

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CAMPUS CORA CORALINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Maíra Iaê Savioli Rocha

**DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS QUEIMADAS NO
BIOMA CERRADO ENTRE 1999 E 2018**

Goiás (GO)

2021

Maíra Iaê Savioli Rocha

**DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS QUEIMADAS NO
BIOMA CERRADO ENTRE 1999 E 2018**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
Stricto Sensu em Geografia da Universidade Estadual de
Goiás – Campus Cora Coralina, como requisito para outorga
do título de mestrado em Geografia.

Área de Concentração: Estudos Ambientais e territoriais do
Cerrado

Linha de Pesquisa: Análise Ambiental do Cerrado

Orientador: Prof. Dr. Diego Tarley Ferreira Nascimento

Goiás (GO)

2021

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL (BDTD)**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Estadual de Goiás a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UEG), regulamentada pela Resolução, CsA nº 1.087/2019 sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9.610/1998, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data¹. Estando ciente que o conteúdo disponibilizado é de inteira responsabilidade do(a) autor(a).

Dados do autor (a)

Nome completo: MAÍRA IAÊ SAVIOLI ROCHA

E-mail: mairaa.savioli@gmail.com

Dados do trabalho

Título: DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS QUEIMADAS NO BIOMA CERRADO ENTRE 1999 E 2018.

Tipo:

[] Tese [X] Dissertação

Curso/Programa: Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Goiás.

Concorda com a liberação documento

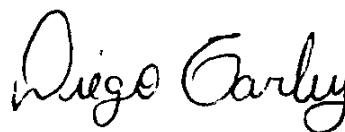
[X] SIM [] NÃO

¹Período de embargo é de até um ano a partir da data de defesa.

Goiás, 28 de setembro de 2021.



Assinatura autor(a)



Assinatura do orientador(a)

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA FONTE

Biblioteca Frei Simão Dorvi – UEG Câmpus Cora Coralina

R672d Rocha, Maíra Iaê Savioli.

Distribuição espaço-temporal das queimadas no bioma Cerrado entre 1999 e 2018 [manuscrito] / Maíra Iaê Savioli Rocha. – Goiás, GO, 2021.

112f. ; il.

Orientador: Prof. Dr. Diego Tarley Ferreira Nascimento.
Dissertação (Mestrado em Geografia) – Câmpus Cora Coralina, Universidade Estadual de Goiás, 2021.

1. Geoecologia. 1.1. Cerrado - bioma. 1.2. Impacto ambiental - queimadas. 1.2.1. Pontos quentes emergentes - análise. I. Título. II. Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Cora Coralina.

CDU: 633(213.54)

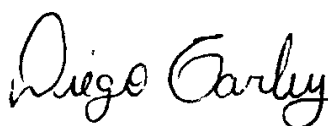
Bibliotecária responsável: Marília Linhares Dias – CRB 1/2971

Maíra Iaê Savioli Rocha

**DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS QUEIMADAS NO
BIOMA CERRADO ENTRE 1999 E 2018**

Dissertação apresentada no dia 10 de setembro de 2021 ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Geografia da Universidade Estadual de Goiás – Campus Cora Coralina, como requisito para outorga do título de mestrado em Geografia.

COMPOSIÇÃO DA BANCA DE DEFESA



PROF. DR. DIEGO TARLEY FERREIRA NASCIMENTO
Universidade Federal de Goiás
Orientador e Presidente da banca



PROF. DR. JOSÉ CARLOS DE SOUZA
Universidade Estadual de Goiás
Avaliador interno



PROFA. DRA. KARLA MARIA SILVA DE FARIA
Universidade Federal de Goiás
Avaliadora externa

ARADECIMENTOS

Aos meus mais profundos agradecimentos à minha família, com ela tudo é possível!

À minha avó Teca, por todo carinho e dedicação durante minha vida e pelo exemplo de ser mulher, professora e eterna aprendiz.

Aos meus amados pais, Vânia e Nilton, por sempre estarem ao meu lado, pelos ensinamentos, amor, compreensão e por serem minhas referências maiores de humanidade.

Ao meu querido irmão Pedro, pela fraternidade e por me inspirar a ser mais disciplinada e a confiar mais em mim.

À Cristiane, tia, madrinha e minha segunda mãe, que sempre me apoiou em incontáveis situações.

Ao Paulo Henrique, meu companheiro, pela paciência e afeto que foram fundamentais para que eu concluísse esse trabalho durante a pandemia.

À Thâmara e Thairyne, minhas primas-irmãs, pela alegria, amizade e pelos conselhos sobre a vida acadêmica.

Ao meu estimado orientador Diego Tarley, que acreditou no meu trabalho desde o primeiro momento, me estimulando a seguir em frente com confiança e compartilhando sempre, generosamente, seus imensos conhecimentos.

À minha amiga Luana Feldmann, companheira de graduação, pós-graduação e da vida.

Às minhas irmãs de alma, Paula e Irene que apesar da distância e tempo, estão sempre presentes.

À Marina, dona de um coração e mente gigantes, pelas conversas e estímulo.

À Ludmilla pela amizade e ajuda com traduções seguras de textos.

À Carolina, amiga querida que a pós-graduação trouxe, por compartilhar dores e alegrias desse processo.

Às pessoas do Sertão, Alto Paraíso, pelos conhecimentos populares sobre o fogo.

Agradeço ao Programa de Pós Graduação em Geografia (PPGEO), da Universidade Estadual de Goiás (professoras/es e servidoras/es, de modo especial); por tornar possível realizar esse trabalho, dando continuidade aos meus estudos, de forma gratuita e de qualidade.

À todos que, direta ou indiretamente, me ajudaram a chegar até aqui, minha mais sincera gratidão.

RESUMO

A ocupação e apropriação do Cerrado nas últimas décadas se deram, sobretudo, a partir de atividades agropecuárias, que se expandem continuamente sobre áreas de vegetação natural. Nesse contexto, o fogo tem sido utilizado desde a ocupação pretérita do bioma para limpeza de pastos, preparo de plantio e queima de bagaços. Todavia, essa prática também tem sido usada para o desmatamento de vegetação natural para incorporação de atividades agropecuárias. Assim, priorizou-se nesse trabalho analisar a distribuição espaço-temporal das queimadas no Cerrado entre os anos de 1999 e 2018, no intuito de avaliar a hipótese que relaciona a incidência de queimadas ao aumento de desmatamento e implantação de atividades agropecuárias. Para tanto, os arquivos vetoriais de focos de queimadas disponibilizados pelo Banco de Dados de Queimadas (BDQ/INPE) foram compilados, organizados e processados em ambiente SIG. Após a análise da variação das queimadas, segundo o recorte espacial do Bioma e das Unidades Federativas brasileiras e as escalas anuais, sazonais e mensais de distribuição temporal, os focos de queimadas foram quantificados segundo as microrregiões definidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia (IBGE), as Unidades de Conservação, as Terras Indígenas e as Comunidades Tradicionais, para avaliação da sua ocorrência espacial. De mesma forma, foram empregadas técnicas estatísticas para avaliação da autocorrelação espacial, e de padrões espaciais e tendências temporais de incidência, nestes dois últimos casos, fazendo uso da técnica de Emerging Hot Spot Analysis. Por fim, os focos de queimadas foram interceptados por mapeamentos anuais de cobertura e uso do solo, provenientes do Projeto Mapbiomas, para verificação da incidência das queimadas no bioma segundo os tipos de uso e cobertura do solo. Em termos médios, foram observados 65.523 focos anuais de queimadas no Cerrado, chegando a atingir o valor máximo de 137.918 focos, conforme registrado em 2007. Percebe-se nítida concentração temporal no trimestre agosto-setembro-outubro (que responde por 72% das ocorrências anuais) e alta concentração, associação espacial e tendência de incremento das queimadas nos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, numa região denominada como MATOPIBA, e também no estado do Mato Grosso, junto ao Arco do Desmatamento – sendo ambas regiões reconhecidas como fronteiras agrícolas. Por fim, chama-se atenção também para as formações savânicas e campestres serem as classes de cobertura e uso do solo com maiores incidências registradas, corroborando a hipótese inicial de que as queimadas têm sido corriqueiramente empregadas para manutenção e implantação de atividades agrícolas.

Palavras-chave: Incêndio; Paisagem; Geoecologia; Análise de pontos quentes emergentes.

ABSTRACT

The occupation and appropriation of the Cerrado in the last decades was guided, above all, from agricultural activities, which continuously expand over areas of natural vegetation. In this context, fire has been used since the occupation of the biome for cleaning pastures, preparing for planting and burning bagasse. However, this practice has also been used for deforestation of natural vegetation to incorporate agricultural activities. Thus, this work focused on analyzing the spatiotemporal distribution of fires in the Cerrado between 1999 and 2018, in order to evaluate the hypothesis that relates the incidence of fires to the increase in deforestation and the implementation of agricultural activities. For this purpose, the vector files of fire spots made available by the Fire Database (BDQ/INPE) were compiled, organized and processed in a GIS environment. After analyzing the variation of fires, according to the spatial cutout of the Biome and the Brazilian Federative Units and the annual, seasonal and monthly temporal distribution scales the fire spots were quantified according to the micro-regions defined by the Brazilian Institute of Geography (IBGE), Conservation Units, Indigenous Lands and Traditional Communities to assess their spatial occurrence. Likewise, statistical techniques were used to assess spatial autocorrelation, and spatial patterns and temporal trends in incidence, in these last two cases, using the Emerging Hot Spot Analysis technique. Lastly, the fire spots were intercepted by annual land cover and land use mapping, from the Mapbiomas Project, to verify the incidence of fire in the biome according to the types of land use and cover. In average terms, 65,523 annual fire spots were observed in the Cerrado reaching the maximum value of 137,918 fire spots, as registered in 2007. A clear concentration can be seen temporal in the quarter August-September-October (which correspond for 72% of annual occurrences) and high concentration, spatial association and increasing trend of fires in the states of Maranhão, Tocantins, Piauí and Bahia in a region known as MATOPIBA and also in the state of Mato Grosso, next to the Arc of Deforestation - both regions recognized as agricultural frontiers. At last attention is also drawn to the formations savanna and pasture are the land cover and land use classes with the highest incidence recorded, corroborating the initial hypothesis that fires have been routinely used for maintenance and implementation of agricultural activities.

Keywords: *Wildfire; Landscape; Geoecology; Emerging Hot Spot Analysis.*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	09
CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEORICO-CONCEITUAL	15
1.1 A exploração insustentável da natureza e o papel da Geografia enquanto percurso analítico.....	15
1.2 Paisagem enquanto categoria de análise ambiental e a contribuição da abordagem da Geoecologia de Paisagem.....	16
1.3 A utilização das queimadas enquanto técnica de apropriação e transformação do espaço ao longo desenvolvimento das civilizações e sua ocorrência na perspectiva da análise da paisagem.....	22
1.4 Panorama dos estudos acerca da ocorrência de queimadas no Mundo, no Brasil e no Cerrado	23
CAPÍTULO 2 - MATERIAIS E MÉTODOS	34
2.1 Localização e caracterização da área em estudo.....	34
2.2. Conceitos, categorias e fundamentação teórico-metodológica	47
2.3 Procedimentos metodológicos.....	48
CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
3.1 Variação temporal dos focos de queimadas no bioma Cerrado.....	57
3.2 Ocorrência espacial dos focos de queimadas no bioma Cerrado.....	62
3.3 Incidência dos focos de queimadas no bioma Cerrado conforme diferentes tipos de cobertura e uso do solo.....	92
CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
REFERÊNCIAS	101

INTRODUÇÃO

O modelo de desenvolvimento vigente, em quase todo o planeta, baseado no incentivo ao consumo na expansão de mercados, pode ser considerado o principal responsável pela deflagração e intensificação de impactos ambientais. Isso se deve essencialmente à origem do conceito de desenvolvimento, fundamentado pelo positivismo, que distanciou, historicamente, o ser humano da natureza. A tentativa de legitimar o modo de produção capitalista trouxe consigo uma nova concepção de mundo, uma nova cosmovisão, em que o ser humano passa a ocupar lugar central e a natureza assume papel coadjuvante, fato que justifica, no primeiro momento, sua exploração irrestrita em nome do progresso (HEILBRONER, 1988; CASSETI, 2002; BATISTELA e BONETI, 2008).

O progresso idealizado, no entanto, demonstrou-se cheio de contradições, quando foram observadas assimetrias vinculadas a ele (tanto natureza, quanto na sociedade), evidenciando a insustentabilidade do modo de produção capitalista. A crise ambiental consolidada a partir da apropriação e exploração predatória da natureza promoveu o resgate da relação dialética entre sociedade e natureza. Sob esse olhar, constata-se que é vital conceber um novo tipo de desenvolvimento, conforme sugerido por Leff (2012, p 17), “que reintegre os valores e potenciais da natureza, as externalidades sociais, os saberes subjugados e a complexidade do mundo (...)”.

Nesse cenário, a reflexão sobre o processo de ocupação/exploração/conservação do Cerrado não é apenas necessária, como também é urgente. É preciso reconhecer o Cerrado a partir de sua rica biodiversidade e de sua cultura milenar, materializada nos saberes e ritos dos povos tradicionais, antes de concebê-lo apenas como um celeiro para produção agropastoril.

O território brasileiro é composto por biomas igualmente relevantes. Entretanto, chamamos atenção para o Cerrado, não apenas pelo fato de ser o segundo maior bioma brasileiro em extensão (2.036.448 km², representando 24% do país), ou por ser considerado como um dos 34 *hotspots* existentes no planeta para a conservação da biodiversidade mundial (MITTERMEIER et al., 2004), com a mais rica flora dentre as savanas no mundo e uma grande diversidade de espécies de peixes, aves, répteis, insetos e anfíbios (KLINK; MACHADO, 2005); mas, especialmente, por conta deste bioma ter

sido o cenário de um incomparável processo de conversão de sua vegetação natural para usos antrópicos, com taxas de desmatamento historicamente superiores à da Mata Atlântica e da Floresta Amazônica, haja vista que 44,5% da cobertura vegetal natural desse bioma se encontra convertida para usos antrópicos (PROJETO MAPBIOMAS, 2020), tendo esse processo ocorrido sobretudo nas últimas cinco décadas, configurando a região do Cerrado como a principal fronteira de expansão agrícola brasileira.

Esse intenso processo de ocupação do bioma inicia-se no contexto dos projetos e planos de desenvolvimento implementados a partir da década de 1970, no âmbito do Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (POLOCENTRO) e do Programa de Cooperação Nipo-brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER), que se tiveram como foco políticas públicas e privadas para a produção de *commodities* (SILVA, 2013). Assim, a ocupação do Cerrado foi intensificada pela modernização e mecanização da agricultura, sobretudo ao incorporar fertilizantes e calcário para “correção” dos solos naturalmente ácidos pelo excesso de alumínio e pobres em nutrientes na região do Cerrado (REATTO; CORREIA; SPERA, 2008).

Diante do ainda contínuo avanço do agronegócio sobre o Cerrado, especialmente na região conhecida como MATOPIBA – que abrange os estados do Maranhão (MA), Tocantins (TO), Piauí (PI) e Bahia (BA), convém ressaltar que apenas 8,21% de toda a área do bioma se encontra legalmente resguardada em Unidades de Conservação, sendo 2,85% em Unidades de Proteção Integral e 5,36% em Unidades de Uso Sustentável (MMA, 2021). Quando considera-se que outros 4,3% se encontram demarcados como Terras Indígenas (FUNAI, 2021), tem-se o total de apenas 12,5% do Cerrado legalmente protegido, enquanto que a Amazônia possui 31,1%, a título de exemplo.

Corriqueiramente empregado para limpeza de pastos, preparo de plantio e queima de bagaços, o fogo é instrumento usualmente empregado no processo de desmatamento de vegetação natural para incorporação de atividades agropecuárias. Por isso, as queimadas possuem estreita relação com o desmatamento e com as atividades agropecuárias nos biomas brasileiros, e o Cerrado não foge à regra.

Conforme constatado pela Figura 1, a Amazônia e o Cerrado despontam com as maiores quantidades de focos de queimadas dentre os biomas brasileiros, no período de 1998 a 2020. Apesar da Amazônia revelar a maior incidência de focos ao longo da série histórica considerada, o Cerrado segue em segundo lugar. Em alguns anos, inclusive, a

quantidade de focos de queimadas no Cerrado se aproxima da registrada na Amazônia, conforme visto em 2010, com diferença de apenas 1.220 focos, enquanto que em outros anos evidencia-se maior incidência de focos no bioma Cerrado, como registrado em 2011 e 2012, com 3.496 e 3.881 focos além dos contabilizados na Amazônia durante os referidos anos, respectivamente.

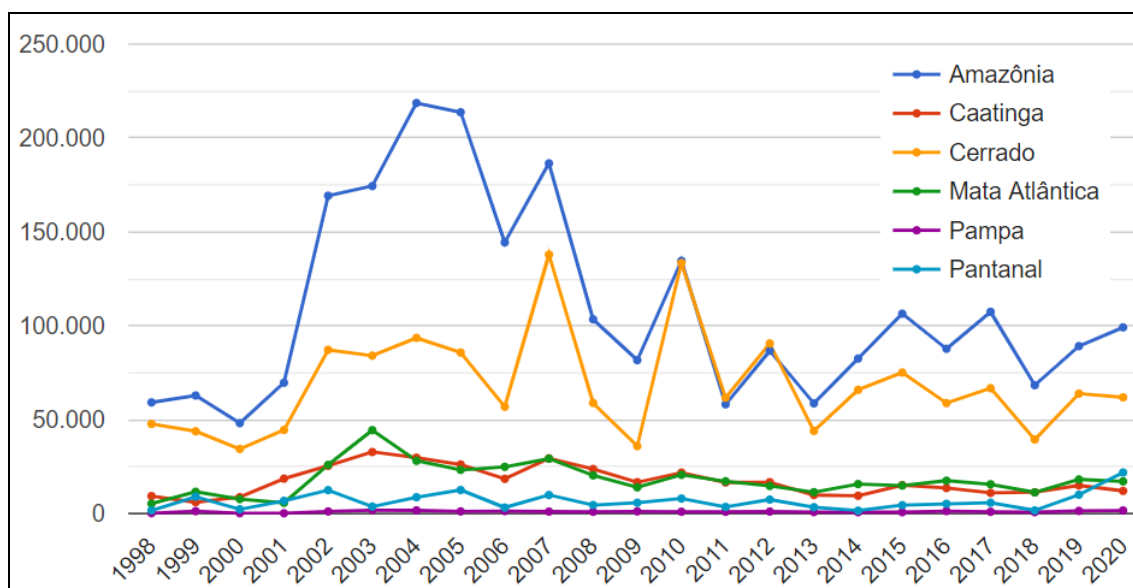


Figura 1 –Quantidade de focos de queimadas por biomas brasileiros (1998 a 2020).

Fonte: http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_estados/.

Todavia, ao mapearem as cicatrizes de queimadas no território brasileiro entre os anos de 1985 a 2020, o Projeto Mapbiomas (2021) aponta o Cerrado como o bioma que teve maior proporção de área queimada (733.851 km²), seguido de perto pela Amazônia (690.028 km²) – sendo que juntos estes biomas representam 85% da área queimada no país.

Apesar deste cenário extremamente preocupante, convém destacar que o fogo tem atuado há milhares de anos sob as diferentes fitofisionomias de vegetação do Cerrado, influenciando a formação e a própria evolução do bioma (BARBOSA, 2015). Por tal motivo, o Cerrado é considerado como um bioma adaptado e dependente ao fogo (PIVELLO, et al. 2021), com algumas de suas características sinalizando essas adaptações, como, por exemplo, as cascas de árvores grossas, os frutos isolantes e as reservas subterrâneas de água (COUTINHO, 2006).

Em fato, a vegetação do Cerrado demonstra a dependência do fogo para ocorrência de alguns processos ecológicos, como a germinação de algumas sementes

que precisam do choque térmico para a quebra da dormência vegetativa (CLARKE; FRENCH, 2005). Miranda e colaboradores (2002) chegam a considerar que o fogo é um fator estruturante essencial das paisagens e determinante em alguns processos ecológicos no Cerrado.

É possível encontrar evidências do papel do fogo na evolução do Cerrado ao analisar espécies adaptadas, como, por exemplo, a *Vellozia sp.*, popularmente conhecida como canela-de-ema (Figura 2), que é endêmica de campos rupestres e usualmente utilizada para acender fogões em comunidades tradicionais, tendo em vista a sua característica pirofágica de longa duração e sua facilidade de rebrota após a passagem de fogo (ALMEIDA; GOMES, 2021).



Figura 2 – Espécie do gênero *Vellozia*, popularmente conhecida como canela-de-ema.
Fotografia: Carlos Eduardo Félix da Silva (2019)

No entanto, a reprodução e a floração de grande parte das espécies da flora do bioma podem ser prejudicadas pela alteração do regime de fogo (em termos de frequência, duração e intensidade). A recorrência, as temperaturas extremas e os longos

períodos de exposição retardam a germinação de sementes e matam espécies mais sensíveis – e até mesmo as mais resistentes. Dessa forma, variar o regime de fogo significa alterar as respostas de espécies já adaptadas (MEDEIROS; MIRANDA 2005).

A recorrência e a maior intensidade das queimadas tornaram o fogo uma perturbação indesejável no sistema ecológico do Cerrado, repercutindo numa gama de impactos negativos, tais como a perda de biodiversidade, o aumento na suscetibilidade à erosão, a emissão de aerossóis e gases responsáveis pela intensificação do efeito estufa e a compactação e a perda de nutrientes, de umidade e de biota do solo.

A alteração da frequência, intensidade e duração das queimadas está associada, principalmente, às atividades humanas que utilizam o fogo erroneamente, desconsiderando as condições meteorológicas, as características ambientais e a fisiologia das espécies vegetais de cada ambiente. Cria-se, assim, um cenário mais suscetível a queimadas desastrosas, que passam a atingir não só as espécies herbáceas, como é comum em incêndios naturais (MIRANDA et al., 1993), mas também as espécies lenhosas, onde parte da fauna se refugia em eventos como esse.

A supressão absoluta do fogo no Cerrado tampouco é favorável para equilíbrio dos processos ecológicos do Cerrado (DURIGAN, 2020), tendo em vista o favorecimento, nesse caso, do adensamento da vegetação (formações florestais) em detrimento de formações mais abertas (formações savânicas e campestres). Além disso, intervalos longos entre queimadas também podem resultar em eventos mais intensos e catastróficos, devido ao acúmulo de biomassa. Há, nas duas situações, de aumento excessivo de incêndios e da tentativa de exclusão do fogo, descaracterização das fitossonomias e perda de biodiversidade.

Todavia, apesar de constituir um elemento essencial para a formação, evolução e manutenção do Cerrado e utilizado como técnica no manejo da terra há milênios pelas comunidades tradicionais, o fogo teve seu uso subvertido pelas práticas antrópicas predatórias no âmbito do agronegócio, ora empregado para a abertura da fronteira agrícola e ora ao manejo intensificado de áreas agrícolas e de pastagens (FRANÇA, 2000).

Em uma análise voltada ao estado de Goiás, Scaramuzza e colaboradores (2017) frisam que o desmatamento do Cerrado, associado em primeiro lugar à pecuária e, em segundo momento, às lavouras, avança rumo aos remanescentes de vegetação natural. A

expansão da fronteira agrícola pressiona áreas no entorno e mesmo no interior das unidades de conservação, como é o caso do Parque das Emas e Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, periodicamente atingidos por incêndios devastadores, conforme apontam França e Setzer (1999) e Matos, Aguiar e Martins (2020), respectivamente.

A partir dessa perspectiva, a proposta da pesquisa foi a de realizar o mapeamento e a subsequente análise da distribuição espacial e temporal das queimadas registradas no bioma Cerrado para o período de 1999 a 2018.

A título de objetivos específicos, pretendeu-se: (I) reconhecer a prática e os impactos (positivos e negativos) do uso do fogo nas áreas de Cerrado, mediante revisão bibliográfica; (II) analisar a variação temporal dos focos de queimadas na área em estudo, tendo como base o período de 1999 a 2018; (III) avaliar a ocorrência das queimadas a partir de atributos de análises espaciais (tais como adjacência, dispersão, distribuição e arranjo) e de técnicas estatísticas (como a de tendência em série temporal, de correlação espacial e de *hotspots*); e, por fim; (IV) averiguar a incidência de queimadas conforme os diferentes tipos de cobertura e uso do solo, com o intuito de apontar as áreas de maior incidência e os possíveis impactos socioambientais do uso fogo no referido bioma.

Dessa forma, a dissertação foi estruturada na forma de três capítulos, que são antecedidos por essa introdução e sucedidos pelas considerações finais e as referências. O primeiro capítulo apresenta a fundamentação teórico-conceitual que serviu de fundamentação à pesquisa, abordando os conceitos, abordagens e métodos referentes à geografia, paisagem e queimadas/incêndios. O segundo capítulo reproduz os materiais e métodos utilizados na dissertação, abordando a localização e uma breve caracterização da área em estudo e a descrição dos procedimentos metodológicos seguidos na pesquisa. O terceiro capítulo remete à apresentação e discussão dos resultados, retratando a distribuição espaço-temporal das queimadas no Cerrado e abordando a incidência das mesmas sob os diferentes tipos de cobertura e uso do solo.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-CONCEITUAL

Neste capítulo é apresentada a fundamentação teórico e conceitual empregada no desenvolvimento da pesquisa. Inicialmente, são sinalizadas as bases filosóficas sob as quais as ciências modernas e a Geografia (em especial) se estabeleceram, no contexto progresso de distanciamento/separação entre sociedade e natureza, vislumbrado especialmente a partir do século XVIII, como estratégia central para a exploração irrestrita dos recursos naturais, e, posteriormente, a partir de uma abordagem dialética e uma perspectiva integrada.

Nos tópicos que seguem, é realizado um resgate sobre a concepção da categoria paisagem ao longo da história e sob variadas influências, com a contribuição da abordagem sugerida pela Geoecologia de Paisagem, em que a paisagem é concebida como formação antroponatural, devendo ser analisada de maneira integrada e sistêmica.

São discutidas, posteriormente, as diferenças entre os conceitos de *queimada* e *incêndio*; como se formam tais eventos, bem como as variáveis que melhor implicam na ocorrência de ambos; a influência humana na alteração dos regimes de fogo e os impactos associados a tal processo.

São discutidas, posteriormente, as diferenças entre os conceitos de *queimada* e *incêndio*; sendo justificada a escolha do emprego do termo “queimada”, tendo vista a forma como tal evento é iniciado, os impactos associados e o tipo de dado utilizado nesta pesquisa.

Ao final, são é apresentado uma revisão bibliográfica dos estudos que se dedicaram a descrever e a analisar a ocorrência das queimadas, sob escalas espaciais em nível global, nacional e voltado ao bioma Cerrado – este último designado como recorte espacial e área em estudo na dissertação.

1.1 A exploração insustentável da natureza e o papel da Geografia enquanto percurso analítico

A crise ambiental planetária tornou-se tema recorrente de reflexões e debates, dentro e fora do meio acadêmico. A temática ambiental, face à sua importância para a manutenção de todas as formas de vida, extrapolou os muros das universidades e passou a ser assunto comum discutido entre não cientistas e cientistas de áreas que,

tradicionalmente, não tinham o meio ambiente como objeto direto de investigação. Ou seja, percebeu-se, ao longo das últimas décadas, que a complexidade de estudos ambientais exigia, além de interdisciplinaridade, a multidisciplinaridade a partir do intercâmbio entre os vários tipos de conhecimentos, inclusive, aqueles considerados como não-científicos ou mesmo tradicionais.

As atividades humanas, como se sabe, sempre geraram impactos ao meio ambiente, até mesmo em períodos mais remotos da história. No entanto, a partir da Revolução Industrial, eles se intensificaram significativamente devido à lógica do modelo de produção capitalista, daí decorrente. O processo de acumulação de riquezas, a partir da apropriação irracional e insustentável dos recursos naturais, como se observa, não ocorreu de maneira espontânea. Muito pelo contrário, foi constituído a partir da institucionalização das ciências modernas, de uma nova visão de mundo, mecanicista-eurocêntrica, que legitimou e subsidiou a tentativa de *domínio da natureza* pelo mercado, via ciência (HEILBRONER, 1988; SMITH, 1988; KUMAR, 1997; BARBOSA, 2006; BATISTELA; BONETI, 2008).

Autores como Vitte (2006) e Moreira (2011) sinalizam a necessidade em se fazer o reencontro histórico e crítico com o conceito de natureza para compreender a atual conjuntura ambiental global. Já que, justamente, é a relação histórica de cada povo com a natureza que determinaria esta noção teórica, e não o inverso, conforme corroboram Porto-Gonçalves (2002) e Ribeiro (2005). As autoproclamadas sociedades ocidentais, no caso, se orientaram por axiomas e postulados estipulados pela ciência clássica positivista, por séculos, desconstruindo o sentido mítico, transcendental e de simbiose que o ser humano atribui à sua relação com a natureza.

O projeto iluminista, no século XVIII, se esforça em se estabelecer sobre bases filosóficas em que o ser humano e a natureza são concebidos separadamente. A dicotomização desses elementos fez da natureza um mero objeto a ser explorado e conquistado (MOREIRA, 2006; PORTO-GONÇALVES, 2011). A articulação do antropocentrismo, dos vazios que deveriam ser preenchidos e explorados na natureza, do conhecimento fragmentado, especializado e racional, são alguns exemplos de estratégias da modernidade na tentativa de controle e apropriação dos recursos naturais e culturais, sobretudo, aqueles presentes em territórios fora da Europa. Essa perspectiva é corroborada na seguinte passagem:

Terra nullius era a jurisprudência legal na época de Colombo e na época da colonização britânica. Ou seja, a terra está vazia, não pertence a ninguém. Então, primeiro declara-se uma coisa vazia, *nullius*. Primeiro justifica-se a exterminação para colonizar. As duas coisas têm de estar juntas. O vazio para o extermínio e para a colonização. Primeiro temos de esvaziar o lugar das pessoas originais para assumir o controle. Agora, a jurisprudência falsa da invenção da vida, que é onde está a Monsanto e Bill Gates, é aquela que chamo de *Bio nullius*, a vida está vazia até colocarmos um gene tóxico nela. O último passo da colonização é o que chamo *Mente nullius*: a colonização de nossas mentes. (SHIVA, 2019, p. 2)

A conquista de territórios e, conseqüentemente, da natureza, no século XVI pelos países europeus, iniciou o processo da criação ideológica imperialista, justificada anos depois a partir da institucionalização das ciências. Nota-se que a ciência moderna serviu como instrumento do projeto eurocêntrico, ao tentar legitimar, a partir de uma racionalidade formal e específica, a objetificação da natureza, devido ao valor econômico de seus recursos. As técnicas e tecnologia, nessa perspectiva, são utilizadas com objetivo de se alcançar um tipo de desenvolvimento material/imaterial, a que se define como progresso, que tem o aspecto econômico como seu principal objetivo, que gerou concentração gigantesca das riquezas (PIKETTY, 2014) e no esgotamento da terra.

A Geografia é concebida como ciência sob essa perspectiva entre os séculos XVIII e XIX, tendo como “criadores” naturalistas prontos a explorarem as terras *vazias*. Humboldt é um exemplo a ser mencionado como um dos primeiros idealizadores da ciência geografia que tinha como proposta uma abordagem holística. No entanto, a especialização de disciplinas foi inevitável, resultando na clássica divisão em Geografia Física e Geografia Humana, herança inegável de um positivismo que ainda permeia os esforços científicos, de leituras e construção do mundo.

A influência da perspectiva positivista se mostrou desgastada e insuficiente para muitas áreas do saber, iniciando um processo de crítica às suas narrativas totalizantes e materialistas e repercutindo no surgimento de alternativas a essa lógica de produção do conhecimento. Ciências, como a Geografia, necessitam de métodos menos fragmentados e racionalistas, considerando a complexidade das estruturas da sociedade e da natureza.

O papel ambientalista da Geografia, pode-se dizer sem risco, é notório. E mesmo com todas as limitações presentes em sua constituição, se dedicou a investigar o meio natural e a sociedade (MENDONÇA, 2015). Nesse sentido – e como opção nesta

pesquisa, propõe-se como alternativa às teorias e métodos da Geografia, por vezes reducionistas e generalistas, uma abordagem dialética e uma perspectiva integrada.

1.2 Paisagem enquanto categoria de análise ambiental e a contribuição da abordagem da Geoecologia de Paisagem

A compreensão do termo paisagem exige um breve resgate histórico de sua utilização a partir de diferentes períodos históricos e abordagens epistemológicas. Inicialmente é importante destacar que antes de se constituir como conceito e categoria de análise em diversos ramos da ciência, inclusive na Geografia, a noção de paisagem já permeava o imaginário coletivo há alguns séculos. É possível dizer que a sistematização científica do conceito de paisagem, inicialmente, teve grande influência da ideia coletiva, não científica, vinculada ao termo.

A etimologia da palavra e o histórico linguístico do conceito de paisagem foram definidos de acordo com a evolução da percepção humana sobre a natureza e os interesses vinculados ao uso e à exploração de seus recursos. À medida que ocorre o distanciamento entre sociedade e natureza e as técnicas para transformá-la evoluem, surge o conceito de paisagem durante o século XV (VENTURI, 2004), e a concepção da paisagem vinculada às noções de território e região no século XVI (VITTE, 2007).

De acordo com Troll (1997), o termo paisagem, reconhecido por meio da palavra alemã *landschaft*, é utilizado há pelo menos mil anos. *Landschaft* assumiria, a partir de então, o sentido de ocupação humana em determinada área (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Em contrapartida, Passos (1988) explica que o termo *landschaft* se originou de palavras românicas ainda mais antigas. Segundo este autor, a palavra *pagus* (país) seria o ponto de partida para a concepção de palavras latinas, como *paisaje*, em espanhol, e *paesaggio*, em italiano, influenciando, por último, o surgimento do termo alemão no mesmo sentido.

Metzger (2001) aponta para registros bíblicos datados de 1.000 anos a.C. em que a palavra paisagem é mencionada como referência ao que era visível ao olho humano, resultado da descrição do conjunto de elementos presentes em Jerusalém. Nota-se que, apesar de ser uma palavra utilizada durante séculos, é difícil definir o período e o contexto exato em que surgiu a palavra paisagem. Mas é certo dizer que as

influências para a formação de tal conceito foram múltiplas, variando espacial e temporalmente, fato que justifica, em partes, a diversidade de abordagens teórico-metodológicas atreladas à concepção de paisagem.

Ao avaliar algumas das possíveis origens do vocábulo paisagem, ou melhor, a sua provável evolução sob diferentes influências ao longo da história, percebe-se que a conotação espacial ocorre em todas as designações. As variações do conceito assumem também duas perspectivas diferentes. Uma enfatiza o caráter estético da paisagem ao compreendê-la como uma parte da natureza, como aquilo que era visível e, mais do que isso, aquilo que era considerado belo e, portanto, digno de ser apreciado - bastante reforçada pelas produções artísticas no século XVIII. E outra, exemplificada pela ideia de *landschaft*, assume uma perspectiva símil à da geopolítica, ao pensar a paisagem como unidade territorial.

A associação das várias concepções de paisagem resultou na articulação de um conceito científico pensado simultaneamente à sistematização da ciência geográfica no século XIX. Assim, o conceito de paisagem e a Geografia foram institucionalizados no mesmo momento, sob os mesmos princípios filosóficos e tendo como principal pensador Humboldt, que concebia a natureza como um todo orgânico. A natureza, então, era formada por unidades com fisionomias regidas por forças próprias em que seus elementos constituintes interagiam entre si de maneira contínua, resultando em mudanças e movimentos ininterruptos.

Apesar do enfoque holístico proposto por Humboldt, a análise da paisagem era, inicialmente, essencialmente descritiva, priorizando os aspectos fisionômicos, usados para diferenciar as paisagens a partir da observação e comparação. O foco dos estudos, nesse momento, não se voltava para a relação sociedade e natureza, mas, sobretudo, para os elementos físicos que constituíam a paisagem.

Os estudos da paisagem, até esse momento, voltados para a descrição das formas físicas da superfície terrestre, incorporam, sobretudo a partir da década de 1920, os aspectos antrópicos/culturais. A ideia da paisagem como unidade da superfície terrestre sistematizada com objetivo de compreender a interação entre natureza e sociedade se consolida no início do século XX. Como resultado da intensificação das investigações sobre paisagem, surge, primeiramente na Alemanha, um novo ramo da Geografia,

nomeada como Ciência da Paisagem (*Landschaftskunde*), proposto por Passarge e Schlüter (SILVA, 2007).

Passarge foi o primeiro a fazer uso do termo “geografia da paisagem” (SCHIER, 2003). Sob sua perspectiva constitui-se a noção de totalidade no estudo das paisagens, ao associar fatores naturais e humanos, o representou avanço epistemológico nas investigações geográficas sobre a paisagem.

Em seguida, na década de 1920, outro avanço importante para a inserção do elemento humano no entendimento dos processos paisagísticos foi a concepção da paisagem cultural, por um novo ramo da ciência geográfica, a Geografia Cultural. Nesse sentido, Sauer (1998) propõe a substituição da descrição pela interpretação ao analisar a paisagem, e considera a cultura como elemento decisivo para sua formação e percepção, elegendo os fatores humanos como primordiais, tal como exposto na passagem:

Não podemos formar uma idéia de paisagem a não ser em termos de suas relações associadas ao tempo, bem como suas relações vinculadas com o espaço. Ela está em um processo constante de desenvolvimento ou dissolução e substituição. Assim no sentido corológico, a alteração da área modificada pelo homem e sua apropriação para o uso são de importância fundamental. A área anterior à atividade humana é representada por um conjunto de fatos morfológicos. As formas que o homem introduziu são um outro conjunto (SAUER, 1998, p.42).

A paisagem, segundo essa nova abordagem, deveria ser compreendida a partir da apropriação humana e cultural do meio natural. No entanto, ao tentar agregar o aspecto humano, tido fundamental para a compreensão dos processos paisagísticos, acabou-se por relegar os elementos naturais – resultando numa abordagem antropocêntrica. E assim, mais uma vez, se acentuou a fragmentação do saber geográfico, ao especializar as investigações sobre paisagem, reforçando a dicotomia na Geografia entre o humano e o natural.

Os esforços seguintes se deram na tentativa de superar essa dicotomia, já que praticamente toda superfície terrestre sofreu e ainda sofre influência humana, em maior ou menor grau, sob a perspectiva de haver atualmente uma segunda natureza, ocupada e transformada pelo homem, conforme as técnicas, os modos de produção e os meios técnico-científico-informacional (SANTOS, 1985; 1994; 1997).

Sob esta perspectiva social e cultural, as paisagens naturais são afetadas e transformadas por atividades humanas, dessa maneira, devem ser reconhecidas também

a partir de seus componentes culturais (CAVALCANTI, 2014). Consta-se que o ser humano e, conseqüentemente, a sociedade e sua cultura, devem ser incluídos, seja direta ou indiretamente, nas análises da paisagem.

