

## MONITORAMENTO QUANTITATIVO E REPRESENTAÇÃO TEMÁTICA DO FOGO NO PANTANAL BRASILEIRO

### QUANTITATIVE MONITORING AND THEMATIC REPRESENTATION OF FIRE POINTS OF THE BRAZILIAN PANTANAL

Diogo Costa Nascimento

Doutorando em Geografia (Estudos Ambientais e Geotecnologias) pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (IG/UFU)

[diogocn@cefetmg.br](mailto:diogocn@cefetmg.br)

<https://orcid.org/0000-0002-6925-5891>

<http://lattes.cnpq.br/3661444138885744>

Viviane Arantes Koch

Mestranda em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

[vivianearantes98@gmail.com](mailto:vivianearantes98@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-8708-5462>

<http://lattes.cnpq.br/2658154826919727>

Guilherme Resende Corrêa

Doutor em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)

[guilhermecorrea@ufu.br](mailto:guilhermecorrea@ufu.br)

<https://orcid.org/0000-0001-8763-7204>

<http://lattes.cnpq.br/6331488245672722>

**Resumo:** Os incêndios impactam o meio físico, biótico e socioeconômico do Pantanal brasileiro. O objetivo deste trabalho é monitorar a ocorrência de focos de fogo no Pantanal brasileiro nos últimos 23 anos (2000-2022) e realizar a cartografia dos incêndios e queimadas nos municípios incluídos nos limítrofes do bioma. Os dados foram obtidos na plataforma aberta “BDQueimadas”, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e transformados em dados geográficos do formato *shapefile*; medidas estatísticas foram calculadas no R 4.2 e posteriormente utilizou-se o estimador “*Kernel Density*” para a representação espacial dos focos de fogo em software SIG. No período avaliado foram detectados 152.361 focos de incêndios e queimadas no bioma Pantanal, com variabilidade de ocorrência entre os anos. O ano de 2020 se destacou pelo maior número de focos de ocorrências (22.116). Os meses de maior incidência média de focos de fogo são agosto e setembro, respectivamente com 1.529 e 2.244 detecções. O emprego de técnicas em ambiente SIG para a criação de mapa temático de densidade, utilizando o estimador de Kernel, mostra que os *hotspots* do fogo têm historicamente se concentrado no norte e oeste da região

### **Building the way**

pantaneira, principalmente em territórios dos municípios de Barão de Melgaço, Cuiabá e Corumbá.

**Palavras-chave:** Queimada. Incêndio florestal. Mapa de calor. Monitoramento ambiental.

**Abstract:** Fires impact the physical, biotic and socioeconomic environments of Brazilian Pantanal. The objective of this paper is to monitor the occurrence of fires in the Brazilian Pantanal over the last 23 years (2000-2022) and carry out fire mapping in the municipalities included in the biome. The data was obtained from the open platform “BDQueimadas”, from INPE institute and transformed into geographic data in shapefile format; statistical measures were calculated in the R 4.2 and subsequently the “Kernel Density” estimator was used for the spatial representation of fire spots in GIS software. During the period evaluated, more than 150,000 fires and burnings were detected in the Pantanal biome, with variability in occurrence between years. The year 2020 stood out for the highest number of incident outbreaks (22,116). The months with the highest incidence of fire outbreaks are August and September, respectively with means 1,529 and 2,244 detections. The GIS use for to create a thematic density map, using the Kernel estimator, shows that hotspots of fire points have historically been concentrated in the north and west of the Pantanal region, mainly in territories of the municipalities of Barão de Melgaço, Cuiabá and Corumbá.

**Keywords:** Burning. Forest fires. Heat map. Environmental monitoring.

## **Considerações iniciais**

Focos de calor detectados por sensoriamento remoto em determinada vegetação são fortemente associados a ocorrência de incêndios florestais ou queimadas controladas. Quando o fogo está descontrolado, consumindo toda ou parte de qualquer tipo de vegetação, ele é classificado como incêndio florestal. Os incêndios florestais são uma das maiores ameaças à preservação da biodiversidade do planeta (White; White, 2016).

