RESPOSTA DO NDVI À VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO LOCAL E AO ENSO NOS CAMPOS NATIVOS DE LAGES-SC

Giovana Rama de Araujo [1]
Kleber Trabaquini [2]
Regina Luiza Gouvea[3]

[1] UFSC; Florianópolis, SC – E-mail: giramaagro03@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0009-0007-7825-1511
[2] Epagri; Florianópolis, SC– E-mail: klebertrabaquini@epagri.sc.gov.br ORCID: https://orcid.org/0000-0003-49024735
[3] Epagri; Florianópolis, SC – E-mail: reginagouvea@epagri.sc.gov.br ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9110-2146

RESUMO EXPANDIDO

A região do Planalto Sul Catarinense é caracterizada pela presença de extensas formações de Campos Nativos, ecossistemas de reconhecida relevância ecológica e socioeconômica. A exploração dessas pastagens naturais para a produção animal é uma atividade tradicional cuja viabilidade depende diretamente da dinâmica de crescimento da vegetação ao longo das estações do ano. Diferentemente de áreas convertidas para a agricultura intensiva, os Campos Nativos apresentam baixo nível de antropização, o que os torna sistemas de referência para estudos sobre a resposta da vegetação às variações climáticas.

Em macroescala, a variabilidade interanual das chuvas no Sul do Brasil é fortemente modulada pelo fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), um complexo sistema de interação oceano-atmosfera associado a anomalias na temperatura da superfície do Oceano Pacífico Equatorial. A fase quente do fenômeno, El Niño, tende a aumentar as precipitações na Região Sul, ao passo que a fase fria, La Niña, está classicamente associada a déficits hídricos que podem comprometer o acúmulo de forragem e expor os ecossistemas a riscos de degradação. No entanto, a resposta da vegetação nativa a esses eventos de macroescala apresenta complexidades notáveis, especialmente quando fatores locais, como a orografia, o microclima e oscilações climáticas sobrepostas interagem com o sinal oceânico global.

Diante do desafio de monitorar grandes extensões territoriais de forma contínua e não destrutiva, o sensoriamento remoto consolida-se como ferramenta indispensável. Dentre os produtos espectrais derivados de sensores orbitais, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) destaca-se como o indicador biofísico mais amplamente utilizado para quantificar o vigor vegetativo, apresentando forte correlação com a taxa de acúmulo de biomassa em pastagens. A análise de séries temporais de NDVI permite captar a sensibilidade da paisagem a anomalias hidrológicas e climáticas, viabilizando avaliações de impacto em escala regional.

O período compreendido entre 2020 e 2025 configura-se como uma janela temporal de interesse investigativo, pois os ecossistemas do Sul do Brasil foram expostos a instabilidades pluviométricas como uma intensa estiagem em 2020. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a dinâmica espaço-temporal do NDVI em áreas de Campos Nativos no município de Lages, Santa Catarina, investigando como o vigor vegetativo responde à precipitação local e ao ENSO.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO E DELINEAMENTO AMOSTRAL

O estudo foi conduzido em áreas de Campos Nativos situadas no município de Lages, na mesorregião do Planalto Sul Catarinense, caracterizada por altitudes elevadas e marcada variabilidade temporal na distribuição de precipitações. A delimitação das unidades amostrais baseou-se em mapeamento prévio da cobertura de Campos Nativos, que classificou polígonos exclusivos de pastagens nativas a partir de imagens Sentinel-2, excluindo pastagens cultivadas e outras fitofisionomias. A partir dos centróides desses polígonos, foram gerados 1.800 pontos amostrais para a extração sistemática dos dados espectrais. Todo o processamento foi conduzido sob o sistema de referência geodésico SIRGAS 2000/UTM 22S.

AMBIENTE DE PROCESSAMENTO E DADOS

O processamento dos dados geoespaciais foi realizado na plataforma Google Earth Engine (GEE), utilizando a API Python via Google Colab com as bibliotecas Pandas e GeoPandas. Foram empregadas imagens da constelação Landsat com resolução espacial de 30 metros, abrangendo os sensores TM (Landsat 5), ETM+ (Landsat 7), OLI (Landsat 8) e OLI-2 (Landsat 9), cobrindo o período de 2000 a 2025. O controle de qualidade baseou-se na banda QA_PIXEL, que permite a identificação e exclusão de nuvens, sombras, cirrus e neve por meio da decodificação de bitmasks, garantindo a integridade espectral das observações. O NDVI foi calculado pixel a pixel pela equação padrão que relaciona a reflectância do infravermelho próximo (NIR) e da banda vermelha (Red).

