e *NumPy* para realizar operações matemáticas complexas. A rotina permite a geração automática de diferentes composições como Cor Verdadeira ou RGB (*Red-Green-Blue*), Infravermelho Falsa Cor ou CIR (*Color-Infrared*) e Borda do Vermelho Falsa Cor ou CIRED (*Color Infra-Red-Edge*) (Figura 4 e 5) através de um único arquivo de configuração denominado *job file*. Esse arquivo traz informações de qual sensor será utilizado, sendo os mosaicos identificados automaticamente na pasta de origem indicada pela nomenclatura. Além das composições utilizando bandas multiespectrais, é possível gerar mapas de NDVI em 32 *bits* cujos valores são apresentados na escala original entre -1 e 1 ou colorido em 24 *bits* onde se utiliza uma LUT (*LookUp Table*) com classes e cores pré-definidas (Figura 6 e 7 - I). O usuário pode inserir o número de classes e definir a tabela de cores em formato hexadecimal. A partir dessas configurações, a rotina analisa os valores da imagem e estabelece as cores conforme definição. Nos exemplos utilizados para este trabalho (Figura 7 e 8), foram consideradas 10 classes com cores pré-definidas. Os resultados obtidos mostram que a rotina desenvolvida é flexível e de fácil manuseio. A metodologia permite processar dados de maneira rápida e eficiente, evitando a manipulação em diferentes programas para se obter resultados semelhantes ao apresentado pelo algoritmo. Além disso, as bibliotecas utilizadas no algoritmo desenvolvido em *Python* são acessíveis e de fácil manipulação para pesquisadores e profissionais da área. As aplicações práticas do programa são variadas e seu uso pode ser expandido para diversos projetos que necessitem deste tipo de análise e visualização de dados, como por exemplo, o índice NDWI (*Normalized Difference Water Index*), proposto por [4], que tem como principal objetivo destacar características da água em uma imagem, bem como o tradicional NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) que tem como objetivo analisar a saúde de diferentes tipos de vegetação.

Figura 1 – Sensores *Sentera AGX710* (I) e *Micasense RedEdge Mx* (II).



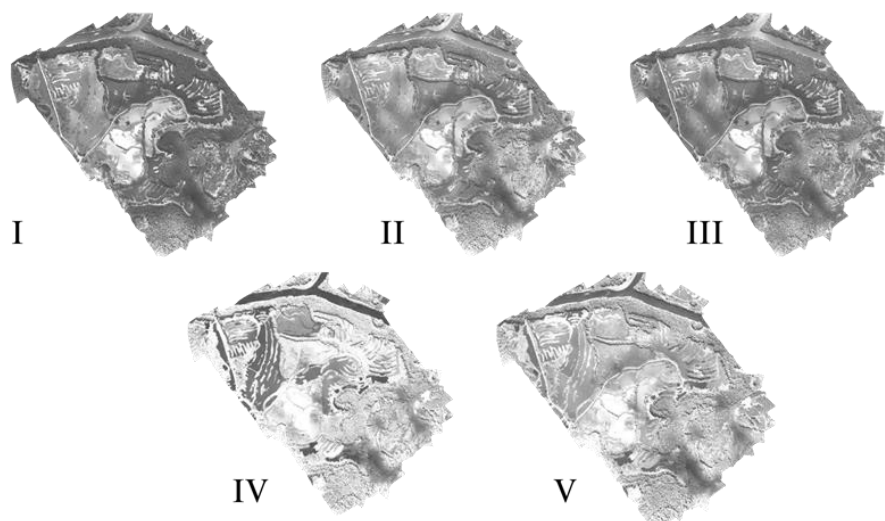
(I)



(II)

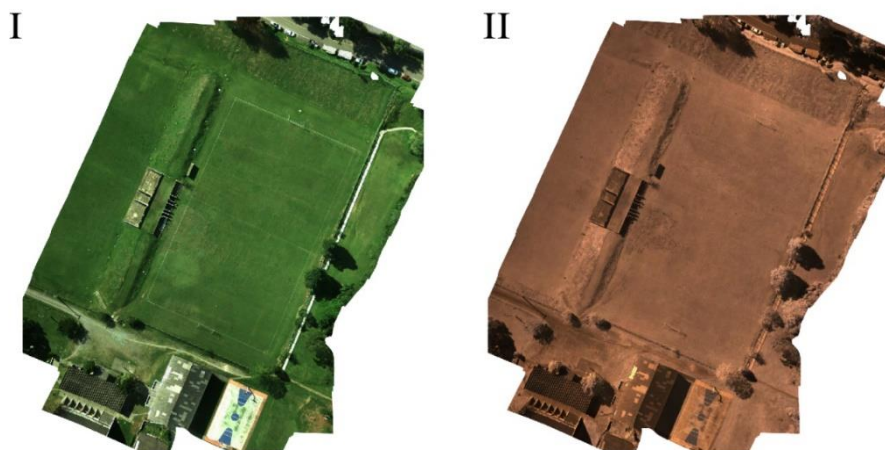
Fonte: *Sentera* (2021) e *Micasense* (2022).

