

Mapeamento de susceptibilidade a incêndios florestais no Parque Nacional de Chapada dos Guimarães - MT**Mapping susceptibility to forest fires in Chapada dos Guimarães National Park - MT**Yvan Henrique Silva Santos¹Vagner Paz Mengue²**Resumo**

Atualmente, as unidades de conservação (UC), em especial no cerrado, têm sido frequentemente incendiadas pela ação humana. A elaboração de medidas preventivas e de combate ao fogo faz-se necessário neste bioma. Com isso, o presente trabalho teve como objetivo a elaboração de uma análise paramétrica de riscos de incêndios florestais para o Parque Nacional de Chapada dos Guimarães e sua zona de amortecimento (ZA) localizado no Estado de Mato Grosso. Foram elaborados mapas individuais de risco de incêndios florestais referentes à proximidade de vias e zonas urbanas (H), ao uso e cobertura do solo (U), a declividade (D), a altimetria (A) e a temperatura do solo (T). A análise paramétrica foi realizada através da somatória da média ponderada realizada através dos valores estipulados para cada variável de acordo com sua influência de ignição, a equação foi representada como: $IR: 4H + 3U + 1D + 1A + 1T$. Os resultados caracterizaram as áreas de risco de acordo com as suas classificações, apresentando 5,97% do terreno com risco extremo, 18,59% com risco alto, 49,60% com risco moderado, 21,99% com risco baixo e 3,85% com áreas de risco muito baixas. Contudo, a análise de risco revelou que a proximidade com as áreas urbanas da ZA, às rodovias e as atividades realizadas pela pastagem e Turismo, tem se mostrado os principais fatores de risco no surgimento dos focos de incêndios florestais, com o risco potencial em adentrar os limites do Parque Nacional.

Palavras-Chave: Planejamento Ambiental, Unidade de Conservação, Fogo.**Abstract**

Currently, conservation units (CU), especially in the Cerrado, have frequently been set on fire by human action. The development of preventive and fire-fighting measures is necessary in this biome. Therefore, the present work aimed to develop a parametric analysis of forest fire risks for the Chapada dos Guimarães National Park and its buffer zone (ZA) located in the State of Mato Grosso. Individual forest fire risk maps were prepared relating to the proximity of roads and urban areas (H), land use and coverage (U), slope (D), altimetry (A) and soil temperature (T). The parametric analysis was carried out through the sum of the weighted

¹Geógrafo, Departamento de Geografia/Universidade Federal de Mato Grosso yvansantosk9@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-2044-3695>

²Professor, Departamento de Geografia/Universidade Federal de Mato Grosso. vagnergeo@yahoo.com.br
<https://orcid.org/0000-0002-2955-1039>

average carried out using the values stipulated for each variable according to its ignition influence, the equation was represented as: $IR: 4H + 3U + 1D + 1A + 1T$. The results characterized the risk areas according to their classifications, presenting 5.97% of the land with extreme risk, 18.59% with high risk, 49.60% with moderate risk, 21.99% with low risk and 3.85% with very low risk areas. However, the risk analysis revealed that the proximity to the urban areas of the ZA, to highways and the activities carried out by pasture and tourism, have been shown to be the main risk factors in the emergence of forest fire outbreaks, with the potential risk of entering the limits of the National Park.

Keywords: Environmental Planning, Conservation Unit, Fire.

Introdução

Os parques nacionais são áreas protegidas e classificadas como Unidade de Conservação em áreas do estado, seu objetivo é a preservação do ecossistema natural. Partindo desse princípio, o Parque Nacional de Chapada dos Guimarães - MT (PNCG) abriga o bioma Cerrado, segundo maior bioma do país, cujo o mesmo ocorre uma degradação ambiental significativa devido aos incêndios florestais. O Cerrado brasileiro é caracterizado como a savana de maior biodiversidade no mundo, em função de sua riqueza biótica. Presente em todas as regiões brasileiras, o cerrado ocupa uma área de 1.983.017 km², representando cerca de 23,3% de todo território nacional, abrigando cerca de 12.829 espécies nativas em sua flora (BFG, 2021; MMA, 2022).

Diversos estudos indicam que o fogo desempenha um papel fundamental no manejo de diferentes ecossistemas ao redor do mundo. No Brasil, grande parte das fisionomias do Cerrado são consideradas ecossistemas dependentes do fogo, pois evoluíram sob sua influência e dependem dele para a manutenção de seus processos ecológicos. Assim, a presença do fogo é tão essencial quanto a sua ausência para a continuidade desses processos (HARDESTY et al.; 2005; PIVELLO 2011; FIDELIS e PIVELLO, 2011).

A ocupação desenfreada da área central do país, em prol da expansão agrícola e pecuária, tem sido uma das principais causas de degradação ambiental no bioma Cerrado (FIEDLER *et al.*, 2006), bem como às ocupações urbanas e suas atividades antrópicas. A conversão de áreas de cerrado em pastagens e plantações, as quais utilizam técnicas de manejo com uso do fogo, exercendo uma ameaça não somente a cobertura vegetal, mas

também às características do solo, da fauna e da atmosfera, tendo um poder destrutivo altamente expressivo quando mal conduzida (MYERS, 2006; RIBEIRO, 2008).

Após a criação do primeiro Parque Nacional de Itatiaia em 1937, as Unidades de Conservação (UC) surgem com o intuito da preservação do ecossistema natural, sendo áreas protegidas pelo poder público do estado (DA ROCHA *et al.*, 2010). O Parque Nacional de Chapada dos Guimarães - MT é responsável pela preservação de 32.630 ha do bioma Cerrado. Entretanto, o sistema viário, as ocupações urbanas e atividades agropastoris têm influenciado na ignição e dispersão dos focos de calor em seus limites, onde se intensificam nos períodos de estiagem.

Conforme Mengue (2022), entre 2002 a 2021, o PNCG registrou 9.981 focos de calor em todo seu território somados a sua Zona de Amortecimento (ZA). Com isso, medidas preventivas no combate aos incêndios florestais têm sido realizadas para minimizar os efeitos negativos do fogo. Com o avanço das ferramentas disponibilizadas ao decorrer do tempo, diversos pesquisadores desenvolveram diferentes metodologias de análises de risco de incêndios florestais, de forma que a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) se tornasse imprescindível neste processo (OLIVEIRA, 2002). Neste sentido, é crucial realizar estudos aprofundados sobre a temática dos incêndios florestais, empregando técnicas avançadas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, voltados para a prevenção e controle desses incêndios.

