

Análise dos padrões de incêndios florestais a partir dos registros de ocorrências Prevfogo no estado do Ceará, Brasil

Analysis of wildfire patterns based on Prevfogo occurrence records in the state of Ceará, Brazil

Mauricio Alejandro Perea-Ardila¹

Resumo

O estudo analisou os dados de ocorrências ROI (registros de ocorrências de incêndios) em 2017 e 2018 e comparou com os focos de calor detectados pelo INPE e as áreas queimadas mapeadas pelo MapBiomas Fogo por meio de estatísticas e geoprocessamento. Foram registrados 550 ROI em 16 municípios, com Quixeramobim concentrando 30,36% dos incidentes, enquanto o INPE detectou 1192 focos de calor, destacando Canindé como o município mais afetado. A cobertura de Mata/Floresta Nativa teve o maior número de incêndios, totalizando 242 ocorrências. Houve aumento gradual dos incêndios, especialmente em julho e novembro, sendo este o mês mais crítico. No período 68161,11 ha foram queimados no Ceará, com áreas de 10 a 50 ha sendo mais afetadas. Observou-se que 74,55% dos incêndios foram relatados visualmente, demonstrando alta dependência da observação direta. Os resultados mostram a importância de integrar tecnologias avançadas para melhorar a detecção e controle dos incêndios, além de facilitar estratégias preventivas e de mitigação. A análise também reforça a necessidade de entender a dinâmica do fogo na região, considerando fatores climáticos, ecológicos e humanos, para reduzir os impactos ambientais e sociais associados a esses eventos.

Palavras-Chave: Distribuição Espacial; Fogo; Geoprocessamento.

Abstract

The study analysed data from ROI (Fire Occurrence Records) in 2017 and 2018 reports and compared them with active fire detected by INPE and burned area data mapped by MapBiomas Fogo, using statistical analysis and geoprocessing techniques. A total of 550 ROIs were recorded across 16 municipalities, with Quixeramobim accounting for 30.36% of the incidents, while INPE detected 1,192 fire hotspots, highlighting Canindé as the most affected municipality. Native Forest cover experienced the highest number of fires, totalling 242 occurrences. A gradual increase in fire events was observed, particularly during July and November, with the latter being the most critical. Over the study period 68,161.11 hectares were burned in Ceará, with areas between 10 and 50 hectares

¹ Doutorando em geografia do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGeo) da Universidade Federal do Ceará (UFC). mauricio.perea@alu.ufc.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4561-0251>

being the most impacted. Notably, 74.55% of the fires were reported through visual observation, indicating a strong reliance on direct monitoring. The findings underscore the importance of integrating advanced technologies to enhance fire detection and control, as well as to support preventive and mitigation strategies. Moreover, the analysis highlights the importance of understanding fire dynamics in the region by considering climatic, ecological, and anthropogenic factors, thereby mitigating the environmental and social impacts associated with these events.

Keywords: Spatial Distribution; Fire; Geoprocessing.

Introdução

O Brasil é reconhecido mundialmente como um dos países com maior diversidade ambiental e mais ricos em recursos do mundo. O país abriga aproximadamente 20% da biodiversidade mundial, sendo o lar de um grande número de espécies endêmicas de flora e fauna (ELLWANGER; NOBRE; CHIES, 2023). No entanto, o desmatamento ilegal e a expansão da fronteira agrícola são os principais fatores que aumentam os incêndios, que geralmente são iniciados intencionalmente para limpar a terra para plantações ou pastagens (RODRIGUES et al., 2017). De acordo com dados do projeto MapBiomass, entre 1985 e 2023, cerca de 199,1 milhões de hectares (ha) foram queimados pelo menos uma vez, representando aproximadamente 23% do território nacional (MAPBIOMAS, 2024). Anualmente, estima-se que, em média, 18,3 milhões de hectares sejam queimados, com um aumento significativo durante a estação seca, de julho a outubro, quando 79% das áreas queimadas são registradas, sendo setembro o mês de maior incidência (MAPBIOMAS, 2024). Os incêndios florestais são uma das principais ameaças aos recursos naturais no Brasil (DA SILVA PASSOS; MENEZES, 2022).

O estado do Ceará, localizado na região Nordeste do Brasil, possui características climáticas semiáridas, com precipitações médias anuais inferiores a 800 mm, distribuídas principalmente entre fevereiro e maio, e longos períodos de seca que favorecem a propagação de incêndios florestais (GOMES; SAKAMOTO; DA SILVA, 2020; SILVA et al., 2021). O bioma predominante é a Caatinga, um ecossistema exclusivamente brasileiro, caracterizado por vegetação xerófila e baixa disponibilidade hídrica, sendo altamente vulnerável aos impactos das queimadas (MELO et al., 2023). De acordo com os números oficiais, estima-se que, entre 1985 e 2023, cerca de 1.998.670,30 ha tenham sido

queimados no Ceará (MAPBIOMAS, 2024). As altas temperaturas combinadas com períodos de baixa pluviosidade facilitam a propagação das chamas. Particularmente, o bioma mais representativo do estado do Ceará é a Caatinga e é considerado um dos biomas mais ameaçados do nordeste brasileiro (SARAIVA MATOS, 2023). Assim, é essencial entender as características dos incêndios florestais em uma região específica para criar estratégias de prevenção, controle e extinção (DA SILVA PASSOS; MENEZES, 2022). Além disso, as mudanças climáticas já aumentaram as condições favoráveis a incêndios florestais, em diferentes biomas brasileiros, onde secas prolongadas, muitas vezes intensificadas por fenômenos como o El Niño, desempenham um papel crucial para o desenvolvimento desse fenômeno (BATISTA et al., 2014).