Diante da complexidade da relação entre sociedade e natureza, e os problemas socioambientais dela resultantes, autores como Bertrand (2004) e Rodriguez e Silva (2013) convergem na percepção da importância em se repensar os conceitos fragmentados de paisagem atrelados aos métodos tradicionais. Nesse contexto, é preconizada a concepção sistêmica e integrada da paisagem, como alternativa mais adequada a fim de atender as demandas atuais, sob a égide da teoria geral dos sistemas (BERTALANFFY, 1975), que posteriormente foi empregada para a proposição do conceito de geossistema (SOCHATVA, 1978). Há, nesse caminho, o resgate do enfoque holístico preconizado por Humboldt, além do reconhecimento da influência humana como elemento constituinte e transformador da paisagem.

Ao estudar a paisagem a partir da análise e interpretação de fotografias aéreas, o geógrafo alemão Carl Troll (1939) propôs uma abordagem reconhecida como Ecologia da Paisagem (NUCCI, 2007). Essa nova perspectiva teórica metodológica, que mais tarde ficaria conhecida como Geoecologia da Paisagem, foi concebida a partir da aproximação entre Geografia e Ecologia, tendo como objetivo principal analisar a estrutura, as propriedades, o funcionamento e a dinâmica da paisagem.

Dessa forma, a busca pela visão holística da paisagem, isto é, a partir da relação de aspectos bióticos, abióticos e antrópicos, propiciou uma cooperação entre geógrafos e ecólogos, no sentido de compreender paisagem a partir de sua estrutura vertical e horizontal. A primeira correspondendo à análise em escala de detalhe da interação entre seres bióticos e abióticos, realizada por ecólogos, capaz de revelar a heterogeneidade da paisagem. A segunda retratando o mapeamento geoecológico de áreas maiores, sob a contribuição dos geógrafos, subsidiando a homogeneização de unidades paisagísticas.

Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017) inferem que a análise da paisagem, pelo viés da Geoecologia, consiste num conjunto de métodos e procedimentos técnicos-analíticos que centram-se nos complexos territoriais, naturais e antropogênicos da paisagem.

Por meio dos apontamentos e reflexões realizados neste tópico, evidencia-se a complexidade intrínseca à compreensão da paisagem, sobretudo, quando apoiada na

perspectiva da Geoecologia da paisagem, que delega a simples descrição, para alcançar a compreensão da estrutura, composição e funcionamento da paisagem, a partir da relação integrada e dialética de seus elementos físicos, bióticos e antrópicos.

Ao considerar as queimadas como processos de ordem biofísica, social e cultural (SMITH et al., 2016), cujos impactos se estendem pela vegetação, solos, recursos hídricos, fauna e flora, bens e serviços, podendo ser evidenciados e avaliados em escalas local, regional e global, as queimadas também retratam um processo complexo, sob uma relação dialética do homem com a natureza e, por isso, devem ser analisadas sob uma abordagem holística, que possibilite a compreensão das interdependências complexas entre fogo, paisagem e sociedade.

Dessa forma, ao atentar ao fato de haver na bibliografia conceitos diversos vinculados à paisagem, no caso desse projeto, que propõe o estudo da ocorrência do fogo no Cerrado, sob a perspectiva não apenas da distribuição, mas também dos aspectos ambientais, sociais, culturais e econômicos de sua utilização como técnica de manejo, optou-se pelo conceito de Bertrand (2004, p. 141), que descreve a paisagem como:

determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução”, que deve, portanto, ser analisada em perspectivas sistêmicas e integradoras.

A paisagem é, portanto, considerada e aqui empregada como uma categoria de análise fundamental para a análise, planejamento, gestão e ordenamento ambiental, já que subentende (re)conhecer a estrutura e dinâmica do fenômeno das queimadas, sinalizando, assim, melhores meios de gerir e intervir em prol de sua mais adequada utilização.

1.3 A utilização das queimadas enquanto técnica de apropriação e transformação do espaço ao longo desenvolvimento das civilizações e sua ocorrência na perspectiva da análise da paisagem

Doerr e Santín (2016) consideram o fogo como a primeira ferramenta utilizada por seres humanos capaz de alterar a dinâmica ecossistêmica para além da escala local. O surgimento da espécie humana representou alteração nos regimes de fogo, especialmente no tocante à frequência, intensidade e distribuição (KRAWCHUK;

MORITZ; PARISIEN, 2009). Por muito tempo, a intensidade, a duração da combustão e a época de ocorrência do fogo foram determinadas apenas por fatores naturais.

Apesar dos regimes naturais de fogo sempre terem sido dinâmicos (POWER et al. 2008), o intensificar das ações antrópicas, sob o meio natural, implicou em alteração significativa na ocorrência de queimadas, devido ao aumento populacional e acúmulo de combustíveis (SOARES; SANTOS, 2002). Segundo Balch, Bradley e Abatzoglou (2017), as queimadas de origem antrópica duram até três vezes mais do que aquelas de origem naturais e afetam, assim, áreas muito mais extensas.

Bowman, Balch e Artaxo (2009) lembram que a espécie humana seria a peça-chave para a compreensão da atuação do fogo na Terra. Os regimes de fogo, para os autores, foram alterados inicialmente por caçadores-coletores e, depois, pelos agricultores, ao passo que a Revolução Industrial seria um momento de transição em que as queimadas das paisagens foram substituídas pelo consumo de combustível fóssil, reduzindo o número de eventos de fogo. Desde então, a tendência seria de redução na área global queimada, contudo, pelo contrário, estes eventos tornaram-se mais extremos, resultando em impactos mais severos.

Análises de longo prazo, realizadas a partir de dados de satélites, indicam que os regimes de fogo estão se prolongando (JOLLY; COCHRANE; FREEBORN, 2015). Apesar desses regimes de fogo da Terra se modificarem, mesmo sem intervenção humana, é possível dizer que os seres humanos exerceram papel significativo para ocorrência de incêndios mais catastróficos – ainda o fazem e certamente continuarão fazendo-o. Sobre isso, sabe-se que

A ação do fogo representa uma importante fatia dos danos gerados aos ecossistemas florestais nas regiões com pressão antrópica, devido a busca por novas áreas para as atividades agropecuárias por promoverem, muitas das vezes, atividades de corte raso e limpeza da área, quer seja por ocasião das queimadas como prática de manejo agropastoril, ou por descontrole, gerando incêndios florestais e originando fogo fora de controle em qualquer tipo de vegetação (SALES et al., 2019, p. 573)

Apesar das atividades humanas serem responsáveis por uma parcela significativa da intensidade e frequência das queimadas em escala global – cerca de 90%, o fogo é um agente ecológico que atua na Terra de maneira sistemática há aproximadamente 400 milhões de anos, influenciando, desde então, a dinâmica do clima terrestre e o desenvolvimento de diversos biomas (BOND; SCOTT, 2010; DOERR;

SANTÍN, 2016). Existem ecossistemas em que a perturbação causada pelo fogo foi mais recorrente, como é o caso das savanas tropicais (KEELEY; RUNDEL, 2005; BOWMAN; BALCH; ARTAXO, 2009; PIVELLO, 2011).

A estreita relação evolutiva entre o fogo e esses ecossistemas resultou em diversas adaptações estruturais e funcionais (BOND; WOODWARD; MIDGLEY, 2004; PILON, 2019), tornando esses ambientes mais propensos a queimadas e dependentes da passagem do fogo para a manutenção de seu equilíbrio ecológico. Este é o caso das vegetações abertas de fitofisionomias campestres e savânicas do Cerrado e do Pampa brasileiro, conforme apontado por Pivello e colaboradores (2021).

Contudo, mesmo os ecossistemas mais adaptados são prejudicados com a alteração abrupta dos regimes de fogo, seja pela supressão ou pela intensificação dos eventos de fogo. Seus impactos se estendem pela vegetação, solo, recursos hídricos, fauna e flora, bens e serviços, podendo ser percebidos em escalas local, regional e global, evidenciando a necessidade de considerá-lo de maneira sistêmica (SALES et al, 2019).

Dessa forma, a compreensão da atuação do fogo, na dinâmica das paisagens, pode parecer, a princípio, um tanto paradoxal, já que os impactos dessa relação podem ser positivos e negativos. A alteração dos regimes de fogo implica, na maioria dos casos, em eventos mais intensos e mais significativos impactos sociais, econômicos e ambientais.

No Brasil, os incêndios florestais estão relacionados, principalmente, com atividades agropecuárias (FRANÇA, 2000). O uso inadequado do fogo, a partir de queimadas para renovação de pastagens e limpeza de terrenos para a implantação de cultivos agrícolas é frequente em áreas rurais. Nas áreas urbanas, é recorrente o uso do fogo para fazer a retirada de vegetação em lotes vazios ou mesmo para a queima de lixo doméstico em residências – o que constitui crime, por ser fonte de poluição atmosférica e, por vezes, dar início a incêndios, que podem causar perdas materiais e até de vidas.

Todavia, a ocorrência de queimadas e incêndios não configura um problema recente no Brasil. O primeiro código florestal brasileiro, denominado “Regimento sobre o Pau-Brasil” e instituído no início do século XVII, sinaliza uma preocupação com as matas de pau-brasil, indicando que os incendiários deveriam ser punidos. No entanto, apenas na década de 1980, devido aos grandes incêndios registrados no país, em 1982,

1985 e 1988, e às primeiras imagens de satélite produzidas, tornou-se possível dimensionar a quantidade de queimadas e incêndios florestais no Brasil. A partir desse momento, surge o Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (PREVFOGO), coordenado pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.

Seja no contexto de sua ocorrência natural, ou de sua utilização como técnica de apropriação e transformação da paisagem pela sociedade, para que as queimadas ocorram é preciso que haja reação entre elementos essenciais para a combustão, como oxigênio, combustível e fonte de ignição, comumente representados pelo *triângulo do fogo*, ou, como sugere Robinne, Hallemab e Bladond (2019), a ocorrência de fogo depende da disponibilidade de biomassa, das características meteorológicas e da pressão exercida por atividades humanas.

A inflamabilidade do combustível, no caso de incêndios florestais, é determinada pela quantidade, continuidade, tipo e, sobretudo, umidade da biomassa. Ou seja, quanto mais intenso o processo de dessecação da biomassa, mais inflamável será o combustível. As variáveis de ordem meteorológica, como baixa umidade relativa do ar, alta temperatura e ventos intensos, também são elementos que potencializam a combustão e a propagação do fogo, com destaque para o último, que possibilita maior entrada de oxigênio (ROBINNE; HALLEMAB; BLADOND, 2019).

A incidência de descargas atmosféricas e as atividades antrópicas constituem-se as principais fontes de ignição, sendo a segunda a mais recorrente. As variáveis preditoras de atividades de fogo são várias, mas estudos apontam para a temperatura como a mais importante delas (ROBINNE; HALLEMAB; BLADOND, 2019). Sendo assim, as mudanças climáticas implicam em alterações nos regimes globais de fogo. O aumento da temperatura, associado às fontes de ignição e aos combustíveis inflamáveis, pode impactar severamente a biodiversidade, as sociedades e os climas globais (JOLLY; COCHRANE; FREEBORN, 2015).

Todavia, que diz respeito à sua ocorrência na paisagem, as queimadas devem ser entendidas como um processo biofísico, social e cultural (SMITH et al., 2016), ao se destacar a influência nociva das atividades humanas que têm alterado drasticamente a frequência, intensidade e distribuição dos eventos de queimadas e suas consequências.

Por essa razão exige uma abordagem holística, que possibilite a compreensão das interdependências complexas entre fogo, paisagem, clima e sociedades.

1.4 Panorama dos estudos acerca da ocorrência de queimadas no mundo, no Brasil e no Cerrado

Autores como Krawchu et al. (2009) e Archibald et al. (2013) dedicaram a explicar uma *pirogeografia global* utilizando técnicas de geoprocessamento e produtos de sensoriamento remoto, associados à análises estatísticas.

Krawchuk et al. (2009) afirmam que tal conceito (pirogeografia) se fundamenta em fatores da ecologia usados para explicar a distribuição da probabilidade de ocorrência de fogo, sendo eles: disponibilidade de recursos, condições ambientais favoráveis e capacidade de dispersão. Segundo a proposta destes autores, as zonas tropicais, na qual se encontra o bioma Cerrado, apresentam uma média probabilidade de incidência de queimadas, apesar de representar elevado quantitativo de ocorrências de fogo, conforme destacado pelos mapas da Figura 3, na sequência.

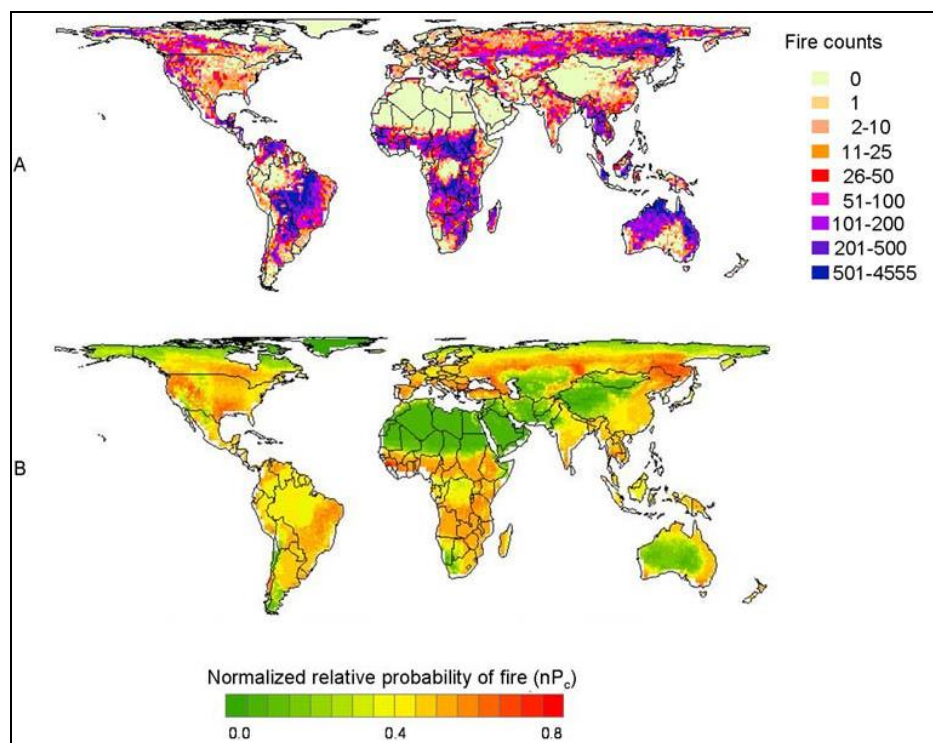


Figura 3 – Distribuição de fogo observada e modelada a partir de fatores ecológicos.
Fonte: Krawchuk et al. (2009).

Andela e colaboradores (2019) assinam um estudo voltado ao mapeamento global da ocorrência de fogo entre os anos de 2003 e 2016, abordando o momento e localização das ignições, o tamanho e a duração do fogo, a expansão diária, velocidade e direção de propagação, além do comprimento da linha de fogo. Os resultados deste estudo são apresentados na forma do *Global Fire Atlas*, que pode ser acessado a partir da homepage: <https://www.globalfiredata.org/>.

De acordo com os autores, os maiores incêndios foram registrados na Austrália, na Ásia e no continente africano - Figura 4. Já no norte e sul do continente americano, incêndios dessa magnitude praticamente não foram registrados, segundo os autores, especialmente por conta da maior fragmentação das paisagens e das diversas práticas de manejo, que muitas vezes inclui supressão total do fogo. Nas florestas tropicais e savanas da América do Sul foram registrados vários focos de incêndios ao mesmo tempo por mais de dois meses, devido ao prolongado período de estiagem. As velocidades de fogo mais altas normalmente ocorreram em áreas com baixas cargas de combustível.

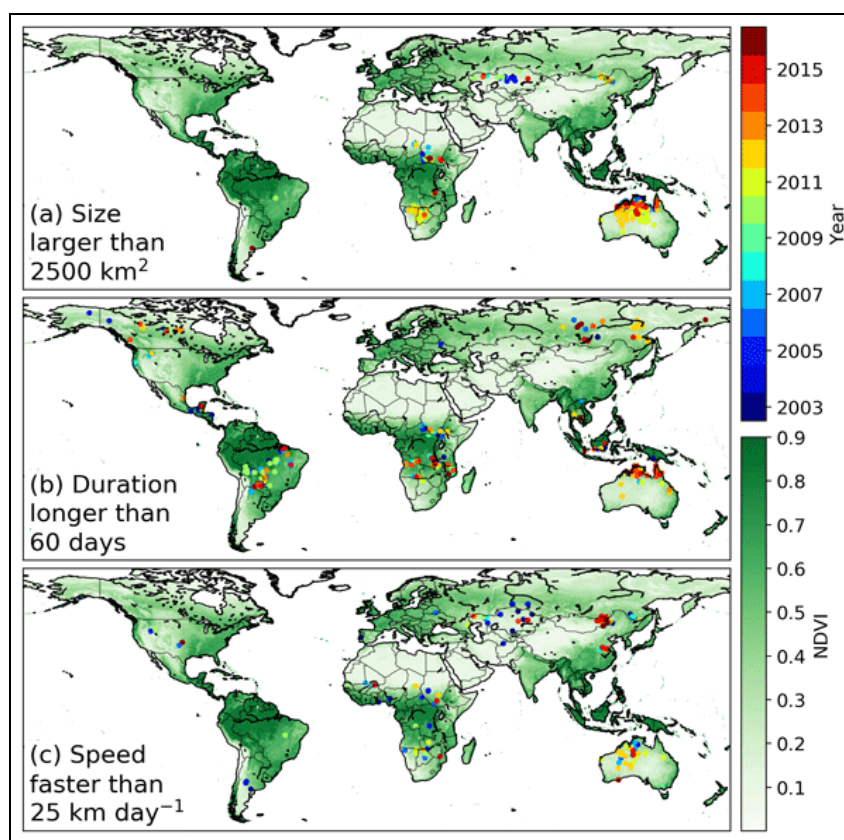


Figura 4 – Localização e ano de ocorrência dos maiores, mais longos e mais rápidos eventos de fogo no globo entre 2003 e 2016.

Fonte: Andela et al. (2019).

Contudo, ressalta-se o algoritmo utilizado pelo *Global Fire Atlas* é mais preciso quando se trata de grandes incêndios, por fazer uso de dados satelitários de resolução moderada. Por essa razão incêndios pequenos, comuns no Estados Unidos e nas savanas e áreas agrícolas brasileiras e africanas, podem não ser muito bem representados.

Jesus et al. (2020) afirmam que as pesquisas voltadas a distribuição espaço-temporal de queimadas em todo o território nacional ainda são incipientes, e complementam que a maior parte dos estudos se dedicaram a estudar essa distribuição de maneira isolada, considerando, normalmente, um bioma. No caso do estudo citado, foi realizada a análise espacial e temporal das queimadas nos seis biomas brasileiros e no interior de Unidades de Conservação, entre os anos de 2003 e 2017, sob o aporte de dados de focos de queimadas do Programa Queimadas, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, sendo apontado os biomas Amazônia e Cerrado como aqueles em que se registram maior ocorrência do fogo, especialmente “ao longo da transição Amazônia-Cerrado, no território do estado do Maranhão e Pará, decorrente do uso intensivo da terra nesta área a qual é conhecida como Arco do Desmatamento” (JESUS et al., 2020, p. 184) – Figura 5.

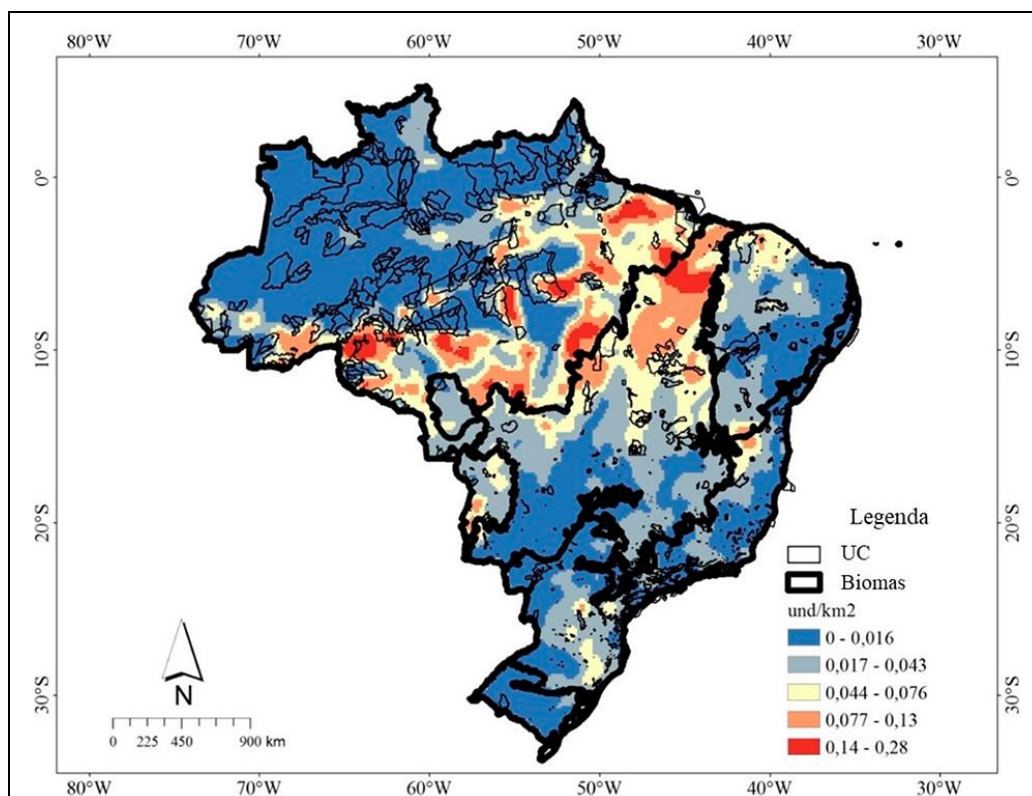


Figura 5 – Densidade de focos de queimadas nos biomas brasileiros e nas Unidades de Conservação entre 2003 e 2017.

Fonte: Jesus et al. (2020).

Conforme representado pela Figura 6, os biomas da Amazônia e do Cerrado apresentaram maior número de focos de queimadas. No caso específico do Cerrado, os autores apontaram os anos de 2007, 2010 e 2012 com o maior registro de quantidade de focos e maior extensão de área queimada. De modo quase profético, Jesus e seguidores (2020) alertam para o fato de que, apesar do maior número de incidência de focos registrados na Amazônia, ao longo da série temporal observada, o Cerrado foi o bioma com maior extensão de área queimada, especialmente nos anos 2007, 2010 e 2012 – o que é corroborado pelos dados apresentados pelo Projeto Mapbiomas (2021).

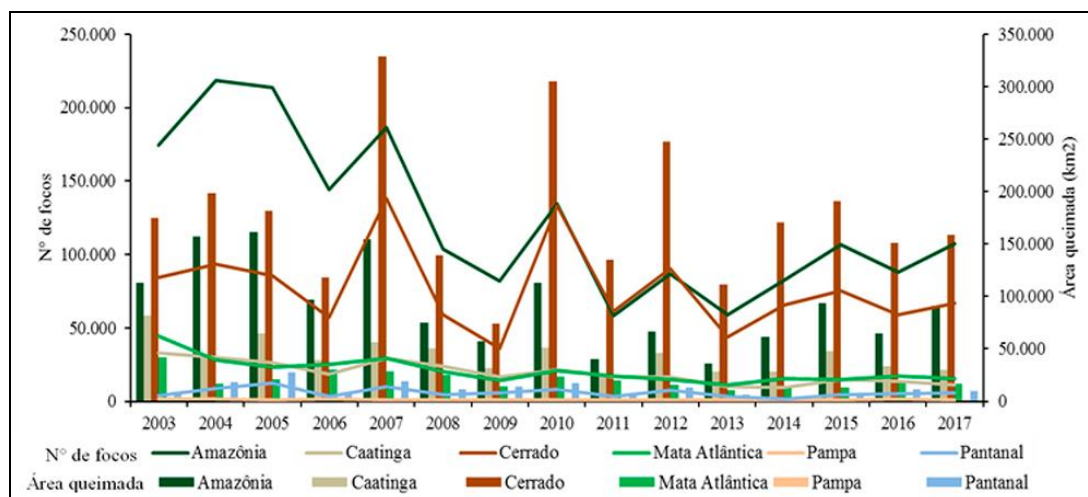


Figura 6 – Número de focos de queimadas e de área queimada nos biomas brasileiros entre 2003 e 2007.

Fonte: Jesus et al. (2020).

Essa mesma observação é apresentada no estudo conduzido por Araújo, Ferreira e Arantes (2012), que se voltou à análise da distribuição de queimadas nos biomas brasileiros entre 2002 e 2010, a partir do produto de área queimada do sensor MODIS (MCD45A1) – de resolução espacial moderada. Os autores frisam que o Cerrado apresenta cerca de 73% da área queimada durante todo o período analisado, com ocorrências anuais sempre superiores às da Amazônia. Os anos 2010, 2007 e 2002 despontam com os maiores registros de áreas queimadas, ao contrário do que se observa nos anos de 2009, 2006 e 2003, anos em que se verificam as menores proporções de áreas queimadas – Figura 7.

Araújo, Ferreira e Arantes (2012) apontam ainda a inequívoca relação entre a ocorrência de queimadas com áreas de conversão da vegetação nativa para usos

intensivo da terra, em especial nas fronteiras agrícolas do Arco do Desmatamento e, mais recente, no MATOPIBA (Figura 8).

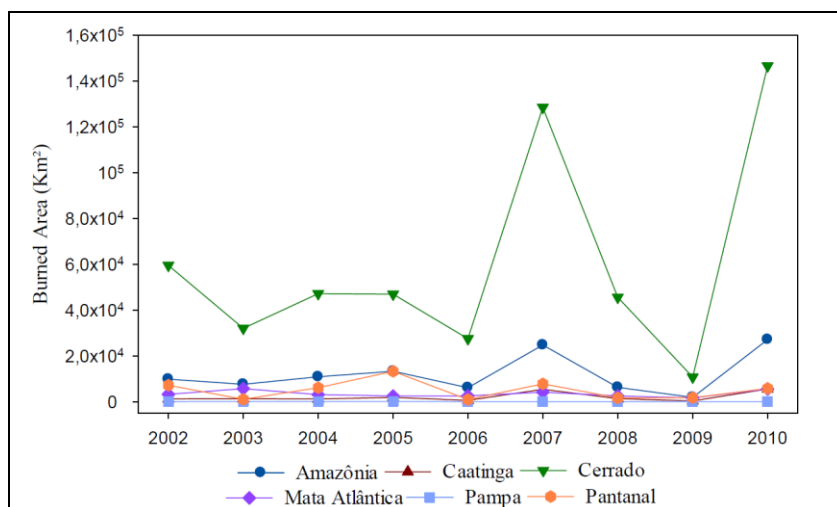


Figura 7 – Extensão de área queimada (em 1.000km²) nos biomas brasileiros entre 2002 e 2010.
Fonte: Araújo, Ferreira e Arantes (2012).

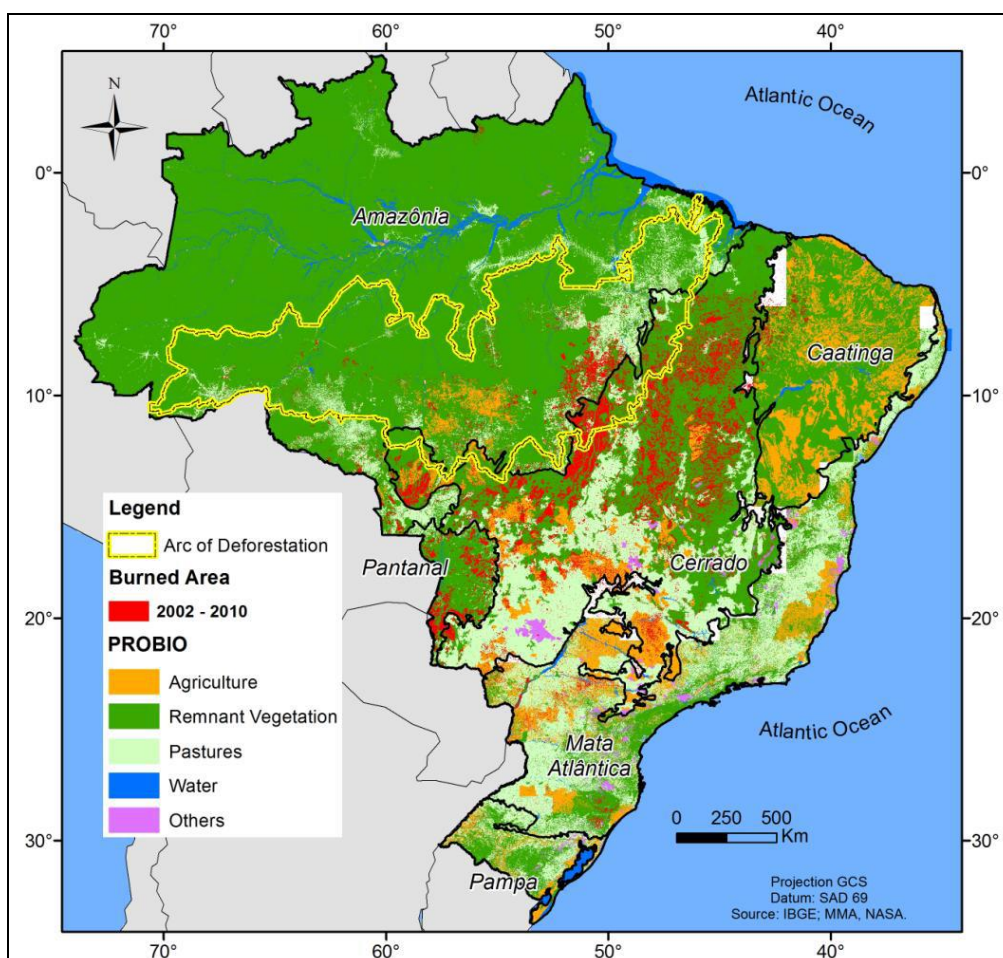


Figura 8 – Distribuição do total de áreas queimadas entre 2002 e 2010 nos biomas brasileiros.
Fonte: Araújo, Ferreira e Arantes (2012)

Constam na bibliografia vários estudos voltados exclusivamente para a retratação da ocorrência de queimadas no bioma Cerrado, alguns relatados na sequência.

Com base em dados de focos de calor gerados pela *University of Maryland* (EUA), Nascimento, Araújo e Ferreira Júnior (2010) identificaram que, do total de 32.001 focos de calor localizados no bioma entre maio de 2008 e maio de 2009, 75,6% ocorreram sob áreas ocupadas por vegetação natural (especialmente em formações savânicas), ao passo que 13,2% ocorreram em áreas de pastagens e 11% em áreas ocupadas por cultivos agrícolas. Os autores ainda destacam a maior densidade de focos de queimadas nas porções noroeste e norte do bioma, justamente nas fronteiras agrícolas do Arco do Desmatamento e da região do MATOPIBA – Figura 9.

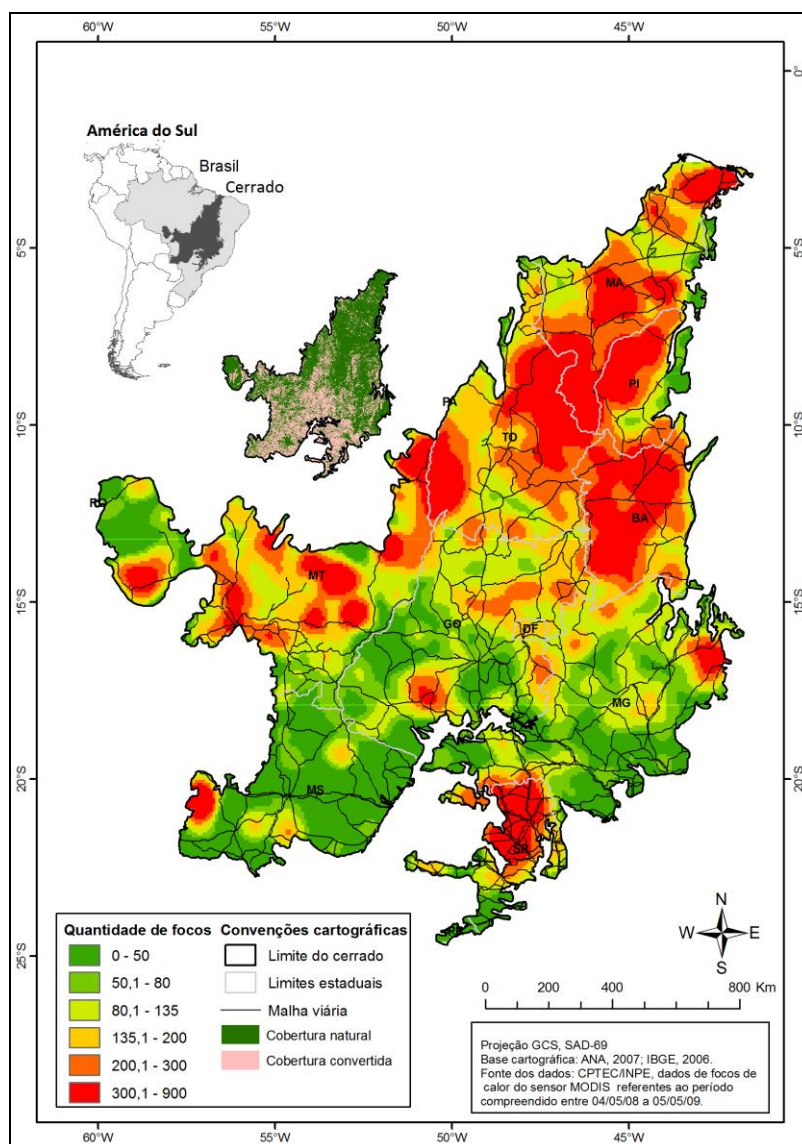


Figura 9 – Densidade de focos de queimadas registrados no Cerrado entre 2008 e 2009
 Fonte: Nascimento, Araújo e Ferreira Júnior (2010)

Ao analisarem a frequência das queimadas no Cerrado entre 2002 e 2012, Santos, Pereira e Rocha (2014) também identificaram a maior incidência de queimadas sob as formações savânicas. Dessa forma, põe-se em questão a tese de que os incêndios estão associados a desmatamentos para a implantação de atividades agropecuárias, tendo em vista a recorrência dos focos sob as coberturas naturais. Os autores também indicaram os anos de 2007 e 2010 com maior registro de focos de calor, e o ano de 2009 aquele de menor incidência – conforme salientado por Araújo, Ferreira e Arantes (2012).

Araújo (2010; 2015) avaliou os padrões de localização e de recorrência das áreas queimadas para o bioma Cerrado, no primeiro estudo, para o recorte temporal de 2002 a 2008, e no segundo, entre 2002 e 2013. Para o ano específico de 2002, Araújo (2010) avaliou a incidência das áreas queimadas no Cerrado segundo as classes de uso da terra, fazendo uso do produto MODIS MCD45A1, e destaca que dentre os 59.437 Km² de área queimadas registrados no Cerrado neste ano, cerca de 81,7% (48.559 km²) incidiram sobre coberturas vegetais naturais, sendo 63,8% sobre formações savânicas.

Ainda segundo Araújo (2010), do total de área queimada entre os anos de 2002 e 2008, os estados brasileiros que mais tiveram suas áreas queimadas foram Mato Grosso, Tocantins e Goiás, respondendo por 63,5% das cicatrizes de queimadas mapeadas – o que corrobora a influência do arco do desflorestamento da Amazônia legal na concentração de queimadas nestes estados. Todavia, os dados apresentados pelo autor também demonstram considerável proporção de áreas queimadas nos estados da Bahia, Maranhão e Piauí – os quais, junto ao Tocantins, representam a região do MATOPIBA, a mais recente fronteira agrícola no Cerrado.

Araújo (2015) confirma os anos de 2007, 2010 e 2012 como aqueles em que se registrou maior incidência de queimadas no Cerrado e salienta um nítido padrão de recorrência e intensidade agravada pela maior duração do período de estiagem, uma vez que

A análise de recorrência das áreas queimadas mostra que essa dinâmica ocorre com grande frequência no bioma Cerrado, sobretudo para os anos onde a estação seca ou do fogo se apresenta mais severa devido aos baixos níveis de umidade relativa do ar, altas temperaturas e grande disponibilidade de material combustível fino para os diferentes ecossistemas, como observado para os anos de 2007 e 2010. A partir do mapeamento base das áreas queimadas, constata-se que a frequência das recorrências no Cerrado é alta, as quais apresentam padrões espaciais de localização no território bem definidos, uma vez

que apenas 18% das queimadas registradas em 2002 (> 2 km²) não voltaram a queimar até 2012 (ARAÚJO, 2015, p. 105).

Santos et al. (2018) corroboram o padrão apresentado nos estudos anteriores, ao apontarem maior incidência dos focos registrados ao longo da série histórica de 2000 a 2014 concentrados na região norte e nordeste do bioma, principalmente, no Tocantins, Maranhão, Piauí e Oeste da Bahia, onde concentram-se os remanescentes de vegetação e verifica-se maior pressão antrópica pela expansão da fronteira agrícola. Os autores destacam que anos com elevados números de focos ocorrem logo após anos com baixa incidência, conforme visto em 2006/2007, 2009/2010 e 2011/2012, sugerindo ser influência da sucessão ecológica que ocorre por conta do acúmulo de biomassa que, somado a condições climáticas favoráveis, como mais severos períodos de estiagem, pode ocasionar incêndios mais intensos e extensos nos anos seguintes.

O Cerrado ser o bioma que mais tem sua área queimada nos últimos anos em todo o território brasileiro nos alerta a necessidade crescente de investigar a distribuição dos eventos de fogo em toda sua extensão, considerando a heterogeneidade das características de cada fisionomia e cada tipo de uso solo. A compreensão do regime de fogo é fundamental para melhor gerir a sua ocorrência e evitar eventos catastróficos.

CAPÍTULO 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Ao retratar os materiais e métodos da pesquisa, este capítulo inicia-se indicando a localização e as principais características físico-ambientais da área em estudo (bioma Cerrado), especialmente com relação aos aspectos associados ao relevo, aos tipos de solo, ao clima, às fitofisionomias de vegetação e à cobertura e uso do solo.

Na segunda parte deste capítulo são indicados os conceitos e as categorias e abordagens analíticas empregadas, de mesma forma sendo também detalhado o percurso metodológico da pesquisa, que, resumidamente, envolveu quatro etapas, a saber: organização, inventário, análise e diagnóstico dos focos de queimadas no bioma Cerrado entre o período de 1999 e 2018. Sumariamente, são apresentadas as fontes dos dados utilizados, assim como os programas, as técnicas e os métodos empenhados para organização, tratamento, quantificação, espacialização, representação e análise dos dados de focos de queimada.

