

Recebido: 12/2024

Avaliação/correção:
01/2025

Publicado: 02/2025

USO DAS GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE ESPACIAL DE RISCO DE QUEIMADAS NO PARQUE NACIONAL DE MÁGOÈ, MOÇAMBIQUE

USING GEOTECHNOLOGIES TO SPATIALLY ANALYSE THE RISK OF FIRES IN MÁGOÈ NATIONAL PARK, MOÇAMBIQUE

UTILISATION DES GÉOTECHNOLOGIES POUR L'ANALYSE SPATIALE DU RISQUE D'INCENDIE DANS LE PARC NATIONAL DE MÁGOÈ, MOÇAMBIQUE

1

Jorge Eusébio Chagaca Gulambondo

Geógrafo, pesquisador do GALAMUKANI – Centro de Estudos e Empoderamento da Juventude
Embaixador da Plataforma Juvenil para Acção Climática
Consultor da Geomática Soluções e Consultoria Lda.
Coordenador Provincial da AEFUM – TETE
Técnico do DIOP no INEP. IP. – Tete
gulambondo@gmail.com

RESUMO

As queimadas são um dos grandes e principais problemas ambientais do mundo, por serem responsáveis e causadores de imensos danos aos ecossistemas naturais e dos agro-ecossistemas pela pressão que essas áreas sofrem devido a necessidade de novas áreas destinadas a actividades antrópicas, tais como agro-pecuária, caça desportiva e de subsistência, exploração de madeira para produção de carvão vegetal, pesca, entre outras actividades que promovem grandiosas perdas de biodiversidade. As queimadas representam uma ameaça significativa para ecossistemas sensíveis, especialmente em áreas protegidas como o Parque Nacional de Mágoè, situado na província de Tete, Moçambique. Este estudo utiliza geotecnologias avançadas, incluindo sensoriamento remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), para identificar, mapear e compreender os factores que contribuem para o risco de queimadas na região. A presente pesquisa pretendia analisar os espaços de risco de queimadas no Parque Nacional de Mágoè e especificamente desenvolver o modelo usando o efeito combinado dos diferentes factores tais como, combustível, topografia, proximidade as vias de acesso, clima; densidade dos elefantes, dar peso à cada parâmetro bem como o contributo ou importância no processo de ignição de queimadas, mapear a variabilidade espacial do risco de queimadas no Parque Nacional de Mágoè. A metodologia baseou-se na análise de imagens de satélite (Landsat 8 e Sentinel-2), índices ambientais como o NDVI e o FWI, além de dados climáticos e históricos de focos de calor. Os resultados demonstraram que as áreas mais susceptíveis a queimadas estão associadas à vegetação do tipo miombo e à proximidade de comunidades humanas, onde a interacção antrópica é intensa. Este trabalho reforça a importância das geotecnologias como ferramentas estratégicas no planeamento de medidas de manejo e prevenção de incêndios florestais, contribuindo para a preservação ambiental e a mitigação dos impactos das queimadas no Parque Nacional de Mágoè.

Palavras-chave: Geotecnologias, Sensoriamento Remoto, Queimadas, Análise de Risco, Parque Nacional de Mágoè.

ABSTRACT

Fires are one of the world's major environmental problems, as they are responsible for causing immense damage to natural ecosystems and agro-ecosystems due to the pressure these areas are under as a result of the need for new areas for anthropogenic activities, such as livestock farming, sport and subsistence hunting, logging for charcoal production, fishing, among other activities that cause huge losses of biodiversity. Fires represent a significant threat to sensitive ecosystems, especially in protected areas such as Mágoè National Park, located in Tete province, Mozambique. This study uses advanced geotechnologies, including remote sensing and Geographic Information Systems (GIS), to identify, map and understand the factors that contribute to the risk of fires in the region. This research aimed to analyse the areas at risk of fires in Mágoè National Park and specifically to develop a model using the combined effect of different factors such as fuel, topography, proximity to access roads, climate, elephant density, giving weight to each parameter as well as its contribution or importance in the process of igniting fires, and mapping the spatial variability of the risk of fires in Mágoè National Park. The methodology was based on analysing satellite images (Landsat 8 and Sentinel-2), environmental indices such as NDVI and FWI, as well as climatic data and historical fire outbreaks. The results showed that the areas most susceptible to fires are associated with miombo vegetation and the proximity of human communities, where anthropogenic interaction is intense. This work reinforces the importance of geotechnologies as strategic tools in planning forest fire management and prevention measures, contributing to environmental preservation and mitigating the impacts of fires in Mágoè National Park.

Keywords: Geotechnologies, Remote Sensing, Fires, Risk Analysis, Mágoè National Park.

RÉSUMÉ

Les incendies constituent l'un des principaux problèmes environnementaux dans le monde, car ils sont responsables d'immenses dommages aux écosystèmes naturels et aux agro-écosystèmes en raison de la pression que subissent ces zones en raison du besoin de nouvelles zones pour les activités anthropogéniques, telles que l'élevage, la chasse sportive et de subsistance, l'exploitation forestière pour la production de charbon de bois, la pêche, parmi d'autres activités qui entraînent des pertes importantes de la biodiversité. Les incendies représentent une menace importante pour les écosystèmes sensibles, en particulier dans les zones protégées telles que le parc national de Mágoè, situé dans la province de Tete, au Mozambique. Cette étude utilise des géotechnologies avancées, notamment la télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG), pour identifier, cartographier et comprendre les facteurs qui contribuent au risque d'incendie dans la région. Cette recherche visait à analyser les zones à risque d'incendie dans le parc national de Mágoè et plus particulièrement à développer un modèle utilisant l'effet combiné de différents facteurs tels que le combustible, la topographie, la proximité des routes d'accès, le climat, la densité des éléphants, en donnant un poids à chaque paramètre ainsi que sa contribution ou son importance dans le processus de déclenchement des incendies, et en cartographiant la variabilité spatiale du risque d'incendies dans le parc national de Mágoè. La méthodologie repose sur l'analyse d'images satellites (Landsat 8 et Sentinel-2), d'indices environnementaux tels que le NDVI et le FWI, ainsi que de données climatiques et d'incendies historiques. Les résultats ont montré que les zones les plus sensibles aux incendies sont associées à la végétation de miombo et à la proximité de communautés humaines, où l'interaction anthropique est intense. Ce travail renforce l'importance des géotechnologies en tant qu'outils stratégiques dans la planification de la gestion des incendies de forêt et des mesures de prévention, contribuant ainsi à la préservation de l'environnement et à l'atténuation des impacts des incendies dans le parc national de Mágoè.

Mots-clés: Géotechnologies, Télédétection, Incendies, Analyse des risques, Parc National de Mágoè.

INTRODUÇÃO

Em Moçambique, as queimadas descontroladas constituem um dos problemas ambientais que preocupa as autoridades e a sociedade e que para a minimização das mesmas é importantíssimo controlar, combater e atenuar os danos causados pelas queimadas, assim sendo, é necessário uma maior eficácia na detecção e monitoramento.

As queimadas são fenómenos amplamente observados em todas as regiões da superfície terrestre, exceptuando as regiões glaciares, especialmente em países do hemisfério norte e em desenvolvimento, onde o fogo é frequentemente utilizado como ferramenta para agricultura, manejo de pastagens e outras práticas tradicionais. Contudo, o uso descontrolado do fogo, aliado às condições climáticas adversas e à pressão antrópica, tem levado a um aumento preocupante na frequência e intensidade dos incêndios, comprometendo ecossistemas sensíveis e causando perdas irreparáveis à biodiversidade.

O Parque Nacional de Mágoè, situado na bacia hidrográfica do rio Zambeze, abriga ecossistemas únicos que desempenham um papel essencial na conservação da flora e fauna da região. No entanto, a combinação de factores ambientais, climáticos e humanos torna a área susceptível e vulnerável a incêndios florestais, colocando em risco a integridade do parque e os serviços ecossistémicos que ele oferece. As queimadas no parque não só ameaçam a biodiversidade, como também afectam a qualidade do solo, o equilíbrio climático e as comunidades locais que dependem dos recursos naturais.

O objectivo principal deste estudo é aplicar geotecnologias para identificar e mapear áreas de maior risco de queimadas no Parque Nacional de Mágoè, considerando variáveis ambientais (cobertura vegetal, declividade), climáticas (temperatura, precipitação) e antrópicas (proximidade de áreas habitadas). Por meio dessa análise, espera-se contribuir com dados e informações que possam subsidiar estratégias de manejo sustentável e mitigação dos impactos causados por incêndios.

A escolha do Parque Nacional de Mágoè como objecto de estudo justifica-se por sua importância ecológica, abrangendo uma área que serve de habitat para diversas espécies de fauna e flora, algumas delas ameaçadas de extinção. Além disso, o parque está localizado em uma região com forte influência humana, onde práticas agrícolas e caça furtiva frequentemente desencadeiam queimadas. Nesse sentido, o uso de geotecnologias pode fornecer uma abordagem mais eficaz para monitoramento, prevenção e tomada de decisão, permitindo acções direccionadas de conservação e gestão.