Os dados de precipitação foram obtidos do modelo ERA5, com resolução temporal mensal, sendo utilizados para o cálculo das anomalias pluviométricas. O índice ONI (Oceanic Niño Index), fornecido pela NOAA, foi adotado como indicador das fases do ENOS ao longo do período analisado.

PADRONIZAÇÃO ESTATÍSTICA E ANÁLISE DE ANOMALIAS

A metodologia central baseou-se no cálculo de anomalias para identificar desvios no comportamento da vegetação e da precipitação em relação ao padrão histórico. A média da série de 2000 a 2020 foi estabelecida como climatologia de referência. As anomalias mensais foram obtidas pela subtração da média do período recente (2020–2025) pela média histórica (2000–2020), procedimento aplicado de forma idêntica tanto para o NDVI quanto para a precipitação ERA5. Unidades amostrais com variabilidade superior ao percentil 90 das anomalias médias de NDVI foram identificadas e excluídas da análise, reduzindo o efeito de outliers espaciais. A relação entre a vegetação e o ENOS foi quantificada pelo Coeficiente de Correlação de Pearson (r), com significância estatística validada pelo teste p-valor ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da dinâmica espaço-temporal do NDVI nos Campos Nativos de Lages entre 2020 e 2025 revela que o vigor vegetativo não apresenta um acoplamento linear simples com as fases do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS). Embora o ENOS seja um dos principais moduladores da variabilidade climática global e da precipitação no Sul do Brasil, a resposta da vegetação local é mediada por uma complexa interação multiescalar. Conforme observado na Figura 1, a distribuição mensal da anomalia do NDVI sobreposta ao índice ONI demonstra que intervalos sob influência de El Niño podem registrar anomalias negativas de vigor vegetativo. Isso indica que, apesar de ser um evento de macroescala, o ENOS não determina de forma absoluta a resposta da vegetação local, a qual pode ser atenuada por condições ambientais endêmicas.

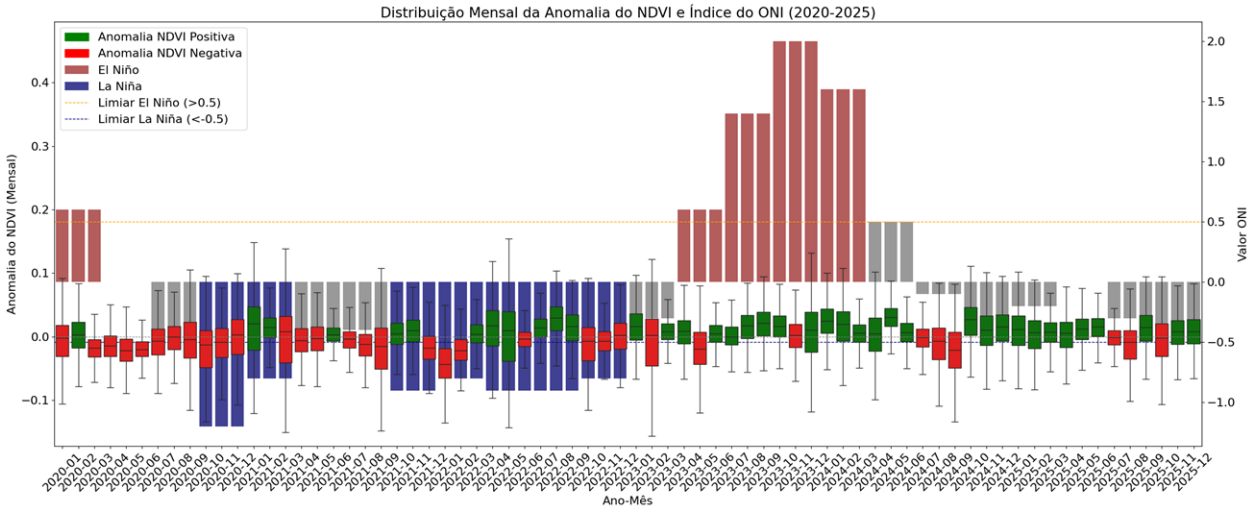


Figura 1. Distribuição mensal da anomalia do NDVI sobreposta ao Índice Oceânico Niño (ONI) para os Campos Nativos de Lages, SC, no período de 2020 a 2025. Fonte: Autor (2026).

