



## ESTIMATIVA POR DENSIDADE DE KERNEL: FOCOS DE CALOR E RELAÇÃO COM CICATRIZES DE QUEIMA

**Leandra Ribeiro da Silva, Raimundo Nonato da Silva Oliveira, Ronie Silva Juvanhol**

Universidade Federal do Piauí

leandraribeiro.silva@gmail.com

---

### RESUMO

O Cerrado, segundo maior bioma do Brasil, possui elevada biodiversidade, mas enfrenta sérias ameaças devido à expansão agropecuária e ao uso indiscriminado do fogo. Este estudo teve como objetivo avaliar a relação entre a densidade de focos de calor e as cicatrizes de queima na Estação Ecológica Uruçuí-Una, uma unidade de conservação localizada no sul do Piauí. Foram utilizados dados de focos de calor (2010 a 2020), obtidos do INPE, e cicatrizes de queima do MapBiomass. A análise espacial foi conduzida em ambiente SIG, com aplicação da estimativa de densidade de Kernel para identificar áreas com maior concentração de focos de calor. Os resultados indicam que os focos de calor se concentram majoritariamente dentro das cicatrizes de queima, evidenciando a eficácia do método na identificação de padrões espaciais de queimadas. A análise por Kernel demonstrou-se uma ferramenta robusta para o monitoramento de incêndios e pode subsidiar políticas públicas de conservação.

*Palavras-chave:* Cerrado, área protegida, ESECUNA.

### INTRODUÇÃO

O Cerrado é o bioma savânico mais diverso do mundo, possuindo 5% da biodiversidade do planeta, (WWF, 2019) e o segundo maior bioma do País, abrangendo mais de 2 milhões km<sup>2</sup> de extensão com predominância no Planalto Central brasileiro (IBRAM, 2018). O bioma faz limite com os biomas Amazônia, Caatinga, Mata Atlântica e Pantanal (IBRAM, 2018), criando áreas de ecótonos, áreas de *hotspots*, pelo seu alto grau de endemismo e biodiversidade (FONTES, 2023).

Apesar da sua importância ecológica, o cerrado é um bioma seriamente ameaçado, principalmente pela sua substituição da floresta por áreas de pastagens e culturas agrícolas. Com isso, o ecossistema do Cerrado tem sido agredido severamente pela ação contínua do fogo, perdendo grande parte da sua biodiversidade (WWF-BRASIL, 2019).

Com esse contexto, as Unidades de Conservação (UCs), descritas e estabelecidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC (BRASIL, 2000), foram criadas para desempenhar um papel essencial na conservação, atuando como áreas de proteção territorial e preservação de seus recursos ambientais. No entanto, as UCs também têm sido frequentemente afetadas por incêndios, sendo o uso indiscriminado do fogo como ferramenta de manejo agropecuário a principal causa desses eventos, desempenhando graves ameaças às UCs (COSTA, 2023).

Com isso, o estudo teve como objetivo geral avaliar a relação da densidade dos focos de calor com a área de cicatriz de queima na Estação Ecológica Uruçuí-Una, localizada no cerrado brasileiro e, o objetivo específico foi relacionar os focos de incêndio reais com os falsos alertas, considerando sua distribuição espacial. Com isso pretende-se entender como a concentração espacial dos focos ativos se compara com a dos alertas falsos, proporcionando insights sobre a precisão e confiabilidade dos sistemas de detecção de incêndios.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Estação Ecológica Uruçuí-Una (ESECUNA), localizada no município de Baixa Grande do Ribeiro e Santa Filomena na sub-região dos altos platôs piauienses, nas bacias hidrográficas do rio Riozinho e rio Uruçuí-Preto, cuja cobertura vegetal é composta predominantemente por cerrado *sensu strictu* e campo cerrado, com uma área de 129.196,4437 ha, nos limites geográficos: 44°57'49" W e 8°53'02"S; 45°11'37" W e 9°06'34"S; 45°23'02"W e 8°39'26"S; 45°26'19"W e 8°54'24"S (Figura 1).



# VIII CONEFLOR

27 a 29 de agosto | Maceió, AL

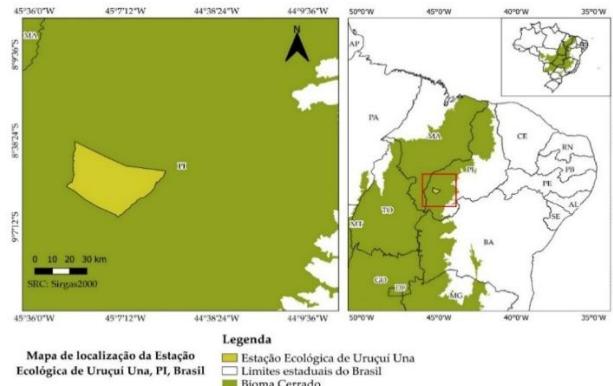


Figura 1: Localização geográfica da área de estudo.

