

PROJETO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO E CONTENÇÃO DE INCÊNDIOS

Emiliane Cecília Araújo Rocha ¹; Ana Clara Mattos Martins dos Santos Machado¹; Carlos Alberto Luiz Rocha Neto¹; Matheus Carvalho Marques¹; Mikael Luiz de Lima Fernandes¹; Yannes Fidalgo de Souza¹; Florisvaldo Cardozo Bomfim Junior¹; Luiz Fernando Ribeiro de Paiva¹

¹ Universidade de Uberaba - UNIUBE

Autor Correspondente: emiliane.rocha2018@gmail.com

RESUMO

O monitoramento e a contenção de incêndios são essenciais para a segurança em propriedades rurais, residenciais e industriais, especialmente aquelas localizadas em áreas de risco. O presente texto descreve o processo de desenvolvimento de um sistema de monitoramento de incêndios desenvolvido para integrar diversos dispositivos de segurança em uma plataforma unificada. O sistema foi concebido para operar de maneira modular, permitindo a integração de sensores de calor, fumaça e câmeras, além de outros dispositivos futuros. Foi criado um protótipo funcional para validar os principais aspectos do projeto. Além do processo de desenvolvimento do referido protótipo, apresentou-se, neste ensaio, os desafios enfrentados e as funcionalidades implementadas no sistema, destacando seu potencial para proteger vidas e patrimônios em diferentes contextos.

Palavras-chave: monitoramento de incêndio; contenção de incêndios; segurança; propriedades rurais; residenciais e industriais; integração de dispositivos; sensores de calor e fumaça; sistema de monitoramento.

ABSTRACT

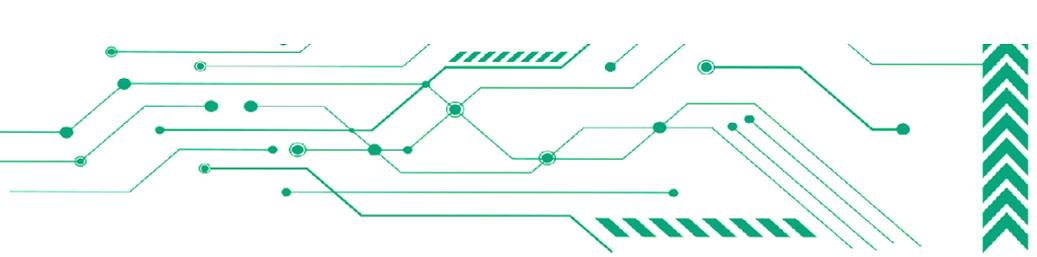
Fire monitoring and containment are essential for safety in rural, residential, and industrial properties, especially those located in high-risk areas. This text describes the development process of a fire monitoring system designed to integrate various security devices into a unified platform. The system was conceived to operate in a modular manner, allowing the integration of heat sensors, smoke detectors, and cameras, as well as other future devices. A functional prototype was created to validate the main aspects of the project. In addition to the development process of the mentioned prototype, this essay presents the challenges faced and the functionalities implemented in the system, highlighting its potential to protect lives and property in different contexts.

Keywords: Fire Monitoring; Fire suppression; Security; Rural Property, residential and Industry; Integration devices; heat and smoke sensors and System Monitoring.

1 INTRODUÇÃO

A ocorrência de incêndios em áreas rurais, residenciais e industriais tem causado prejuízos significativos, tanto em termos econômicos quanto ambientais. Nesse cenário, o uso de sistemas de monitoramento se tornou indispensável para a prevenção e contenção desses eventos. Saliente-se, ainda, que sob o aspecto ambiental, é preciso considerar que “os incêndios florestais estão entre os desastres mais graves para os recursos florestais e o meio ambiente humano. À medida que sua frequência aumenta devido às mudanças climáticas e outros fatores, a prevenção e o monitoramento dos incêndios florestais tornam-se uma preocupação global” (Pan, 2020, p. 97). Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de incêndios projetado para atender às necessidades existentes em propriedades multiuso. Oliveira *et al.* (2022; p. 138), também destacam a importância dessas tecnologias ao afirmar que “o uso do sensoriamento remoto para o monitoramento dos recursos ambientais cresce com o desenvolvimento das tecnologias. A aplicação na área ambiental possibilita observar grandes áreas sem a necessidade da visita de campo, o que permite a análise de áreas de difícil acesso”.