Nesse sentido, foram consideradas variáveis biofísicas e antropogénicas, como os principais factores que podem influenciar a ocorrência de queimadas no Parque Nacional de Mágoè, como o uso e cobertura, a densidade de elefantes, a distância as vias de acesso, o declive e a precipitação.

REVISÃO DE LITERATURA

Queimadas e seus Impactos

As queimadas são definidas como processos de combustão descontrolada que consomem a biomassa, podendo ser originadas por causas naturais, como raios, ou induzidas pela actividade humana. Estudos apontam que cerca de 80% das queimadas em regiões tropicais

estão associadas à acção antrópica, principalmente pela agricultura de corte e queima, manejo de pastagens e expansão urbana desordenada (SILVA; LIMA, 2022).

Os impactos das queimadas vão além da destruição imediata da vegetação. Entre as principais consequências destacam-se a perda de biodiversidade, a degradação do solo e a emissão de grandes volumes de gases de efeito estufa, como dióxido de carbono e metano. Além disso, incêndios frequentes alteram a dinâmica dos ecossistemas, promovendo a substituição de florestas por vegetações de menor porte e reduzindo a resiliência ambiental.

Geotecnologias Aplicadas à Análise de Risco

O uso de geotecnologias na gestão de queimadas ganhou destaque nas últimas décadas devido à sua capacidade de integrar grandes volumes de dados espaciais e temporais. O sensoriamento remoto, por exemplo, permite a detecção de focos de calor, o monitoramento da cobertura vegetal e a análise de mudanças na paisagem com alta precisão. Imagens de satélite como as fornecidas pelos programas Landsat e Sentinel são amplamente utilizadas para mapear áreas queimadas e identificar padrões de risco.

Diversos estudos destacam a importância das geotecnologias na análise de riscos ambientais, especialmente no contexto de incêndios florestais. Segundo Silva *et al.* (2018), as imagens de satélite são fundamentais para o monitoramento das áreas afectadas pelas queimadas e para a identificação de padrões de recorrência.

Já RodrigUES e Lopes (2015) enfatizam o uso de SIG na análise de factores como topografia, uso da terra e cobertura vegetal, que influenciam directamente o risco de incêndios.

Outros autores, como Costa e Andrade (2017), indicam que a combinação de dados espaciais com modelos preditivos pode oferecer insights valiosos para a gestão de riscos de queimadas em áreas de preservação.

Sistemas de informação geográfica (SIG) são ferramentas essenciais para modelagem espacial, permitindo a integração de variáveis ambientais, climáticas e humanas. Em estudos de queimadas, índices como o NDVI, que mede a saúde da vegetação, e o FWI, que avalia as condições climáticas propícias ao fogo, têm sido amplamente aplicados para prever áreas susceptíveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

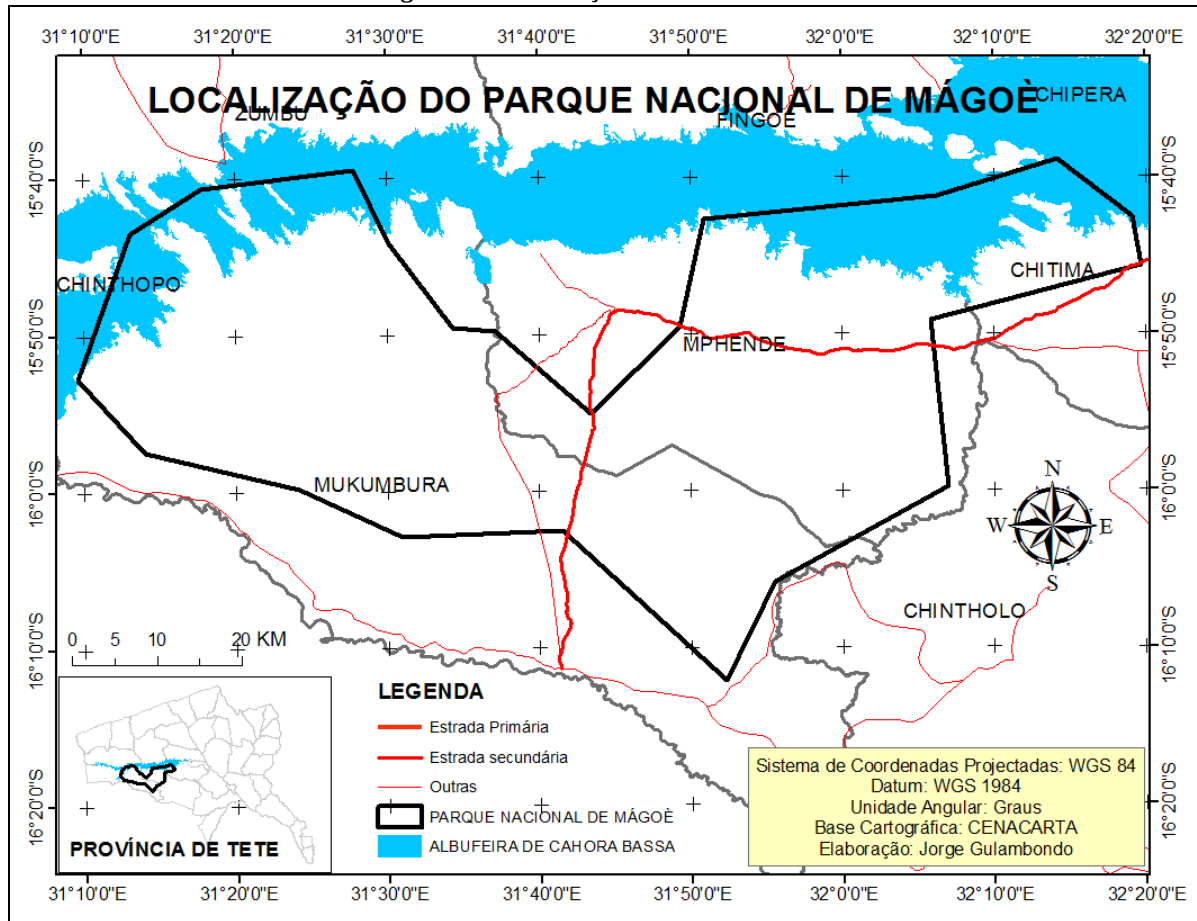
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Situado nos distritos de Mágoè e Cahora Bassa ao longo da Albufeira de Cahora-Bassa, o Parque Nacional de Mágoè possui uma área total de 355.852,044 hectares o mesmo que dizer 3.558,520 km². Está localizado nas latitudes 15°50'0"S e 16°20'0"S e longitude 31°10'0"E e 32°20'0"E.

O Parque Nacional de Mágoè foi criado pelo Decreto n.º 67/2013 de 11 de Dezembro, com o objectivo de contribuir na conservação dos recursos naturais e desenvolver mecanismos de gestão adequados, mitigação de conflitos e utilização sustentável dos recursos para o benefício das comunidades locais, do distrito, da província e do país em geral através de

medidas assentes no quadro legal e noutros instrumentos de boa referência.
(ANAC, 2016)

Figura 1: Localização da área de estudo



Fonte: O Autor (2025).

A área está inserida numa zona de planalto, de altitudes que variam de 400-800 metros a.n.m.m. Existem vários montes de granito especialmente no nordeste e sudoeste, destacando-se os agregados do monte Tsacale (732 m). No entanto, este agregado montanhoso estende-se ao longo do Rio Luia, limite sul do PNM.

A Lei de Conservação da Biodiversidade (Lei nº 16/2014, de 20 de Junho) estabelece os princípios e normas sobre a protecção, conservação, restauração e utilização sustentável da biodiversidade nas áreas de conservação e da Fauna bravia nas áreas de utilização múltipla. O Artigo 43 dispõe que “áreas de conservação devem ser geridas através de um plano de manejo como um documento guia para todas as acções atinentes ao manejo dos recursos naturais nelas existentes e todos os sistemas de apoio para melhor gestão dessas áreas”.

Os solos são distintos mas com predominância de solos franco-argilosos, castanho-avermelhados e profundos. Ocorrem também solos arenosos castanho acinzentados de profundidade moderada. Na parte Sul, Este e Oeste, da área, são encontrados os aluvionares,

arenosos, esbranquiçados, profundos e bem drenados. Mais para o interior, os solos ganham estrutura mais consistente, cores mais avermelhadas e passam a bem drenados. A rede hidrográfica da zona é densa, principalmente no tempo chuvoso. Dentre os principais cursos de água, o rio Zambeze recebe de outras fontes tributárias, volumes de água que tornam algumas secções do Parque inacessíveis durante o período chuvoso.

