



ACURÁCIA E SENSIBILIDADE DE SATÉLITES NA DETECÇÃO DE QUEIMADAS EM ÁREA DE CERRADO BRASILEIRO

Raimundo Nonato da Silva Oliveira^{1*}, Leandra Ribeiro da Silva¹, Ronie Silva Juvanhol¹

Universidade Federal do Piauí¹.

*raimundooliveira@ufpi.edu.br

RESUMO

O Cerrado brasileiro é um bioma de grande importância ecológica, mas altamente vulnerável a incêndios florestais, majoritariamente causados por ação antrópica. O presente estudo avaliou a acurácia e sensibilidade de diferentes satélites na detecção de focos de queima na Estação Ecológica de Uruçuí-Una, no sudoeste do Piauí. Utilizando dados de focos de calor do INPE (2010–2020) e cicatrizes de queima do projeto MapBiomas, foram analisados registros dos satélites NOAA, GOES, NPP, TERRA, AQUA e METOP, entre outros. Foram detectados 27.971 focos de calor, sendo 55,5% ativos. O satélite MSG apresentou a maior acurácia (61,7%), embora com menor número de detecções. NPP destacou-se pela maior frequência de registros (11214), com índice de acurácia de 54,65%. Os satélites NPP e MSG foram mais eficazes na identificação de cicatrizes menores, enquanto METOP apresentou mediana de área queimada próximo a 10000 ha. Os resultados demonstram que, devido à vasta extensão territorial, o monitoramento por satélite é essencial para complementar as ações de campo no combate a incêndios florestais. Conclui-se que o satélite NPP apresenta melhor desempenho geral em termos de acurácia e sensibilidade, sendo o mais indicado para o monitoramento de queimadas na área estudada.

Palavras-chave: Monitoramento Ambiental. Preservação da Biodiversidade. Sensoriamento Remoto.

INTRODUÇÃO

O Cerrado, segundo maior bioma do Brasil, está localizado majoritariamente na região central do país e caracteriza-se por uma vegetação adaptada a condições ambientais extremas (MACHADO NETO *et al.*, 2017). Uma de suas principais características ecológicas é a ocorrência do fogo, tanto de origem natural quanto antrópica, sendo o ser humano o principal responsável pelas queimadas, especialmente durante a estação seca.

Os incêndios florestais causam sérios danos ambientais, afetando a fauna, a flora e comprometendo habitats inteiros (FERRAZ, 2009; STRASSBURG *et al.*, 2017). Diante da importância ecológica do Cerrado e de sua vulnerabilidade ao fogo, o monitoramento constante se torna essencial, como é feito na Estação Ecológica de Uruçuí-Una (ESECUUNA). O avanço das tecnologias de sensoriamento remoto por satélite tem contribuído para a detecção mais precisa de focos de incêndio, embora ainda existam desafios relacionados à acurácia dos sistemas e à resposta rápida e eficaz no combate às chamas (PEREIRA *et al.*, 2017). Nem todos os focos de calor correspondem a incêndios florestais e muitos incêndios não são detectados pelos sensores, ressaltando a importância da validação desses produtos para aperfeiçoar a tecnologia de monitoramento de incêndios (MIRANDA *et al.*, 2023).

O estudo deste bioma é fundamental para a conservação da biodiversidade, pois abriga inúmeras espécies endêmicas e migratórias, muitas delas ameaçadas de extinção. A ESECUUNA, localizada no sul do Piauí, é uma área de conservação voltada à proteção do Cerrado, que tem sido severamente afetada por queimadas e, por isso, vem sendo monitorada por equipes de bombeiros e órgãos ambientais (IBAMA, 2001).

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar a precisão na detecção de focos de queima por diferentes satélites, buscando identificar quais sistemas apresentam maior sensibilidade e eficácia no monitoramento de incêndios ativos.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi conduzido na Estação Ecológica de Uruçuí-Una, situada no Cerrado do sudoeste do Piauí, especificamente nos altos platôs piauienses. A área de estudo possui 135.000 hectares, com vegetação predominantemente de cerrado *sensu stricto* e campo cerrado. As coordenadas geográficas da área são detalhadas conforme indicado na Figura 1.



