

IDENTIFICAÇÃO DE DIFERENTES NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS CULTIVADAS DO CERRADO POR MEIO DE ÍNDICES ESPECTRAIS DO SENTINEL-2

Edson Eyji Sano ¹, Édson Luis Bolfe ^{2,3}, Taya Cristo Parreiras ³, Lucas Augusto Pereira da Silva ⁴, Ieda Del Arco Sanches ⁵

¹Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, CEP: 73301-970, edson.sano@embrapa.br

²Embrapa Agricultura Digital, Campinas, SP, CEP: 13085-886, edson.bolfe@embrapa.br

³Universidade de Campinas (UNICAMP), Instituto de Geociências, Campinas, SP, CEP: 13083-855, tayacristo1@gmail.com

⁴Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Uberlândia, MG, CEP: 38408-100, lucasagusto@ufu.br

⁵Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, SP, CEP: 12227-010, ieda.sanches@inpe.br

RESUMO

Este estudo analisou os desafios do uso de índices espectrais derivados de satélites multiespectrais para o mapeamento de diferentes níveis de degradação de pastagens do Cerrado. Em setembro de 2022, foi realizada uma campanha de campo no município de Campo Grande, MS, onde foram identificados quatro níveis de degradação em pastagens cultivadas (nula, baixa, intermediária e severa) a partir de 82 pontos amostrais. Esses pontos foram analisados por meio de mosaicos mensais do satélite Sentinel-2. As imagens foram convertidas em índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), índice de *red-edge* por diferença normalizada (NDRE) e índice de solo exposto (BSI). A análise estatística baseada em diagramas de dispersão envolvendo esses três índices espectrais não se mostrou promissora para identificar os quatro níveis de degradação na área de estudo, evidenciando os desafios para identificação de diferentes níveis de degradação de pastagens baseada em índices espectrais.

Palavras-chave — NDVI, NDRE, BSI.

ABSTRACT

This study analyzed the challenges of using spectral indices derived from multispectral satellites to map different levels of degradation of Cerrado pastures. In September 2022, a field campaign was carried out in Campo Grande, Mato Grosso do Sul State, where four levels of degradation (null, low, intermediate, and severe) were identified from 82 sample points. These points were analyzed using monthly mosaics from the Sentinel-2 satellite. The images were converted into normalized difference vegetation index (NDVI), normalized difference red-edge index (NDRE), and bare soil index (BSI). Statistical analysis based on scatter plots involving these three spectral indices did not prove promising for identifying the four levels of degradation in the study area, highlighting the challenges in determining different levels of pasture degradation based on spectral indices.

Key words — NDVI, NDRE, BSI.

1. INTRODUÇÃO

Estima-se que no Cerrado brasileiro existem cerca de 60 milhões de hectares de pastagens cultivadas [1], dos quais aproximadamente 60% apresentam algum nível de degradação [2]. Esse estado de degradação das pastagens é alarmante, pois uma parte considerável das propriedades rurais começa a operar com potencial produtivo abaixo da sua capacidade máxima, além de desvalorizar a propriedade rural e gerar desserviços ambientais [3]. Os dois principais tipos de degradação de pastagens são a degradação agrícola, associada com o aumento de plantas invasoras e a degradação biológica, que corresponde ao aumento na porcentagem de solo exposto [3].

O sensoriamento remoto surge como uma ferramenta importante para mapear os níveis de degradação das pastagens. Uma das técnicas de processamento digital de imagens mais utilizadas neste escopo são os índices espectrais. Por exemplo, Brito e Brito [4] utilizaram o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) derivado de cenas do satélite Sentinel-2 para identificar três níveis de degradação em uma área de estudo localizada no Triângulo Mineiro. Os autores concluíram que valores de NDVI inferiores a 0,37 estiveram associados a pastagens moderadamente degradadas; entre 0,37 e 0,43, a degradação baixa; e NDVI superiores a 0,43 a pastagens não degradadas.