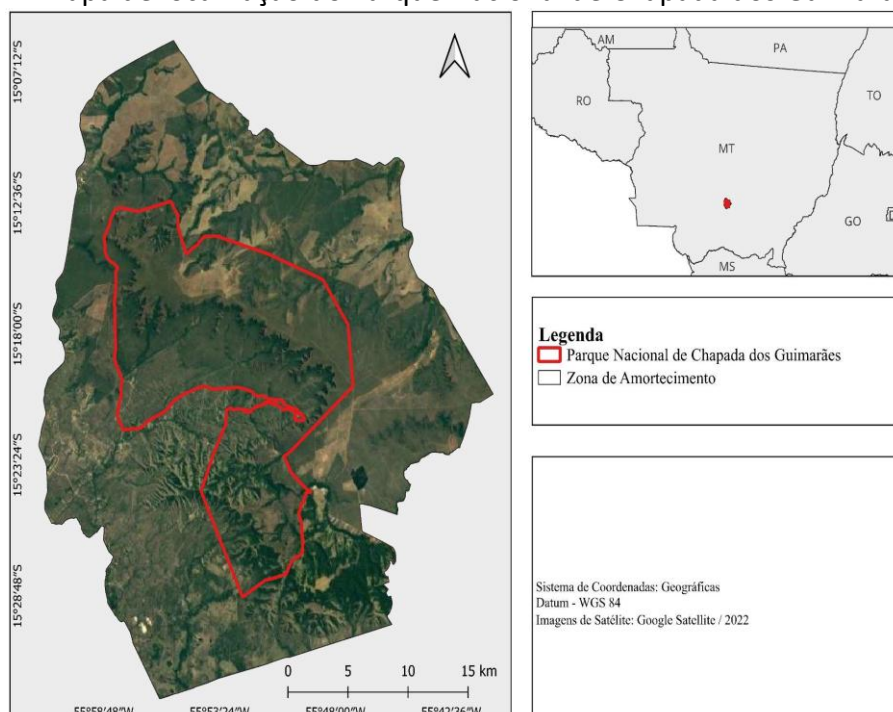
Portanto, o presente trabalho tem como finalidade o desenvolvimento de um mapa de análise paramétrica de risco de incêndios florestais para o Parque Nacional da Chapada dos Guimarães e sua zona de amortecimento, a partir da utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e técnicas de geoprocessamento. Os resultados deste estudo contribuem para a definição de estratégias de prevenção e combate aos incêndios florestais dentro do parque e em sua zona de amortecimento.

Área de Estudo

O Parque Nacional de Chapada dos Guimarães foi instituído pelo Decreto nº 97.656, de 12 de abril de 1989, e ocupa uma área de 32.630 hectares. Com a inclusão de sua zona de

amortecimento, o território totaliza aproximadamente 119.554 hectares. O PNCG situa-se no estado de Mato Grosso, onde exerce um limite entre o município de Chapada dos Guimarães com a Capital do estado, Cuiabá, tendo o acesso pela rodovia MT-251 a cerca de 26 km da área urbana de Cuiabá e 6 km da área urbana de Chapada dos Guimarães. Sua localização se encontra entre as latitudes 15° 10' e 15° 30'S e longitudes 55°47' e 56°00'O, com altimetrias que vão de 350m da baixada cuiabana a 800m no alto da Chapada (BRASIL, 1982; IBAMA, 1989). De acordo com o IBAMA (2002), cerca de 61,2% do PNCG está localizado no município de Cuiabá, o restante, os outros 38,8% no município de Chapada dos Guimarães. (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização do Parque Nacional de Chapada dos Guimarães - MT



Fonte: IBGE (2022). Elaborado pelos autores

A área do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães compreende duas unidades geomorfológicas: Planalto dos Guimarães e Depressão do rio Paraguai (PARREIRA e CABRAL, 2011). A partir da utilização e ocupação do Cerrado, as ações antrópicas vêm trazendo uma série de mudanças em seu ecossistema, visto que há uma utilização do espaço para o turismo e a proximidade da área urbana em seu entorno.

Assim como todo o cerrado, o parque apresenta relações antecedentes com o fogo há um longo período. Essa ocorrência frequente do fogo, seja antrópica ou natural, provoca o desaparecimento de espécies nativas em sua flora e fauna, nas quais são atingidas com maior severidade. Desse modo, sua flora exerce uma forte influência em sua dinâmica e em sua estrutura, acarretando em uma substituição ou redução de acordo com a frequência e intensidade do fogo (RIBEIRO e WALTER, 2008).

Metodologia

Procedimentos para a geração do mapa de risco de incêndios

Para a construção do mapa de risco de incêndios dentro do parque, foi necessário o levantamento de dados das variáveis julgadas como fatores de risco de ignição e/ou propagação dos incêndios florestais que ocorrem no PNCG, sendo a influência do uso e cobertura da terra, as proximidades das vias e zonas urbanas, a temperatura da superfície, a declividade do relevo e sua altimetria. A seguir, será descrita a metodologia aplicada e realizada no parque de acordo com estudos realizados por Batista *et al.* (2000), Freire *et al.* (2002) e Koproski *et al.* (2011).

Uso e Cobertura da Terra

Os dados utilizados no mapa de uso e cobertura da terra foram adquiridos pelo Projeto MapBiomas coleção 7.1 (MAPBIOMAS BRASIL, 2023). Sendo utilizado dados do ano de 2022 para os municípios de Chapada dos Guimarães e Cuiabá. A variável de uso e cobertura da terra considerou os diferentes tipos presentes dentro do parque e em sua zona de amortecimento. O risco de ocorrência de incêndios florestais varia de acordo com cada material combustível disponível na cobertura do solo. O PNCG apresentou diversas informações sobre seu uso e cobertura da terra, onde foram agrupadas de acordo com seu índice de periculosidade. Foram definidas as classes e agrupamentos conforme quadro 1.

Quadro 1. Classificação de risco de acordo com o uso e cobertura do solo do terreno.