Foi destinada especial atenção à descrição das técnicas estatísticas de autocorrelação espacial global (índice de Moran) e local (*Local Indicators of Spatial Association* – LISA) aplicadas para detecção de padrões locais, da ferramenta *Emerging Hot Spot Analysis* para avaliação de tendências e padrões espaço-temporais e do procedimento de intersecção dos focos de queimadas segundo as classes de cobertura e uso do solo.

2.1 Localização e caracterização da área em estudo

O bioma Cerrado está circunscrito às latitudes 2°10'53" e 24°48'41" Sul e longitudes 41°39'51" e 60°13'18" Oeste, ocupando uma área de aproximadamente 2.036.448 km² – representando cerca de 24% do território brasileiro (IBGE, 2016) – Figura 10. O bioma tem seu limite na porção norte e noroeste, com a floresta Amazônica; a nordeste e leste, com a vegetação de Caatinga; de leste a sudeste, com a Mata Atlântica; e no sudoeste com o Pantanal. Ab'Saber (1983) afirma que esses limites representam as chamadas “faixas de transição”, onde espécies e características ecológicas de dois ou mais domínios morfoclimáticos se misturam, dando origem a complexos sub-regionais de paisagens, que na literatura científica também são consideradas como ecótonos.

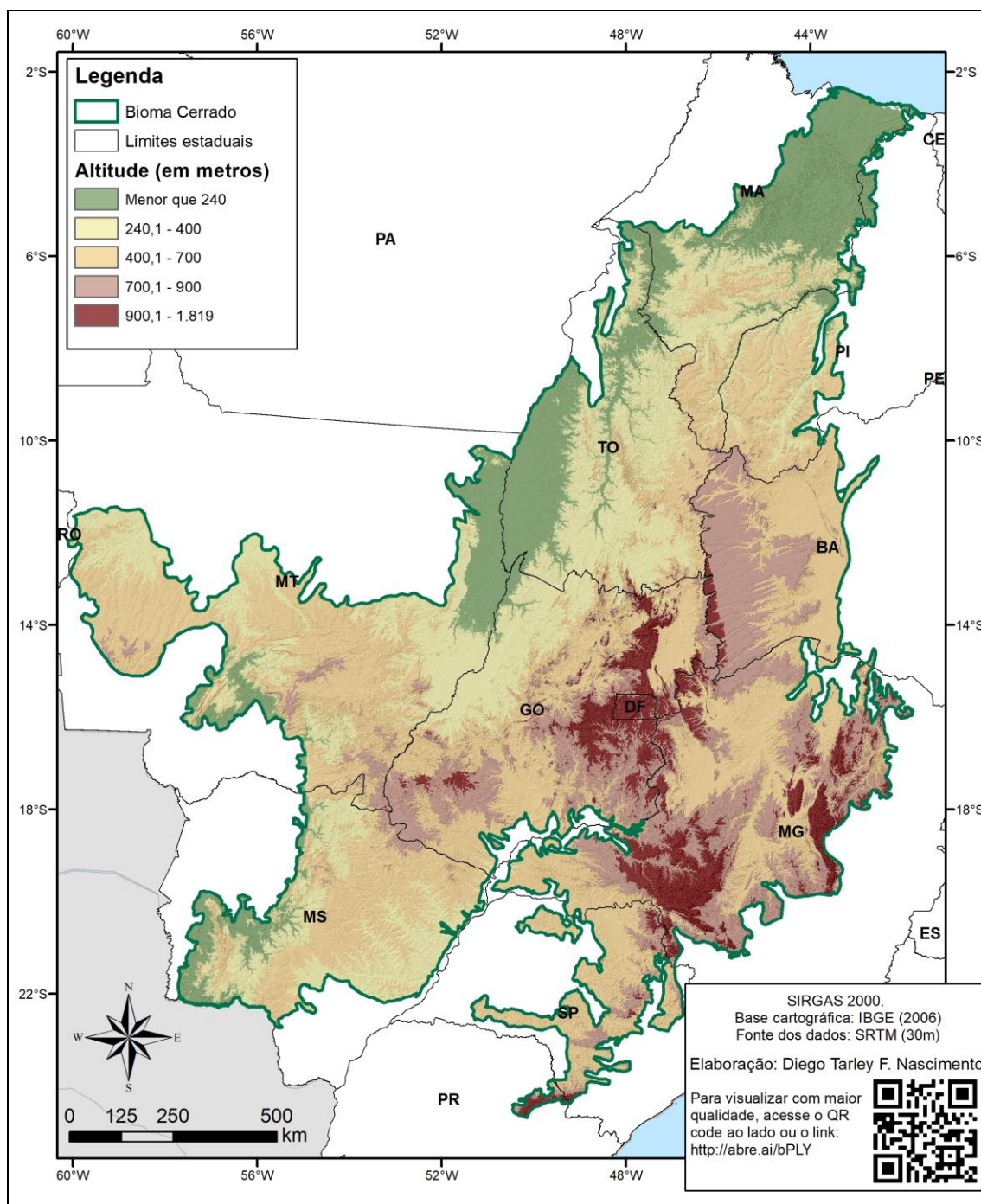


Figura 10 – Variação altimétrica no bioma Cerrado.

Fonte: SRTM (30 m), organização própria. Obs.: para visualizar a imagem com maior resolução, acesse o link <http://abre.ai/bPLY>

A média de altitude na área em apreço é de 504 m. Conforme visto pelo mapa da Figura 10, as menores altitudes, de até 240 m, são vislumbradas nas porções norte, oeste e sudoeste do Cerrado, no estado do Maranhão; nas planícies e depressões do Rio Araguaia, entre Tocantins, Goiás e Mato Grosso; e na transição com o Pantanal, em

Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, respectivamente. Por sua vez, as maiores cotas altimétricas partem dos 900 e alcançam os 1.819 m, em áreas relacionadas à planaltos, serras e patamares em Goiás, Minas Gerais, Bahia, São Paulo e Paraná.

De maneira geral, prevalecem relevos plano, suavemente ondulado e ondulado no Cerrado – isto é, com declividades variando entre 0 e 20%, conforme a proposição de classes de declividade da EMBRAPA (1979). Todavia, há ainda locais com forte ondulação (20 a 45%), relevo montanhoso (45 a 75%) ou escarpado (declividade superior a 75%), especialmente associado às bordas de planaltos e chapadas.

Devido ao soerguimento do Escudo Brasileiro ocorrido no Período Pós-Cretáceo, o Cerrado configura-se como divisor de águas de importantes regiões hidrográficas: Amazônica, Tocantins-Araguaia, Paraguai, Paraná, Parnaíba e São Francisco - e usualmente é mencionado como a caixa-de-água do Brasil, pelas importantes reservas de águas subterrâneas, com as dos aquíferos Guarani, Urucuiá e Bambuí.

Por ser um bioma bastante antigo, com acentuada atuação de agentes intempéricos, os solos do Cerrado apresentam considerável profundidade e lixiviação. Quase metade da área do bioma é ocupado por Latossolos, com estimativas de ocorrência em 46% da área total do Cerrado. Essa categoria de solo apresenta coloração que varia do vermelho ao amarelo, profundidade superior a 2 metros, além de serem bem drenados e porosos, ocorrendo principalmente em ambientes associados a relevos planos ou suave ondulado. A respeito de sua composição mineralógica, há o teor expressivo de argilossilicatos (como a caulinita), de óxidos e oxihidróxidos de ferro (hematita, goethita e gibbsita) e de alumínio (REATTO; MARTINS, 2005).

Após a classe de Latossolos, a maior recorrência no Cerrado é de Neossolos Quartzarênicos e Argissolos, cada um perfazendo 15% do bioma (REATTO; MARTINS; 2005). Os Neossolos Quartzarênicos também são solos profundos (no entanto, menos do que os Latossolos), altamente porosos, com textura arenosa devido o predomínio de quartzo em sua constituição e incipiência de argila (máximo 15% da estrutura) e extremamente drenados.

Por sua vez, os Argissolos normalmente se encontram associados às porções intermediárias de encostas côncavas, onde o relevo varia de ondulado a forte-ondulado.

Essa categoria de solos apresenta “aumento substancial no teor de argila com a profundidade e (ou) evidências de movimentação de argila do horizonte superficial para o horizonte subsuperficial, denominado de B textural” (REATTO; MARTINS, 2005: p. 6).

Outras ocorrências no cerrado são de Cambissolos, Nitossolos Vermelho, Chernossolos, Plintossolos, Gleissolos, Neossolos Litólicos e Organossolos, porém, em menores proporções. Os Cambissolos apresentam baixo grau de intemperização e altos níveis de silte. Os Nitossolos são bem desenvolvidos no horizonte B, constituídos por rochas ricas em minerais ferromagnesianos, apresentando cor que varia de vermelho escuro à tons de roxo, ocupando as porções média e inferior de encostas onduladas a forte onduladas. Os Plintossolos e os Gleissolos são hidromórficos, os primeiros presentes em relevo plano e suave-ondulado e os segundos associados a depressões. Por último, os Neossolos Litólicos são rasos e tendem a ocorrer em relevo ondulado e fortemente ondulado em afloramentos de rocha.

Conforme a proposta de classificação dos climas apresentadas por Köppen-Geiger, o Cerrado apresenta o predomínio da tipologia Aw, referente a um clima tropical, com chuva de verão e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C. Fazendo uso de dados de reanálise de temperatura do ar do *Climatologies at high resolution for the earth's land surface áreas* (CHELSA), registros precipitação de 456 postos pluviométricos da Agência Nacional de Águas (ANA) e cálculos de balanço hídrico climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), Novais (2019) aponta, para o Cerrado, o predomínio de clima tropical semiseco; mas com ocorrência, na porção setentrional do bioma, de clima equatorial – de subdomínios semiúmido, semiseco e seco, conforme a transição deste bioma com a Amazônia ou com a Caatinga; e à sudeste, a presença dos domínios de clima tropical ameno, de subdomínio semiúmido e úmido, e de clima subtropical, de subdomínio úmido – Figura 11.

Contudo, apesar de prevalecer a tipologia de clima tropical, quente e úmido, com chuva de verão e inverno seco (NIMER, 1989), o Cerrado possui uma grande diversidade pluviométrica e térmica, com variação crescente das chuvas no sentido leste para oeste – partindo de médias de acumulados anuais de 670mm, no limite com a Caatinga, alcançando os 1.831mm, na interface com a Amazônia; e das temperaturas em sentido sul-norte, variando de 18 a 28°C – Figura 12.

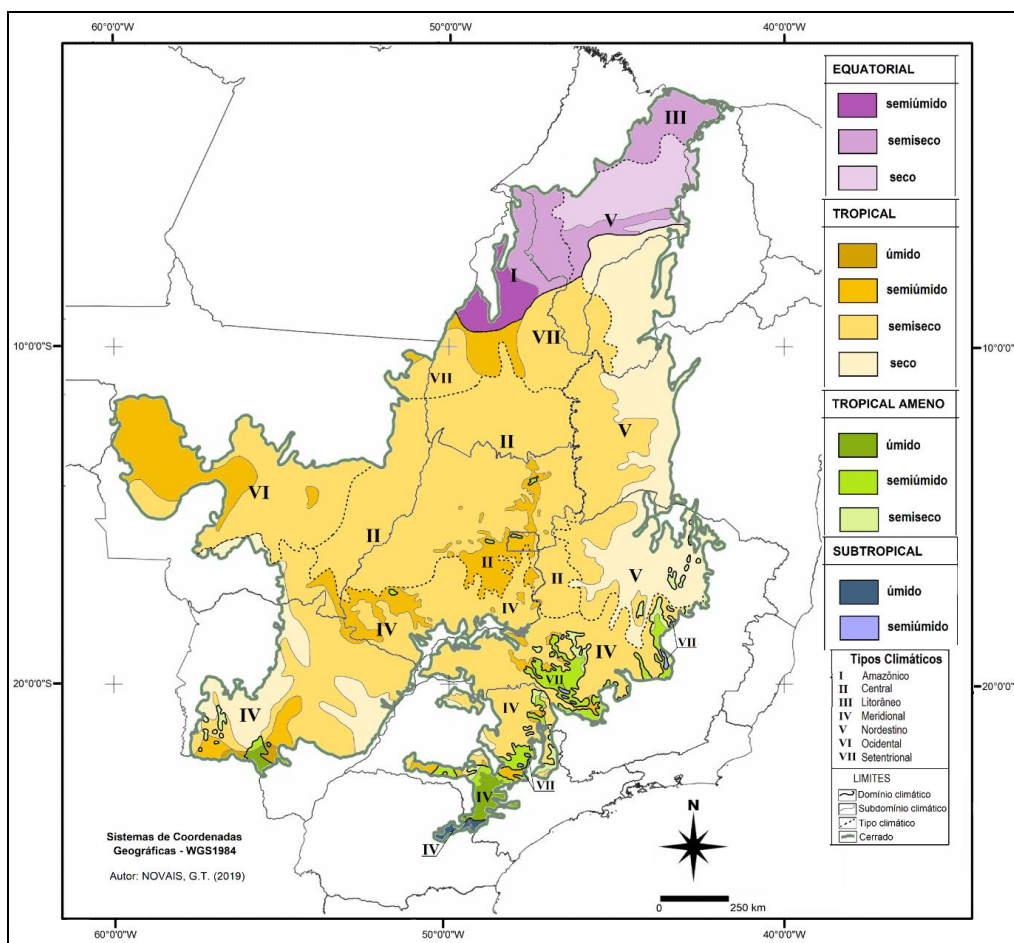


Figura 11: Unidades climáticas do Cerrado.
Fonte: Novais (2019).

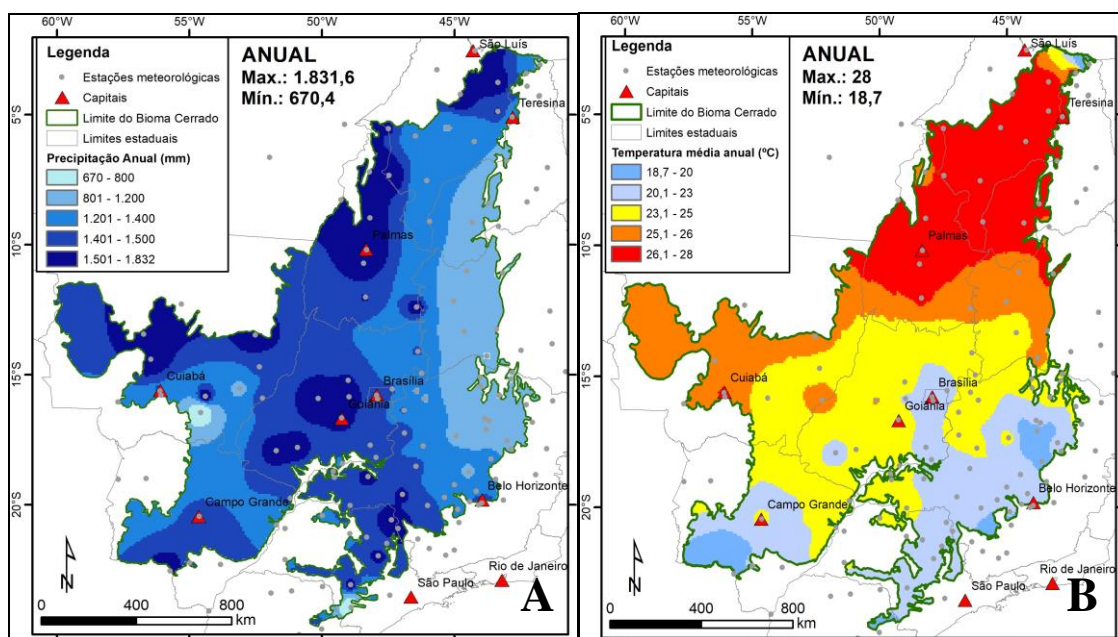


Figura 12 – Variação da precipitação (A) e da temperatura (B) no bioma Cerrado (1981/2010).
Fonte: Normais climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (1981/2010), adaptado de Nascimento e Novais (2020).

Conforme apontado por Nascimento e Novais (2020), tamanha diversidade climática é explicada pelo contexto dos fatores climáticos, em especial à variação latitudinal, à amplitude topográfica, à posição interiorana no continente sul-americano e, especialmente, à atuação de massas de ar – que repercutem distintas condições de temperatura, precipitação e umidade.

Com base nas contribuições de Serra e Ratisbonna (1942) e de Monteiro (1951), indica-se a atuação no bioma Cerrado de sistemas atmosféricos de origem equatorial e tropical, representados pela massa Equatorial continental (mEc) e massa Tropical atlântica (mTa), respectivamente – com as incursões da massa Polar (mP) e repercussão de sistemas perturbadores, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e as Frentes Frias (FF). Conforme o aquecimento desigual entre as estações do ano, esses sistemas adentram a área em apreço conforme o caminho preferencial e as barreiras impostas pela topografia, e repercutem a sazonalidade climática marcante na região, de haver um período chuvoso e quente (primavera e verão), que intercala com outro seco e de temperaturas mais amenas (outono e inverno).

À título de retratação da variação espacial das chuvas e das temperaturas, toma-se como exemplo as normais climatológicas de 1981 a 2010 para as estações meteorológicas de Teresina-PI, Goiânia-GO e Campos Grande-MS (INMET, 2018), situadas na porção norte, central e sudoeste do bioma Cerrado – Figura 13.

Em Teresina-PI, a temperatura média anual é de 27,4 °C, com média para a máxima em 33,9 °C e para a mínima em 22,4 °C. As maiores temperaturas são verificadas entre os meses de agosto e dezembro, desde o final do inverno e o início do verão – com temperaturas mínimas elevadas ao longo de todo ano, sempre superiores a 20,8 °C. A média de precipitação anual é de 1.325 mm, com maiores volumes de precipitação registrados nos meses do verão, especialmente no trimestre fevereiro-março-abril. O período compreendido entre junho e novembro demarca o período de estiagem na região, com volumes inferiores a 46 mm.

Para o caso de Goiânia, a temperatura média anual é de 24,1 °C, sendo a média anual da máxima temperatura do ar em 30,9 °C e da mínima temperatura de 18,1 °C. As temperaturas mais elevadas ocorrem durante os meses característicos da primavera e verão, de setembro a abril, e as menores no final do outono e inverno, de maio a agosto,

com outubro representando o mês mais quente (25,6 °C) e junho o mês mais frio (21,8 °C). A média anual de precipitação é de 1.633 mm, com período chuvoso se estendendo por 7 meses, de outubro a abril, concentrando pouco mais de 90% do acumulado anual de precipitação.

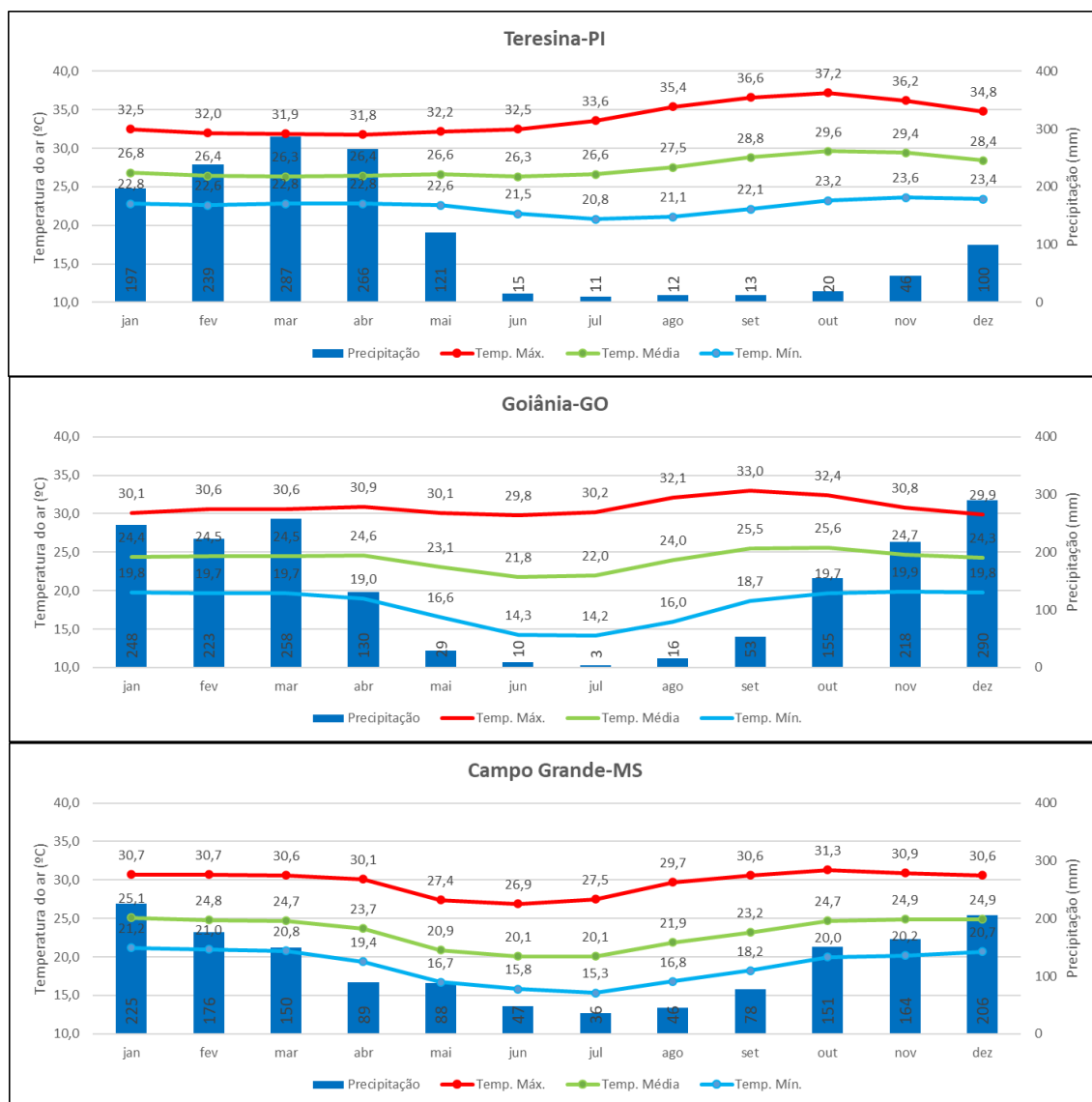


Figura 13 – Média mensal de precipitação e de temperatura do ar em Teresina-PI, Goiânia-GO e Campo Grande-MS (1981/2010).

Fonte: INMET (2018), organização própria.

As temperaturas em Campo Grande apresentam comportamento bastante similar à Goiânia – com menores valores ao longo do outono e inverno e os maiores entre os meses da primavera e verão. Contudo, diferente da capital goiana, em Campo Grande percebe chuvas regularmente distribuídas ao longo de todo o ano, apesar da média de precipitação anual um pouco inferior, com 1.455 mm.

A respeito de sua vegetação, o grande destaque é para a heterogeneidade das fitofisionomias do Cerrado, que configura um verdadeiro mosaico de fisionomias de vegetação, variando desde formações campestres (campo limpo, campo sujo e campo rupestre), nas quais predominam espécies herbáceas e arbustivo-herbáceas; passando por formações savânicas (cerrado rupestre, vereda, palmeiral, parque de cerrado, cerrado ralo, cerrado típico e cerrado denso), caracterizadas pela ocorrência de estratos arbóreos, arbustivo-herbáceo e árvores espalhadas, de forma descontínua, por um substrato gramíneo; e chegando a formações florestais (mata ciliar, mata de galeria, mata seca e cerradão), nas quais espécies arbóreas definem um dossel contínuo (RIBEIRO; WALTER, 2008) – Figura 14.

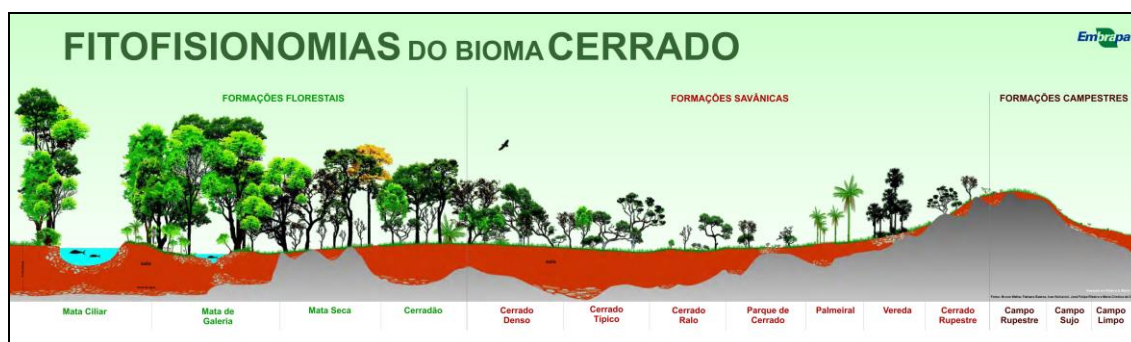


Figura 14 – Fitofisionomias do Bioma Cerrado.

Fonte: <https://www.embrapa.br/en/cerrados/colecao-entomologica/bioma-cerrado>

Conforme dados históricos do Projeto MapBiomas (2019) referentes a proporção ocupada pelas classes de cobertura e uso do solo do Cerrado em 1985 e 2018 – Tabela 01, percebe-se em ambos períodos o predomínio de coberturas vegetais naturais, equivalendo a 71,6% do bioma no primeiro ano e 58,7% no último. Dessa forma, entre o período observado houve redução de 12,8% das coberturas vegetais para implantação de atividades agropecuárias. Dentre as coberturas vegetais, a formação savânica, predominante no Cerrado, foi a que apresentou maior redução (7,8%), seguida pela formação florestal, com redução de 3,4%.

Tabela 01 – Área (em milhões de hectares) e proporção (em porcentagem) das classes de cobertura e uso do solo do Cerrado entre 1985 e 2018.

Classe	1985		2018		Dinâmica
	há	%	há	%	
Formação Florestal	49.188.243	24,2	42.368.431	20,9	-3,4
Formação Savânica	59.570.377	29,4	43.649.925	21,5	-7,8
Formação Campestre	35.126.378	17,3	31.491.315	15,5	-1,8
Corpo D'água	1.210.430	0,6	1.529.787	0,8	+0,2

Agricultura	8.301.590	4,1	25.588.347	12,6	+8,5
Pastagem	46.154.934	22,7	55.989.848	27,6	+4,8
Área não vegetada	3.328.497	1,6	2.300.025	1,1	-0,5
Cobertura Natural	145.095.428	71,6	119.039.458	58,7	-12,8
Usos antrópicos	57.785.021	28,4	83.878.220	41,3	12,8

Fonte: MapBiomias (2019) – coleção 4, organização própria.

As atividades antrópicas, que em 1985 representavam apenas 28,4% do bioma, expandiram para quase metade da área do Cerrado (41,3%) em 2018, em ambos anos havendo o predomínio de pastagens. Em termos de dinâmica, no período analisado o maior incremento é para a agricultura, com elevação de 8,5% entre o período observado, em segunda posição, consta as áreas de pastagens, com 4,8% de ampliação nesse mesmo período.

Os mapas da Figura 15, a seguir, representam a dinâmica espacial da cobertura e do uso do solo no Cerrado entre o período de 1985 e 2018, sendo que o primeiro demarca algumas localidades com notável diminuição das coberturas vegetais savânicas e florestais (em círculos ciano e vermelho, respectivamente), e o segundo retrata as localidades em que essas formações vegetais deram espaço para áreas agrícolas ou pastagens (conforme os círculos cinza ou azul, respectivamente), ou regiões em que houve a substituição de pastagens por áreas agrícolas (demarcadas por círculos pretos).

Conforme se observa no primeiro mapa da Figura 15, numa mancha ao norte do bioma e em pequenas porções à noroeste, coincidentes com o Arco do Desflorestamento, círculos vermelhos demarcam coberturas naturais relacionadas às formações florestais que foram desmatadas entre 1985 e 2018. Em outras áreas, à sudoeste, oeste, leste e na porção central do Cerrado, áreas com formações savânicas também sofreram perdas substanciais de sua cobertura vegetal, indicadas pelos círculos verdes.

Pelo mapa que sucede ainda na Figura 15, constata-se que tais áreas desmatadas passaram a ser ocupadas, principalmente, por agricultura, ora de forma concentrada, conforme visto à oeste da Bahia e leste e sul do Mato Grosso; ora de forma mais dispersa, como é o caso da divisa entre os estados do Maranhão e Piauí e de Goiás e Minas Gerais – conforme visto pelos círculos em cinza. As áreas em que as coberturas vegetais foram convertidas em pastagem podem ser vislumbradas de forma mais

fragmentada e esparsa, no Maranhão, na Bahia e em Goiás, demarcados por círculos azuis.

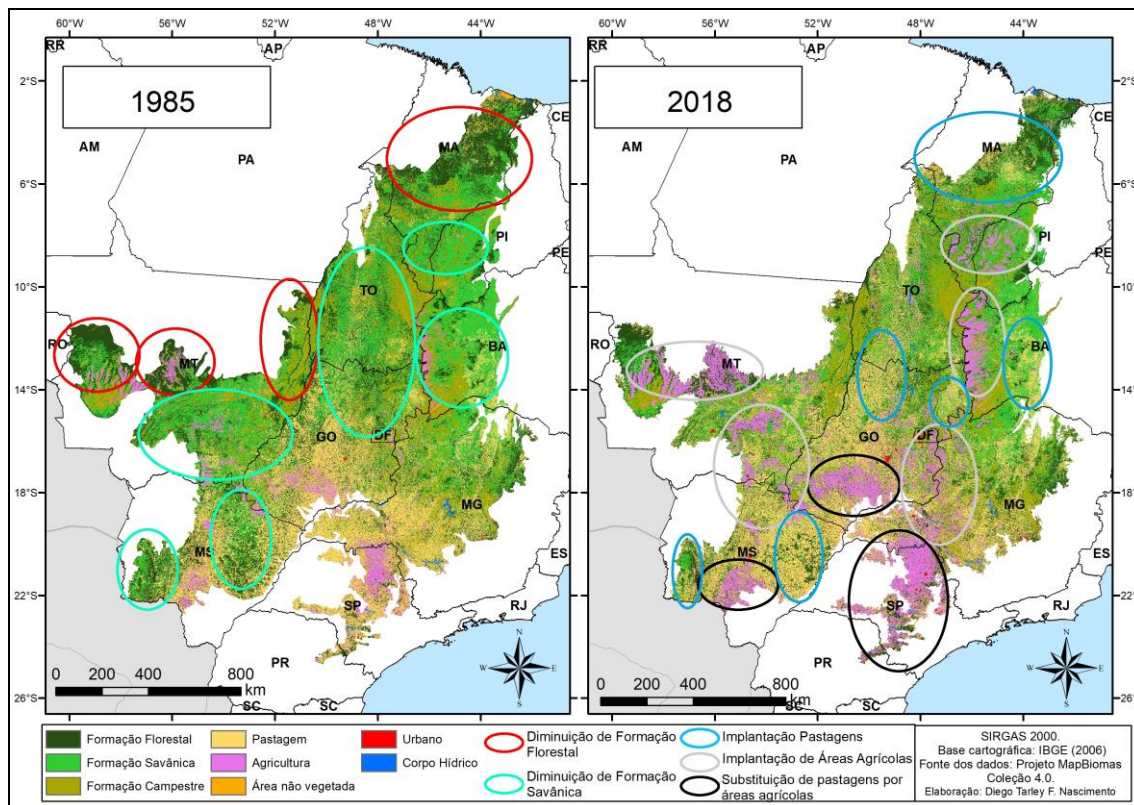


Figura 15 – Dinâmica de cobertura e uso do solo no bioma Cerrado entre 1985 e 2018.

Fonte: Projeto MapBiomas – Coleção 4, organização própria. Obs.: para visualizar a imagem com maior resolução, acesse o link <https://abre.ai/csFD>

Também é verificada localidades que apresentaram a substituição de pastagens por áreas agrícolas, demarcadas por círculos pretos, na porção sul do bioma, no estado de São Paulo; à sudoeste do Mato Grosso e de Goiás. Sobre isso, Silva (2013) explica a existência de uma fronteira agrícola tradicional que precedeu a estruturação da agricultura moderna no Cerrado.

De maneira geral, a conversão da cobertura vegetal para usos antrópicos impulsionada no Cerrado nas últimas décadas fez com que o bioma fosse reconhecido como uma fronteira agrícola brasileira. Além de pastagens plantadas, atividade antrópica predominante, a produção de grãos (como milho, arroz, soja, feijão e sorgo) é também expressiva no bioma, conforme também apontado por Souza, Martins e Druciaki (2020). Segundo os autores supracitados, tais atividades antrópicas se

expandiram sob o Cerrado ao longo de 33 anos (1985-2018) seguindo o sentido sul-norte, conforme visto na passagem:

Em relação à produção agrícola, em 1985, já se evidenciava uma consolidação da fronteira agrícola na porção norte do estado de São Paulo, na região central do estado do Mato Grosso, no sul de Goiás e no oeste baiano. O cenário apresentado em 2018 apresenta a intensificação das atividades nas regiões citadas e o avanço da agricultura e pastagens nos estados do Tocantins, Piauí e Maranhão, o que representa a consolidação de uma importante região agropecuária no Cerrado, denominada de o Matopiba (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia). Mais de trinta milhões de hectares foram anexados como novas áreas para atividades agropastoris no Cerrado, entre 1985 e 2018. Essas atividades avançaram principalmente sobre as formações savânicas, que apresentaram conversão de 18,7 m.ha. no período, sendo essas alterações ocorridas principalmente nos estados da Bahia, Piauí, Maranhão e Mato Grosso. (SOUZA, MARTINS, DRUCIAKI, 2020, p. 10).

A Figura 16, na sequência, representa o mapeamento de cobertura e uso do solo do Cerrado para o ano de 2018, realizado e apresentado no âmbito do Projeto MapBiomias (2019). Neste referido ano, cerca de 58,7% do bioma é representado por coberturas vegetais naturais, ao passo que 41,3% é ocupado por usos e atividades antrópicas. Dentre as coberturas naturais, predomina as formações savânicas (21,5%), seguidas de perto pelas formações florestais (20,9%) e, por último, das formações campestres (15,5%). Dentre as atividades antropizadas, o predomínio é de áreas de pastagem (27,6%), seguidas pelas áreas revestidas por agriculturas (12,6%) e infraestrutura urbana (0,4%).

A formação savânica, predominante entre as coberturas vegetais, pode ser encontrada de maneira fragmentada e dispersa por todo o bioma, todavia, ocorre de maneira concentrada e mais expressiva em duas pequenas manchas, uma à oeste do Mato Grosso e outra à oeste do Mato Grosso do Sul e, principalmente, numa faixa que se pode ser visualizada à leste, nordeste e norte do bioma, que se estende entre os estados de Minas Gerais, Bahia, Piauí e Maranhão. A formação florestal ocorre de maneira ainda mais fragmentada, em porções vistas predominantemente na porção nordeste dos estados do Maranhão e Goiás, oeste do Mato Grosso e leste de Minas Gerais. Por sua vez, a formação campestre é vislumbrada sobre a forma concentrada, em manchas vislumbradas à oeste e leste do Mato Grosso, à sudoeste e leste do Tocantins,

nordeste de Goiás, sudeste da Bahia e do Piauí, no sul do Maranhão e no centro de Minas Gerais.

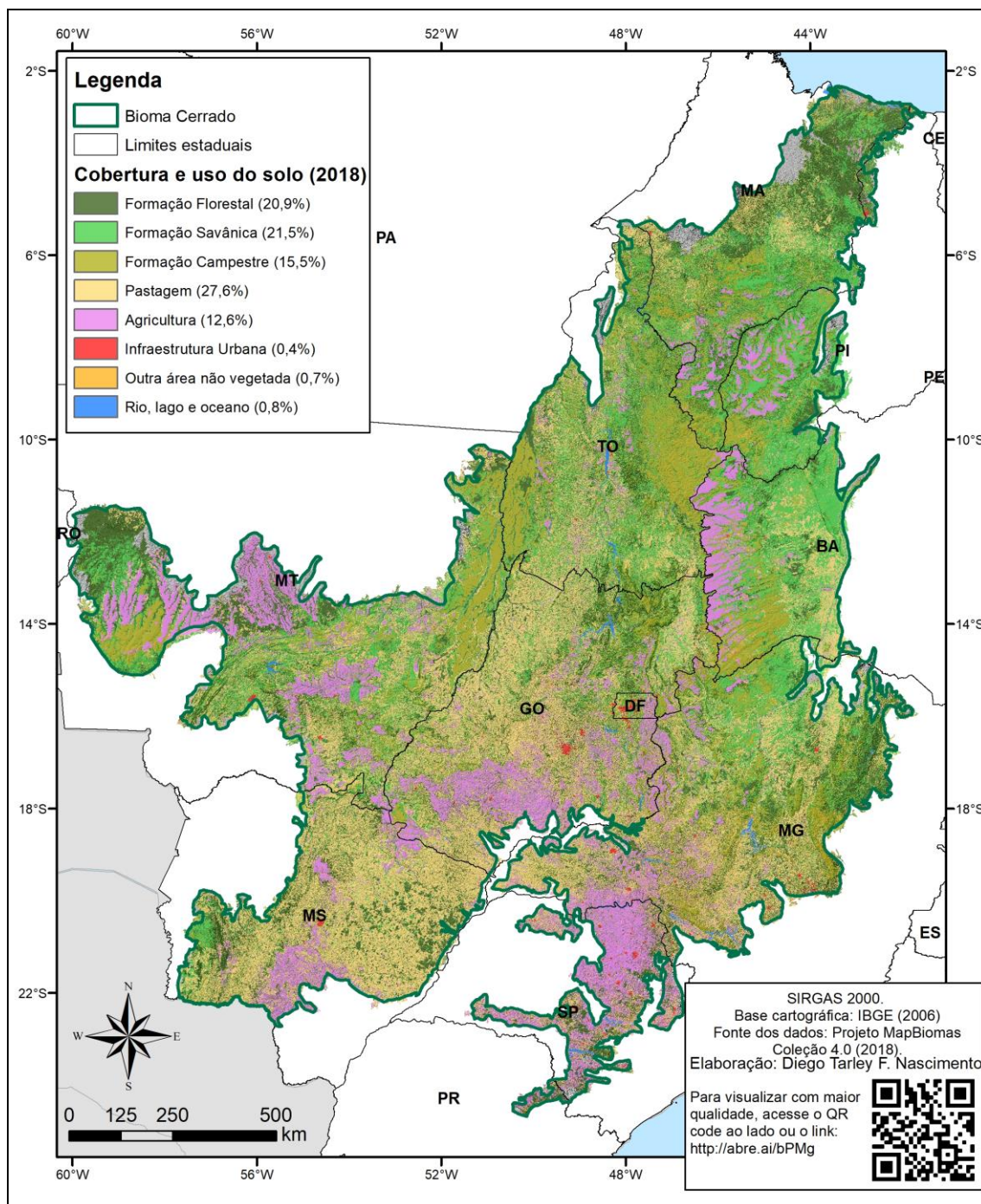


Figura 16 – Classes de cobertura e uso do solo no bioma Cerrado (2018).

