



AValiação de Focos de Calor e Desmatamento do Cerrado (2020-2022) via Consultas Espaciais em Banco de Dados SQL

Alisson Cleiton de Oliveira¹; Thales Sehn Körting²; Karine Reis Ferreira³; Lúbia Vinhas⁴

^{1,2,3,4,5} Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Divisão de Observação da Terra e Geoinformática - DIOTG, São José dos Campos,

¹ Brasil. E-mail (alisson.oliveira@inpe.br)
<https://orcid.org/0000-0001-5177-3730>

² Brasil. E-mail (thales.korting@inpe.br)
<https://orcid.org/0000-0002-0876-0501>

³ Brasil. E-mail (karine.ferreira@inpe.br)
<https://orcid.org/0000-0003-2656-5504>

³ Brasil. E-mail (lubia.vinhas@inpe.br)
<https://orcid.org/0000-0003-1104-3607>

RESUMEN. Las proyecciones señalan que la temperatura máxima del Cerrado podrá aumentar hasta 6° en 2050 en comparación con 1961, un bioma que ya ha perdido cerca del 46% de su cobertura nativa debido a la conversión para otros usos. El objetivo principal de este estudio fue realizar un diagnóstico, a nivel estatal, municipal y de unidades de conservación, sobre los puntos de calor y la deforestación en el Cerrado entre 2020 y 2022, utilizando datos oficiales del INPE. Los resultados indican que la región de MATOPIBA es el epicentro principal donde estos problemas se están intensificando, aunque Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais y Pará también experimentan presión en cuanto a la conservación del Cerrado. En particular, el municipio de Santa Maria das Barreiras, en Pará, emerge como un importante foco de deforestación en la actualidad. Además, durante el período analizado, los municipios de Mirador y Balsas, en el estado de Maranhão, sobresalen por tener el mayor número de puntos de calor y la mayor área deforestada, respectivamente.

Palabras-clave: INPE; MATOPIBA; Mirador; Balsas; Maranhão.

RESUMO. Projeções indicam um aumento na temperatura máxima do Cerrado de até 6°C em 2050 em relação a 1961, bioma que já teve cerca de 46% da sua cobertura nativa convertida a outros usos. O presente trabalho teve como objetivo principal traçar um diagnóstico geral, em nível estadual, municipal e de unidades de conservação, das ocorrências de focos de calor e de desmatamento do Cerrado entre 2020 e 2022, baseado em dados oficiais do INPE. Os resultados apontam a região do MATOPIBA como sendo o palco principal em que esses problemas são intensificados, apesar de Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais e Pará figurarem, em alguma medida, como vetores de pressão do Cerrado. De forma geral, o município de Santa Maria das Barreiras, no Pará, indica ser um vetor importante de desmatamento atual. Mirador e Balsas, municípios maranhenses, destacam-se no período analisado por registrarem o maior número de focos de calor e a maior área desmatada, respectivamente.

Palavras-chave: INPE; MATOPIBA; Mirador; Balsas; Maranhão.

ABSTRACT. Projections indicate an increase of up to 6°C in the maximum temperature of the Cerrado by 2050 compared to 1961, a biome that has already lost about 46% of its native land cover to other uses. The main objective of this study was to provide a general diagnosis of the fire hotspots and deforestation scenario in the Cerrado between 2020 and 2022, at the level of states, municipalities and conservation units, based on official data provided by INPE. The results identify the MATOPIBA region as the main region where these issues are exacerbated, although Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais and Pará states also emerge to some extent as areas of pressure for the Cerrado conservation. Santa Maria das Barreiras, in Pará state, seems to be an important vector of current deforestation. Mirador and Balsas, both municipalities of the Maranhão state, stand out for having the highest number of hotspots and the largest deforested area, respectively..

Keywords: INPE; MATOPIBA; Mirador; Balsas; Maranhão.



1. INTRODUÇÃO

O Cerrado, *hotspot* global de conservação, é caracterizado por uma rica biodiversidade, altos índices de endemismo e pela presença de ameaças decorrentes de atividades antrópicas (Myers *et al.*, 2000). A história de ocupação do Cerrado é relativamente recente, pois foi na década 1970 que a presença humana se intensificou no bioma, resultado de projetos nacionais. Por deter solos arenosos e distróficos, normalmente abundantes em alumínio e de pH ácido, os ecossistemas do Cerrado não foram considerados adequados à agricultura em um primeiro momento, entretanto, com adventos tecnológicos, o bioma passou a ter potencial agrícola (Faria; Santos, 2016, Dutra; Souza, 2017; Santos; Miranda; Silva-Neto, 2020).

São diversos os serviços ambientais prestados pelo Cerrado (Colman, 2024). O Brasil tem 12 principais regiões hidrográficas, e 10 são diretamente abastecidas por esse bioma (Oliveira *et al.*, 2014). Apesar de as fitofisionomias abertas apresentarem diferenças morfológicas evidentes em relação a florestas tropicais e ambientes de vegetação densa, o Cerrado é um sumidouro de carbono, à medida que gramíneas nativas são eficientes em sequestrar CO₂ (Bustamente *et al.*, 2012), e um importante estoque de carbono, dado que a biomassa do Cerrado é, principalmente, subterrânea (Terra *et al.*, 2023).