Uso e Cobertura do Solo	Risco	Coeficiente
Áreas Úmidas e Agricultura	Baixo	1
Formação Florestal e Silviculturas	Moderado	2

Uso e Cobertura do Solo	Risco	Coeficiente
Formações Savânicas e Campestres	Alto	3
Infraestruturas Urbanas e Pastagem	Extremo	4

Fonte: Adaptado de Freire *et al.* (2002) e Koproski *et al.* (2011). Elaborado pelos autores

Proximidade das vias e zonas urbanas

Dentro da área de estudo as rodovias e estradas foram consideradas fatores de alta susceptibilidade ao fogo devido ao seu intenso fluxo de veículos pequenos e de grande porte, que transitam intensamente dentro do parque e em sua ZA. Da mesma forma, as residências e ocupações agroindustriais também receberam o mesmo grau de influência das estradas, por apresentarem uma forte intervenção no estímulo e intensidade dos focos de incêndio.

A coleta de informações foi realizada através do mapeamento de forma visual em tela das estradas, rodovias e edificações dentro e ao entorno do parque com a utilização do *software* QGis. Foi utilizada como mapa base a imagem de satélite mais atual (ano 2023) disponível no catálogo do *Google Earth Engine (GEE)* para o mapeamento e identificação visual em tela das estradas e edificações na área de estudo. Após o mapeamento, foram elaboradas diversas zonas (*buffers*), delimitando uma distância de risco onde as atividades humanas e o sistema viário teriam maior influência nas ocorrências de incêndios. Os valores das distâncias de risco foram atribuídos mediante a metragem proposta por Koproski (2011) e adaptadas ao PNCG, conforme Quadro 2.

Tabela 2. Classificação de risco de acordo com as proximidades de vias e zonas urbanas.

Proximidades das vias e zonas urbanas (Metros)	Risco	Coeficiente
> 100	Baixo	1
31 - 100	Moderado	2
0 - 30	Alto	3

Fonte: Adaptado de Koproski *et al.* (2011). Elaborado pelos autores

Temperatura da superfície

Com temperaturas elevadas como do cerrado, a análise da temperatura da superfície na área de estudo se faz imprescindível na análise paramétrica de risco ao observarmos que

o fogo necessita de uma fonte de calor para sua proliferação. Para Brady (1989) a temperatura da superfície está diretamente ligada a inúmeros fatores ambientais, especificamente em sua flora, onde pode intervir no processo de crescimento e em seu desenvolvimento. Os altos índices de temperatura do solo acarretam uma intensificação da evapotranspiração da vegetação, tornando a flora em um material combustível com maior susceptibilidade ao fogo.

Para obtenção dos dados de Temperatura da Superfície, foi utilizado o Satélite Landsat 8 obtido através da base de dados do GEE, que contém um conjunto de dados de reflectância de superfície termal corrigida atmosféricamente e geometricamente. O produto do catálogo utilizado foi o 'LANDSAT/LC08/C02/T1_L2', que apresenta uma resolução espacial original de 100 m reamostrada para 30 m. A faixa espectral do termal utilizada foi a banda 10, com comprimento de onda entre 10.60 a 11.19 μm . A imagem de temperatura da superfície foi obtida na unidade de medida em Kelvin, sendo utilizada a subtração pelo valor de -273,15 para a correta transformação para graus celsius.

A imagem de temperatura de superfície foi a média dos valores do período seco (agosto a outubro) para o ano de 2022. No GEE foi realizado o processo de filtragem das imagens livre de nuvens, e depois extraídos a média dos meses de seca dos valores para toda a área de estudo. Os valores obtidos foram classificados de acordo com seu nível de risco de incêndio, atribuindo uma classificação e um coeficiente que representa o grau de severidade do fogo conforme o Quadro 3.

Quadro 3. Classificação de risco de acordo com a temperatura do solo.

Temperatura da superfície (°C)	Risco	Coeficiente
< 32	Baixo	1
32 - 36	Moderado	2
36 - 40	Alto	3
> 40	Extremo	4

Fonte: Elaborado pelos autores

Dados do relevo - Declividade e Altimetria

Conforme Myers (2006) a inclinação exerce certa influência na disseminação do fogo e em sua velocidade de propagação das chamas, onde o fogo ocasionado “morro acima” se espalha com mais facilidade, dificultando assim, seu combate. Ou seja, uma vez que o ar tórrido oriundo da área incendiada pré-aquece os combustíveis (vegetação) à frente do fogo,

possibilita uma disseminação dos focos de incêndio nos relevos mais inclinados. Outro fator importante é a disposição altimétrica que está diretamente ligada aos agentes de ignição, pois com o aumento da altitude, observa-se que há uma diminuição na temperatura e uma elevação na umidade relativa do ar (RIBEIRO *et al.*, 2008). O inverso ocorre nas regiões com altitudes mais baixas, sendo mais quentes e com umidade relativa do ar muito baixa no período de estiagem.

Para elaboração variável de declividade e altimetria, foram utilizados dados do Modelo Digital de Superfície (MDS) do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução espacial de 30 metros, onde foram processados pela plataforma do GEE. O agrupamento e classificação do mapa de declividade foi realizado no *software* QGIS, com cinco classes, conforme sua influência de propagação do fogo (Quadro 4).

Quadro 4. Classificação de risco de acordo com a declividade.

Inclinação (%)	Fator de Propagação	Risco	Coeficiente
< 15	1,00	Baixo	1
15 - 25	1,05	Moderado	2
25 - 35	1,15	Alto	3
35 - 45	1,20	Muito Alto	4
> 45	1,25	Extremo	5

Fonte: Adaptado de Batista *et al.* (2002). Elaborado pelos autores

O agrupamento e classificação do mapa de altitude foi realizado no *software* QGIS, com três classes, conforme sua influência de propagação do fogo (Quadro 5).

Quadro 5. Classificação de risco de acordo com a altimetria.