O Registro de Ocorrência de Incêndio (ROIs) é uma ferramenta essencial para identificar e registrar o perfil dos incêndios, permitindo o planejamento de ações de prevenção e combate (BONTEMPO et al., 2011). Além disso, apoia as decisões ambientais regionais, contribuindo para a implementação de estratégias eficazes de prevenção, conscientização, monitoramento, aplicação de penalidades e combate dos incêndios florestais (COSTA et al., 2023). Embora o ROIs seja reconhecido como uma ferramenta fundamental para o planejamento de ações preventivas e o combate aos incêndios florestais, sua eficiência na compreensão da dinâmica espaço-temporal desses eventos ainda carece de avaliação crítica (BONTEMPO et al., 2011). Apesar de permitir o registro detalhado de localização, data, causa provável e cobertura vegetal afetada, o método enfrenta desafios relacionados diretamente com a capacidade técnica, qualidade do preenchimento dos formulários, da frequência de atualização dos registros e da integração com outras fontes de dados. Essas limitações tornam-se particularmente relevantes no contexto do Ceará, onde os padrões de incêndios ainda são insuficientemente compreendidos (BONTEMPO et al., 2011).

Assim, este estudo também busca discutir a aplicabilidade e as restrições dos registros ROI, destacando a necessidade de fortalecer os bancos de dados e integrar múltiplas fontes de informação, como imagens de satélite, dados climáticos e relatórios institucionais para melhorar o entendimento e a gestão do fogo na região. Apesar disso, os padrões de queimadas no estado do Ceará ainda são desconhecidos, o que representa um desafio para a gestão eficiente dos recursos e

para a formulação de políticas públicas adaptadas à variabilidade do perfil das queimadas. O fortalecimento de bancos de dados e a colaboração entre instituições, tanto governamentais quanto acadêmicas, são essenciais para preencher essa lacuna de conhecimento e melhorar o manejo do fogo na região.

Nesse contexto, o objetivo principal é analisar os dados de ocorrências ROI e comparar com os focos de calor detectados pelo INPE e as áreas queimadas mapeadas pelo MapBiomas Fogo, visando avaliar a eficiência e a representatividade espacial e temporal do sistema Prevfogo no monitoramento de incêndios florestais no Ceará. Os resultados dessa pesquisa pretendem fornecer subsídios para o desenvolvimento de estratégias de prevenção, monitoramento e combate a incêndios florestais, contribuindo para melhorar a gestão ambiental e a segurança territorial no estado.

Caracterização da área de estudo

O estado do Ceará, localizado na região nordeste do Brasil, cobre uma área de aproximadamente 148.920 km² e é caracterizado por uma notável diversidade ecológica e climática. Ele está localizado entre as coordenadas geográficas 2°53'19" e 7°45'8" S e entre 41°25'25" e 38°24'41" W (Figura 1). Seu território é dominado pelo bioma Caatinga, um ecossistema único no mundo com alta biodiversidade adaptado às condições semiáridas, onde predominam espécies xerófitas e solos suscetíveis à degradação (GANEM et al., 2020; MELO et al., 2023). O Ceará apresenta um regime marcado por chuvas sazonais concentradas entre fevereiro e maio, bem como longos períodos de seca, com temperaturas entre 22 e 27°C, e precipitação abaixo de 800 mm/ano (SOARES, 2015).

Figura 1 - Localização do estado do Ceará e municípios analisados



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de áreas territoriais IBGE (2022)

Metodologia

Os dados utilizados foram obtidos do período entre 2017 e 2018 para análise dos ROIs foi motivada por fatores metodológicos e práticos relacionados à disponibilidade e acessibilidade dos dados fornecidos pelo Prevfogo, sendo os dois anos com registros para o estado do Ceará. https://dadosabertos.ibama.gov.br/fa_IR/dataset/sisfogo-roi. Esse banco de dados fornece informações detalhadas sobre o local, a data e as características dos incêndios florestais que ocorreram em várias regiões, permitindo a análise espacial e temporal dos padrões de ocorrência. Além disso, os registros incluem dados sobre as possíveis causas dos incêndios, áreas afetadas e

ações de controle, o que facilita a avaliação da eficácia das estratégias de prevenção e mitigação implementadas durante o período do estudo (BONTEMPO et al., 2011).

Os dados foram organizados, tabulados e analisados por meio de estatística descritiva no programa R, onde foi gerado um arquivo base com estatísticas de incêndios florestais que incluiu os municípios registrados, a vegetação mais afetada, o tipo de causa, as datas de ocorrência e o método de registro. Dados oficiais do Banco de Dados de Queimadas do INPE (INPE, 2024). Também foram acessados para validar os focos de calor registrados, comparando-os com os dados fornecidos pelos ROIs usando um sistema de informação geográfica.

Além disso, os dados do MapBiomas Fogo (MAPBIOMAS, 2024) foram usados para determinar as áreas queimadas (AQ), permitindo uma estimativa precisa da extensão e da localização dos incêndios florestais e uma avaliação mais detalhada de seu impacto territorial. Esses dois conjuntos de dados complementaram as informações de forma abrangente, contribuindo para uma análise da dinâmica do fogo na região de estudo.

Foram importadas as camadas vetoriais aos limites municipais afetados pelos incêndios do Prevfogo, servindo como base cartográfica. As informações de ocorrência dos ROIs foram tabuladas com base nos municípios indicados. Os focos de calor do INPE foram extraídos na forma de shapefile com data e localização geográfica referentes ao período de estudo. Os focos e as AQ foram filtrados para incluir apenas aqueles dentro dos limites do estado do Ceará. Foi usada uma sobreposição espacial (overlay) para contagem dos focos e AQ dentro dos municípios afetados.