VIII CONEFLOP

27 a 29 de agosto | Maceió, AL

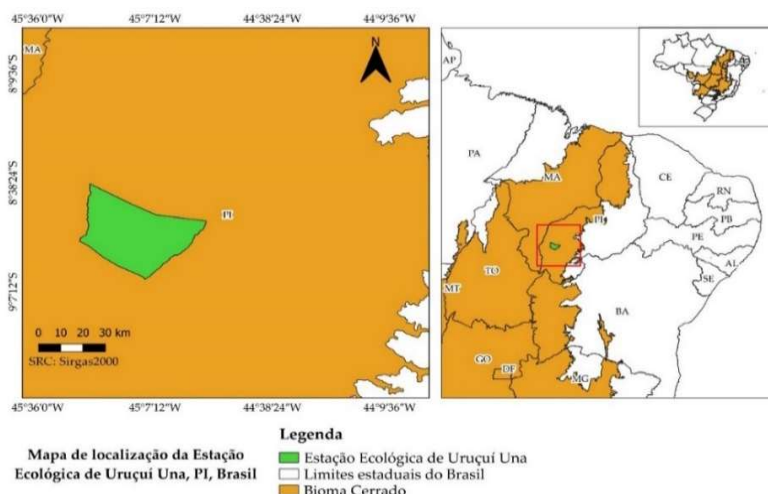


Figura 1. Localização da área de estudo.

Coleta de dados

O estudo coletou dados de focos de calor no Piauí entre 2010-2020, acessando o programa de Queimadas do INPE (Bdqueimadas), disponibilizado em formato shapefile. Os dados foram coletados de diversos satélites, como NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration, EOS – Earth Observing System (TERRA e AQUA), S-NPP – Suomi-National Polar-orbiting Partnership (sensor VIIRS) e os geoestacionários GOES – Geostationary Operational Environmental Satellite e METEOSAT. Esta base de dados contém dados diários de focos de queima, permitindo uma análise temporal do fogo.

A segunda etapa envolveu o mapeamento das cicatrizes de fogo através do projeto MapBiomas, usando o Google Earth Engine. As cicatrizes, obtidas com imagens de satélite Landsat (resolução de 30m), foram recortadas com um buffer de 5km em torno da Estação Ecológica para abranger áreas do entorno. Para este estudo foi considerado o produto de área queimada mensal (no período de 2010-2020) no formato raster da Coleção 3 do MapBiomas Fire.

Análise da acurácia e sensibilidade dos satélites

A análise de acurácia e sensibilidade dos satélites, compreendeu as seguintes etapas: coleta e importação de imagens de cicatrizes de queima, vetorização das cicatrizes para gerar polígonos, cálculo das áreas dos polígonos, integração espacial dos focos de queima com as áreas queimadas e sua classificação como ativos (quando o foco inserido em uma cicatriz) ou falsos alertas (caso contrário). Essa abordagem permitiu aferir a sensibilidade dos diferentes satélites na detecção de incêndios de variadas dimensões, desde focos pontuais até grandes extensões.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A representação espacial dos focos de queima ativos e falsas alertas, revelou que 60,1% dos focos de calor nas áreas circundantes da ESECUUNA estão relacionadas a falsos alertas, enquanto os focos ativos se concentram no seu interior (Figura 2).

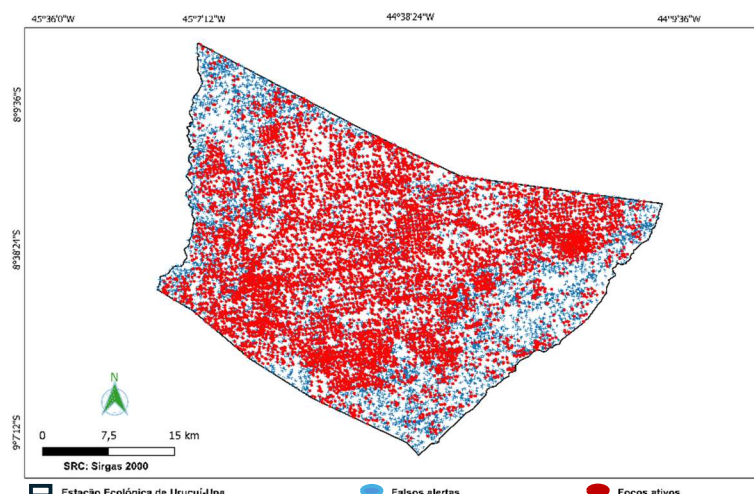


Figura 2. Distribuição espacial dos focos de queima ativos e falsos alertas na ESECUUNA.