Figura 2 – Mosaicos (Sensor *Micasense*): Banda R (I), Banda G (II), Banda B (III), Banda NIR (IV) e Banda RE (V).



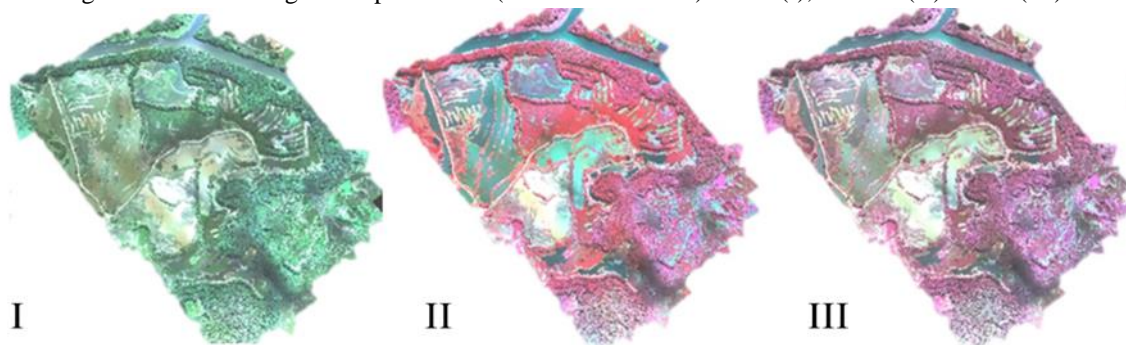
Fonte: Os autores (2024).

Figura 3 – Mosaicos (Sensor *Senterra*): RGB (I) e NDRE (II).



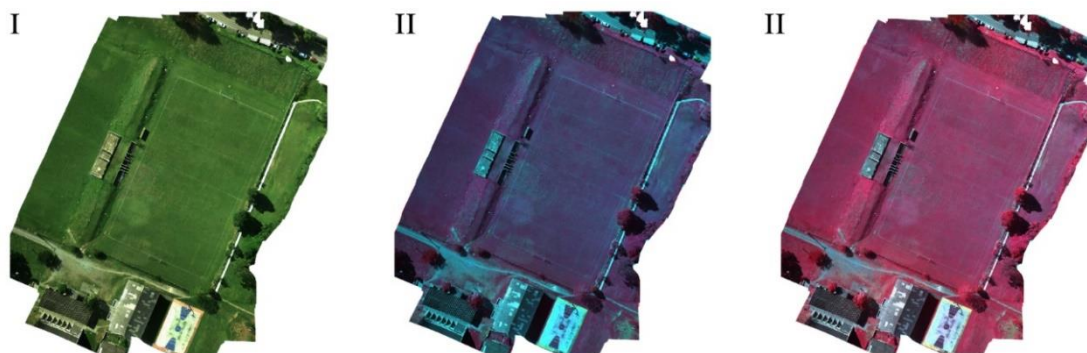
Fonte: Os autores (2024).

Figura 4 – Mosaicos gerados pela rotina (Sensor *Micasense*): RGB (I), CIRED (II) e CIR (III).



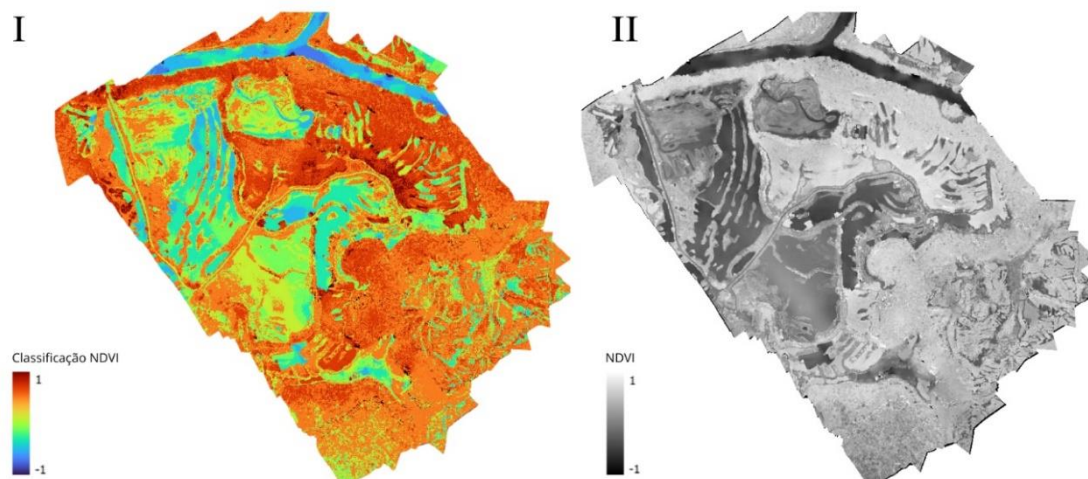
Fonte: Os autores (2024).