Altimetria (Metros)	Risco	Coeficiente
570 - 861	Baixo	1
360 - 570	Moderado	2
160 - 360	Alto	3

Fonte: Adaptado de Batista *et al.* (2002). Elaborado pelos autores

Elaboração do mapa de susceptibilidade a incêndios florestais

A análise paramétrica de risco de incêndios florestais se define no resultado da união das variáveis e suas relações na ignição e propagação do fogo na região do Parque Nacional

de Chapada dos Guimarães e seu entorno. O produto final foi elaborado utilizando ferramentas do *software* QGIS, onde todos os vetores das variáveis foram calculados, rasterizados e sobrepostos, criando, assim, uma camada de sobreposições que revelam a susceptibilidade de cada área. A metodologia de classificação foi adotada de acordo com o auxílio de um modelo de ponderação que classificou o impacto de cada variável com a equação adaptada por Freire *et al.* (2002) e ajustada por Koproski *et al.* (2011).

As variáveis receberam valores dos coeficientes de acordo com seus respectivos níveis de influências e grau de severidade no ambiente. As proximidades das vias e zonas urbanas receberam um peso 4, pois sua influência na propagação de incêndios florestais apresenta uma percentagem mais expressiva em relação às demais. O uso e cobertura do solo obteve um peso 3, pois a manipulação do uso do solo condiciona uma certa ignição e/ou propagação do fogo com grande relevância, porém, divergente das influências antrópicas. As demais variáveis receberam o peso mínimo (1) por apresentarem pouca incidência, no que tange a ignição do fogo (declividade, altimetria e temperatura da superfície). Deste modo, a somatória das variáveis totalizou em dez pontos, divididas a cinco fatores e seus respectivos pesos. Para a elaboração do mapa de risco de incêndios florestais foi utilizado a equação 1:

$$IR = 4H + 3U + 1D + 1A + 1T \quad (1)$$

Na qual:

- IR = índice de risco;
- H = coeficiente de risco segundo a proximidade de vias e zonas urbanas;
- U = coeficiente de risco segundo a uso do solo;
- D = coeficiente de risco segundo a declividade;
- A = coeficiente de risco segundo a altimetria;
- T = coeficiente de risco segundo a temperatura da superfície.

Os resultados gerados pela somatória dos mapas preliminares de risco variam entre 10 a 36 pontos e foram distribuídos em cinco classes de risco (Quadro 6). A representação por pontos quantifica o grau de risco de incêndios na área de estudo. Os referidos valores deram a base para a criação do mapa final da análise de risco de incêndios florestais, na qual estão representadas suas relações de acordo com a tabela abaixo.

Quadro 6. Classificação de risco de incêndio.

Classificação	Risco de incêndios
< 10	Baixo
11 - 17	Moderado
18 - 23	Alto
24 - 30	Muito Alto
> 31	Extremo

Fonte: Adaptado de Freire *et al.* (2002). Elaborado pelos autores

Validação dos resultados

Para validar os resultados do Mapa de Risco à incêndios florestais, foram utilizados os dados de focos de calor disponíveis no sistema do BDQueimadas do INPE (INPE, 2024). No software Qgis foi realizado um mapa de calor da incidência de focos de calor dentro do parque e sua ZA entre o ano de 2003 a 2022, gerando uma série histórica de 20 anos.

Para tal, efetuamos o *download* dos *shapefiles* de todos os anos, disponibilizados pelo sistema do BDQueimadas utilizando os satélites AQUA e TERRA (manhã e tarde). Com isso, foi possível realizar a compilação dos dados, gerando uma camada de sobreposição, onde foi possível identificar a maior incidência anual dos focos de calor dentro do parque e em sua ZA e comparar se o Mapa de Risco à incêndios florestais estava coerente com a realidade.

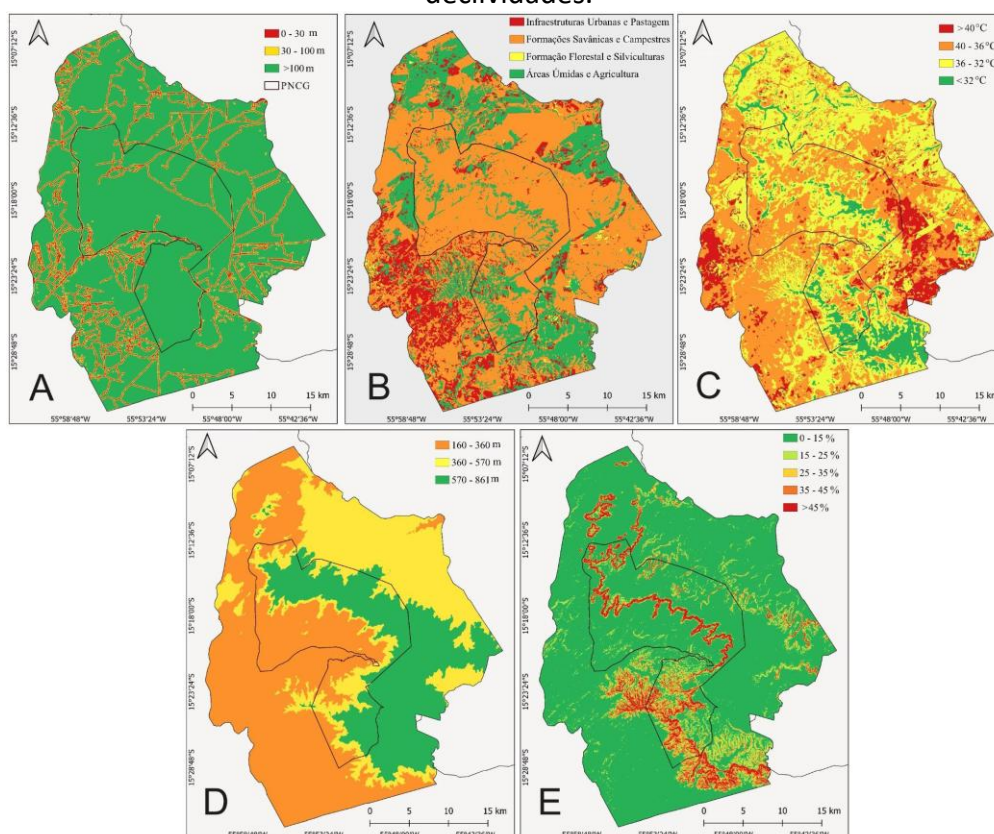
Resultados e discussões

De acordo com o panorama das condições de relevo, vegetação e bioma que o PNCG se encontra, algumas das variáveis comumente aplicadas na produção de mapa de risco de incêndios foram adaptadas à área de estudo local. As variáveis de exposição do terreno, umidade relativa, orientação das encostas e os corpos hídricos são algumas das variáveis que podem ser utilizadas na elaboração dos mapas de risco, contudo, a localização da área de estudo permite o melhor aproveitamento das análises com as variáveis aplicadas.

