

Espacialização de ocorrências de fogo no Brasil dentro do contexto dos eventos detectados pelo Painel do Fogo

Spatialization of fire occurrences in Brazil within the context of the events detected by the Fire Panel

Jack Endrick Pastrana Mojica*, Henrique Bernini**, Daniela Ramos Guimarães de Faria***, Eduardo Hauck Antunes****, Leonardo Siqueira*****, Camila Souza Silva*****, Sarah Correia Fontoura*****, Fernando Rodovalho*****

*Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia -CENSIPAM, jack.mojica@sipam.gov.br

**Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia -CENSIPAM, henrique.bernini@sipam.gov.br

***Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia -CENSIPAM, eduardo.antunes@sipam.gov.br

****Ministério da Fazenda, danielargf@gmail.com

*****Corpo de Bombeiros Militar –CBM RS, bombeiro.siqueira@gmail.com

*****Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade-ICMBIO, camila.s-silva@icmbio.gov.br

*****Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade-ICMBIO, sara.fountoura@icmbio.gov.br

*****Instituto de Pesquisas Ecológicas –IPÊ, fvrodvalho@gmail.com

<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v60i0.94052>

Resumo

A fidedignidade das informações do fogo no Brasil, é fundamental para o acionamento mais eficiente das equipes de combate à incêndios. No Brasil, informações a partir de sensoriamento remoto têm sido fundamentais para orientar as ocorrências de fogo em áreas rurais. Durante um acionamento de combate e observação de um incêndio ou queimada, a coleta de dados em campo se torna então basilar para complementar as informações de observação da terra. Esta pesquisa analisou a relação entre os dados coletados pelas instituições envolvidas no combate ao fogo, e os eventos de fogo fornecidos pela plataforma Painel do Fogo com o objetivo de realizar uma primeira aproximação metodológica destas duas formas de coleta de dados. Em um segundo momento se analisou as características das ocorrências que foram cruzadas usando as propriedades dos dados de sensoriamento remoto. Para isso foi necessário construir um modelo para o cruzamento de dados em PostGis e extrair dados dos relatórios de queimas fornecidos pelo ICMBio, PREVFOGO e os Corpos de Bombeiros Militares (CBM). O resultado evidenciou uma baixa correspondência espacial entre os dados de campo e os eventos de fogo. Como consequência, pouco têm se aproveitado das possibilidades de análises ofertado pelos dados de sensoriamento remoto, a exemplo de parâmetros espaciais que revelam diferentes padrões de ocorrência em virtude do tipo de fogo.

Palavras-chave:

Painel do Fogo, Ocorrências de fogo, Brigadas de combate, Unidades de Conservação Federais, Terras Indígenas.

Abstract

The reliability of fire information in Brazil is essential for the most efficient deployment of firefighting teams. In Brazil, information from remote sensing has been fundamental in guiding the management and monitoring of fire outbreaks in rural areas. During a firefighting operation and the observation of a fire or burning, the collection of data in the field becomes essential to complement the information from the observation data on the ground. This research analyzed the relationship between the data collected by the institutions involved in fire control and monitoring, and the fire events provided by CENSIPAM with the objective of carrying out a first methodological approximation of these two forms of fire data collection. The second step was to analyze the characteristics of the occurrences that were cross-referenced using the properties of the remote sensing data. To do this, it was necessary to build a model for cross-referencing data in Posts and extract data from the fire reports provided by ICMBio, PREVFOGO and the Military Fire Brigades (CBM). A low level of spatial correspondence was obtained between the occurrences collected in the field and the fire events. As a consequence, little has been taken advantage of the analysis possibilities offered by remote sensing data, such as spatial parameters that reveal different occurrence patterns due to the type of fire.

Keywords:

Wildland fire, Fire occurrences, Firefighting brigades, Federal Conservation Units, Indigenous Lands.

I. INTRODUÇÃO

A falta de padronização dos dados fornecidos pelos atores envolvidos no controle do fogo do Brasil, representam um desafio para entender a realidade atual do paradigma dos dados do fogo no Brasil, de forma a utilizar os quantitativos para a tomada de decisões (MORELLO et al., 2020). Essa aparente falta de padronização, sob a ótica desta pesquisa, se refere a ausência de uma compreensão nacional sistematizada sobre a definição dos dados a serem coletados nas ocorrências, restando aos atores definirem quais e como farão a coleta e armazenamento dos dados, tendo por base as condições de seus biomas, suas capacidades operativas, suas atribuições legais entre outras.

Tendo em vista que essa problemática abrange fatores multidisciplinares, esta pesquisa tem como intuito entender como estas diferentes fontes de dados são coletadas e como podem se correlacionar com dados de ocorrências de fogo a partir de sensoriamento remoto. Acredita-se que a junção destes tipos de base de dados contribui em diferentes momentos do Manejo Integrado do Fogo - MIF. Isto porque o cruzamento a partir de uma base permite aprender com os dados pretéritos, que por sua vez geram padrões espaçotemporal. Com estes padrões é possível aferir sobre técnicas de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação (Lei nº 12.608/2012).

A partir de um método de modelagem para rastrear queimadas e incêndios, o Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia - Censipam operacionalizou um sistema baseado em satélites de observação da terra para acionamento a partir de um rastreamento do perímetro do fogo selecionado por equipes de bombeiros do Brasil. O rastreamento feito a partir do produto eventos do fogo, é atualizado em tempo próximo do real (BERNINI et al, 2023) e com abrangência para todo território brasileiro além de todo bioma Amazônico o que inclui os países que integram o Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA).

Quando operacionalizado, este sistema evidenciou que a diversidade do fogo gera diferentes comportamentos que permitem uma diferenciação e priorização dos combates em áreas rurais. Assim, com a orientação de dados de campo, seria possível confirmar que indicadores para acionamento são eficazes para orientar a tomada de decisão. Portanto, torna-se fundamental compreender o universo amostral dos dados coletados em campo, pois no Brasil não há uma padronização na coleta (DE FARIA et al, 2022).

Atualmente, os principais entes federais (IBAMA e ICMBio) que tratam do uso do fogo no Brasil, têm sua atuação centrada nas áreas protegidas, com eventuais acionamentos em ocorrências de nível 2 ou 3 de um Sistema de Comando de Incidentes - SCI por meio do Centro Integrado Multiagências de Coordenação Operacional Nacional - CIMAN. Estes normalmente observados por quem solicitou acionamento que é de maneira geral centralizado nos Corpos de Bombeiro Militar – CBM.

Adicionalmente, com a cultura do MIF o Brasil tem adotado práticas como, a queima prescrita para controle de paisagens naturais que já lidam com a ocorrência de fogo há milhares de anos. Embora tais práticas tenham mitigado a ocorrência do fogo em áreas protegidas com susceptibilidade (DE ANDRADE et al, 2021), ainda é necessário que aprimorem a junção entre dados de sensoriamento remoto com um sistema de gestão de risco integrado a partir de uma base de dados de campo para que todos os entes envolvidos no combate estejam monitorando não só a ocorrência do fogo como também observando de forma holística a atuação destes entes para evitar duplicidade de esforços (ANDERSON et al., 2019).

Porém, estas ações contam um monitoramento limitado e pontual, que não reflete as grandes ocorrências em áreas públicas sem destinação que são alvos da conversão de florestas, como explicado acima (MORELLI et al, 2019). Autores como Dutra et al., (2022) e Barlow et al., (2023) consideram que, para entender os padrões das da ocorrência do fogo, é necessário utilizar os dados de sensoriamento remoto para melhor representar a realidade atual no combate aos incêndios no Brasil em relação atividades de mineração e garimpo na região (HOFMANN et al, 2021; ANDERSON et al., 2023).

Desta forma, grande parte dos recursos tecnológicos desenvolvidos devem ser explorados para complementar a realidade do campo, o que permite também uma sinergia de base de dados para avaliar se os eventos de fogo que estão sendo detectados pelo Painel do Fogo, correspondem, em grande medida, às ocorrências de fogo registradas pelas entidades envolvidas no controle do fogo, o que possibilita identificar padrões de degradação da terra e a relação espacial entre os dados relacionados.

Considerando tal cenário, existe a suposição de que o fato de não ter instruções normativas que padronizem as ações dos entes envolvidos no combate e a integração dessas de bases de dados, não há no Brasil uma base consolidada que permita uma visão holística das ocorrências. Por isso, estudos como este tem potencial para ampliar o conhecimento entre a relação do fogo com a sociedade e natureza, sobretudo em um momento delicado desta relação, que envolve o contato direto com este fenômeno.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

O método empregado para alcançar os objetivos deste estudo consiste em: 1 – consistir o universo amostral disponibilizado pelas instituições; 2 – espacializar e realizar o cruzamento com os dados de evento de fogo disponibilizado na plataforma painel do fogo, e; 3 – após o cruzamento, realizar uma análise dos atributos contidos no evento de fogo para as ocorrências filtradas nos passos anteriores. Importante ressaltar que, para chegar neste nível de sinergia interinstitucional o Censipam realiza periodicamente seminários sobre o uso dos dados disponibilizados, criando um ambiente onde a troca de informações permite a compreensão da real necessidade de avançar no tópico abordado por este estudo. Além do seminário, o Censipam mantém uma política de dados abertos para que toda comunidade de usuários possa trabalhar estes dados de acordo com a sua própria necessidade.

ÁREA DE ESTUDO

Conforme mostra a figura 1, este estudo abrange todo o território brasileiro, uma vez que os relatórios das ocorrências de fogo fornecidos pelas diferentes instituições envolvem Unidades Federativas do país de todas as regiões. De acordo com MapBiomass (2022), nas últimas décadas (1985 e 2022) o panorama nacional do fogo abrangeu principalmente à vegetação nativa no território nacional. Em relação a sazonalidade, no bioma amazônico o ciclo do fogo se inicia durante seu inverno austral do hemisfério sul, principalmente entre agosto e novembro. No bioma Cerrado se destaca a relação da paisagem com o fogo, onde a vegetação tem se adaptado às ocorrências naturais, e por esse motivo tem sido amplamente manejado em termos de queima prescrita.

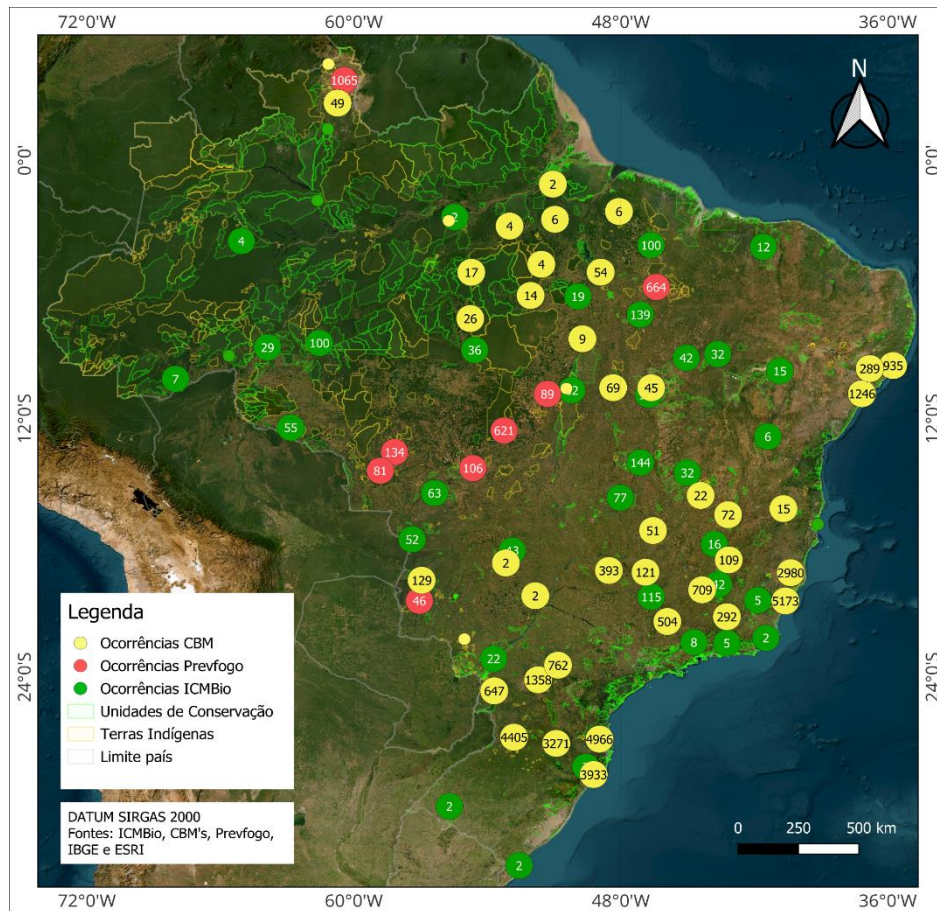


Figura 1 - Mapa da espacialização das ocorrências de fogo no território nacional. (Fonte: os autores, 2024).