O PNM é caracterizado por uma floresta parcialmente homogénea predominantemente de Mopane (*Collophospermium mopane*), florestas higrófilas ribeirinhas e de montanha ao longo da Albufeira de Cahora-Bassa e Serra Comboio e por ocorrência de uma gama de espécies faunísticas com destaque para grandes mamíferos como Elefante (*Loxodonta africana*), Búfalo (*Syncerus caffer*), Macacos (*Papio ursinus* e *Cercopithecus aethiops*); Coelho (*Oryctolagus cuniculus*), Crocodilo (*Crocodylus niloticus*) e Hipopótamos (*Hippopotamus amphibius*), que abundam na Albufeira de Cahora-Bassa e ao longo do Rio Zambeze, entre outras espécies faunísticas e aves, que constituem um excelente atractivo para o ecoturismo, turismo cinegético e contemplativo, recreativo e outras actividades. Há entretanto relatos de ter ocorrido no passado, Matagaíça (*Hippotragus equinus*), Leopardo (*Panthera pardus*) e Leão (*Panthera leo*). Estes relatos estão suportados no relatório do censo de 2008 realizado pela AGRECO onde aponta uma densidade dentre 0.15-0.35 animais/km² da população de Matagaíça registada a noroeste do Parque, isto é, a Oeste do Rio Messenguezi (ANAC, 2016).

O PNM foi criado com objectivo de assegurar a restauração da fauna naquela região, promovendo a melhoria das condições de vida das comunidades locais e ambiente de negócios para impulsionar os planos de desenvolvimento do distrito onde ele se situa e os em seu redor.

MATERIAIS

Os principais dados utilizados no estudo incluem:

- **Imagens de satélite Landsat 8 e Sentinel-2**, obtidas gratuitamente no Earth Explorer.
- **Dados climáticos:** Temperatura, humidade relativa e precipitação média, foram colectados no Instituto Nacional de Meteorologia (INAM).
- **Registos históricos de focos de calor**, disponíveis no sistema FIRMS da NASA.

MÉTODOS

Os métodos adoptados para este estudo envolveram a análise de imagens de satélite da região, utilizando o satélite Landsat para capturar imagens temporais da área do parque. Essas imagens foram processadas no software SIG para identificar as áreas afectadas por queimadas. Além disso, foram colectados dados sobre a topografia (declividade, altitude), uso da terra e cobertura vegetal, com o objectivo de identificar factores que aumentam o risco de incêndios. Modelos de risco espacial foram aplicados para prever áreas de alta vulnerabilidade a queimadas com base nos factores analisados.

1. **Processamento de imagens:** As imagens de satélite foram corrigidas e processadas em softwares como QGIS e ArcGIS, utilizando classificações supervisionadas para identificar tipos de cobertura do solo.
2. **Cálculo de índices ambientais:** Foram gerados mapas de NDVI para identificar áreas com maior vulnerabilidade devido à degradação da vegetação.
3. **Modelagem multicritério:** Variáveis como vegetação, declividade, temperatura e proximidade de áreas habitadas foram integradas para gerar mapas de risco.
4. **Validação dos resultados:** Os mapas finais foram comparados com dados históricos de focos de calor, garantindo maior precisão na análise.

DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Uso e a Ocupação

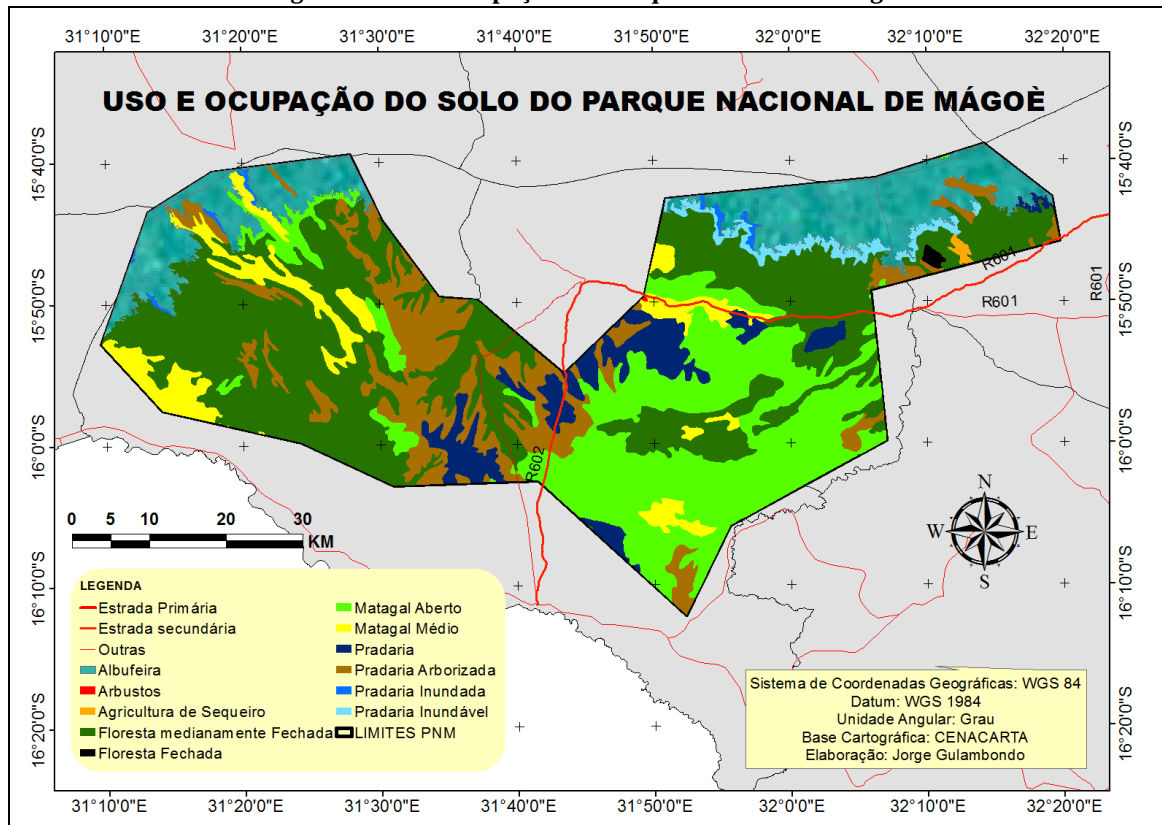
O uso e ocupação do espaço no Parque Nacional de Mágoè, em Moçambique, exerce influência significativa sobre o risco de queimadas devido a uma combinação de factores relacionados às práticas humanas e às características ambientais da região. Este parque, situado em uma área de transição entre floresta e savana, é propenso a queimadas sazonais devido ao clima tropical seco e à presença de vegetação altamente inflamável, como gramíneas e arbustos.

As actividades humanas, como a agricultura itinerante, a caça e a colecta de recursos naturais, estão entre as principais causas de alteração no padrão de uso do solo no parque. A prática de queimadas para limpeza de terrenos agrícolas ou para estimular o crescimento de pastagens é comum, porém muitas vezes estas queimadas fogem ao controle, contribuindo para a propagação de incêndios florestais (CHIDUMAYO & GUMBO, 2010).

Além disso, a extracção de madeira e carvão vegetal reduz a densidade de árvores, alterando o microclima e favorecendo a propagação de fogo pela vegetação herbácea restante (KUTSCH *et al.*, 2011).

O impacto das queimadas no Parque Nacional de Mágoè não se limita à perda de biodiversidade. Também afecta a qualidade do solo, reduzindo sua capacidade de retenção de água e nutrientes, o que agrava os ciclos de degradação ambiental (ARCHIBALD *et al.*, 2013). As áreas degradadas se tornam ainda mais susceptíveis a futuros incêndios, criando um ciclo vicioso. Por outro lado, práticas inadequadas de gestão dos recursos naturais dificultam a implementação de medidas preventivas contra incêndios, como a criação de aceiros ou programas de educação ambiental.

Figura 2: Uso e Ocupação do Parque Nacional de Mágoè



Fonte: O Autor (2025).

Para mitigar os riscos associados às queimadas, é essencial adoptar estratégias de manejo integrado do fogo, que considerem o envolvimento das comunidades locais. Estudos mostram que a participação comunitária em iniciativas de conservação pode contribuir para a redução de práticas insustentáveis e, conseqüentemente, para a diminuição da frequência e da intensidade das queimadas (RUSSELL-SMITH *et al.*, 2013). Além disso, é importante realizar mapeamentos de risco que integrem dados climáticos e padrões de uso do solo, facilitando a identificação de áreas prioritárias para intervenção.

