

DETECÇÃO E DELIMITAÇÃO DE QUEIMADAS POR ÍNDICES ESPECTRAIS E *MACHINE LEARNING* NO NORDESTE BRASILEIRO

Amanda Rodrigues Fernandes¹; Letícia Mayumi Matsuda²; Leandro Fernandes
Coladello³; Mayara Maezano Faita Pinheiro⁴; Nariane Marselhe Ribeiro Bernardo do
Carmo⁵

¹ Inspectral. (amanda.fernandes@inspectral.com.br).

² Inspectral. (leticia.matsuda@inspectral.com.br).

³ Inspectral. (leandro.col@inspectral.com.br).

⁴ Inspectral. (mayara.faita@inspectral.com.br).

⁵ Inspectral. (nariane@inspectral.com.br).

Resumo: O Brasil apresenta uma série histórica de elevados índices de áreas queimadas. Durante estes eventos, há um impacto significativo no meio ambiente, atingindo os componentes vivos e não vivos do ecossistema, afetando cadeias produtivas, bem como em aspectos sociais, desde a exposição a partículas inaláveis até a necessidade de evacuação da área afetada. Deste modo, a responsabilidade compartilhada na prevenção e remediação dos incêndios, principalmente de natureza antropogênica, desempenha um papel importante em diversas esferas. Considerando que os incêndios afetam diretamente setores estratégicos da economia brasileira, como a pecuária e a distribuição de energia, o engajamento das empresas na prevenção e mitigação das queimadas torna-se uma questão não apenas ambiental, mas também econômica e estratégica. Atualmente, o mercado busca o equilíbrio ecológico através do conceito de ESG (*Environment, Social and Governance*) que propõe o emprego de soluções tecnológicas e eficientes. Nesse contexto, o presente trabalho visou desenvolver e validar dois algoritmos de detecção e delimitação de cicatrizes de queimadas em imagens Sentinel-2, baseados em índices espectrais e em aprendizado de máquina. Para o primeiro, foram calculados três índices, para identificar alteração da vegetação caracterizada por queimada nas imagens do espectro visível e infravermelho. Os índices foram combinados por meio de limiares considerando seus comportamentos em eventos de queima e a validação ocorreu a partir da comparação das máscaras geradas e incêndios observados no Brasil. Quanto ao segundo, foram utilizadas as bandas do visível e do infravermelho próximo no período de 2022 a 2024, com 2.000 amostras de cicatrizes de queimadas e 2.000 amostras de fundo. Além disso, foi feito o cálculo de índices espectrais que destacam mudanças na saúde da vegetação. O modelo foi treinado com 70% dos dados e testado com 30%, sendo validado pela comparação entre as máscaras geradas e casos de incêndios considerados como verdade terrestre. No que se refere aos resultados obtidos, os índices que apresentaram melhor capacidade de detecção foram *Normalized Burn Ratio* (NBR), inclusive o NBR2, e *Smoothed Agricultural Fire Index* (SAFI), índice proposto neste estudo. Outrossim, o modelo de *machine learning* que obteve melhor desempenho foi o *Random Forest* com uma acurácia de 0,94. Os algoritmos foram aplicados em três eventos diferentes na região

nordeste do Brasil (Maranhão e Piauí), ocorridos em 24 de agosto, 14 de setembro e 08 de outubro de 2025. As máscaras resultantes do algoritmo de índices delimitaram duas áreas queimadas de 0,88 e 0,14 km² no primeiro evento, uma queima de 9,24 km² no segundo e um incêndio de 6,3 km² no terceiro. Já as máscaras do algoritmo de *machine learning* resultaram em detecções de 0,10 km², 0,96 km² e 9,2 km² respectivamente para cada evento. Os três eventos foram selecionados com base na detecção prévia de focos de calor. Embora os algoritmos apresentem diferenças nas áreas estimadas de queimada, ambos demonstraram coerência espacial com as cicatrizes identificadas nas imagens. Em síntese, as abordagens atingiram o objetivo proposto, delimitando queimadas de diferentes dimensões e contribuindo para o monitoramento ambiental e a tomada de decisão alinhada aos princípios ESG.

Palavras-chave: Cicatriz de Queimada; Monitoramento Ambiental; Sensoriamento Remoto; Sentinel-2; ESG.