Hofmann *et al.* (2021) destacam a produção agrícola e a liberação de aerossóis, provenientes de queimadas, como variáveis que historicamente impactam o sistema climático do bioma e projetam que, sob a atual dinâmica de conversão e uso da terra, o Cerrado terá em 2050 um aumento na temperatura máxima de até 6°C em comparação a 1961. Segundo Overbeck *et al.* (2015), o desafio da conservação de ecossistemas não florestais é ainda maior do que de florestas, o que se verifica, por exemplo, na menor extensão total das áreas protegidas. O Cerrado já perdeu cerca de 46% da sua cobertura vegetal nativa e tem uma taxa de conversão anual de 5 mil km² (Hofmann *et al.*, 2021). Diante das mudanças climáticas, torna-se urgente a adoção de políticas ambientais eficientes e tecnologias de monitoramento dos biomas.

Um dos primeiros instrumentos de proteção do Cerrado, alinhado à Lei n. 12.817/2009 (BRASIL, 2009), foi o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas (PPCERRADO, 2010) de 2010 (1º fase). Como exemplo de atuação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) está a ação estratégica 7.1 (Desenvolver e implementar um sistema de monitoramento anual com cobertura completa do Bioma Cerrado que abranja todos os tipos de vegetação), do Macro Objetivo 7 (Aprimorar o monitoramento da cobertura florestal no bioma Cerrado), e a ação 10.11 (Realizar estimativa automática quinzenal de áreas queimadas com imagens de baixa resolução) do Macro Objetivo 10 (Aprimorar a prevenção e o controle das Queimadas e Incêndios Florestais).

O INPE realiza o mapeamento do desmatamento da Amazônia Legal desde 1988 e, a partir de 2016, o PRODES (Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite) mapeia também o desmatamento do Cerrado. Atualmente, o INPE disponibiliza essas informações geoespaciais e mantém um sistema de detecção de focos de calor em tempo quase real e de mapeamento mensal de áreas queimadas, chamado BDQueimadas. Além disso, está em funcionamento o sistema DETER (Detecção de Desmatamento em Tempo Real), responsável por prover órgãos ambientais com dados sobre desmatamento e degradação florestal para fins de fiscalização em tempo quase real.

Dado esse cenário e a disponibilidade de dados produzidos pelos projetos do INPE alinhados ao PPCerrado, esse trabalho busca realizar um diagnóstico dos focos de calor e do desmatamento dos anos de 2020, 2021 e 2022 ocorridos no Cerrado, considerando análises por estado, municípios, reservas legais (RLs) e unidades de conservação (UCs).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro e é caracterizado por diferentes fitofisnomias campestres, savânicas e florestais. Esses ecossistemas ocorrem, geograficamente, em mosaicos ao longo das coordenadas -2° e -25° de latitude e -40° a -60° de longitude, em um padrão espacial diagonal que se estende do sudoeste do estado do Mato Grosso do Sul (MS) ao nordeste do Maranhão (MA). A área compreendida pelo Cerrado é superior a 2 milhões de km^2 , o que corresponde a 25% do território nacional, e abrange 13 estados brasileiros, conforme ilustra a Figura 1.