O fogo antrópico é o principal agente dos grandes incêndios florestais, com isso, as atividades humanas exercidas dentro do parque elevam os níveis de risco de combustão em todo perímetro da área de estudo. Essa variável considerou a circulação viária e a ocupação urbana dentro do parque e na sua zona de amortecimento. Deste modo, podemos identificar

as principais localidades onde há uma ameaça de incêndio (Figura 2 - A). Durante a obtenção dos dados, foi constatada cerca de 2.855 residências e/ou estruturas humanas em atividades econômicas, apresentando maior expressividade nas bordas de sua zona de amortecimento. As estradas somam cerca de 2.182,17 km de extensão ao longo da área de estudo. De acordo com o ICMBio (2009), em sua zona de amortecimento habitam sete comunidades, nas quais somam cerca de 564 estabelecimentos distribuídos em sua maioria no sudoeste da ZA. Os residentes no entorno do parque podem contribuir com as ignições e proliferações do parque, visto que 10% dos residentes faz o uso da pecuária e agropecuária de subsistência, onde 7% utilizam o fogo como manejo ou ferramentas de produção.

Figura 2. Dados cartográficos utilizados para a geração do Mapa de risco de incêndios florestais. (A) Mapa de proximidade de vias e zona urbana, (B) Mapa de Uso e Cobertura da Terra, (C) Mapa de temperatura de superfície, (D) Mapa de altimetria e (E) Mapa de declividades.



Fonte: IBGE (2022), INPE (2023), MAPBIOMAS BRASIL (2023). Elaborado pelos autores

Partindo disso, as áreas de risco alto indicaram uma distância entre 0 a 30 metros de periculosidade, representando 6,87% de sua predominância em torno do parque com sua ZA (8.213 ha). As áreas onde o risco é moderado apresentam um distanciamento de 30 a 100 metros, onde se encontram nas bordas dos índices mais altos, presentes em 11,37% do parque (13.583 ha). O risco moderado de fogo requer atenção, pois seu distanciamento ainda é perigoso para a proliferação dos focos de incêndio nas áreas mais baixas ou altas. Em sua maioria, as áreas onde apresentam um risco baixo de incêndios predominam o parque com cerca de 81,70% de seu território, considerando uma distância acima de 100 m, onde há um afastamento significativo das vias e domicílios no entorno (97.711 ha). Contudo, pode haver casos isolados dentro das áreas de baixo risco por motivos ocasionais.

Com relação aos diversos tipos de uso e cobertura da terra (Figura 2 - B) encontrados na área de estudo, com índice de risco extremo, as ocupações urbanas e as atividades de pastagens exercidas dentro e entorno do parque favorecem um alto grau de ignição e propagação do fogo. Ao longo de 16.386 ha, representando cerca de 13,74% do parque, as ocupações antrópicas e o pastoreio de gado no cerrado atuam no processo de ignição do fogo. A abertura de algumas áreas para pastagens ainda segue técnicas tradicionais, na qual fazem o uso do fogo como forma de acelerar e baratear o processo (PIVELLO, 2009). O manejo do fogo, na maior parte das vezes ocorre de forma ilegal e sem controle, acarretando em incêndios florestais desordenados, impactando, assim, sua fauna e flora (MEIDEIROS, 2002).

A maior classe em termos de área é a classe Formações Savânicas e Campestres, de risco alto, com 71.373 ha, correspondendo a 59,84% da área total do parque e sua ZA. Ribeiro e Walter (2008) descrevem as áreas savânicas e campestres com uma vegetação arbórea, herbácea e com grande predominância de gramíneas com um dossel contínuo ou descontínuo, onde estes são características de materiais com grande teor de inflamabilidade.

Com risco moderado, as áreas de silviculturas e de formações florestais ocupam cerca de 1.207,54 ha, que representam 1,01 % do total da área de estudo. A prática da atividade de silvicultura (produção e extração de madeira) somados às formações florestais, tornam a área delimitada uma zona de atenção por possuir elementos que condicionam o risco de periculosidade. As formações florestais podem disseminar o fogo tanto em seu solo, quanto

em seu dossel, podendo gerar um incêndio altamente descontrolado. Com incidência de risco baixo, as áreas úmidas juntamente com as atividades agrícolas ocupam um território de 30.310 ha, totalizando em 25,41% da área total de estudo.

As elevadas temperaturas da superfície durante e após a passagem do fogo, altera as características físicas do solo (COSTA, 2015). Assim, como a água e o sol no processo de fotossíntese, a temperatura da superfície incide pontualmente no desenvolvimento da vegetação, que por sua vez, a presença ou não de cobertura vegetal, influencia em sua inflamabilidade. O mapa de temperatura da superfície (Figura 2 - C) mostra a média da temperatura para o período seco no ano de 2023, com máximas superando 40°C. As áreas onde ocorreram as temperaturas mais elevadas somam cerca de 9,34% de todo o perímetro do parque, ocasionando um risco extremo de inflamabilidade a vegetação no entorno de 11.137 ha, sendo mais expressivos nas bordas ao leste e na baixada cuiabana. Os valores extremos podem haver influência diante da presença de atividades humanas, a pavimentação do solo, atividades no setor agropecuário, solo exposto ou nas áreas campestres onde há pouca presença de vegetação arbustiva.

As temperaturas classificadas como risco alto, que cobrem cerca de 42,22% do parque, chegam a apresentar temperaturas entre 36°C a 40°C ao decorrer de 50.358 ha, sucedido por fatores da própria vegetação nativa, por influências da altimetria de seu relevo ou pela baixa atividade humana. As temperaturas moderadas estão distribuídas em torno de 48.672 ha, somando cerca de 40.81% do parque com sua ZA. Suas temperaturas consideraram uma média de 32°C a 36°C, incidindo um risco moderado de incêndio no interior do parque. Por fim, em menor escala, os níveis mais baixos de inflamabilidade acerca da temperatura da superfície apresentaram uma área com cerca de 9.105 ha, sendo mais expressivos na região sul da área de estudo. Os níveis mais baixos ocupam 7,63% do território, sendo motivados pelo tipo de vegetação mais úmida e florestal, poucas ocupações humanas, altimetria elevada e algumas atividades no setor de culturas.