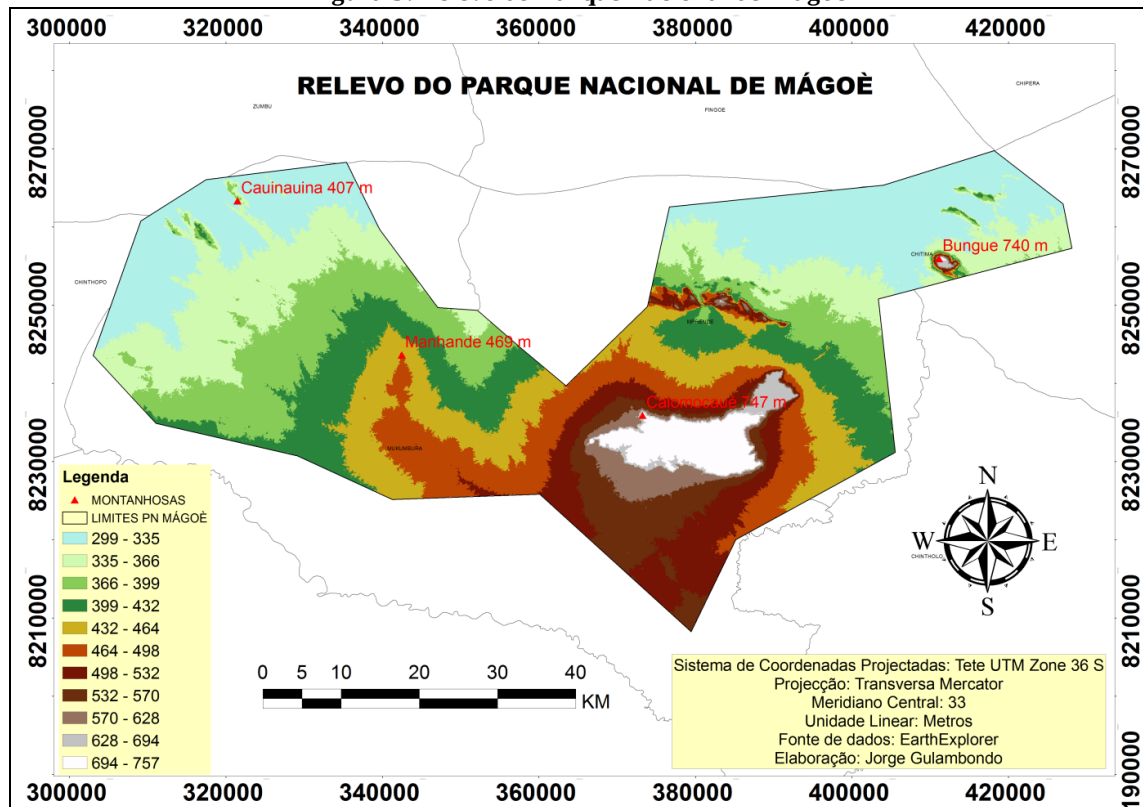
Assim, a relação entre uso e ocupação do espaço no Parque Nacional de Mágoè e o risco de queimadas evidencia a necessidade de políticas públicas que conciliem a conservação ambiental com o desenvolvimento sustentável das comunidades locais.

Relevo

O relevo exerce uma influência significativa no risco de queimadas no Parque Nacional de Mágoè. Regiões com terrenos mais inclinados podem apresentar maior propensão à propagação do fogo devido à facilidade com que as chamas podem se deslocar encosta acima, impulsionadas pelo calor que sobe. Além disso, áreas de relevo acidentado dificultam o acesso para actividades de combate a incêndios, prolongando a duração das queimadas.

Por outro lado, zonas planas ou com inclinações suaves tendem a ter uma menor velocidade de propagação do fogo, o que pode facilitar o controlo das chamas. No entanto, a vegetação presente em diferentes tipos de relevo também é um factor crítico, pois áreas de maior altitude frequentemente acumulam biomassa seca, aumentando a inflamabilidade. Assim, o relevo, ao interagir com outros factores como o clima, o tipo de solo e a cobertura vegetal, desempenha um papel crucial na determinação do risco e da intensidade das queimadas no parque.

Figura 3: Relevo do Parque Nacional de Mágoè



Fonte: O Autor (2025).

O relevo desempenha um papel significativo no risco de queimadas no Parque Nacional de Mágoè, localizado em Moçambique. Este parque, caracterizado por ecossistemas de savana, florestas e montanhas, é particularmente vulnerável às queimadas devido a uma combinação de factores ambientais e climáticos.

O relevo do Parque Nacional de Mágoè, localizado na província de Tete, Moçambique, desempenha um papel significativo no risco de queimadas devido à sua influência na vegetação, nos padrões climáticos locais e na propagação do fogo. Caracterizado por áreas montanhosas, vales profundos e planícies, o relevo cria microclimas variados que afectam directamente as condições de umidade e a distribuição da biomassa combustível, como capim e arbustos. Segundo Mugombe e colaboradores (2017), áreas de encosta com maior inclinação tendem a acumular menos matéria orgânica, mas apresentam ventos mais intensos que podem acelerar a propagação do fogo. Em contraste, as planícies acumulam

maior quantidade de material inflamável devido à densidade de vegetação e menor circulação de ar, aumentando a probabilidade de queimadas extensivas.

Além disso, as diferenças altimétricas influenciam o comportamento dos ventos locais, que são cruciais para a direcção e a velocidade com que o fogo se propaga. Estudos indicam que áreas montanhosas do parque podem funcionar como barreiras naturais para a expansão das chamas, mas também podem canalizar ventos em vales, intensificando queimadas nessas regiões específicas (CHIKODZI *et al.*, 2020). A presença de solos arenosos em determinadas áreas também contribui para uma vegetação mais seca, especialmente durante a estação seca, elevando o risco de ignição (MICOA, 2012).

Dada a relevância do relevo na dinâmica das queimadas, estratégias de manejo sustentável no Parque Nacional de Mágoè devem levar em consideração esses factores geomorfológicos. A implementação de sistemas de monitoramento e gestão de queimadas, alinhados às características topográficas, é essencial para mitigar os impactos ecológicos e proteger a biodiversidade local.

Temperatura

A temperatura desempenha um papel crucial no aumento do risco de queimadas no Parque Nacional de Mágoè, em Moçambique. O distrito de Mágoè, onde o parque está localizado, apresenta uma temperatura média anual de cerca de 24°C, com uma amplitude térmica anual inferior a 9°C. O mês de Outubro é o mais quente, registrando temperaturas médias de 27,2°C, enquanto Julho é o mês mais frio, com temperaturas médias de 18,8°C.

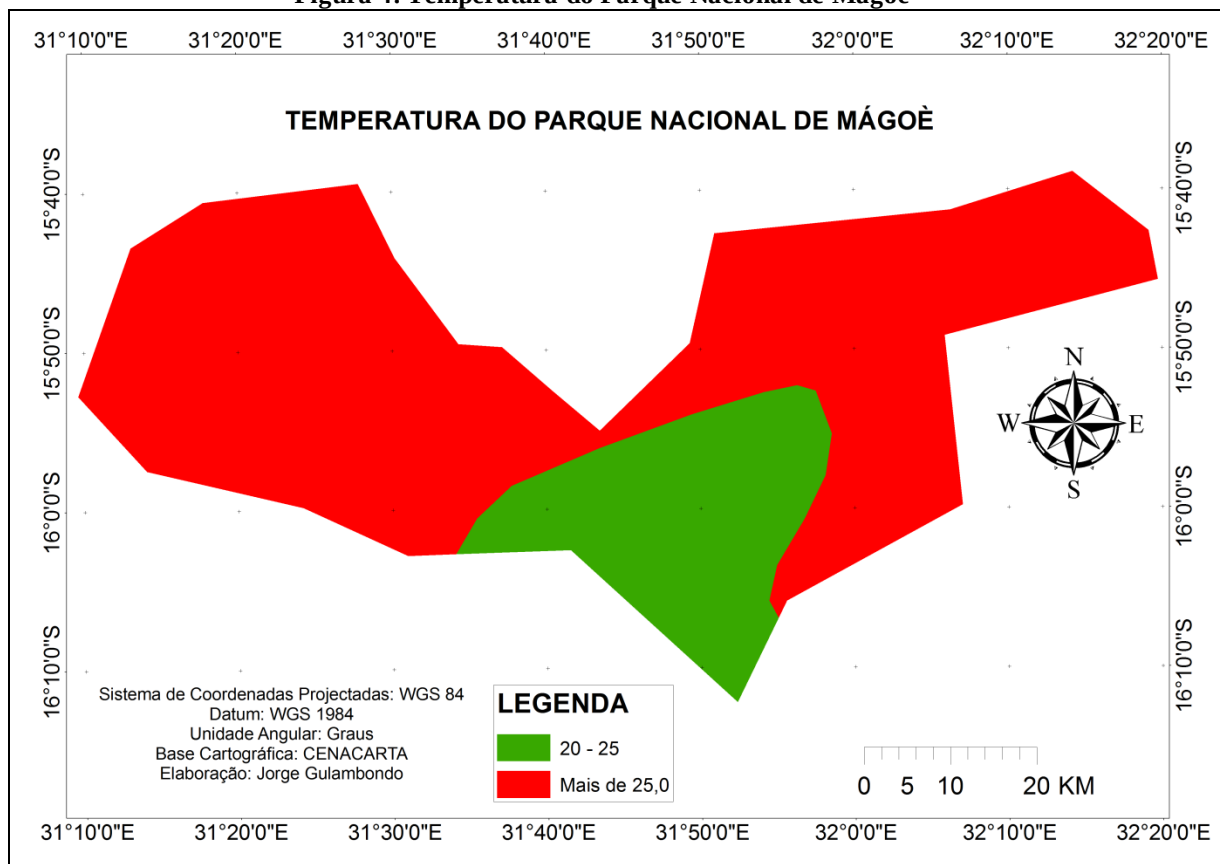
Durante a estação seca, que ocorre tipicamente entre Abril e Outubro, as temperaturas elevadas combinadas com a escassez de precipitação tornam a vegetação mais susceptível a incêndios. A vegetação seca serve como combustível, facilitando a propagação de queimadas, especialmente quando associada a actividades humanas, como a agricultura itinerante e a caça. Além disso, a prática de queimadas descontroladas pode ser exacerbada por condições climáticas quentes e secas, aumentando o risco de incêndios florestais.