Figura 5 – Mosaicos gerados pela rotina (Sensor *Sentera*): RGB (I), CIR (II) e CIRED (III).



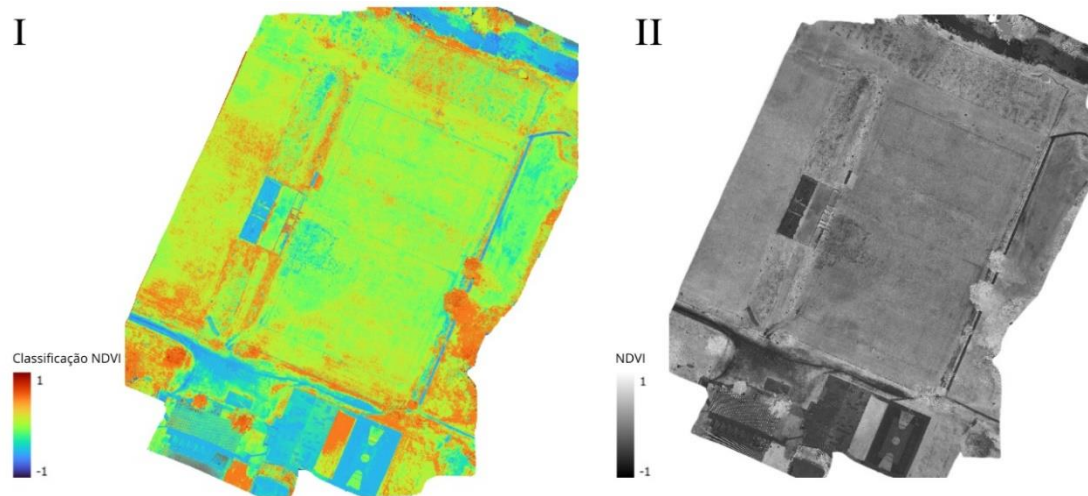
Fonte: Os autores (2024).

Figura 6 – Mosaicos gerados pela rotina (Sensor *Micasense*): NDVI 24 bits – Classificado (I) e NDVI 32 bits (II).



Fonte: Os autores (2024).

Figura 7 – Mosaicos gerados pela rotina (Sensor *Sentera*): NDVI 24 bits – Classificado (I) e NDVI 32 bits (II).



Fonte: Os autores (2024).



Palavras-chaves: Sensoriamento Remoto, Imagem multiespectral, Fotogrametria, Processamento Digital de Imagens, Drones.

Referências

- [1] HOLLER, W. A.; VASCONCELLOS, B. N. de; GEMIGNANI, B. H.; CORTE, A. P. D.; MALLMANN, A. A. Câmeras modificadas e multiespectrais embarcadas em drones: enfoque para estudos da vegetação. Colombo: Embrapa Florestas, 2022. 32 p.
- [2] Brigante, Raffaella & Radicioni, Fabio. (2014). Use of multispectral sensors with high spatial resolution for territorial and environmental analysis. *Geographia Technica*. 9. 9-20.
- [3] Santos, C. V. B. dos, Moura, M. S. B. de, Galvêncio, J. D., Carvalho, H. F. de S., Miranda, R. de Q., & Montenegro, S. M. G. L. (2021). Comparação de imagens multiespectrais utilizando Satélites e VANT para a análise de mudanças estruturais em área de Floresta Seca. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 14(5), 2510–2522.
- [4] McFEETERS, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432.
- [5] Campos, M. B.; Tommaselli, A. M. G.; Marcato Junior, J.; Honkavaara, E. Geometric model and assessment of a dual-fisheye imaging system. *The Photogrammetric Record*, 2018a.
- [6] Brown, D. C., 1971. Close-range camera calibration. *Photogrammetric Engineering*, 37(8): 855–866.