Adicionalmente, a relação da paisagem com o fogo, as savanas e áreas campestres tem sido afetada 89,5% pelo aumento e intensidade das ocorrências de fogo. Assim como no Cerrado, a cobertura vegetal de savanas do Bioma Caatinga tem sido a mais afetada pelas ocorrências de fogo, com quase 76% do bioma queimado, entre os meses de setembro, outubro e dezembro de 2022. Esta dinâmica, corrobora no aumento da perda da vegetação nativa (SOUZA et al., 2020), principalmente nas áreas com maior densidade de vegetação.

Nesse contexto, a cobertura vegetal da pastagem foi a mais atingida no bioma Mata Atlântica (Santos Clemente et al, 2017), e trabalhos como o Souza et al., (2020) mencionaram que entre 1985 e 2017 a agricultura substituiu os grandes campos de pastagem. Sendo assim, as práticas de fogo estão associadas à perda de vegetação dessas áreas. Segundo MapBiomas (2022) no pantanal as ocorrências de fogo acontecem principalmente na vegetação nativa, registrando perdas de quase 93.5%, já na Pampa se registram as menores perdas de vegetação, sendo as formações campestres as de maior perda (89%) que até o momento, tem sido a de menor recorrência em relação aos demais biomas.

ACERVO DOS RELATÓRIOS DE COMBATE DE FOGO

Os relatórios de ocorrência de fogo foram verificados no intervalo de tempo de 2020 a 2022, foi necessário fazer uma validação visual dos registros, com intuito de revisar os parâmetros base para sua espacialização. Corpos de Bombeiros Militares (CBM) do Brasil, Coordenação de Manejo Integrado do Fogo de Instituto Chico Mendes para a Conservação da Biodiversidade (CMIF/ICMBIO), e do Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndio Florestais do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (PREVFOGO/IBAMA) integram, portanto, a base de dados analisada neste estudo.

O fluxo de preparação dos dados iniciou-se com a verificação de cada um dos relatórios, bem como os atributos elementares para a espacialização das ocorrências. Foi considerado como elementar os seguintes atributos: “data”, “coordenadas”, “Codigo_UF”, “Nome_TI”, “Nome_UCs”. Vale ressaltar que neste trabalho, dados dos relatórios do CBM, PREVFOGO e ICMBio que não tiveram coordenadas, foram excluídos do processo de mapeamento da informação.

O ICMBio realiza diariamente o monitoramento dos focos de calor que são captados dentro e no entorno de Unidades de Conservação Federais (UCs). A partir desse monitoramento, a CMIF entra em contato com a gestão das UCs para obter informações detalhadas da tipificação do fogo (se trata de aceiros, queimas prescritas, queimas controladas, queimas por indígenas isolados ou se é um incêndio natural ou antrópico), da quantidade de pessoas e aeronaves envolvidas e de uma breve descrição da atividade de prevenção ou de combate que está sendo executada. Algumas atividades com uso do fogo não são detectadas pelos satélites e os (as) gestores (as) enviam as informações mesmo sem contato prévio da coordenação, encaminhando, também a coordenada do local, já que essa não está disponível nas plataformas utilizadas na fase de monitoramento (FIRMS/NASA, BDQueimadas/INPE, Alarmes/LASA, Painel do Fogo/ Sipam).

Para exemplificar o formato dos dados disponibilizados entre as instituições estudadas, a tabela 1 mostra a tabulação dos dados fornecidos pelo ICMBio. É possível verificar que os campos “data” e “Nome UCs”, “observações” e “coordenadas”, foram preenchidos, o que facilitou o processo de espacialização das ocorrências de fogo. Quanto à escala temporal, ressalta-se novamente que há registro de 2020 a 2022. Foi selecionada esta amplitude temporal pelo fato de que o Painel do Fogo começou a operar em abril de 2020, o que permitiu comparar as datas de referência e prevista dos relatórios com as informações registradas no Painel a partir desse ano.

Tabela 1 - Estilo de formatação dos registros das ocorrências de fogo do ICMBio /CMIF.

| Data | Nome UC | Observações | Coordenadas |
|----------|--|--|---|
| 1/7/2022 | Refúgio de vida Silvestre das veredas do Oeste Baiano. | Queimas prescritas na porção da unidade continuam. As queimadas fazem parte das atividades de prevenção previstas no PMIF do RVS. | QC1: -1396433 -4514504 QC2: -1398329 -45.18494 |
| 1/7/2022 | Parque Nacional da Serra da Canastra. | Queima controlada na porção central da unidade. Incêndio sem combate a centro-leste e leste do parque. A gestão monitora. | QC : -20.34764 -46.60611 |
| 1/7/2022 | Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins. | Queima prescrita na porção centro-oeste da unidade continua ativa. A gestão monitora. As queimadas fazem parte das atividades previstas no PMIF do parque. | QC -10.70718 -46.91044 |
| 2/7/2022 | Parque Nacional da Chapada das Mesas. | Queimas controladas por comunitários e autorizadas pela gestão nas porções centro-leste, sul e noroeste nos dias 02 e 03/07. | QC: -7.16552 -46.97544 QC2: -7.2233 -47.24215 QC2: -6.916 -47.35098 |

Fonte: ICMBio (2023).

INSERÇÃO À BASE DE DADOS POSTGRESQL

Uma vez definidos os parâmetros iniciais, foram criadas camadas no formato nativo “*shapefile*” no software de geoprocessamento *Qgis* (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2023). Dessa forma, foram inseridas as coordenadas dos registros, a fim de disponibilizar as informações de fogo no Banco de Dados local PostgreSQL (POSTGRESQL DEVELOPERS, 2023). Em seguida, foi instalada a extensão do sistema de banco de dados relacional PostGis que permite armazenar as informações com o tipo de geometria correspondente (ponto, linha, polígono) em um “*dataset*”, com intuito de representar os dados espacialmente em uma base de dados tipo objetos. (POSTGIS DEVELOPERS, 2023).

VALIDAÇÃO E ESPACIALIZAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS COMBATIDAS DO FOGO

Uma vez feita a inserção dos dados, foram desenvolvidos quatro modelos: três para a validação dos registros de ocorrências e outro para o cruzamento com os eventos de fogo, conforme mostra a figura 2. A figura tem a intenção de reportar todo fluxo metodológico e de processamento dos dados recebidos. Para a validação das ocorrências de fogo do ICMBio (Figura 2 - A), foi necessário intersectar as ocorrências que ficaram dentro das Unidades de Conservação (UCs), para isso, optou-se por realizar um buffer a partir da função ‘*ST Buffer (geom::geography,10000)*’ com 10 Km ao redor das UCs. Isto se faz necessário em função da forma de coleta dos dados que é feito fora das imediações da ocorrência do fogo.

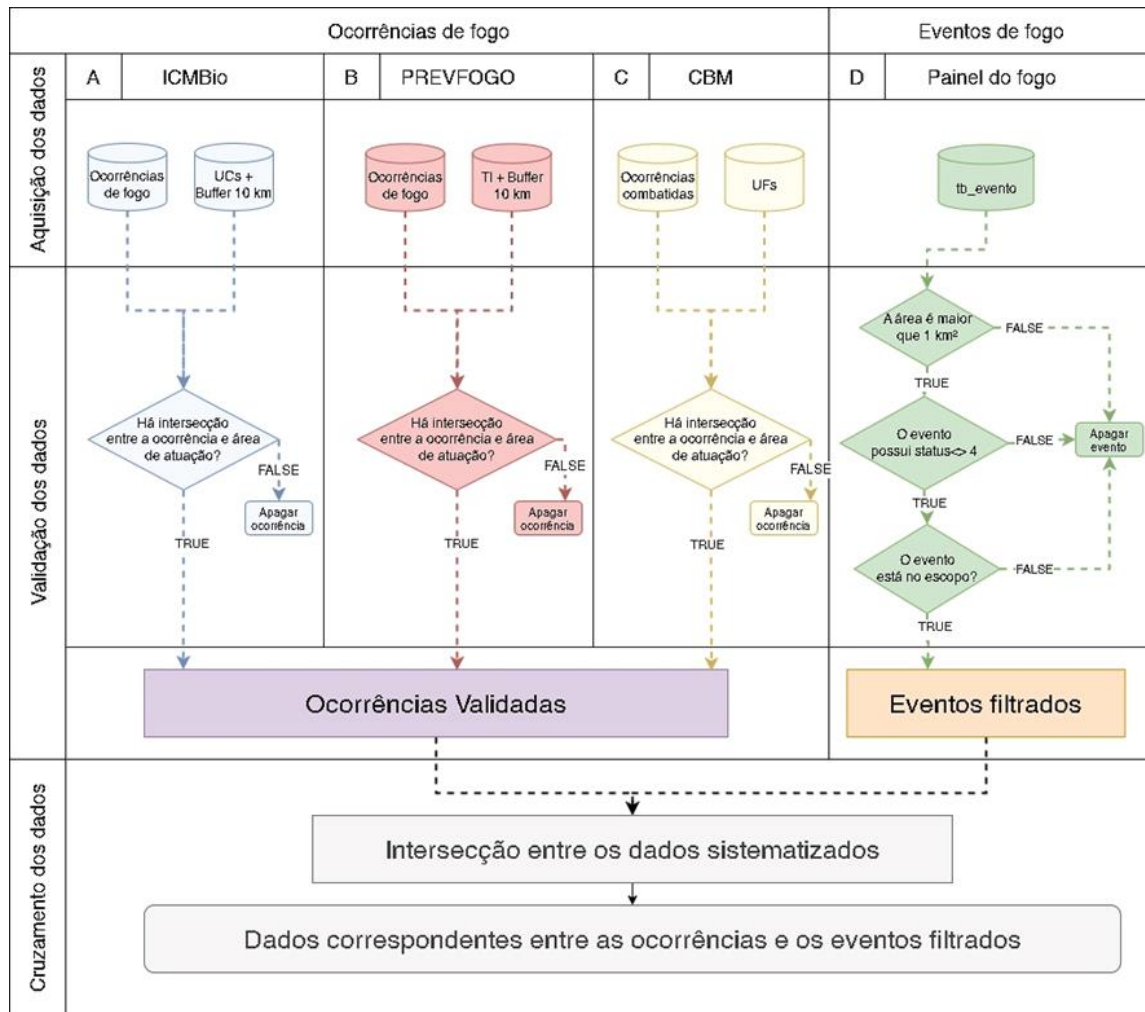


Figura 2 - Flowchart da metodologia empregada. Regras de validação das ocorrências de fogo e o cruzamento dos dados com o Pannel do Fogo. (Fonte: os autores, 2024).

O próximo passo, consistiu em comparar o nome das UCs reportado nos relatórios com o preenchido na camada oficial das UCs Federal do Brasil, definindo-se os parâmetros 'Nome UCs = Nome_UC (Buffer 10 Km)', e utiliza-se o parâmetro 'where 'Dentro_UC' = true', para intersectar os registros que estão contidos dentro do Buffer 10 Km. Da mesma forma, para realizar a validação das ocorrências de fogo do PREVFOGO (Figura 2 - B) e os dados do CBM (Figura 2 - C) foram realizados os procedimentos ilustrados em cada uma das regras de validação dos dados nesta pesquisa.