Portanto, a combinação de altas temperaturas e períodos prolongados de seca no Parque Nacional de Mágoè contribui significativamente para o aumento do risco de queimadas, afectando a biodiversidade e a integridade dos ecossistemas locais.

A temperatura desempenha um papel fundamental na dinâmica de incêndios florestais e pode influenciar significativamente o risco de queimadas no Parque Nacional de Mágoè, localizado na província de Zambézia, Moçambique. Este parque, conhecido por sua biodiversidade rica e ecossistemas únicos, enfrenta desafios relacionados à conservação, em grande parte devido ao impacto de incêndios florestais, exacerbados por condições climáticas adversas.

A relação entre a temperatura e o risco de queimadas está fundamentada em como as altas temperaturas aumentam a evaporação, secam a vegetação e reduzem a umidade do solo, criando condições ideais para a combustão. Em regiões como o Parque Nacional de Mágoè, o clima quente e seco, que é comum durante a estação seca, acentua o risco de incêndios florestais. Estudos apontam que temperaturas extremas, muitas vezes associadas a ondas de calor, têm contribuído para o aumento da severidade e frequência de incêndios florestais (PEREIRA *et al.*, 2015).

Figura 4: Temperatura do Parque Nacional de Mágoè



Fonte: O Autor (2025).

Além disso, a elevação da temperatura afecta directamente o comportamento do fogo, tornando-o mais rápido e difícil de controlar. A combinação de calor extremo, baixa umidade relativa e ventos intensos facilita a propagação de chamas, especialmente em áreas cobertas por vegetação seca e combustíveis abundantes, como as savanas e florestas do Parque Nacional de Mágoè. Esses incêndios, por sua vez, têm impactos negativos sobre a biodiversidade local, a qualidade do solo e os recursos hídricos (VAN WILGEN *et al.*, 2016).

Em relação à temperatura, é importante considerar que eventos climáticos extremos e as mudanças climáticas podem agravar os riscos de incêndios. Estudos demonstram que o aumento da temperatura global tende a intensificar as secas e as condições favoráveis à ocorrência de incêndios florestais (FIELD *et al.*, 2014). Dessa forma, a prevenção e o combate a incêndios no Parque Nacional de Mágoè devem ser focados não apenas em estratégias locais, mas também em um planejamento de longo prazo que considere as tendências climáticas.

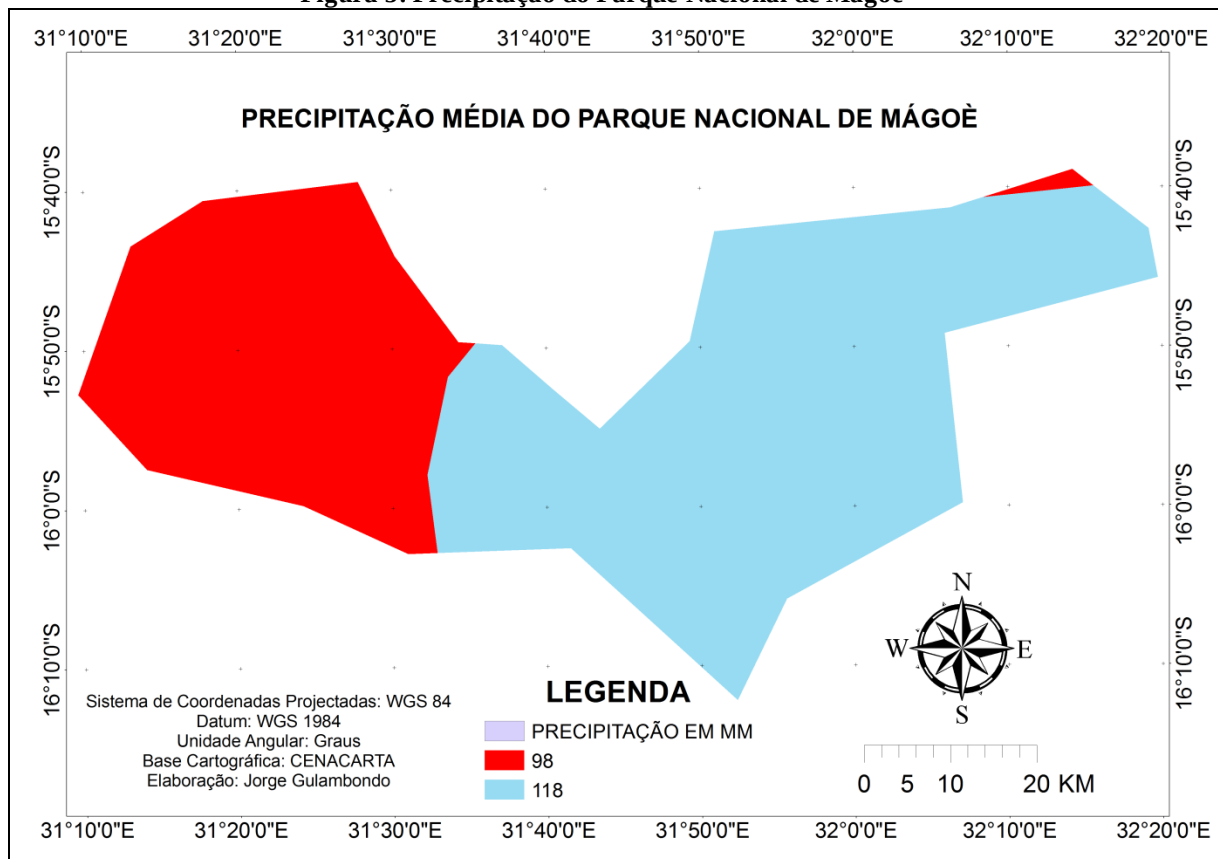
Precipitação

A precipitação desempenha um papel crucial na determinação do risco de queimadas no Parque Nacional de Mágoè, em Moçambique. Este parque, criado em 2013, abrange uma área de aproximadamente 328.497 hectares, representando 38,4% do distrito de Mágoè. A precipitação média anual na região varia entre 600 e 800 mm, diminuindo de sul para norte ANAC (2017).

Durante a estação chuvosa, que ocorre de Novembro a Março, a vegetação do parque acumula humidade significativa, resultando em um aumento na biomassa vegetal. Essa biomassa, quando seca durante a estação seca (Abril a Outubro), torna-se altamente inflamável, elevando o risco de incêndios florestais. Além disso, a irregularidade na distribuição das chuvas pode afectar a densidade e a umidade da vegetação, influenciando directamente a susceptibilidade a queimadas Ara Zambeze (2014).

A combinação de períodos de seca prolongada e vegetação seca cria condições ideais para a propagação de incêndios, especialmente quando associada a actividades humanas, como queimadas agrícolas ou incêndios acidentais. Portanto, a gestão eficaz do risco de queimadas no Parque Nacional de Mágoè requer monitoramento contínuo das condições climáticas e da humidade da vegetação, além de estratégias de prevenção e controle de incêndios adaptadas às variações sazonais e climáticas da região.

Figura 5: Precipitação do Parque Nacional de Mágoè



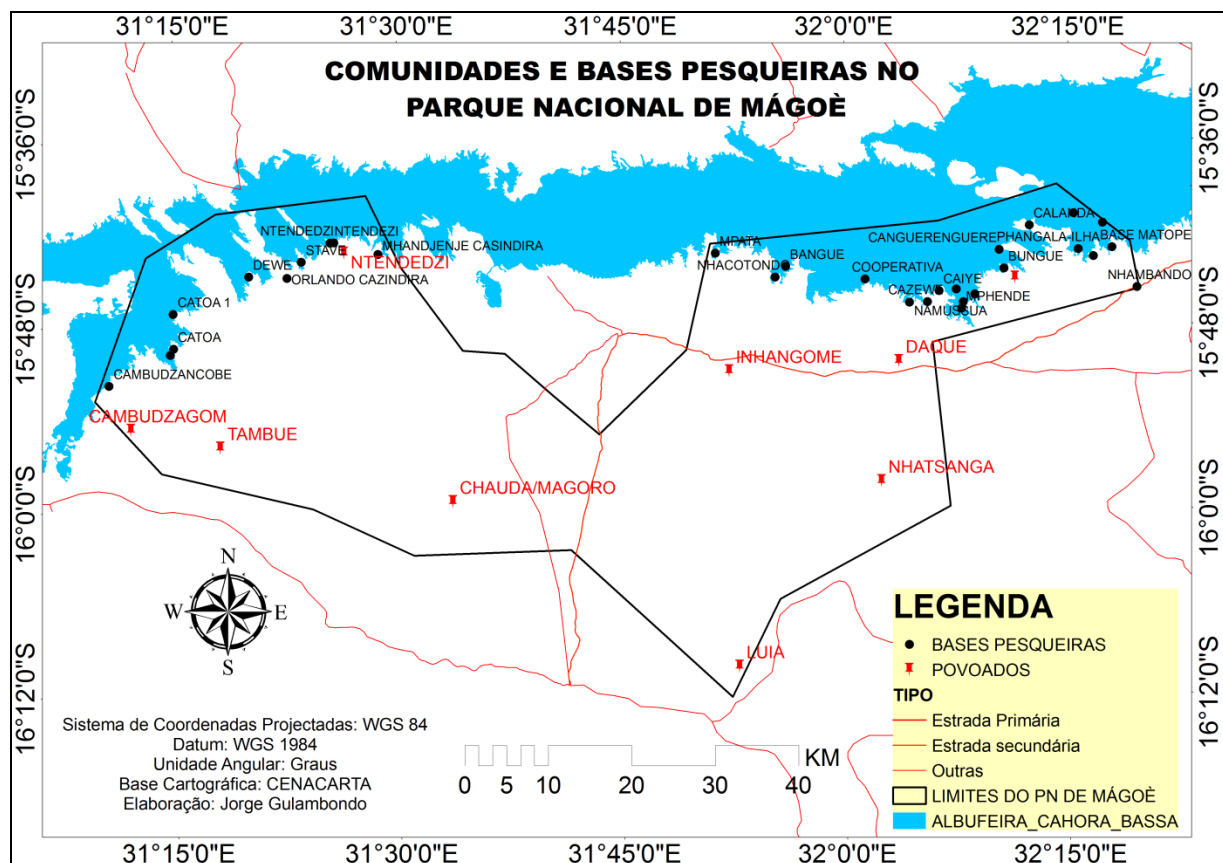
Fonte: O Autor (2025).

