

Comparação entre *Modified Bare Soil Index* e *Normalized Difference Vegetation Index* a partir de imagens Landsat 8 OLI em dois municípios do Mato Grosso do Sul

Adinan Marzulo Maia Martins^{1,2}, Gustavo Mattos Vasques², Ricardo de Oliveira Dart², Waldir Carvalho Junior², Silvio Barge Bhering², César da Silva Chagas², Nilson Pereira Rendeiro², Braz Calderano Filho²

¹Departamento de Geografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Avenida Athos da Silveira Ramos, 274, Cidade Universitária – Rio de Janeiro, RJ – Brazil

²Embrapa Solos – Rua Jardim Botânico 1024 – Rio de Janeiro, RJ – Brazil

{adinanmaia@gmail.com, gustavo.vasques@embrapa.br, ricardo.dart@embrapa.br, waldir.carvalho@embrapa.br, silvio.bhering@embrapa.br, cesar.chagas@embrapa.br, nilson.pereira@embrapa.br, braz.calderano@embrapa.br}

Abstract. *Spectral indices for the detection of exposed soils contribute to the monitoring of soil degradation and land cover in agriculture. In this study, the Modified Bare Soil Index (MBI) and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) derived from Landsat 8 OLI images were compared in the identification of exposed soils in two municipalities in central-western Brazil. Results show negative linear coefficients of -0.83 and -0.93 among the spectral indices in the municipalities of Rio Brilhante and Inocência respectively. Advantages, limitations, redundancies and complementarities of MBI in relation to NDVI are discussed and show the potential of MBI to identify exposed soils in the tropical region.*

Resumo. *Índices espectrais para a detecção de solos expostos contribuem para o monitoramento da degradação do solo e da cobertura da terra na agricultura. Nesse estudo, o Modified Bare Soil Index (MBI) e o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) derivados de imagens Landsat 8 OLI foram comparados na identificação de solos expostos em dois municípios do centro-oeste do Brasil. Resultados apontam coeficientes lineares negativos de -0,83 e -0,93 entre os índices espectrais nos municípios de Rio Brilhante e Inocência respectivamente. Vantagens, limitações, redundâncias e complementaridades do MBI em relação ao NDVI são discutidas e mostram o potencial do MBI para identificar solos expostos na região tropical.*

1. Introdução

A produção agrícola desempenha um papel econômico e social importante no Brasil. Só na safra de 2021, cereais, leguminosas e oleaginosas chegaram à marca de 19 milhões de toneladas, sendo milho e soja os principais produtos agrícolas para aquele ano (IBGE, 2022). Para sustentar essa produção e monitorar a degradação do solo, é necessário compreender a dinâmica do solo. Além de sustentar a produção agrícola, o

solo desempenha um papel fundamental para a regulação do clima e participa dos ciclos da água e dos elementos (Demattê and Garcia, 1999; Diek et al., 2017).

Um dos desafios relacionados ao sensoriamento remoto é a separação do solo exposto de outras coberturas da superfície terrestre (Nguyen et al., 2021). O índice espectral *Modified Bare Soil Index* (MBI; Nguyen et al., 2021) permite identificar solos expostos, principalmente em regiões tropicais. Aliado a isso, a grande quantidade de dados gerados por sensores orbitais com boa periodicidade permite acompanhar, em tempo quase-real, a dinâmica da superfície terrestre (Tamiminia et al., 2020). Para isso, a plataforma *Google Earth Engine* (GEE; <https://earthengine.google.com>) tem sido comumente utilizada, possuindo processamento e armazenamento em nuvem e acesso gratuito (Gorelick et al., 2017).

Os objetivos do trabalho foram: (1) avaliar o índice MBI gerado a partir de imagens Landsat 8 OLI nos municípios de Inocência e Rio Brilhante, estado do Mato Grosso do Sul; e (2) comparar o índice MBI ao índice *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI; Rouse et al., 1974).