Além dos seus impactos diretos sobre a fauna e a flora, os incêndios florestais contribuem com a degradação ambiental, deixando o solo mais susceptível a processos erosivos e liberando na atmosfera grande quantidade de gases responsáveis pelo efeito estufa (White; White, 2016; Viganó *et al*, 2018), podendo afetar negativamente a saúde pública, a atividade econômica e a prestação de serviços ecossistêmicos (Tyukavina *et al*, 2022).

### **Building the way**

Estudos têm mostrado mudanças na dinâmica do fogo em todo o mundo devido às mudanças climáticas e do uso da terra. Assim, o aumento das temperaturas globais e as secas mais prolongadas e severas ao longo das últimas décadas estão a criar condições favoráveis para propagação de incêndios florestais (Tyukavina *et al*, 2022).

Nos trópicos tem ocorrido o aumento alarmante da perda florestal relacionada com o fogo. Há também um aumento projetado na gravidade e frequência de eventos climáticos extremos que provavelmente aumentará ainda mais a pressão do fogo nas florestas, ocasionando alterações nos ecossistemas e no clima a longo prazo (Tyukavina *et al*, 2022).

A ideia de usar representações visuais para os humanos interpretarem e compreenderem conjuntos de informações tem uma longa história e está bem refletida na história da ciência cartográfica. Mas nas últimas décadas, com o rápido desenvolvimento das tecnologias de hardware e software, é que se tornou possível a renderização de grandes bancos de informações significativas em sistemas de visualização (Ding; Meng, 2014).

O objetivo deste trabalho é realizar uma avaliação temporal de 23 anos (2000-2022) da ocorrência absoluta e médias mensais de focos de fogo (incêndios e queimadas) no bioma Pantanal e representar a ocorrência e distribuição espacial desses fenômenos por meio de mapa de calor (estimativa de densidade Kernel) nos municípios incluídos nos limítrofes do bioma.

## **Desenvolvimento: Materiais e métodos**

### **Área de estudo**

O Pantanal (Figura 1) é a maior planície de inundação interiorana da Terra, com parte situada na região centro-oeste do Brasil, entre as coordenadas 16º e 22º de latitude sul e 55º e 59º de longitude oeste, fazendo divisa com o Paraguai e a Bolívia, com área fisiográfica calculada em 138.183 km<sup>2</sup> no território brasileiro, sendo 48.865 km<sup>2</sup> (35,36 %) no estado do Mato Grosso e 89.318 km<sup>2</sup> (64,64 %) no Mato Grosso do Sul (Por, 1995). Em virtude de diferenças nos

### **Building the way**

aspectos relativos à inundação, solo, relevo e vegetação, o Pantanal pode ser compartimentado em 11 sub-regiões (Silva; Abdon, 1998).

**Figura 1: Localização da área de estudo**



Base Cartográfica: INPE/IBGE. SGR: SIRGAS 2000. Elab.: Koch, V. A. (2022).

**Fonte: INPE 2022.**

O Pantanal é classificado globalmente como uma área úmida continental. As Áreas Úmidas (AUs) constituem ecossistemas específicos, com peculiaridades climáticas, hidrológicas, geomorfológicas e comunidades de plantas e animais adaptadas a essas condições (Junk *et al*, 2015), e são, devido à sua fragilidade, os ecossistemas mais ameaçados de destruição.

Segundo a classificação de *Köppen*, o tipo climático predominante no Pantanal é o Aw – Tropical de Savana (quente e úmido). O período úmido compreende os meses de outubro a março, enquanto a estação seca é de abril a setembro. A precipitação média anual é de 1100 mm, a temperatura média anual é de 25 °C, com médias de mínimas e máximas de 18 e 29 °C, respectivamente (Nascimento *et al*, 2023).

### **Building the way**

Sedimentos aluviais da Formação Pantanal e outros depósitos quaternários recobrem a maior parte da região (Almeida, 1945; Amaral Filho, 1986). Os depósitos cenozóicos são a maioria e constituem a Cobertura Detrito-Laterítica - as Formações Xaraiés, Pantanal e Guaporé e as aluviões holocênicos (Radambrasil, 1982). O Pantanal integra uma extensa planície de acumulação, com topografia plana e alagações periódicas. É uma bacia sedimentar tectonicamente ativa, que compõe a unidade geomorfológica denominada Depressão do rio Paraguai (Assine, 2003).