Vale salientar que para os dados do PREVFOGO foi utilizada a camada oficial da Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI), que permitiu cruzar os registros de ocorrências que se encontram dentro das Terras Indígenas (TI), enquanto que, para os registros dos CBM a camada do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de Unidades Federativas (UFs) permitiu intersectar os registros reportados dentro das UFs do Brasil.

CRUZAMENTO DAS OCORRÊNCIAS COMBATIDAS COM EVENTOS DETECTADOS DO PAINEL DO FOGO

Mesmo na validação das informações espacializadas, foi desenvolvido um modelo que permitisse cruzar as ocorrências combatidas com os eventos de fogo (Figura 2 - D) que vêm sendo disponibilizados em tempo próximo do real na plataforma Painel do Fogo. Neste contexto, deve-se levar em consideração que o cruzamento com os dados de fogo é baseado usando os parâmetros como se mostra na tabela 2.

Tabela 2 - Considerações para o cruzamento com eventos do Painel do Fogo.

| Parâmetros de cruzamento | Descrição |
|-----------------------------|--|
| Dentro_evento | 'True' ou 'False' se houver interseção da ocorrência com o evento detectado (Evento diferente <> 4) na mesma data (data_ocorrência >= dt_minima AND data_ocorrência <= e.dt_maxima). |
| Id_evento | ID do evento que intersecta a ocorrência na mesma data (where Dentro_Evento = True) |
| Area_maior 1km ² | True' ou 'False' se área do evento detectado que intersecta a ocorrência combatida for maior de 1 km ² (where id_evento IS NOT NULL) |
| Dentro_Escopo | 'True' ou 'False' se o evento detectado que intersecta a ocorrência combatida estiver dentro da tb_escopo (Where área maior = TRUE) |

Fonte: os autores (2024).

A partir da condição status do evento ('id_status_ <> 4'), foi possível definir que as ocorrências de fogo que intersectam dentro dos eventos do Painel (tb_eventos) e tiveram status: ativo id_status = 1 (existe detecções nas últimas 24 horas); em observação id_status = 2 (há mais de 24 horas sem detecção desde a última detecção), extinto id_status = 3 (não há detecções há 5 dias) e extinto por fusonamento id_status = 4 (quando dois ou mais eventos de fogo se sobrepõe) que cumpriram essa condição foram considerados dentro da análise.

Além disso, foi considerado que o tamanho acumulado do perímetro vetorial do evento seja maior que 1 Km² já que no período com maior quantidade de incêndios e queimadas os menores eventos não possuem peso na tomada de decisão de fazer o combate, neste caso os eventos que não apresentam esta condição foram desconsiderados da análise. Importante ressaltar também que em uma análise prévia não houve nenhum cruzamento de ocorrências com esta parcela de eventos de menor vulto.

Finalmente, a ocorrência que estiver dentro do escopo de áreas espúrias (ANTUNES et al., 2023) foi excluída do modelo, tendo em conta que objetivo do Painel do Fogo é o monitoramento de incêndios e queimadas em áreas rurais. Ressalta-se que este ponto tem muita relevância no cruzamento dos eventos com as informações dos CBMs, pois historicamente no Brasil os bombeiros militares são responsáveis também por esta parcela de ocorrência do fogo.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

REVISÃO DAS OCORRÊNCIAS COMBATIDAS DO FOGO

Os relatórios recebidos correspondem a três instituições envolvidas no estudo desta pesquisa. No caso dos Corpos de Bombeiros Militares (CBM) foram recebidos os relatórios das brigadas de 12 estados, sendo: Alagoas (CBM_AL), Pará (CBM_PA), Sergipe (CBM_SE), Mato Grosso do Sul (CBM_MS), Espírito Santo (CBM_ES), Tocantins (CBM_TO), Roraima (CBM_RR), Rio Grande do Sul (CBM_RS), Amazonas (CBM_AM), Pernambuco (CBM_PE), Paraná (CBM_PR), Santa Catarina (CBM_SC) e Minas de Gerais (CBM_MG).

Das informações recebidas pelos CBM do Brasil, na sua maior parte correspondem a: data, cidade, observações e o número da Brigada onde aconteceu a ocorrência. Foi possível verificar também que alguns relatórios fornecidos não possuíam os parâmetros base para a espacialização (especialmente coordenadas geográficas) e por isso não foram associadas ao ponto de ocorrência do fogo. Esta é uma das limitações mais discutidas pelos autores, uma vez que a tomada da localização no momento da ocorrência do incêndio quando não é feito nas imediações do evento de fogo impede o mapeamento de grande parte dos registros nesta pesquisa.

Em termos de interpretação, foi possível verificar que totalizaram 80.036 ocorrências de fogo registradas pelas brigadas de combate de fogo, entre os anos 2020 a 2022. Mais de 50% (47.341) dos registros representaram o valor total de 3 estados (RS, AM e PE) que tiveram limitações para o mapeamento, por não reportar a coordenada da ocorrência dentro dos relatórios (Figura 3). Mesmo assim, cerca de 32.695 registros das ocorrências de fogo combatidos cumpriram com os parâmetros iniciais para a espacialização dos registros, o equivalente a 40% em relação ao número total dos dados recebidos.

Em relação aos dados espacializados, a Figura 3 revela que os Estados de Espírito Santo - ES e Paraná - PR tiveram maior número de ocorrências de fogo registradas com 15.790 e 8.110 respectivamente, considerando que no Estado do Espírito Santo o maior número de ocorrências está vinculado a áreas urbanas, ou seja, foram excluídos por estar presente na máscara de áreas espúrias do Painel do Fogo. Desta forma, estes registros não fazem parte da etapa seguinte da metodologia (cruzamento com os eventos de fogo).

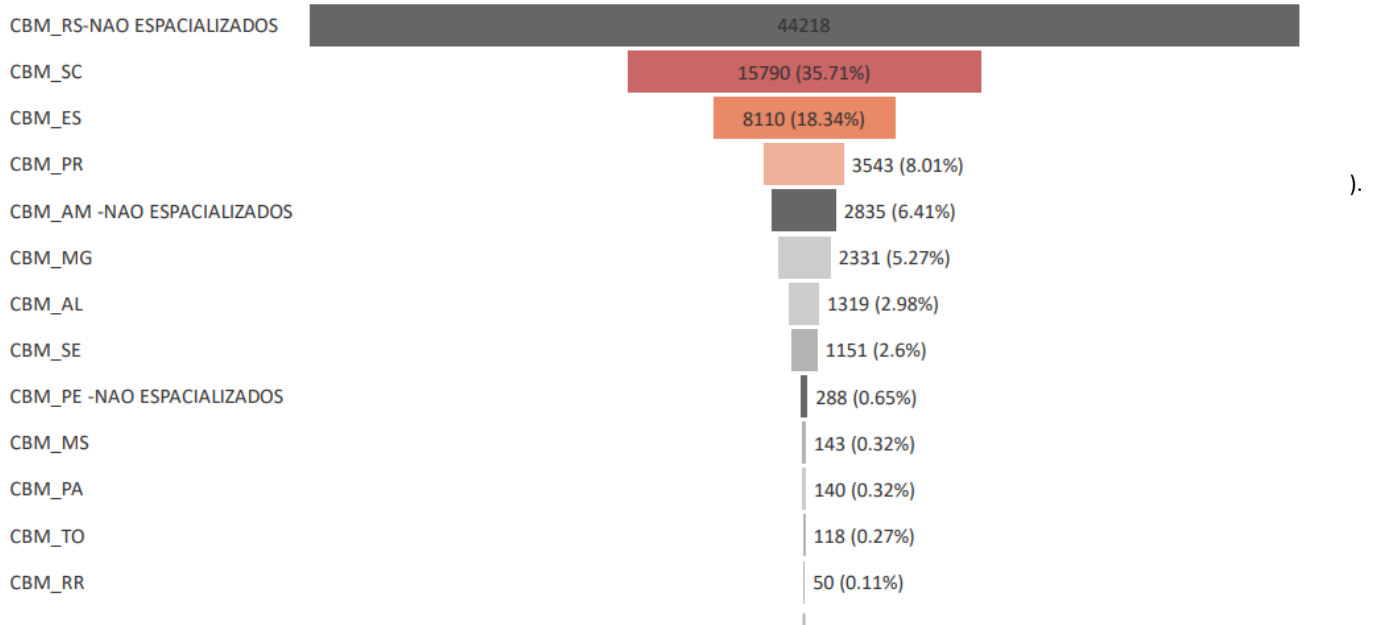


Figura 3 - Comparativo entre o número de registros por unidade de Corpos de Bombeiros Militares (CBM) entre os anos 2020 - 2022.

(Fonte: os autores, 2024).

No segundo momento, assim como os demais, os dados recebidos pelo ICMBio, foram registros com a data entre 2020 a 2022. No entanto, o ICMBio passou a registrar a localização das ocorrências de incêndios com coordenadas nas Unidades de Conservação (UCs) somente em 2022. Portanto, de 5.215 registros de ocorrências de fogo que foram totalizados entre 2020 a 2022 (Figura 4), 3.702 (cerca de 70%) registros tiveram limitações para a espacialização nos anos 2020/2021. Utilizando como recorte a categoria de área protegida, as áreas de Parques Nacionais (PARNA) apresentaram maior quantidade de ocorrências espacializadas com 885, seguido das Estações Ecológicas (ESEC) com 253. Em relação às áreas com menor número de ocorrências foram as Reservas Extrativista (RESEX) e os Refúgios de Área Silvestres (REVIS).

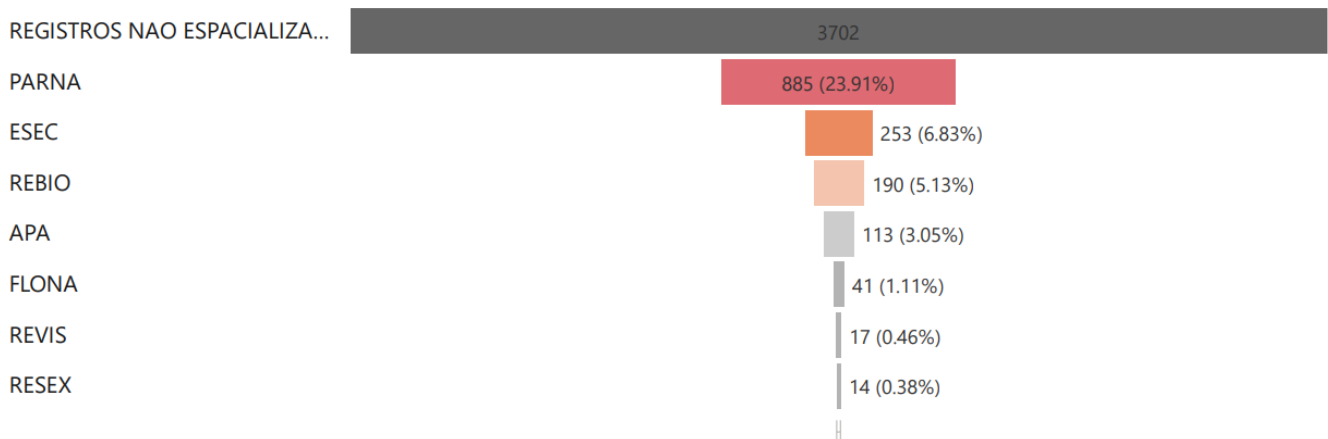


Figura 4 - Comparativo entre o número de registros por unidade de Conservação no ano de 2022. (Fonte: os autores, 2024).

No que se refere aos dados de ocorrência do Prevfogo, foram recebidos 4.056 registros de ocorrências entre 2018 a 2022. No entanto, foram levados em consideração para a análise os registros a partir de abril de 2020. Conforme destacado anteriormente, o objetivo da pesquisa foi o cruzamento entre as ocorrências do fogo, com os eventos do fogo detectados pelo Painel do Fogo, plataforma que começa a operar informações sobre fogo desde o ano de 2020.