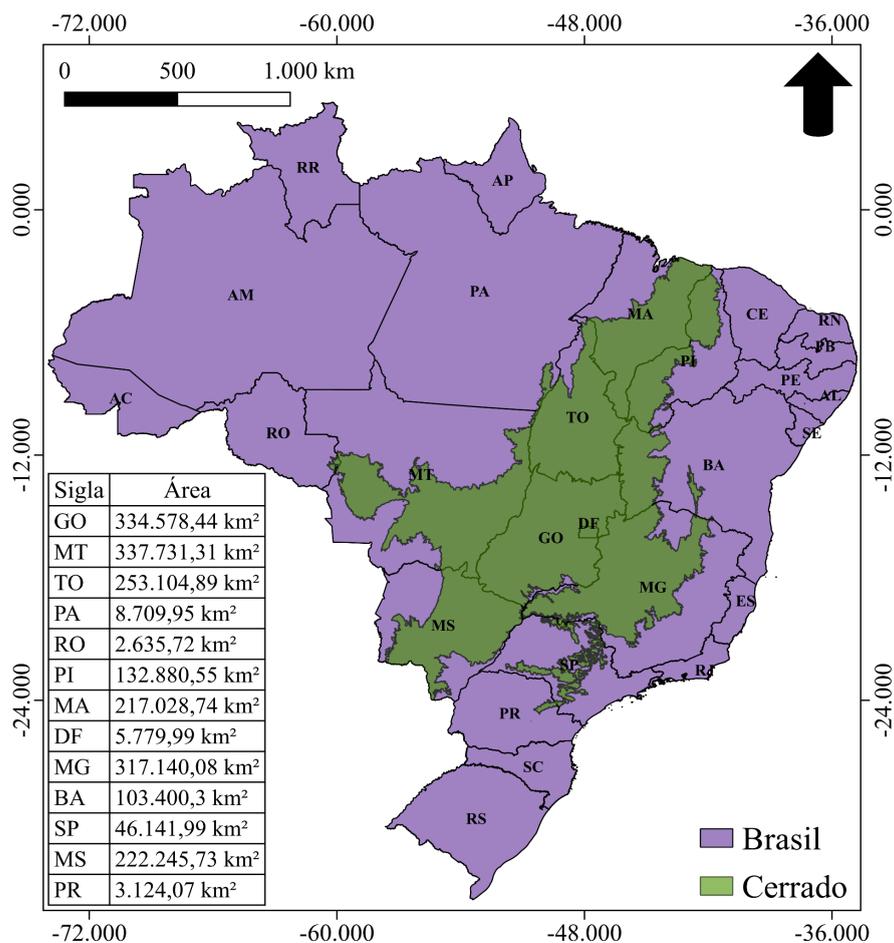


Figura 1. Distribuição do Cerrado e área (km^2) ocupada por estado.

2.1. Fluxograma

As etapas metodológicas estão exemplificadas no fluxograma da Figura 2. Os limites estaduais, municipais e do Cerrado foram adquiridos do *site* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2024). Os limites das UCs são provenientes do Ministério do Meio Ambiente e da Mudança do Clima (MMA) (MMA, 2024) e os limites das RLs foram adquiridos do Cadastro Ambiental Rural (CAR) (SICAR, 2024). Os dados de desmatamento dos anos de 2020, 2021 e 2022 são oriundos da plataforma TerraBrasilis (INPE, 2024a), e os dados de focos de calor dos três anos constam do BDQueimadas (INPE, 2024b).

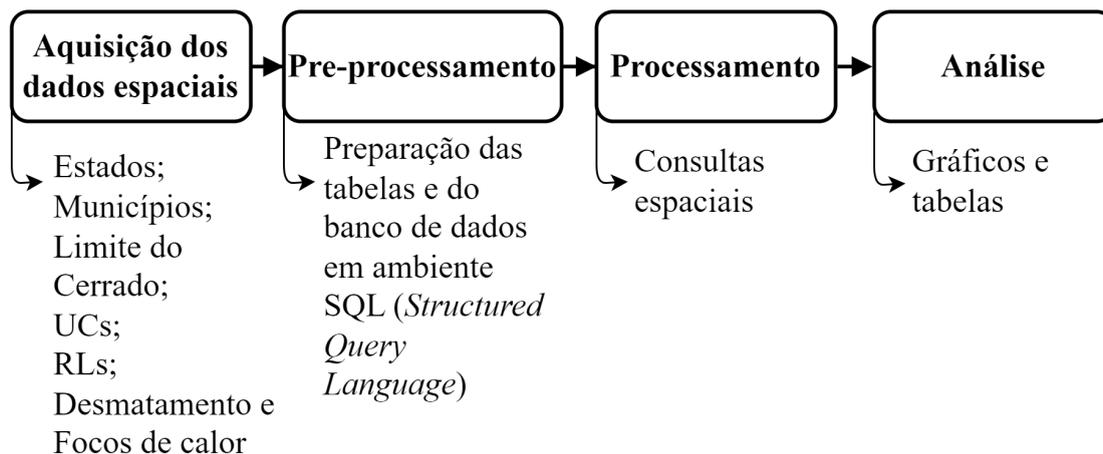


Figura 2. Fluxograma da metodologia.

Após a aquisição dos dados espaciais em formato *shapefile*, procedeu-se à etapa de preparação das tabelas e do banco de dados em linguagem SQL (*Structured Query Language*), com a utilização da extensão PostGIS em ambiente QGIS 3.22.12 Criou-se, para todas as tabelas, a coluna “id” a fim de ser usada como chave primária nas consultas espaciais. Nas análises concernente às RLs, considerou-se nas operações de intersecção apenas àquelas com *status* de “aprovada” e “averbada”, e no caso dos focos de calor, utilizou-se somente os focos detectados pelo satélite de referência do BDQueimadas (MODIS/AQUA M-T).

Procedeu-se às seguintes consultas: *a*) total de focos de calor por estado; *b*) área total de desmatamento por estado; *c*) total de focos de calor contidos em áreas desmatadas por estado; *d*) total de focos de calor contidos em RLs por estado; *e*) total de focos de calor por município; *f*) área total de desmatamento por município; *g*) total de focos de calor por UC e por categoria de UC; e *h*) área total de desmatamento por UC e por categoria de UC. Para a análise dos municípios, considerou-se aqueles posicionados nas vinte primeiras posições nos *rankings* anuais de focos de calor e de desmatamento acumulados, e os que ocupam repetidamente os *rankings*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise dos estados

O Cerrado se distribui por 13 estados brasileiros em diferentes proporções, sendo Mato Grosso (17,02%), Goiás (16,86%) e Minas Gerais (15,98%) os estados que possuem as maiores áreas desse bioma, cada um com mais de 300 mil km². Tocantins (TO) (12,75%), MS (11,2%) e MA (10,94%) contêm entre 200 mil e 300 mil km². Juntos, esses seis estados compreendem 84,75% da área total do Cerrado. Rondônia (RO) e Paraná (PR) são os estados menos representativos.