Em consequência do regime hidrológico, há no interior da planície uma pluralidade de ambientes, com diversas fitofisionomias, variando desde Floresta Estacional Decidual, savana (Cerrado), vegetação chaquenha e campos (Campo Limpo e Campo Sujo) até áreas permanentemente alagadas recobertas por vegetação aquática (Radambrasil, 1982; Merino, 2017).

Os solos apresentam características bastante diferenciadas, ocorrendo desde solos essencialmente arenosos até com grandes quantidades de argilas expansivas (Fernandes *et al*, 2007). Segundo Amaral Filho (1986), no Pantanal os processos pedológicos são condicionados principalmente pelo hidromorfismo, ocorrendo, assim, uma dominância de solos hidromórficos, com prevalência de Planossolos, Plintossolos, Espodossolos, Gleissolos, Vertissolos e Neossolos.

### **Obtenção da informação espacial**

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), desde a década de 1980, vem aprimorando a detecção de incêndios a partir de imagens de sistemas sensores a bordo de satélites polares e geoestacionários. Cada “foco de calor” corresponde a uma área geográfica na superfície do solo, cujo sistema sensor detecte temperatura acima de 47 °C em área mínima de 900 m<sup>2</sup> (Gontijo *et al*, 2011).

Sensores a bordo de satélites detectam e o INPE disponibiliza publicamente os dados de focos de calor registrados e tratados por algoritmos que indicam apenas registros de fogo em vegetação, ou seja, incêndios florestais ou queimadas controladas. Apesar de receberem imagens de diversos satélites

### **Building the way**

em operação, é o “satélite de referência” que é o mais utilizado para compor séries temporais ao longo dos anos, permitindo a análise de tendências nos números de focos para as mesmas regiões em períodos de interesse (White; White, 2016).

Assim, foram obtidos no Portal de Dados Abertos do Programa Queimadas (<https://queimadas.dgi.inpe.br/>) do INPE dados no formato .csv que foram transformados em dados geográficos de focos de fogo para a região do Pantanal brasileiro. Utilizou-se as informações do satélite de referência do BDQueimadas, principalmente do Aqua (EOS PM-1).

Para o monitoramento temporal e quantificação de valores absolutos o período avaliado foi de 2000 a 2022 e para a cartografia dos fenômenos pontuais, utilizou-se o banco de dados georreferenciado dos focos de fogo, compreendido entre 2003 a 2022.

Os demais dados geográficos (delimitação do bioma Pantanal e limites de municípios) foram obtidos no portal TerraBrasilis (<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/>); plataforma web desenvolvida pelo INPE para acesso, consulta, análise e disseminação de dados geográficos gerados por projetos do instituto.

## **Estatística descritiva, tratamento da informação espacial e produção do mapa**

No software R 4.2 foram calculados os valores absolutos e médias mensais com desvio padrão dos de focos de fogo no Pantanal brasileiro. As informações foram sintetizadas em gráficos.

Em ambiente SIG, as seguintes propriedades de configuração do projeto foram definidas: o sistema de referência de coordenadas adotado é o SIRGAS 2000 (EPSG 4674) e a escala de apresentação dos mapas é de 1:2500000.

Para o mapa de calor foi utilizado o estimador de densidade “*Kernel Density*” da caixa de ferramentas do software. A partir de uma entrada de camada vetorial de pontos com coordenadas x e y foi criado um arquivo *raster* de densidade (mapa de calor) usando a estimativa do algoritmo do software. A densidade é calculada com base no número de pontos em um lugar. Grandes

### **Building the way**

números de pontos agrupados resultam em maiores valores. Demais padrões foram configurados de acordo com a escala do produto cartográfico: tamanho do pixel 50 m e raio do ponto 5000 m.