As ocorrências de fogo foram reportadas dentro das terras indígenas na escala temporal 2020 a 2022 (Figura 5), sendo práticas de uso de fogo e atividades de queima prescrita. Em contraste com a análise feita realizada com os dados de CBM e ICMBio, os registros do PREVFOGO apresentaram coordenadas, o que facilitou a espacialização de todos os registros (desde 2020), contabilizando 3.381 (83%) ocorrências de fogo entre os anos de 2020 a 2022.

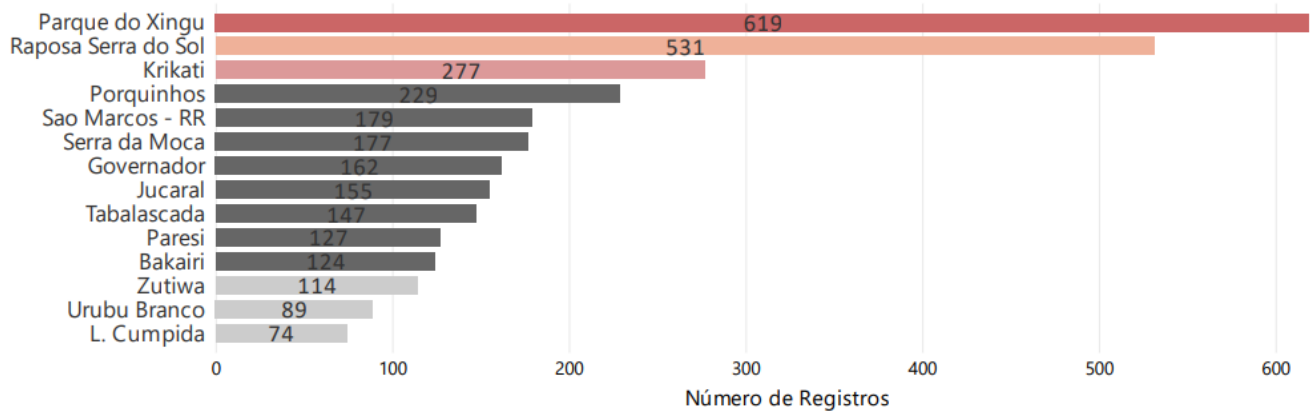


Figura 5 - Comparativo entre o número de registros por Terra Indígena entre o ano de 2020 e 2022. (Fonte: os autores, 2024).

Nas terras indígenas, o maior número de ocorrências de fogo corresponde ao Parque do Xingu (619) no Estado de Mato Grosso, seguido da TI Raposa Serra do Sol (531) em Roraima. Enquanto a terra indígena Krikati (277) e Porquinhos (229) obtiveram maior número de ocorrências no Estado do Maranhão. Destaca-se que nestas Tis, existe o Programa de Brigadas Federal (PBRIF) que é a principal política para coibir incêndios florestais nas terras indígenas, tanto para uma resposta rápida nos incêndios quanto para mitigar o risco de fogo a partir de queima prescrita.

APLICAÇÃO REGRAS DE VALIDAÇÃO E ESPACIALIZAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DE FOGO

CORPOS DE BOMBEIROS MILITARES (CBM)

Com as informações inseridas no PostGis, foi possível aplicar as regras de validação dos dados, nesse sentido se validaram os 32.695 registros que atenderam os parâmetros iniciais para espacialização da ocorrência. Tais registros validados permitiram entender que o número total de dados não teve alteração. Na

figura 6, as cores vermelhas estão representando os Estados com maior número de ocorrências do CBM_SC (15.790) e CBM_ES (8.110), enquanto as cores laranja e amarela se referem a menor número de ocorrências reportadas dentro da escala de análise, como no caso de CBM_PR (3.540) e CBM_MG (2.330).

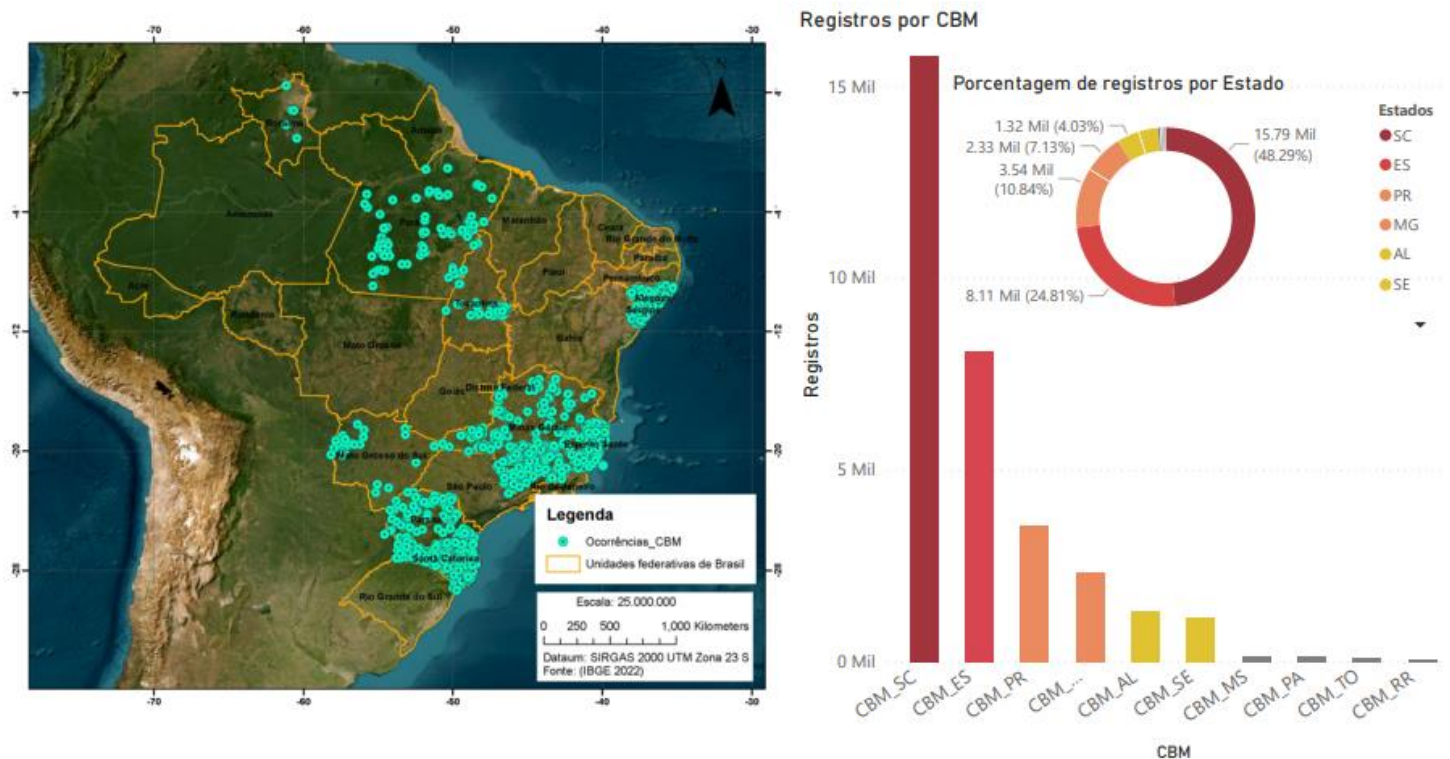


Figura 6 - Espacialização das ocorrências de fogo fornecidas pelos CBM entre o ano 2020 - 2022. (Fonte: os autores, 2024).

INSTITUTO CHICO MENDES PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO)

Se constatou que 1.513 registros das ocorrências cumpriram com os parâmetros das regras de validação, equivalente a 29.01% em relação ao número total dos dados recebidos (5.215). De acordo com a Coordenação de Manejo Integrado do Fogo (CMIF) do ICMBio, alguns registros não são coletados dentro do perímetro da ocorrência devido às condições do terreno e ao risco que podem ter os brigadistas no momento da ocorrência.

Por este motivo, grande parte dos registros cruzados foi em função da regra metodológica do buffer de 10 Km em torno das UCs. Os resultados obtidos revelam que a Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins e o Parque Nacional da Chapada das Mesas registraram 191 e 139 ocorrências de fogo respectivamente. Está incluído neste escopo queimas prescritas e combate a incêndios florestais com 12,62% e 9,19% respectivamente no ano 2022 (Figura 7).

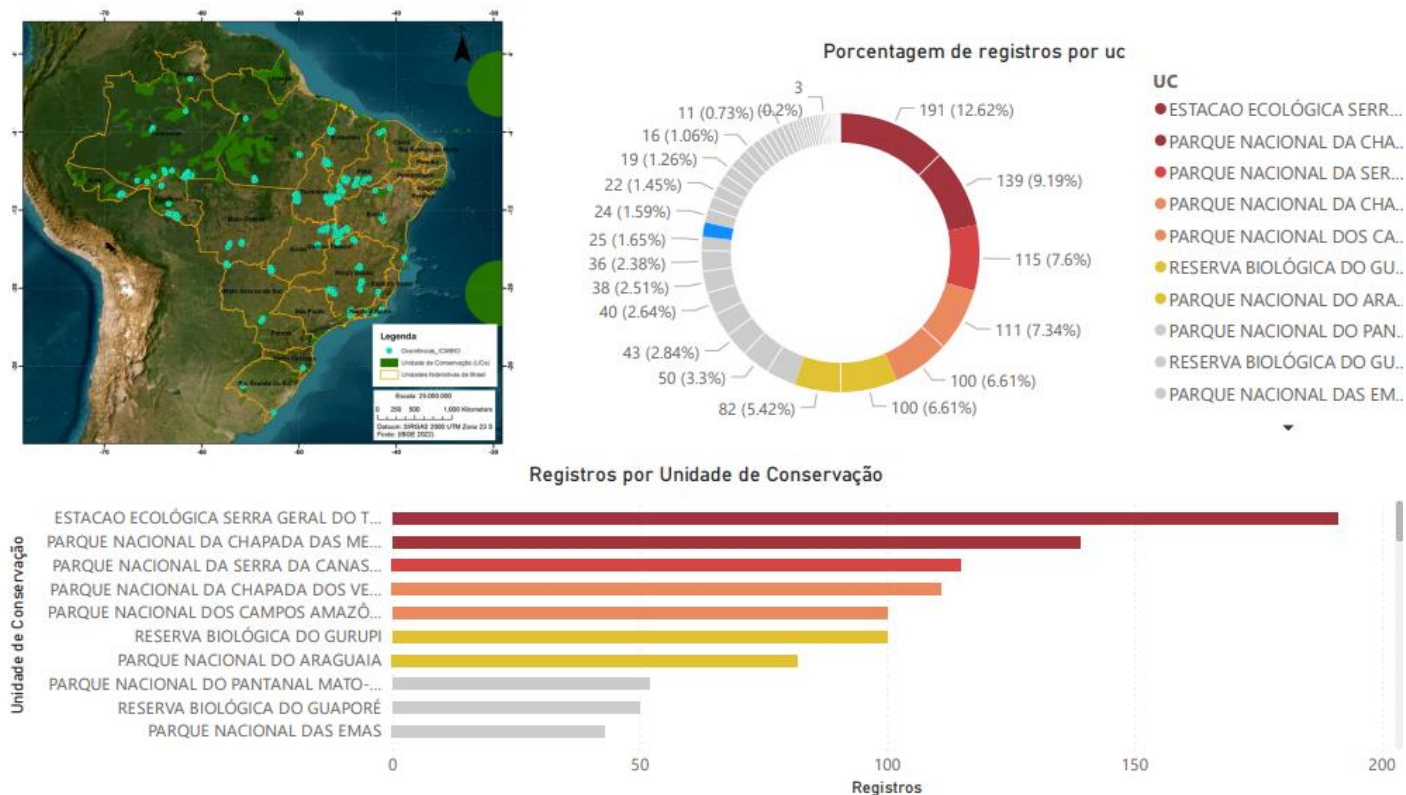


Figura 7 - Espacialização das ocorrências de fogo fornecidas pelo ICMBio no ano 2022. (Fonte: os autores, 2024).

