

FOGOTECA ALARMES: REDE COLABORATIVA DE FOTOGRAFIAS DE CAMPO PARA VALIDAÇÃO DO MAPEAMENTO DE ÁREAS QUEIMADAS POR SATÉLITE

Julia A. Rodrigues¹, Filipe L.M. Santos^{2,1}, Liz B.C. Belém¹, Luiza C. Narcizo¹, Ariel G. Drummond¹, Renata Libonati¹

¹Departamento de Meteorologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil, juliarodrigues@igeo.ufrj.br, lizbarreto7@gmail.com, luizacnarcizo@gmail.com, arieldrummond05@gmail.com, renata.libonati@igeo.ufrj.br; ²Instituto de Investigação e Formação Avançada, Universidade de Évora, Évora, Portugal, filmaiass@gmail.com

RESUMO

Apesar da validação ser parte do processo obrigatório de certificação de qualquer algoritmo automático de mapeamento de áreas queimadas por imagens de satélite, realizar verificações periódicas é fundamental para manter a qualidade do produto e apoiar futuros refinamentos. Neste contexto, o LASA-UFRJ desenvolveu a Fogoteca como uma ferramenta colaborativa capaz de auxiliar as técnicas de validação do Sistema ALARMES, um sistema de monitoramento diário de áreas queimadas no Brasil. A ferramenta cruza e armazena registros fotográficos georreferenciados de eventos de fogo na vegetação com o mapeamento via sensoriamento remoto. Além disso, possibilita a participação direta de instituições e da sociedade, uma forma de ampliar o alcance da ferramenta através da ciência cidadã.

Palavras-chave — queimadas, incêndios florestais, impactos do fogo, sensoriamento remoto, ciência-cidadã.

ABSTRACT

Although validation is part of the mandatory certification process of any automatic algorithm for mapping burned areas using satellite images, carrying out periodic checks is essential to maintain the quality of the products and support future refinements. In this context, LASA-UFRJ developed the Fogoteca, as one collaborative tool able to help the validation techniques for the ALARMES System, a daily monitoring system for burned areas in Brazil. The tool cross-references and stores photographic records of vegetation fire events with remote sensing mapping. Furthermore, it enables the direct participation of institutions and society, a way of broadening the tool's reach and bringing ordinary citizens closer to science.

Key words — burnt, forest fires, fire impacts, remote sensing, citizen science.

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da frequência e intensidade dos incêndios na vegetação, impulsionados por fatores como mudanças climáticas e práticas de uso do solo [1], torna-se essencial

realizar um gerenciamento eficaz da mitigação e combate ao fogo indevido. Dentre os impactos ecológicos e ambientais, estão a perda da biodiversidade, a redução da qualidade do ar e da água, doenças respiratórias ocasionadas pela fumaça e a perda de infraestrutura das comunidades locais [2][3][4]. Para alcançar um contínuo monitoramento no tempo e no espaço, os satélites são as únicas plataformas com a capacidade de observar as mudanças diárias na superfície global e fornecer dados/imagens para o mapeamento das áreas queimadas. Em virtude da necessidade operacional destes produtos, o Laboratório de Aplicações de Satélites Ambientais da Universidade Federal do Rio de Janeiro (LASA-UFRJ), em parceria com o Instituto Dom Luiz da Universidade de Lisboa, desenvolveu a plataforma ALARMES, que emite alertas diários em tempo quase-real de onde e quanto queimou nos biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal [5]. Além do avanço diário das cicatrizes de fogo (produto ALARMES-NRT), o sistema também realiza o mapeamento consolidado das áreas afetadas desde 2012 (produto ALARMES-HISTÓRICO), com resolução espacial de 500 metros.

Em resumo, a partir de compósitos de imagens de reflectância no topo da atmosfera dos canais vermelho (I1), infravermelho próximo (I2) e infravermelho médio (derivado de I4 e I5) com menor ângulo zenital de visada do sensor *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite* (VIIRS), a bordo do satélite NOAA-20/JPSS-1, combinados com focos de calor do mesmo sensor, o algoritmo BA-Net [6] identifica as áreas queimadas por treinamento de aprendizado profundo de máquina (*deep learning*).