As tarefas de geoprocessamento e composição de mapas foram realizadas em ambiente SIG, com mediação do software QGIS 3.22.13 LTR 'Białowieża'.

## **Resultados e discussão**

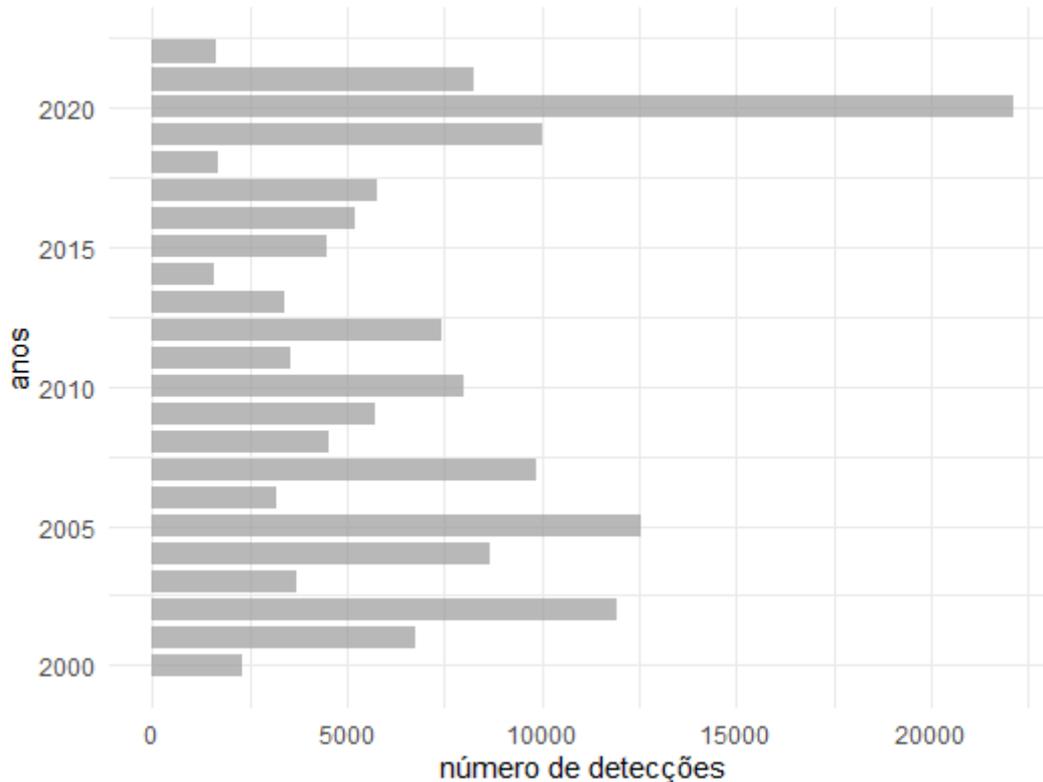
### **Monitoramento temporal de focos de fogo no bioma Pantanal**

Os dados históricos da ocorrência de incêndios e queimadas no Pantanal brasileiro (Figura 2) mostram que a ocorrência desses fenômenos espaciais é marcada por variabilidades, sendo anos com elevados focos de fogo e outros anos com baixa ocorrência.

**Figura 2: Valores absolutos de focos de fogo no Pantanal brasileiro.**

**Building the way**

**Focos de fogo - bioma Pantanal  
(2000-2022)**



**Fonte:** BDQueimadas (2023).

No período avaliado, os anos que apresentaram o menor número de ocorrência foram 2014, 2022 e 2018, com número de ocorrências inferior a 2000. Por outro lado, os anos de 2002, 2005, 2019 e 2020 foram marcados por ocorrências severas, com número de registros superior a 10.000. Na série histórica disponível, o ano de 2020 foi o que apresentou a maior quantidade de observações, com 22.116 focos de incêndios e queimadas espalhados por todo o bioma.

Com relação ao ano de 2020, o maior da série histórica, os incêndios foram classificados por tipos de uso e cobertura da terra (MapBiomas para o ano de 2019) e constatou-se que cerca de 31 % dos incêndios ocorreram em áreas cobertas por florestas, 32 % em pastagens e 28 % em áreas úmidas, totalizando 91 % de todas as detecções de incêndios, sendo induzidos, em parte, pela maior seca histórica dos últimos 60 anos (Pletsch et al., 2021).