CENTRO NACIONAL DE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIO FLORESTAIS (PREVFOGO)

Dos 3.381 registros levados em consideração na revisão inicial, 2.806 atenderam as regras de validação. Somente 17% (575) das ocorrências estavam fora do polígono oficial das terras indígenas e não apresentaram o mesmo nome informado na camada oficial da Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI). As terras indígenas que tiveram maior número de ocorrências espacializadas (Figura 8), foram o Parque do Xingu (615) no Estado de Mato Grosso e Raposa Terra do Sol (530) no Estado de Roraima, se segue no Krikati (274) e Porquinhos (229) no Estado de Maranhão.

A partir desta escala temporal, cerca de 36,74 % das ocorrências de fogo no ano entre 2020 a 2022 foram registradas no Estado do MT com 1.031 relatados. O Estado do RR apresentou 1.065 ocorrências de fogo com um percentual de 37,95 % e no Estado do Maranhão 664 com um percentual de 23,66 %. Por outra parte, é possível diferenciar que o uso do fogo reportado nos relatórios desses três estados está associado a ações preventivas em relação às ocorrências do CBM e ICMBio.

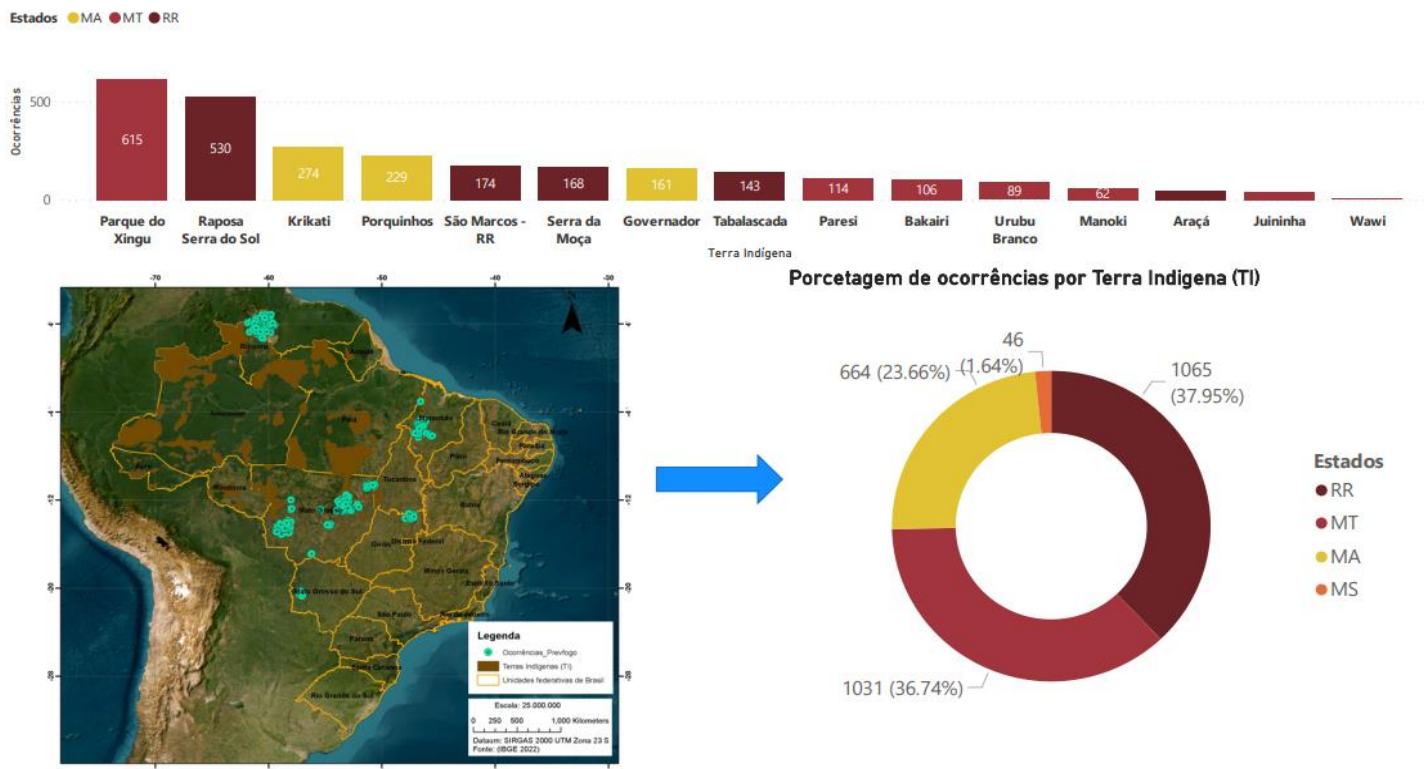


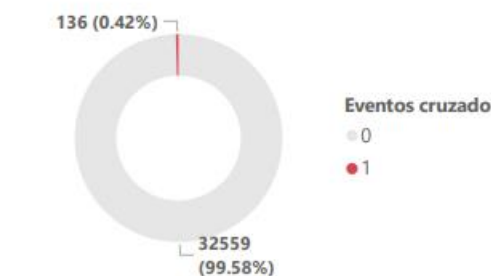
Figura 8 - Espacialização das ocorrências de fogo fornecidas pelo PREVFOGO entre o ano 2020 – 2022. (Fonte: os autores, 2024).

CRUZAMENTO DAS OCORRÊNCIAS DE FOGO COM EVENTOS DETECTADOS DO PAINEL DO FOGO

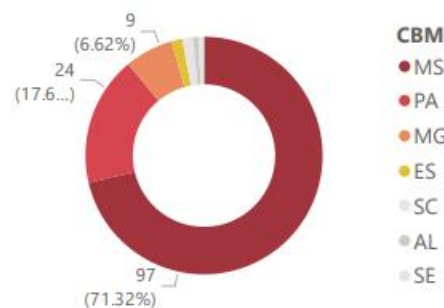
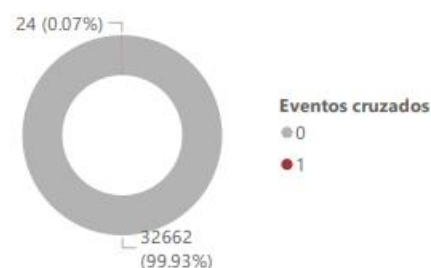
OCORRÊNCIAS DE FOGO CBM COM EVENTOS DO PAINEL DO FOGO

O cruzamento contribui para identificar os eventos detectados pela plataforma Painel do Fogo que intersectam as ocorrências de fogo entre 2020 a 2022. No caso dos CBM foram utilizadas 32.695 ocorrências espacializadas e aplicadas as regras de cruzamento, utilizando o código em PotsGIs proposto nesta pesquisa. Foram obtidas 136 ocorrências de fogo que intersectaram com eventos detectados pelo Painel. Foi possível observar que 0,42% das ocorrências espacializadas coincidiram com eventos do Painel, sendo o Estado de MS (97) eventos intersectados com um percentual de 0,3%, se segue PA (24) com 0,07% e MG (9) com 0,03% (Figura 9). Os Estados de ES, SC, AL e SE obtiveram menor número de eventos intersectados.

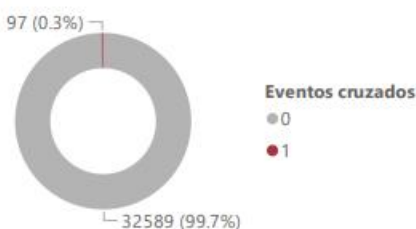
Ocorrências de fogo que intersectaram com eventos detectados por Painel de Fogo



Proporção de ocorrências de fogo que intersectaram em PA



Proporção de ocorrências de fogo que intersectaram em MS



Proporção de ocorrências de fogo que intersectaram em MG

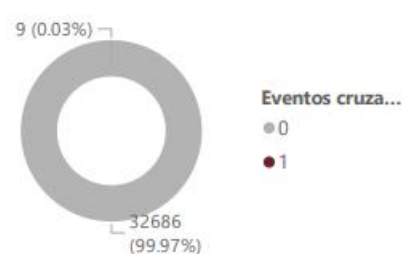


Figura 9 – Cruzamento entre ocorrências de fogo CBM com eventos do Painel do Fogo. (Fonte: os autores, 2024).

Entre os atores envolvidos, cabe registrar que os CBM possuem efetivo aquartelado em pronto emprego, com viaturas, ferramentas, equipamentos e acessórios destinados ao combate a incêndio, busca e salvamento, disponíveis para acionamento através do tridígito 193. Essa condição permite que o tempo de resposta entre o comunicado de uma queimada e o acionamento de uma equipe seja quase instantâneo, e por consequência, o seu combate e desejada extinção acompanham essa temporalidade.

Sabedores desta condição, é preciso ter em mente que uma parcela dos atendimentos que tenham curta duração, mesmo aqueles com grande emissão de calor, quando deflagrados e combatidos em uma janela temporal de passagem de satélite, não terão sua detecção pelo sensor satelital e não irão gerar informações de sua existência, tão somente o registro histórico junto aos sistemas adotados pelos CBM.

Outro fator importante é a atuação conjunta em eventos de grande escala, que acarretam na destinação de recursos de diversos órgãos para seu atendimento, sejam eles especializados no combate ao incêndio florestal ou como auxílio humanitário para as equipes e/ou população afetada. Ao tratarmos pontualmente das equipes especializadas identificadas neste trabalho como atores, temos uma lacuna na identificação dos eventos que possam ter ocorrido em ação conjunta, os quais podem ter sido computados com duplicidade.

Essa condição traz à baila a importância de um centro integrador de monitoramento das queimadas e incêndios florestais, por meio de uma sala de situação única e comando unificado entre as esferas nacional e estaduais, com o compartilhamento das informações sobre suas operações, facilitando a busca por soluções conjuntas para o combate. Mesmo o Estado de ES tenha sido a UF com maior número de ocorrências especializadas, foram excluídas pelo modelo de cruzamento, já que são registros em área urbana, sendo possível afirmar que Bombeiros militares possuem uma maior demanda fora do escopo monitorado pelo painel do fogo.

OCORRÊNCIAS DE FOGO ICMBIO COM EVENTOS DO PAINEL DO FOGO.

O cruzamento de dados do ICMBio foram os que mais coincidiram com os eventos do Painel. Dos 1.513 registros de ocorrências no ano de 2022 do ICMBio, se observou que 369 intersectaram com os eventos de fogo detectados, sugerindo que 24,39 % da coleta de dados permitiram a comparação direta com eventos de fogo. Os Estados fora da Amazônia legal com maior número de eventos cruzados foram MG com 48 ocorrências de fogo intersectados, no qual 19 são de combate e 19 de queima prescrita, seguido do Goiás com 41 eventos intersectados sendo que 18 de combate, 14 de queima prescrita e 8 queimadas controladas (Figura 10).