Segundo dados do satélite de referência do BDQueimadas, o total de focos de calor observado no Cerrado entre 2020 e 2022 foi de 176.355, sendo 62.206 de 2020, 57.923 de 2021 e 56.226 de 2022. Dados do PRODES mostram que para o período houve um desmatamento de 2.822.439,4 hectares (ha), sendo 808.527,6 ha em 2020, 901.963,9 ha em 2021 e 1.111.947,8 ha em 2022. A Figura 3 ilustra a quantidade de focos de calor e de desmatamento anuais por estado presente no Cerrado para os três anos de análise do presente diagnóstico.

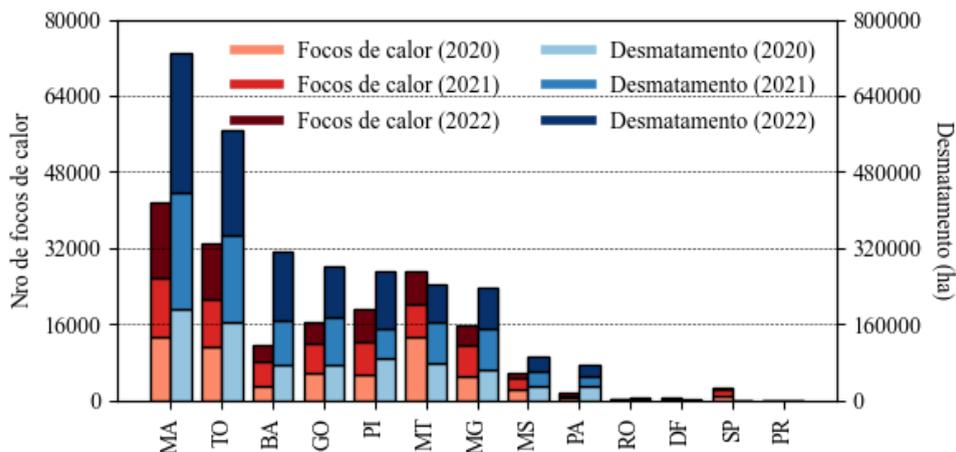


Figura 3. Total de focos de calor e desmatamento por estado entre 2020 e 2022.

Observa-se que MA e TO são os estados com as maiores áreas desmatadas, pois a soma dos desmatamentos anuais de 2020 e 2021 desses estados supera a área desmatada em qualquer outro estado ao longo dos três anos. O desmatamento anual do MA foi de 193.602 ha, 241.801 ha e 293.659 ha, respectivamente, indicando haver uma tendência de aumento e um acumulado de 729.064,2 ha (25,83% de todo o desmatamento do Cerrado). Em TO, o desmatamento foi de 163.308,8 ha, 182.863,7 ha e de 222.587,5 ha, demonstrando tendência crescente, com aumento na taxa em 2022, e um acumulado de 568.760 ha, ou 20,15%. Portanto, 45,98% do desmatamento do período ocorreram nesses dois estados. Os estados do MA e TO também registraram o maior acumulado de focos de calor do período, com 41.551 e 33.009, respectivamente.

Diferentemente da dinâmica de desmatamento, nesse caso a tendência não é crescente. Em 2021, houve menos focos (12.421 em MA e 9.759 em TO) do que em 2020 (13.270 em MA e 11.484 em TO). Porém, em 2022 houve um aumento nos registros (15.860 em MA e 11.769 em TO). O MT foi o terceiro estado com o maior acumulado de focos, totalizando 27.297, sendo 2020 o ano mais intenso, com 13.549 detecções. A Figura 4 quantifica a interseção anual dos focos com os polígonos de desmatamento e de RLs por estado, a fim de indicar possíveis relações entre focos de calor e essas áreas. A análise do gráfico revela que o acumulado de focos no interior de RLs do MT foi de 5.501, significando que 20,15% dos focos detectados no estado entre 2020 e 2022 estão em RLs, ou seja, um a cada cinco focos detectados no MT ocorreu no interior dessas áreas protegidas.