No que se refere a distribuição de ocorrências mensais, é observado que é o mês de setembro que apresenta a maior quantidade média de

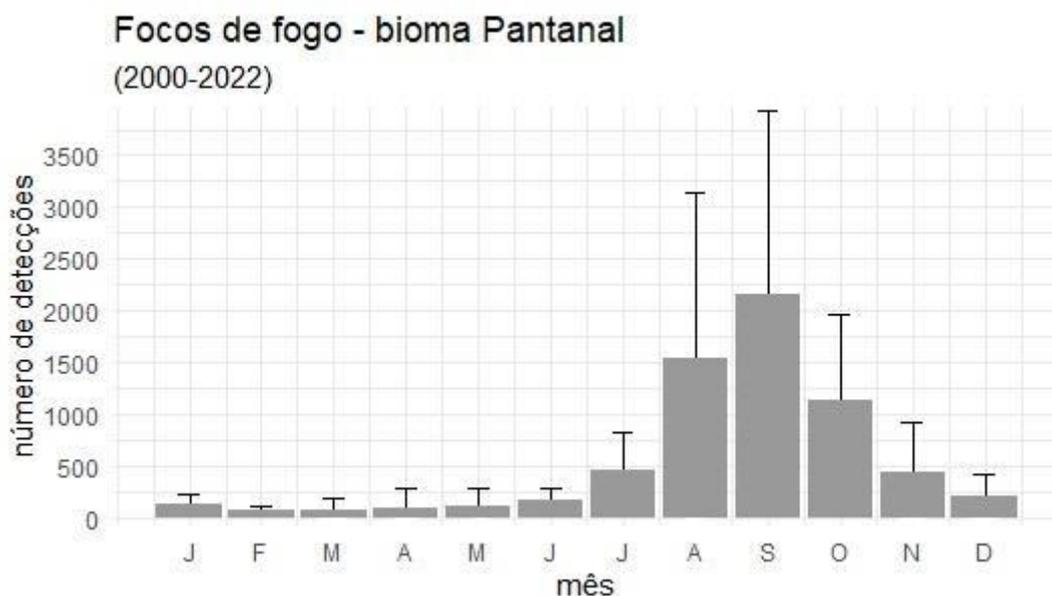
### **Building the way**

ocorrências ( $\bar{x} = 2.244$ ), seguido de agosto ( $\bar{x} = 1.529$ ). Os meses com a menor média de ocorrência são, respectivamente, fevereiro e março, com média de detecção inferior a 80 focos.

No Pantanal de Corumbá, foi observado que a temperatura, umidade relativa e radiação solar são os elementos que possuem um relacionamento estreito com a ocorrência dos focos e é na estação seca que os fatores climáticos e meteorológicos se intensificam para criar condições para eventos de alta magnitude com intenso processo de combustão da vegetação (Viganó et al., 2018).

Para outras áreas do Pantanal também há a influência da sazonalidade climática na distribuição do número de focos de fogo (Figura 2), pois enquanto os meses da estação seca (abril a setembro) concentram 69,2 % da média de ocorrências anuais, os meses da estação chuvosa (outubro a março) tem participação de 31,8 %.

**Figura 3: Médias mensais de focos de fogo no Pantanal brasileiro.**



**Fonte:** BDQueimadas (2023).

Com base em mais de 152.361 detecções remotas de focos de fogo ao longo do período avaliado (23 anos), é estimado a ocorrência média de 6.624 focos por ano no bioma. No entanto, apesar da informação quantitativa revelar um panorama geral das ocorrências no bioma, é a informação georreferenciada da ocorrência e distribuição espacial desses fenômenos que pode subsidiar as