Fonte: Projeto MapBiomias – Coleção 4, organização própria. Obs.: para visualizar a imagem com maior resolução, acesse o link <http://abre.ai/bPMg>

No caso das atividades antrópicas, observa-se que as áreas de pastagens predominam na porção centro-sul, sudoeste e sudeste do bioma, dentre os estados de

Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais, principalmente. Todavia, essa classe também ocorre em outras localidades ao centro, leste, oeste e norte do Cerrado, conforme visto nos estados do Tocantins, de maneira mais fragmentada, e na Bahia e Maranhão, sob a disposição de manchas. A classe de agricultura demonstra um padrão bastante evidente, de ocorrência em manchas, vistas principalmente sob a porção meridional do Cerrado, em especial, ao sul do Mato Grosso do Sul, São Paulo, sul e sudoeste de Goiás e centro e oeste do Mato Grosso – com ocorrência também na porção setentrional do bioma, sobretudo à oeste da Bahia, sudoeste do Piauí e sul do Maranhão.

Apesar da agricultura aparentemente possuir uma presença mais nítida no Cerrado, por conta de seu padrão espacial de ocorrência mais concentrada, na forma de manchas, o predomínio no bioma, em termos de ocupação territorial, é de pastagens, de ocorrência mais esparsa e fragmentada. Isto, inclusive, é algo que não se restringe ao bioma, mas se estende também para todo o Brasil, tendo em vista que as pastagens respondem por 19,68% do território nacional, em comparação aos 7,49% ocupados pela agricultura, segundo dados do Projeto Mapbiomas para o ano de 2019 (MAPBIOMAS, 2019). Isto corrobora a assertiva de que o país é o principal produtor de carne bovina no mundo, possuindo aproximadamente 178 milhões de hectares destinados às pastagens (PARENTE et al., 2019).

De acordo com Silva (2013), a implantação das pastagens no Cerrado foi facilitada devido ao incentivo estatal, infraestrutura viária, baixo preço das terras e crescente mercado consumidor de carne bovina. Em contrapartida, a baixa fertilidade dos solos, as grandes distâncias dos mercados consumidores e competição com agricultura foram fatores que dificultaram esse processo. A pecuária se estabeleceu no país de forma mais significativa primeiramente em São Paulo, na década de 1960. Na década de 1970, a produção se expande para os estados de Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, devido à facilidade de escoamento para o próprio estado de São Paulo. Assim, para Silva (2013), a produção de carne bovina pode ser dividida em dois momentos principais: um que antecede a década de 1990 e que é caracterizado pela expansão de mercado limitada ao contexto nacional, e outro após a segunda metade da década mencionada, no qual a produção se volta também para o mercado internacional. Ainda segundo a autora, este segundo período é também marcado pela substituição da pastagem cultivada pelas commodities, como soja e cana, em várias localidades do país.

O predomínio das pastagens fez do Cerrado o segundo estado brasileiro com maior efetivo de bovinos - aproximadamente 23 milhões de cabeças de gado (GOSCH et al, 2020). A grande área ocupada por pastagens – destinadas a alimentação de gado e reserva de terra (LOPES et al, 2020) - e os passivos ambientais resultantes desse processo indicam baixo investimento em tecnologias e insumos. Ou seja, a baixa produtividade da pecuária, devido aos recursos e métodos utilizados, exigiu a apropriação intensa e rápida de novas terras cultiváveis, deixando as antigas terras com grau considerável de degradação (GOSH et al, 2020).

Em fato, desde a ocupação e exploração inicial do território central do Brasil há 12.000 anos, perpassando pela colonização no século XVI, o apogeu da mineração no século XVIII, até a implementação do agronegócio, o Cerrado é explorado de forma predatória, atendendo aos interesses do capital. Essa lógica de apropriação gerou territórios com várias assimetrias e tanto a sociedade como o meio ambiente seguem ameaçados por políticas e projetos de “desenvolvimento”. Para legitimar essa exploração (econômica e ambiental) insustentável, tentou-se difundir uma ideia depreciativa sobre o bioma, a partir de suas fitofisionomias menos “desenvolvidas” e tortuosas. Criou-se, portanto, a ideia de um sertão dedicado apenas a ser explorado e ocupado (RIBEIRO, 2005).

2.2. Conceitos, categorias e fundamentação teórico-metodológica

A interação entre fogo e vegetação é retratada na bibliografia consultada ora como queimada ora como incêndio florestal e suas derivações (incêndio na paisagem, incêndio rural e incêndio de vegetação). A terminologia pode variar de acordo com os tipos de cobertura do solo em diversos países (ROBINNE; HALLEMAB; BLADOND, 2019). No Brasil, os termos mais usuais para a queima de biomassa vegetal são queimada e incêndio – esta última geralmente associada ao termo florestal. Apesar de possuírem sentidos distintos, estes termos são muitas vezes empregados como análogos.

Incêndio florestal consiste na ocorrência de fogo de maneira livre e/ou descontrolada em qualquer tipo de vegetação (RAMOS, 1995; SOARES; BATISTA, 2007). Por sua vez, a queimada é considerada a propagação do fogo de maneira prescrita e controlada na vegetação, se baseando, a princípio, no gerenciamento hábil de

recursos naturais a fim de atender demandas humanas, como preparo de terreno para implantação ou manutenção de atividades agropastoris (SOARES; BATISTA, 2007).

As queimadas, portanto, denotam caráter eminentemente antrópico, ao contrário dos incêndios que podem se originar, também, de maneira natural (quase sempre por descargas atmosféricas). Dessa forma, o termo “incêndio”, ora também empregado o “incêndio florestal”, melhor denotaria a ocorrência de fogo no Cerrado, por possuir um sentido mais amplo, de origem natural ou antrópica, de maneira controlada e descontrolada.

Todavia, o que se observa na prática é que a ocorrência do fogo no Cerrado geralmente possui origem antrópica, para manejo das áreas agropecuárias. E esta prática é, inclusive, muitas vezes empenhada de forma ilegal, tendo em vista que o artigo terceiro do Decreto 2.661 de 1998 estipula que o emprego do fogo mediante queimada controlada depende de prévia autorização por parte do órgão do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), sendo seu uso não autorizado considerado crime previsto no código penal, em seu artigo 250, pelo fato de expor perigo à vida, à integridade física ou ao patrimônio de outros, com pena de reclusão de três a seis anos e multa.

Deste contexto, destaca-se que na presente pesquisa será preferível o emprego do termo queimadas, em virtude da natureza e origem da ocorrência do fogo no Cerrado, sua maior utilização na bibliografia consultada e em alusão aos dados secundários utilizados na pesquisa, baseados em arquivos de pontos, que demarcam a localização dos focos de queimadas detectados por imagens de satélite.

Tendo a paisagem e o geossistema como categorias de análise essenciais, os procedimentos para execução do estudo foram definidos com base na fundamentação teórico-metodológica da Geoecologia das Paisagens: inventário, organização, análise e diagnóstico (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2017).

2.3 Procedimentos metodológicos

Apesar de corriqueiramente ser indicada como etapa inicial, o levantamento bibliográfico ocorreu durante toda a pesquisa, com mais intensidade, no primeiro momento, durante o qual foi construída a fundamentação teórico-metodológica para a pesquisa. Paralelamente foram realizados o inventário e a organização dos dados e da base cartográfica, em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), a saber, o

software ArcGIS 10.3, pelo qual foi estruturado um projeto georreferenciado no sistema de referência SIRGAS 2000.

A partir do Banco de Dados de Queimadas (BDQueimadas – <http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>), administrado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foram compiladas as estatísticas mensais e anuais, em formato tabular, e adquiridos os arquivos de pontos relacionados aos focos de queimadas, em formato vetorial – em ambos casos tendo como base o recorte espacial do bioma Cerrado e o período de 1999 a 2018.

Os dados tabulares foram reorganizados e tratados em planilha de Excel do *Microsoft Office* versão 2016, pela qual foram aplicadas técnicas estatísticas para análise exploratória de dados (tais como medidas de posição e dispersão), no intuito de prover a descrição da variação temporal das queimadas no bioma.

Em seguida, para subsidiar a análise da ocorrência espacial das queimadas no bioma Cerrado, os arquivos vetoriais dos focos de queimadas foram dispostos em ambiente SIG, sendo, inicialmente, quantificados segundo as microrregiões definidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e, num segundo momento, interpolados para estimativa da densidade espacial (pelo método de *kernel*). Os focos de queimadas também foram cotejados, contabilizados e analisados segundo os limites das Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável, das Terras Indígenas e dos Territórios de Comunidades Tradicionais que se encontram ao longo do território compreendido pelo Cerrado.

A ocorrência dos focos de queimadas foi analisada a partir de atributos espaciais, também denominados como princípios geográficos de análise espacial (tais como localização, distribuição, analogia, conexão, diferenciação, extensão, adjacência, dispersão, ordem e arranjo) – melhor explanados por Moreira (1982; 1999), Fernandes, Trigal e Sposito (2016) e Castellar e De Paula (2020). De mesma forma, a análise também foi amparada por técnicas estatísticas de autocorrelação espacial global e local, sendo a primeira baseada no Índice I de Moran, que testa a hipótese nula de aleatoriedade espacial, e a segunda associada aos Indicadores Locais de Associação Espacial (do inglês *Local Indicators of Spatial Association – LISA*), que visam detectar padrões locais de autocorrelação espacial (ANSELIN, 1995, 1999; NUNES, 2013; AMARAL; AMARAL, 2019).

Conforme apontado por Marques e colaboradores (2010), valores positivos do Índice de Moran indicam uma autocorrelação positiva, isto é, valores similares entre os vizinhos e, portanto, agregação espacial dos dados. Por sua vez, os valores negativos sugerem condição autocorrelação negativa, portanto, valores diferentes entre os vizinhos e, dessa forma, dispersão espacial dos dados. Os autores ainda explicam que os valores próximos ao zero retratam autocorrelação insignificativa ao passo que o valor de zero representa ausência de correlação espacial, ou seja, de condições diferentes entre os vizinhos. Segundo Druck e outros autores (2004), o cálculo do índice é realizado por meio da equação 1, a seguir

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (z_i - z_m)(z_j - z_m)}{\sum_{i=1}^n (z_i - z_m)^2},$$

Equação 1

Onde n representa o número de áreas; z_i o valor do atributo considerado na área i ; z_m o valor médio do atributo na região de estudo e w_{ij} os elementos da matriz normalizada de proximidade espacial.

Enquanto o Índice de Moran I fornece um único valor que retrata a condição geral de associação espacial de todo o conjunto de dados do fenômeno em investigação, o LISA avalia a dependência de cada localidade com relação à sua vizinhança imediata (ANSELIN, 1995; 1999; NUNES, 2013). Segundo Nunes (2013, p. 242), o LISA pode ser representado a partir de

valores normalizados dos atributos numa área com a média dos seus vizinhos, construindo um gráfico bidimensional de Z (valores normalizados) por WZ (média dos vizinhos, também normalizadas), divididos em quatro quadrantes distribuídos espacialmente em um mapa (BOX MAP), com o objetivo de identificar pontos com associação espacial positiva ou não.

Sendo que

(...) os valores variam de 1 a 4, onde 1 corresponde aos valores de Q1 (alto-alto –valores altos de Z e valores altos de WZ), 2 (Q2) baixo-baixo, 3 (Q3) alto-baixo e 4 (Q4) baixo-alto. Q1 e Q2 indicam pontos de associação espacial positiva, no sentido que uma localização possui vizinhos com valores semelhantes. Q3 (valores positivos, média negativa) e Q4 (valores negativos, média positiva), indicam pontos de associação espacial negativos, convizinho com valores diferentes, indicando pontos de transições entre diferentes padrões espaciais (NUNES, 2013, p. 243).

No intuito de identificar tendências e padrões espaço-temporais da ocorrência das queimadas no Cerrado ao longo do período de 1999 a 2018, foi implementada uma análise de pontos quentes emergentes, também denominada como mineração de padrão espaço-temporal ou pela expressão em inglês *Hot Spot Analysis*, que identifica pontos ou áreas quentes (*hot spots*) ou frias (*cold spots*) – o primeiro caso evidenciando tendência crescente (intensificação) e o segundo decrescente (atenuação) de ocorrência de uma determinada variável ou fenômeno ao longo de um determinado tempo.

Para tanto, foi empregada a ferramenta *Emerging Hot Spot Analysis*, presente no ArcGIS Pro, para agregação dos pontos de focos de queimadas segundo uma grade com células de 5km², implementando, assim, um cubo espaço-temporal (*Space Time Cube*), segundo a sobreposição de focos de queimadas no espaço e ao longo do tempo – Figura 17.

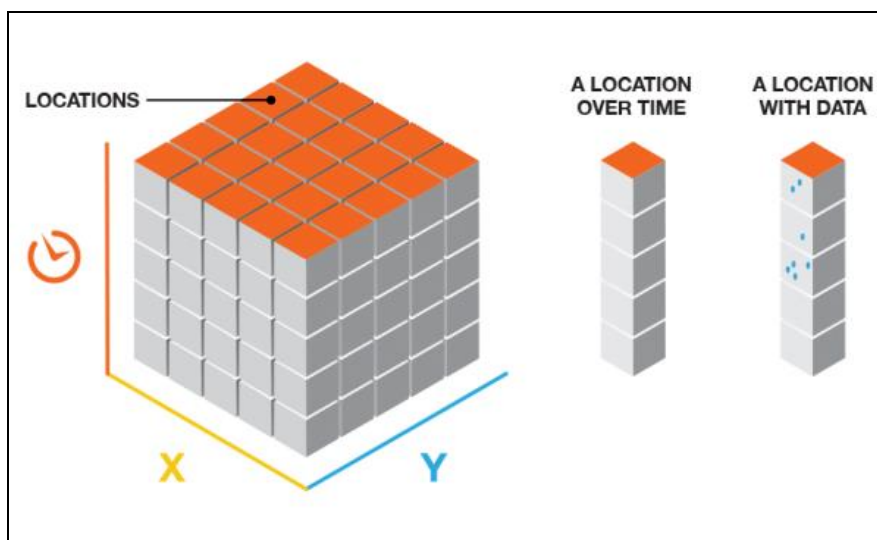



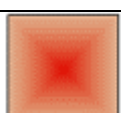









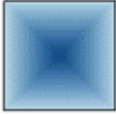





Figura 17 - Representação de dados segundo os segmentos espacial (x,y) e temporal (t)
Fonte: ESRI.

Em seguida, a ferramenta *Emerging Hot Spot Analysis* calcula estatísticas *Getis-Ord Gi** para cada célula da grade, para indicação de áreas quentes e frias, que são avaliadas em termos de confiança a partir do teste não-paramétrico de tendência de Mann-Kendall. Na sequência, cada célula é caracterizada em termo de ausência ou existência de padrão, e no caso de existência, o padrão ainda é categorizado em termos de nova, consecutiva, intensificada, persistente, reduzida, esporádica, oscilante e

histórica tendência de ocorrência, conforme simbologia, classes e definições que seguem especificados no Quadro 1.

Quadro 1 – Simbologia, classes e definições das classes de *Emerging Hot Spot Analysis*

Simbologia	Classes	Definição
	Nenhum Padrão Detectado	Não se enquadra em nenhum dos padrões de pontos quentes ou frios, abaixo descritos.
	Ponto Quente Novo (<i>New Hot Spot</i>)	Um local que é um ponto quente estatisticamente significativo no último intervalo de tempo, mas nunca foi um ponto quente estatisticamente significativo antes.
	Ponto Quente Consecutivo (<i>Consecutive Hot Spot</i>)	Um local com um único e ininterrupto ponto quente estatisticamente significativo no intervalo final de tempo. O local nunca foi um ponto quente estatisticamente significativo antes do último período.
	Ponto Quente em acréscimo (<i>Intensifying Hot Spot</i>)	Um local que tem sido um ponto quente estatisticamente significativo em 90% do intervalo de tempo, incluindo o período final. Além disso, a intensidade de agregação (de valores elevados) em cada intervalo de tempo, em geral, tem crescido, e esse aumento é estatisticamente significativo.
	Ponto Quente Persistente (<i>Persistent Hot Spot</i>)	Um local que tem sido um ponto quente estatisticamente significativo em 90% do intervalo de tempo, sem tendência discernível que indique um aumento ou diminuição na intensidade do agrupamento ao longo do tempo.
	Ponto Quente Decrescente (<i>Diminishing Hot Spot</i>)	Um local que tem sido um ponto quente estatisticamente significativo em 90% do intervalo de tempo, incluindo o período final. Além disso, a intensidade do agrupamento em cada período de tempo está, em geral, diminuindo, e essa diminuição é estatisticamente significativa.
	Ponto Quente Esporádico (<i>Sporadic Hot Spot</i>)	Um local que é, e deixa de ser, de forma consecutiva, um ponto quente. Em menos de 90% dos intervalos de tempo foi considerado um ponto quente estatisticamente significativo e em nenhum intervalo de tempo foi considerado um ponto frio estatisticamente significativo.
	Ponto Quente Oscilante (<i>Oscillating Hot Spot</i>)	Um ponto quente estatisticamente significativo no intervalo de tempo final que tem um histórico de também ser um ponto frio estatisticamente significativo durante um período anterior. Em menos de 90% do intervalo de tempo foi ponto quente estatisticamente significativo.
	Ponto Quente Histórico (<i>Historical Hot Spot</i>)	No período de tempo mais recente não é ponto quente, mas em pelo menos 90% do intervalo de tempo foi um ponto quente estatisticamente significativo.
	Ponto Frio Novo (<i>New Cold Spot</i>)	Um local que é um ponto frio estatisticamente significativo no último intervalo de tempo, mas nunca foi um ponto frio estatisticamente significativo antes.
	Ponto Frio Consecutivo (<i>Consecutive</i>)	Um local com um único ininterrupto ponto frio estatisticamente significativo no intervalo final de tempo. O local nunca foi um ponto frio estatisticamente significativo

	<i>Cold Spot</i>)	antes do último período.
	Ponto Frio em acréscimo (<i>Intensifying Cold Spot</i>)	Um local que tem sido um ponto frio estatisticamente significativo em 90% do intervalo de tempo, incluindo o período final. Além disso, a intensidade de agregação (de valores elevados) em cada intervalo de tempo, em geral, tem crescido, e esse aumento é estatisticamente significativo.
	Ponto Frio Persistente (<i>Persistent Cold Spot</i>)	Um local que tem sido um ponto frio estatisticamente significativo em 90% do intervalo de tempo, sem tendência discernível que indique um aumento ou diminuição na intensidade do agrupamento ao longo do tempo.
	Ponto Frio Decrescente (<i>Diminishing Cold Spot</i>)	Um local que tem sido um ponto frio estatisticamente significativo em 90% do intervalo de tempo, incluindo o período final. Além disso, a intensidade do agrupamento em cada período de tempo está, em geral, diminuindo, e essa diminuição é estatisticamente significativa.
	Ponto Frio Esporádico (<i>Sporadic Cold Spot</i>)	Um local que é, e deixa de ser, de forma consecutiva, um ponto frio. Em menos de 90% dos intervalos de tempo foi considerado um ponto frio estatisticamente significativo e em nenhum intervalo de tempo foi considerado um ponto quente estatisticamente significativo.
	Ponto Frio Oscilante (<i>Oscillating Cold Spot</i>)	Um ponto frio estatisticamente significativo no intervalo de tempo final que tem um histórico de também ser um ponto quente estatisticamente significativo durante um período anterior. Em menos de 90% do intervalo de tempo foi ponto frio estatisticamente significativo.
	Ponto Frio Histórico (<i>Historical Cold Spot</i>)	No período de tempo mais recente não é ponto frio, mas em pelo menos 90% do intervalo de tempo foi um ponto frio estatisticamente significativo.

Fonte: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/space-time-pattern-mining/learnmoreemerging.htm>. Obs. Traduzido e adaptado pelos autores.

Conforme demonstrado pelo Quadro 1, a ferramenta de *Emerging Hot Spot Analysis* classifica locais conforme o padrão e tendência espaço-temporal verificado, retratando, por exemplo, uma nova e recente ocorrência do fenômeno, onde não foi registrada anteriormente (ponto quente novo/*new hot spot*); ou um local que esteja apresentando um incremento no último intervalo do tempo analisado (ponto quente em acréscimo/*intensifying hot spot*); ou que no último intervalo de tempo não ocorra mais incremento, mas que isso tenha ocorrido na maior parte do período anterior (ponto quente histórico/*historical hot spot*) – sendo que estes mesmos padrões e tendências espaço-temporais também podem ser associados aos locais em que haja diminuição da ocorrência do fenômeno, isto é, com relação aos pontos frios (*cold spot*).

Apesar do título da ferramenta retratar pontos quentes, o resultado da análise pode tanto dizer respeito a localidades pontuais, como também em termos de área de ocorrência de determinado padrão ou tendência.

Conforme apontado por Harris e colaboradores (2017), a análise de pontos quentes emergentes é conhecida na literatura internacional por *Emerging Hot Spot Analysis*, empregada no contexto da avaliação de plantações de árvores (silvicultura) em alguns países tropicais (PETERSEN et al., 2016), na análise das perdas de coberturas florestais na Indonésia e na Rússia (MARGONO et al., 2014, POTAPOV et al., 2012) e no Brasil (HARRIS et al., 2017), na averiguação dos locais de maior ocorrência de crime (HAJELA; CHAWLA; RASSOL, 2020) e de acidentes de carros (CHENG; ZU; LU, 2018) e no estudo da ocorrência de casos de infecção pelo novo coronavírus (PURWANTO et al., 2021) – sendo um método ainda relativamente incipiente no Brasil para a análise da distribuição espaço-temporal e (re)ocorrência de queimadas, podendo ser exemplificado pela proposta de zoneamento de risco de incêndio florestal apresentada para o estado do Acre por Leal, Souza e Leal (2019).

Por fim, com vistas a retratar a ocorrência das queimadas segundo as classes de cobertura e uso do solo, por meio da ferramenta de análise espacial de extração de valores por pontos (*extract values to point*), presente no ArcGIS, as informações das classes de cobertura e uso do solo foram automaticamente inseridas à tabela de atributos do arquivo vetorial de focos de queimadas, tendo como base a sobreposição espacial das camadas. Para tanto, foram empregados os arquivos matriciais dos mapeamentos anuais de cobertura e uso do solo do Cerrado, entre 1999 e 2018, elaborados e disponibilizados pelo MapBiomas (2019), coleção 4.0 – <https://mapbiomas.org>.

Destaca-se que na interceptação, verificou-se que alguns focos de queimadas do BDQueimadas/INPE não coincidiram com o arquivo de cobertura e uso do solo proveniente do Projeto Mapbiomas, possivelmente por conta de diferentes limites que os órgãos consideram para o bioma Cerrado, sejam por diferenças de escalas ou fontes. Dessa forma, na correlação dos focos conforme as distintas classes de cobertura e uso do solo foram considerados os totais anuais de queimadas inferiores do que o total registrado e divulgado pelo INPE – indicado pela Tabela 2, por isso, para esse propósito são apresentadas e representadas em termos proporcionais – isto é, em porcentagens, ao invés da quantidade absoluta. Nas demais análises (distribuição mensal e anual para o bioma, quantificação por Unidade Federativa e densidade espacial) foram utilizados os totais anuais de focos divulgados pelo INPE.

Tabela 2 – Focos de queimadas registrados e divulgados pelo BDQueimadas/INPE e a proporção coincidente ao mapeamento de cobertura e uso do solo do MapBiomas.

Ano	Total anual de focos do BDQueimadas	Total coincidente com o mapeamento de cobertura e uso do solo do MapBiomas	Diferença entre o total e o coincidente	% da diferença entre o total e o coincidente
1999	43.850	41.422	2.428	5,5
2000	34.393	32.212	2.181	6,3
2001	44.534	41.707	2.827	6,3
2002	78.719	74.172	4.547	5,8
2003	84.113	78.717	5.396	6,4
2004	93.562	87.208	6.354	6,8
2005	85.747	80.257	5.490	6,4
2006	56.880	53.855	3.025	5,3
2007	137.918	131.697	6.221	4,5
2008	58.934	56.108	2.826	4,8
2009	35.899	34.013	1.886	5,3
2010	133.394	129.034	4.360	3,3
2011	61.682	59.356	2.326	3,8
2012	90.600	87.414	3.186	3,5
2013	44.017	41.987	2.030	4,6
2014	65.871	63.366	2.505	3,8
2015	75.094	72.642	2.452	3,3
2016	58.833	56.542	2.291	3,9
2017	66.762	63.966	2.796	4,2
2018	39.449	37.746	1.703	4,3

Fonte: BDQueimadas/INPE e Mapbiomas, calculado em SIG e organização própria.

Após organizados os dados, tanto de focos de queimadas e de cobertura e uso do solo, a etapa consistiu na confecção de mapas temáticos e outras representações tabulares e gráficas da distribuição espaço-temporal das queimadas na área em estudo, e na conseguinte análise das áreas de maior incidência

Apesar de terem sido previstas no início da pesquisa, não foram realizadas atividades de campo para reconhecimento, observação e análise *in loco* das áreas com maior incidência de queimadas e avaliação de possíveis dinâmicas e impactos na paisagem, por conta do período pós-mapeamentos ter coincido com o momento atípico advindo pela pandemia do novo coronavírus, que exigiu medidas de distanciamento social e interrupção e fechamento de estabelecimentos comerciais, meios de transporte público e instituições de ensino – sendo grande parte da pesquisa desenvolvida no contexto de atividades *online* e remotas.

Ao término deste capítulo denominado como Materiais e Métodos, no intuito de sintetizar todo o percurso teórico e metodológico trilhado para desenvolvimento da pesquisa, apresenta-se o fluxograma a seguir.

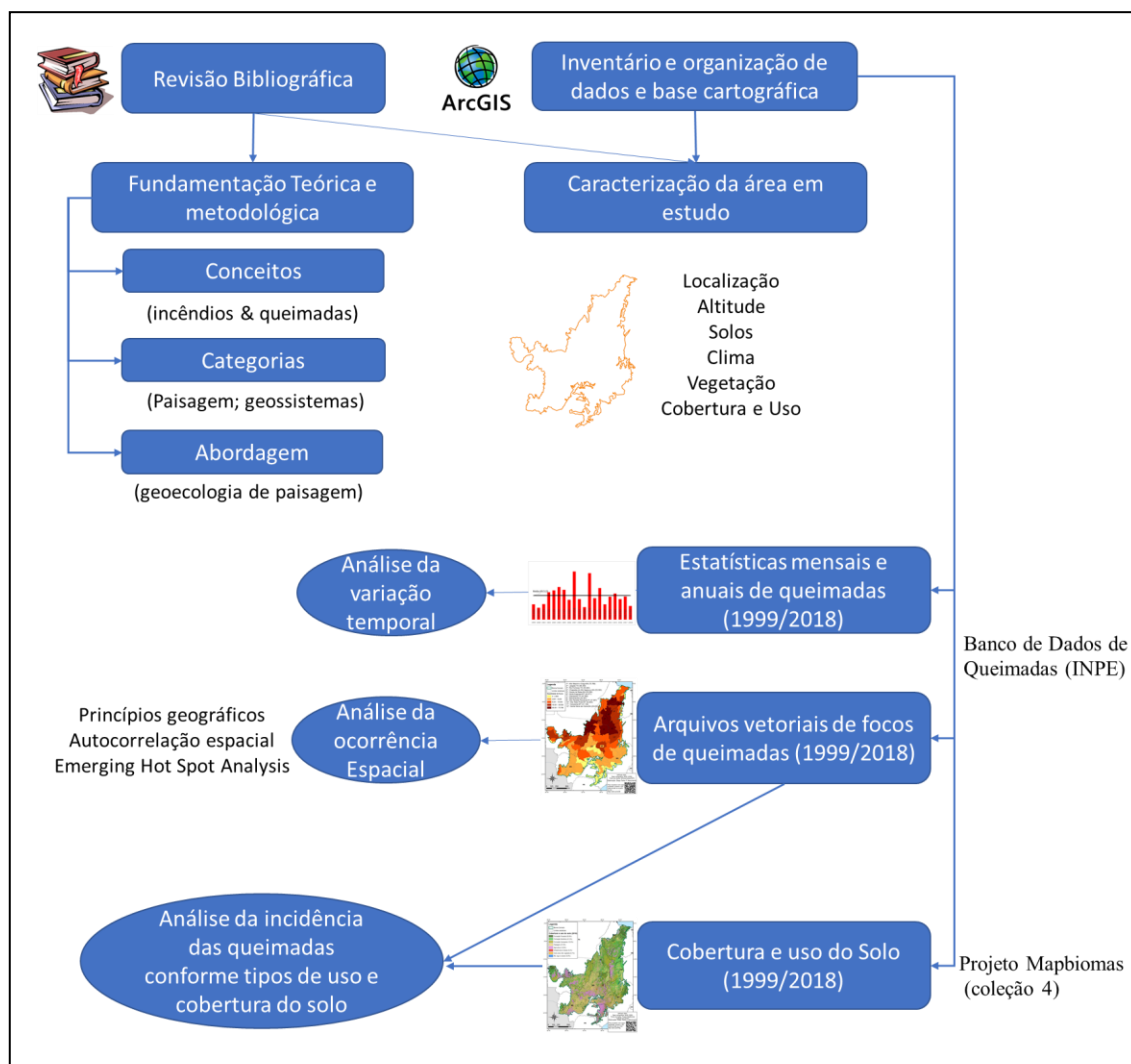


Figura 18 – Fluxograma do percurso metodológico.

Fonte: próprios autores.

CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

No presente capítulo é exposto o panorama da distribuição de queimadas no bioma Cerrado, durante período de 1999 a 2018. Inicialmente, é descrita a variação temporal das queimadas ao longo dos anos, estações e meses, no intuito de averiguar a sazonalidade, a variabilidade e possíveis tendências temporais.

Posteriormente, o texto aborda a ocorrência espacial das queimadas no bioma a partir do recorte das Unidades da Federação e das microrregiões – em ambos casos, também contemplando a variação ao longo dos anos da série temporal. Ainda é avaliada a ocorrência das queimadas interceptadas pelos limites de Unidades de Conservação, de Terras Indígenas e Comunidades Quilombolas, nestes casos, considerando a densidade do total de focos de queimadas registrado no período de 1999 a 2018.

Logo na sequência, são implementadas técnicas estatísticas para análise da autocorrelação espacial e avaliada a existência de padrões e tendências espaço-temporais das queimadas no Cerrado.

Por fim, é verificada a incidência das queimadas conforme os diferentes tipos de cobertura e uso do solo, ao longo dos anos considerados na pesquisa, no intuito de avaliar a tese de que a prática de queimadas esteja recorrentemente associada a desmatamentos e à implantação de atividades agropecuárias.

3.1 Variação temporal dos focos de queimadas no bioma Cerrado

A quantidade média de queimadas anuais no Cerrado, tendo como base os anos analisados, foi de 69.513 focos, com mediana bem próxima, referente a 63.777 focos. O desvio padrão das quantidades anuais de queimadas foi de 29.058 focos – valor esse que representa quase metade da média e mediana, o que demonstra uma considerável variabilidade anual das queimadas no Cerrado.

O histograma representado pela Figura 19 indica uma maior frequência de anos em que foram registrados entre 55.099 e 75.803 focos de queimadas (sete anos), seguido de perto por anos com quantidades logo abaixo (34.393 a 55.098) e acima (75.804 a 96.508) desse patamar, correspondendo a seis e cinco anos, respectivamente.

Isso indica uma distribuição assimétrica à direita das queimadas registradas no Cerrado entre 1999 e 2018, tendente às menores quantidades anuais de queimadas, que pode ser justificada pela ocorrência de poucos anos com valores extremos e anômalos de quantidade de queimadas, conforme visto nos anos de 2007 (com 137.918 focos) e 2010 (com 133.394 focos).

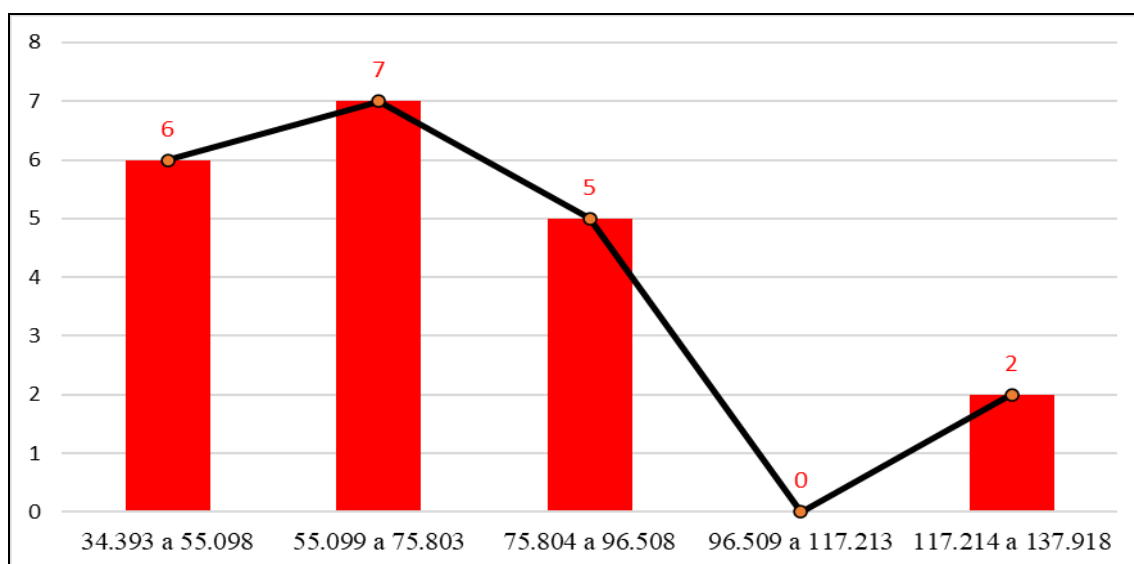


Figura 19 – Histograma de frequência de focos de queimadas no bioma Cerrado (1999 e 2018)
Fonte: BDQueimadas/INPE, organização própria.

Dentre os vinte anos analisados, apenas oito a(40%) apresentaram quantidade anual de queimadas acima do valor médio, enquanto que doze anos (60%) apresentaram quantidade abaixo do valor médio de queimadas – Figura 20. O ano com maior registro de queimadas foi 2007, com 137.918 focos, acompanhado de perto por 2010, com 133.394 focos. Em contrapartida, os anos de 2000 e 2009 registraram as menores ocorrências de queimadas, com 34.393 e 35.899 focos, respectivamente. A amplitude entre os anos de 2007 e 2000 é de 103.525 focos. Estes mesmos anos de maior incidência são também apontados pela bibliografia consultada, exemplificada por Araújo, Ferreira e Arantes (2012) e Jesus et al. (2020).

Conforme ainda visto pelo gráfico da Figura 20, os dados não demonstram uma tendência estatisticamente significativa de aumento ou diminuição na quantidade anual de queimadas no Cerrado entre 1999 e 2018, com valor de R^2 de 0,000004. Todavia, ao considerar o período de 1999 a 2007 (linha tracejada verde), percebe-se uma tendência com significância moderada de elevação da quantidade de queimadas (R^2 de

0,58). Por sua vez, entre 2009 e 2018 (linha tracejada roxa), percebe-se uma tendência com significância moderada de diminuição das queimadas no Cerrado (R^2 de 0,4).

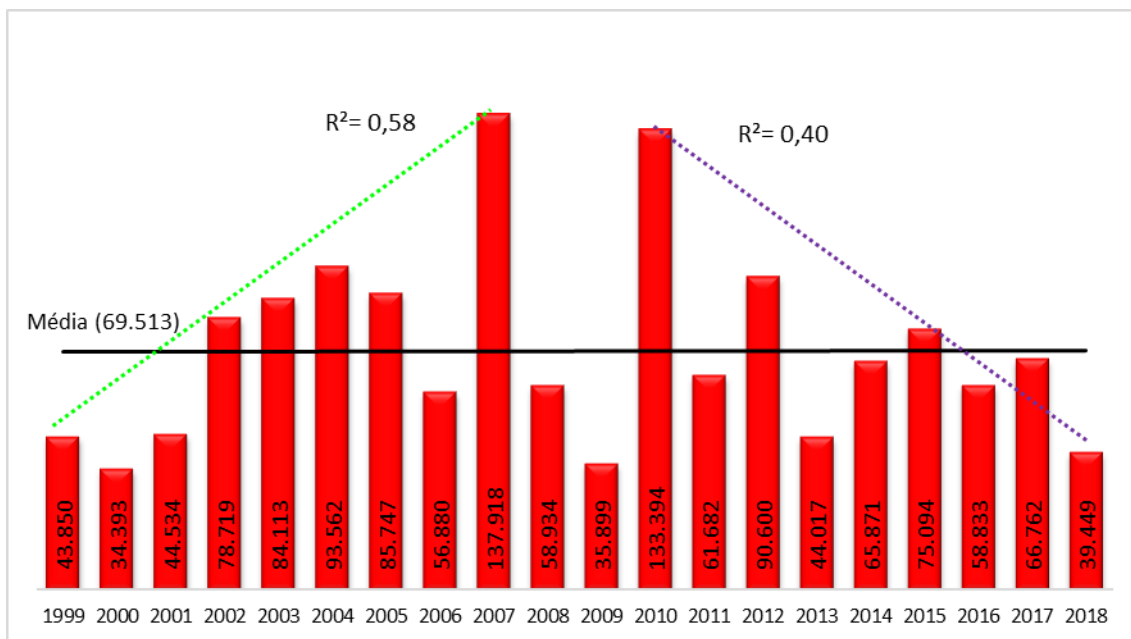


Figura 20 – Variação anual de queimadas no bioma Cerrado entre 1999 e 2018.

Fonte: BDQueimadas/INPE, organização própria.

Possivelmente, a interrupção do aumento das queimadas após o ano de 2007 e a posterior diminuição a partir de 2010 sejam fruto do Programa de Redução do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado Brasileiro, implementado em 2010, no âmbito do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado – PPCerrado. Ao longo das 3 fases do Plano (2010-2011, 2014-2015 e 2016-2020) foram evidenciados resultados importantes no tocante às ações de fiscalização, redução, prevenção, controle e monitoramento das queimadas no Cerrado (MMA, 2010; 2014; 2016).

Ao analisar a variação da quantidade dos focos ao longo dos 20 anos, é possível distinguir três períodos: o primeiro de 1999 a 2007, quando há o incremento dos focos, chegando a atingir no último ano a maior incidência de toda série histórica analisada; o segundo retratando a redução abrupta da quantidade de queimadas nos anos 2008 e 2009, podendo ser considerado um período de transição; e o terceiro e último, a partir de 2010, em que o primeiro ano representa a segunda maior quantidade de queimadas no Cerrado, e os anos seguintes há uma sucessiva redução da quantidade de focos.