A eficácia de algoritmos derivados de sensoriamento remoto depende de rigorosa validação das classificações, de forma a garantir uma confiável representação da realidade, tendo em vista as limitações de resolução espacial do sensor [7]. A validação pode envolver a comparação dos produtos com outros dados de sensoriamento remoto com maior resolução espacial, ou com informações obtidas em campo, para identificar se o mapeamento se aproxima da realidade. No entanto, da mesma forma em que é essencial para manter a qualidade operacional do produto, a validação enfrenta desafios como a disponibilidade de dados.

Neste contexto, o LASA-UFRJ desenvolveu a Fogoteca, uma ferramenta colaborativa do Sistema ALARMES que permite a qualquer usuário autenticado inserir registros fotográficos georreferenciados obtidos em campo durante suas atividades.

2. DADOS E MÉTODOS

Inserida no WebGIS da plataforma ALARMES (www.alarmes.lasa.ufrj.br/platform), a Fogoteca é uma ferramenta destinada ao envio de fotografias de queimas prescritas, queimadas e incêndios florestais, assim como das cicatrizes pós-fogo e de seus impactos (Figura 1). Ela se estrutura em uma seleção de imagens que correspondem a um par de coordenadas geográficas (longitude e latitude) para o georreferenciamento. No cadastro, também é necessário informar o tipo de evento (fogo ativo – durante o fogo, área afetada – pós-fogo, e impacto na fauna ou infra-estrutura). Além disso, caso o usuário saiba a causa do evento, poderá indicar se foi de origem humana, origem natural (raios) ou alguma ação de manejo integrado do fogo (MIF). A data do registro é utilizada para fazer a associação temporal com o mapeamento da área queimada do ALARMES. Para intitular e contextualizar o registro, completa-se o cadastro com assunto e descrição do evento. Um tutorial de suporte está disponível em [8].

Após o envio dos dados, a sequência de imagens é armazenada no banco de dados e listada em um ambiente de aprovação por parte dos administradores do sistema, para controle de qualidade. Por fim, as fotografias passam por um processamento de marca d'água e renderização para melhor visualização no carrossel de imagens.

Figura 1. Fogoteca ALARMES, aba de envio de fotografias.

3. RESULTADOS

Quando aprovadas, as fotografias são renderizadas pelo Leaflet – uma biblioteca JavaScript de código aberto para construção de aplicativos virtuais de mapas – e então localizadas no mapa pelo ícone de câmera fotográfica (Figura

2). Para visualização das fotografias, clica-se no ícone para abertura de uma janela pop-up. Os registros são associados ao ano de seleção do período das cicatrizes do ALARMES, que pode ser do ano corrente (alerta rápido) ou dos anos anteriores a partir de 2012 (histórico).

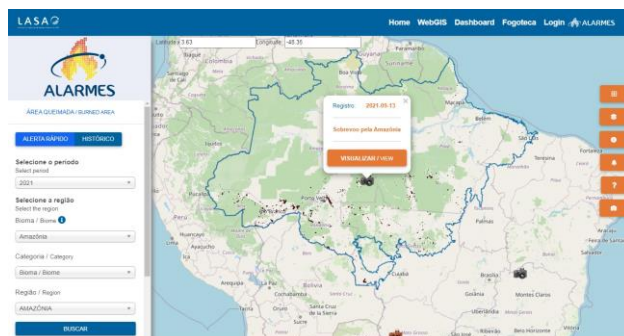


Figura 2. Localização dos registros referentes ao ano de 2021, representados pelo ícone de câmera fotográfica, e as áreas queimadas mapeadas pelo ALARMES na Amazônia para o mesmo ano (em marrom). Ícones da cor laranja indicam mais de um registro na região

Até outubro de 2024, a maior quantidade de registros está localizada no bioma Pantanal. Como exemplo, a Figura 3 mostra três registros de agosto de 2020 localizados no município de Corumbá/MS próximo à fronteira com o Paraguai, sobrepostos ao mapeamento ALARMES-HISTÓRICO do mesmo ano. A coincidência espaço-temporal dos registros com a área queimada mapeada valida positivamente o algoritmo.