Silva et al. [5] utilizaram dados de NDVI derivados do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) da porção norte de Minas Gerais para identificar quatro níveis de degradação. Pastagens com degradação moderada e leve foram encontradas em 21% e 79% dos 89 municípios da área de estudo, respectivamente. Silva et al. [6] utilizaram imagens do satélite PlanetScope para mapear cinco classes de degradação de pastagens cultivadas do sudeste do estado de Goiás. Para isso, cinco índices de vegetação foram combinados com oito bandas espectrais desse satélite, oito atributos texturais derivados do Gray

Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) e quatro imagens-fração.

Regra geral, esses estudos envolvendo índices espectrais têm mostrado acurácias geralmente abaixo do esperado. Dentro deste contexto, este estudo objetivou analisar os desafios do uso de índices espectrais derivados de satélites multiespectrais com resolução espacial moderada para o mapeamento dos diferentes níveis de degradação de pastagens do Cerrado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Campo Grande, que ocupa uma área de aproximadamente 8.100 km² na porção central do estado de Mato Grosso do Sul (Figura 1). O município possui fatores que influenciam diretamente a predisposição das pastagens, como clima tropical de monsoon (Am) e precipitação média anual variando de 1.300 mm a 1.600 mm [7], além do predomínio de Latossolos Vermelho distróficos (66% do município) e Neossolos Quartzarênicos órticos (32%) [8].

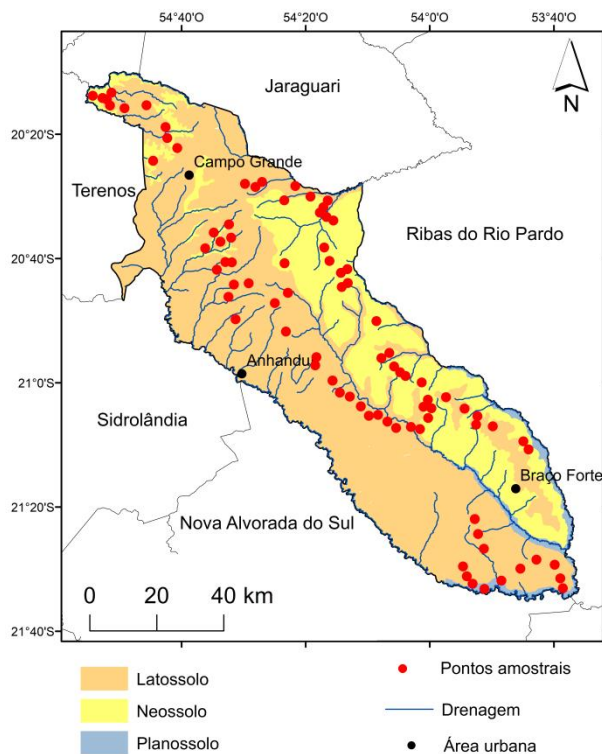


Figura 1. Mapa de localização dos pontos amostrais de campo no município de Campo Grande, estado de Mato Grosso do Sul.

Um conjunto de 82 pontos amostrais foi inspecionado em campo por meio de uma campanha realizada no período de 12 a 17 de setembro de 2022. Para cada ponto amostral, foram identificados os gêneros das pastagens (*Urochloa*, *Andropogon* e *Panicum*) e o correspondente nível de degradação, dentre sete possíveis níveis. Fotografias

panorâmicas foram obtidas com uma câmera digital RGB convencional de 7.1 Mpixels. Em seguida, essas sete classes de degradação foram reduzidas para quatro classes (nula, baixa, intermediária e severa) com o auxílio de um pesquisador senior da Embrapa Cerrados em manejo de pastagem.

Mosaicos mensais de imagens do satélite Sentinel-2 de 2022 das bandas espectrais do verde, vermelho, infravermelho próximo (NIR) e infravermelho de ondas curtas (SWIR), convertidas em reflectância de superfície, foram obtidas da plataforma Google Earth Engine (GEE). Pixels contaminados com nuvens, sombra de nuvens e níveis médios e altos de aerossóis foram removidos. As imagens adquiridas na banda SWIR com resolução espacial de 20 m foram rescalonadas para 10 m utilizando o método bilinear de interpolação.