Uma certa relação causal pode ser indicada entre as menores quantidades anuais de queimadas no Cerrado com a fase negativa (La Niña) do fenômeno El Niño-Oscilação Sul – ENOS, tendo em vista que nove dos doze anos com quantidade anual de queimadas abaixo da média estiveram sob atuação de La Niña (1999, 2000, 2001, 2006, 2008, 2009, 2011, 2017 e 2018) – Figura 21. Essa associação também é observada no caso dos anos com maiores quantidades de queimadas no Cerrado e a fase positiva do ENOS (El Niño), uma vez que cinco dos oito com quantidade de queimadas acima da média estiveram sob a atuação de El Niño (2003, 2005, 2007, 2010 e 2015) – inclusive, vale destacar que dois destes anos retrataram os maiores registros de queimadas no bioma (2007 e 2010).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	ENOS
1999	188	469	82	382	856	1.757	3.465	11.933	14.455	8.354	1.434	475	43.850	La Niña
2000	266	89	114	253	914	2.556	2.530	6.995	10.117	9.038	1.149	372	34.393	La Niña
2001	182	109	69	304	713	3.606	3.242	9.541	16.623	7.702	1.834	609	44.534	La Niña
2002	368	355	391	777	1.884	4.210	7.462	17.815	30.105	16.744	5.273	1.802	78.719	Neutro
2003	654	587	472	1.052	2.475	7.079	10.477	10.140	29.227	15.008	4.763	2.179	84.113	El Niño
2004	452	376	773	970	2.975	7.047	8.804	12.473	33.509	15.148	8.243	2.792	93.562	Neutro
2005	587	869	536	1.071	1.968	3.383	7.454	14.627	24.521	23.550	5.251	1.930	85.747	El Niño
2006	1.001	413	498	584	1.650	3.415	6.442	11.705	16.566	7.524	5.274	1.808	56.880	La Niña
2007	755	402	1.118	964	2.924	7.051	10.548	35.678	49.980	22.008	4.939	1.551	137.918	El Niño
2008	421	321	339	590	1.320	2.632	5.229	8.643	15.477	17.024	5.486	1.452	58.934	La Niña
2009	676	403	461	448	836	1.641	4.224	6.492	9.851	5.526	4.195	1.146	35.899	La Niña
2010	717	751	883	1.438	2.508	6.443	12.359	35.226	52.491	14.419	4.623	1.536	133.394	El Niño
2011	456	321	308	703	1.376	3.378	5.366	11.387	26.468	7.656	2.889	1.374	61.682	La Niña
2012	421	478	764	1.092	1.896	3.817	9.362	22.737	30.053	16.515	1.830	1.635	90.600	La Niña
2013	475	604	613	706	1.418	2.684	4.761	8.496	12.615	7.696	2.370	1.579	44.017	Neutro
2014	567	315	497	897	1.673	3.849	6.220	15.525	15.523	16.357	3.085	1.363	65.871	Neutro
2015	1.096	383	528	634	1.174	3.313	4.662	12.684	23.795	19.531	4.731	2.563	75.094	El Niño
2016	392	1.048	767	1.449	1.782	3.187	8.675	13.730	13.256	9.968	3.647	932	58.833	El Niño
2017	491	376	687	696	1.428	2.858	6.258	10.815	26.975	12.393	2.345	1.440	66.762	La Niña
2018	521	235	842	549	1.729	2.922	5.220	7.992	11.467	5.041	1.763	1.168	39.449	La Niña
Mínimo	182	89	69	253	713	1.641	2.530	6.492	9.851	5.041	1.149	372	34.393	-
Máximo	1.096	1.048	1.118	1.449	2.975	7.079	12.359	35.678	52.491	23.550	8.243	2.792	137.918	-
Média	534	445	537	778	1.675	3.841	6.638	14.232	23.154	12.860	3.756	1.485	69.513	-

Figura 21 – Distribuição mensal e anual dos focos de queimadas no Cerrado e atuação do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) entre 1999 e 2018

Fonte: BDQueimadas/INPE e *Golden Gate Weather Service*, organização própria.

Obs.: foi aplicada uma formatação condicional para a variação mensal da quantidade de focos de queimadas ao longo dos anos, com uma escala que varia do branco (menores quantidades) ao vermelho (maiores quantidades).

Ainda pela Figura 21 percebe-se que distribuição mensal das queimadas tem forte dependência com a sazonalidade das chuvas no Cerrado. Isso porque os cinco meses que caracterizam o período de estiagem na região (maio-setembro) respondem por cerca de 71% dos focos registrados durante todo o ano, enquanto os sete meses do período chuvoso respondem por cerca de apenas 29%. Em alguns anos, conforme registrado em 2010, o período seco responde por 82% da quantidade anual de queimadas.

Em fato, é justamente no trimestre consecutivo agosto-setembro-outubro que se verifica a maior incidência de queimadas no Cerrado, com média de 72% da quantidade anual de queimadas, chegando a representar 82%, como visto em 2002. Esse período condiz com o final da estiagem e o retorno das chuvas, momento que geralmente há a renovação de pastos, o preparo de áreas de plantio e a queima de bagaços. Nesse trimestre, merecido destaque deve ser dado ao mês de setembro, que chega a registrar 43% da quantidade anual de queimadas, conforme vislumbrado em 2011.

Além da sazonalidade das chuvas e a conseguinte concentração das queimadas no final do período de estiagem e início das chuvas, convém destacar a possível associação vislumbrada em alguns anos entre a maior e a menor quantidade de queimadas às anomalias negativas e positivas de precipitação anual, respectivamente. Isso pode ser verificado nos anos de 2007, 2010, 2012 e 2015, que representam as maiores quantidades de queimadas no Cerrado dentre a série analisada, quando foram registradas anomalias negativas de precipitação sobre a região do bioma Cerrado, conforme a climatologia de referência calculada pelo Instituto Nacional de Meteorologia para o período de 1981 a 2010 (INMET, 2018). A Figura 22 a seguir retrata, como exemplo, as anomalias de redução de 100 a 500mm de precipitação nos anos de 2007 e 2010, quando foram registrados os maiores quantitativos de queimadas no Cerrado.

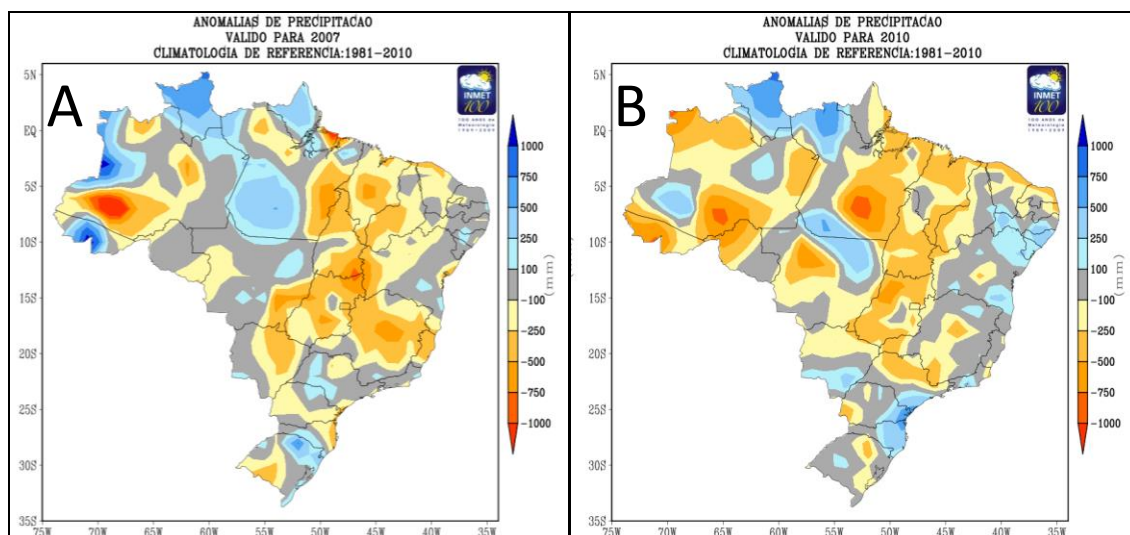


Figura 22 – Anomalias negativas de precipitação para os dois anos com maior quantitativo de queimadas no Cerrado: 2007 (A) e 2010 (B).

Fonte: INMET, anomalias calculadas com base na climatologia de referência: 1981/2010

Por sua vez, nos anos de 2000, 2009, 2013, 2006, 2008 e 2011, condizentes com as menores quantidades de queimadas no Cerrado, constataram-se anomalias positivas de precipitação na região do Cerrado. A Figura 23, a seguir, retrata anomalias positivas de até 750mm em localidades do bioma Cerrado nos anos de 2000 e 2009, os quais representaram os menores quantitativos de queimadas ao longo da série temporal analisada.

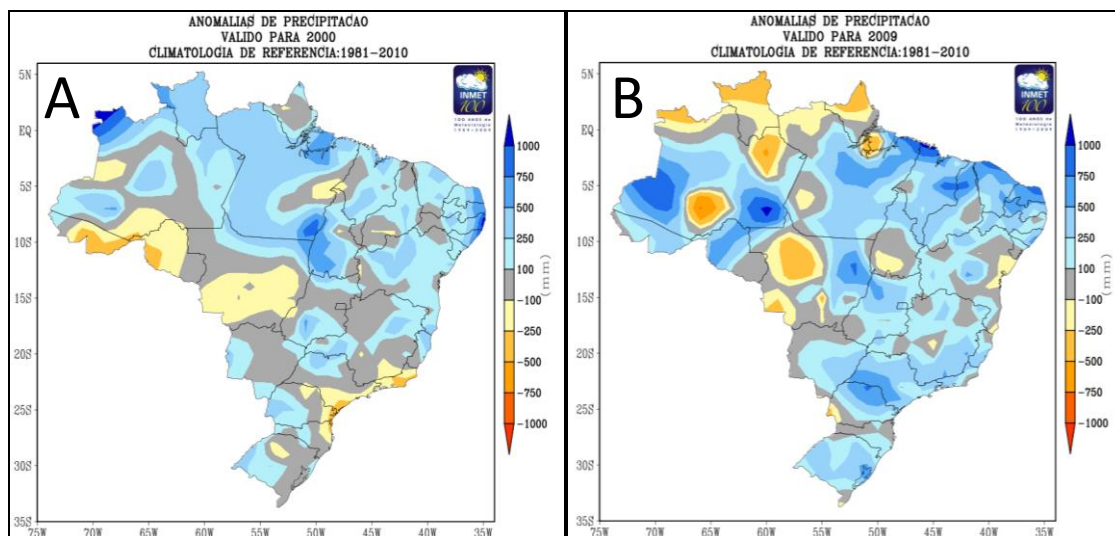


Figura 23 – Anomalias positivas de precipitação para os dois anos com menor quantitativo de queimadas no Cerrado: 2000 (A) e 2009 (B).

Fonte: INMET, anomalias calculadas com base na climatologia de referência: 1981/2010

Contudo, essa associação entre a quantidade de queimada e as anomalias negativas e positivas de precipitação (respectivamente) se mantêm em menos da metade dos anos analisados, portanto, sem significância estatística capaz de comprovar uma relação causal entre as chuvas e queimadas no Cerrado.

3.2 Ocorrência espacial dos focos de queimadas no bioma Cerrado

A Figura 24 mostra a ocorrência dos focos de queimadas por Unidades Federativas pelas quais se estende o bioma Cerrado, sendo possível perceber a maior incidência de queimadas no Maranhão, com média de 17.425 focos, seguido pelos estados do Tocantins e Mato Grosso, com 12.737 e 12.035 focos por ano, respectivamente. Também apresentam quantidades consideráveis de queimadas os

estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais e Piauí, com médias anuais de focos variando entre 6.284 e 5.247.

Os estados de Roraima, Paraná e São Paulo apresentam irrisória quantidade de focos, obviamente, por conta da coincidência do bioma Cerrado em pouca proporção territorial dessas Unidades Federativas, especialmente nos dois primeiros estados, enquanto que a pouca proporção de focos no Distrito Federal pode ser justificado pela sua pequena área territorial com relação às demais Unidades Federativas.

Ano	BA	DF	GO	MA	MG	MS	MT	PI	PR	RO	SP	TO	Total
1999	2.444	45	4.879	4.518	3.350	6.842	11.914	1.285	56	-	2.701	5.815	43.849
2000	4.371	48	3.743	4.412	2.873	1.812	7.421	1.693	44	-	2.246	5.730	34.393
2001	4.393	66	3.860	10.579	2.323	1.818	9.454	2.792	32	1	1.508	7.708	44.534
2002	7.778	152	8.616	18.862	6.901	3.563	13.855	5.200	126	5	870	12.791	78.719
2003	6.833	161	6.777	22.258	9.462	2.574	18.286	4.474	205	10	1.812	11.261	84.113
2004	7.419	313	8.911	21.943	7.929	2.933	22.971	4.942	122	29	1.653	14.397	93.562
2005	8.422	141	6.053	22.632	7.221	3.606	14.950	6.105	124	7	1.451	15.035	85.747
2006	4.213	140	4.302	15.249	4.935	2.570	9.819	3.666	76	3	2.115	9.792	56.880
2007	16.089	485	12.485	32.126	12.248	3.926	24.303	10.372	43	13	1.662	24.166	137.918
2008	7.662	201	5.147	14.173	6.094	1.852	8.898	3.447	40	11	1.181	10.228	58.934
2009	2.880	100	2.787	12.345	2.448	871	4.537	3.064	19	5	800	6.043	35.899
2010	10.237	615	13.114	28.641	8.442	2.989	26.557	11.455	29	18	3.320	27.977	133.394
2011	7.847	271	5.630	14.215	6.621	1.736	6.425	6.877	25	2	1.779	10.254	61.682
2012	10.873	169	5.907	26.990	5.941	997	10.484	9.287	24	-	1.290	18.638	90.600
2013	3.065	105	2.922	12.903	3.107	1.326	6.302	3.709	17	-	993	9.567	44.017
2014	4.106	241	5.766	18.715	6.092	966	8.740	5.637	33	5	2.019	13.551	65.871
2015	9.095	156	5.955	20.696	4.669	1.421	8.635	8.598	15	6	654	15.194	75.094
2016	2.623	232	4.710	16.565	3.907	1.688	10.611	3.363	32	10	1.089	14.003	58.833
2017	3.258	287	6.202	19.392	4.702	1.529	10.768	4.133	25	11	1.624	14.831	66.762
2018	2.075	88	2.936	11.286	2.576	1.042	5.762	4.850	13	2	1.067	7.752	39.449
Mínimo	2.075	45	2.787	4.412	2.323	871	4.537	1.285	13	-	654	5.730	34.393
Máximo	16.089	201	6.035	17.425	5.592	2.303	12.035	5.247	55	7	1.592	12.737	69.513
Média	6.284	201	6.035	17.425	5.592	2.303	12.035	5.247	55	7	1.592	12.737	69.513

Figura 24 – Distribuição dos focos de queimadas por Unidades Federativas no Cerrado entre 1999 e 2018.

Fonte: BDQueimadas/INPE, calculado em SIG e organização própria.

Obs.: foi aplicada uma formatação condicional para a variação da quantidade de focos de queimadas entre as Unidades Federativas ao longo dos anos, com uma escala que varia do branco ao vermelho.

É possível perceber que entre 1999 e 2007 há um gradativo incremento das queimadas na maioria das Unidades Federativas, com maior ênfase nos estados do Maranhão, de Mato Grosso e do Tocantins. É também notório o declínio da ocorrência de queimadas após o ano de 2010, especialmente no Mato Grosso, e mais suavemente no Maranhão e Tocantins. Apesar de haver redução/aumento nos quantitativos e algumas variações espaciais em determinados anos, é possível verificar a correspondência da maior proporção de queimadas em regiões reconhecidas pelo seu histórico de ocupação e desmatamento.

O Maranhão e o Tocantins constituem, junto ao Piauí e à Bahia, a região denominada pelo acrônimo MATOPIBA, considerada como a mais recente fronteira de

expansão agrícola do Brasil, por conta de seu potencial e uso de tecnologia na produção de *commodities*. Por tal motivo, esses estados despontam a maior quantidade de focos de queimadas, com pouca diminuição nos últimos anos, tendo em vista representar uma região com um intenso e contínuo processo de conversão da cobertura vegetal natural para usos e atividades antrópicas.

No Mato Grosso, há outra fronteira de expansão agrícola, reconhecida como o Arco do Desmatamento (NOGUEIRA et al., 2007; 2008), termo utilizado em alusão à intensa devastação das paisagens naturais dessa área de transição (ecótono) entre Cerrado, Amazônia e Pantanal, que abriga rica biodiversidade de fauna e flora. Ambas regiões (MATOPIBA e Arco do Desmatamento) são também lembradas por Araújo, Ferreira e Arantes (2012) como áreas de intensa conversão da vegetação nativa que verificam uso recorrente das queimadas.

É possível deduzir que as queimadas estejam acompanhando o deslocamento e a expansão das cidades fronteiras agrícolas, sobretudo tendo em vista que o fogo é utilizado como ferramenta de manejo em atividades agropastoris. Em estudo sobre a dinâmica da fronteira agrícola no Cerrado brasileiro, Vieira Filho (2016) indica que a ocupação e exploração agrícola no Cerrado se deu, inicialmente, nos estados da Região Sul (1970), em seguida, na Região Centro-Oeste (1980) e, posteriormente, sobre o MATOPIBA (1990/2000), conforme demonstrado pela Figura 25.

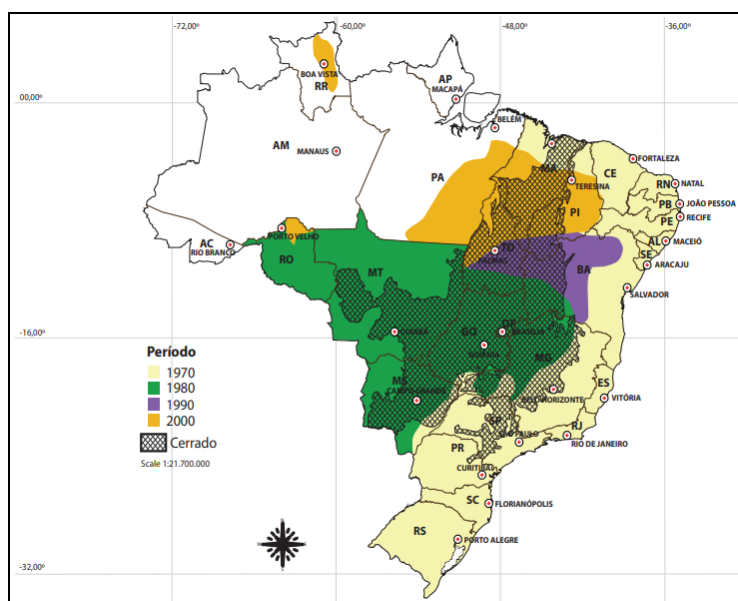


Figura 25 - Expansão da fronteira agrícola no bioma Cerrado entre 1970 e 2000.

Fonte: Vieira Filho (2016).

Tendo como base o recorte espacial das microrregiões, verifica-se a ocorrência média de 415 focos de queimadas por microrregião no Cerrado. Todavia, a média da quantidade de queimadas entre as microrregiões tende a variar ao longo dos anos, conforme observa-se maior valor de 802 focos de queimadas, calculada para o ano de 2007, e de apenas 208 focos, para o ano de 2000. Com relação ao valor máximo de queimadas registrado numa microrregião, o destaque é para o ano de 2007, quando registra-se 7.909 focos de queimadas registradas numa única microrregião.

Os mapas das Figuras 26, 27, 28, 29 e 30 representam a ocorrência espacial das queimadas no Cerrado entre 1999 e 2018, tendo como base os limites das microrregiões. Junto a cada mapa, consta o valor total de queimadas registrado no bioma no referido ano, assim como o máximo valor, a média, a mediana e o desvio padrão da quantidade de queimadas por microrregião. Também é indicado o Índice de Moran I, referente a estatística de autocorrelação espacial global, ou seja, considerando todas microrregiões.

Em fato, percebe-se em todos os anos valores positivos do Índice I de Moran, variando entre 0,442255 e 0,728893 – o que indica dependência espacial da distribuição de focos de queimadas ao longo das microrregiões no bioma Cerrado, com média a elevada significância estatística, conforme vislumbrado em 2011 (0,728893).

Nos três primeiros anos (1999 a 2001), percebe-se a predominância das duas classes com menores densidades de focos (0 a 260 e 261 a 860 focos) em quase todo o bioma, com sucessivo incremento da classe de menor quantidade de focos (< 260) entre 1999 e 2001. Exceção à essa condição é vista em algumas microrregiões no Mato Grosso, Tocantins, Bahia e Maranhão, onde foram registradas quantidades superiores a 861 focos de queimadas. Nesse período, merecido destaque deve ser destinado às microrregiões de Alto Teles Pires e Rio Formoso, nos estados do Mato Grosso e Tocantins, respectivamente, que despontam com as maiores quantidades de queimadas, alcançando o valor máximo de 2.919 focos de queimadas, conforme registrado em 2001 na microrregião de Alto Teles Pires – MT.

Entre 2002 e 2005 a ocorrência de classes representativas das menores quantidades de queimadas tende a diminuir, dando espaço à maior ocorrência de classes com quantidades superiores a 861 focos de queimadas nas microrregiões, sobretudo, no contexto dos estados do Mato Grosso, Tocantins, Maranhão, Bahia e Piauí (junto ao

Arco do Desmatamento e à região do MATOPIBA), sendo que se alcança o patamar máximo de 5.153 focos, registrado em 2004 na microrregião de Alto Teles Pires – MT.

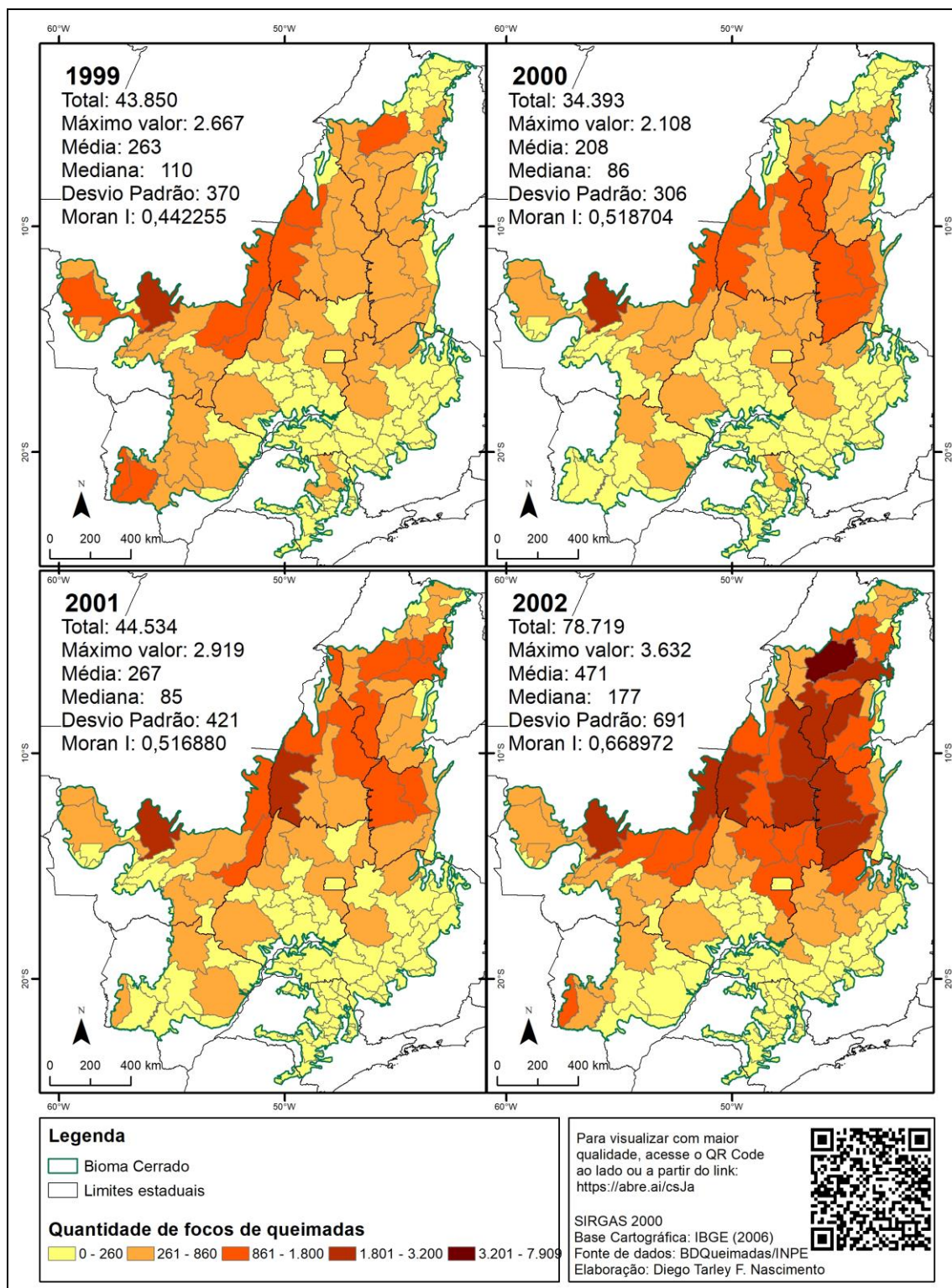


Figura 26 – Quantidade de focos de queimadas no Cerrado, por microrregiões (1999 a 2002)
 Fonte: BDQueimadas/INPE, calculado em SIG e organização própria. Obs.: para visualizar com maior detalhe, acesse o link: <https://abre.ai/csJa>

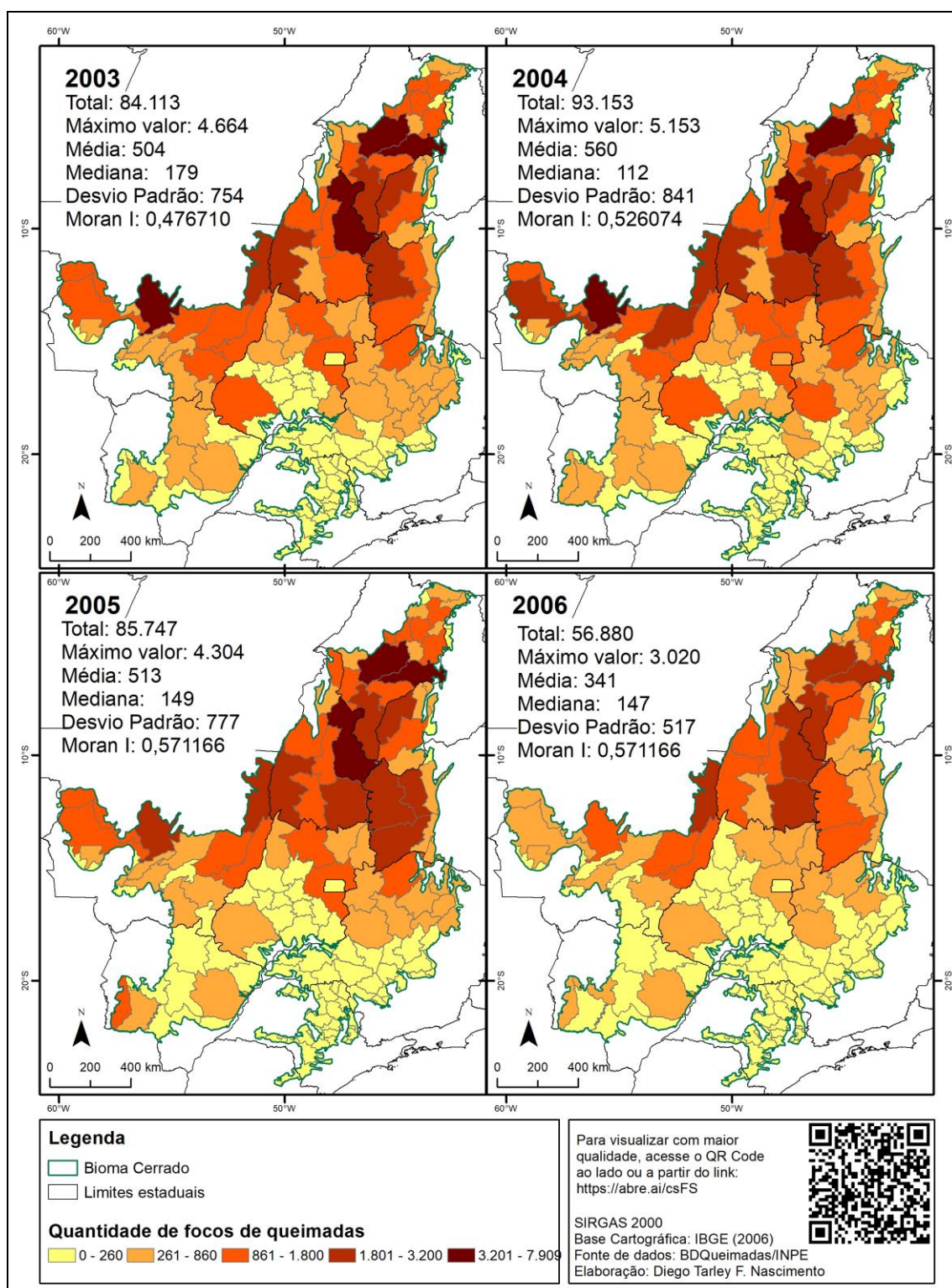


Figura 27 – Quantidade de focos de queimadas no Cerrado, por microrregiões (2003 a 2006)
 Fonte: BDQueimadas/INPE, calculado em SIG e organização própria. Obs.: para visualizar com maior detalhe, acesse o link: <http://abre.ai/csFS>

Em 2006 há redução da ocorrência de queimadas no Cerrado, voltando a predominar as classes com menores quantidades de focos (< que 860). Neste ano,

registra-se um total de 56.880 focos, com média de 341 e valor máximo de 3.020 queimadas, verificado na microrregião de Jalapão – TO. Mas um cenário inverso se verifica no ano seguinte (2007), quando são registrados 137.918 focos de queimada no bioma, o maior registro da série temporal analisada, com média de 802 e máximo valor de 7.909 focos, verificado na microrregião de Alto Mearim e Grajaú – MA. Todavia, valores também bastante elevados podem ser observados nas microrregiões de Rio Formoso – TO (5.852), Barreira – BA (5.760), Norte Araguaia – MT (5.671) e Jalapão – TO (5.654).

Nos dois anos que seguem (2008 e 2009), há novamente uma sucessiva diminuição do montante de queimadas no Cerrado, com a classe de quantidade superior a 861 focos se restringindo ao norte do Cerrado, em microrregiões localizadas nos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia - MATOPIBA. Os totais de queimadas no bioma nestes anos refletem a diminuição também das médias e máximos valores de ocorrência de focos por microrregiões, conforme as médias 353 e 215 e os máximos valores de 3.057 e 2.036, em 2008 e 2009, respectivamente.

O ano seguinte (2010) é o segundo da série temporal com maior registro de focos no Cerrado (133.394), voltando a predominar as classes com maiores quantidades de queimadas, com montante e padrão de distribuição espacial bastante similar ao verificado em 2007.

Nos demais anos da série temporal – 2011 a 2018, quando, de maneira geral, há uma redução no montante de queimadas no Cerrado, verifica-se que as classes com quantidade acima de 861 focos de queimadas se restringem à porção norte (MATOPIBA) e noroeste do bioma (Arco do Desmatamento, na transição com a Amazônia), ao passo que no restante do bioma as microrregiões demonstram predomínio de quantidades inferiores a 260 focos de queimadas. Neste período, devido destaque deve ser destinado ao ano de 2012, no qual percebe-se novo incremento do total de queimadas no Cerrado, em fato, correspondendo ao quarto ano com maior quantitativo (90.600 focos) da série temporal, com várias microrregiões na região do MATOPIBA registrando quantidades superiores a 3.201 focos de queimadas. Na maior parte dos anos deste período, a microrregião do Jalapão – TO desponta com as maiores quantidades de focos, chegando a registrar 4.658, conforme verificado em 2012.

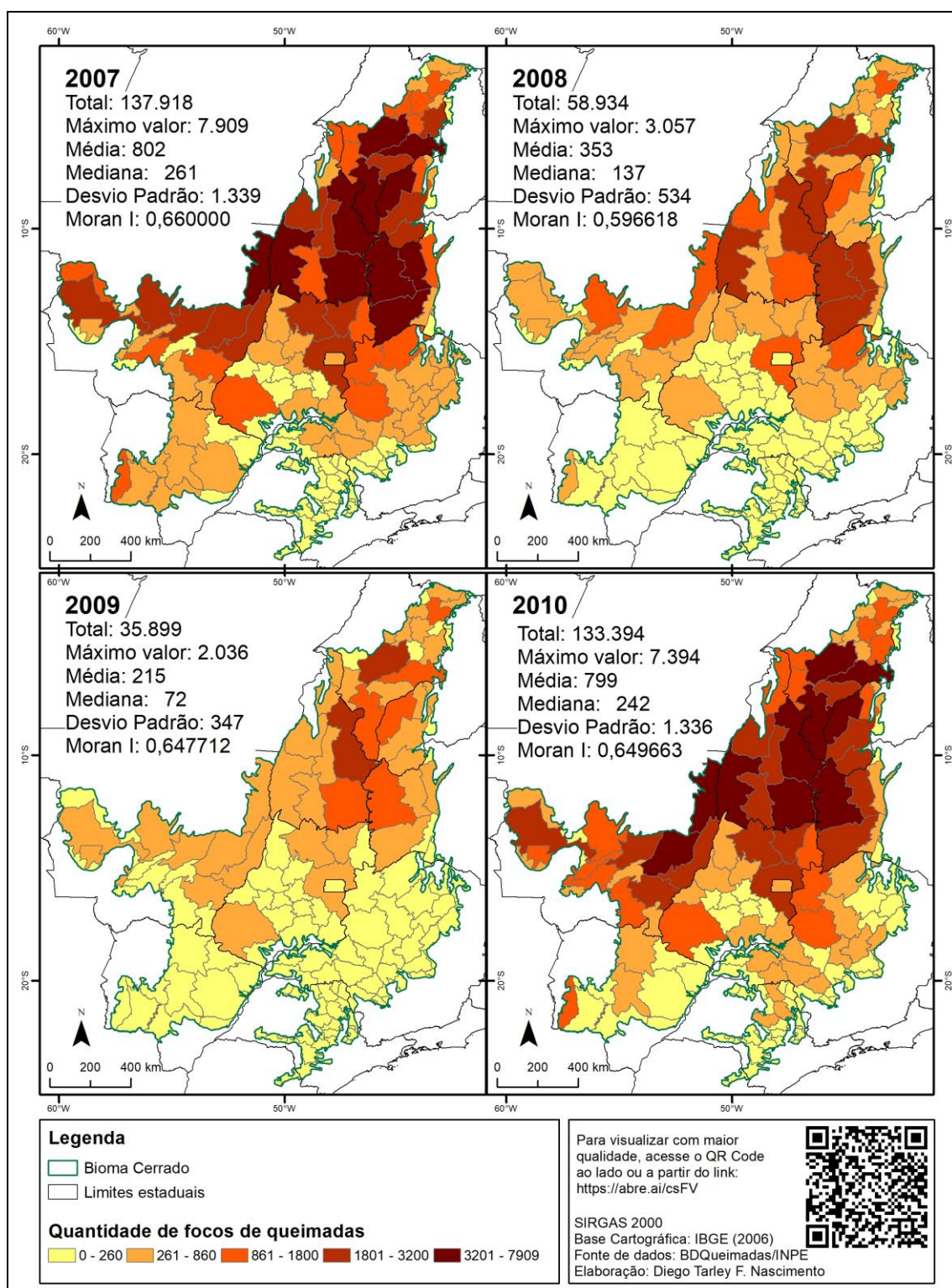


Figura 28 – Quantidade de focos de queimadas no Cerrado, por microrregiões (2007 a 2010)
 Fonte: BDQueimadas/INPE, calculado em SIG e organização própria. Obs.: para visualizar com maior detalhe, acesse o link: <http://abre.ai/csFV>

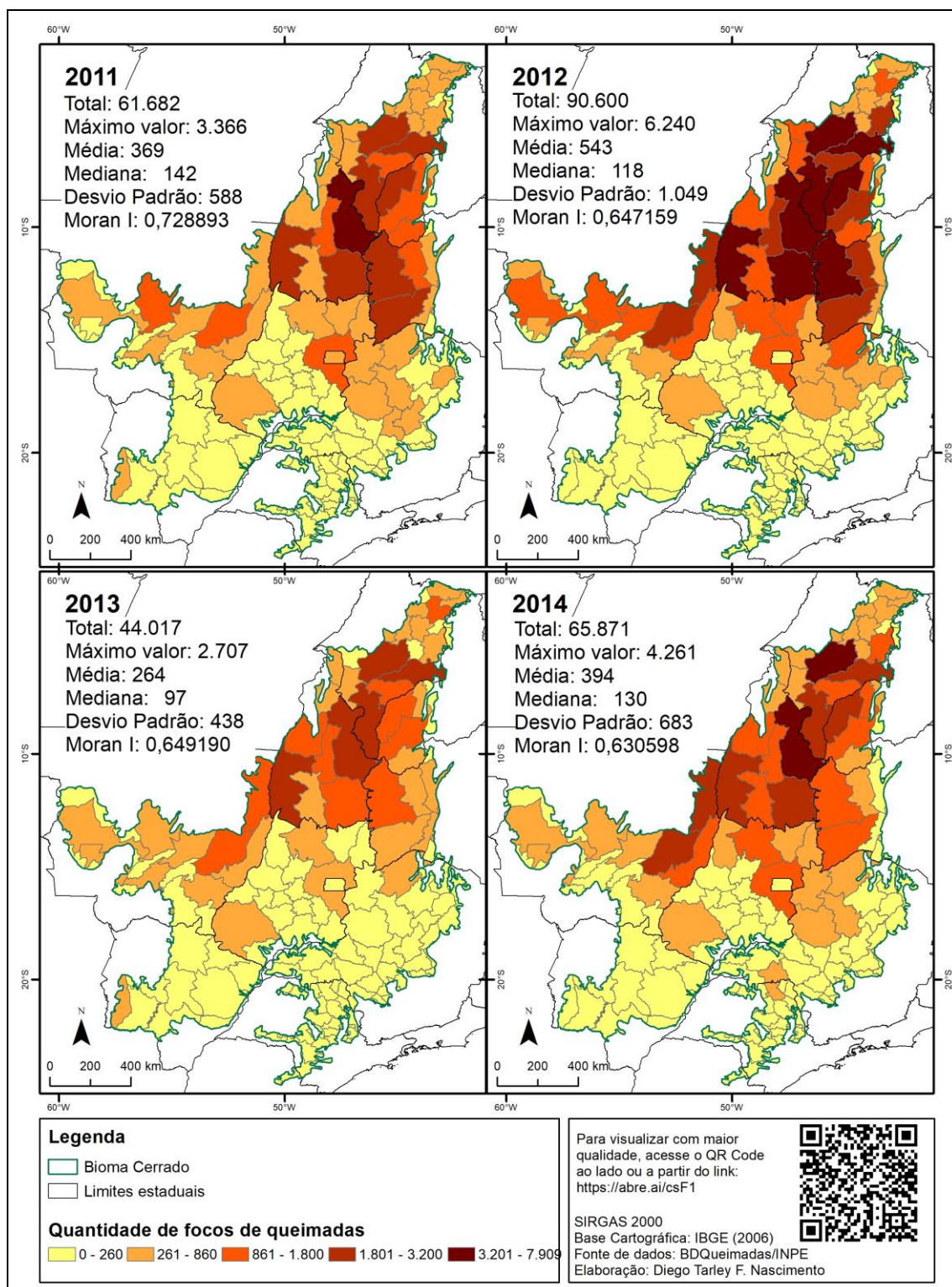


Figura 29 – Quantidade de focos de queimadas no Cerrado, por microrregiões (2011 a 2014)
 Fonte: BDQueimadas/INPE, calculado em SIG e organização própria. Obs.: para visualizar com maior detalhe, acesse o link: <http://abre.ai/csF1>