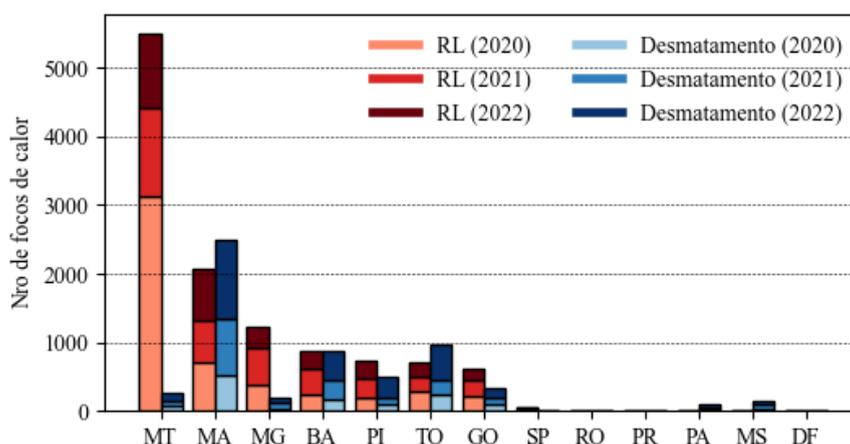


Figura 4. Focos de calor contidos em RLs e em polígonos de desmatamento por estado.

Contudo, o acumulado referente aos focos detectados em polígonos de desmatamento contidos no estado do MT foi de 274, número inferior ao observado nos estados do MA (2.497), TO (957), BA (868) e Piauí (PI) (399). Desses quatro estados, MA e TO foram os dois em que houve mais detecções de focos de calor no interior de polígonos de desmatamento do que em RLs. Outro estado que se destaca na análise é MG, que apesar de ter registrado 186 focos no acumulado dos três anos em polígonos de desmatamento, registrou 1.235 focos em RLs, o terceiro maior acumulado entre todos os estados. Os estados do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) ocupam as primeiras quatro posições no acumulado de focos por áreas desmatadas do período.

3.2 Análise dos municípios

Os gráficos da Figura 5a contém a distribuição dos municípios por estado do *ranking* dos vinte municípios com o maior número de focos de calor detectados anualmente, e a Figura 5b apresenta a distribuição dos municípios do *ranking* do desmatamento.

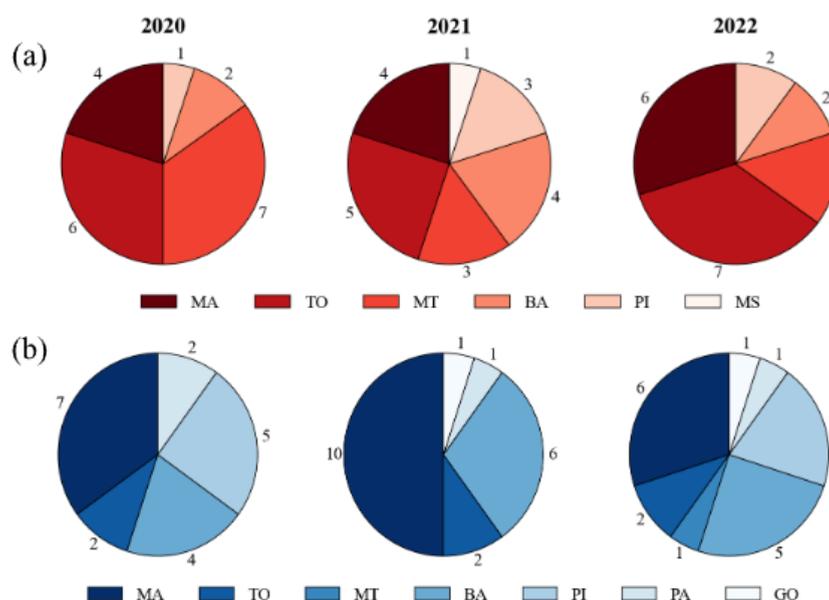


Figura 5. a) Distribuição dos municípios por estado nos *rankings* anuais de focos de calor; b) Distribuição dos municípios por estado nos *rankings* anuais de desmatamento.

Entre os 20 municípios que integraram o *ranking* de focos de calor de 2020, o MT se destacou com 7 representantes, seguido por TO (6) e MA (4). Essa sequência se alterou em 2021, pois TO e MA superaram o MT, com 5, 4 e 3 municípios no *ranking*, respectivamente. Essa tendência continuou em 2022, com TO liderando o *ranking* (7 municípios), seguido por MA (6) e MT (3). Outros estados que também figuraram na lista em algum momento do período analisado são BA, PI e MS (Porto Murtinho, com 481 focos de calor em 2021).

Predominam, nos *rankings* de desmatamento, municípios dos estados do MA, PI, BA e TO. MA deteve o maior número de municípios em 2020 (7), 2021 (10) e 2022 (6). PI foi o estado com o segundo maior número de representantes em 2020 (5) e o terceiro em 2022 (4), e esteve ausente em 2021. BA teve 4 municípios em 2020 e ficou em segundo nos anos de 2021 e 2022, com 6 e 5 municípios, respectivamente. Por fim, TO teve 2 municípios no *ranking* em cada um dos anos. Outros estados que compõem a análise são o MT (município de Cocalinho, com uma área desmatada de 9.343,7 ha em 2022), Pará (PA) (Santa Maria das Barreiras em



2020, 2021 e 2022 e Conceição do Araguaia, que desmatou 6.663 ha em 2020) e Goiás (Niquelândia, que desmatou 6.315,2 ha em 2021 e 8.541,7 ha em 2022).