Os limites das áreas de pastagens correspondentes a 82 coordenadas GPS foram digitalizados manualmente em um sistema de informações geográficas, sobrepondo-se os pontos amostrais de campo na composição colorida RGB das bandas do verde, vermelho e NIR do mosaico de imagens de setembro de 2022. Com isso, os dados pontuais de coordenadas GPS foram transformados para dados vetoriais em formato shapefile.

Em seguida, os mosaicos mensais foram convertidos em NDVI (Eq. 1) [9], índice de *red-edge* por diferença normalizada (NDRE, Eq. 2) [10] e índice de solo exposto (BSI, Eq. 3) [11].

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

$$NDRE = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RE}}{\rho_{NIR} + \rho_{RE}} \quad (2)$$

$$BSI = \frac{\rho_{SWIR} + \rho_{RED} - \rho_{NIR} - \rho_{BLUE}}{\rho_{SWIR} + \rho_{RE} + \rho_{NIR} + \rho_{BLUE}} \quad (3)$$

Onde ρ_{NIR} , ρ_{RED} , ρ_{RE} , ρ_{SWIR} e ρ_{BLUE} correspondem às reflectâncias nas bandas espectrais do infravermelho próximo, vermelho, *red-edge*, infravermelho de ondas curtas e azul, respectivamente.

O NDVI corresponde ao índice de vegetação mais popular na literatura, por causa da sua sensibilidade às variações nas atividades fotossintéticas da vegetação verde e da sua simplicidade da formulação matemática. A diferença básica entre NDRE e NDVI consiste no uso da banda espectral adquirida na faixa espectral do *red-edge* pelo NDRE, o qual corresponde a uma banda estreita que se localiza entre as faixas espectrais do vermelho e do NIR. Em teoria, essa banda do *red-edge* possui maior sensibilidade às variações no conteúdo da clorofila nas plantas do que a banda do vermelho. Já o BSI foi proposto para realçar áreas com solo exposto. Áreas de pastagens cultivadas com elevada degradação biológica tendem a apresentar valores elevados de BSI.

Para analisar o potencial dos índices espectrais para discriminar os quatro níveis de degradação encontrados no município de Campo Grande, MS, os valores médios dos três índices espectrais nas 82 áreas de pastagens cultivadas foram analisados por meio de diagramas de dispersão envolvendo, além dos dados mensais, os índices espectrais acumulados durante o ano. Os índices acumulados correspondem à somatória dos índices espectrais mensais obtidos em todos os 12 meses de 2022. Estudos anteriores (e.g., [12]) têm mostrado que as reflectâncias acumuladas ou os correspondentes índices espectrais acumulados possuem maior capacidade de discriminação de alvos do que qualquer uma das bandas ou índices individuais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas análises estatísticas para NDVI, NDRE e BSI considerando as estações chuvosa (janeiro) e seca (julho) e valores acumulados dos 12 meses 2022 (Figura 2). Os resultados mostraram que não houve separabilidade entre os diferentes níveis de degradação encontrados na área de estudo em nenhuma das análises conduzidas.

Essa constatação mostra que o uso de índices espectrais para discriminar áreas de pastagens cultivadas do Cerrado com diferentes níveis de degradação é bastante desafiador. Isto ocorre porque a degradação agrônômica geralmente ocorre associada à degradação biológica, em diferentes proporções, dependendo das condições climáticas, fertilidade de solos, compactação de solos e intensidade de pastejo, dentre outras. Dentro desse contexto, duas áreas de pastagens classificadas como tendo, por exemplo, nível severo de degradação, podem apresentar condições bastante distintas em termos de número de espécies invasoras e percentagem de solo exposto.