O clima é do tipo sub-úmido seco ou sub-úmido de transição, caracterizando-se por um período chuvoso que se estende de dezembro a julho. A época de precipitação máxima concentra-se no período compreendido entre janeiro e março. A região possui médias térmicas anuais elevadas, oscilando entre 24°C e 26°C, máximas absolutas anuais de 40°C. Quanto às temperaturas mínimas absolutas anuais, estas chegam a 12°C (MEDEIROS *et al.*, 2006).

A ESECUNA foi criada sob Decreto nº 86.601, de 02 de junho de 1981, a fim de proteger amostras do Cerrado, nascentes, riachos e rios formados das Bacias do Gurguéia e Parnaíba, bem como propiciar o desenvolvimento de pesquisas científicas (BRASIL, 1981).

A primeira etapa da pesquisa constituiu-se da aquisição dos focos de calor do estado do Piauí, compreendendo os anos de 2010 a 2020 no Programa de Queimadas, “Bdqueimadas”, disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em extensão shapefile (.shp), pelo website <http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>.

Estes dados são gerados a partir de imagens de sensores a bordo dos satélites polares e satélites geoestacionários. Cada foco indica a existência de fogo em um elemento de resolução da imagem, o pixel, que, nos satélites usados para detectar os focos, varia de 375m por 375m até 5km por 4km. É importante ressaltar que os focos de calor não remetem necessariamente a ocorrência de incêndio ou queimada.

A segunda etapa de aquisição dos dados foi realizada pelo projeto Mapbiomas (<https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>) via toolkit no Google Earth Engine, onde foi feito o download das cicatrizes de fogo na área de estudo no mesmo intervalo temporal que os focos de calor. Essas cicatrizes, em formato raster, representam a classificação supervisionada das áreas que sofreram queimadas, utilizando imagens de satélite Landsat com uma resolução espacial de 30 metros. O recorte da base de dados foi definido em um buffer de 5 km sob os limites da estação ecológica, visando abranger as áreas do entorno.

Após a etapa de aquisição de dados, procedeu-se ao processamento em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), utilizando o software gratuito QGIS (QGIS Desktop 3.40.4), em sistema de coordenadas e projeção SIRGAS 2000/ UTM Zona 23S.

Neste processo, os dados de focos de calor e cicatrizes de queima foram importados para o software, onde as imagens raster submetidas ao processo de vetorização, convertendo-as em polígonos. Em seguida, foi realizada a interseção dos focos de calor com as cicatrizes de queima para determinar a acurácia dos satélites. Sendo considerados focos ativos (aqueles localizados dentro de uma área de queima) e os falsos alertas (pontos que não estavam dentro de uma cicatriz). Após isso, as tabelas de atributos geradas a partir da intercessão dos focos de calor e cicatrizes de queima foram dispostas em planilha do EXCEL para a análise de sensibilidade dos satélites.

Para análise da concentração de focos de calor em uma região possa indicar uma queima, aplicou-se a densidade de kernel bi ponderada presente na extensão ‘Mapa de Calor’ do SIG QGIS. O estimador kernel é um método estatístico não paramétrico, em que uma distribuição de pontos é transformada em uma superfície de densidade para a identificação visual da ocorrência da concentração do evento, podendo indicar locais de aglomeração, ou seja, produz uma função de densidade cumulativa suavizada.

Para a análise de kernel, foi realizado uma métrica para Kernel Adaptado, onde foi considerado Raio com valor 0 e para o campo ‘Raio do Campo’ o raio dos focos ativos de calor correspondente à sua cicatriz de queima.

A forma bi ponderada considera a influência de cada foco de queima na densidade geral da área, de modo que os focos mais próximos apresentam maior influência do que os focos mais distantes. Esse procedimento permitiu identificar as áreas de concentração de focos de queima (classificadas em: baixa, média e alta) e, consequentemente, auxiliou na validação dos focos com maior assertividade em uma área queimada.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa de Kernel apresenta o resultado da interpolação dos focos de calor pelo método adaptativo, onde observa-se a intensidade pontual na UC com o buffer de 5 km, estimando-se sua densidade. Os mapas resultantes estão apresentados na Figura 2. De forma geral, os focos de calor nos anos de 2011, 2013, 2014, 2016, 2017, 2019 e 2020, tem sua distribuição espacial mais alta próxima dos limites da estação, sendo explicado pelas fazendas de produção de grãos que se encontram no entorno da estação. Somente os anos de 2010, 2012, 2015 e 2018, os focos de calor apresentam uma distribuição do centro para o entorno da estação. No entanto, essa densidade é afetada porque vários satélites podem detectar o mesmo foco de calor, gerando assim, vários pontos para a mesmo foco, levando a uma superestimação de focos de calor.