Essa dissociação é evidenciada pelo "efeito retardado" (*time lag*), uma vez que a biomassa demanda um período de recarga hídrica para manifestar ganhos nos valores de NDVI. Segundo Guarda (2026), a precipitação em Santa Catarina não é homogênea ao longo do ano e apresenta janelas de atividade dependentes da sazonalidade. A Figura 2 ilustra essa dinâmica espacial e temporal, a qual no ano de 2020, mesmo sob a sinalização de El Niño (fase quente), a ocorrência de uma estiagem regional resultou em uma anomalia negativa de 50,9% no NDVI, que perdurou praticamente até 2022. De acordo com Grimm et al. (2020), os impactos pluviais no Sul possuem variações complexas, onde os efeitos severos de um evento podem se manifestar plenamente apenas no outono ou inverno subsequente ao seu início, muitas vezes intensificados pela combinação de diferentes oscilações climáticas.

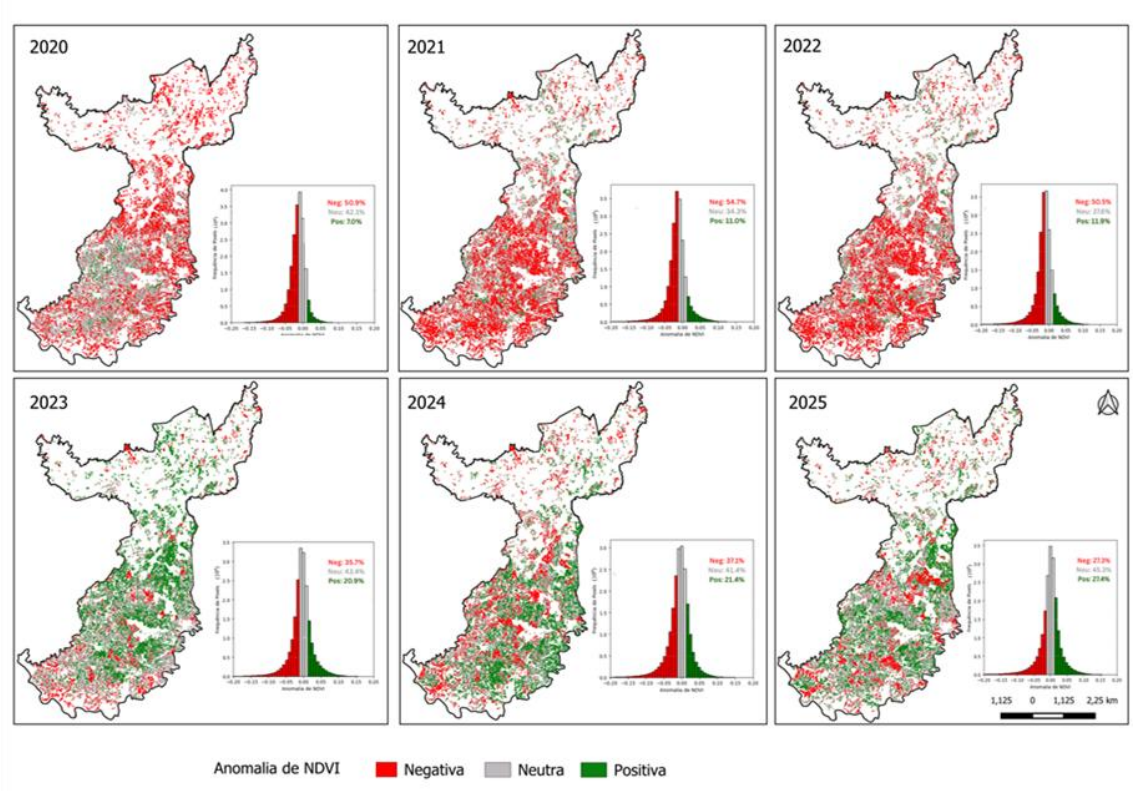


Figura 2. Mapas e histogramas de frequências de pixels das anomalias anuais de NDVI nos Campos Nativos de Lages, SC, no período de 2020 a 2025. Fonte: Autor (2026).

Nesse contexto, a integridade ecológica das áreas de Campos Nativos em Lages sugere que a vegetação possui uma resiliência biológica consolidada por longos períodos de adaptação. Segundo Estrella et al. (2021), ecossistemas que mantêm sua integridade e possuem baixa interferência humana tendem a apresentar uma resistência histórica a mudanças climáticas, uma vez que suas comunidades biológicas foram expostas continuamente à variabilidade natural e a eventos extremos. Essa característica faz com que os campos nativos funcionem como sistemas de referência, onde as respostas observadas na Figura 2 refletem, de forma mais isolada, os impactos das oscilações ambientais.