Os resultados obtidos neste estudo explicam, em parte, os baixos valores de acurácia apresentados em diversos estudos anteriores que mapearam diferentes níveis de degradação de pastagens cultivadas no Cerrado, mesmo utilizando poderosos algoritmos de classificação por aprendizagem de máquina ou aprendizagem profunda, com combinação de outros atributos como as métricas texturais derivadas do GLCM. Esses é o caso de recente análise no Cerrado por Silva et al. [6], que encontraram acurácia global de 0.69 para cinco classes de degradação de pastagens.

4. CONCLUSÕES

Os resultados desse estudo indicaram que não houve separabilidade entre os diferentes níveis de degradação observados em campo nas pastagens cultivadas do Cerrado a partir dos índices espectrais testados, sendo uma questão técnica-científica bastante desafiadora em função da complexidade do processo de degradação.

5. AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi realizada com apoio das Fundações de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP - Processo 2019/26222-6) e do Distrito Federal (FAPDF AgroLearning – Processo 00193.00002586/2022-12).

6. REFERÊNCIAS

- [1] MapBiomas. *MapBiomas* v.9.0. Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/>>. Acesso em: 03 outubro 2024.
- [2] C. O. Santos, V. V. Mesquita, L. L. Parente, A. S. Pinto, and L. G. Ferreira Júnior. Assessing the wall-to-wall spatial and quantitative dynamics of the Brazilian pasturelands 2010-2018, based on the analysis of the Landsat data archive. *Remote Sensing*, v. 14, 1024, 2022.
- [3] M. B. Dias-Filho. *Degradação de Pastagens: Conceitos, Processos e Estratégias de Recuperação e de Prevenção*. Edição do Autor, Belém, PA, 2023.
- [4] B. N. Brito, and J. L. S. Brito. Mapeamento de qualidade em pastagens do Cerrado por meio de imagens Sentinel 2. *Geografia Ensino & Pesquisa*, v. 24, e44, 2020.
- [5] L. A. P. Silva, J. P. Sena-Souza, C. M. P. Souza, C. R. Silva, E. L. Bolfe, C. C. Chagas-Reis, and M. E. Leite. Drivers of degradation of pastures in the Cerrado north of Minas Gerais – BR. *Ra'eGa*, v. 57, p. 66-80, 2023.
- [6] A. G. P. Silva, L. S. Galvão, L. G. Ferreira Júnior, N. M. Teles, V. V. Mesquita, and I. Haddad. Discrimination of degraded pastures in the Brazilian Cerrado using the PlanetScope SuperDove satellite constellation. *Remote Sensing*, v. 16, 2256, 2024.
- [7] C. A. Alvares, L. L. Stape, P. C. Sentelhas, J. L. M. Gonçalves, and G. Sparovek. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, p. 711–728, 2013.
- [8] IBGE. *Manual Técnico de Pedologia*. IBGE, Rio de Janeiro, RJ, 2ª ed., 2007.
- [9] J. W. Rouse, R. W. Haas, J. A. Schell, D. W. Deering. Monitoring vegetation systems in the Greatplains with ERTS. In: *Proceedings of the Third ERTS Symposium*. NASA GSFC, Washington, DC, USA, 1974, p. 309–317.
- [10] A. Gitelson and M. A. Merzlyak. Spectral reflectance changes associated with autumn senescence of *Aesculus hippocastanum* L. and *Acer platanoides* L. leaves. Spectral features and relation to chlorophyll estimation, *Journal of Plant Physiology*, v. 143, p. 286–292, 1994.
- [11] W. Chen, L. Liu, C. Zhang, J. Wang, J.; Y. Pan. Monitoring the seasonal bare soil areas in Beijing using multi-temporal TM images. In: *IGARSS 2004*, Anchorage, Alaska, USA, p. 3379–3382.
- [12] E. R. P. Nascimento, and E. E. Sano. Identificação de Cerrado Rupestre por meio de imagens multitemporais do Landsat: proposta metodológica. *Sociedade & Natureza*, v. 22, n. 1, p. 93-106, 2010.