Fatores de influência em função do relevo também são importantes no processo dos riscos de incêndios florestais. A Figura 2 letra D e E, mostram os mapas de altimetria e declividade, a área de estudo dispõe de um relevo bem marcado, entre a porção da baixada

cuiabana e o relevo alto e plano da Chapada dos Guimarães, com escarpas bem definidas que cortam a área de estudo de norte a sul. Os níveis de risco se modificam a cada aumento de elevação, pois a propagação do fogo multiplica a cada variação de 10° de inclinação (OLIVEIRA, 2002).

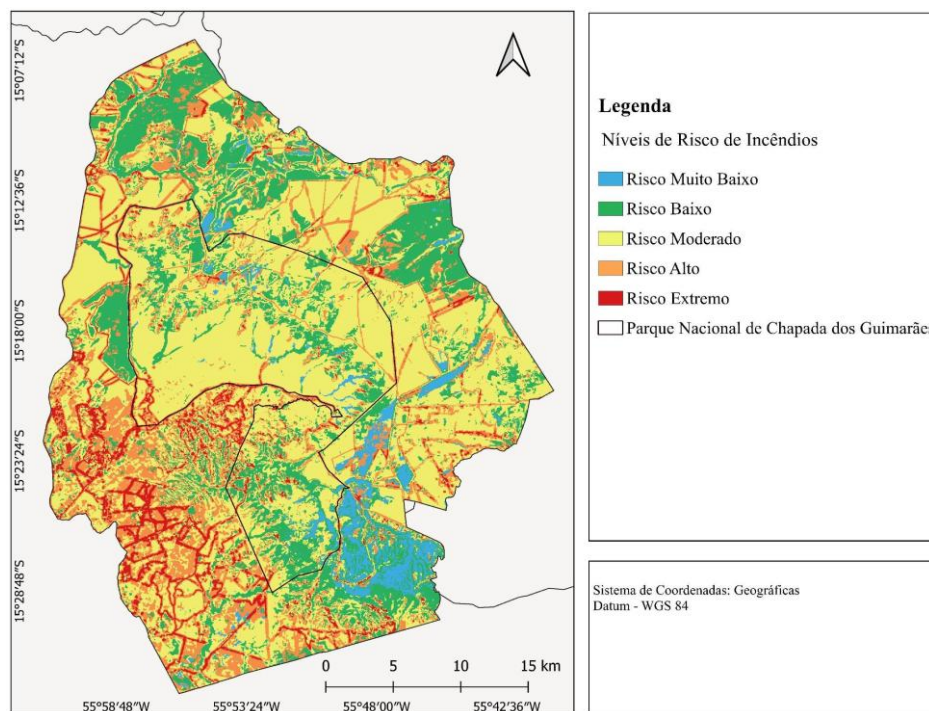
O mapa de declividade do relevo resultou em uma influência relativamente baixa em relação a ignição do fogo, de acordo com sua distribuição de cinco classes (muito baixo, baixo, moderado, alto e extremo). As regiões que apresentam um nível crítico de risco, cobrem 2,91% de todo território. Sua inclinação registrou valores acima de 45%, onde implica em uma grande disseminação do fogo. Os níveis mais altos expressam uma ocupação de 5,03% da área, totalizando 9.480 ha, com declividades que marcam 35% a 45% de inclinação. Em algumas localidades, as amostras apresentaram uma proximidade com uma circulação viária e ocupações urbanas, que podem proporcionar uma ignição de fogo. Seu surgimento é mais evidente ao sul do parque, onde há pouca amostra de estruturas urbanas (casas, comércio e vias), mas com intensa atividade turística (cachoeiras e trilhas), sendo uma zona de atenção.

De acordo com os dados obtidos, uma parte expressiva do PNCG apresenta um alto risco de incêndios acerca de sua altimetria. Com quase metade do parque, 46,11% da área possui uma altimetria entre 160m a 360m, ocupando uma área de 55.000,70 ha, área da Baixada Cuiabana. A maior parte desta área se situa na região oeste do parque, a qual ocupa o território do município de Cuiabá, sendo bem expressivo no perímetro urbano onde se eleva ainda mais os fatores de ignição. Em menor expressão, ao sudeste do parque, 25,15% do território apresenta um risco baixo em sua ignição do fogo por altimetria, com relevo medindo entre 570m a 861m, os baixos índices ocupam uma área de 29.999 ha. que em sua maioria, faz-se presente na zona de amortecimento.

A integração dos mapas com as variáveis aplicadas dentro da área de estudo, possibilitou a elaboração do mapa de risco de incêndios (Figura 3). Os maiores índices de risco de incêndios florestais estão localizados na região sudeste da área de estudo (Baixada Cuiabana), representando cerca de 5,97% (7.134,76 ha) do perímetro manifesta um risco extremo de ignição. Isso ocorre pela influência dos fluxos de vias de acesso, às áreas de

pastagem, as atividades agropastoris, proximidade com a capital Cuiabá e pavimentações que contornam o parque.

Figura 3. Mapa de risco de incêndios florestais do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães - MT.



Fonte: IBGE (2022), MAPBIOMAS BRASIL (2023). Elaborado pelos autores

As áreas de risco alto apresentam uma confluência com as áreas de risco extremo, pois sua incidência também ocorre pela proximidade das vias urbanas e arruamentos, mas também pela sua formação savânica e campestre, na qual apresenta grande material orgânico propícios para queima. Cerca de 18,59% do parque apresenta níveis altos de risco de incêndio ao longo de 22.209 ha. Ocupando quase metade da área de estudo, a classe risco moderado se distribuem em todos os pontos da área de estudo, com 49,60%, o risco moderado apresenta grande atividade no interior do PNCG em decorrência das variações altimétricas, da cobertura vegetal e da temperatura do solo no entorno de seus 59.243,51 ha.