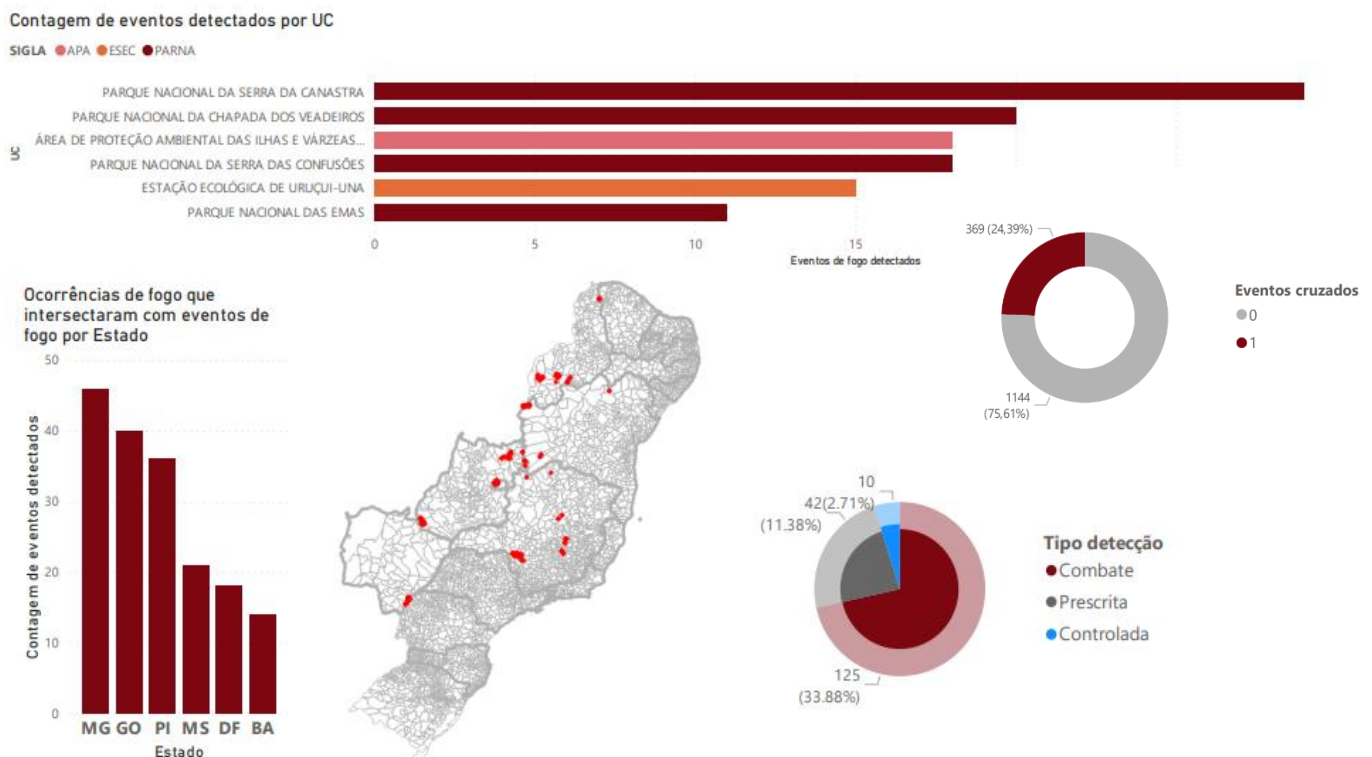


Figura 10 - Cruzamento entre ocorrências de fogo ICMBio com eventos do Painel do Fogo. (Fonte: os autores, 2024).

Em soma, totalizaram 177 eventos (47%) que intersectam com eventos do Painel nos Estados fora da Amazônia Legal. Os Parques Nacionais (PARNA) e as Áreas de Proteção Ambiental (APA) foram as UCs que tiveram maior número de ocorrências que cruzaram com eventos do Painel, sobretudo aqueles que se relacionam com a atividade queima prescrita, ocorrência de combate e queimas controladas, em relação às Estações Ecológicas (ESEC) que apresentaram menor número de ocorrências intersectadas.

Na Amazônia Legal, totalizaram 192 ocorrências intersectadas com eventos de fogo. O Estado de Tocantins apresentou 56 ocorrências interceptadas, 31 de combate e 25 de queimas prescrita, ao passo que MT com 37 ocorrências interceptadas tipo combate, PR 29 ocorrências cruzaram com o Painel de tipo combate. Já no Estado de AM totalizaram 18 ocorrências, no qual 12 são de fogo combatido e 6 de queimas prescritas (Figura 11).

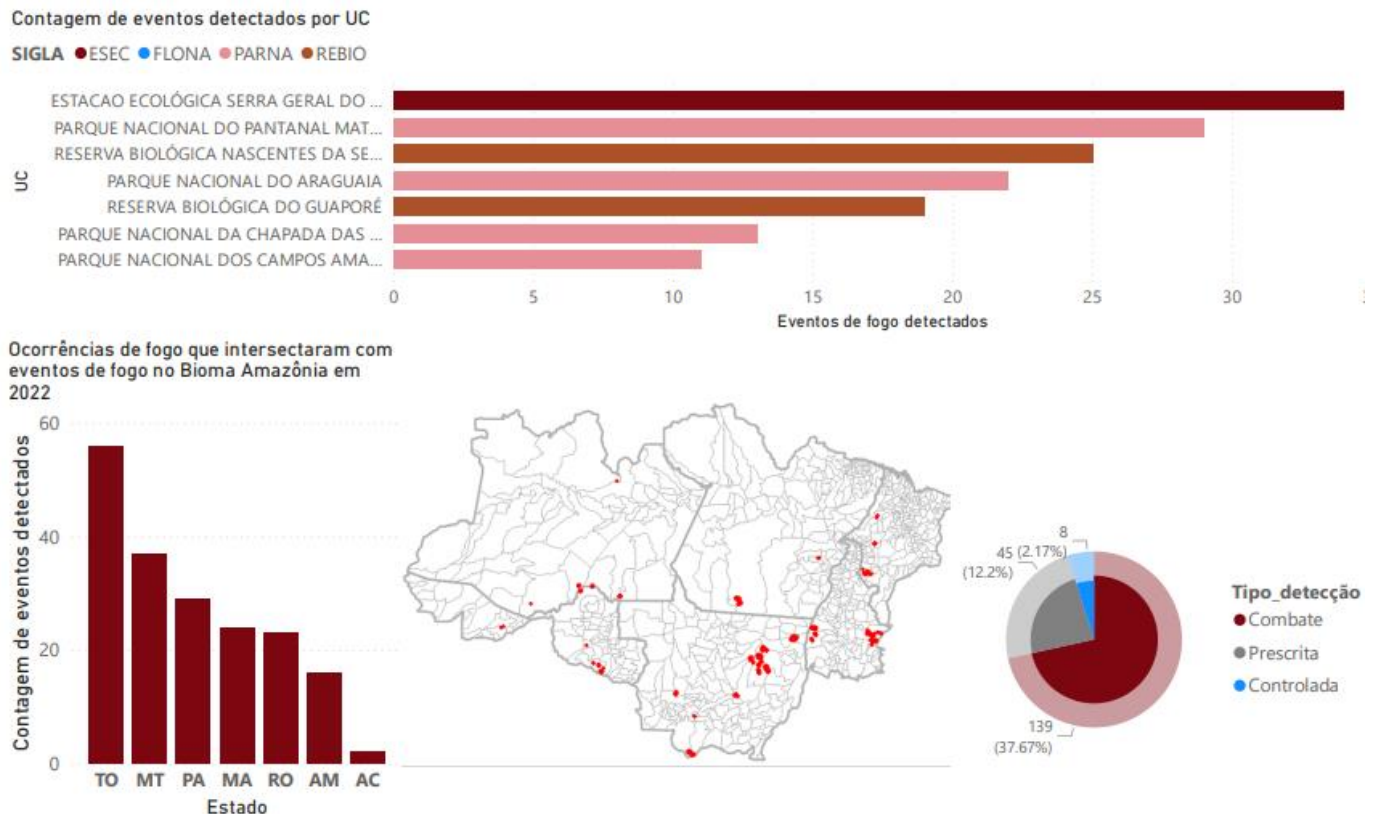


Figura 11 - Cruzamento entre ocorrências de fogo ICMBio com eventos do Painel do Fogo no Bioma Amazônia. (Fonte: os autores, 2024).

Em contraste, na Amazônia legal, as UCs que obtiveram maior número de ocorrências intersectadas pelo Painel de Fogo foram as Estações Ecológicas (ESEC). Segundo o ICMBio, as bases de dados utilizadas para construir os relatórios, permitiu informar coordenadas com maior grau de certeza, o que refletiu para obter

melhores resultados na aplicação do cruzamento, sugerindo uma melhor padronização entre as diferentes equipes envolvidas na coleta de dados.

Contudo, considerando a porcentagem de cruzamento, mostrou que ainda é um percentual baixo na correspondência dos dados informados pelas entidades envolvidas no controle do fogo e os eventos monitorados pelo Painel (Figura 11). Além que deve se considerar as limitações que mencionou a CMIF, em relação a que qualidade do dado coletado pode refletir-se na baixa confiabilidade devido a que a verdade do campo no momento de combater o fogo depende da decisão da brigada para atuar em um incêndio na UCs, o que interfere na coleta das coordenadas e reflete na comparação dos eventos do Painel.

Ocorrências de fogo PREVFOGO com eventos do Painel do Fogo.

No caso do PREVFOGO, das 2.806 ocorrências espacializadas só intersectaram 47 eventos de fogo, o que representa o 1,67% do valor total dos dados (Figura 12). O resultado evidencia que as Terras Indígenas com maior número de ocorrências interceptadas foram o Parque do Xingu no Estado do MT (26) e Bairiki com 5 ocorrências. Este resultado confirmou, que a coleta de ocorrências de fogo não tem padrão e nem foi feita para se comparar com os dados informados pelas plataformas que monitoram os eventos de fogo no Brasil, sendo a principal limitação discutida nesta pesquisa.

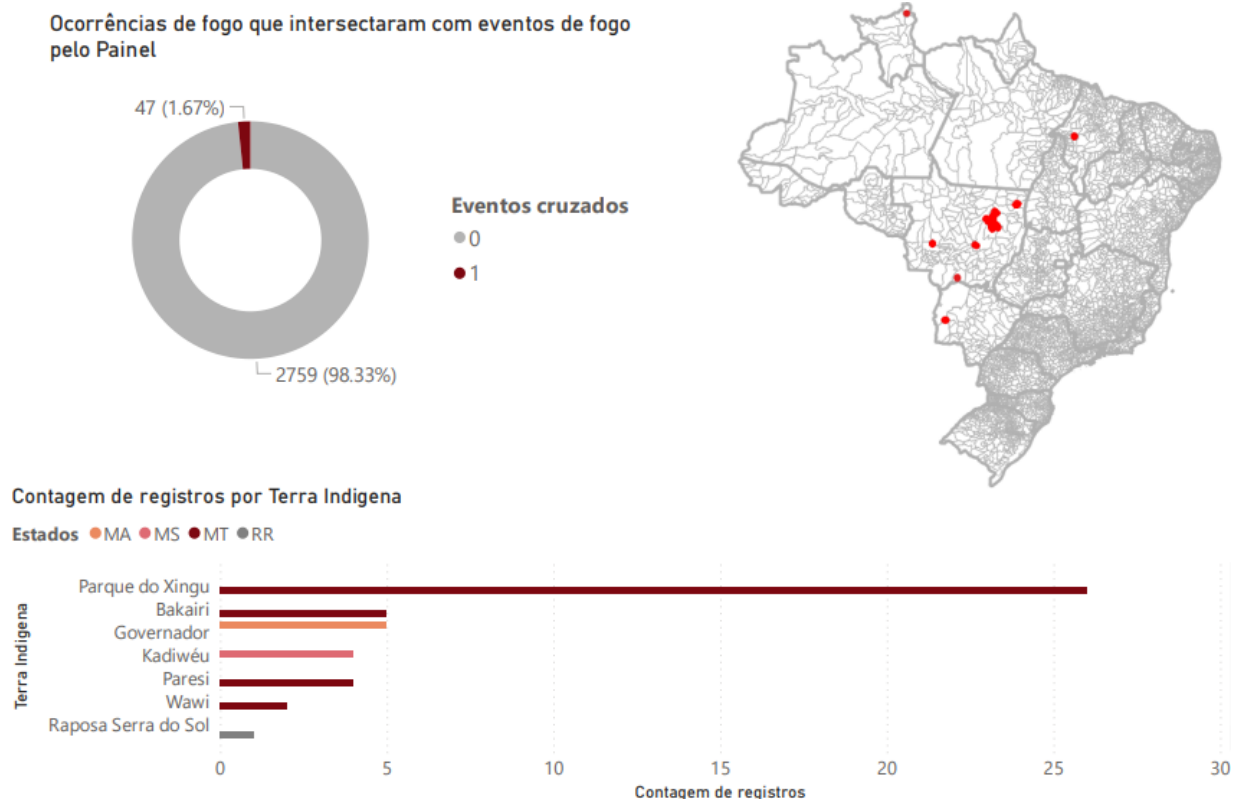


Figura 12 - Cruzamento entre ocorrências combatidas do PREVFOGO com eventos do Painel do Fogo. (Fonte: os autores, 2024).

ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS EVENTOS DE FOGO INTERSECTADO PELA ESPACIALIZAÇÃO DOS DADOS

O intuito desta análise exploratória é demonstrar que, quando conjugados (dados de campo e de sensoriamento remoto), é possível analisar com maior grau de detalhes as ocorrências de fogo. O algoritmo que produz a camada de evento de fogo reúne informações qualificadas sobre as propriedades do evento e suas detecções de fogo, que são tabuladas em tempo próximo do real (CENSIPAM, 2023). As classes de propriedades dos eventos dizem respeito aos aspectos intrínsecos aquele evento como área, persistência (duração), quantidade de detecção, dentre outros.

Adicionalmente, os eventos de fogo são cruzados com outros dados temáticos para gerar informações extrínsecas ao evento de fogo para ampliar a estratégia de resposta durante o combate. Neste estudo foi selecionado o atributo '*id_tipo_fogo*' que tem por objetivo tipificar a ocorrência. Atualmente este atributo só considera o tipo de fogo ocasionado por desmatamento e está restrito a Amazônia legal. De acordo com De Faria et. al (2023) a qualificação do tipo de ocorrência do fogo é uma informação muito útil, que pode ser utilizado pelos Corpos de Bombeiros brasileiros para o planejamento das ações de combate e contribuir com a segurança das brigadas de combate aos incêndios florestais.

A partir dos resultados desses atributos e que estão contidos na tabela 3, foi possível concluir que o ICMBio apresentou maior área acumulada dos eventos (3728.28 Km²), seguido do CBM que realizou o combate em uma área de influência de 1881.44 Km² correspondente aos eventos interceptados pelas ocorrências do fogo. No caso do PREVFOGO os eventos intersectados totalizaram menor área (859.94 Km²), embora a média por evento foi maior (17.19 Km²). Ressalta-se que o ICMBio apresentou maior área acumulada dos eventos (3728.28 Km²) e uma maior dispersão dos dados (89.10 km²) na quantidade de detecções por satélite, logo maior heterogeneidade em relação ao CBM e PREVFOGO.

Tabela 3 - Estatística geral dos eventos de fogo interceptadas pelas ocorrências CBM, PREVFOGO e ICMBio.

| | Min | Max | Média | Mediana | Soma | Desv. Padrão |
|-----------------------|-------|--------|-------|---------|--------|--------------|
| CBM | | | | | | |
| Área_ km ² | 1.081 | 293.07 | 19.39 | 5 | 1881.4 | 50.78 |
| Persistência (dias) | 0 | 298 | 9.69 | 3 | 940 | 31.23 |
| Qtd_dececc | 1 | 520 | 34.43 | 8 | 3340 | 77.05 |
| ICMBIO | | | | | | |
| Área_ km ² | 0.49 | 412.40 | 16.42 | 4.12 | 3728.2 | 46.06 |
| Persistência (dias) | 0 | 65 | 3.85 | 1 | 875 | 8.35 |
| Qtd_dececc | 1 | 882 | 25.72 | 6 | 5820 | 89.10 |
| PREVFOGO | | | | | | |
| Área_ km ² | 1.13 | 273.42 | 17.19 | 4.63 | 859.94 | 46.30 |
| Persistência (dias) | 0 | 22 | 3.36 | 2 | 168 | 5.65 |
| Qtd_dececc | 1 | 227 | 18.08 | 4.50 | 904 | 44.89 |

Fonte: os autores (2024).

Em relação a persistência, O ICMBIO e REVFOGO performaram médias e medianas menores já que lidam com queimas prescritas, o que corrobora com este tipo de fogo vinculado a fase de prevenção do MIF no Brasil. Em relação ao CBM, se destaca o valor máximo de persistência que atingiu 298 dias e está vinculado a grandes incêndios ocorridos no pantanal brasileiro. Da mesma forma, a quantidade média de detecções também sugere que o fogo combatido pelo CBM é ligeiramente mais intenso.

Como dito anteriormente, para Amazônia legal, a camada de evento de fogo tem um atributo específico denominado '*id_tipo_fogo*' em que se faz uma dissociação entre eventos de fogo vinculado com desmatamento (tipo1) dos demais tipos de fogo. O resultado na tabela 4 tem o intuito de demonstrar o quanto a tipificação pode revelar detalhes diferentes do panorama geral e consequentemente, ser avaliado de forma particular em uma estratégia de combate.

O resultado contido na tabela 4 revela que todas as instituições lidam com ocorrências que envolve desmatamento (tipo 2), que é considerado um tipo de ilícito ambiental. No geral, 15% das ocorrências atendidas por CBM foram classificados como desmatamento, sugerindo um grau maior de risco uma vez que o desmatamento, em muitos casos está vinculado a processos de grilagem e outras modalidades de crime ambiental. Em função de um quantitativo menor, a área total também foi menor. Quanto à variável 'Persistência' dos eventos, o resultado sugere que este tipo de ocorrência de fogo em áreas protegidas apresentam uma maior persistência conforme revela os resultados para o ICMBIO e PREVFOGO.

Tabela 4 – Descrição geral do tipo de fogo cruzados pelas ocorrências do fogo.

| Total número de eventos interceptados | | Área_ km ² | Persistência (Media) |
|---------------------------------------|-----|-----------------------|----------------------|
| CBM | | | |
| 1 | 83 | 1609.91 | 9.96 |
| 2 | 14 | 271.53 | 8.07 |
| ICMBIO | | | |
| 1 | 202 | 3259.26 | 3.54 |
| 2 | 9 | 499.26 | 17.66 |
| PREVFOGO | | | |
| 1 | 48 | 595.04 | 2.58 |
| 2 | 2 | 264.90 | 22.00 |

Fonte: os autores (2024).

Se por um lado existe a possibilidade de aumentar a quantidade de informações a partir de sensoriamento remoto considerando o perfil institucional, o mesmo pode ocorrer a partir da perspectiva sobre o tipo de ocorrência de fogo. Tal possibilidade pode gerar informações essenciais para o gerenciamento das atividades vinculadas ao MIF. Para exemplificar a figura 13 mostra o valor acumulado dos três parâmetros de sensoriamento remoto por tipo de ocorrência, aqui representado pelo combate e queima controlada e prescrita.

O tipo de ocorrência de queima controlada, vinculado ao manejo do solo representou menor expressividade em relação às variáveis observadas nesta pesquisa, com uma área de 163.13 km² (Figura 13 -A), 236 detecções e uma duração total dos eventos de 49 dias (Figura 13 -B). Comportamento semelhante é observado para as queimas prescritas que possui valores ligeiramente maior em relação a queima controlada.

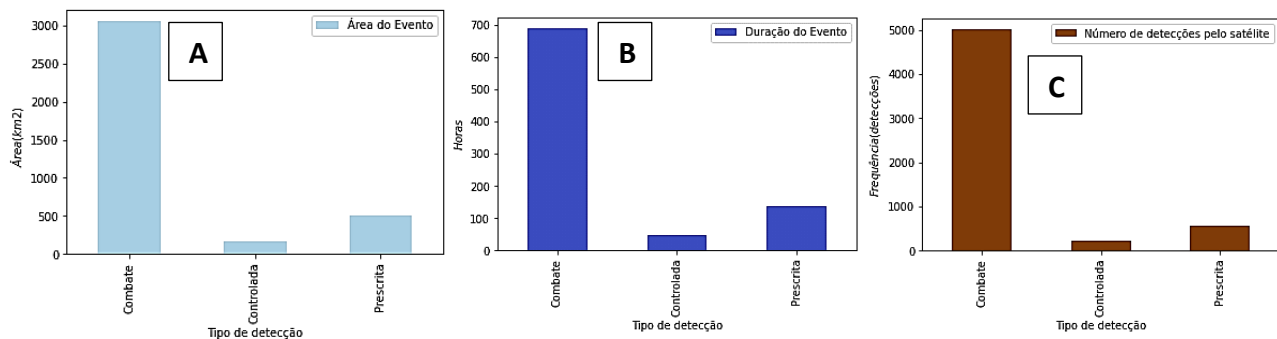


Figura 13 - Tipificação de fogo em relação às variáveis dos eventos interceptados pelas ocorrências de fogo do ICMBio. (Fonte: os autores, 2024).

No entanto, dados sobre combate revelaram valores bem superiores que se justificam em função de estar diretamente relacionado com incêndios. Nos gráficos de dispersão, não se observa um padrão claro entre o tamanho dos eventos de fogo e a duração. Em termos de combate, a figura 14-A mostra que é possível uma ocorrência durar mais de dois meses, porém não ultrapassar 20 km². Por outro lado, eventos que ultrapassaram 200 km² em poucos mais de 10 dias foram extintos. Importante ressaltar que variáveis como o efetivo empregado pode contribuir para explicar este comportamento.

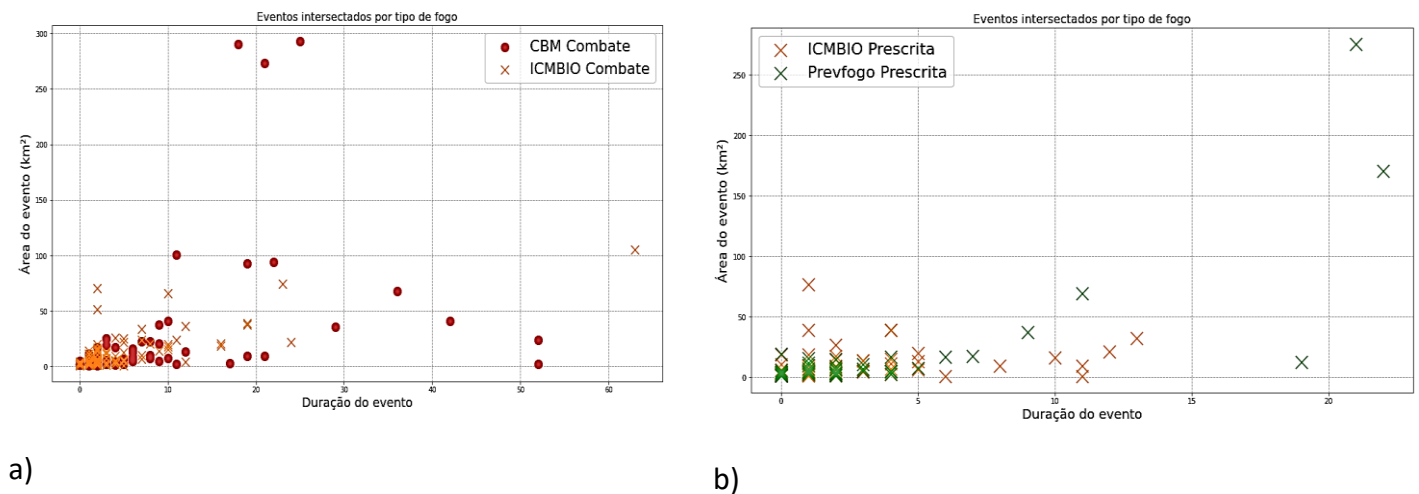


Figura 14 - Relação entre a duração e área dos eventos de fogo interceptados pelas ocorrências de fogo combatido. (Fonte: os autores, 2024).

As queimas prescritas que intersectaram eventos de fogo, foram efetuadas na sua maioria em um período menor de tempo e área, para ambas instituições (ICMBio e PREVFOGO) conforme mostra figura 14-B. Em geral, queimas prescritas não devem ultrapassar um/dois dia, no entanto, se observa que há casos em que a queima pode se descontrolar e se tornar um incêndio, acarretando tanto em uma duração área maior.