Ao longo de 11 anos de monitoramento por satélite, foi possível identificar uma grande quantidade de focos de calor, com uma razoável proporção sendo confirmada como focos ativos, evidenciando um índice geral de assertividade de 55%. Os satélites NPP, NOAA e GOES se destacaram pela maior capacidade de detecção, apresentando índices de precisão similar ou superior ao índice de acurácia geral. Contudo, o satélite METOP registrou desempenho inferior tanto em número de detecções (86) quanto em taxa de acerto (39,5%). Os satélites de referência de monitoramento de queimadas do INPE, AQUA e TERRA, apresentaram índice de acurácia de 51,4% e 48,9%, respectivamente, com número total próximo a 2000 registros, conforme representado na Figura 3.

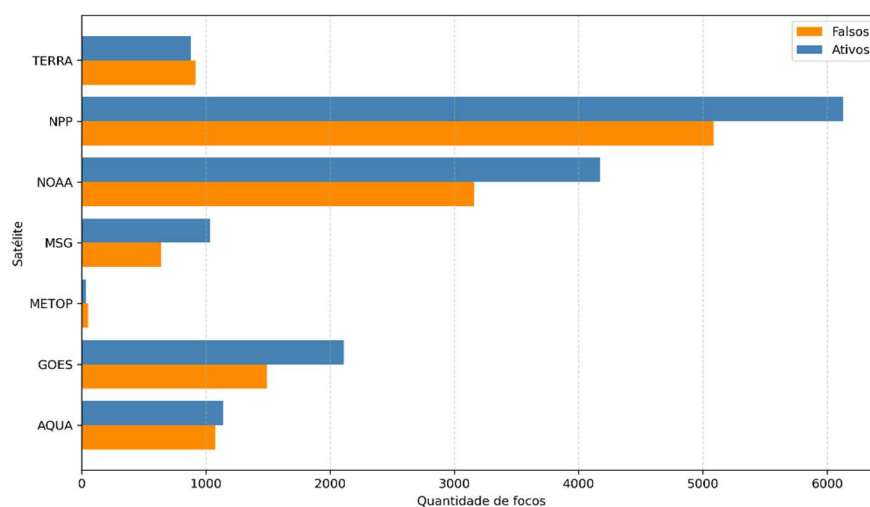


Figura 3. Quantificação de focos ativos e falsos alertas para o conjunto de satélites de monitoramento de queimadas.

Os resultados destacam ainda que o satélite MSG apresentou a maior precisão (61,7%) e o satélite NPP, a maior frequência de detecções, totalizando 11214 registros, incluindo focos ativos e falsos alertas. Esse comportamento pode ser relacionado às características do sensor VIIRS embarcado neste satélite, o qual possui alta resolução espacial e temporal, o que tende a aumentar a detecção de eventos fracos ou passageiros, incluindo falsos alertas, especialmente em condições atmosféricas instáveis ou de cobertura vegetal complexa. Por outro lado, sensores como METOP, tiveram poucos registros, influenciados por sua vida útil e limitações tecnológicas.

A análise da área das cicatrizes de queima associadas às detecções por satélite revelou importantes diferenças na sensibilidade dos sensores em relação ao tamanho dos eventos de fogo (Figura 4). O gráfico boxplot mostra que, apesar de todos os satélites participarem da detecção de incêndios em múltiplas faixas de área, há padrões distintos na distribuição e na mediana das cicatrizes registradas por cada um.