Utilizou-se a função Zonal Statistics para calcular a extensão das AQ por município afetado, permitindo relacionar os incêndios registrados com os dados oficiais de AQ. Para a realização dos geoprocessamentos foi utilizado o software QGIS versão 3,28.

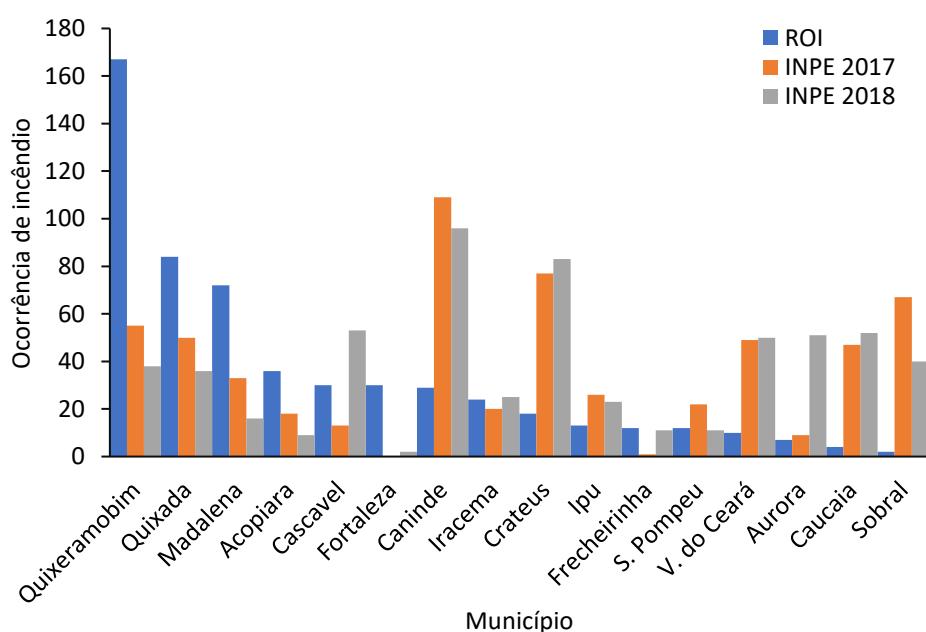
Resultados e discussões

Um total de 550 ROIs foram identificadas em 16 municípios do estado do Ceará, registradas entre julho de 2017 e dezembro de 2018. A data com maior atividade foi 2 de novembro de 2017, quando foram registradas 78 ROIs. Em termos de distribuição por município, Quixeramobim concentrou 30,36% das ROIs registradas (Figura 2), seguido por Quixadá com 15,27% e Madalena

com 13,09%. Esses três municípios juntos responderam por 58,72% do número total de ROIs identificadas no estado.

Por outro lado, de acordo com os registros do INPE para o mesmo período e municípios, foram registrados 596 focos de calor. Canindé foi o município com o maior número de focos registrados, representando 18,29%, seguido por Crateús com 12,92% e Sobral com 11,24%. Fortaleza não registrou focos durante esse período. Para 2018, os registros do INPE contabilizaram novamente 596 focos. Canindé continuou sendo o município com mais focos de calor (16,11%), seguido por Crateús (13,93%) e Cascavel (8,89%). Em contrapartida, Fortaleza apresentou o menor número de registros (0,34%).

Figura 2 - Número de ocorrências de incêndio pelo município.

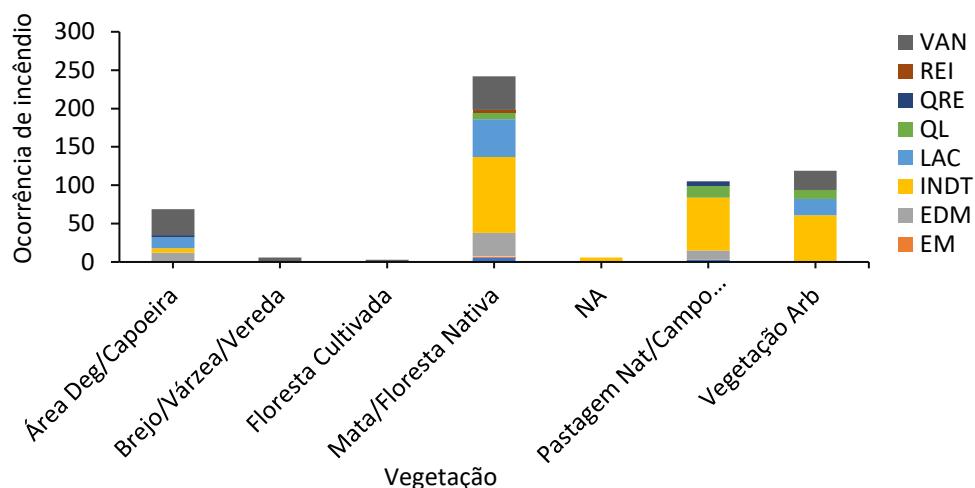


Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Por outro lado, a Floresta Nativa/Flora Nativa registrou o maior número de incêndios, com um total de 242 eventos (Figura 3). Esse tipo de vegetação foi predominantemente afetado por incêndios de causa indeterminada (99), seguidos por incêndios relacionados à limpeza de áreas de cultivo (49) e atos de vandalismo (31). A Pastagem Nativa/Campo Limpo registrou um total de 105

incêndios. Apenas 6 ROIs não tinham uma descrição específica. Em geral, causas indeterminadas (43,8%) e vandalismo (20,4%) se destacam como as principais causas prováveis de incêndios nas ROIs do estado do Ceará.