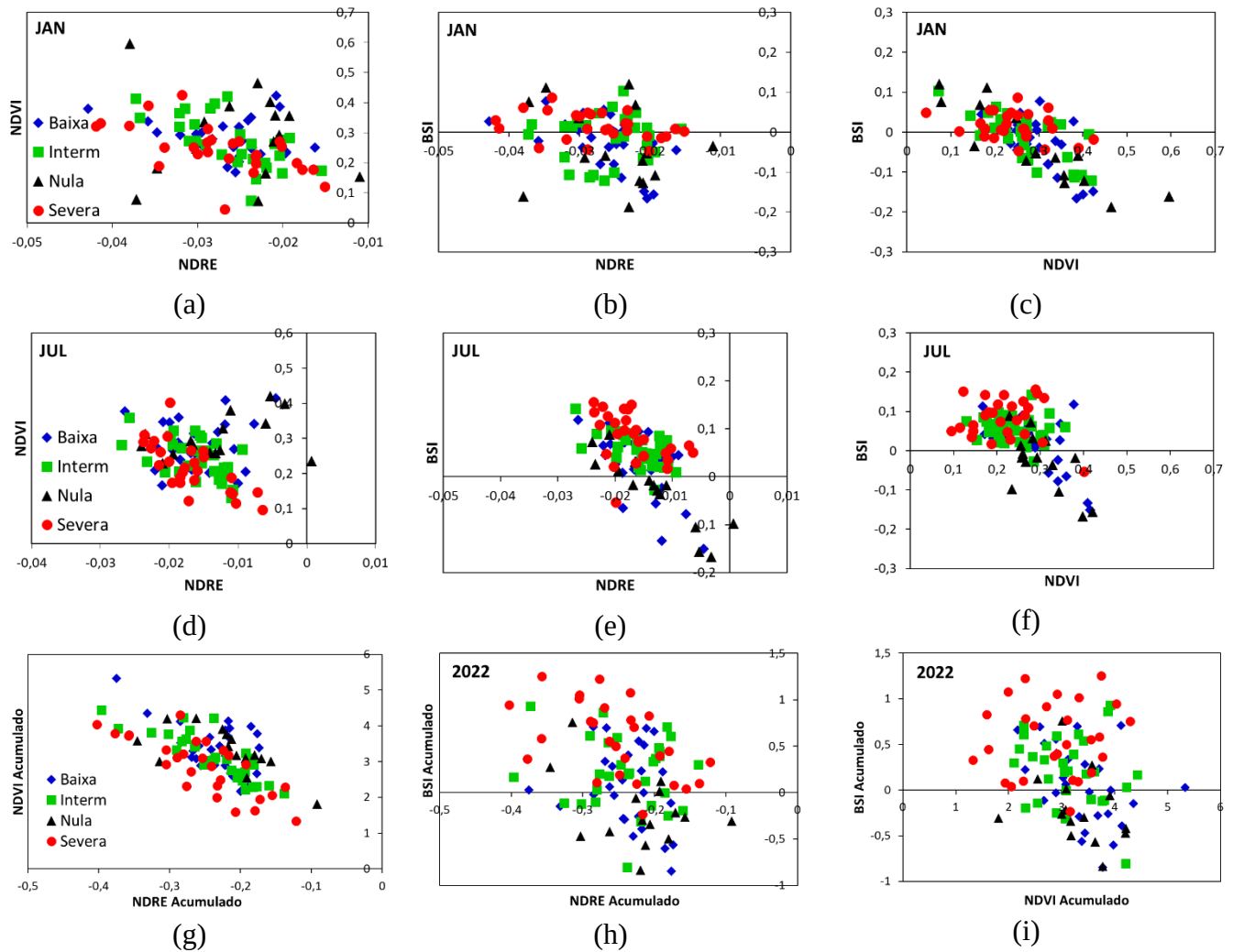


Figura 2. Diagrama de dispersão entre os índices espectrais NDVI, NDRE e BSI para os meses de janeiro (a, b e c), julho (d, e e f) e para todo o ano de 2022 (g, h e i).