Comunidades

A interacção entre as comunidades e o Parque Nacional de Mágoè pode ser vista de diversas maneiras que impactam directamente o risco de queimadas. A presença de áreas habitadas ao redor do parque cria um contexto onde a actividade humana se mistura com o ecossistema natural, aumentando a probabilidade de incêndios. Esses incêndios podem ter origens naturais, mas a maioria é causada ou potencializada por actividades humanas, tanto intencionais quanto acidentais.

A proximidade de áreas habitadas e estradas ao Parque Nacional de Mágoè, localizado na província de Tete, Moçambique, desempenha um papel significativo no aumento do risco de queimadas. A presença humana nas imediações do parque está frequentemente associada a práticas agrícolas impróprias, como a queima de vegetação para preparação de terrenos agrícolas, o que pode facilmente se propagar para áreas adjacentes, incluindo o parque. Além disso, a caça ilegal e a colecta de recursos naturais, actividades comuns em áreas próximas a parques, também contribuem para o aumento do risco de incêndios. As estradas próximas ao parque facilitam o acesso humano, permitindo que actividades como a caça e a colecta de recursos naturais sejam realizadas com maior facilidade. Além disso, as estradas podem servir como fontes de ignição, seja por actividades humanas ou por acidentes, aumentando o risco de incêndios (MATHE, 2013).

Figura 6: Comunidades e Bases Pesqueiras no Parque Nacional de Mágoè



Fonte: O Autor (2025).

É importante notar que, embora a proximidade de áreas habitadas e estradas aumente o risco de queimadas, factores naturais como a vegetação, o clima e a topografia também desempenham papéis cruciais na ocorrência e propagação de incêndios. Portanto, uma abordagem integrada que considere tanto os factores humanos quanto os naturais é essencial para a gestão eficaz do risco de queimadas no Parque Nacional de Mágoè (MATHE, 2013).

Para mitigar esses riscos, é fundamental implementar estratégias de gestão que envolvam a comunidade local, promovendo práticas agrícolas sustentáveis e conscientização sobre os perigos das queimadas. Além disso, o monitoramento contínuo e a fiscalização das actividades humanas nas áreas adjacentes ao parque são essenciais para prevenir incêndios e proteger a biodiversidade da região.

Em resumo, a proximidade de áreas habitadas e estradas ao Parque Nacional de Mágoè aumenta significativamente o risco de queimadas devido às actividades humanas associadas. Uma gestão eficaz requer a consideração de factores humanos e naturais, bem como a implementação de estratégias de mitigação que envolvam a comunidade local e promovam práticas sustentáveis.

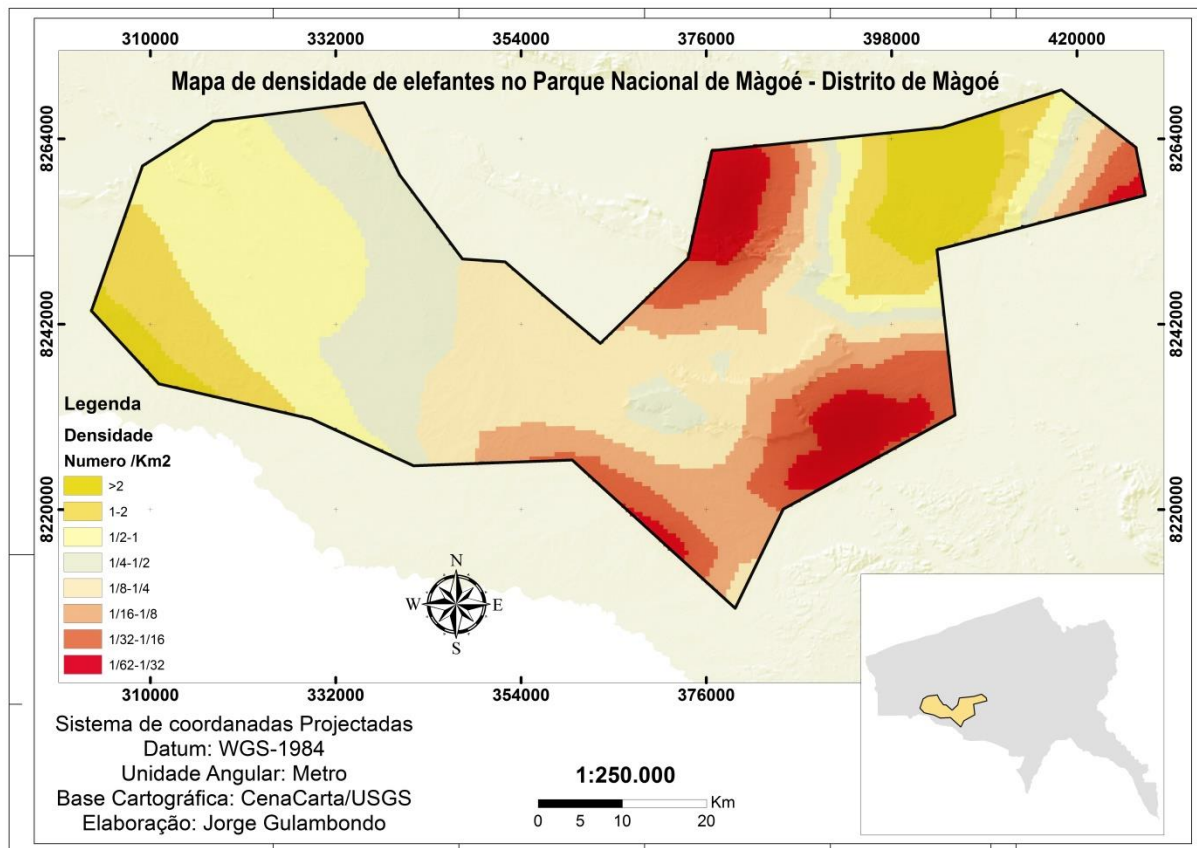
Densidade de Elefantes

A presença de elefantes no Parque Nacional de Mágoè, em Moçambique, desempenha um papel significativo na dinâmica ecológica da região, incluindo a influência sobre o risco de queimadas. Esses grandes herbívoros são considerados "engenheiros do ecossistema" devido à sua capacidade de modificar habitats, impactando directamente a vegetação, a distribuição de biomassa e, conseqüentemente, os padrões de incêndios florestais.

Os elefantes contribuem para a redução do risco de queimadas ao consumir grandes quantidades de vegetação e derrubar árvores, o que diminui a acumulação de material combustível. Segundo Bond (1993), os elefantes podem abrir clareiras e criar mosaicos de vegetação, que dificultam a propagação de incêndios contínuos e intensos. Além disso, os elefantes promovem a renovação de ecossistemas savânicos ao equilibrar a densidade de árvores e gramíneas, impactando a composição do combustível disponível para as queimadas (VAN WILGEN *et al.*, 2007).

Entretanto, em áreas com populações excessivas de elefantes, o impacto pode ser negativo. O consumo excessivo de vegetação pode expor o solo, promovendo a invasão de espécies gramíneas inflamáveis e aumentando a frequência de queimadas. Estudos como o de Shannon *et al.* (2006) apontam que o manejo adequado das populações de elefantes é crucial para manter o equilíbrio ecológico e mitigar os riscos associados às queimadas.

Figura 7: Densidade de Elefantes no Parque Nacional de Mágoè



Fonte: O Autor (2025).

No Parque Nacional de Mágoè, onde a presença de elefantes é significativa, sua interação com a vegetação afecta directamente a resiliência do ecossistema às queimadas. A compreensão dessa relação é essencial para desenvolver estratégias de manejo que conciliem a conservação da biodiversidade com a mitigação dos incêndios florestais.