2. Materiais e Métodos

As áreas de estudo constituem os municípios de Inocência e Rio Brilhante, no estado do Mato Grosso do Sul, na região Centro-Oeste do Brasil. Os limites municipais, obtidos da Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural na escala de 1:100.000 em formato vetorial, foram importados para a plataforma GEE e usados como máscaras para recorte espacial de todas as imagens usadas nas análises nos dois municípios, respectivamente.

Para cálculo dos índices de solo exposto (MBI) e de vegetação (NDVI) foram usadas imagens da coleção 2 da série Landsat 8 OLI, em reflectância de superfície, no período de 2013 a 2021. O índice NDVI foi calculado para os diferentes anos a partir das bandas do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (Red) (Equação 1).

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

NDVI, *Normalized Difference Vegetation Index*; NIR, banda do infravermelho próximo; RED, banda do vermelho.

Gráficos de séries temporais do NDVI (Figura 1) foram criados para cada município para identificar os meses com menor NDVI, que seriam supostamente os meses com maior ocorrência de solo exposto. Para isso, as imagens foram reamostradas para a resolução espacial de 150 m e o valor médio do NDVI de todos os pixels das imagens de cada município foi calculado para todos os meses entre 2013 e 2021 e plotados em um gráfico em série temporal.

O mês de setembro apresentou o menor NDVI para os dois municípios (Figura 1), tendo supostamente maior ocorrência de solo exposto e, portanto, foi o mês selecionado para o estudo. Em cada município, foram gerados mosaicos de imagens Landsat 8 OLI para o mês de setembro dos anos 2013 a 2021, selecionando somente

imagens contendo menos de 3% de nuvens. Em sequência, uma imagem média do mês de setembro foi gerada para todo o período em cada município contendo, em cada pixel, o valor médio de cada banda espectral no período de 2013 a 2021.

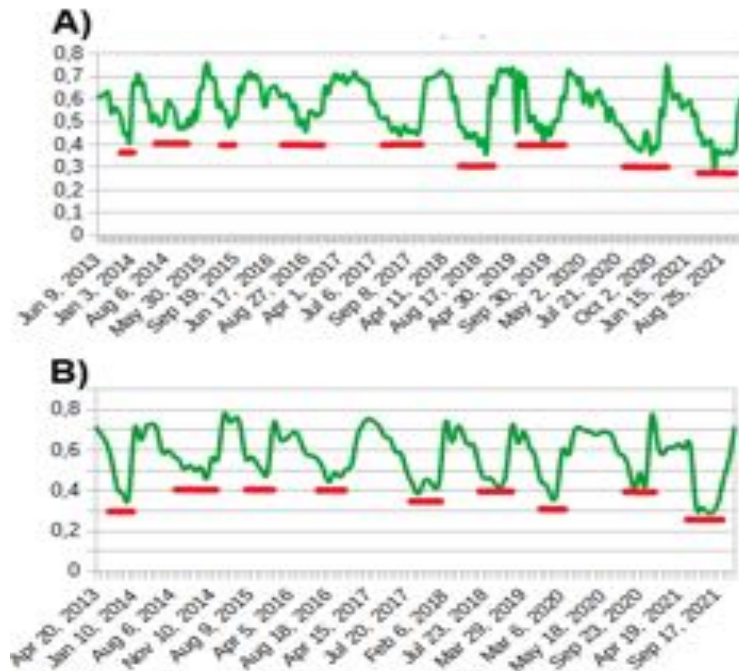


Figura 1. Série temporal de NDVI (2013-2021) derivada de imagens Landsat 8 OLI nos municípios de Inocência (A) e Rio Brillhante (B). As linhas vermelhas indicam os períodos de menor NDVI.

O índice MBI foi calculado usando a imagem média de cada município a partir das bandas do infravermelho de ondas curtas 1 (SWIR1), infravermelho de ondas curtas 2 (SWIR2) e infravermelho próximo (NIR) (Equação 2).

$$MBI = \frac{(SWIR1 - SWIR2 - NIR)}{(SWIR1 + SWIR2 + NIR)} + 0,5 \quad (2)$$

MBI, *Modified Bare Soil Index*; SWIR1, banda do infravermelho de ondas curtas 1; SWIR2, banda do infravermelho de ondas curtas 2; NIR, banda do infravermelho próximo.