**Building the way**

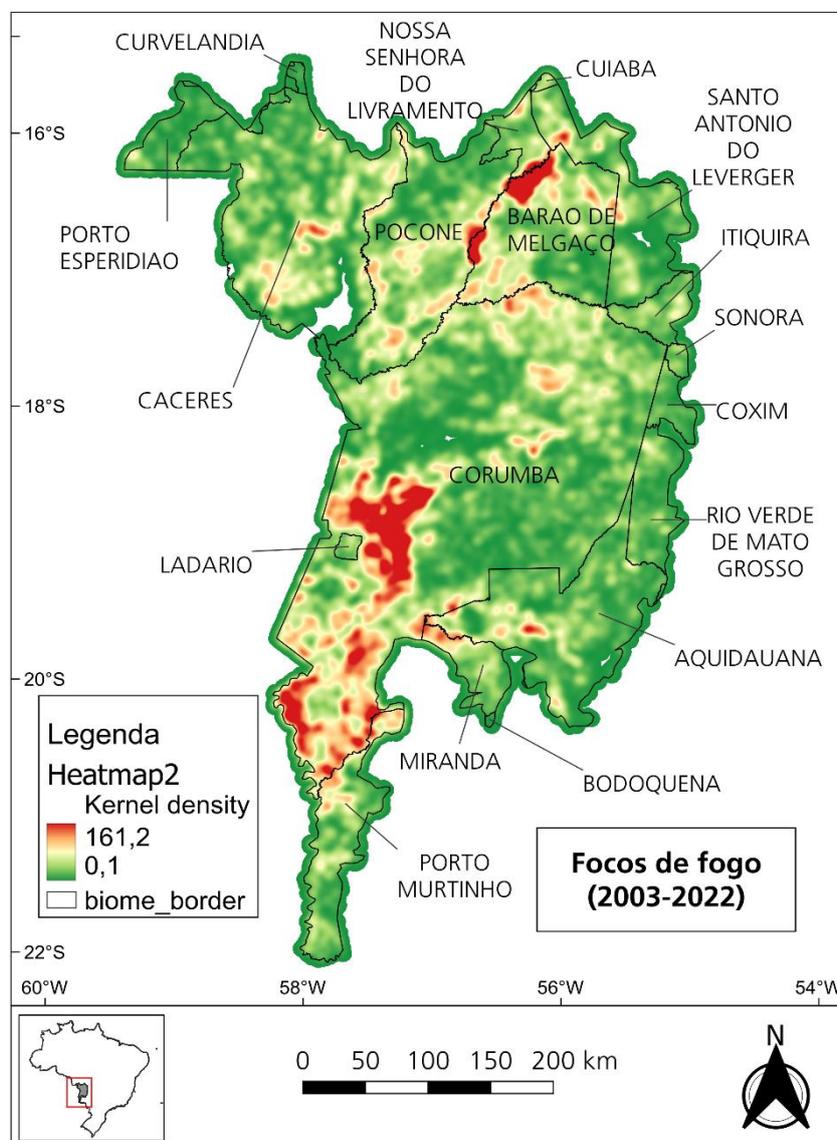
melhores estratégias de prevenção, combate ao fogo e mitigação de impactos ambientais.

**Representação temática da distribuição espacial de focos de fogo**

A técnica conhecida como *heatmap* (mapa de calor) é um método cartográfico emergente no âmbito da cartografia temática e foi utilizada para a espacialização dos focos de incêndio entre os anos de 2003 a 2020 no Pantanal brasileiro (Figura 4).

249

**Figura 4: Mapa do fogo no Pantanal brasileiro.**



Base cartográfica: INPE. SGR: Sirgas 2000. Elab.: Diogo

**Fonte:** BDQueimadas (2023).

## Building the way

Os mapas de calor (*heatmaps*) são as representações gráficas bidimensionais de conjuntos de dados onde os valores das variáveis são apresentados com escalas de cores que refletem a intensidade do fenômeno (Bojko, 2009; Gu; Hübschmann, 2022).

Mapas de calor vêm se consolidando com a oferta de veículos de comunicação coloridos e ricos em informações, ideais para visualizar dados complexos. Os produtos gerados são particularmente úteis para detectar rapidamente padrões e tendências, atendendo a especificidades de um amplo público (incluindo biólogos, epidemiologistas, cientistas ambientais, cientistas agrícolas/florestais, climatologistas, geólogos, educadores, estudantes, etc.) (Babicki *et al*, 2016).