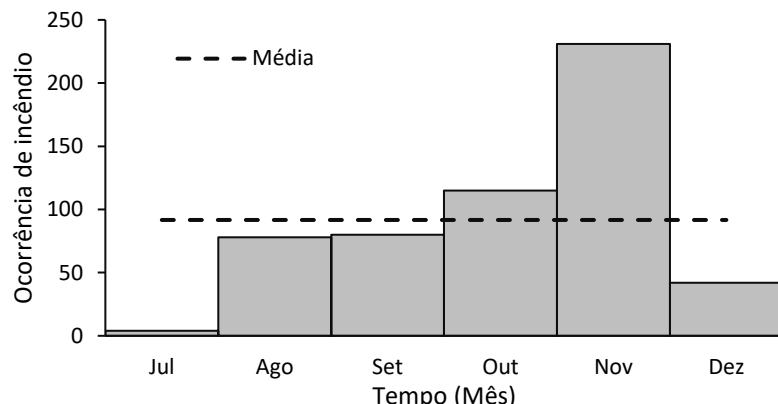
Figura 3 - Causas da ocorrência de incêndios em vegetação.



VAN: Vandalismo, REI: Reignição, QRE: Queima De Restos De Exploração, QL: Queima De Lixo, LAC: Limpeza De Área Para Cultivo, INDT: Indeterminado, EDM: Extração De Madeira, EM: Extração De Mel, CAT: Cabo De Alta Tensão. Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A Figura 4 mostra os valores registrados de queimadas distribuídos em diferentes meses do ano, especificamente entre julho e novembro, nas ROIs do estado do Ceará. Observou-se um aumento gradativo no número de queimadas durante esse período, atingindo seu pico em novembro, com 231 registros, sendo o mês de maior atividade. Em contraste, julho teve o menor número de registros, com apenas 4 ROIs.

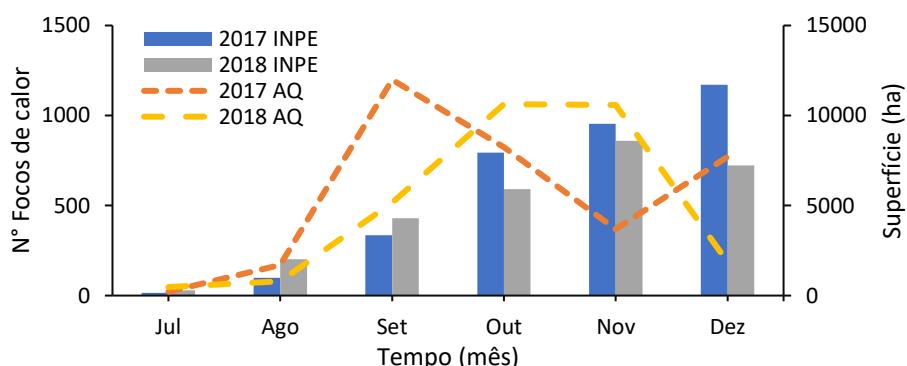
Figura 4 - Registro mensal de ocorrências de incêndio em ROIs.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Por outro lado, os registros do INPE mostram um aumento gradual dos focos de calor de julho a dezembro pra o estado do Ceará (Figura 5). Em 2017, foram registrados 3366 focos de calor nesse período, sendo dezembro o mês mais ativo, com 34,79% do total. Em contraste, julho apresentou o menor registro, com apenas 0,45%. Em 2018, 2834 focos foram registrados no mesmo período. Neste ano, novembro foi o mês com o maior número de registros, acumulando 30,35%, seguido por dezembro, com 25,51%. Assim como em 2017, julho foi o mês com o menor número de focos, respondendo por apenas 1,02% do total.

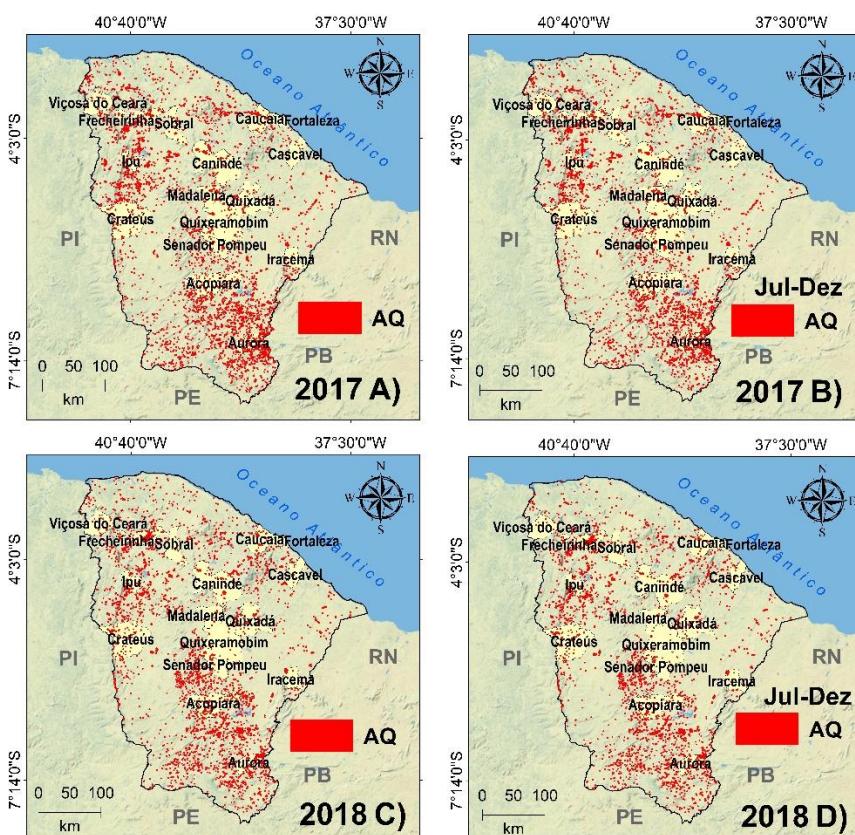
Figura 5 - Registro mensal de ocorrências de focos INPE do Ceará.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Em 2017, foi registrado um total de 36114,18 ha de AQ em todo o estado do Ceará (Figura 6A). No período estudado (julho-dezembro), foram identificados 33529,87 ha de AQ, sendo setembro o mês com maior proporção, concentrando 35,75% do total. A distribuição espacial da AQ nesses meses de 2017 mostrou uma maior concentração na zona sudeste, próximo aos limites com o estado da Paraíba (PB), e na zona noroeste, próximo aos limites com o Piauí (PI) (Figura 6B). Em 2018 o total de AQ no Ceará foi de 32046,93 ha (Figura 6C). Durante esse período estudado (julho-dezembro), foram registrados 29507,29 ha de AQ, sendo outubro e novembro os meses com os maiores registros, representando 36,02% e 35,89%, respectivamente. Neste ano, a tendência de concentração de AQ nas mesmas regiões se manteve, destacando-se novamente o sudeste, próximo aos limites com a PB, e o noroeste, próximo aos limites com a PI (Figura 6D).