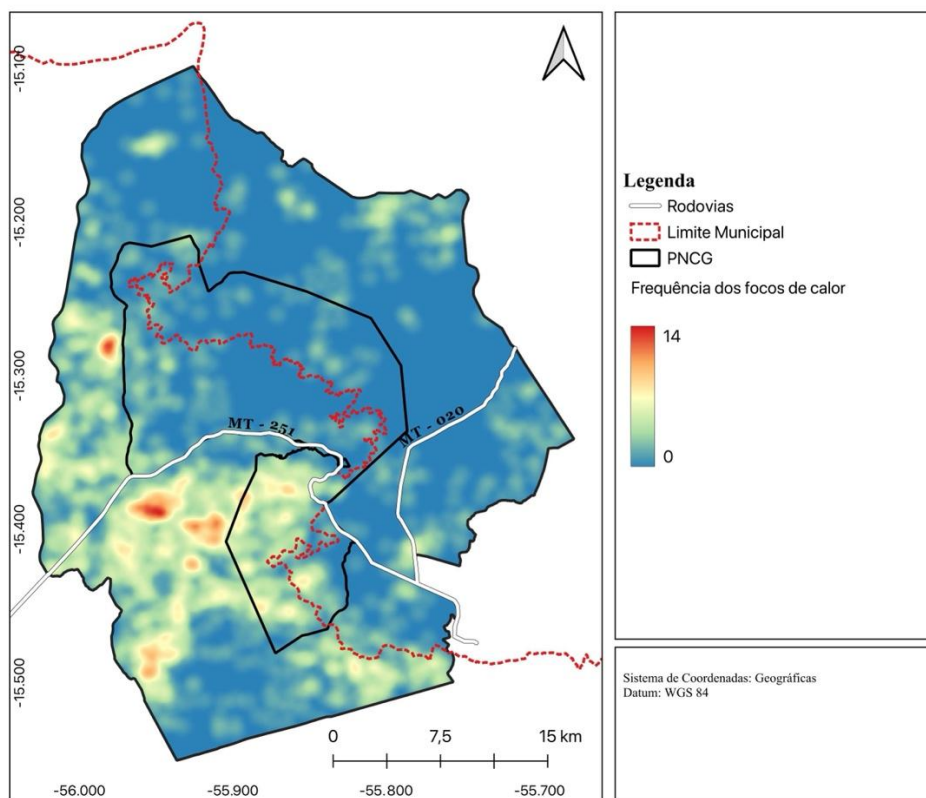
O risco baixo apresentou cerca 21,99% de ocupação dentro do parque, onde se concentra ao noroeste e ao sudeste do PNCG, bem como o nível de risco muito baixo, onde apresentou cerca de 3,85%. Somadas as áreas, 30.861,22 ha do parque apresentam risco

mínimo de incêndios florestais à Unidade de Conservação. Os resultados obtidos dentro do PNCG se fazem coerente quando comparado a outros estudos de paramétricos de risco realizados em outras localidades, como a análise realizada por Ribeiro *et al.* (2008) na Fazenda Experimental do Cangari, Pinhais - PR, onde apontou uma incidência de 24% para as áreas de alto risco, 56,6% para as áreas de risco moderado e 19,4% para as áreas de risco baixo distribuídos em uma área de 428,68 ha, com 5,2% de sua área em contato com sistema viário ou edificações. A análise paramétrica realizado no Parque Estadual do Cerrado - PR (KOPROSKI *et al.*, 2011), também se assemelhou aos resultados obtidos no PNCG, apresentando classes de risco muito alto com 4,66%; risco alto com 44,36%; risco moderado com 37,99% e o risco baixo com 12,99% em uma área de 430 ha.

Quando analisamos os dados de focos de calor disponibilizados pelo INPE (INPE, 2024) de 2003 a 2022 (Figura 4), algumas áreas chegaram a registrar uma frequência de 14 vezes no mesmo local, as localidades onde houveram maior frequência de incêndios se situam em áreas onde a análise paramétrica realizado das variáveis apresentaram classificações de risco alto, muito alto ou extremo com proximidades urbanas do município de Cuiabá e Chapada dos Guimarães. Contudo, a análise de risco revelou que a proximidade com as áreas urbanas da ZA, às rodovias e as atividades realizadas pela pastagem, tem se mostrado os principais fatores de risco no surgimento dos focos com potencial em adentrar o limite do PNCG.

A elaboração da análise paramétrica de risco no Parque Nacional de Chapada dos Guimarães apresentou três áreas onde o manejo do fogo deve ser prioritário, são onde os índices de risco moderado, alto e extremo ocorrem. Os níveis mais elevados (alto e extremo) atuam em conjunto, disseminando-se em toda área a do parque, sendo mais expressivo na região sudoeste com a maior concentração urbana do município de Cuiabá - MT, bem como a ocupação do sistema viário. Dentro do parque, o risco moderado se propaga devido a cobertura de sua formação vegetal e a influência antrópica nos diversos pontos turísticos densamente movimentados ao sul, em suas trilhas ou nos arruamentos espalhadas pelo parque. Desta forma a atuação constante de atividades de prevenção e conscientização devem ser tomadas, bem como as fiscalizações dos órgãos competentes.

Figura 4. Mapa de focos de calor entre os anos de 2003 a 2022 no PNCG e seu entorno



Fonte: INPE (2024). Elaborado pelos autores

Considerações finais

É de suma importância conhecer a origem e a ignição do fogo para definir as regiões de maior risco e estabelecer programas intensivos de prevenção para as regiões de maior incidência. Partindo disso, o zoneamento de risco de incêndios florestais no Parque Nacional de Chapada dos Guimarães proporcionou a classificação espacial dos riscos de incêndios para a UC, além de contribuir para o conhecimento das principais causas de ignição e proliferação do fogo dentro da unidade, onde evidenciou a proximidade das vias e zonas urbanas como os maiores agentes de ignição do fogo.

As áreas de Risco Alto e Extremo, estão principalmente em áreas de pastagem e atividades agropastoris, com proximidade com a capital Cuiabá e pavimentações que contornam o parque. Portanto, o propósito do presente trabalho é possibilitar a visualização detalhada das áreas de risco, possibilitando a melhor tomada de

decisões em pontos estratégicos dentro do parque para o combate dos incêndios. Medidas de prevenção são fundamentais para a proteção do parque, como a conscientização da população através de publicidade digital e física, a realização de aceiros entre as estradas e florestas, e a disseminação de informações sobre o risco do fogo nos períodos mais críticos do ano, a fiscalização intensiva, bem como suas punições legais.