Apesar de seu apelo generalizado e de sua aparente onipresença, ainda é bastante desafiador a geração de mapas de calor (Babicki *et al*, 2016), principalmente por limitações de hardware relacionadas ao processamento de grandes volumes de dados.

Todavia, constata-se na aplicação do presente estudo que a técnica possibilita uma comunicação cartográfica intuitiva e dinâmica, o que proporciona uma fácil compreensão do fenômeno subjacente, resultando na síntese de grandes conjuntos de dados, além de possibilitar a noção da densidade de ocorrências.

A distribuição espacial dos focos de fogo é associado às áreas com maior ou menor incidência de incêndios e queimadas, o que, em conjunto com outras informações em SIG (como uso da terra, situação fundiária, características da fitocenose, sazonalidades e oscilações climática, etc.) pode levar a importantes constatações sobre a dinâmica de incêndios florestais no Pantanal Brasileiro, aumentando o conhecimento sobre o comportamento espacial desses fenômenos, o que possibilitará a definição de estratégias para tomada de decisão.

Com a estimativa de densidade Kernel é possível identificar os *hotspots* e agrupamentos de focos. Poucas áreas têm permanecido imune ao fogo ao longo do período avaliado. Mas historicamente os incêndios e queimadas têm se concentrado no norte e oeste da região pantaneira, principalmente em

### **Building the way**

territórios dos municípios de Barão de Melgaço, Cuiabá e Corumbá, que apresentam respectivamente 1,18, 1,06 e 1,05 focos por km<sup>2</sup>, sugerindo alta intensidade e recorrência de fogo.

### **Considerações finais**

A avaliação de conjunto de dados ambientais de focos de fogo produzidos por sistemas sensores tem aplicações em análises temporais e espaciais. Nesse contexto, o tratamento da informação espacial é requerido para diversos fins, podendo contribuir efetivamente com a gestão do território com o objetivo de conscientizar, prevenir, combater e mitigar os impactos causados pelo fogo no Pantanal.

A geração de mapa temático com o emprego da técnica de mapa de calor proporciona a representação espacial cumulativa de focos de fogo no bioma. Com base nos resultados advindos deste estudo foi possível verificar quais os municípios pertencentes ao bioma que apresentaram uma maior incidência de focos de fogo e conseqüentemente de incêndios e queimadas.

Para pesquisas futuras, entende-se que a modelagem ambiental da ocorrência do fogo, associando-o a variáveis que interferem na sua ocorrência, como uso da terra, situação fundiária, atributos do solo, características da vegetação, sazonalidade e oscilações climáticas etc. é necessária para regionalizar cenários e promover a adaptação a impactos de eventos climáticos extremos.

### **REFERÊNCIAS**

ALMEIDA, F. F. M. *Geologia do sudoeste Matogrossense*. Bol. Div. Geol. e Mineral n. 116. Rio de Janeiro: DNPM, 1945. 118 p.

AMARAL FILHO, Z. P. Solos do Pantanal Mato-Grossense. In: *Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do Pantanal*, 1984, Corumbá, MS. Anais do 1º Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do Pantanal, Brasília: EMBRAPA - DDT, 1986. p. 91-103.

ASSINE, M. L. *Sedimentação na Bacia do Pantanal Mato-grossense*, Centro-Oeste do Brasil. 2003. 115 p. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

### Building the way

BDQueimadas 2000-2022. *Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*. Disponível em:  
<<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal/>>. Acesso em: 09 de setembro de 2023.