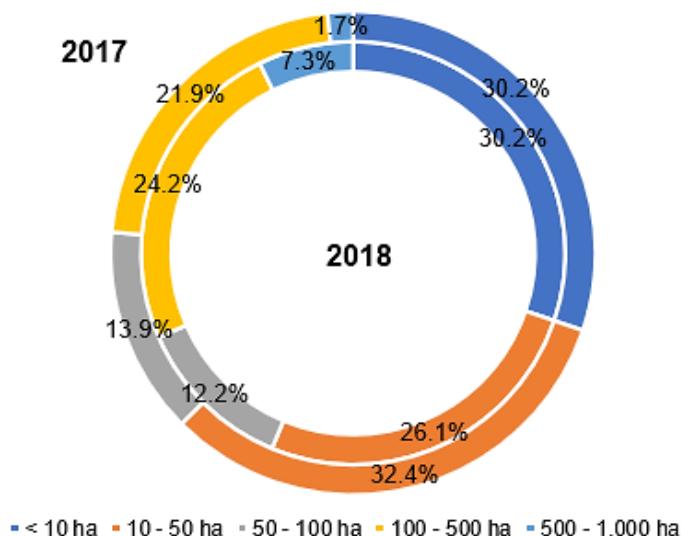
Figura 6 - Distribuição das áreas queimadas no estado do Ceará.



Fonte: elaborado pelo autor (2025) a partir de (IBGE, 2022) e MapBiomas (2025).

De acordo com a classificação do tamanho das AQ do MapBiomas Fogo, em 2017, a maioria dos incêndios (30,17%) correspondeu a áreas menores que 10 hectares, seguidos por incêndios na faixa de 10 a 50 hectares, que representaram 26,09% do total (Figura 7). Por outro lado, em 2018, a tendência se inverteu, com a maioria dos incêndios (32,35%) registrados em áreas entre 10 e 50 hectares, enquanto os incêndios em áreas menores que 10 hectares ficaram em segundo lugar, com 30,18%. Notavelmente, houve um aumento de 5,6% nos AQs entre 500 e 1.000 ha em 2018.

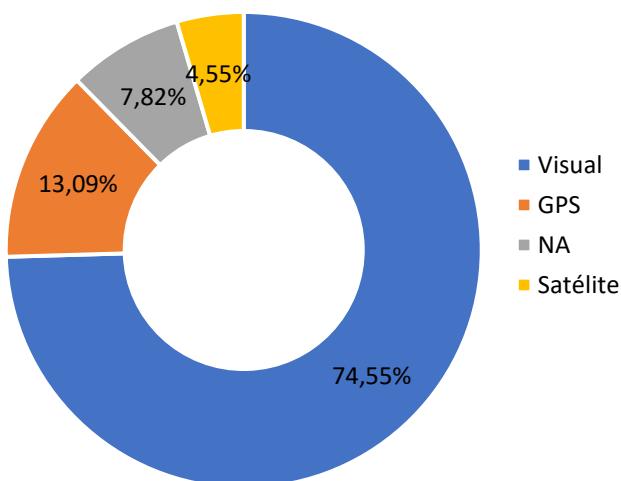
Figura 7 - Tamanho das áreas queimadas Mapbiomas Fogo..



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A partir dos ROI, foi determinado que 74,55% dos eventos foram relatados visualmente, o que mostra uma forte dependência da observação direta ou dos relatórios de campo. Essa dependência pode estar relacionada a fatores como acessibilidade ou limitações tecnológicas (Figura 8). Por outro lado, 13,09% dos registros foram obtidos por GPS, o que envolveu o uso de dispositivos de geolocalização para identificar e registrar locais, aumentando a precisão dos dados. Em contrapartida, o método menos utilizado foi baseado em dados de satélite, com apenas 4,55% dos registros.

Figura 8 - Método de registro de incêndios florestais em ROI.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A identificação de 550 ROI durante o período estudado (2017-2018) mostrou que a maior atividade se concentrou nos municípios de Quixeramobim, Quixadá e Madalena. Esse padrão de concentração pode estar relacionado às características biofísicas e socioeconômicas desses municípios. No entanto, estudos anteriores destacaram um maior número de registros de incêndios em vegetação para o estado do Ceará. Por exemplo, a Coordenadoria Integrada de Operações de Segurança do Ceará (CIOPS-CE) registrou 3519 incêndios em 2017 e 4160 em 2018 (SILVA et al., 2021). Isso evidenciaria discrepâncias entre diferentes sistemas regionais de monitoramento. Destaca-se a necessidade de fortalecer os bancos de dados de ROI e a capacidade institucional de registrar e classificar os eventos de incêndios. É provável que as áreas com maior densidade populacional, melhor infraestrutura rodoviária ou aquelas com presença mais ativa de brigadistas ou pessoal de campo tenham uma taxa mais alta de notificação de incêndios. Por outro lado, regiões mais remotas, de difícil acesso ou com menor presença humana podem estar sub-representadas nos registros de ROI, independentemente da incidência real de incêndios. Isso pode levar a uma

aparente concentração de ocorrências em determinadas áreas, o que não reflete necessariamente uma maior propensão a incêndios, mas sim uma maior capacidade de detecção e notificação.