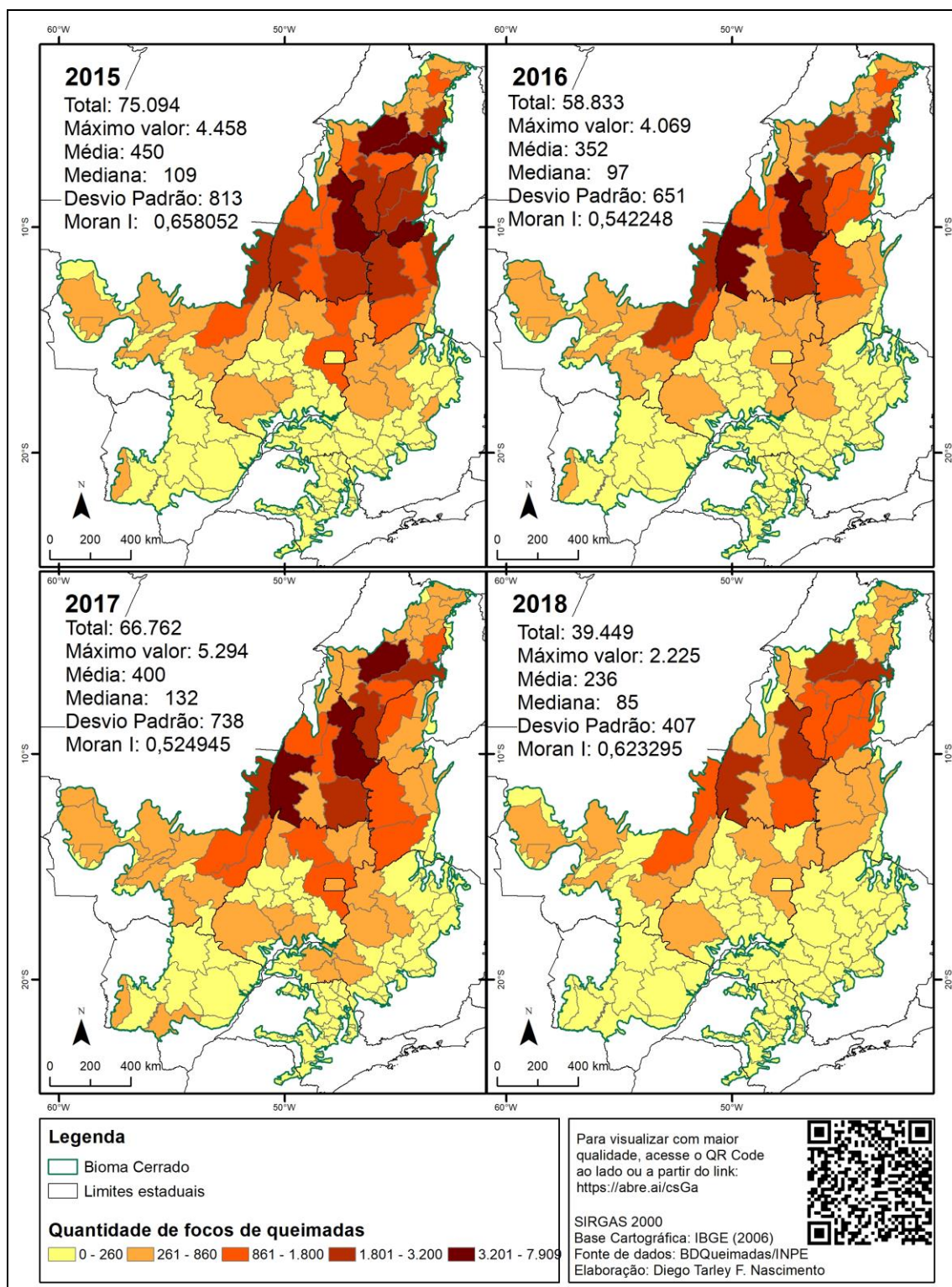


Figura 30 – Quantidade de focos de queimadas no Cerrado, por microrregiões (2015 a 2018)
 Fonte: BDQueimadas/INPE, calculado em SIG e organização própria. Obs.: para visualizar com maior detalhe, acesse o link: <http://abre.ai/csGa>

Uma análise comparativa dos mapas permite constatar, na porção setentrional do bioma (especificamente, ao norte do paralelo de 15°S), o predomínio das classes com

maiores quantidades de focos, representadas pelas tonalidades escuras e relacionadas aos valores superiores a 861 focos – que chegam a alcançar 7.909 focos, conforme verificado na microrregião de Alto Mearim e Grajaú – MA. Com algumas exceções, na porção meridional do bioma verifica-se o predomínio das classes com menores quantidades de queimadas, isto é, abaixo de 260 focos. Dessa forma, nota-se um evidente padrão espacial da ocorrência das queimadas no Cerrado, uma vez que as maiores quantidades de focos de queimadas correspondem a porção norte do bioma, e as menor ocorrência de queimadas ao sul do Cerrado.

No período de 1999 a 2018 (vinte anos) foram registrados 1.390.251 focos de queimadas no Cerrado, tendo como 8.082 focos por microrregião. As microrregiões com maior ocorrência de queimadas foram: Alto Mearim e Grajaú – MA (70.789 focos), Jalapão – TO (66.358), Rio Formoso – TO (55.845), Chapadas do Alto Itapecuru – MA (53.090), Gerais de Balsa – MA (50.056), Norte Araguaia – MT (44.071), Dianópolis – TO (43.369), Barreiras – BA (42.387), Alto Parnaíba Piauiense – PI (37.097), Alto Teles Pires – MT (32.840), Canarana – MT (31.139) e Santa Maria da Vitória – BA (29.452). Conforme visto pela Figura 31, destas doze microrregiões apenas três não se encontram no MATOPIBA, comprovando essa região como a principal área de ocorrência de queimadas no Cerrado. Todavia, estas três microrregiões se encontram justamente na região do Arco do Desmatamento, denotando também ser esta uma fronteira agrícola com ocorrência expressiva de queimadas.

Também pode ser verificado pela Figura 31 que as microrregiões com menor ocorrência de queimadas em todo período de observação (< 2.600 focos) se concentram principalmente nos estados de Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul. Entretanto, vale também destacar a classe de quantidade intermediária de focos de queimadas registrados entre 1999 e 2018 (entre 8.201 e 18.000), quantidade superior ao valor médio de queimadas por microrregiões, que relaciona-se às microrregiões que se concentram na região sudoeste e nordeste do estado de Goiás, à noroeste de Minas Gerais e na porção central do Mato Grosso – localidades em que a prática do agronegócio é bastante significativa.

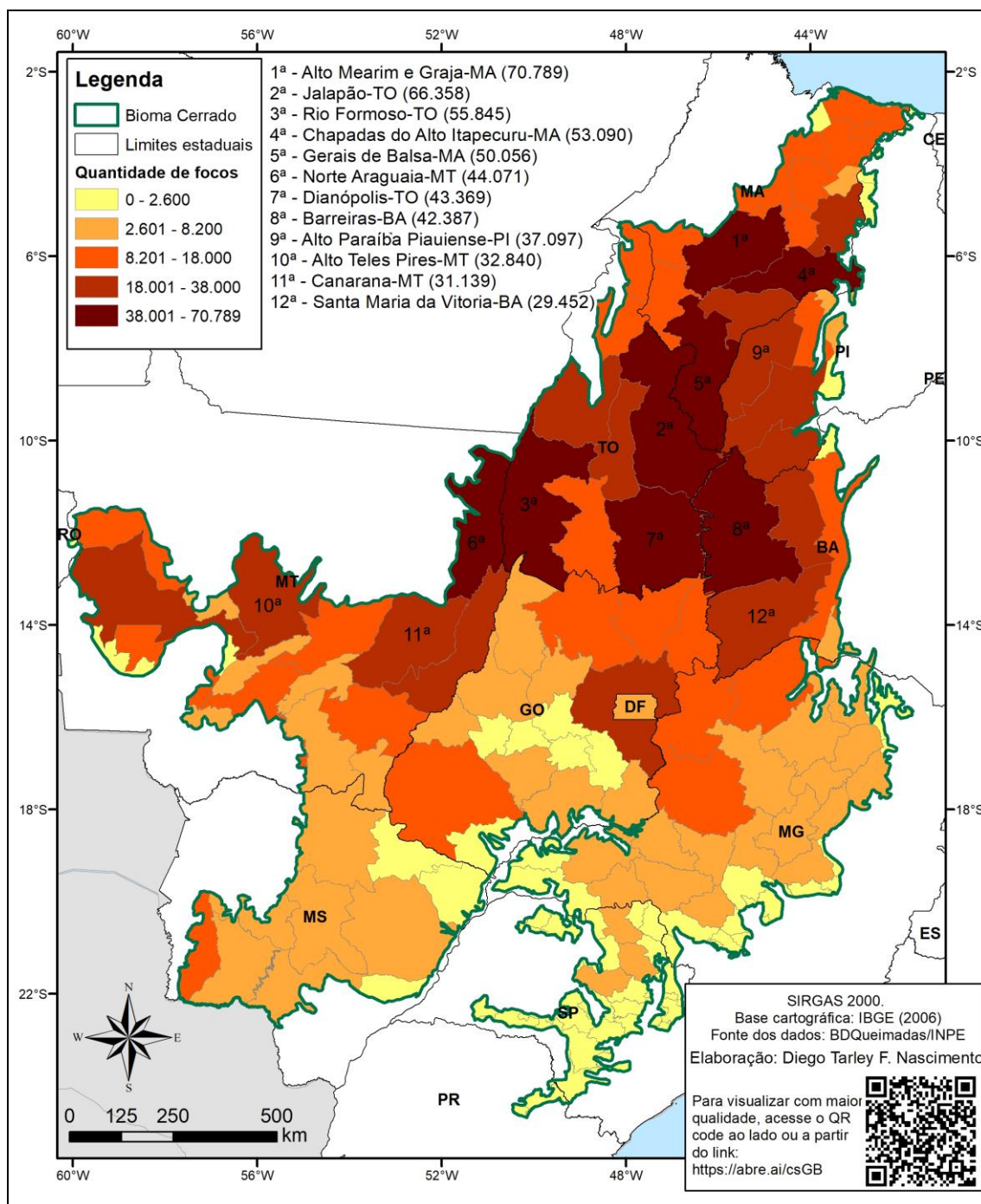


Figura 31 – Total de focos de queimadas no Cerrado, por microrregiões (1999 a 2018)

Fonte: BDQueimadas/INPE, calculado em SIG e organização própria. Obs.: para visualizar com maior detalhe, acesse o link: <https://abre.ai/csGB>

Algumas das microrregiões com maiores quantidades de focos são reconhecidas pela intensa prática de atividades agropecuárias, como é o caso de Alto Teles Pires-MT e Barreiras-BA. Sano e outros colaboradores (2020), em análise voltada a um período de 40 anos (1975-2015), destacam o dinamismo agropecuário destas duas microrregiões, com aumento populacional no meio rural, contrariando o êxodo rural comum ao

período, bem como o incremento da pecuária e da produção de culturas temporárias (especialmente grãos como milho, algodão, sorgo, soja, feijão), a partir da inserção de tecnologias, como o uso de máquinas agrícolas e irrigação por pivôs centrais.

De acordo com os autores supracitados, a microrregião de Alto Teles Pires-MT registrou crescimento entre 1975 e 2015 de 57% do rebanho bovino e expandiu em mais de 1.500 vezes seu rebanho avícola, acumulando, em 2015, 28 milhões de aves; além de apresentar neste mesmo ano mais de 1 milhão de hectares de área colhida (SANO et al., 2020). Essa presença marcante da agropecuária pode ser vislumbrada pela Figura 32, que retrata a mudança da paisagem entre os anos de 1999 e 2018 nas imediações de Lucas do Rio Verde, município pertencente à referida microrregião.

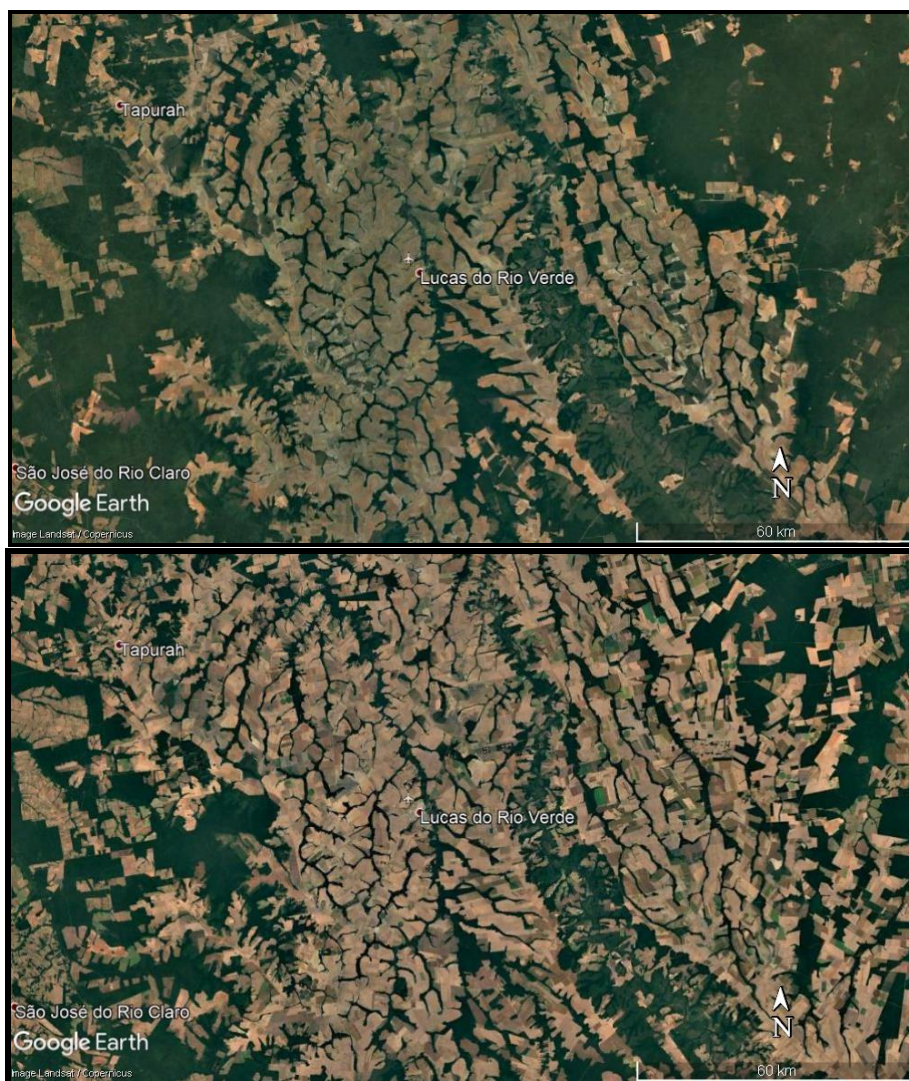


Figura 32 – Mudança do uso e ocupação do solo entre 1999 (A) e 2018 (B) nas imediações de Lucas do Rio Verde, município pertencente à microrregião de Alto Teles Pires-MT.

Fonte: Google Earth

Uma análise conjuntural demonstra que a ocorrência de focos de queimadas no Cerrado apresentou, no período compreendido entre 1999 e 2018, maior variação temporal do que espacial. Apesar da diminuição/incremento da quantidade de queimadas em determinados anos, algumas microrregiões permanecem concentrando as maiores ocorrências de focos de queimadas. O fato de apenas 40 microrregiões (das 170 existentes no Cerrado) registrarem 72,6% do total de queimadas no período observado corrobora para a afirmação de uma concentração da ocorrência de queimadas em determinadas localidades – Tabela 4.

Tabela 3 – Ocorrência de focos de queimadas por microrregiões (1999 a 2018)

Nome da microrregião	UF	Focos	% do total
Alto Mearim e Grajaú	MA	70.789	5,1
Jalapão	TO	66.358	4,8
Chapadas do Alto Itapecuru	MA	53.090	3,8
Gerais de Balsas	MA	50.056	3,6
Rio Formoso	TO	50.050	3,6
Dianópolis	TO	43.369	3,1
Barreiras	BA	42.387	3,0
Norte Araguaia	MT	38.413	2,8
Alto Parnaíba Piauiense	PI	37.097	2,7
Alto Teles Pires	MT	32.840	2,4
Canarana	MT	31.139	2,2
Cotegipe	BA	28.850	2,1
Santa Maria da Vitória	BA	25.869	1,9
Chapadas das Mangabeiras	MA	25.468	1,8
Alto Médio Gurguéia	PI	25.291	1,8
Porto Nacional	TO	24.017	1,7
Miracema do Tocantins	TO	23.734	1,7
Caxias	MA	23.376	1,7
Entorno de Brasília	GO	22.056	1,6
Chapadas do Extremo Sul Piauiense	PI	18.657	1,3
Parecis	MT	18.635	1,3
Marília	SP	18.374	1,3
Chapadinha	MA	16.563	1,2
Gurupi	TO	16.186	1,2
Porangatu	GO	15.965	1,1
Porto Franco	MA	15.714	1,1
Codó	MA	15.349	1,1
Chapada dos Veadeiros	GO	15.323	1,1
Paranatinga	MT	13.740	1,0
Bertolândia	PI	13.347	1,0

Januária	MG	13.255	1,0
Baixo Pantanal	MS	12.966	0,9
Tesouro	MT	12.577	0,9
Bico do Papagaio	TO	12.426	0,9
Barra	BA	11.704	0,8
Sudoeste de Goiás	GO	11.364	0,8
Vale do Rio dos Bois	GO	11.035	0,8
Presidente Dutra	MA	11.026	0,8
Imperatriz	MA	10.708	0,8
Aripuanã	MT	10.663	0,8
Outras (com menos de 10.589 focos)		380.425	27,4
Total		1.390.251	100,0

Fonte: BDQueimadas/INPE, calculado em SIG e organização própria.

Essas microrregiões que concentram a ocorrência de queimadas no Cerrado se situam, sobretudo, nos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí, Bahia e Mato Grosso, justamente nas regiões conhecidas como MATOPIBA e Arco do Desmatamento. Todavia, vale destacar a presença de microrregiões com elevada quantidade de focos de queimadas também nos estados de Goiás, São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, exemplificadas pelas microrregiões Entorno de Brasília (GO), Marília (SP), Porangatu (GO), Chapada dos Veadeiros (GO), Januária (MG) e Baixo Pantanal (MS).

Outro aspecto importante a ser considerado na análise das queimadas no Cerrado é a ocorrência desse fenômeno no contexto das Unidades de Conservação (UC) – retratado pelo mapa da Figura 33 e pelas Tabelas 4 e 5.

Dentre as 118 UCs de Proteção Integral localizadas no bioma, verifica-se a ocorrência de 43.755 focos em 92 delas – valor que corresponde a 3,1% do total de focos registrado no Cerrado entre 1999 e 2018. As UC de Proteção Integral com maior incidência de queimadas são o Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba (localizado entre os estados do Tocantins, Maranhão e Piauí), o Parque Nacional do Araguaia (Tocantins) e a Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins (verificado na divisa de Tocantins e Bahia), onde foram registrados 11.770, 7.478 e 6.258 focos no período de vinte anos, respectivamente. Apenas estas três UC responderam por 58,4% do total de queimadas que incidiram sobre as UC de Proteção Integral (25.533) – Tabela 4.

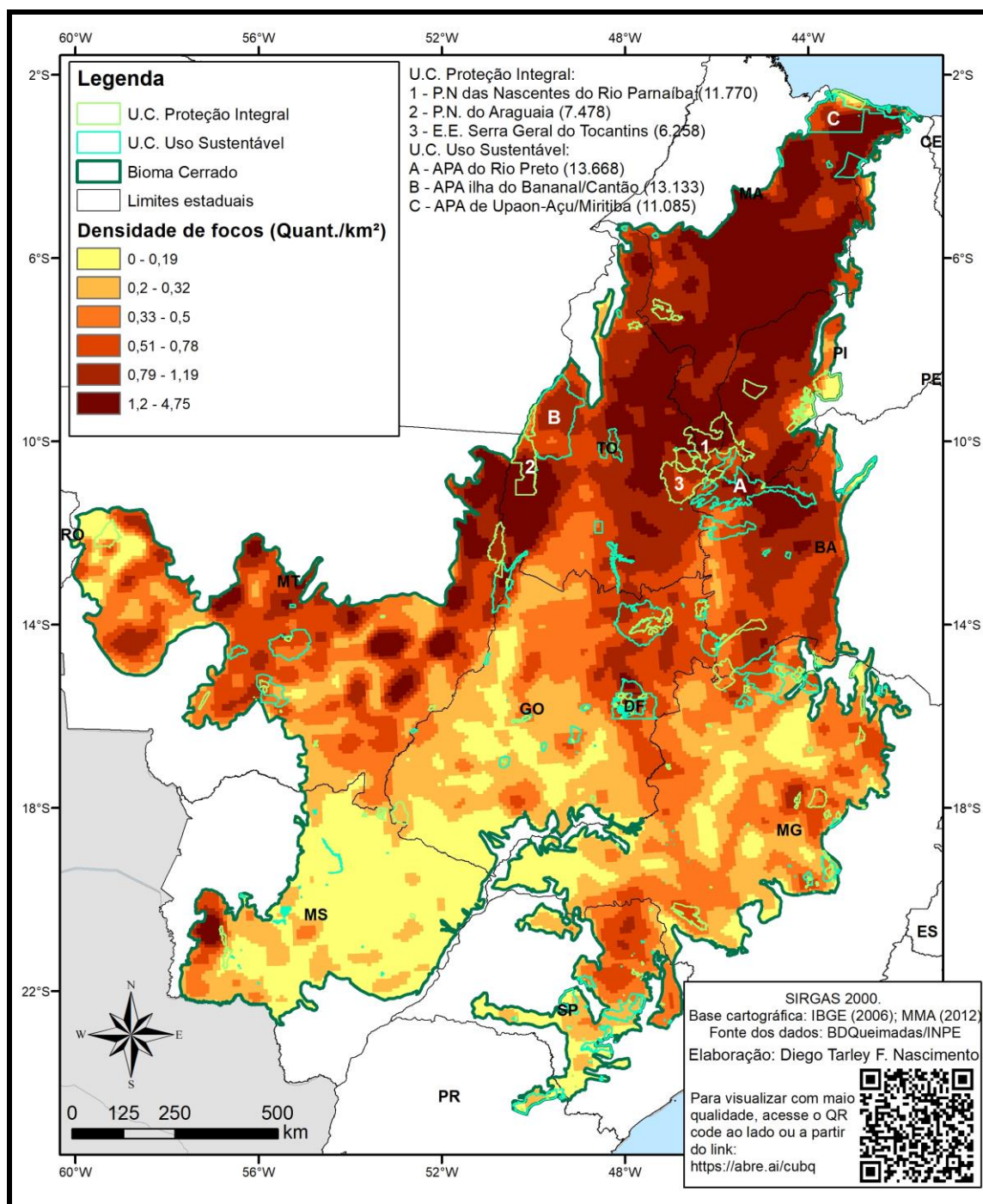


Figura 33 – Densidade de queimadas no Cerrado (1999 a 2018) sobreposta por Unidades de Conservação (U.C.) de Proteção Integral e de Uso Sustentável.

Fonte: BDQueimadas/INPE, calculado em SIG e organização própria. Obs.: para visualizar com maior detalhe, acesse o link: <https://abre.ai/cubq>

Tabela 4 – Ocorrência de focos de queimadas sobre Unidades de Conservação de Proteção Integral (1999 a 2018)

Nome	Focos	% do total em UCPI	% do total no Cerrado
Parque Nacional Das Nascentes Do Rio Parnaíba	11.770	26,9	0,8
Parque Nacional Do Araguaia	7.478	17,1	0,5
Estação Ecológica Serra Geral Do Tocantins	6.285	14,4	0,5
Parque Estadual Do Araguaia	1.923	4,4	0,1
Parque Estadual Do Jalapão	1.690	3,9	0,1
Parque Nacional Da Chapada Das Mesas	1.686	3,9	0,1
Parque Nacional Da Chapada Dos Veadeiros	1.630	3,7	0,1
Parque Nacional Da Serra Da Canastra	1.627	3,7	0,1
Estação Ecológica De Uruçuí-Uma	1.620	3,7	0,1
Refugio De Vida Silvestre Veredas Do Oeste Baiano	1.018	2,3	0,1
Parque Nacional Serra Das Confusões	933	2,1	0,1
Parque Nacional Grande Sertão Veredas	892	2,0	0,1
Parque Nacional Das Sempre Vivas	678	1,5	0,0
Parque Nacional Das Emas	468	1,1	0,0
Parque Estadual De Terra Ronca	447	1,0	0,0
Parque Estadual Do Cantão	393	0,9	0,0
Refúgio De Vida Silvestre Corixão Da Mata Azul	238	0,5	0,0
Parque Estadual Da Serra Dourada	205	0,5	0,0
Monumento Natural Das Árvores Fossilizadas	199	0,5	0,0
Parque Nacional De Brasília	193	0,4	0,0
Estação Ecológica De Iquê	188	0,4	0,0
Parque Estadual Da Serra Do Cabral	160	0,4	0,0
Parque Estadual Serra Nova	159	0,4	0,0
Parque Nacional Da Chapada Dos Guimarães	150	0,3	0,0
Parque Nacional Da Serra Da Cipó	131	0,3	0,0
Parque Estadual Águas Do Cuiabá	119	0,3	0,0
Parque Nacional Dos Lençóis Maranhenses	113	0,3	0,0
Parque Estadual Do Lajeado	110	0,3	0,0
Parque Estadual Grão Mogol	92	0,2	0,0
Parque Estadual Da Serra De Caldas Novas	72	0,2	0,0
Parque Estadual Do Araguaia	70	0,2	0,0
Estação Ecológica Do Rio Preto	68	0,2	0,0
Parque Estadual Serra Azul	61	0,1	0,0
Parque Nacional Da Serra Da Bodoquena	60	0,1	0,0
Reserva Biológica Da Contagem	47	0,1	0,0
Parque Nacional Cavernas Do Peruaçu	45	0,1	0,0
Parque Estadual De Paracatu	44	0,1	0,0
Outras (com menos de 39 ocorrências)	693	26,9	0,8
Total	25.533	100,0	3,1

Fonte: BDQueimadas/INPE, calculado em SIG e organização própria.

Tabela 5 – Ocorrência de focos de queimadas sobre Unidades de Conservação de Uso Sustentável (1999 a 2018)

Nome	Focos	% do total em UCUS	% do total no Cerrado
APA Do Rio Preto	13.668	17,2	1,0
APA Ilha Do Bananal/Cantão	13.133	16,6	0,9
APA de Upaon-Açu /Miritiba	11.095	14,0	0,8
APA Pouso Alto	5.993	7,6	0,4
APA Meandros Do Araguaia	3.706	4,7	0,3
APA DOS Morros Garapenses	3.392	4,4	0,3
APA Das Cabeceiras Do Rio Cuiabá	2.649	4,3	0,2
APA Bacia Do Rio De Janeiro	1.938	3,3	0,2
APA Bacia Do Rio Pandeiros	1.898	2,4	0,1
APA Cochá E Gibão	1.880	2,4	0,1
APA Jalapão	1.390	2,4	0,1
APA Serra Do Lajeado	1.228	1,8	0,1
APA Das Nascentes Do Rio Vermelho	1.193	1,5	0,1
APA Da Chapada Dos Guimarães	989	1,5	0,1
APA da Foz do Rio das Preguiças	964	1,2	0,1
APA Estadual Da Escarpa Devoniana	761	1,2	0,1
APA Corumbataí, Botucatu E Tejupá	692	1,0	0,1
APA Dunas E Veredas Do Baixo Médio São Francisco	650	0,9	0,0
APA Da Bacia Do Rio São Bartolomeu	645	0,8	0,0
APA Morro Da Pedreira	575	0,8	0,0
APA Lago De Palmas	552	0,7	0,0
APA Nascentes Do Rio Paraguai	534	0,7	0,0
Reserva de Desenvolvimento Sustentável Veredas do Acari	392	0,7	0,0
APA Da Bacia Do Rio Descoberto	380	0,5	0,0
APA Lago De Peixe/Angical	320	0,5	0,0
APA João Leite	287	0,4	0,0
Floresta Estadual Do Araguaia	284	0,4	0,0
APA Da Serra Dourada	261	0,4	0,0
APA Rio Batalha	255	0,3	0,0
APA Delta Do Parnaíba	254	0,3	0,0
APA Municipal Do Aricá-Açu	239	0,3	0,0
APA Ibitinga	233	0,3	0,0
APA Foz Do Rio Santa Tereza	222	0,3	0,0
APA Serra Do Sabonetal	222	0,3	0,0
APA Cavernas Do Peruaçu	218	0,3	0,0
APA Corumbataí Botucatu Tejupa Perímetro Botucatu	215	0,3	0,0
Outras (com menos de 197 ocorrências)	2.268	0,3	0,0
Total	79.309	100,0	5,0

Fonte: BDQueimadas/INPE, calculado em SIG e organização própria.

Para o caso das UCs de Uso Sustentável, que somam 145 no Cerrado, foram registrados 79.309 focos de queimadas em 103 delas, correspondendo a 5,7% do total registrado no Cerrado – portanto, uma maior incidência que aquela observada no contexto das UC de Proteção Integral. Em fato, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) indica que o objetivo principal desta categoria de UC é o de compatibilizar a conservação da natureza com o uso e exploração sustentável, de maneira a assegurar a perenidade dos recursos naturais, dos processos ecológicos e da biodiversidade. Apenas três UC de Uso Sustentável concentraram 47,8% do total de queimadas em UC de uso sustentável, sendo elas a Área de Proteção Ambiental do Rio Preto (na Bahia), a Área de Proteção Ambiental Ilha do Bananal/Cantão (no Tocantins) e a Área de Proteção Ambiental de Upaon-Açu/Miritiba (Maranhão), com 13.668, 13.133 e 11.085 focos de queimadas, respectivamente (Tabela 5).

Tanto no caso das UC de Proteção Integral quanto nas de Uso Sustentável, percebe-se maior incidência de queimadas naquelas situadas nos estados do Maranhão, Tocantins, Bahia e Piauí, relacionadas à região conhecida como MATOPIBA, de notável avanço do agronegócio.

Esse contexto de pressão do agronegócio junto às Unidades de Conservação pode ser exemplificado pela Figura 34-A, que representa a intensa presença de áreas agrícolas à sudeste do Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba e à leste e sudeste da Estação Ecológica da Serra Geral do Tocantins, UCs de Proteção Integral localizadas entre Maranhão, Piauí, Bahia e Tocantins, e também pela figura 34-B, que retrata a ocupação agrícolas tanto no entorno quanto no interior da Área de Proteção Ambiental do Rio Preto, na Bahia.

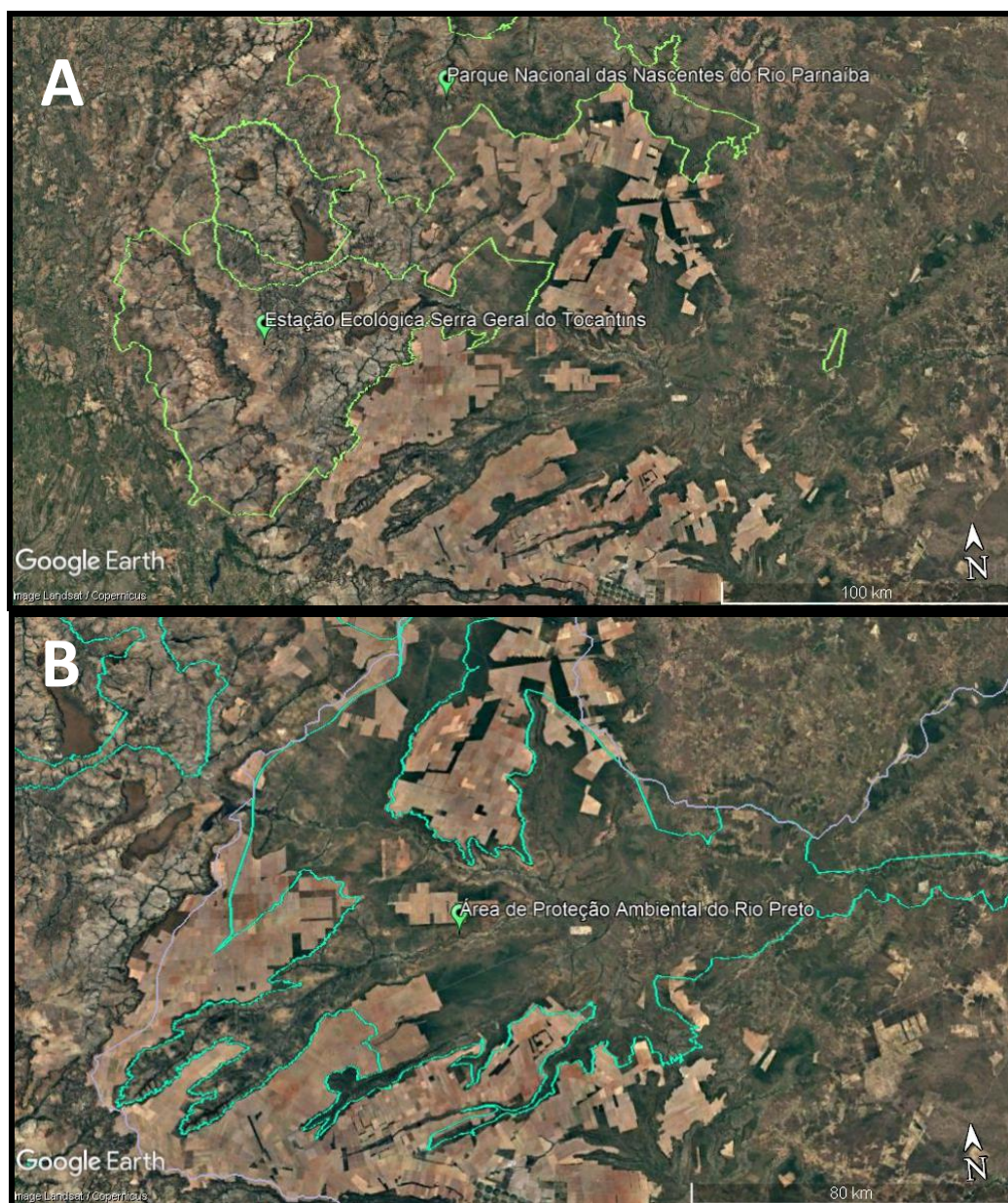


Figura 34 – Pressão do agronegócio junto às Unidades de Conservação de Proteção Integral (A) e de Uso Sustentável (B), tendo como referência o ano de 2018.

Fonte: Google Earth

No tocante às áreas protegidas legalmente, a Figura 35 e as Tabelas 6 e 7, na sequência, retratam a distribuição dos focos de queimadas sobre as Terras Indígenas e Comunidades Quilombolas. Conforme exposto pelo mapa e pela tabela, observa-se a ocorrência de queimadas em 95 Terras Indígenas (TI), totalizando 130.297 focos, que representam 9,4% da incidência de queimadas no Cerrado dentre o período analisado – quantitativo maior que a incidência de queimadas sobre Unidades de Conservação, mesmo se consideradas conjuntamente as de Proteção Integral e de Uso Sustentável. A maior incidência de queimadas é junto ao Parque Indígena do Araguaia, no Tocantins,

que concentra 23.393 (18% do total de queimadas em terras indígenas), seguida pela Terra Indígena Parabubure, com 8.141 (6,2%), e Terra Indígena Kadiwéu, com 7.656 (5,9%), situadas no Mato Grosso e no Mato Grosso do Sul, respectivamente.

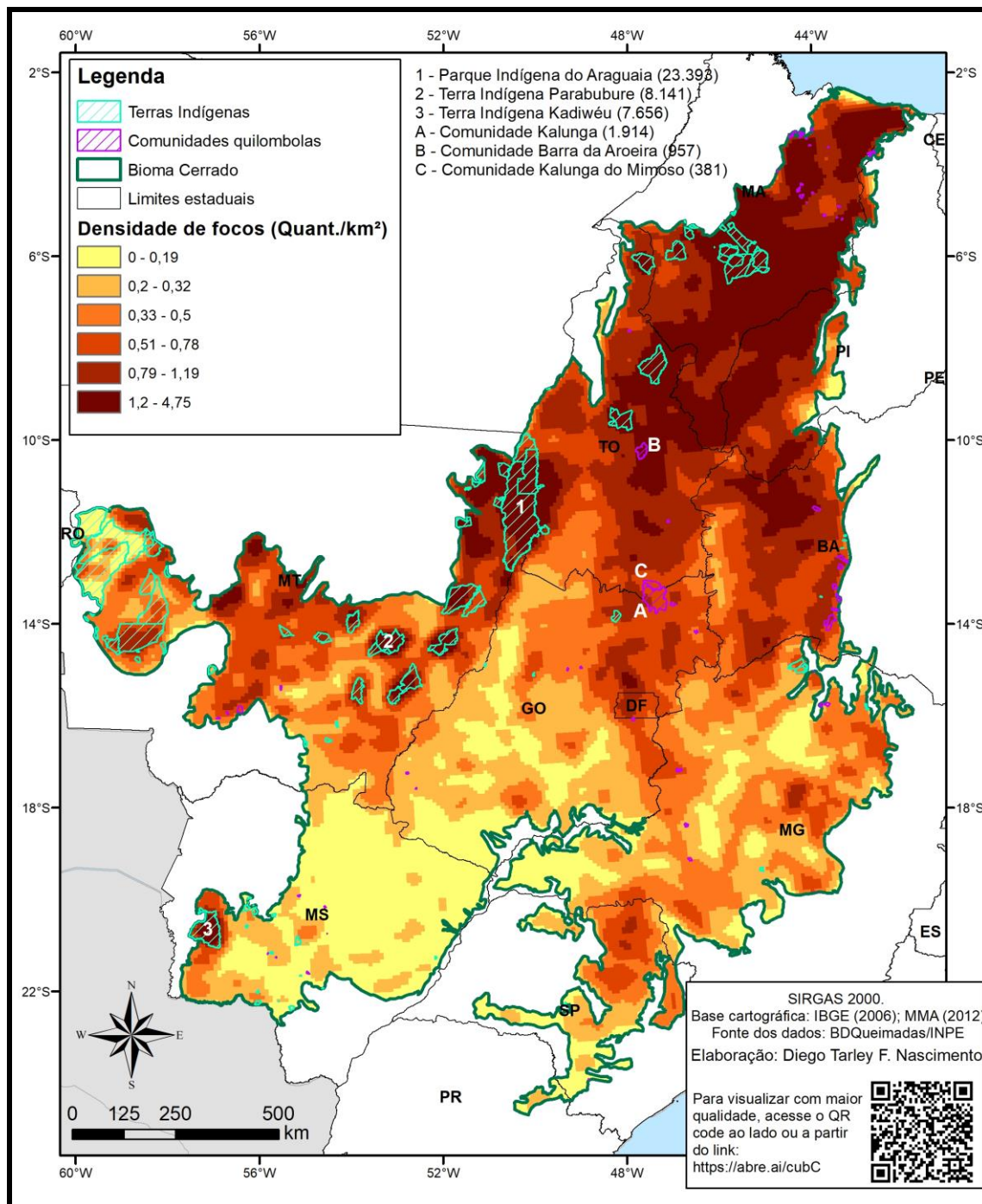


Figura 35 – Densidade de queimadas no Cerrado (1999 a 2018) sobreposta por áreas de proteção compostas por Terras Indígenas e Comunidades Quilombolas.