Uso de Geotecnologias na Análise Espacial de Risco de Queimadas

O uso de geotecnologias na análise espacial de risco de queimadas tem-se mostrado uma ferramenta indispensável para a gestão ambiental e a preservação de áreas protegidas, como o Parque Nacional de Mágoè, localizado em Moçambique. Este parque, com sua rica biodiversidade, está sujeito a ameaças constantes de incêndios florestais, que comprometem a integridade dos ecossistemas locais e colocam em risco espécies de fauna e flora. Nesse contexto, as geotecnologias emergem como uma alternativa eficiente para monitorar e prever áreas de maior susceptibilidade a queimadas.

A utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) possibilita a integração de diferentes camadas de informação, como cobertura vegetal, relevo, temperatura, humidade do solo e histórico de queimadas. Essa abordagem permite a criação de mapas temáticos que identificam áreas de risco e auxiliam na tomada de decisões para o planeamento e prevenção

de incêndios. Segundo Bastos *et al.* (2018), o uso de mapas de risco facilita a identificação de zonas críticas, possibilitando a adoção de medidas preventivas, como a construção de aceiros e o monitoramento de actividades humanas em áreas vulneráveis.

No Parque Nacional de Mágoè, a aplicação de sensores remotos tem permitido avanços significativos na detecção precoce de focos de incêndio. Imagens de satélite, como as fornecidas pelos satélites Landsat e Sentinel, são amplamente utilizadas para monitorar mudanças na cobertura vegetal e identificar anomalias térmicas. De acordo com Silva *et al.* (2020), o uso de índices espectrais, como o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e o NBR (*Normalized Burn Ratio*), permite a análise da saúde da vegetação e a delimitação de áreas queimadas, contribuindo para uma resposta mais eficaz no combate aos incêndios.

Além disso, as condições climáticas desempenham um papel crucial na propagação de queimadas. Estudos de modelagem climática integrados a dados de sensoriamento remoto possibilitam a previsão de períodos de maior risco, considerando variáveis como velocidade do vento, temperatura e índice de seca. Para MOURA *et al.* (2019), a combinação de dados climatológicos e geoespaciais permite uma abordagem mais assertiva na elaboração de planos de contingência.

Um dos desafios no uso de geotecnologias é a necessidade de capacitação técnica e infraestrutura adequada. Apesar disso, iniciativas de cooperação internacional têm promovido a transferência de conhecimento e tecnologia para países em desenvolvimento, como Moçambique. Conforme destacado por Almeida e Ferreira (2021), a implementação de projectos de monitoramento ambiental em áreas protegidas depende de investimentos contínuos em equipamentos e treinamento de pessoal.

Em suma, as geotecnologias representam uma ferramenta essencial para a gestão de riscos de queimadas no Parque Nacional de Mágoè. Por meio da integração de dados geoespaciais e modelagem climática, é possível identificar áreas vulneráveis, prever cenários de risco e planejar acções preventivas e mitigadoras. Assim, o uso dessas tecnologias não apenas contribui para a conservação ambiental, mas também reforça a importância de estratégias integradas para enfrentar os desafios das mudanças climáticas e das pressões antrópicas sobre os ecossistemas naturais.

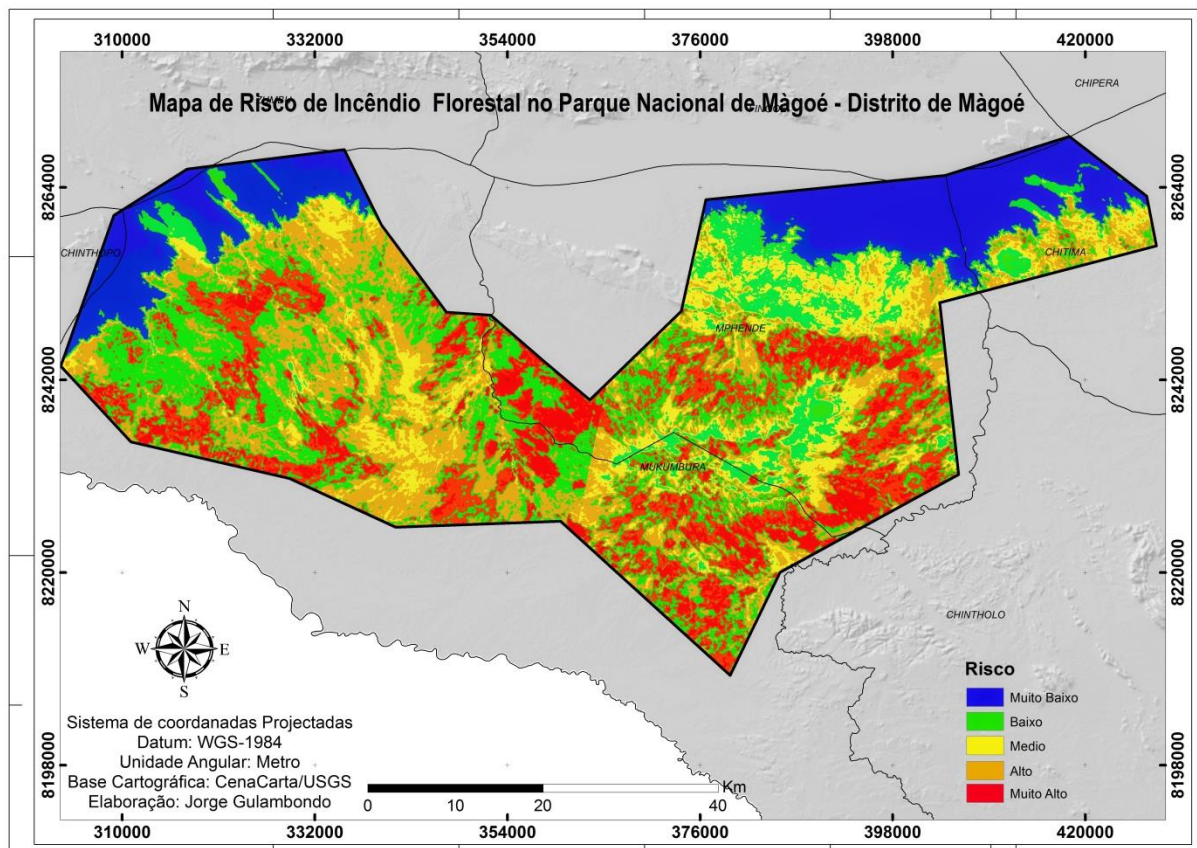
Risco de Queimadas no Parque Nacional de Mágoè

As queimadas, sejam elas naturais ou provocadas pelo homem, têm impactos significativos tanto na flora quanto na fauna do parque, além de contribuir para a emissão de gases de efeito estufa.

Uma das principais causas das queimadas no Parque Nacional de Mágoè está relacionada às actividades humanas. Práticas como a agricultura itinerante e a caça, que utilizam o fogo como ferramenta, têm sido apontadas como factores determinantes para o aumento da ocorrência de incêndios (SILVA *et al.*, 2020). Adicionalmente, a falta de conscientização ambiental e a ausência de alternativas sustentáveis para o manejo de terras intensificam o problema. Segundo estudos recentes, cerca de 70% das queimadas registradas na área são de origem antrópica, colocando em evidência a necessidade de acções educativas e de fiscalização mais eficazes (MABUNDA & CHONGO, 2021).

Outro factor agravante é a mudança climática, que tem contribuído para o aumento das temperaturas e a redução da umidade na região. Essas condições climáticas extremas favorecem a propagação do fogo, tornando mais difícil o controle das queimadas (IPCC, 2022). Além disso, a vegetação do parque, composta majoritariamente por savanas e florestas secas, é altamente inflamável, o que agrava ainda mais o risco de incêndios de grande proporção.

Figura 8: Risco de Queimadas no Parque Nacional de Mágoè



Fonte: O Autor (2025).

Os impactos das queimadas no Parque Nacional de Mágoè são vastos e profundos. Na flora, observa-se uma redução significativa na cobertura vegetal, o que afecta a capacidade do solo de reter água e nutrientes, comprometendo a regeneração natural do ecossistema (CHIKUMBA *et al.*, 2019). Na fauna, muitas espécies são directamente impactadas pela perda de habitat e pela mortalidade causada pelas chamas. Espécies ameaçadas de extinção, como o leão-africano (*Panthera leo*) e o elefante-africano (*Loxodonta africana*), encontram-se especialmente vulneráveis, pois dependem de grandes áreas para sua sobrevivência e são frequentemente deslocadas pelas queimadas.

Para mitigar o risco de queimadas no Parque Nacional de Mágoè, é essencial adoptar uma abordagem integrada que combine acções preventivas e educativas. Campanhas de sensibilização junto comunidades locais podem ajudar a reduzir o uso do fogo em práticas tradicionais, promovendo alternativas sustentáveis, como a agro-ecologia e o manejo

controlado de florestas (NHAMPOSSA & JOAQUIM, 2021). Além disso, o fortalecimento das estruturas de monitoramento e combate a incêndios é fundamental para assegurar uma resposta rápida e eficaz em caso de emergência.