Além disso, os 596 focos de calor registrados pelo INPE no mesmo período apresentaram diferenças nos municípios com maior atividade. Canindé, Crateús e Sobral concentraram a maior porcentagem de focos em 2017, enquanto, em 2018, Canindé permaneceu em primeiro lugar, seguido por Crateús e Cascavel. Essas diferenças na distribuição espacial sugerem que os focos de calor detectados por sensores satelitais nem sempre coincidem com os ROI identificados. As discrepâncias podem ser atribuídas às diferenças nas características dos sensores remotos, uma vez que os focos de calor do INPE provêm, principalmente, de dados satelitais de resolução moderada, como o MODIS, que apresenta limitações para detectar incêndios pequenos ou de baixa intensidade (MORISSETTE et al., 2005). Por outro lado, os ROI podem incluir eventos detectados em nível local que não atingem a intensidade térmica necessária para serem captados pelos sensores satelitais.

Outro aspecto importante é a persistência de certos municípios, como Canindé, nos registros de afetados em 2017 e 2018. Essa continuidade demonstra que essas áreas apresentam condições estruturais e ambientais recorrentes que favorecem a ocorrência de incêndios. Por exemplo, o uso do fogo como prática agrícola e a expansão das áreas de cultivo e pastagem podem estar contribuindo para a elevada frequência de eventos (PORTILLO-QUINTERO; SANCHEZ-AZOFÉIFA; MARCOS DO ESPÍRITO-SANTO, 2013). Em contraste, Fortaleza apresentou uma baixa incidência de focos de calor em ambos os anos, o que pode ser explicado por seu caráter urbano e a menor disponibilidade de material combustível em áreas densamente povoadas. A ausência de focos de calor em certos municípios e a discrepância entre os dados de ROI reportados ressaltam a importância de integrar múltiplas fontes de dados, incluindo observações locais, imagens satelitais de alta resolução e dados climáticos, para melhorar a precisão do monitoramento e da avaliação dos incêndios (MACHADO NETO et al., 2017).

Por outro lado, observa-se uma tendência preocupante na distribuição dos incêndios em diferentes tipos de vegetação do estado do Ceará, destacando-se a Mata/Floresta Nativa como o ecossistema mais afetado. Essa tendência coincide com estudos anteriores que apontam a

vulnerabilidade das áreas de vegetação nativa frente a incêndios, especialmente aqueles de causa indeterminada ou vinculados a atividades humanas, como a expansão agrícola e a queima para preparo da terra (BELLO; VASQUES FREITAS; MARIA VIEIRA, 2023; TORRES et al., 2017). A predominância de incêndios de causa indeterminada ressalta que grande parte desses eventos pode não estar sendo corretamente registrada ou investigada. Ademais, os incêndios relacionados à limpeza de áreas para cultivo e ao vandalismo destacam a relação entre a atividade humana e a ocorrência de incêndios nesses ecossistemas (BELLO; VASQUES FREITAS; MARIA VIEIRA, 2023). As práticas agrícolas tradicionais na região, como o uso do fogo para desmatamento e preparo da terra, têm sido identificadas como um dos principais fatores desencadeantes de incêndios florestais em zonas semiáridas (SILVA; VASCONCELOS; COSTA, 2022). A vegetação de Pastagem Nativa/Campo Limpo apresentou um menor número de incêndios. No entanto, é importante destacar que esse tipo de vegetação é altamente inflamável, especialmente durante períodos prolongados de seca, como os associados aos eventos de El Niño, que afetam recorrentemente o Nordeste brasileiro (MARENGO; TORRES; ALVES, 2017).

O vandalismo, identificado como uma das principais causas prováveis nos ROI analisados, destaca o papel dos fatores socioeconômicos e culturais na dinâmica dos incêndios no estado do Ceará. O vandalismo e os incêndios intencionais geralmente estão relacionados a disputas por terras, conflitos sociais e, em alguns casos, à falta de alternativas sustentáveis para o manejo do território (COSTA et al., 2023). Os ROI sem descrição específica evidenciam lacunas na qualidade dos dados disponíveis, limitando a análise das causas subjacentes dos incêndios (COSTA et al., 2023). Essa lacuna de informações sublinha a necessidade de fortalecer a capacidade institucional para registrar e classificar os eventos de incêndio, permitindo um planejamento mais efetivo na prevenção e manejo do fogo (BONTEMPO et al., 2011).

Os resultados apresentados refletem uma clara sazonalidade na ocorrência de incêndios no estado do Ceará, concentrando-se entre os meses de julho e dezembro. Esse padrão está alinhado com investigações anteriores que destacam como as condições climáticas e ecológicas, a diminuição das chuvas, o aumento das temperaturas e o acúmulo de biomassa seca influenciam

significativamente a ocorrência de incêndios em regiões semiáridas como o Nordeste do Brasil (FUNCENE, 2023; SILVA et al., 2021). Além disso, é importante considerar que, embora os incêndios nessa região possam ser impulsionados principalmente por fatores climáticos, eles também são altamente influenciados por atividades humanas (SILVA; VASCONCELOS; COSTA, 2022). O aumento da atividade de incêndios em novembro pode estar associado ao uso intensificado do fogo como ferramenta para limpeza de terras agrícolas, especialmente em áreas rurais do Ceará onde essas práticas são comuns (MOREIRA DE ARAÚJO; FERREIRA; ARANTES, 2012).