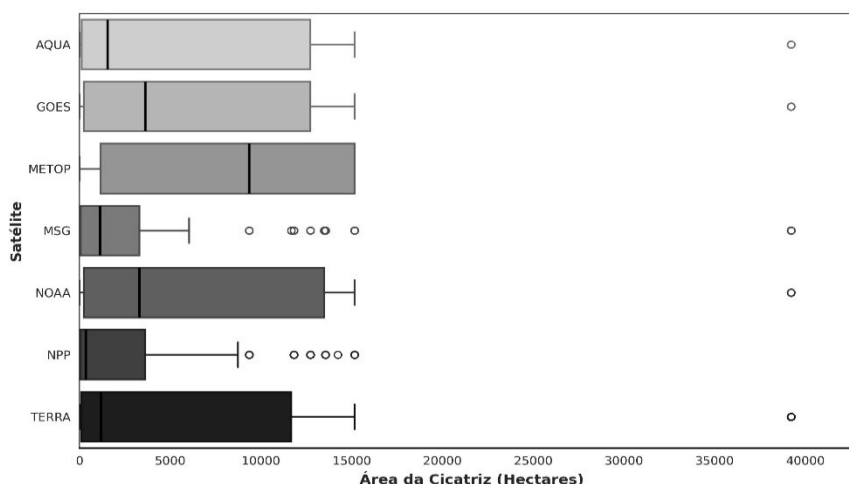


Figura 4. Boxplot da presença de focos de queima ativos em relação à área das cicatrizes de queima.

Os satélites MSG e NPP apresentaram mediana e quartis inferiores significativamente mais baixos, indicando maior frequência de detecção de eventos de menor porte. Este comportamento é compatível com a alta resolução temporal e relativa frequência de passagem desses satélites, o que aumenta a chance de detectar focos de calor incipientes ou de curta duração. Em contraste, satélites como NOAA e GOES mostraram valores de mediana e dispersão mais elevados, o que sugere uma tendência à detecção de eventos com cicatrizes maiores.

O satélite METOP, por sua vez, apresentou mediana acima de 10000 hectares, a maior entre todos os sensores avaliados. A presença de outliers em todos os sensores, com cicatrizes superiores a 40 mil hectares, indica que eventos de grande magnitude foram detectados por múltiplos satélites.

CONCLUSÕES

Conclui-se que a eficiência dos satélites na detecção de focos de calor varia conforme suas características técnicas e tempo de operação. Satélites como NPP, NOAA e GOES se destacam pela melhor precisão e grande volume de registros, especialmente o NPP, que apresentou a maior quantidade de dados coletados. Por outro lado, satélite como METOP, apresentam menor assertividade e volume de dados. A análise de sensibilidade revelou que os satélites NPP e MSG são mais eficazes na detecção de cicatrizes de queimadas menores, enquanto METOP se concentra em áreas de maior extensão. Da relação acurácia e sensibilidade avaliados neste estudo, o satélite NPP é o mais indicado para o monitoramento dos incêndios na área de estudo.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças ao apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por meio da concessão de bolsa de pesquisa, e da Universidade Federal do Piauí (UFPI), que proporcionou a estrutura necessária ao desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Plano de Manejo da Estação Ecológica de Uruçuí-Una. Brasília: IBAMA 2001.
- FERRAZ, E.M.. Security surgery. A XXI century exigence. Rev Col Bras Cir, v. 36, p. 281–282, 2009.
- MACHADO NETO, A. D. P.; BATISTA, A. C.; BIONDI, D.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. P. B. Incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães-MT entre 2005 e 2014. *Nativa*, v. 5, n. 5, p. 355-361, 2017.
- MIRANDA, J. R.; JUVANHOL, R. S.; SILVA, R. G. Use of maximum entropy to improve validation and prediction of active fires in a Brazilian savanna region. *Ecological Modelling*. V. 475, 110219, 2023.
- PEREIRA, A. A. et al. Burned area mapping in the Brazilian Savanna using a one-class support vector machine trained by active fires. *Remote Sensing*, [s. l.], v. 9, n. 11, p. 1161, 2017.
- STRASSBURG, B.B.N., BROOKS, T., FELTRAN-BARBIERI, R., IRIBARREM, A., CROUZEILLES, R., LOYOLA, R., LATAWIEC, A.E., OLIVEIRA FILHO, F.J.B., DE SCARAMUZZA, C.A.M., SCARANO, F. R., SOARES-FILHO, B., BALMFORD, A. Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nat Ecol Evol*, v. 1, p. 1–3, 2017.