BABICKI, S.; ARNDT, D.; MARCU, A.; LIANG, Y.; GRANT, J. R.; MACIEJEWSKI, A.; WISHART, D. S. Heatmapper: web-enabled heat mapping for all. *Nucleic Acids Research*, v. 44, n.1, p. 147-153, 2016.  
<https://doi.org/10.1093/nar/gkw419>

BOJKO, A. *Informative or misleading? Heatmaps Deconstructed*. In: JACKO, J. A. (Ed.). *Human-Computer Interaction. New Trends. Lecture Notes in Computer Science*, v. 5610. Springer, Berlin, Heidelberg. 2009.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-642-02574-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02574-7_4)

DING, L.; MENG, L. A comparative study of thematic mapping and scientific visualization. *Annals of GIS*, v. 20, n. 1, p. 23-37, 2014.  
<https://doi.org/10.1080/19475683.2013.862856>

FERNANDES, F. A.; FERNANDES, A. H. B. M.; SOARES, M. T. S.; et al. *Atualização do mapa de solos da planície pantaneira para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Comunicado Técnico, 61, Corumbá: Embrapa Pantanal, 2007. 6p.

GONTIJO, G. A. B.; ALLAN, A. P.; EVERTON, D. S. O.; FAUSTO, W. A. J. Detecção de queimadas e validação de focos de calor utilizando produtos de Sensoriamento Remoto. In: *XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 2011, Curitiba, PR. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Curitiba: INPE, 2011, 7966p.

GU, Z.; HÜBSCHMANN, D. Make Interactive Complex Heatmaps in R. *Bioinformatics*, v. 38, n. 5, p. 1460-1462, 2022.  
<https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btab806>

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; LOURIVAL, R.; et al. Definição e Classificação das Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras: Base Científica para uma Nova Política de Proteção e Manejo Sustentável. In: CUNHA, C. N.; PIEDADE, M. T. F.; JUNK, W. J. (Org.). *Classificação e Delineamento das Áreas Úmidas Brasileiras e de seus Macrohabitats*. Cuiabá: INCT INAU, 2015.

MERINO, E. R. *Evolução geomorfológica e mudanças paleohidrológicas na porção sul do Pantanal: a planície interleques do Rio Negro e leques fluviais coalescentes*. 2017. 126 p. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2017.

NASCIMENTO, D. C.; CORRÊA, G. R.; GRADELLA, F. S.; CAMPOS, P. V.; KOCH, V. A.; VASCONCELOS, B. N. F. Solos de ambientes lacustres do Pantanal Sul-Mato-Grossense. *Sociedade & Natureza*, v. 35, p. 1-14, 2023.  
<https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-67560>

**Building the way**

PLETSCH M. A. J. S.; SILVA JUNIOR C. H. L.; PENHA T.V.; KÖRTING T.S.; SILVA M. E. S.; PEREIRA G.; ANDERSON L. O.; ARAGÃO L. E. O. C. The 2020 Brazilian Pantanal fires. *An Acad Bras Cienc.*, v. 93, p. e20210077. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120210077>

POR, F. D. *The Pantanal of Mato Grosso (Brazil) - World's Largest Wetlands*. Monogr. Biol. 73. Dordrecht, Boston, Kluwer Academic Publishers, 1995. 122p.

253

RADAMBRASIL, Ministério de Minas e Energia. Secretaria Geral. Folha SE. 21 *Corumbá e parte da Folha SE. 20*, Geologia, Pedologia, Geomorfologia, Vegetação e Uso e Ocupação da Terra. Vol. 27, Rio de Janeiro, 1982.

SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas Sub-regiões. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 33, p. 1703-1711, 1998.

TYUKAVINA, A.; POTAPOV, P.; HANSEN, M. C. et al. Global Trends of Forest Loss Due to Fire From 2001 to 2019. *Frontiers in Remote Sensing*, v. 3, p. 1-20, 2022. <https://doi.org/10.3389/frsen.2022.825190>

VIGANÓ, H. H. G.; Souza, C. C.; CRISTALDO, M. F.; JESUS, L.; REIS NETO, J. F. Incêndios no Pantanal de Corumbá, MS: modelagem e previsão a partir das técnicas de análise multivariada. *Revista Ambiente e Água*, v. 13, p. 1-13, 2018. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2024>.

WHITE, B. L. A.; WHITE, L. A. S. Queimadas e incêndios florestais no estado de Sergipe, Brasil, entre 1999 e 2015. *Floresta*, v. 46, p. 561-570, 2016. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v46i4.47036>.