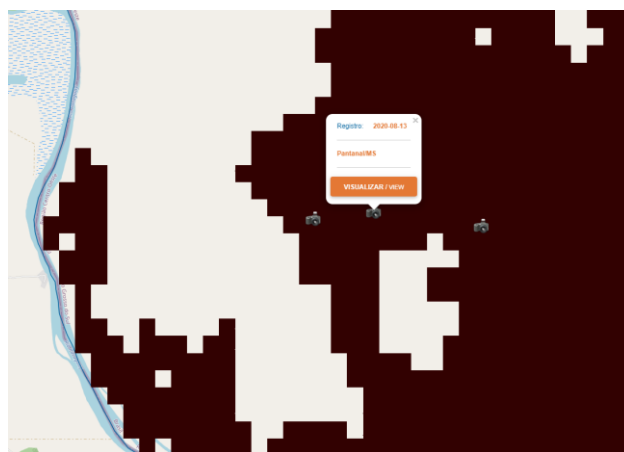


Figura 3. Visualização aproximada de três registros de agosto de 2020 no Pantanal e área queimada mapeada pelo ALARMES-HISTÓRICO em marrom.

Na Figura 4, visualiza-se a fotografia de fogo ativo armazenada no ícone central da Figura 3, capturada pelo Prevfogo/Ibama na noite do dia 13/08/2020 durante ação de combate, com latitude -20,3185° e longitude -57,9966°.

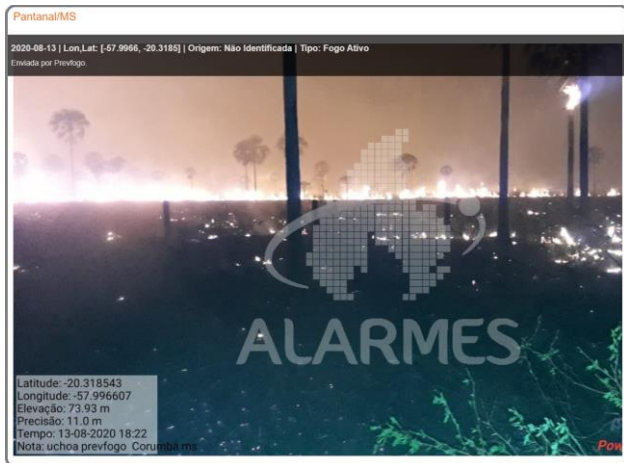


Figura 4. Fotografia armazenada em janela pop-up do ícone central da Figura 3.

Em relação ao número de registros por ano, totalizam-se 52, 55, 7, 4 e 1 para 2020, 2021, 2022, 2023 e 2024 respectivamente. Cada registro pode ter de 1 a 4 fotografias. Atualmente, a instituição que mais colabora com essas informações é o Prevfogo/Ibama, porém o sistema é aberto para qualquer usuário interessado no conceito da ciência cidadã.

As informações inseridas são comparadas geograficamente e temporalmente com os alertas, conforme Figura 5. Os resultados colaboram para a melhoria contínua do algoritmo e ajuste do seu grau de confiança, que representa a probabilidade de acerto da classificação, e é considerado acima de 30% atualmente.

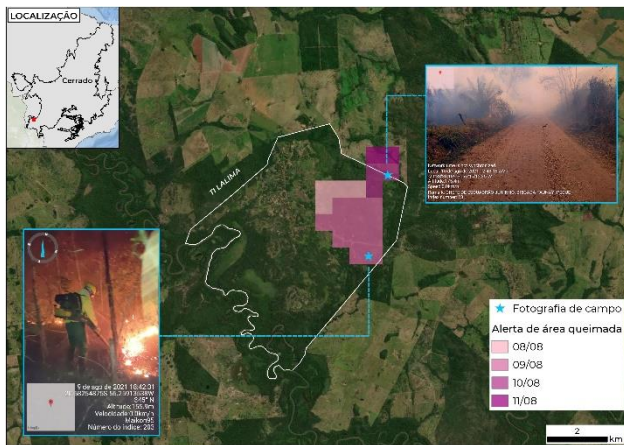


Figura 5. Comparação dos alertas de área queimada com fotografias de campo na terra indígena Lalima (MS) em agosto de 2021. As fotografias georreferenciadas correspondem ao local e data do registro. Fotografias enviadas pelo Prevfogo/Ibama.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, faltam dados coletados em campo para treinamento e validação de produtos derivados de imagens de

satélites. No contexto do Sistema ALARMES, é primordial ter este tipo de informação para o constante refinamento dos alertas gerados com dados de satélite. O custo financeiro associado aos trabalhos de campo que visam obter tais informações é um fator que limita a coleta *in situ* tanto no contexto geográfico (poucas áreas são monitoradas), quanto no contexto temporal (coletas em intervalos de tempo específicos).