Fonte: BDQueimadas/INPE, calculado em SIG e organização própria. Obs.: para visualizar com maior detalhe, acesse o link: <https://abre.ai/cubC>

Tabela 6 – Ocorrência de focos de queimadas sobre Terras indígenas (1999 a 2018)

Nome da Terra Indígena (TI)	Focos	% do total em TI	% do total no Cerrado
PI Araguaia	23.393	18,0	1,7
TI Parabubure	8.141	6,2	0,6
TI Kadiwéu	7.656	5,9	0,6
TI Cana Brava	6.274	4,8	0,5
TI Pimentel Barbosa	6.020	4,6	0,4
TI Kraolândia	5.654	4,3	0,4
TI Pareci	5.648	4,3	0,4
TI Inãwébohona	5.433	4,2	0,4
TI Areões	5.246	4,0	0,4
TI Porquinhos dos Canela-Apãnjekra	4.229	3,2	0,3
TI Bacurizinho	3.443	2,6	0,2
TI Xerente	3.304	2,5	0,2
TI São Marcos (Xavante)	3.205	2,5	0,2
TI Kanela	2.921	2,2	0,2
TI Marãiwatsédé	2.684	2,1	0,2
TI Apinayé	2.522	1,9	0,2
TI Krikati	2.236	1,7	0,2
TI Kanela/Memortumré	2.137	1,6	0,2
TI Utaria Wyhyna/Iròdu Iràna	2.056	1,6	0,1
TI Merure	1.989	1,5	0,1
TI Sangradouro/Volta Grande	1.958	1,5	0,1
TI Marechal Rondon	1.945	1,5	0,1
TI Bacurizinho	1.810	1,4	0,1
TI Utiariti	1.787	1,4	0,1
TI Nambiquara	1.591	1,2	0,1
TI Porquinhos	1.500	1,2	0,1
TI Ubawawe	1.214	0,9	0,1
TI Menkü	1.140	0,9	0,1
TI Governador	1.114	0,9	0,1
TI Urubu Branco	1.053	0,8	0,1
TI Enawenê Nawê	914	0,7	0,1
TI Bakairi	897	0,7	0,1
TI Wedezé	796	0,6	0,1
TI Tapirapé/Karajá	674	0,5	0,0
TI Juininha	654	0,5	0,0
TI Xakriabá	613	0,5	0,0
TI Tirecatina	504	0,4	0,0
TI Avá-Canoeiro	395	0,3	0,0
Outras (com menos de 365 ocorrências)	5.547	4,0	0,4
Total	130.297	100	9,4

Fonte: BDQueimadas/INPE, calculado em SIG e organização própria.

Tabela 7 – Ocorrência de focos de queimadas sobre Comunidades quilombolas (1999 a 2018)

Nome da Comunidade	UF	Focos	% do total em Comunidades	% do total no Cerrado
Kalunga	GO	1.914	36	0,1
Barra Da Aroeira	TO	957	18	0,1
Kalunga Do Mimoso	TO	381	7	0,0
Parateca E Pau Darco	BA	326	6	0,0
Mata Cavalo	MT	168	3	0,0
Lagoa Das Piranhas	BA	131	2	0,0
Matoes Moreira	MA	119	2	0,0
Mangal E Barro Vermelho	BA	114	2	0,0
Riacho Da Sacutiaba E Sacutiaba	BA	112	2	0,0
Fazenda Jatoba	BA	95	2	0,0
Lago Grande	MA	88	2	0,0
Pitoro Dos Pretos	MA	87	2	0,0
Nova Batalhinha	BA	83	2	0,0
Barra Do Parateca	BA	54	1	0,0
Araca/Cariaca/ Pato/ Pedras/Retiro	BA	53	1	0,0
Piqui/Santa Maria	MA	44	1	0,0
Benfica	MA	44	1	0,0
Alto Bonito	MA	38	1	0,0
Familia Magalhaes	GO	33	1	0,0
Santa Rosa Dos Pretos	MA	28	1	0,0
Estiva Dos Cotós	MA	25	0	0,0
Mesquita	GO	23	0	0,0
Sete Ladeiras E Terra Dura	MG	22	0	0,0
Arvore Verde	MA	22	0	0,0
Laranjal	MT	22	0	0,0
Mata De São Benedito	MA	21	0	0,0
Familia Teodoro De Oliveira E Ventura	MG	19	0	0,0
Jenipapo	MA	19	0	0,0
Sao Francisco Malaquias	MA	19	0	0,0
Santa Maria Dos Pinheiros	MA	18	0	0,0
Grotao	TO	16	0	0,0
Baco Pari	GO	16	0	0,0
Usina Velha	MA	15	0	0,0
Barro Vermelho	MA	14	0	0,0
Machadinho	MG	13	0	0,0
Lagoa Do Peixe	BA	13	0	0,0
Cipo	MA	13	0	0,0
Outras (com menos de 12 ocorrências)		120	2	0,0
Total		5.299	100	0,4

Fonte: BDQueimadas/INPE, calculado em SIG e organização própria.

À título de exemplificação de como as terras indígenas sofrem a pressão das atividades agropecuárias, a Figura 36 demonstra a situação da Terra Indígena de Parabubure, situada no Mato Grosso, que, no período observado, ocupou a segunda posição no ranking de maior quantidade de queimadas em terras indígenas, com intensa presença de propriedades rurais junto ao seu limite norte e noroeste.

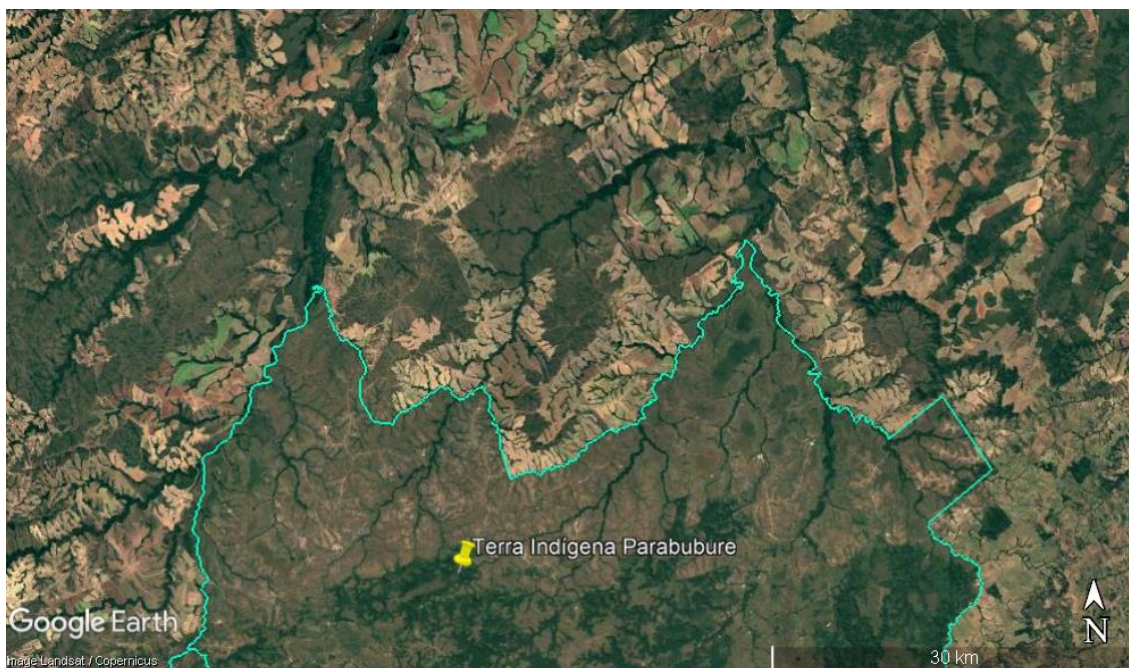


Figura 36 – Pressão da atividade agrícola junto ao limite da Terra Indígena de Parabubure, no Mato Grosso.

Fonte: Google Earth.

Por conta da considerável ocorrência de queimadas, algumas Unidades de Conservação e Terras Indígenas foram contempladas no Projeto Cerrado-Jalapão, oficialmente intitulado como Prevenção, Controle e Monitoramento de Queimadas Irregulares e Incêndios Florestais no Cerrado. Essa iniciativa, fruto da cooperação entre Brasil e Alemanha, foi baseada na experiência australiana de gestão de fogo em savanas (RUSSELL-SMITH et al., 2013) e teve como objetivo aprimorar e implantar o Manejo Integrado de Fogo (MIF) no Cerrado, fortalecer o processo participativo na gestão das UCs, facilitar a disseminação e intercâmbio de informação sobre os eventos de fogo e desenvolver metodologias baseadas em sensoriamento remoto afim de monitorar áreas queimadas e desmatadas.

O projeto foi executado entre os anos de 2012 e 2016 nas UCs Parque Nacional da Chapada das Mesas, Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, Parque Estadual do Jalapão, Parque Nacional do Araguaia, Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba,

Parque Nacional das Sempre Vivas, além das Terras Indígenas Xerente e Parque do Araguaia, que registraram redução de 40 a 57% das ocorrências de queimadas e incêndios no final da estação seca no período de 2014-2016 a partir do gerenciamento – e não da exclusão – do fogo, que se deu de forma participativa (SCHMIDT et al., 2018).

Com relação às Comunidades Quilombolas, foram registrados 5.299 focos de queimadas, que representam apenas 0,4% das queimadas no Cerrado entre 1999 e 2018. As comunidades com os maiores quantitativos de queimadas foram a Kalunga, em Goiás, com 1.914 focos (36% do total de queimadas nestas áreas protegidas); Barra da Aroeira, no Tocantins, com 957 focos (18%); e Kalunga do Mimoso, também no Tocantins, com 381 focos (7%).

A respeito destas terras legalmente protegidas e das populações e comunidades tradicionais que nelas habitam, convém frisar que estimativas indicam que a ocupação humana no Brasil Central iniciou-se há 12 mil anos. Os povos originários utilizaram por milênios o fogo como instrumento de manejo e, conforme aponta Pivello et al. (2021, p. 20), “Ao contrário das práticas tradicionais de queimadas dos povos indígenas, incêndios em grande escala passaram a ser utilizados para a limpeza de terras, após a colonização do Brasil”.

Além do fato dos portugueses serem responsáveis pela alteração drástica dos regimes de fogo no território brasileiro, convém ressaltar que os próprios instituíram a política de “fogo zero”, tornando proibidas as práticas tradicionais e tornando os ambientes pirofíticos, como o Cerrado, mais propensos a eventos de fogo intensos, mais frequentes e fora de controle.

A tentativa de exclusão do fogo dos biomas brasileiros se mostrou falha ao longo dos séculos, fazendo com que as práticas tradicionais fossem resgatadas afim de auxiliar a formulação dos projetos de Manejo Integrado de Fogo (MIF) (BILBAO et al. 2019). Apesar de toda pressão relacionada ao processo de uso e ocupação do Cerrado, os povos tradicionais, assim como seus conhecimentos milenares, resistem e se mantêm através de gerações.

Conforme abordado por Rocha e Nascimento (2020), tendo por base a comunidade Sertão, localizada no município de Alto Paraíso de Goiás-GO, além de queimadas para o preparo da roça, populações tradicionais empregam o fogo para aceros, para evitar grandes incêndios. Assim, fica evidente que as comunidades e

populações tradicionais possuem um conhecimento sobre o uso e manejo adequado do fogo, tendo consciência da importância dessa prática para a produtividade agropastoril, sempre resgatando a experiência e transferência de saberes perpassados pelas gerações anteriores.

Voltando à questão da ocorrência espacial das queimadas no Cerrado, além do indicativo da forte associação espacial global das queimadas, provido pelos Índice de Moran I, a análise da autocorrelação local, realizada a partir do Indicador Local de Associação Espacial (do inglês *Local Indicators of Spatial Association – LISA*), indica alta associação espacial dos focos de queimadas em microrregiões situadas junto aos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia – região do MATOPIBA, além do Mato Grosso (Arco de Desmatamento) e norte de Goiás - Figura 37. Tratam-se, portanto, de microrregiões com alta ocorrência de queimadas que são vizinhas de outras microrregiões com também alta incidência de queimadas, portanto, pertencente à classificação alto-alto do indicador local de associação espacial.

Todavia, uma melhor análise do padrão espacial e temporal de ocorrência dos focos de queimadas no bioma Cerrado entre 1999 e 2018 pode ser expressa a partir da ferramenta *Emerging Hot Spot Analysis*, que emprega estatísticas e testes de tendência afim de verificar a existência de uma tendência, estatisticamente significativa no decorrer da série temporal, que indique o aumento (áreas quentes) ou a diminuição (áreas frias) de determinado atributo ou fenômeno, que pode ser retratada na forma de ponto ou área. Dessa forma, a Figura 38 representa as áreas quentes relacionadas ao incremento de focos de queimadas ao longo da série temporal de observação com maior grau de significância estatística. Por outro lado, as áreas frias retratam as localidades em que houve diminuição da ocorrência de focos de queimadas ao longo do período de 1999 a 2018.

Pelo que se observa pela Figura 38, as áreas quentes ocorrem, sobretudo, ao norte do paralelo de 13° S, ao longo de uma considerável área que se estende desde o estado do Tocantins, de forma contínua, para a Bahia, Piauí e Maranhão – mais uma vez, demarcando a maior incidência de queimadas na região denominada como MATOPIBA, considerada como a nova fronteira de expansão agrícola do país. Há ainda uma mancha na divisa de Tocantins com o Mato Grosso classificada como área quente,

que se estende, de maneira fragmentada, até o centro do Mato Grosso, que pode estar associada ao Arco do Desmatamento.

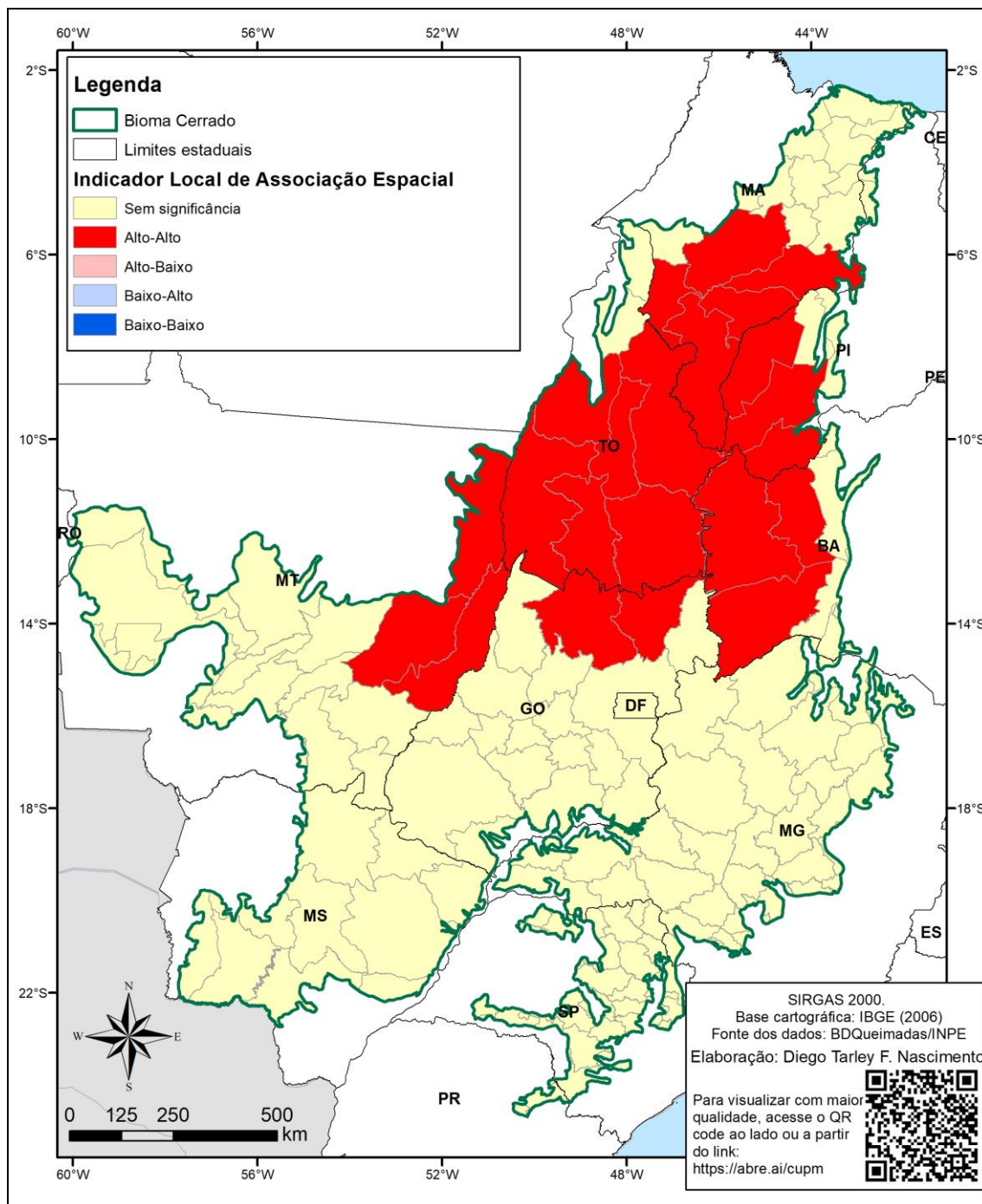


Figura 37 - Indicador Local de Associação Espacial (*Local Indicators of Spatial Association – LISA*) para os totais de focos de queimadas no Cerrado, por microrregiões (1999 a 2018)
Fonte: BDQueimadas/INPE, calculado em SIG e organização própria. Obs.: para visualizar com maior detalhe, acesse o link: <https://abre.ai/cuo8>

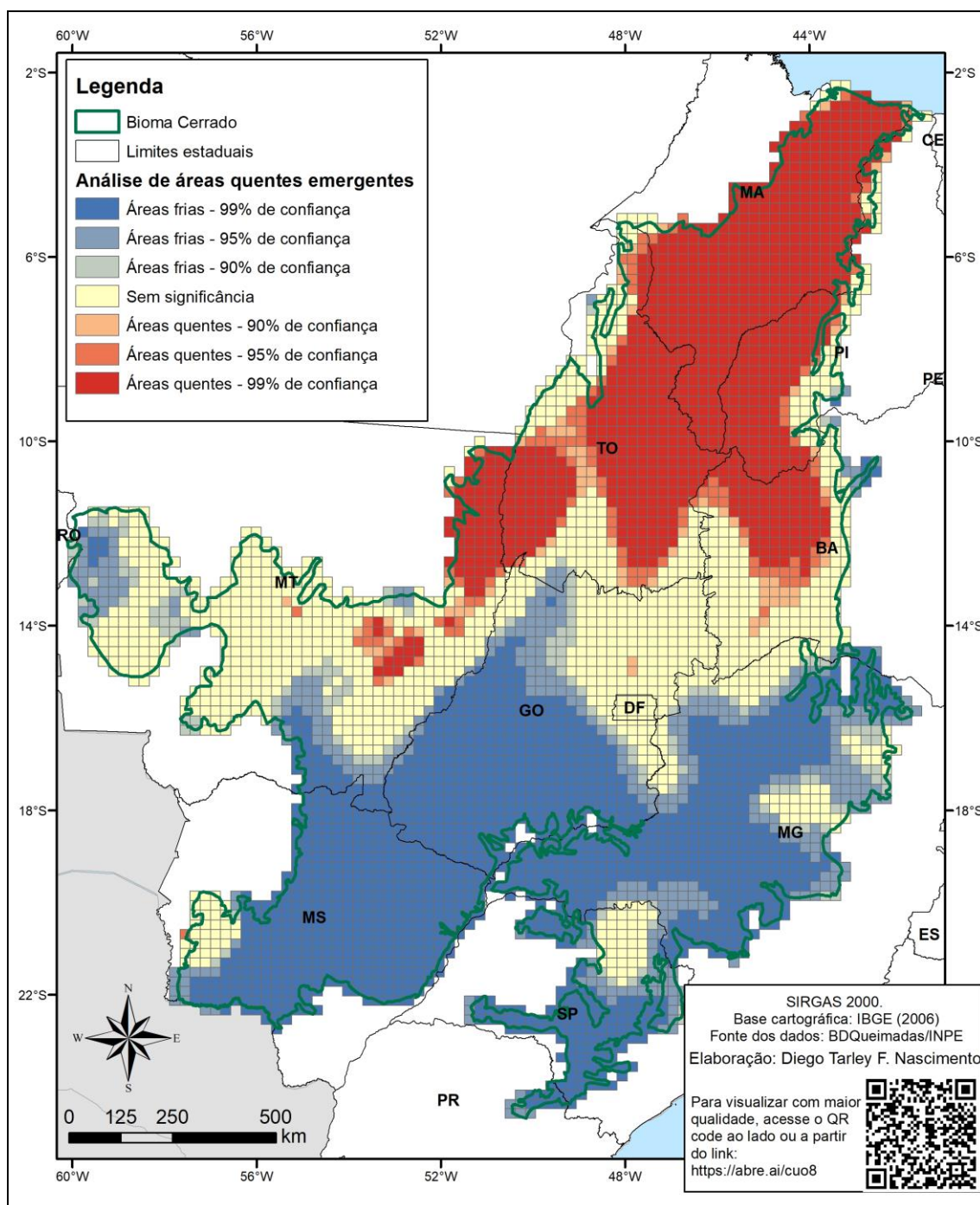


Figura 38 - Análise de Pontos Quentes Emergentes (do inglês *Emerging Hot Spot Analysis*) para os totais de focos de queimadas no Cerrado, por microrregiões (1999 a 2018)

Fonte: BDQueimadas/INPE, calculado em SIG e organização própria. Obs.: para visualizar com maior detalhe, acesse o link: <https://abre.ai/cuo8>

Em contraste às tais áreas de concentração espacial e tendência crescente de ocorrência de queimadas, o mapa da Figura 38 também indica as áreas com maior significância estatística para a diminuição de queimadas, retratadas como áreas frias, e relacionadas a porção central, sul, oeste e sudoeste de Goiás, e a grande parte dos

estados do Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e São Paulo. Essas áreas coincidem com as microrregiões que apresentaram menores quantitativos de queimadas ao longo dos sucessivos anos analisados, que possivelmente estão associadas usos já consolidados da agropecuária.

Por fim, em algumas pequenas manchas na porção sudoeste e sudeste do bioma, nas áreas marginais ao norte do bioma e, principalmente, ao longo de uma faixa latitudinal na porção central do bioma encontra-se as áreas em que não foi encontrada significância estatística de padrão ou de tendência com relação a ocorrência de queimada – o que retrata um dinamismo das queimadas entre os anos observados nestas localidades.

Ainda concernente à análise dos pontos quentes emergentes (*emerging hot spot analysis*), na Figura 39 são indicadas, para além apenas da determinação e localização das áreas quentes e frias de ocorrência de queimadas, também o padrão de incremento ou redução detectado ao longo da série temporal. Chama-se a atenção para duas classes que predominam no contexto do Cerrado, a saber: de área quente oscilante e de área fria também oscilante.

A primeira classe, de área quente oscilante, é percebida na região do MATOPIBA, especialmente nos estados do Maranhão, Piauí e Tocantins, mas também em duas manchas vinculadas ao Arco do Desmatamento, uma entre o Tocantins e o Mato Grosso, e outra no Mato Grosso. O padrão indicado como área quente oscilante, retrata as localidades que apresentaram um aumento recente da quantidade de queimadas, no contexto de predomínio de incremento de queimadas na maior parte da série temporal, mas que teve o histórico de ter apresentado, por um curto período de tempo anterior, uma redução do quantitativo de focos (possivelmente associado aos anos de 1999 a 2001). Conforme pode ser visto no mapa da Figura 16, esta região classificada como área quente oscilante está associada, sobretudo, aos locais em que há maior ocorrência de vegetação nativa, indicativo do uso do fogo para conversão da cobertura vegetal natural para usos e atividades agropecuárias.

Em oposição, a segunda classe que predomina, de área fria oscilante, ocorre ao sul do paralelo de 13° S, entre os estados do Mato Grosso, oeste do Mato Grosso do Sul, sudoeste da Bahia, Goiás, Minas Gerais e São Paulo – onde há um uso já consolidado da atividade agropecuária, conforme pode ser visto pelo mapa da Figura 16. Essa região

definida como área fria oscilante diz respeito a um padrão de decréscimo de queimadas nos últimos anos da série temporal, em localidades que predomina a redução das queimadas, mas que anteriormente houve também um incremento das queimadas.

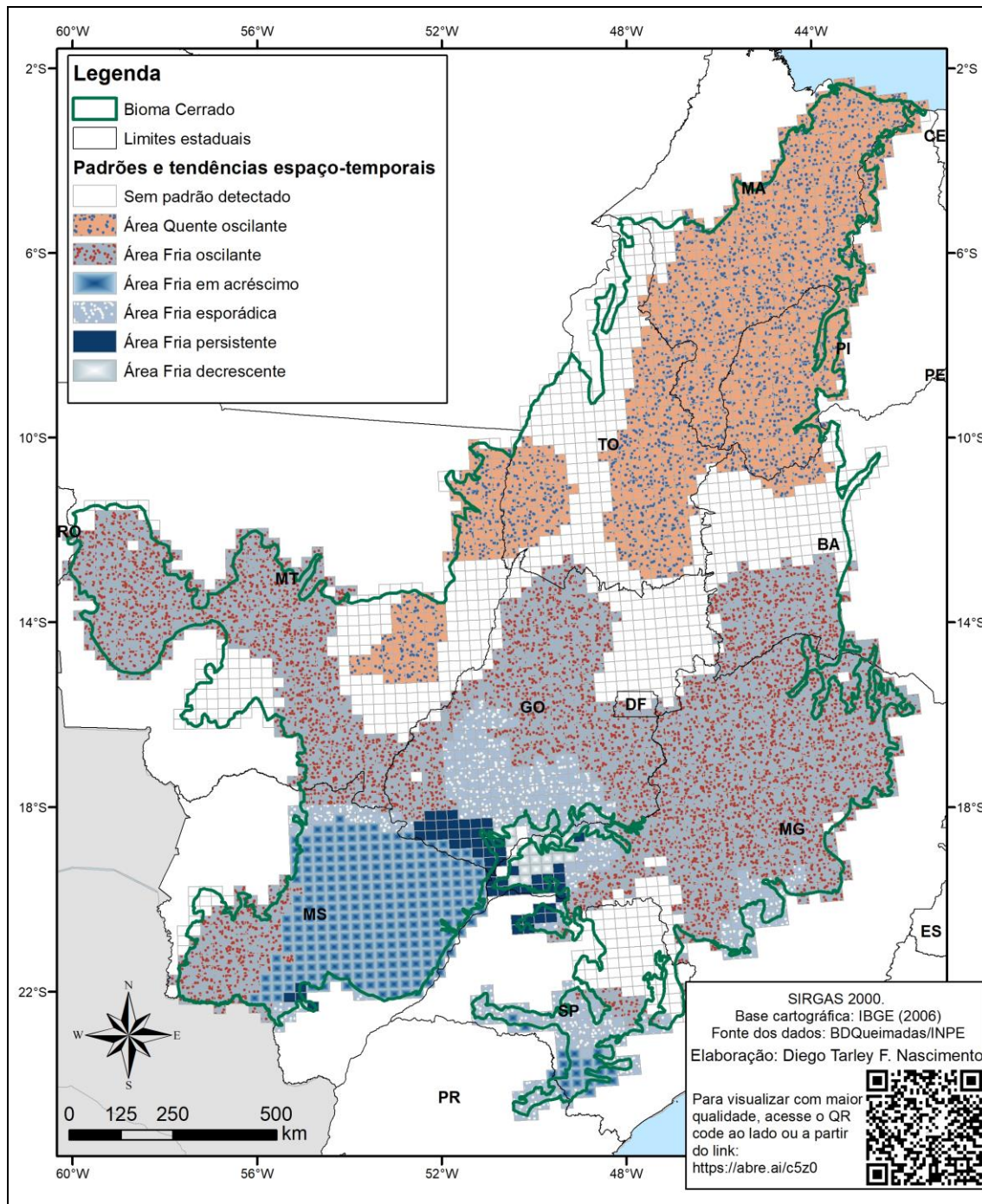


Figura 39 - Análise de Pontos Quentes Emergentes (do inglês *Emerging Hot Spot Analysis*) para os totais de focos de queimadas no Cerrado, por microrregiões (1999 a 2018).
 Fonte: BDQueimadas/INPE, calculado em SIG e organização própria. Obs.: para visualizar com maior detalhe, acesse o link: <https://abre.ai/c5z0>

O predomínio de áreas quentes e frias associadas ao padrão de “oscilante” demarca muito bem o dinamismo da ocorrência das queimadas no Cerrado, sobretudo na questão da variação da quantidade de focos entre 1999 e 2018, como reflexo do avanço das fronteiras agrícolas, no caso das áreas quentes nas regiões do MATOPIBA e do Arco do Desmatamento, e da consolidação de áreas agropastoris, no caso das áreas frias na porção sul do bioma.

Em considerável extensão da porção setentrional e, principalmente, central do Cerrado não foi detectado um padrão de tendência de incremento ou redução das queimadas, conforme visto no nordeste de Goiás, no Mato Grosso, oeste da Bahia, no Tocantins e na divisa de Minas Gerais com São Paulo.

Todavia, há ainda outros padrões de áreas frias (redução) na porção meridional do bioma. Neste contexto, a maior ocorrência é de área fria em acréscimo, vista em grande parte do Mato Grosso do Sul mas também em uma pequena porção de São Paulo, onde observa-se o predomínio de pastagens e agricultura (Figura 16), na qual há uma recorrente e intensificada redução da ocorrência de queimadas no período analisado.

Também percebe-se a ocorrência de áreas frias classificadas como esporádica, vistas na porção sul e sudoeste de Goiás, e também em reduzidas localidades no Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e São Paulo, que retratam a tendência de redução de queimadas que não ocorre mais de maneira consecutiva na série temporal.

Por fim, há pequenas áreas, entre a divisa dos estados de Goiás e Minas Gerais e deste último com relação à São Paulo, classificadas como ponto frio persistente e decrescente, a primeira relacionada a um padrão de redução do quantitativo de queimadas sem tendência discernível que indique aumento ou diminuição da intensidade das queimadas e a segunda associada a tendência de redução da ocorrência de queimadas que está diminuindo.

3.3 Incidência dos focos de queimadas no bioma Cerrado conforme diferentes tipos de cobertura e uso do solo

Apesar do Projeto MapBiomias demonstrar que, em 2018, predominam no Cerrado, em ordem decrescente, as classes de Pastagem (27,6%), Formação Savânica (21,5%), Formação Florestal (20,9%), Formação Campestre (15,5%) e Agricultura (12,6%), em termos médios, as classes de cobertura e uso do solo com maior incidência

de focos são, respectivamente, as formações savânica (32%), campestre (22%) e florestal (21%), seguidas pelos usos antrópicos de pastagem (16%) e cultura agrícola (7%) – Tabela 8.

Tabela 8 – Proporção média de queimadas que incidem sobre as principais classes de cobertura do solo (1999/2018).

Classes	% de incidência de focos
Formação Florestal	20
Formação Savânica	32
Formação Campestre	22
Pastagem	16
Agricultura	7
Outras coberturas naturais	1
Outras coberturas antrópicas	2
Total coberturas naturais	76
Total usos antrópicos	24

Fonte: BDQueimadas/INPE e Mapbiomas, calculado em SIG e organizado pelos autores.

Importante destacar que cerca de 76% das queimadas no Cerrado incidem sobre as coberturas naturais, enquanto apenas 24% ocorrem sobre os usos antrópicos. Dessa forma, destaca-se que a distribuição espacial das queimadas no bioma não se dá de forma aleatória e homogênea, mas associada, principalmente, às coberturas naturais propícias ao desmatamento e à implantação de atividades agropecuárias.

Conforme representado pela Figura 40, com exceção do ano de 1999, quando se registra uma pequena maior incidência de queimadas sobre áreas revestidas por pastagens (27%), em todos os demais 19 anos analisados a maior ocorrência de focos se dá sobre formações vegetais savânicas. Até o ano de 2003 as formações florestais respondiam pela segunda maior incidência de queimadas. Junto com as formações savânicas, respondia por cerca de metade das queimadas no Cerrado (exatamente, entre 47 e 58%). Após esse ano, a maior proporção passa a ocorrer sobre as formações campestre. O que chama a atenção é o fato desta classe ser verificada em extensas machas, conforme visto nas porções nordeste de Goiás, noroeste de Mato Grosso e sudoeste e leste de Tocantins, o que a torna bastante suscetível à ocorrência de queimadas, especialmente por conta do predomínio de gramíneas que servem como material combustível e pela topografia que favorece a propagação do fogo pela ação do vento.

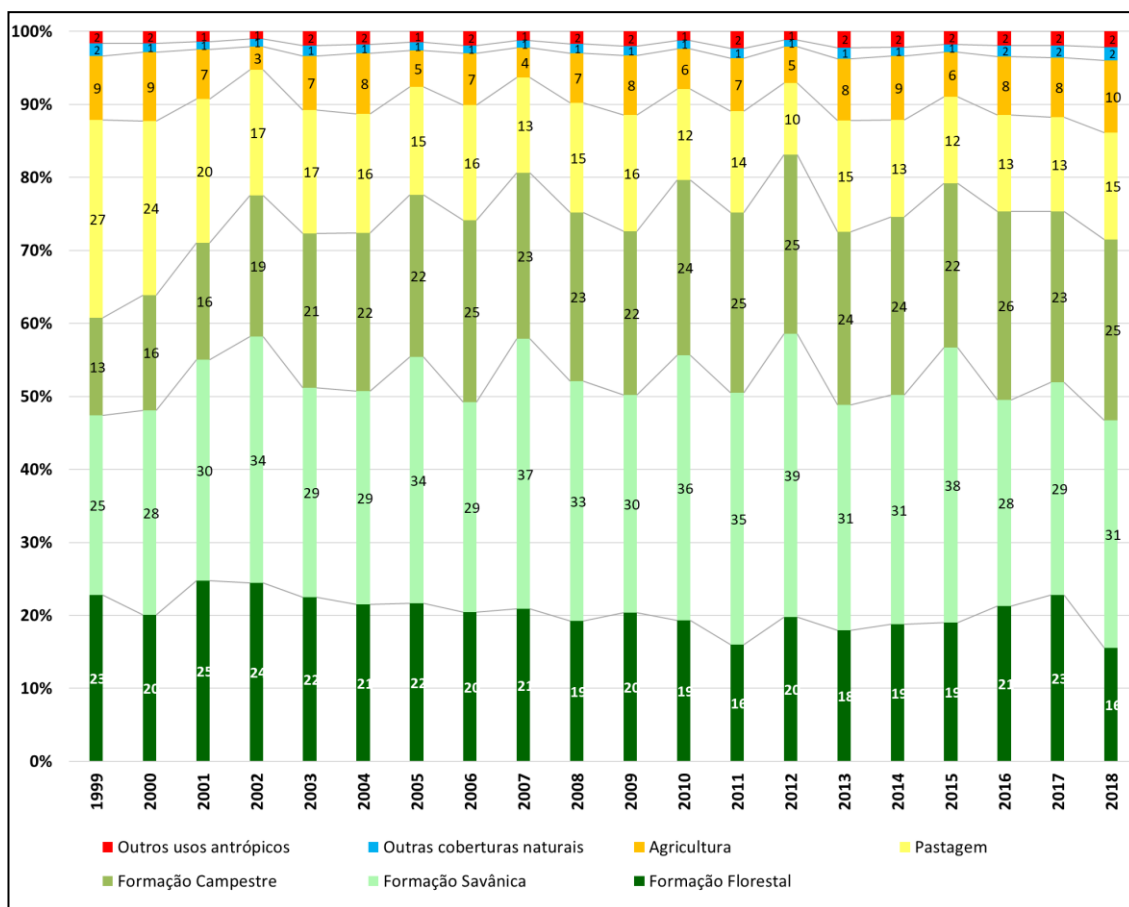


Figura 40 - Incidência de focos de queimada sobre as principais classes de cobertura e uso do solo no bioma Cerrado entre 1999 e 2018

Fonte: BDQueimadas/INPE e Mapbiomas, calculado em SIG e organizado pelos autores.

De 2002 em diante, as fisionomias savânicas e campestres passam a responder por pouco mais da metade da incidência de queimadas nas áreas de Cerrado, chegando a representar 63% das queimadas, conforme visto nos anos de 2012. Essa maior incidência das queimadas sobre as classes de fisionomias savânicas e campestres de vegetação também é apontada por Nascimento, Araújo e Ferreira Júnior (2010); Santos, Pereira e Rocha (2014); Araújo (2010; 2015) e; Santos et al. (2018), o que corrobora a assertiva.

Ao longo da série temporal não se identifica uma tendência estatisticamente significativa de elevação ou diminuição da incidência de queimadas sobre as distintas classes de cobertura e uso do solo. Contudo, ao considerar, conjuntamente, a quantidade de focos de queimadas sobre as formações savânicas e campestres, há uma tendência moderada ($R^2 = 0,41$) de incremento no decorrer dos anos.

Vale ressaltar que essas formações (savânica e campestre) são mais propensas à ocorrência e propagação de queimadas devido, entre outros fatores, à presença de gramíneas que produzem combustível fino e aerado altamente inflamável durante a estação seca (BOND; KEELEY, 2005).