A pesquisa científica também desempenha um papel crucial na compreensão e gestão do problema. Estudos que analisam padrões de queimadas e seus impactos podem subsidiar a elaboração de políticas públicas mais eficazes, além de informar os gestores do parque sobre as melhores estratégias de conservação. Nesse sentido, iniciativas colaborativas entre governos, organizações não-governamentais e comunidades locais são essenciais para garantir a sustentabilidade do Parque Nacional de Mágoè.

Em síntese, o risco de queimadas no Parque Nacional de Mágoè representa um desafio complexo e multifacetado que requer soluções abrangentes. A combinação de educação ambiental, monitoramento, pesquisa e gestão integrada é essencial para proteger este valioso património natural, garantindo sua preservação para as gerações futuras.

CONCLUSÕES

Conclui-se que, o uso e ocupação do espaço no Parque Nacional de Mágoè, em Moçambique, exerce influência significativa sobre o risco de queimadas devido a uma combinação de factores relacionados às práticas humanas e às características ambientais da região. As actividades humanas, como a agricultura itinerante, a caça e a colecta de recursos naturais, estão entre as principais causas de alteração no padrão de uso do solo no parque. Por outro lado, práticas inadequadas de gestão dos recursos naturais dificultam a implementação de medidas preventivas contra incêndios, como a criação de aceiros ou programas de educação ambiental.

O relevo exerce uma influência significativa no risco de queimadas no Parque Nacional de Mágoè. Regiões com terrenos mais inclinados podem apresentar maior propensão à propagação do fogo devido à facilidade com que as chamas podem se deslocar encosta acima, impulsionadas pelo calor que sobe. Além disso, áreas de relevo acidentado dificultam o acesso para actividades de combate a incêndios, prolongando a duração das queimadas.

Durante a estação seca, que ocorre tipicamente entre Abril e Outubro, as temperaturas elevadas combinadas com a escassez de precipitação tornam a vegetação mais susceptível a incêndios. A vegetação seca serve como combustível, facilitando a propagação de queimadas, especialmente quando associada a actividades humanas, como a agricultura itinerante e a caça.

Por sua vez, durante a estação chuvosa, que ocorre de Novembro a Março, a vegetação do parque acumula humidade significativa, resultando em um aumento na biomassa vegetal. Essa biomassa, quando seca durante a estação seca (Abril a Outubro), torna-se altamente inflamável, elevando o risco de incêndios florestais.

A presença de áreas habitadas ao redor do parque cria um contexto onde a actividade humana se mistura com o ecossistema natural, aumentando a probabilidade de incêndios. Esses incêndios podem ter origens naturais, mas a maioria é causada ou potencializada por actividades humanas, tanto intencionais quanto acidentais.

A utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) possibilita a integração de diferentes camadas de informação, como cobertura vegetal, relevo, temperatura, humidade do solo e histórico de queimadas. Essa abordagem permite a criação de mapas temáticos que identificam áreas de risco e auxiliam na tomada de decisões para o planeamento e prevenção de incêndios.

O uso das geotecnologias, demonstrou ser uma ferramenta eficaz para a análise espacial de riscos de queimadas no Parque Nacional de Mágoè. Os resultados obtidos são essenciais para a elaboração de políticas de prevenção e gestão de queimadas, visando a protecção ambiental e a preservação da biodiversidade. Recomenda-se a implementação de programas de monitoramento contínuo e a integração das geotecnologias em planos de manejo sustentável da área.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J., & FERREIRA, P. (2021). Monitoramento ambiental em áreas protegidas: avanços e desafios. *Revista de Gestão Ambiental*, 15(2), 45-59.

ANAC. (2017). *Plano de Maneio do Parque Nacional de Mágoè*. Autoridade Nacional de Áreas de Conservação. Disponível em:

ARA ZAMBEZE. (2014). *Perfil Ambiental Distrital de Mágoè*. Autoridade Reguladora de Águas da Zambeze.

BASTOS, R., SANTOS, M., & OLIVEIRA, T. (2018). Geotecnologias aplicadas à prevenção de incêndios florestais. *Revista Brasileira de Cartografia*, 70(1), 25-38.

BOND, W. J. (1993). Keystone species. In: Schulze, E. D., & Mooney, H. A. (Eds.), *Biodiversity and Ecosystem Function*. Springer.

ARCHIBALD, S., STAYER, A. C., & LEVIN, S. A. (2013). *Evolution of human-driven fire regimes in Africa*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(3), 847-852.

CHIDUMAYO, E. N., & GUMBO, D. J. (2010). *The dry forests and woodlands of Africa: Managing for products and services*. Earthscan.

CHIKODZI, D., MUTOWO, G., & GUMINDOGA, W. (2020). *Topographic influences on fire behavior in savanna ecosystems*. *Journal of Environmental Management*, 256, 109958.

CHIKUMBA, M., BÍSCARO, T., & MULEIA, M. (2019). Impacto das queimadas na biodiversidade do Parque Nacional de Mágoè. *Revista de Conservação Africana*, 12(3), 45-58.

CONJO, M. P. F. (2021). *Mapeamento da susceptibilidade a incêndios florestais na região sul de Moçambique*. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*.

- COSTA, F. A., & ANDRADE, M. S. (2017). Análise do risco de queimadas em áreas de conservação usando geotecnologias. *Revista Brasileira de Geografia Ambiental*, 8(2), 113-127.
- FIELD, C.B., BARROS, V.R., STOCKER, T.F., DAHE, Q. (Eds.). (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge University Press.
- IPCC. (2022). *Relatório de Avaliação sobre Mudanças Climáticas*. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas.
- KUTSCH, W. L., MERBOLD, L., Ziegler, W., MUKELABAI, M., MUCHINDA, M., & KOLLE, O. (2011). *The charcoal trap: Miombo forests and the energy needs of people*. *Carbon Balance and Management*, 6(5).
- MABUNDA, J., & CHONGO, E. (2021). Práticas humanas e risco de incêndios em áreas protegidas: Um estudo de caso em Mágoè. *Boletim de Estudos Ambientais*, 18(1), 78-92.
- MATHE, M. (2021). *Modelação SIG na avaliação do risco de incêndio na reserva nacional do Niassa*. Academia.edu.
- MICOA (2012). *Relatório sobre o estado do meio ambiente em Moçambique*. Maputo: Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental.
- MOURA, L., COSTA, F., & LIMA, R. (2019). Modelagem climática e sua contribuição para a gestão de riscos ambientais. *Journal of Environmental Studies*, 12(4), 78-92.
- MUGOMBE, A., MAVHURA, E., & SIMANGO, T. (2017). *Fire risk assessment in protected areas of Southern Africa: The case of Mágoè National Park*. *African Journal of Ecology*, 55(4), 576-586.
- NHAMPOSSA, L., & JOAQUIM, A. (2021). Alternativas sustentáveis para a gestão de queimadas em Moçambique. *Jornal de Políticas Ecológicas*, 9(4), 112-127.
- PEREIRA, J.M.C., FERNANDES, P.M., FIGUEIREDO, A.G. (2015). *Fire danger rating and fire occurrence in Portugal*. *Forest Ecology and Management*, 216, 200-209.
- RUSSELL-SMITH, J., WHITEHEAD, P. J., & COOKE, P. (2013). *Culture, ecology, and economy of fire management in North Australian savannas: Rekindling the Wurrk tradition*. CSIRO Publishing.
- RODRIGUES, L. A., & LOPES, L. M. (2015). Aplicação de SIG na análise de riscos ambientais: estudo de caso em áreas de preservação. *Revista Brasileira de Ciência e Tecnologia*, 13(1), 45-58.
- SHANNON, G., PAGE, B. R., DUFFY, K. J., & SLOTOW, R. (2006). The role of foraging behaviour in the population dynamics of African elephants in savanna habitats. *Acta Oecologica*, 30(3), 286-292.

SILVA, A. R.; LIMA, J. L. (2022) *Monitoramento de queimadas com imagens Landsat*. Revista Brasileira de Geografia.

SILVA, A., PEREIRA, J., & NOGUEIRA, C. (2020). Sensoriamento remoto na análise de áreas queimadas: métodos e aplicações. *Boletim de Geoinformática*, 8(3), 123-135.

SILVA, P., COSTA, M., & NHANTUMBO, S. (2020). Dinâmica das queimadas em ecossistemas de savana: Tendências e soluções. *Ciências Ambientais e Sustentabilidade*, 15(2), 32-50.

SILVA, T. M., MENEZES, C. R., & PEREIRA, A. S. (2018). A utilização de imagens de satélite para monitoramento de queimadas em áreas de risco. *Geospatial World*, 12(3), 34-42.

VAN WILGEN, B.W., SCHOLE, R.J., PRINS, H.H.T. (2016). *Fire management and biodiversity in savanna ecosystems: A global perspective*. Ecology and Evolution, 6 (22), 7372-7383.

VAN WILGEN, B. W., GOVENDER, N., BIGGS, H. C., & NTSALA, D. (2007). The contribution of fire research to fire management: A critical review of a long-term experiment in the Kruger National Park, South Africa. *International Journal of Wildland Fire*, 16(5), 519–530.