Além do MBI, o NDVI foi também calculado a partir das mesmas imagens médias dos municípios. Esses dois índices foram comparados visualmente e por meio do cálculo do coeficiente de correlação linear. Para isso, as imagens MBI foram harmonizadas para a mesma escala de valores do NDVI, de -1 a 1.

3. Resultados e Discussão

Segundo os dados do MapBiomas para o ano de 2021 indicam que a dinâmica do uso e cobertura para os dois municípios são distintos. No município Inocência é possível observar a predominância da classe referente a pastagem enquanto que em Rio Brilhante as classes predominantes são referentes a agricultura. Os dados do Mapbiomas são importantes pois podem servir para auxiliar na interpretação dos índices espectrais abordados nesse estudo.

Os mapas médios de NDVI e MBI para o mês de setembro (2013-2021) apresentaram padrões de distribuição espacial contrários, onde os valores mais altos de MBI correspondem aos valores de NDVI mais baixos e vice-versa para os municípios estudados (Figura 2). O índice correlação linear negativo entre o MBI e o NDVI (-0,83 para Rio Brilhante e -0,93 para Inocência) confirma esse resultado. Ressalva-se que essa situação encontrada não é um caso geral, pois em corpos d'água ocorrem valores mais baixos tanto para o NDVI como para o MBI.

A vantagem da utilização do índice MBI em relação ao NDVI para estudos de solos expostos é a possibilidade de separação das áreas construídas e de vegetação mais densa das áreas de solo exposto (Nguyen et al., 2021). Como o solo exposto reflete mais na porção do espectro eletromagnético correspondente à banda SWIR1 (1,57-1,65 μm) do Landsat 8 e a fim de reduzir a interferência do sinal de outras coberturas como as áreas construídas e vegetação densa, foram incluídos na fórmula do MBI as bandas SWIR2 (2,11-2,29 μm) e NIR (0,85-0,88 μm). Além disso, o NDVI é pouco sensível à quantidade de biomassa vegetal, ou seja, à densidade da vegetação (Zanzarini et al., 2013), impedindo, assim, uma melhor distinção entre classes de vegetação.

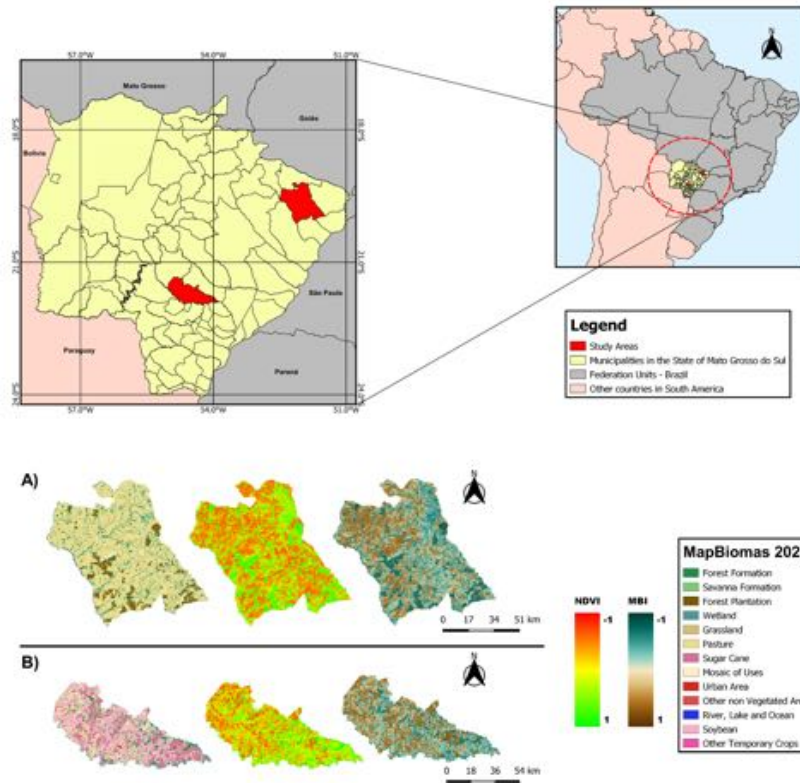


Figura 2. Imagens NDVI e MBI médias para o mês de setembro (2013-2021) dos municípios de Inocência (A) e Rio Brilhante (B).