O projeto foi estruturado para ser escalável e compatível com dispositivos



adicionais que não fazem parte do modelo inicial, permitindo adaptações futuras, conforme as necessidades dos usuários.

Além de sensores básicos de calor e fumaça, o sistema integra câmeras e fornece um mapa interativo para o monitoramento em tempo real das propriedades. O foco principal foi criar uma solução acessível e eficaz, disponível para ser implementada em diferentes tipos de propriedades com adaptação mínima.

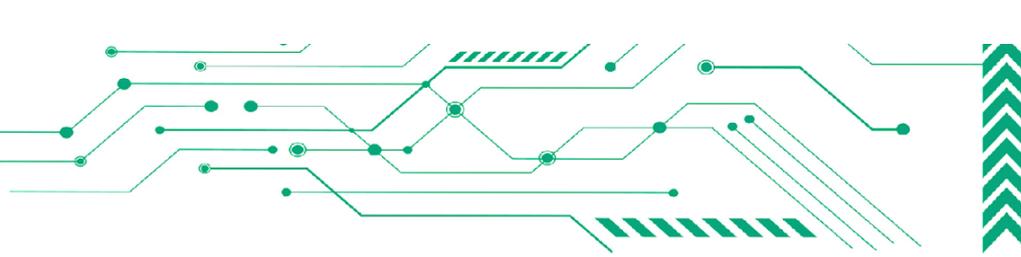
A motivação para este projeto surgiu da necessidade crescente de se desenvolverem soluções eficientes, acessíveis e escaláveis para a prevenção de incêndios, embora já existam sistemas consolidados no mercado. Conforme destacado por Fernandes (2010, p. 13), “a prevenção de incêndio compreende uma série de medidas, tais como a determinada distribuição dos equipamentos de detecção e combate a incêndio, o treinamento de pessoal, a vigilância contínua, a ocupação das edificações considerando o risco de incêndio, a arrumação geral e a limpeza, visando impedir o aparecimento de um princípio de incêndio, dificultar a sua propagação, detectá-lo o mais rapidamente possível, e facilitar o seu combate ainda na fase inicial”. [grifo nosso].

O sistema aqui descrito foi projetado para superar essas barreiras, integrando tecnologias existentes de forma modular e ampliável. A base inicial permite que mesmo usuários com recursos limitados tenham acesso a um sistema funcional, enquanto sua arquitetura modular possibilita a integração de dispositivos adicionais, como câmeras de monitoramento, sprinklers automáticos e sensores meteorológicos.

2 METODOLOGIA

2.1 Estrutura do Sistema

Para o desenvolvimento do sistema de monitoramento e contenção de incêndios, foram utilizadas diversas tecnologias e abordagens, garantindo a funcionalidade e a escalabilidade da solução. O projeto foi estruturado em



módulos distintos, permitindo adaptações futuras e integrações com dispositivos adicionais.

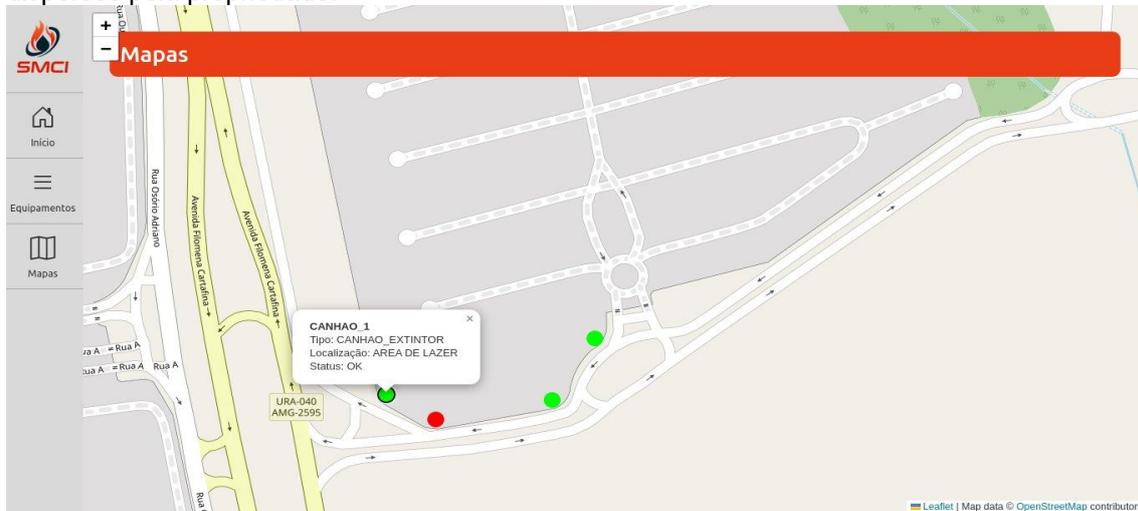
O sistema está dividido em dois módulos principais:

- Gerenciamento de Equipamentos: este módulo permite ao usuário registrar novos equipamentos, editar informações como ID, descrição, tipo e localização, e acessar o status atual de cada equipamento. Também inclui uma lista detalhada de eventos associados aos dispositivos, como alertas de emergência e logs de manutenção.
- Mapa de Visualização: através deste módulo, o sistema exibe a localização dos equipamentos em tempo real sobre um mapa interativo da propriedade. Essa funcionalidade utiliza Leaflet.js – uma biblioteca JavaScript de código aberto utilizada para criar mapas interativos em aplicações web – e dados do OpenStreetMap – um sistema que fornece dados geográficos abertos que podem ser utilizados livremente em diversos tipos de aplicações, como sistemas de navegação, aplicativos de geolocalização e projetos acadêmicos. Assim, o sistema desenvolvido oferece aos usuários a capacidade de monitorar os dispositivos visualmente. Equipamentos podem ser adicionados diretamente ao mapa, com atualização instantânea na interface.

As Figuras 1 e 2, a seguir, ilustram, respectivamente, o posicionamento dos sensores em uma propriedade e a tela do aplicativo que dá acesso às informações dos equipamentos em uso.



Figura 1 – Mapa interativo com visualização em tempo real dos equipamentos cadastrados e dispersos pela propriedade.



Fonte: Acervo dos autores (2024).

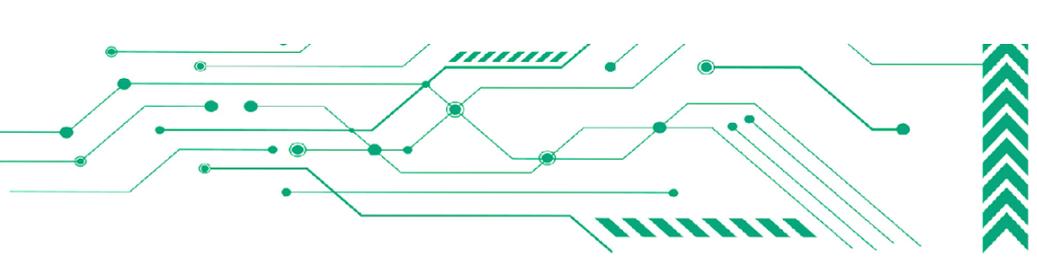
Figura 2 – Tela da aplicação com a lista de equipamentos registrados com opções de ação rápida, como editar, listar eventos e excluir.

ID	Descrição	Tipo	Localização	Status Atual	Ações
1	CANHAO_1	CANHAO_EXTINTOR	AREA DE LAZER	OK	[Edit] [List] [Delete]
3	CANHAO_3	CANHAO_EXTINTOR	AREA DE LAZER	OK	[Edit] [List] [Delete]
4	CANHAO_4	CANHAO_EXTINTOR	AREA DE LAZER	OK	[Edit] [List] [Delete]
2	CANHAO_2	CANHAO_EXTINTOR	AREA DE LAZER	OK	[Edit] [List] [Delete]

Fonte: Acervo dos autores (2024).

2.2 Tecnologias utilizadas

Para o desenvolvimento do sistema foco do presente texto, foram empregadas as seguintes tecnologias de desenvolvimento *web*: Back-end: Java 17, Spring Boot 3.3.4, PostgreSQL, Hibernate, Lombok. Front-end: Thymeleaf, Bootstrap 5.2.3, JavaScript (Fetch API). Mapa e Geolocalização: Leaflet.js integrado a dados do OpenStreetMap para mapas interativos. Considerando o conjunto de tecnologias de desenvolvimento *web* escolhido, cabe destacar a



reflexão de Reissig (2016) sobre essa questão, quando este afirma que usar o LeafletJS é algo eficiente quando se deseja criar aplicativos *web* profissionais que permitam aos usuários combinar dados de vários formatos de arquivo com imagens geograficamente referenciadas".