A coleta de imagens de eventos de queimadas/incêndios florestais por agentes que realizam suas atividades diárias em campo é uma excelente oportunidade de suplantar as dificuldades encontradas para validação dos sistemas de alerta de fogo por satélite. Além disso, uma base de dados robusta com informações de campo da ocorrência destes eventos e seus efeitos são cruciais para entender os mecanismos indutores e guiar políticas públicas, por exemplo sobre a efetividade das ações de MIF. Uma base de dados como a Fogoteca também pode ser usada para melhorar a compreensão do regime de fogo de cada região e, assim, apoiar os esforços de planejamento e resposta às emergências.

Existem diferentes maneiras de compilar uma base de dados desta natureza, uma delas é a coleta de fotografias de campo sobre eventos de queimadas/incêndios, durante e após a ocorrência do fogo. O registro dos efeitos na fauna também é de suma importância para estudos ecológicos de restauração e auxilia na recuperação dos ecossistemas pós-incêndio. Outro aspecto importante é o papel da validação na formulação de políticas públicas. Com dados confiáveis, é possível implementar ações preventivas e de controle de incêndios, especialmente em áreas vulneráveis.

Em vista da sua grande importância técnico-científica, a Fogoteca ALARMES deve ser amplamente divulgada nos meios de comunicação que atingem os diferentes públicos para sua utilização.

5. AGRADECIMENTOS

Esta ferramenta foi desenvolvida no âmbito do Projeto Andurá [Prevfogo/CNPq] e do projeto “Mitigação dos efeitos dos incêndios de 2020 e prevenção contra novos incêndios na Serra do Amolar, Pantanal” em parceria com o Instituto Homem Pantaneiro [FUNBIO].

6. REFERÊNCIAS

- [1] R. Libonati. Megafires are here to stay - and blaming only climate change won't help, *Nature*, volume (627), páginas (10-10), 2024.
- [2] K. Gajendiran, S. Kandasamy and M. Narayanan. Influences of wildfire on the forest ecosystem and climate change: A comprehensive study, *Environmental Research*, volume (240, parte 2), 2023.
- [3] L. Menut, A. Cholakian, G. Siour, R. Lapere, R. Pennel, S. Mailler and B. Bessagnet. Impact of Landes forest fires on air quality in France during the 2022 summer, *Atmospheric Chemistry and Physics*, volume (23), páginas (7281-7296), 2023.

- [4] G. W. Nagel, L. A. S. Carvalho, R. Libonati, A. K. S. Nemirovsky and M. M. C. Bustamante. Fire Impacts on Water Resources: A Remote Sensing Methodological Proposal for the Brazilian Cerrado, *Fire*, volume (6), páginas (1-14), 2023.
- [5] ALARMES - ALerta de ÁRea queimada com Monitoramento Estimado por Satélite, 2022. Disponível em: <https://alarmes.lasa.ufrj.br/>.
- [6] M. M. Pinto, R. Libonati, R. Trigo, I. Trigo and C. C. DaCamara. A deep learning approach for mapping and dating burned areas using temporal sequences of satellite images, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, volume (160), páginas (260-274), 2020.
- [7] L. Giglio and D. P. Roy. On the outstanding need for a long-term, multi-decadal, validated and quality assessed record of global burned area: Caution in the use of Advanced Very High Resolution Radiometer data, *Science of Remote Sensing*, volume (2), páginas (1-9), 2020.
- [8] J. A. Rodrigues, F. L. M. Santos and R. Libonati. Tutorial de Acesso e Uso da FogoTeca: Rede colaborativa de dados de fogo, *ResearchGate*, volume (2), páginas (1-9), 2024.