Contudo, os scripts utilizados para este trabalho podem ser acessados pelo seguinte link: (<https://code.earthengine.google.com/31c42b49265665ea525e7edc4f0e6229>).

4. Conclusões

O desenvolvimento e avaliação de índices espectrais voltados para a identificação de solo exposto se fazem necessários uma vez que a separação da assinatura espectral do solo exposto confunde-se com a assinatura espectral de outras coberturas da terra, principalmente quando parte do pixel possui solo exposto e a outra parte não e quando a vegetação é rala, como em pastagens degradadas.

Este trabalho serve como ponto de partida para a avaliação do potencial de uso de índices espectrais, calculados usando imagens de sensores remotos, voltados para a identificação e separação de solos expostos de outras coberturas da terra. Portanto, o índice MBI complementa o índice NDVI, mais comumente usado para avaliar a densidade/vigor da vegetação, e oferece vantagens em relação a ele, como a distinção de áreas de solo exposto das áreas construídas.

Nas próximas etapas desta pesquisa serão abordados a importância dos índices espectrais de solos expostos no contexto de processos de aprendizagem de máquina para classificação de imagens, uma vez que, variáveis dessa natureza podem ser

fundamentais para a separação de solos expostos de outras classes de uso e cobertura da terra.

Agradecimentos

À Embrapa Solos pela orientação e suporte técnico ao presente trabalho e à Embrapa e Itaipu Binacional pelo financiamento do presente trabalho e da bolsa estudantil do primeiro autor pelo projeto “Mapeamento digital de solos e de atributos físico-hídricos dos solos, das bacias dos rios Sul-mato-grossenses Iguatemi, Amambai e Ivinhema, para fins de modelagem hidrológica, manejo e conservação de solo e água” (código SEG 20.21.00.065.00.00).

Referências Bibliográficas

- Demattê, J.A.M. and Garcia, G.J. (1999). Alteration of soil properties through a weathering sequence as evaluated by spectral reflectance. In *Soil Science Society of America Journal*, 63, 327–342.
- Diek, S., Fornallaz, F., Schaepman, M.E. and Jong, R. (2017). “Barest pixel composite for agricultural areas using Landsat time series”. In *Remote Sensing*, 9, 1245.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. and Moore, R. (2017). “Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone”. In *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). (2022). “Levantamento sistemático da produção agrícola – Maio de 2022”. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/mato-grosso-do-sul>. Acessado em: Setembro, 2023.
- Nguyen, C.T., Chidthaisong, A., Diem, P.K. and Huo, L.-Z. (2021). “A Modified Bare Soil Index to identify bare land features during agricultural fallow-period in Southeast Asia using Landsat 8”. In *Land*, 10, 231.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Scheel, J.A. and Deering, D.W. (1974). “Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS”. In *Proceedings of the 3rd Earth Resource Technology Satellite (ERTS) Symposium*, 1, 48–62.
- Souza, C.M. et al. (2020). "Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine." In *Remote Sensing*, 12, Issue 17, <https://doi.org/10.3390/rs12172735>.
- Tamiminia, H., Salehi, B., Mahdianpari, M., Quackenbush, L., Adeli, S. and Brisco, B. (2020). “Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review”. In *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 164, 152–170.
- Zanzarini, F.V., Pissarra, T.C.T., Brandão, F.J.C. and Teixeira, D.D.B. (2013). “Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo”. In *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17, 608–614.