2.3 Atualização de Status dos Equipamentos

O sistema ora apresentado utiliza sensores integrados que enviam dados para uma API REST. Esses sensores identificam eventos como alterações de temperatura, presença de fumaça ou fogo, e geram requisições HTTP. Um exemplo de requisição seria:

```
http://localhost:8080/status/atualizar?equipamentoid=2&descricao=incendio+
detectado&tipoStatus=ALERTADO
```

Essa solicitação atualiza o *status* do equipamento em questão e registra o evento com detalhes, incluindo o tipo de alerta e o *timestamp*, sendo que o *timestamp* corresponde a um registro de data e hora que indica o momento exato em que um evento ocorreu, sendo possível, assim, documentar quando cada atualização ou alerta foi gerado, permitindo rastrear o histórico de eventos e facilitar a análise e resposta a incidentes.

2.4 Prototipagem e Testes

Para validar a funcionalidade do sistema proposto, foi desenvolvido um protótipo físico utilizando a plataforma Arduino com as seguintes características e funcionalidades:

- Hardware do Protótipo: inclui jumpers, módulo relé, sensor de chamas e bomba submersível. Quando o sensor detecta fogo, um algoritmo em Python lê os dados da porta serial do Arduino e envia uma requisição ao sistema, acionando uma bomba d'água automaticamente.
- Inspiração do Modelo: o protótipo foi baseado em um modelo desenvolvido pelo canal EAZYTRONIC, adaptado para atender os requisitos do projeto.

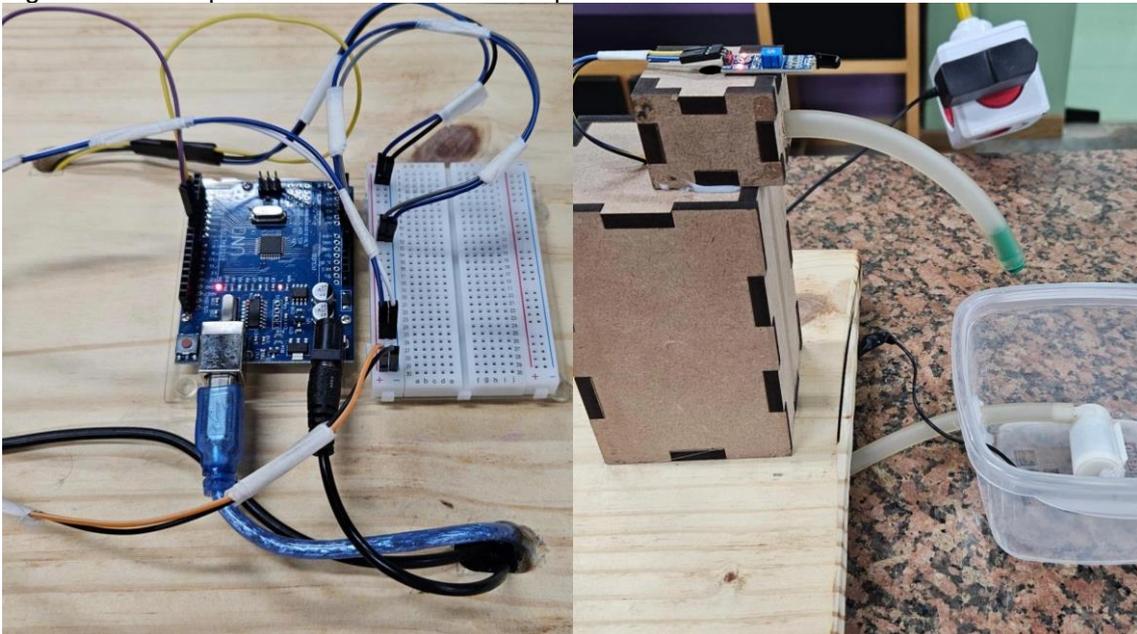
2.5 Testes Funcionais e Simulados

Os testes realizados podem ser descritos da seguinte forma:

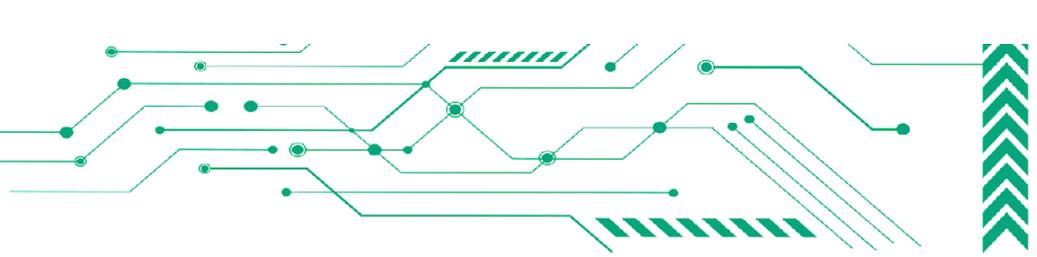
- Cenários de Emergência: foram realizados testes com detecção de temperatura elevada, verificando a precisão e o tempo de resposta do sistema.
- Mapeamento e Geolocalização: a funcionalidade do mapa foi validada em diferentes cenários, garantindo que as localizações dos dispositivos fossem atualizadas corretamente.
- Conexão e Automação: o protótipo Arduino foi testado quanto à eficiência na comunicação com o sistema e na execução das ações, como a ativação da bomba d'água.

A Figura 3, a seguir, ilustra o protótipo desenvolvido, incluindo a placa do sistema Arduino, o sensor empregado nos testes e demais componentes.

Figura 3 – Protótipo desenvolvido com os componentes



Fonte: Acervo dos autores (2024).



2.6 Etapas Finais de Validação

O sistema foi submetido a um teste de carga com múltiplos dispositivos conectados simultaneamente, simulando uma propriedade de grande porte. Isso garantiu que a arquitetura suportasse a escalabilidade pretendida.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados

Os resultados obtidos com o desenvolvimento e a implementação do sistema de monitoramento e contenção de incêndios demonstraram a eficácia da integração de sensores e dispositivos inteligentes para o monitoramento em tempo real de áreas de risco. O sistema permitiu uma visualização precisa e em tempo real da localização dos equipamentos em um mapa interativo, proporcionando agilidade na resposta a eventos críticos – como incêndios –, ao alertar os responsáveis imediatamente.

A integração com sensores de chama, conectados ao sistema por meio de um protótipo com Arduino demonstrou ser uma solução prática para monitoramento inicial. Esse protótipo físico funcionou conforme esperado, ativando a bomba d'água ao detectar fogo, o que evidenciou a funcionalidade e a confiabilidade do sistema em emergências.

Os testes realizados com o protótipo validaram a eficácia do sistema em monitorar áreas específicas e emitir alertas em tempo real. O mapa interativo (Figura 1) mostrou-se funcional para o acompanhamento das condições de cada dispositivo cadastrado. Entretanto, algumas limitações foram identificadas, como a ausência de dispositivos mais avançados, como sprinklers automáticos ou drones, que podem ser integrados em versões futuras para aumentar a efetividade das ações de contenção de incêndio.



4.2 Adição de Novos Protocolos de Comunicação

Para aprimorar a robustez e a flexibilidade do sistema, uma evolução futura importante seria a adição de diferentes protocolos de comunicação, como MQTT, Modbus e LoRaWAN. Esses protocolos possibilitariam uma comunicação mais eficiente e segura entre os sensores e o sistema central, especialmente em ambientes remotos, onde a conectividade por Internet é limitada.

Protocolos como LoRaWAN, por exemplo, são ideais para cenários rurais e industriais, pois oferecem um alcance extenso e consomem pouca energia. Além disso, a inclusão de redes satelitais também pode ser considerada para áreas sem infraestrutura de comunicação terrestre, garantindo que os alertas cheguem ao sistema em tempo real, independentemente da localização dos sensores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema desenvolvido apresenta uma base robusta para o monitoramento e a contenção de incêndios, com potencial para expandir e incorporar novas tecnologias de comunicação, tornando-o mais versátil e aplicável a diversos ambientes. Essa modularidade permite que propriedades de diferentes portes implementem soluções sob medida, começando com o pacote básico e expandindo conforme necessário. Com a adição de novos protocolos de comunicação e dispositivos avançados, o sistema estará mais preparado para atender setores que exigem monitoramento constante e resposta rápida em emergências, garantindo maior segurança e proteção patrimonial.