O mapa de risco de incêndios florestais do PNGC deve ser revisto periodicamente, uma vez que as condições ambientais estão sempre mudando, o que pode alterar o nível de risco ao longo do tempo. Ademais, a inserção de outras variáveis e seus respectivos pesos podem ser aprimoradas por meio de análises estatísticas, com base em registros de incêndios e focos de calor ocorridos na área.

Referências

BATISTA, A. C.; OLIVEIRA, D. S.; SOARES, R. V. **Zoneamento de risco de incêndios florestais para o estado do Paraná**. Curitiba: Fupef, 2002.

BFG (THE BRAZIL FLORA GROUP) 2021. **Flora do Brasil 2020**. 1-28 pp. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. <http://doi.org/10.47871/jbrj2021001>.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades do solo**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.

BRASIL. **Cuiabá: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. BRASIL: Projeto RADAMBRASIL, 1982.

COSTA, Y. T.; RODRIGUES, S. C. Efeito do fogo sobre vegetação e solo a partir de estudo experimental em ambiente cerrado. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 30, p. 149-165, 2015. DOI: <https://doi.org/10.11606/rdg.v30i0.101686>.

DA ROCHA, L. G.M.; DRUMMOND, J. A.; GANEM, R. S. Parques nacionais brasileiros: problemas fundiários e alternativas para a sua resolução. **Revista de Sociologia e Política**, v. 18, p. 205-226, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0104-44782010000200013>.

FERREIRA, A.J.D.; ALEGRE, S.P.; COELHO, C. O. A.; SHAKESBY, R. A.; PÁSCOA, F. M.; FERREIRA, C. S. S. Strategies to prevent forest fires and techniques to reverse degradation processes in burned areas. **Catena**, v. 128, p. 224-237, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.09.002>.

FIDELIS, ALESSANDRA e PIVELLO, VÂNIA R. Deve-se Usar o Fogo como Instrumento de Manejo no Cerrado e Campos Sulinos? **BioBrasil**, v.1. n. 2, 12-25, 2011. <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v1i2.102>

FIEDLER, N. C.; MERLO, D. A.; MEDEIROS, M. B. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. **Ciência Florestal**, v. 16, p. 153-161, 2006. <https://doi.org/10.5902/198050981896>.

FREIRE, S.; CARRÃO, H.; CAETANO, M. **Produção de cartografia de risco de incêndio florestal com recurso a imagens de satélite e dados auxiliares**. Lisboa: IGP, 2002.

HARDESTY, J.; MYERS, R.; FULKS, W. Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. **The George Wright Forum**, v.22, p. 78-87, 2005.

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. **Unidades de conservação do Brasil: Parques Nacionais e Reservas Biológicas**. Ministério da Agricultura, Brasília. 1989.

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Plano de manejo: Parque Nacional da Chapada dos Guimarães**. Relatório final editado em abril de 2009. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/parnaguimaraes/>>. Acesso em: 20 nov. 2023

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha municipal digital**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 15 abr. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **BDQueimadas - Programa de Queimadas. 2023**. Disponível em: <http://https://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>. Acesso em: 19 out. 2023.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Programa de Queimadas: BDQueimadas**. 2024. Disponível em: <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>>. Acesso: 13 Mar. de 2024.

KOPROSKI, L.; FERREIRA, M. P.; GOLDAMMER, J. G.; BATISTA, A. C. Modelo de zoneamento de risco de incêndios para unidades de conservação brasileiras: o caso do Parque Estadual do Cerrado (PR). **Revista Floresta**, v. 41, n. 3, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v41i3.24049>.

MAPBIOMAS BRASIL – **Coleção[versão7.1] da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil**. 2021. Disponível em: <https://mapbiomas.org>. Acesso em: 12 mar. de 2023.

MEDEIROS, M. B. Manejo de fogo em unidades de conservação do cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 10, n. 1, p. 76-89, 2002.

MENGUE, V. P. Análise espacial dos registros de focos de calor na área de proteção ambiental do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães/MT entre os anos de 2002 a 2021. **Revista Geoaraguaia**, v. 12, n. 2, p. 84–105, 2022.

MYERS, R. L. Convivendo com o fogo: Manutenção dos ecossistemas e subsistência com o manejo integrado. Tallahassee: **The Nature Conservancy**, 28 p, 2006. Disponível em: <https://ava.icmbio.gov.br/pluginfile.php/4592/mod_data/content/19875/2006-Convivendo_com_o_Fogo.pdf> Acesso em: 11 dez. 2023.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **O Bioma Cerrado**, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-ecossistemas/ecossistemas/biomas/cerrado>> Acesso em: 23 nov. 2023

OLIVEIRA, D. S. Zoneamento de risco de incêndios em povoados florestais no norte de Santa Catarina. 112 f. **Tese de Doutorado**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2002.

PARREIRA, R. R. P.; CABRAL, I. de L. L. Agentes causadores das queimadas no Parque Nacional de Chapada dos Guimarães–MT. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, p. 1-17, 2011.

PIVELLO, V. R. Os cerrados e o fogo. **ComCiência**, n. 105, 2009. Disponível em: <http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542009000100010&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 22 nov. 2023.

PIVELLO, V.R. The use of fire in Brazil: past and present. **Fire Ecology**, v.7, 24-39, 2011. [doi:10.4996/fireecology.0701024](https://doi.org/10.4996/fireecology.0701024)

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (eds.) Cerrado: ecologia e flora. Planaltina: **Embrapa – CPAC**, v. 1, p. 151-199. 2008.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, J. F.; BRUNO. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**. 1998. Disponível em: < <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/554094>>. Acesso em: 10 jan. 2024.

RIBEIRO, L.; KOPROSKI, L. P.; STOLLE, L.; LINGNAU, C.; SOARES, R.V. BATISTA, A.C. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a fazenda experimental do Canguiri, Pinhais (PR). **Revista Floresta**, v. 38, n. 3, p. 561-572, 2008. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v38i3.12430>.