Dos onze municípios que se repetem nos *rankings* anuais de focos de calor, 4 pertencem ao estado do MA, 3 localizam-se no TO, 2 no MT, 1 na BA e 1 no PI. No que diz respeito aos dez municípios recorrentes nos *rankings* de desmatamento, 4 pertencem ao MA, 2 ao TO, 3 à BA, 1 ao PA e 1 ao PI. A Tabela 1 elenca os municípios que constam seguidamente nos *rankings* anuais e o acumulado registrado ao fim do período. O único município recorrente nos *rankings* de desmatamento que não pertence à região do MATOPIBA foi Santa Maria das Barreiras (PA), que registrou um acumulado de 35.560 ha, e dos *rankings* de focos de calor foram Campinópolis e Nova Nazaré, ambos do MT.

Focos de calor					Desmatamento (km ²)				
Município	2020	2021	2022	Total	Município	2020	2021	2022	Total
Mirador (MA)	1.136	907	1.053	3.096	Balsas (MA)	298,9	237,1	443,7	979,7
Lagoa da Confusão (TO)	779	1.441	755	2.975	Formosa do Rio Preto (BA)	178,2	142,7	320,4	641,3
Alto Parnaíba (MA)	961	669	1.029	2.659	São Desidério (BA)	118,2	205,5	266,8	590,5
Balsas (MA)	737	620	994	2.351	Paraná (TO)	117	136,7	182	435,7
Formoso do Araguaia (TO)	720	789	825	2.334	Jaborandi (BA)	71,8	114,4	219,1	405,3
Formoso do Rio Preto (BA)	515	865	576	1.956	Santa Maria das Barreiras (PA)	131,3	81,6	142,7	355,6
Fernando Falcão (MA)	602	477	752	1.831	Riachão (MA)	78,9	93,8	135	307,7
Campinópolis (MT)	724	463	630	1.817	Grajaú (MA)	65,4	102,6	115,3	283,3
Uruçuí (PI)	484	650	581	1.715	Rio Sono (TO)	52,9	88,9	121,6	263,4
Nova Nazaré (MT)	608	508	512	1.628	Mirador (MA)	110	71,2	7,52	188,7
Mateiros (TO)	482	506	566	1.554	–	–	–	–	–

Tabela 1. Municípios recorrentes nos *rankings* de focos de calor e de desmatamento.

O município de Mirador (MA) registrou o maior acúmulo de focos de calor, com 3.096 detecções, e também integra os *rankings* anuais de desmatamento, com um acumulado de 188,7 km². Outro município maranhense presente nos *rankings* é Balsas, que registrou um acumulado de focos de 2.351 e uma área total desmatada de 979,7 km². Balsas foi o primeiro colocado nos *rankings* anuais de desmatamento, indicando estar sob fortes pressões que ameaçam o Cerrado. Alto Parnaíba e Fernando Falcão foram os outros dois municípios do MA presentes nos *rankings* anuais de focos de calor, com acumulados de 2.659 e 1.831, respectivamente. Os municípios maranhenses dos *rankings* de desmatamento, e que não integraram o *ranking* dos focos de calor, são Riachão e Grajaú, com acumulados de 307,7 km² e 283,3 km². Considerando os municípios maranhenses da Tabela 1, é possível quantificar um desmatamento total de 1.759,4 km², cerca de 25% do desmatamento do período no estado.



Apesar de na BA apenas Formoso do Rio Preto constar repetidamente nos *rankings* de focos de calor, com um total acumulado de 1.956 detecções, o estado possui três municípios recorrentes nos *rankings* anuais de desmatamento, que juntos registraram uma área desmatada de 1.637,1 km² (ou 163.710 hectares). Formoso do Rio Preto e São Desidério ocupam, respectivamente, a segunda e a terceira posição no acumulado dos três anos, enquanto Jaborandi está na quinta posição. Considerando o desmatamento acumulado de 311.877,4 ha do período, esses três municípios baianos respondem por 52,4% do desmatamento do estado.

Os municípios de TO recorrentes nos *rankings* de focos de calor são Lagoa da Confusão (2.975), Formoso do Araguaia (2.334) e Mateiros (1.554). Lagoa do Confusão registrou o segundo maior acumulado, sendo 2021 o ano em que ocorreu a maior discrepância, pois teve 54% mais focos de calor do que em 2020 e 52,3% menos do que em 2022. A análise do desmatamento indica que Paranã e Rio Sono são os municípios presentes nos *rankings* anuais, com acumulados de 43.570 ha e 26.340, respectivamente, e ambos seguiram uma tendência de aumento no desmatamento entre 2020 e 2022. Juntos, os dois municípios respondem, no período analisado, por 12,29% do desmatamento do estado.