A dinâmica das AQ no estado do Ceará durante os anos de 2017 e 2018 evidencia uma significativa variabilidade temporal e espacial. Em 2017, foram registradas 36.114,18 ha queimadas, enquanto em 2018 o total foi ligeiramente menor, com 32046,93 ha. As semelhanças na distribuição espacial e na concentração das AQ em ambos os anos destacam padrões consistentes de risco e recorrência em determinadas áreas. Temporalmente, os meses de maior incidência das AQ apresentam uma relação clara com a sazonalidade (CABRAL JUNIOR; CYRNE; TURATTI, 2024). A persistência das AQ nas mesmas regiões durante os dois anos sugere a existência de condições que promovem a ocorrência de incêndios (SILVA; LEAL; TABARELLI, 2017).

O aumento no tamanho das AQ em 2018 pode estar relacionado a uma maior acumulação de biomassa combustível, resultado de padrões climáticos que favoreceram o crescimento da vegetação. Finalmente, o uso predominante de observação direta para reportar eventos (74,55%) ressalta a importância da participação ativa de comunidades locais e brigadistas, embora também evidencie a necessidade de maior adoção de tecnologias de sensoriamento remoto para aprimorar o monitoramento e a análise dos incêndios.

Considerações finais

Este estudo permitiu analisar objetivo principal é analisar os dados de ocorrências ROI e comparar com os focos de calor detectados pelo INPE e as áreas queimadas mapeadas pelo MapBiomas Fogo no estado do Ceará entre 2017 e 2018. A dinâmica dos incêndios florestais no Ceará refletiu uma complexa interação de fatores que condicionam a ocorrência e distribuição das AQ. A identificação de 550 ROI concentradas em municípios como Quixeramobim, Quixadá e

Madalena destaca a influência das características locais na atividade de incêndios. Contudo, as discrepâncias com ROI, como os da CIOPS-CE e do INPE, evidenciam as limitações inerentes aos diferentes métodos de monitoramento, especialmente na detecção de incêndios pequenos ou de baixa intensidade. Essas diferenças ressaltam a importância de integrar múltiplas fontes de dados para obter uma representação mais precisa da atividade de incêndios.

A persistência de registros de incêndios em municípios como Canindé demonstrou condições que favorecem a ocorrência de incêndios, como o uso do fogo em atividades agrícolas. Por outro lado, as tendências de incêndios em áreas de vegetação nativa enfatizam sua vulnerabilidade, especialmente diante de causas relacionadas às atividades humanas e às secas prolongadas. Além disso, a mudança no tamanho das Áreas Queimadas entre 2017 e 2018 pode estar relacionada a variações climáticas interanuais, como o acúmulo de biomassa durante períodos úmidos anteriores. Isso aponta para a necessidade de fortalecer as capacidades locais para monitorar e gerenciar os incêndios, incorporando tecnologias avançadas de sensoriamento remoto para superar as limitações dos métodos tradicionais e garantir uma gestão mais eficaz do risco de incêndios na região.

Estudos futuros devem incluir análises para entender melhor os fatores socioeconômicos e culturais subjacentes às causas humanas dos incêndios, o que poderia incluir pesquisas, entrevistas com comunidades locais e análise da posse da terra para informar políticas de prevenção mais eficazes. Além disso, recomenda-se explorar e validar abordagens metodológicas para a integração de dados de várias fontes para gerar um produto de monitoramento de incêndios mais robusto e preciso que supere as limitações individuais de cada sistema. Essa abordagem poderia contribuir significativamente para melhorar a compreensão e o gerenciamento dos incêndios florestais no estado do Ceará e em outras regiões do semiárido brasileiro.

Agradecimentos

O autor agradece à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela bolsa concedida no âmbito do doutorado do Programa de Pós-

Graduação em Geografia da UFC e da chamada para a Primeira Edição do Programa de Mobilidade Internacional GCUB 001/2022.

Referências

- BATISTA, Antonio Carlos; TETTO, Alexandre França; DEPPE, Flavio; GRODZKI, Leocádio; GRASSI, Jean Thiago. Análise dos impactos das mudanças climáticas sobre o risco de incêndios florestais no estado do Paraná. **Scientia Florestalis**, v. 42, n. 104, p. 491–501, dez. 2014.
- BELLO, Júlia Pereira; VASQUES FREITAS, Ana Carolina; MARIA VIEIRA, Eliane. Análise do risco de fogo para o bioma Caatinga. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 32, p. 734-759, jun. 2023.
- BONTEMPO, Gínia César; LIMA, Gumercindo Souza; RIBEIRO, Guido Assunção; DOULA, Sheila Maria; SILVA, Elias; JACOVINE, Laércio Antônio Gonçalves. Registro de Ocorrência de Incêndio (ROI): evolução, desafios e recomendações. **Biodiversidade Brasileira**, v. 1, n. 2, p. 247-263, dez. 2011.
- CABRAL JUNIOR, Fernando O'Grady; CYRNE, Carlos Cândido da Silva; TURATTI, Luciana. As queimadas no estado do Pará, Brasil: Impactos ambientais, sociais e econômicos. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 16, n. 9, p. 1-22, set. 2024.
- COSTA, Aline Das Graças; LIMA, Gumercindo Souza; TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira; RODRIGUES, Vinícius Barros; DA SILVA JÚNIOR, Milton Ribas; DE ALMEIDA, Marcello Pinto. Causes and period of occurrence of forest fires in Brazilian federal protected areas from 2006 to 2012. **Ciência Florestal**, v. 33, n. 2, p. 1-16, jun. 2023.
- DA SILVA PASSOS, Diego; MENEZES, João Paulo Calembo Batista. Perfil dos incêndios florestais sob a perspectiva dos Registros de Ocorrências de Incêndios na APA do Alto do Mucuri. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 60, p. 313-330, set. 2022.
- ELLWANGER, Joel Henrique; NOBRE, Carlos Afonso; CHIES, José Artur Bogo. Brazilian biodiversity as a source of power and sustainable development: A neglected opportunity. **Sustainability**, v. 15, n. 1, p. 1-16, dez. 2023.
- FUNCENE - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Anuário de focos de calor do estado do Ceará. Fortaleza. Disponível em: <<http://www.funceme.br/wp-content/uploads/2024/03/Anuário-de-Focos-de-Calor-2023.pdf>>. Acesso: 4 nov. 2024.
- GANEM, Khalil Ali et al. Mapeamento da vegetação da Caatinga a partir de dados ópticos de observação da terra – oportunidades e desafios. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 72, p. 829-854, dez. 2020.
- GOMES, Davi Teixeira; SAKAMOTO, Meiry Sayuri; DA SILVA, Antônio Elder Ferreira. Avaliação da Distribuição de Focos de Calor às Margens de Rodovias Federais no Estado do Ceará/Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 3, p. 467-475, jun. 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha Municipal. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>>. Acesso em: 30 nov. 2024.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Banco de Dados de queimadas. 2024. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>>. Acesso em: 4 dez. 2024.