REFERÊNCIAS

CARMONA, F. R.; BARROS, F.; SANTOS, G. S. Descriptive skull morphology of *Subulo gouazoubira* and *Mazama nana* (*Artiodactyla, Cervidae*). **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 9, n. 1, p. 1-20, 2019. Disponível em:

<https://revistaeletronica.icmbio.gov.br/index.php/BioBR/article/view/1001>.
Acesso em: 12 fev. 2025.

BLOG DA ENGENHARIA. **Sistemas de detecção e prevenção de incêndios avançados**. 2024. Disponível em:
<https://blogdaengenharia.com/especiais/tecnologia/sistemas-de-deteccao-e-prevencao-de-incendios/>. Acesso em: 11 fev. 2025.

FERNANDES, I. R. **Engenharia de segurança contra incêndio e pânico**. 22. ed. Curitiba: CREA-PR, 2010. Disponível em: <https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/Engenharia-de-Seguran%C3%A7a-contra-Inc%C3%AAndio-e-P%C3%A2nico.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2024.

FORBES TECNOLOGIA. **5 tecnologias que podem ajudar no monitoramento e combate a incêndios**. 2024. Disponível em:
<https://forbes.com.br/forbes-tech/2024/08/5-tecnologias-que-podem-ajudar-no-monitoramento-e-combate-a-incendios/>. Acesso em: 11 fev. 2025.

HS SERV. **Inovações e tendências na instalação de sistemas de alarme de incêndio**. 2024. Disponível em: <https://hsserv.com.br/inovacoes-e-tendencias-na-instalacao-de-sistemas-de-alarme-de-incendio/>. Acesso em: 11 fev. 2025.

OLIVEIRA, A. C. de; SILVA VIEIRA COSTA DA, P. O.; BELLI VIEIRA, R.; PAMBOUKIAN, S. V. D. Uso de sensoriamento remoto para identificação de queimadas no Parque Estadual Encontro das Águas. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, v. 21, n. 1, p. 118-143, 2022. Disponível em:
<https://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/rmec/article/view/14713>. Acesso em: 1 nov. 2024.

OLIVEIRA, R. M. *et al.* Uma aplicação web para monitoramento e alerta de incêndios utilizando Arduino e Spring Boot. **Revista Eletrônica de Engenharia e Computação**, v. 12, n. 2, p. 45-62, 2024. Disponível em:
<https://periodicorease.pro.br/rease/article/download/5490/2026/7969>. Acesso em: 11 fev. 2025.

PCMSYS. **Tecnologias avançadas no combate a incêndios em unidades industriais**. 2024. Disponível em: <https://pcmsys.com/tecnologias-avancadas-no-combate-a-incendios-em-unidades-industriais/>. Acesso em: 01 fev. 2025.

REIßIG, M. Semantic Markup for Geographic Web Maps in HTML. **University Of Massachusetts Amherst**, [S.L.], p. 1-12, 2016. Disponível em:
<https://scholarworks.umass.edu/entities/publication/00c98eec-367a-4e60-ba5b-776e26527f2f>. Acesso em: 1 nov. 2024. DOI:
<https://doi.org/10.7275/R52V2D9J>.

PAN, L. Preventing forest fires using a wireless sensor network. **Journal of Forest Science**, v. 66, n. 3, p. 97-104, 2020. Disponível em:
https://jfs.agriculturejournals.cz/artkey/jfs-202003-0002_preventing-forest-fires-using-a-wireless-sensor-network.php. DOI: 10.17221/151/2019-JFS. Acesso em: 1 nov. 2024.



SOARES, A. B. *et al.* Detecção de incêndios florestais em tempo real a partir de monitoramento de baixo custo. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 9, n. 1, 2019. Disponível em: <https://revistaeletronica.icmbio.gov.br/index.php/BioBR/article/view/1141/851>. Acesso em: 12 fev. 2025.