Uruçuí foi o representante do PI nos *rankings* de focos de calor, com 1.715 detecções. Nenhum dos municípios do PI que mais desmataram anualmente constam seguidamente nos *rankings*, mas em 2020 Baixa Grande do Ribeiro, Sebastião Leal, Uruçuí, Bom Jesus e Currais registraram juntos 30.868,6 ha desmatados (34,68% do desmatamento anual do estado). Não houve registro de municípios piauienses entre os 20 que mais desmataram em 2021, e em 2022 constaram Santa Filomena, Uruçuí, Currais e Baixa Grande do Ribeiro, com um total de 53.973 ha, ou 44,4% do desmatamento anual do estado. O acumulado de desmatamento dos municípios citados foi de 84.841,6 ha, ou 31.15% do observado no estado.

3.3 Análise das unidades de conservação

A Figura 6a apresenta os gráficos anuais de focos de calor e a Figura 6b o desmatamento por categorias de UCs. A classe “outras” engloba as categorias Refúgio de Vida Silvestre, Reserva Extrativista, Floresta, Reserva do Patrimônio Natural, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Monumento Natural e, no caso do desmatamento, a Estação Ecológica.

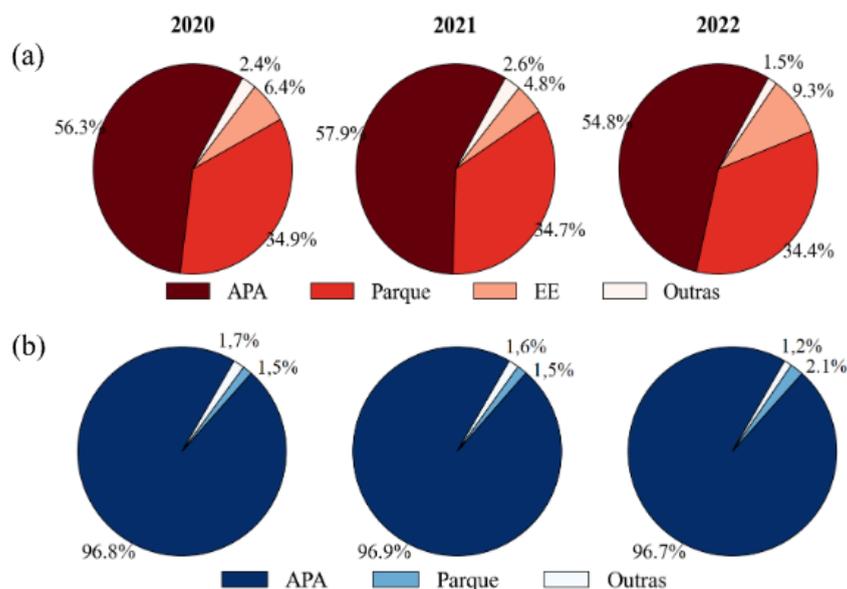


Figura 6. a) Acumulado de focos por categoria de UC; b) Acumulado de desmatamento.



Observa-se que as APAs contiveram cerca de 55% dos focos de calor anuais que ocorreram em UCs do Cerrado, com 4.252 em 2020, 4.550 em 2021 e 4.001 em 2022. Parque é a categoria que sucede, com 2.633 focos detectados em 2020, 2.723 em 2021 e 2.515 em 2022. Outra categoria que, proporcionalmente, destaca-se na análise é a estação ecológica, pois registrou acumulados superiores ao agregado das categorias agrupadas em “outras”. APAs, parques e estações ecológicas concentraram 97,6% dos focos totais em 2020, 97,4% em 2021 e 98,5% em 2022. O Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba liderou em 2020 e 2022, com 667 e 764 focos anuais, enquanto em 2021 foi a APA do Rio Preto, com 893 focos.

A análise do desmatamento revela que quase 97% do total registrado anualmente em UCs do Cerrado ocorrem em APAs, que pertencem ao grupo das UCs de uso sustentável. Parque é a categoria do grupo de proteção integral que registra os maiores percentuais desmatados nos três anos, pois o acumulado do período para essa categoria representa 5,1%, enquanto todas as UCs agrupadas em “outras” registraram 4,5%. O desmatamento em APAs foi de 65.029,68 ha em 2020, 63.508,1 ha em 2021 e 82.374,5 em 2022, e em Parques foi de 998,5 ha, 1.014 ha e 1.775,86 ha, respectivamente. A APA do Rio Preto foi a UC que registrou o maior desmatamento nos três anos (18.259,79 ha, 15.318,89 ha e 32.176,23 ha), seguida pela APA Ilha do Bananal/Cantão (15.277,98 ha, 14.203,93 ha e 19.644,85 ha).