A respeito desse cenário preocupante, Miranda e colaboradores (2002) complementam que no Cerrado predominam as queimadas superficiais, que consomem principalmente as espécies herbáceas, bastante comuns nas fitofisionomias campestres de campo limpo e sujo. A Figura 41, que ilustra o incêndio que consumiu 65 mil hectares do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (equivalente a 25% de sua área), na região nordeste de Goiás, em outubro de 2017, serve justamente para demonstrar a maior propensão de ocorrência e de propagação de queimadas nas fisionomias campestre, que predomina na região nordeste de Goiás.



Figura 41 – Fotografia aérea da queimada que consumiu 65 mil hectares do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, na região nordeste de Goiás, em outubro de 2017.

Fotografia: Tony Winston/Agência Brasília.

Guedes (1993) salienta a evidência de troncos fortemente suberizados em algumas espécies arbóreas do Cerrado, que agem como isolante térmico durante eventos de queimadas. Fidelis e colaboradores (2019) destacam o exemplo da impressionante capacidade de regeneração da *Bulbostylis paradoxa*, uma erva perene da família *Cyperaceae*, e popularmente conhecida como cabelo-de-índio, que inicia sua floração

em apenas 24 horas após a ocorrência de uma queimada (controlada) capaz de reduzi-la a um toco carbonizado, havendo a formação completa de flores aptas à polinização em pouco mais de uma semana, conforme visto na Figura 42.

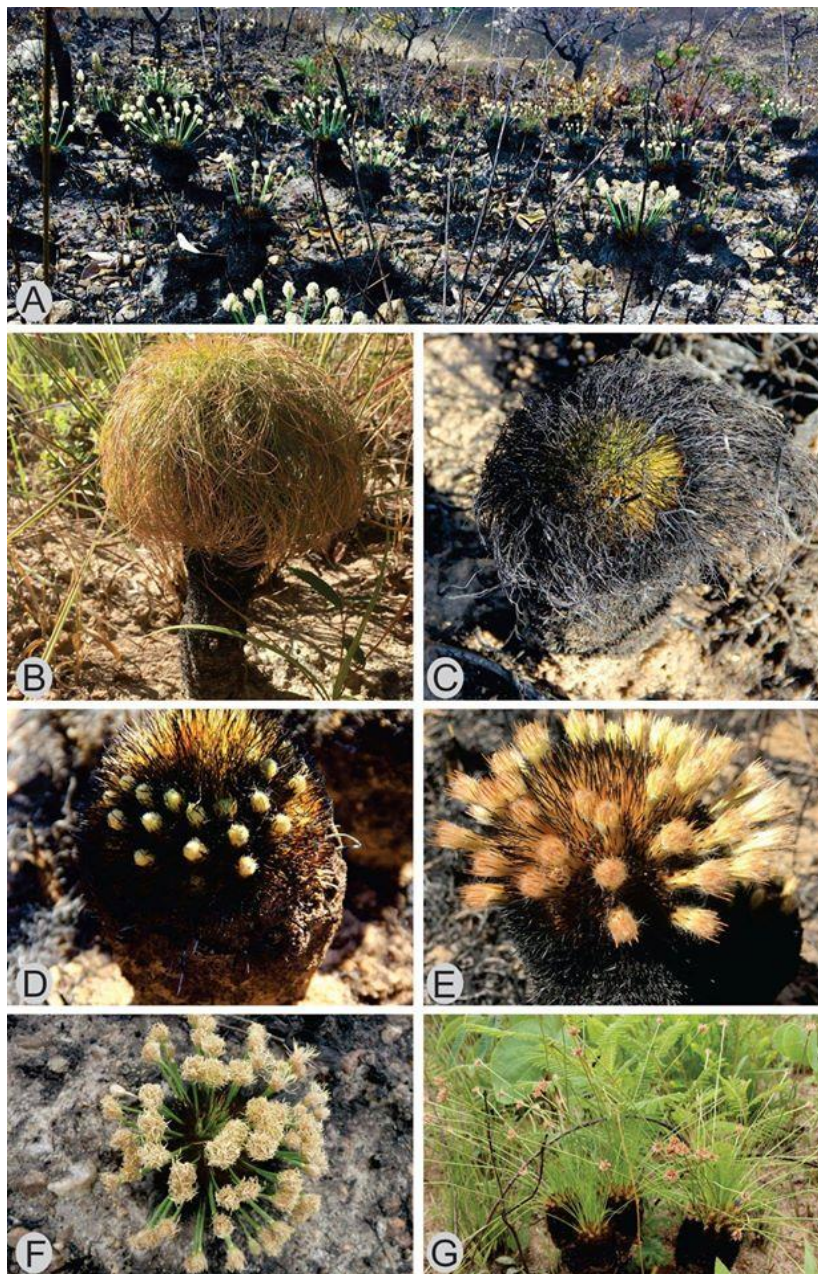


Figura 42 – Após um evento de queimada controlada (A), a sequência de imagens demonstra a condição da *Bulbostylis paradoxa* (B) logo após o evento (C) e ao longo das 24 horas (D), 48 horas (E), 15 dias (F) e 40 dias (G)

Fonte: Fidelis et al. (2019).

Contudo, não se deve generalizar essa capacidade regenerativa a todas espécies do Cerrado, como é o caso de algumas espécies muito sensíveis ao fogo, encontradas em fitofisionomias de mata galeria e de veredas (BORGES et al., 2016).

Assim, o fogo utilizado corriqueiramente como instrumento para renovação e manutenção de pastagem e/ou de áreas agrícolas possivelmente tem avançado e atingido as coberturas vegetais do Cerrado, que reagem distintamente conforme suas características fitofisionômicas, umas mais propícias e adaptadas (savânica e campestre) e outra mais resistentes, porém mais sensível, às queimadas (florestal). Dessa forma, recomenda-se que a prática de queimadas ser controlada e realizada apoiada em técnicas conservacionistas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A apropriação do Cerrado, sobretudo a partir das atividades agropecuárias, tem resultado em impactos que, de forma diversificada, ameaçam a existência de toda biodiversidade do bioma. O Cerrado, reconhecido como celeiro mundial para o agronegócio, passa por um processo incomparável de conversão de sua vegetação natural para usos e atividades agrícolas. Nesse cenário, o fogo, que é um elemento formador e regulador das paisagens do Cerrado, passa a ser utilizado de maneira indiscriminada na paisagem para a renovação e implantação de atividades agropastoris.

Em fato, sugere-se que o Cerrado e o fogo são indissociáveis, uma vez que a exclusão total do fogo por períodos prolongados implica na descaracterização das fisionomias típicas, especialmente das formações campestres e savânicas, havendo, nesse caso, o adensamento das formações florestais em detrimentos das anteriores (DURIGAN; RATTER, 2006).

Dessa forma, por se tratar de um ambiente pirofítico, isto é, dependente do fogo, é necessário compreender as reais necessidades e as melhores práticas de uso e manejo do fogo no Cerrado, e não apenas propor bani-lo.

Diante da complexidade da interação entre o Cerrado e o fogo e da compreensão de que se trata de uma relação simbiótica e, portanto, inevitável, estudos que se dediquem a temática, independentemente da perspectiva de análise e escala, são oportunos e necessários. Neste contexto, a pesquisa desenvolvida se comprometeu em analisar a distribuição temporal e espacial das queimadas no Cerrado, durante o período de vinte anos (1999-2018), sob os recortes espaciais das Unidades Federativas, microrregiões, Unidades de Conservação, Terras Indígenas e Comunidades Quilombolas, além de analisar os focos, estatisticamente, para avaliação da autocorrelação espacial, dos padrões espaciais e das tendências temporais.

Os resultados demonstraram a ocorrência média anual de 65.513 focos de queimadas no Cerrado, durante os anos de 1999 e 2018, mas que podem atingir quantidades surpreendentes, como 137.918 focos, conforme registrado em 2007. Há uma expressiva concentração das queimadas no período seco, especialmente no trimestre agosto-setembro-outubro, que responde por cerca de 72% das ocorrências

anuais. Ao longo dos anos, a maior quantidade de queimadas ocorre principalmente nos estados de Maranhão, Tocantins e Mato Grosso, exatamente ao longo da fronteira agrícola na região do MATOPIBA e próxima ao Arco do Desmatamento, na região de ecótono entre Cerrado, Amazônia e Pantanal.

Na mudança do recorte espacial das análises, percebe-se dependência espacial da distribuição de focos de queimadas ao longo das microrregiões no bioma Cerrado com média a elevada significância estatística, com concentração da ocorrência de queimadas em determinadas microrregiões, a exemplo: Alto Mearim e Grajaú – MA (70.789 focos), Jalapão – TO (66.358) e Rio Formoso – TO (55. 845).

Do total de focos de queimadas entre o período de 1999 e 2018, pouco mais 3% ocorreram no interior de UC de Proteção integral, 5% em UC de Uso Sustentável, 9,4% em Terras Indígenas e 0,4% em comunidades tradicionais quilombolas, evidenciando a pressão do agronegócio junto às áreas legalmente protegidas.

As análises de autocorrelação espacial demonstraram alta associação espacial dos focos de queimadas em microrregiões situadas junto aos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia – região do MATOPIBA, além do Mato Grosso (Arco de Desmatamento) e norte de Goiás.

Por fim, a análise conjuntural de toda série temporal, sobretudo auxiliada pela técnica de análise de pontos quentes emergentes, retrata a maior concentração e a tendência de incremento de queimadas na porção setentrional do Cerrado. Ao passo que porção meridional do bioma se evidencia maior quantitativo e também tendência de redução da incidência de queimadas.

Convém a ressalva de que a aplicação das técnicas estatísticas de autocorrelação espacial (global e local) e o emprego da ferramenta de análise de pontos quentes emergentes, ambos casos implementados sob o aporte de sistemas de informação geográfica (SIG), em muito contribuíram com a análise da ocorrência espacial das queimadas no Cerrado, ao fornecerem indicativos da associação espacial e dos padrões e tendências espaço-temporais dos focos de queimadas no referido bioma.

A partir da intersecção do mapeamento do Cerrado com os focos de queimadas, foi possível verificar que cerca de 76% das queimadas no Cerrado incidem sobre as coberturas naturais, dos quais, cerca de metade incide sobre as formações savânica e

campestres. Dentre os usos antrópicos, a maior incidência é sobre áreas de pastagem (16%), com considerável ocorrência também em áreas agrícolas.

Dessa forma, os dados demonstram um padrão espacial de distribuição das queimadas em regiões específicas, uma concentração em período definido e reduzido do ano e também de incidência sobre determinadas classes de cobertura e uso do solo, fornecendo fortes indícios que corroboram a hipótese do trabalho, de que as queimadas não ocorram de forma aleatória e homogênea, mas associada, principalmente, às coberturas naturais propícias ao desmatamento e à implantação de atividades agropecuárias.

Todavia, devem ser providenciados estudos complementares, no sentido de verificar se nos locais de incidência dos focos de queimadas realmente houve a conversão de cobertura vegetal natural para usos antrópicos nos anos subsequentes – análise essa que pode ser realizada de forma automatizada por técnicas de geoprocessamento. Com a sugestão de averiguações em campo para confrontação e validação dos dados e informações.

Além disso, convém associar a distribuição espaço-temporal das queimadas às variáveis e condicionantes climáticas, tais como a variabilidade da precipitação, da umidade e temperatura do ar e a ocorrência de descargas elétricas, por exemplo, capazes de provocar as queimadas naturais (ou espontâneas) ou de impulsionar as queimadas antrópicas.

Por fim, vale frisar que a adoção de medidas sustentáveis de exploração e de estratégias de conservação do Cerrado não são apenas necessárias, mas sobretudo urgentes. É preciso reconhecer e valorizar o Cerrado a partir de sua rica biodiversidade e de sua cultura milenar, materializado nos saberes e ritos dos povos tradicionais.

No contexto das queimadas, salienta-se que para o manejo racional do fogo deve ser levado em consideração tanto o comportamento do fenômeno (fogo) quanto as características de resiliência e fragilidade dos distintos elementos e componentes do ambiente. Assim, medidas preventivas exigem mais do que a simples exclusão desse agente ecológico tão essencial para o Cerrado.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. O domínio dos cerrados: introdução ao conhecimento. **Revista Do Serviço Público**, v. 40, n. 4, p. 41-56, 1983.
- ALMEIDA, A. M. de; GOMES, L. L. Extração e caracterização espectrométrica de substâncias extraídas de *Vellozia Squamata* (canela de ema). **Intercursos**, Ituiutaba, v. 11, n. 2, p. 163-169, 2012.
- ALMEIDA, M. G. de. A captura do cerrado e a precarização de territórios: um olhar sobre sujeitos excluídos. In: ALMEIDA, M. G. de (Org.). **Tantos cerrados: múltiplas abordagens sobre a biogeodiversidade e singularidade cultural**. Goiânia: Vieira, 2005. p. 321-347.
- AMARAL, E. F. de L.; AMARAL, C. V. de L. Estruturas invisíveis de segregação na Região Metropolitana de Goiânia. **R. bras. Est. Pop.**, v.36, p. 1-31, 2019.
- ANDELA, N.; MORTON, D. C.; GIGLIO, L.; PAUGAM, R.; CHEN, Y.; HANTSON, S.; VAN DER WERF, G.R.; RANDERSON, T. *The Global Fire Atlas of individual fire size, duration, speed and direction*. **Earth Syst. Sci. Data**, v. 11, p. 529-552, 2019.
- ANSELIN, L. *Local Indicators of Spatial Association – LISA*. **Geographic Analysis**, v. 27, p. 91- 114, 1995.
- ANSELIN, L. Interactive techniques and Exploratory Spatial Data Analysis. In: P. LONGLEY, P.; GOODCHILD, M.; MAGUIRE D.; RHIND D. (eds.). **Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications**. Cambridge: Geoinformation International, 1999.
- ARAÚJO, F. M. **As áreas queimadas do bioma Cerrado: Proposições para o monitoramento e conservação**. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.
- ARAÚJO, F. M. **Mapeamento de áreas queimadas no bioma cerrado a partir de dados MODIS MCD45A1**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.
- ARAÚJO, F. M.; FERREIRA, L. G.; ARANTES, A. A. *Distribution patterns of burned areas in the brazilian biomes: an analysis based on satellite data for the 2002-2010 period*. **Remote Sensing**, Basel, v. 4, p. 1929-1946, 2012.
- ARCHIBALD, S.; LEHMANN, C. E. R; GÓMEZ-DANS, J. L.; BRADSTOCK, R. A. *Defining pyromes and global syndromes of fires regimes*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, n. 110, v. 16, p. 6442-6447, 2013. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1211466110>. 2013.
- BALCH, J. K.; BRADLEY, B. A; ABATZOGLOU, J. T. *Human-started wildfires expand the fire niche across the United States*. **Proceedings of the National Academy**

of Sciences of the United States of America, n. 114, v. 11, p. 2946-2951, 2017. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1617394114>

BARBOSA, A. S. Um Bioma em Extinção. **Xapuri Socioambiental**, v. 4, 2015.

BARBOSA, A. S.; SCHMITZ, P. I. Ocupação Indígena do Cerrado – esboço de uma história. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998.

BARBOSA, T. **O conceito de natureza e análises dos livros didáticos de geografia**. Dissertação (Mestrado em Geografia) -Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciência e Tecnologia – Campus Presidente Prudente – SP. 315 p. 2006.

BATISTELA, A.C.; BONETI, L.W. A relação homem/natureza no pensamento moderno. 2008 Disponível em: www.br/eventos/educere/educere2008/anais/pdf/1424_959.pdf

BERNARDES, S. A. **O currículo escolar e suas relações com o projeto de vida dos jovens estudantes da escola santo Antônio da Parida**. 2015. 83f. Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em Educação do Campo - LEDOC, da Universidade de Brasília, Planaltina-DF.2015

BERTALANFFY, L. von. *General System Theory. Foundations, development and applications*. New York: George Braziler, 1968.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **RA' E GA**, n. 8, p. 141-152, 2004.

BILBAO, B.; MISTRY, J.; MILLAN, A.; BERARDI, A. Sharing Multiple Perspectives on Burning: Towards a Participatory and Intercultural Fire Management Policy in Venezuela, Brazil, and Guyana. **Fire**, n. 2, v. 39, 2019.

BOLÓS i CAPDEVILA, M. (Org.). **Manual de ciencia del paisaje: Teoría, métodos y aplicaciones**. Barcelona: Masson, 1992.

BOND, W.J., KEELEY, J.E. *Fire as a global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems*. **Trends Ecol. Evol.**, v. 20, n. 7, p. 387–394, 2005.

BOND, J. W.; SCOTT, A. C. *Fire and the spread of flowering plants in the Cretaceous*. 2010. **New Phytologist**. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03418.x>

BOND, J. W.; WOODWARD, F. I.; MIDGLEY, G. F. *The global distribution of ecosystems in a world without fire*. **New Phytologist**, 2004. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01252.x>

BORGES, S. L. ELOY, L.; SCHMIDT, I. B.; SANTOS, I. A. dos. Manejo do fogo em veredas: novas perspectivas a partir dos sistemas agrícolas tradicionais no Jalapão. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 269-294, 2016.

BOWMAN, D. M. J. S.; BALCH, J. K.; ARTAXO, P. *Fire in the Earth System*. **Science**, v. 324, p. 481-484, 2009. doi: 10.1126/science.1163886.

BRANDÃO, C. R.; LEAL, A. Comunidade tradicional: conviver, criar, resistir. **Revista da ANPEGE**, n. 8, v. 9, p. 73-91, 2002.

CASSETI, Valter. **Contra a correnteza**. Goiânia: Editora Kelps, 1999.

CASSETI, V. As revolução pós-funcionalista e as concepções atuais da geografia. In: MENDONÇA, F.; KOZEL, S. **Epistemologia da geografia contemporânea**. Ed. UFPR. p. 145-164, 2002.

CASTELLAR, S. M. V.; DE PAULA, I. R. O papel do pensamento espacial na construção do raciocínio geográfico. **Revista Brasileira de Educação em Geografia**, Campinas, v. 10, n. 19, p. 294-322, jan./jun., 2020.

CAVALCANTI, L. C. de S. **Cartografia de paisagens: fundamentos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CHENG, Z.; ZU, Z.; LU, J. *Traffic Crash Evolution Characteristic Analysis and Spatiotemporal Hotspot Identification of Urban Road Intersections*. **Sustainability**, v. 11, 2019. <https://doi.org/10.3390/su11010160>

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: UNESP; Edgard Blücher, 1999.

CLARKE, S.; FRENCH, K. *Germination response to heat and smoke of 22 Poaceae species from grassy woodlands*. **Australian Journal of Botany** 53, 445-454. 2005. <https://doi.org/10.1071/BT04017>.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Bot. Bras.**, São Paulo, v. 20, n.1, 2006.

COUTINHO, L. M. **Contribuição ao conhecimento do papel ecológico das queimadas na floração de espécies do Cerrado**. 1976. Tese (Livre Docência em Ecologia Vegetal) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

DOERR, S. H; SANTÍN, C. *Global trends in wildfire and its impacts: perceptions versus realities in a changing world*. **The Royal Society Publishing**. 2016. doi: <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0345>

DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. M.; CAMARGO, E. C. G.; FELGUEIRAS, C. A.; CRUZ, O. G.; CORREA, V. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: Embrapa, 2004. 209p.

DURIGAN, G. Zero-fire: Not possible nor desirable in the Cerrado of Brazil. **Flora**, v. 268, 2020.

DURIGAN, G.; RATTER, J. A. *Successional changes in cerradão and cerrado/forest ecotonal vegetation in western São Paulo State, Brazil, 1962-2000*. **Edinburgh Journal of Botany**, n. 63, p. 119–130, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83 p.

ESRI. How Emerging Hot Spot Analysis Works. 2016 (<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/space-timepattern-mining-toolbox/learnmoreemerging.htm>). Acessado em 30 de setembro de 2020.

FERNANDES, B. M. **Delimitação conceitual de campesinato**. 2004. Mimeo. s.l.: 2004.

FERNANDES, J. A. R.; TRIGAL, L. L.; SPÓSITO, E.S. **Dicionário de Geografia aplicada**. Porto: Porto Editora, 2016.

FIDELIS, A.; ROSALEM, P.; ZANZARINI, V.; CAMARGOS, L. S.; AND MARTINS, A. R. *From ashes to flowers: a savanna sedge initiates flowers 24 h after fire*. **Ecology**, v. 100, n. 5, p. 2019.

FRANÇA, H. **Metodologia de identificação e quantificação de áreas queimadas no Cerrado com imagens AVHRR/NOAA**. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

FRANÇA, H.; SETZER, A. A história do fogo no Parque das Emas. **Ciência Hoje**, v. 26, n. 153, p. 69-73, 1999.

FUNDAÇÃO NACIONAL DO ÍNDIO – FUNAI. Carta dos povos indígenas do Cerrado e da Caatinga. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br/assuntos/noticias/2018/carta-dos-povos-indigenas-do-cerrado-e-da-caatinga-desafios-para-a-gestao-ambiental-e-territorial-das-terras-indigenas> Acessado em: 12 de novembro de 2019.

GOSH, M. S.; PARENTE, L. L.; FERREIRA, N. C.; OLIVEIRA, A. R.; FERREIRA, L. G. Pastagens degradadas, uma herança dos imóveis rurais desapropriados para os assentamentos rurais do Cerrado goiano. **Campo – Território: Revista de Geografia Agrária**, v. 15, n. 35, p. 202-229, abr., 2020. <https://doi.org/10.14393/RCT153508>.

GUEDES, D. M. **Resistência das árvores do Cerrado ao fogo: papel da casca como isolante térmico**. 1993. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 1993.

HAJELA, G.; CHAWLA, M.; RASOOL, A. *A Clustering Based Hotspot Identification Approach For Crime Prediction*. **Procedia Computer Science**, v. 167, p. 1462-1470, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.357>.

HARRIS, N. L. et al. *Using spatial statistics to identify emerging hot spots of forest loss*. **Environmental Research Letters**, v. 12, 2017.

HARRIS, N. L.; GOLDMAN, E.; GABRIS, C.; NORDLING, J.; MINNEMEYER, S.; ANSARI, S. LIPPMANN, M.; BENNET, L.; RAAD, M.; HANSEN, M.; POTAPOV, P. *Using spatial statistics to identify emerging hot spot of forest loss*. **Environmental Research Letters**, v. 12, 2017.

HEILBRONER, R. L. **A natureza e a lógica do capitalismo**. São Paulo: Ática, 1988.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais Climatológicas do Brasil 1981 – 2010**. Brasília-DF: 2018.

JESUS, J. B.; ROSA, C. N.; BARRETO, I. D. C; FERNANDES, M. M. Análise da incidência temporal, espacial e de tendência de fogo nos biomas e unidades de conservação do Brasil. **Ciênc. Florest.** [online], vol.30, n.1, pp.176-191, 2020. ISSN 1980-5098. 2020.

JOLLY, W. M; COCHRANE, M. A.; FREEBORN, P. H. *Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013*. **Nat Commun**, v. 6. 2015. doi: <https://doi.org/10.1038/ncomms8537>

KEELEY, J. E.; RUNDEL, P.W. *Fire and the Miocene expansion of C4 grasslands*. **Ecology Letters**. 2005. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00767.x>

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 147-155, jul. 2005.

KRAWCHUK, M. A; MORITZ, M. A; PARISIEN, M. A. *Global Pyrogeography: the Current and Future Distribution of Wildfire*. **PLoS ONE**, v. 4. 2009. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005102>

LEAL, F. A.; SOUZA, F. F. B. de; LEAL, G. da S. A. Zoneamento de riscos de incêndios florestais em regiões *hot spot* de calor no estado do Acre. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 3, p. 274-283, 2019.

LEFF, E. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. 9 ed. Petrópolis (RJ): Vozes, 2012.

KUMAR, K. **Da sociedade Pós-industrial à Pós-moderna. Novas teorias sobre o mundo contemporâneo**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1997.

- MARGONO, B. A.; POTAPOV, P.; TURUBANOVA, S.; STOLLE, F.; HANSEN, M. *Primary forest cover loss in Indonesia over 2000–2012*. **Nat. Clim. Change**, v. 4, n. 8, p. 730-735, 2014.
- MARQUES, A. P. da S.; HOLZSCHUH, M. L.; TACHIBANA, V. M.; IMAI, N. N. Análise exploratória de dados de área para índices de furto na mesorregião de Presidente Prudente-SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 3., Recife-PE, p. 01-08, 2010.
- MATOS, R. M. P.; AGUIAR, L. L. L.; MARTINS, P. T. de A. Ocorrência de fogo no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás, Brasil: histórico recente no contexto da sua ampliação. **GeoTextos**, v. 16 n. 2, p. 151-171, 2020.
- MEDEIROS, M. B.; MIRANDA, H. S. Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo sujo submetido a três queimadas prescritas anuais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 3, p. 493-500, 2005.
- MENDONÇA, F. Geografia socioambiental. **Terra Livre**, v.1, n. 16, p. 113-132. 2015.
- METZGER, J. P. **O que é Ecologia de Paisagens**. Biota Neotropica, São Paulo, v.1, n.1, p. 1-9, 2001.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. O Bioma Cerrado. 2020b. Disponível em < <https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado.html>>. Acesso em: 27 de set. de 2021.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Plano de Ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas no Cerrado: 1ª fase (2010-2011). Brasília: MMA, 2010.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Plano de Ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas no Cerrado: 2ª fase (2014-2015). Brasília: MMA, 2014.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Plano de Ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas no Cerrado: 3ª fase (2016-2020). Brasília: MMA, 2016.
- MIRANDA, A. C.; MIRANDA, H. S.; DIAS, I. F. O.; DIAS, B. F. S. *Soil and air temperatures during prescribed cerated fires in Central Brazil*. **Journal of Tropical Ecology**, v. 9, n. 3, p. 313-320, 1993.
- MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; MIRANDA, A. C. *The fire factor*. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. S. (eds.) **The Cerrados of Brazil: Ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: The University of Columbia Press, 2002. p. 51-68.
- MITTERMEIER, R. A.; GIL, P. R.; HOFFMANN, M. PILGRIM, J. BROOKS, T. MITTERMEIER, C. G.; LAMOREUX, J. FONSECA, G. A. B. *Hotspots revisited:*

earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. México City: CEMEX, 2004.

MONTEIRO, C. A. de F. Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 13, n. 1, p. 3-46, jan-mar 1951.

MOREIRA, R. A diferença e a geografia: o ardil da identidade e a representação da diferença na geografia. **GEOgraphia**, Rio de Janeiro, ano 1, n. 1, p. 41-58, 1999.

MOREIRA, R. **Para onde vai o pensamento geográfico**. São Paulo: Contexto, 2006.

MOREIRA, R. Repensando a Geografia. In: SANTOS, Milton (Org.). **Novos rumos da Geografia brasileira**. São Paulo: Hucitec, 1982, p. 35-49.

NASCIMENTO, D. T. F.; ARAÚJO, F. M.; FERREIRA JÚNIOR, L. G. Análise dos padrões de distribuição espacial e temporal dos focos de calor no bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 63, n. 4, p. 461-475, 2010.

NASCIMENTO, D. T. F.; NOVAIS, G. T. Clima do Cerrado: dinâmica atmosférica e características, variabilidades e tipologias climáticas. **Élisée - Revista De Geografia Da UEG**, v. 9, n. 2, 2020. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/10854>

NASCIMENTO, M. A. L. S. do. O meio físico do cerrado: revisitando a produção teórica pioneira. In: Almeida, M. G. de (org.). **Abordagens geográfica de Goiás: o natural e o social na contemporaneidade**. Goiânia: IESA, 2002. Cap. 2, p. 47-89.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422p. 2ed.

NOGUEIRA, E. M.; FEARNSSIDE, P. M.; NELSON, B. W.; FRANÇA, M. B. *Wood density in forests of Brazil's 'arc of deforestation': implications for biomass and flux of carbon from land-use change in Amazonia*. **For Ecol Manage**, v. 248, n. 3, p.119–135, 2007.

NOGUEIRA, E. M.; NELSON, B. W.; FEARNSSIDE, P. M.; FRANÇA, M. B.; OLIVEIRA, A. C. A. *Tree height in Brazil's 'arc of deforestation': shorter trees in south and southwest Amazonia imply lower biomass*. **For Ecol Manage**, v. 255, n. 7, p. 2963–2972, 2008.

NOVAIS, G. T. **Classificação Climática aplicada ao Bioma Cerrado**. Tese (Doutorado em Geografia)-Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

NUNES, F. G. Análise exploratória espacial de indicadores de desenvolvimento socioambiental das regiões de planejamento do Norte e Nordeste Goiano. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 7, n.1, p. 237-259, 2013.

OLIVEIRA, I. J. O povo do Cerrado: relações entre população e ambiente no estado de Goiás, **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 24, p. 124-136, 2008.

PARENTE, L.; MESQUITA, V. V.; MIZIARA, F.; BAUMANN, L. *Assessing the pasturelands and livestock dynamics in Brazil, from 1985 to 2017: A novel approach based on high spatial resolution imagery and Google Earth Engine cloud computing*. **Remote Sensing of Environment**, v. 232, n. 1, 2019.

PASSOS, M. M. **Biogeografia e paisagem**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1988.

PETERSEN, R.; AKSENOV, D.; GOLDMAN, E.; SARGENT, S.; HARRIS, N.; MANISHA, A.; ESIPOVA, E.; SHEVADE, V.; LOBODA, T. **Mapping Tree Plantations with Multispectral Imagery**: Preliminary Results for Seven Tropical Countries. Washington, DC: World Resources Institute, 2016.

PIKETTY, T. *Capital in the 21st Century*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2014.

PILON, N. A. L. **Efeitos de distúrbios naturais e da supressão do fogo na diversidade e estrutura do estrado herbáceo-arbustivo do Cerrado**. 2019. Tese (Doutorado em Biologia). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

PIVELLO, V. R. *The use of fire in Brazil: past and present*. **Fire Ecology**, v. 7, p. 24-39, 2011.

PIVELLO, V. R.; VIEIRA, I.; CHRISTIANINI, A. V.; RIBEIRO, D. B.; MENEZES, L. da S.; BERLINK, C. N.; MELO, F. P. L.; MARENGO, J. A.; TORNQUIST, C. G.; TOMAS, W. M.; OVERBECK, G. E. *Understanding Brazil's catastrophic fires: causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies*. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, p. 233-255, 2021.

PORTO GONÇALVES, C. W. Da geografia às geo-grafias: um mundo em busca de novas territorialidades, em Ceceña. **Hegemonía y terror mundial** (Buenos Aires: CLACSO), 2002.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **Os (des)caminhos do meio ambiente**. 15ª ed. São Paulo: Contexto, 2011.

POTAPOV, P.; TURUBANOVA, S.; ZHURAVLEVA, I.; HANSEN, M.; YAROSHENKO, A.; MANISHA, A. *Forest cover change within the Russian European North after the breakdown of the Soviet Union 1990–2005*. **Int. J. Forestry Research**, 2012.

POWER, M. J. et al. *Changes in fire regimes since the last glacial maximum: an assessment based on a global synthesis and analysis of charcoal data*. **Clim Dyn.**, v. 30, p. 887-907, 2008.

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção 6 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, 2021, acessado em 14/10/2021 através do link: [<https://mapbiomas.org/>].

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção 5 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, 2020, acessado em 27/11/2020 através do link: [<https://mapbiomas.org/>].

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção 4 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, 2019, acessado em 02/08/2019 através do link: [<https://mapbiomas.org/>].

PURWANTO, P.; UTAYA, S.; HANDOYO, B.; BACHRI, S.; ASTUTI, I.S.; UTOMO, K.S.B.; ALDIANTO, Y.E. *Spatiotemporal Analysis of COVID-19 Spread with Emerging Hotspot Analysis and Space-Time Cube Models in East Java, Indonesia. International Journal of Geo-Information*, v. 10, n. 3, 133. <https://doi.org/10.3390/ijgi10030133>

RAMOS, P. C. M. **Sistema nacional de prevenção e combate aos incêndios florestais**. In: FÓRUM NACIONAL SOBRE INCENDIOS FLORESTAIS. 1,1995, Piracicaba -SP. Anais eletrônicos, p. 29-38.

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPREA, S. T. Solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F (Org.). **Cerrado: ecologia e flora**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2008. Cap. 5, p.47-86.

REATTO, A; MARTINS, E. S. Classes de solos em relação aos controles da paisagem do Bioma Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUZA-SILVA, J. C.; FELFINI, J. M. (Org.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005, p. 47-59.

REZENDE, D. F. **Conquistas comunitárias da gestão participativa na educação do campo**: o caso da escola do sertão na Chapada dos Veadeiros - GO. 2010. 106 f., il. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável)-Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

RIBEIRO, J. F; WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F (Org.). **Cerrado: ecologia e flora**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2008. Cap. 6, p.151-212.

RIBEIRO, R. F. **Florestas anãs do sertão** – O cerrado na história de Minas Gerais. Belo Horizonte. Autêntica, 2005.

ROBINNE, F. N.; HALLEMAB, D. W.; BLADOND, K. D. **Wildfire impacts** on hydrologic ecosystem services in North American highlatitude forests: A scoping review. **Journal of Hydrology**. 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124360>

ROCHA, M. I. S.; NASCIMENTO, D. T. F. Prática e a percepção dos impactos do uso do fogo no cerrado por povos tradicionais: estudo de caso da comunidade Sertão, Alto

Paraíso de Goiás-GO. In: Giovanni Seabra. (Org.). Terra: vulnerabilidades e riscos ecológicos. Ituiutaba: Barlavento, 2021, v. 1, p. 264-274.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e Gestão Ambiental**: subsídios da geoecologia das paisagens e da teoria geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC. 2013.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 5. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2017.

RUSSELL-SMITH, J., COOK, G. D., COOKE, P. M., EDWARDS, A. C., LENDRUM, M., MEYER, C. P., & WHITEHEAD, P. J. Managing fire regimes in north Australian savannas: applying aboriginal approaches to contemporary global problems. **Frontiers in Ecology and the Environment**, 11. 2013. e55–e63. <https://doi.org/10.1890/120251>

SALES, G. M.; ALMEIDA, A. S.; PEREIRA, J. L. G.; THÂLES, M. C. **Identificação de áreas críticas a ocorrência de fogo na Área de Endemismo Belém**. Caminhos de Geografira- revista online. 2019. doi: <https://doi.org/10.14393/RCG207148550>

SAINT-HILAIRE, A. **Viagem às nascentes do rio São Francisco e pela Província de Goyaz**: Tomo I. Trad. Clado R. Lessa. São Paulo: Cia. Editora Nacional, 1937. (Cap. VI – Quadro geral da Província de Goyaz. p. 279-341).

SANO, E. E.; BELTIOL, G. M.; MARTINS, E. S.; COUTO JÚNIOR, A. F.; VASCONCELOS, V.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C. **Características gerais da paisagem do Cerrado**. Dinâmica agrícola no Cerrado. Cap.1, p. 21-37, 2020.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**. Técnica e tempo. Razão e emoção. Hucitec: São Paulo, 1997.

SANTOS, M. **Espaço e método**. São Paulo: Nobel, 1985.

SANTOS, M. **Técnica, espaço, tempo. Globalização e meio técnico-científico-informacional**. Hucitec: São Paulo, 1994.

SANTOS, P. R.; PEREIRA, G.; CARDOZO, F. S.; RAMOS, R. C.; FERREIRA, A. B. R.; RESENDE, F. C. Análise das queimadas no Cerrado e sua relação com o NDVI para os anos de 2000 e 2014. **Revista de Geografia**, v. 35, n.2. 2018.

SANTOS, P. R.; PEREIRA, G.; ROCHA, L. C. Análise da distribuição espacial dos focos de queimadas para o bioma Cerrado (2002-2012). **Caderno de Geografia**, Uberlândia, v. 24, número especial, p. 133-142, 2014.

SAUER, O. **A morfologia da paisagem**. In: CORRÊA; ROZENDAHL (Orgs.). Paisagem tempo e cultura. Rio de Janeiro: EDUERJ.1998.

SCARAMUZZA, C. A. de M. et al. *Land-use and land-cover mapping of the Brazilian cerrado based mainly on Landsat-8 satellite images*. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 69, Edição especial, p. 1041-1051, 2017.

SCHIER, R. A. **Trajetórias do conceito de paisagem na Geografia**. Ra'ega, Curitiba, n.7, p.79-85, 2003

SCHMIDT, I. B.; MOURA, L. C.; FERREIRA, M. C.; ELOY, L.; SAMPAIO, A. B.; DIAS, P. A.; BERLINCK, C. N. *Fire management in the Brazilian savanna: first steps and the way forward*. **Journal of Applied Ecology**, 55:2094–2101. 2018.

SERRA, A.; RATISBONNA, L. **As massas de ar na América do Sul**. Rio de Janeiro: Serviço de Meteorologia, Ministério da Agricultura, 1942.

SHIVA, V. **Da colonização das sementes à colonização da mente**. Entrevista à FREITAS, A. C. In: *Fronteiras do Pensamento*. Fevereiro, 20. Porto Alegre, 2020. Disponível em <<https://www.fronteiras.com/entrevistas/vandana-shiva-da-colonizacao-das-sementes-a-colonizacao-da-mente>>.

SILVA, A. B. A renovação da geografia na Alemanha nas primeiras décadas do século XX. In: **Revista Acta Geográfica**, Ano I, vol.1, p. 29-44, 2007.

SILVA, E. B. da. **A dinâmica socioespacial e as mudanças na cobertura e uso da terra no bioma cerrado**. 148 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

SMITH, A. M. A et al. *The Science of Fireescapes: Achieving Fire Resilient Communities*. **BioScience**, n. 66, v. 2, p. 130-146, 2016.

SMITH, N. **Desenvolvimento desigual: natureza, capital e a produção do espaço**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1988.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Editores Autônomos, Curitiba, Brasil, 2007.

SOARES, R.V.; SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. **Floresta**, Curitiba, v. 32, n. 2, p. 219 – 225, 2002.

SOUZA, J. C.; MARTINS, P. T. de A.; DRUCIANKI, V. P. Uso e cobertura do solo no Cerrado: panorama do período de 1985 a 2018. **Élisée - Revista De Geografia Da UEG**, v. 9, n. 2, 2020.

TROLL, C. A paisagem geográfica e sua investigação. **Espaço e Cultura**, n. 4, p. 1-7, 1997. <https://doi.org/10.12957/espacoecultura.1997.6770>.

VENTURI, L. A. B. **A dimensão territorial da paisagem geográfica**. Anais do VI Congresso Brasileiro de Geógrafos – AGB, Goiânia, 2004.

VIEIRA FILHO, J. E. R. **Expansão da fronteira agrícola no Brasil: desafios e perspectivas**. Rio de Janeiro: Ipea, 2016.

VITTE, A. C. Metafísica, natureza e geografia: apontamentos para o debate sobre a geografia física moderna. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo. n. 85, p. 7-27. 2006.

VITTE, A. C. **O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na Geografia Física**. Mercator, v 6, n. 11, p. 71-78, 2007.