CONCLUSÕES

A dinâmica do NDVI nos Campos Nativos de Lages não possui um acoplamento linear com o ENOS, o que demonstra que fenômenos de macroescala não determinam o vigor vegetativo local de forma absoluta. Os efeitos das anomalias de Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico Equatorial no Sul do Brasil, não são imediatos, nem sincronizados, existindo um tempo de resposta do sistema climático. O microclima regional, a topografia e eventos meteorológicos locais exercem o controle sobre a fenologia, sendo capazes de atenuar ou intensificar os sinais climáticos globais.

Observa-se um efeito retardado na resposta da vegetação, que necessita de recarga hídrica prévia para que o ganho de biomassa se manifeste no índice. Além disso, a baixa antropização das áreas confirma que os Campos Nativos são sistemas de referência ideais para estudos climáticos, neles, as respostas biológicas refletem melhor os impactos das oscilações ambientais, sem interferência de práticas de manejo intensivo.

Conclui-se que o sensoriamento remoto via NDVI Landsat é uma ferramenta eficaz e escalável para o monitoramento contínuo, permitindo avaliar com precisão a resposta das pastagens naturais a eventos climáticos extremos em grandes extensões territoriais.

PALAVRAS-CHAVE

NDVI; ENOS; Sensoriamento Remoto; Microclima; Campos Nativos.

AGRADECIMENTOS

Epagri/Ciram- Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometereologia de Santa Catarina.

REFERÊNCIAS

Erasmi, S., Propastin, P., & Kappas, M. (2009). Spatial patterns of NDVI variation over Indonesia and their relationship to ENSO warm events during the period 1982–2006. Journal of Climate, 22(24), 6612–6623. https://doi.org/10.1175/2009JCLI2460.1

Fontana, D. C., de Paula, P. M., Kaiser, D. R., Berlato, M. A., & Bergamaschi, H. (2018). Indicators of the grasslands growth by satellite. Bragantia, 77(2), 404–414. https://doi.org/10.1590/1678-4499.2017222

Grimm, A. M., Vera, C. S., Mechoso, C. R., & Gulizia, C. (2020). O efeito combinado de oscilações climáticas na produção de extremos: a seca de 2020 no Sul do Brasil. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 25, e48. https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020200116

Guarda, J. C. (2026). Variabilidade do ciclo anual da precipitação em Santa Catarina a partir da análise de EOFs cicloestacionárias [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina]. Repositório UFSC.

Herrera Estrella, E., Herrera, M., Maldonado, T., Ruales, M., & Peñafiel, J. (2021). Quantifying vegetation response to environmental changes on the Galapagos Islands using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Environmental Research Communications, 3(6), 065003. https://doi.org/10.1088/2515-7620/ac0bd1

Minuzzi, R. B. (2018). Variabilidade no regime de chuva em Santa Catarina durante diferentes tipos de ENOS. Agrometeoros, 26(1), 113–122. https://doi.org/10.31062/agrom.v26i1.26341

Miranda Junior, G. X., Rodrigues, M. L. G., & Cruz, G. (2020). A estiagem do outono 2020 em Santa Catarina: a atuação da Epagri, da medição do dado à análise da informação. Revista Agropecuária Catarinense, 33(2), 13–16. https://doi.org/10.52945/rac.v33i2.1037

National Oceanic and Atmospheric Administration. (2026). Oceanic Niño Index (ONI). https://www.noaa.gov

Oliveira, C. G., & Quadro, M. F. L. (2024). Regionalização da precipitação e temperatura em Santa Catarina com dados de alta resolução temporal e espacial. Revista Brasileira de Climatologia, 34, 306–327. https://doi.org/10.55761/abclima.v35i20.17652

Pugas, A. F., Santos, D. C., Guarda, J. C., & Rodrigues, M. L. G. (2024). Análise da variabilidade temporal de precipitação no Estado de Santa Catarina – Brasil. Revista Brasileira de Climatologia, 34. https://doi.org/10.55761/abclima.v35i20.17652

United States Geological Survey. (2026). Landsat science products. https://www.usgs.gov/landsat-missions

Villarreal-Veloz, J., Villacreses, G., Peña, M., Carvajal-Romo, G., & Vaca, M. (2023). Spatio-temporal description of the NDVI (MODIS) of the Ecuadorian tussock grasses and its link with the hydrometeorological variables and global climatic indices. Sustainability, 15, 11562. https://doi.org/10.3390/su151511562