4. CONCLUSÕES

De forma geral, Maranhão e Tocantins são os estados que registraram a maior quantidade de focos de calor e as maiores áreas desmatadas entre 2020 e 2022. Goiás é o único estado entre os quatro que mais desmataram que não pertence à região do MATOPIBA. Considerando focos de calor detectados em RLs e em polígonos de desmatamento, foi possível verificar que 20% dos focos detectados em Mato Grosso ocorreram no interior de RLs, e dos estados do MATOPIBA, Piauí foi o estado que registrou o maior número de focos em RLs do que em polígonos de desmatamento. Dos *rankings* anuais dos 20 municípios com a maior quantidade de focos, 11 são recorrentes nos três anos, e apenas dois não estão no MATOPIBA (Campinápolis e Nova Nazaré, localizados no Mato Grosso) e 10 são recorrentes nos três anos de análise do desmatamento, sendo o município de Santa Maria das Barreiras, no Pará, o único que não é do MATOPIBA. Mirador e Balsas, municípios do Maranhão, ocuparam as primeiras posições nos *rankings* anuais de focos de calor e desmatamento, respectivamente. A APA registrou o maior percentual de focos e desmatamento, com destaque para a APA do Rio Preto, na Bahia, e a APA Leandro (Ilha do Bananal/Cantão), no Tocantins

REFERÊNCIAS

BUSTAMANTE, M. M. C; NARDOTO, G. B; PINTO, A. S; RESENDE, J. C. F; TAKAHASHI, F. S. C; VIEIRA, L. C. G. **Potential impacts of climate change on biogeochemical functioning of Cerrado ecosystems**. Brazilian Journal of Biology, v. 72, p. 655-671, 2012. DOI: 10.1590/s1519-69842012000400005.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm.

COLMAN, C. B; GUERRA, A; ALMAGRO, A; ROQUE, F. O; ROSA, I. M. D; FERNANDES, G. W; OLIVEIRA, P. T. S. **Modeling the Brazilian Cerrado land use change highlights the need to account for private property sizes for biodiversity conservation**. Scientific Reports, v. 14, n. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55207-1>.



DUTRA, R. M. S; SOUZA, M. M. O. d. **Cerrado, revolução verde e evolução do consumo de agrotóxicos**. Sociedade & Natureza, v. 29, p. 473–488, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v29n3-2017-8>. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v29n3-2017-8>.

FARIA, K. M. S; SANTOS, R. A. **Análise espacial da densidade de fragmentos remanescentes e da estrutura da paisagem na sub-bacia do Rio Caiapó–GO**. Ateliê Geográfico, v. 10, p. 355–363, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5216/ag.v10i2.38627>.

HOFMANN, G. S; CARDOSO, M. F; ALVES, R. J; WEBER, E. J; BARBOSA, A. A; TOLEDO, P. M. de; PONTUAL, F. B; SALLES, L. d. O; HASENACK, H; CORDEIRO, J. L. et al. **The Brazilian Cerrado is becoming hotter and drier**. Global Change Biology, Wiley Online Library, v. 27, n. 17, p. 4060–4073, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.15712>.

IBGE. Download. 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>.

MMA. Download. 2024. Disponível em: <https://dados.gov.br/dados/conjuntos-dados/unidadesdeconservacao>.

INPE. TerraBrasilis. 2024a. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/>.

INPE. BD Queimadas. 2024b. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal/>.

MYERS, N; MITTERMEIER, R. A; MITTERMEIER, C. G; FONSECA, G. A. D; KENT, J. **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. Nature, v. 403, n. 6772, p. 853–858, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1038/35002501>.

OLIVEIRA, P. T. S; NEARING, M. A; MORAN, M. S; GOODRICH, D. C; WENDLAND, E; GUPTA, H. V. **Trends in water balance components across the Brazilian Cerrado**. Water Resources Research, v. 50, n. 9, p. 7100–7114, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1002/2013WR015202>.

OVERBECK, G. E; VÉLEZ-MARTIN, E; SCARANO, F. R; LEWINSOHN, T. M; FONSECA, C. R; MEYER, S. T; MÜLLER, S. C; CEOTTO, P; DADALT, L; DURIGAN, G; GANADE, G; GOSSNER, M. M; GUADAGNIN, D. L; LORENZEN, K; JACOBI, C. M; WEISSER, W. W.; PILLAR, V. D. **Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems**. Diversity and distributions, Wiley Online Library, v. 21, n. 12, p. 1455–1460, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/ddi.12380>.

PPCerrado. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento do Cerrado. Fase I. Brasília, DF: Casa Civil, 2010.

SANTOS, L. A. C; MIRANDA, S; SILVA-NETO, C. d. M. **Fitofisionomias do Cerrado: definições e tendências**. Élisée-Revista de Geografia da UEG, v. 9, n. 2, 2020.

SICAR. Base de downloads. 2024. Disponível em: <https://www.car.gov.br/publico/estados/downloads>.

TERRA, M. C. N. S; NUNES, M. H; SOUZA, C. R; FERREIRA, G. W. D; PRADO-JUNIOR, J. A; REZENDE, V. L; MACIEL, R; MANTOVANI, V; RODRIGUES, A; MORAIS, V. A; SCOLFORO, J. R. S; MELLO, J. M. **The inverted forest: aboveground and notably large belowground carbon stocks and their drivers in Brazilian savannas**. Science of the total Environment, v. 867, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161320>.