MACHADO NETO, Arlindo De Paula; BATISTA, Antonio Carlos; SOARES, Ronaldo Viana; BIONDI, Daniela; DE MORAIS, Riubi Lopes. Avaliação dos focos de calor e da fórmula de Monte Alegre no parque Nacional da Chapada dos Guimarães. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 92, p. 535-543, dez. 2017.

MAPBIOMAS. Cicatrizes de Fogo (Coleção 3 – Mapbiomas Fogo). 2024. Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/estatisticas/>>. Acesso em: 10 dez. 2024

MARENGO, Jose A.; TORRES, Roger Rodrigues; ALVES, Lincoln Muniz. Drought in Northeast Brazil-past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129, p. 1189-1200, jun. 2017.

MELO, Janieli de Oliveira; DANTAS-MEDEIROS, Renato; MOREIRA, Letícia Gondim Lambert; GIORDANI, Raquel Brandt; ZUCOLOTTO, Silvana M. A Caatinga: Um bioma exclusivamente brasileiro. **Ciência e Cultura**, v. 75, n. 4, p. 1-9, dez. 2023.

MOREIRA DE ARAÚJO, Fernando; FERREIRA, Laerte Guimarães; ARANTES, Arielle Elias. Distribution patterns of burned areas in the Brazilian biomes: An analysis based on satellite data for the 2002-2010 period. **Remote Sensing**, v. 4, n. 7, p. 1929-1946, jun. 2012.

MORISSETTE, Jeffrey T.; GIGLIO, Louis; CSISZAR, Ivan; SETZER, Alberto; SCHROEDER, Wilfrid; MORTON, Douglas; JUSTICE, Christopher O. Validation of MODIS active fire detection products derived from two algorithms. **Earth Interactions**, v. 9, n. 9, p. 1-25, jul. 2005.

PORTILLO-QUINTERO, Carlos; SANCHEZ-AZOFELA, Arturo; MARCOS DO ESPIRITO-SANTO, Mario. Monitoring deforestation with MODIS Active Fires in Neotropical dry forests: An analysis of local-scale assessments in Mexico, Brazil and Bolivia. **Journal of Arid Environments**, v. 97, p. 150-159, jun. 2013.

RODRIGUES, Alexandre; BIRCKOLZ, Carlos João; TETTO, Alexandre França; SOARES, Ronaldo Viana. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Estadual de Vila Velha (Paraná, Brasil) e propostas de prevenção e combate. **Espacios**, v. 38, n. 43, p. 1-11, maio. 2017.

SARAIVA MATOS, Helaine. Quando a Caatinga pega fogo: Incêndios na vegetação e a política pública de uso do fogo no Ceará de 2002 a 2022. 2023, 97 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. Disponível em: <<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/75536>>. Acesso em: 10 dez. 2024

SILVA, Emerson Mariano Da; CARVALHO, Henrique Cesar Monteiro; SILVA, Lindenberga Lucena Da; BARBOSA, Wellington Antônio. Registros de queimadas em vegetação (incêndios) e a climatologia

das chuvas no estado do Ceará: Estudo de caso no período de 2015 a 2019. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, n. 3, p. 571-577, jun. 2021.

SILVA, Emerson Mariano Da; VASCONCELOS, Felipe Lima; COSTA, Alexandre Araújo. Nexo entre a climatologia de precipitação e as ocorrências de incêndios em vegetação nos municípios ao longo da rodovia CE-060 - região de interesse econômico do estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, n. 4, p. 467-475, dez. 2022.

SILVA, José Maria Cardoso Da; LEAL, Inara R.; TABARELLI, Marcelo (ORG.). Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America. Cham: Springer, 2017.

SOARES, L. P. Caracterização climática do Estado do Ceará com base nos agentes da circulação regional produtores dos tipos de tempo. 2015, 241 f. Dissertação (Maestrado em Geografia), Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/17688>>. Acesso em: 10 dez. 2024

TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira; LIMA, Gumercindo Souza; COSTA, Aline das Graças; FÉLIX, Gleidson de Araújo; DA SILVA JÚNIOR, Milton Ribas. Perfil dos incêndios florestais em unidades de conservação brasileiras no período de 2008 a 2012. **Floresta**, v. 46, n. 4, p. 531-541, jan. 2017.