IV. CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo analisar como as diferentes fontes de dados sobre a ocorrência do fogo no Brasil são coletadas e como se correlacionam com dados a partir de sensoriamento remoto. A aparente falta de padronização sobre coleta de dados em campo entre os entes envolvidos no combate e na gestão da informação sobre fogo permitiu compreender que a qualidade dos dados recebidos determinou em grande parte o resultado da análise. Percebeu-se, assim, que, nem todos os entes (sobretudo CBM) possuem uma gestão capaz de fornecer dados para uma análise como a apresentada neste estudo. Dos 26 estados mais o distrito federal 44% estiveram em condições de compartilhar seus registros de campo.

Destaca-se que o universo de quase 90.000 ocorrências registradas em campo, uma ampla maioria (mais de 85%) foi coletada pelos Corpos de Bombeiros Militares, sugerindo que estes entes estaduais possuem um papel relevante no combate ao fogo. Adicionalmente, é importante salientar que, em termos de ocorrência, queimadas e incêndios florestais fora de áreas protegidas são mais frequentes devido ao amplo uso do fogo nas atividades rurais, impactando o número de ocorrências atendidas pelo CBM.

No entanto, deste universo amostral do CBM, 40% cumpriram com os parâmetros iniciais para a espacialização dos registros utilizados neste estudo. Importante destacar que, o resultado é consequência do primeiro desafio para a junção das bases de dados que é a separação entre ocorrência do fogo em área urbana e área rural, considerando que somente área rural é o objeto desta análise espacial. Em relação ao IBAMA, se conclui que a coleta de coordenadas é um parâmetro relevante para o PREVFOGO, e a falta de padronização no preenchimento das informações comprometeu 83% dos dados analisados.

A ausência de padronização também se refletiu na etapa de espacialização dos dados filtrados. Neste ponto, o ICMBio foi a instituição com o menor número de ocorrências de fogo espacializados (30%), embora no cruzamento com os eventos do Painel intersectaram 362 eventos de fogo, sendo o mais assertivo dentre as instituições avaliadas. Isto sugere que, para ICMBio, a falta de padronização promove a ausência de coordenadas geográficas que deve ser encarado como um parâmetro chave para o cruzamento dos dados. Nota-se que este resultado também está restrito a poucas UCs indicando que a falta de padronização também seja por conta da ausência de um protocolo padrão que oriente os agentes envolvidos no trabalho.

Em relação ao cruzamento com os eventos de fogo, CBM e IBAMA atingiram patamares ainda menor, sendo 136 e 50 eventos intersectados, respectivamente. A baixa correspondência espacial entre as ocorrências de fogo espacializados e os eventos do Painel de Fogo, sugere a necessidade de um protocolo comum de coleta

dos dados de fogo, que permita uma comparação direta e uma interoperabilidade entre os dados do fogo que vem sendo gerados pelas plataformas de monitoramento e vigilância de queimadas no Brasil.

Uma forma de direcionar esforços do estado brasileiro para a melhoria na coleta de dados pode ser feito a partir do Projeto de Lei 1.818/2022 que institui o Plano Nacional de Manejo Integrado do Fogo. Tal política pode prever mecanismos de monitoramento integrado que devem ser instrumentalizados por meio de instruções normativas que balizem as metodologias empregadas para tal finalidade. Os resultados aqui apresentados sugerem que há uma necessidade latente de que os dados devam seguir padrões de coleta.

Note que, após a análise de quase 90 mil ocorrências, menos de 1% foram especializados, se tornando insignificante para uma análise de conjuntura sobre o MIF no Brasil. Por isso, os resultados apresentados após o cruzamento dos dados não devem ser interpretados como um comportamento padrão, pois é preciso analisar uma base de dados mais representativa. Esta conclusão deverá ser apontada em trabalhos futuros.

Adicionalmente, os resultados mostram o potencial de análise quando os dados são cruzados com eventos de fogo. A análise exploratória conduzida neste estudo identificou as similaridades e diferenças entre a área total combatida, bem como o padrão de persistência do fogo e a quantidade de detecção. Neste tópico, por exemplo, é possível identificar que o amplo uso do fogo para mitigação dos riscos de incêndio florestal produz uma persistência menor para IBAMA e ICMBio do que para CBM.

Além disso, foi possível identificar que o desafio do desmatamento é inerente a todas as instituições. Quando consideramos o tipo de fogo relatado, a exemplo do ICMBio e IBAMA, todos estes parâmetros oriundos dos dados geoespacial também pode representar o comportamento de cada parâmetro disponível pelo evento de fogo. Isto deverá ampliar o conhecimento sobre as atividades realizadas e novos insights para implementar o MIF tendo em conta que cada estado, Unidade de Conservação e Terra Indígena apresenta características próprias de contexto, uma vez que pode deduzir-se que cada ocorrência permite identificar fatores que influenciam para o aumento da problemática.

Por fim, a metodologia empregada neste estudo pode ser utilizada para validar os relatórios de queimas reportadas pelas instituições envolvidas no controle do fogo. Por isso torna-se importante para pesquisas futuras garantir que os dados estejam com os parâmetros iniciais, como coordenadas, data da ocorrência do fogo, tipo de queima, que ajude contextualizar a ocorrência do combate, até mesmo ações para monitorar e fiscalizar com mais eficiência as áreas com maior recorrência de eventos no período de queimas no Brasil.

Agradecimentos

O presente trabalho está inserido no projeto Painel do Fogo e foi realizado com apoio do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia – Censipam gerenciado pela Coordenação de Desenvolvimento Sustentável - CODESUS conjuntamente com o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, por meio da meta institucional de “Qualificação de recursos humanos para as áreas de monitoramento ambiental, territorial e temático; inteligência tecnológica; tecnologia da informação; e governança e gestão no Censipam” processo nº 421927/2017-8.

Este agradecimento também deve se estender a operação Guardiões do Bioma (MJSP) por intermediar o compartilhamento de dados dos Corpos de Bombeiros Militares de cada um dos estados que forneceram as informações, bem como aos colegas da Coordenação de Manejo Integrado do Fogo (ICMBIO) e do PREVFOGO/IBAMA pelo apoio irrestrito e troca de conhecimento.

V. REFERÊNCIAS

- ANTUNES, E. H.; RIBEIRO, V.; DA SILVA NOGUEIRA, D.; CUNHA, P.; BERNINI, H.; DE FARIA, D. Mapeamento de áreas espúrias para o painel do fogo. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, 2023.
- ANDELA, N.; MORTON, D. C.; GIGLIO, L.; PAUGAM, R.; CHEN, Y.; HANTSON, S.; VAN DER WERF, G. R.; RANDERSON, J. T. The Global Fire Atlas of individual fire size, duration, speed and direction, Earth Syst. Sci. Data, 11, 529–552, <https://doi.org/10.5194/essd-11-529-2019>, 2019.
- ANDERSON, L.; MARCHEZINI, V.; MORELLO, T.; CUNNINGHAM, C. Modelo conceitual de sistema de alerta e de gestão de riscos e desastres associados a incêndios florestais e desafios para políticas públicas no Brasil. Territorium. n. 26, p. 43-61, 2019.
- ANDERSON, L.; SILVA, S.; MELO, A. Onde há fumaça, há fogo. Cadernos de Saúde Pública, v. 39, n. 8, 2023.
- BARLOW, J.; FERREIRA, J.; BERENGUER, E.; ALENCAR, A.; GUIMARÃES.; MACEDO, M.; DUTRA, D.; ANDERSON, L.; ARAGÃO, L. Degradação das florestas amazônicas: um diálogo entre ciência e sociedade em busca de soluções. Belém, Para, 2023.
- BERNINI, H.; DE FARIA, D.; BORDIN, L. S. B.; DE PAULA, J. fire detection frequency performance based on geostationary and polar-orbiting satellites blending for firefighting dispatch. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, 2023.
- CLARISSA, G. Precisamos falar sobre degradação florestal na Amazônia: é urgente que a política pública entenda e combata essa ameaça. Climate Policy Initiative. Rio de Janeiro, 2022.
- CENSIPAM. Painel do Fogo. 2023. Disponível em: <https://panorama.sipam.gov.br/painel-do-fogo/>. Acesso em: 1 maio 2023.

DE ANDRADE, A. S. R.; RAMOS, R. M.; SANO, E. E.; LIBONATI, R.; SANTOS, F. L. M.; RODRIGUES, J. A.; GIONGO, M.; DA FRANCA, R. R.; LARANJA, R. E. D. P. Implementation of Fire Policies in Brazil: An Assessment of Fire Dynamics in Brazilian Savanna. *Sustainability*. n.13, p.11532, 2021.

DE FARIA, D.; BERNINI, H.; ASSIS, J.; VIEIRA, H. Multicriteria severity indicator using remote sensing for forest firefighting dispatch in the brazilian Amazon. *IGARSS 2022-2022 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. IEEE. p. 5740-5743. 2022.

DE FARIA, D.; BERNINI, H.; DE PAULA, J.; RIVERA-LOMBARDI, R.; JÚNIOR, H. Análise da Dinâmica do Intervalo entre Desmatamento e Fogo: Bases para tipificação de fogo de desmatamento. *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Florianópolis, 2023.

DUTRA, D.; ANDERSON, L.; FEARNSIDE, P.; GRAÇA, M.; YANAI, A.; DALAGNOL, R.; ARAGÃO, L. Fire dynamics in an emerging deforestation frontier in southwestern Amazonia, Brazil. *Fire*, v. 6, n. 1, p. 2, 2022.

HOFMANN, S.; CARDOSO, C.; ALVES, R.; WEBER, J.; ALEXANDRE A.; TOLEDO, P.; PONTUAL, F.; SALLES, L.; HASENACK, H.; CORDEIRO, J.; AQUINO, F.; OLIVEIRA, L. The brazilian cerrado is becoming hotter and drier. *Global Change Biology*, v. 27, p. 4060-4073, 2021.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Estabelece princípios, diretrizes, finalidades, instrumentos e procedimentos para a implementação do Manejo Integrado do Fogo nas Unidades de Conservação Federais. Brasília. 2022.

Brasil. Lei Nº 12.608, DE 10 DE ABRIL DE 2012. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <https://shorturl.at/brwAF>. Acesso em: 5 jun. 2023.

Projeto MapBiomas – Coleção [7.1] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 4 nov. 2023.

MORELLI, F.; ROSA, W.; OLIVEIRA, L.; GARROT, I. Plataforma de apoio a gestão de operações de combate a incêndios florestais: CIMAN Virtual. Número especial da 7ª Conferência internacional sobre incêndios florestais, Conferência internacional sobre incêndios florestais. Campo Grande, 2019.

MORELLO, T.; RAMOS, R.; ANDERSON, L.; OWEN, N.; ROSAN, T.; STEIL, L. Predicting fires for policymaking: Improving accuracy of fire brigade allocation in the Brazilian Amazon. *Ecological Economics*, v. 169, p. 106501, 2020.

PBMC. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo GT1. Rio de Janeiro. 2013.

PLETSCH, M.; KÖRTING, T.; MORITA, F.; SILVA-JUNIOR, C.; ANDERSON, L.; ARAGÃO, L. Near Real-Time Fire Detection and Monitoring in the MATOPIBA Region, Brazil. *Remote Sensing*, v. 14, n. 13, p. 3141, 2022.

POSTGRESQL DEVELOPERS. The World's Most Advanced Open Source Relational Database. 2023. Disponível em: <https://www.postgresql.org/>. Acesso em: 4 de maio. 2023.

POSTGIS DEVELOPERS. About PostGis. 2023. Disponível em: <https://postgis.net/>.

QGIS DEVELOPMENT TEAM, QGIS. QGIS Geographic Information System. [S.l.], 2023. Disponível em: <https://www.qgis.org>.

SANTOS CLEMENTE, S. D.; OLIVEIRA, J. F.; PASSOS LOUZADA, M. A. Focos de Calor na Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Meteorologia, n.32, p.669–677.2017.

SOUZA JR, C. M.; Z. SHIMBO, J.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; A. ALENCAR, A.; RUDORFF, B. F.; AZEVEDO, T. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine - Remote Sensing, v. 12, p 2735, 2020.