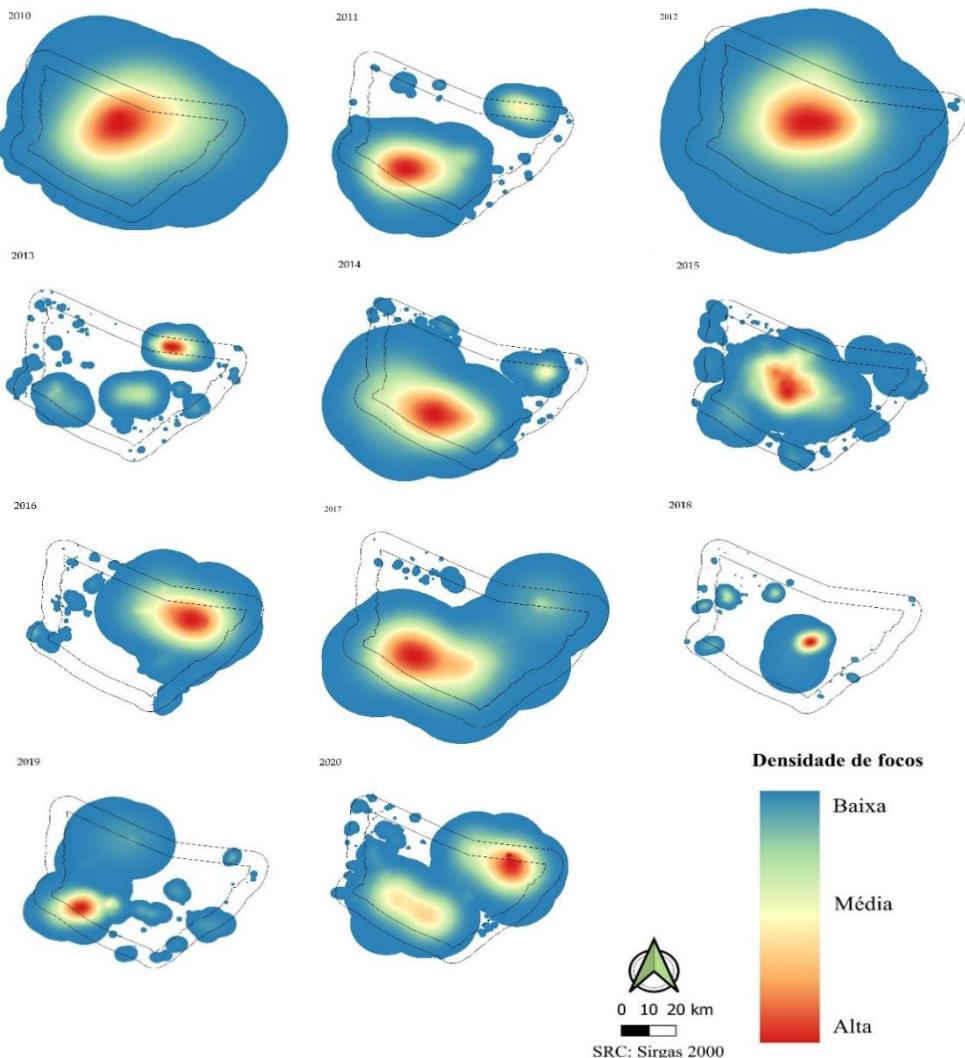


Figura 2. Mapas de densidade kernel dos focos de calor na área de estudo, para os anos de 2010 a 2020.

Na figura 3, se confirma que os maiores valores de Kernel coincidem-se com uma área de cicatriz. Nos anos de 2010, 2012 e 2015, percebe-se que a maior intensidade de focos e cicatrizes foram no interior da Estação, evidenciando que essas queimadas foram do interior para fora da Estação, ocorrendo o inverso para os demais anos.

No interior da estação, vivem cerca de 101 famílias, logo, uma das hipóteses para as queimadas no interior da Estação são as chamadas “Queima de Limpezas” feitas pelas famílias, para a agricultura de subsistência da região. Já a hipótese para as queimadas no entorno da estação se deve pelas atividades para implantação das áreas agrícolas e pastagens, pois no entorno da UC, ocorre uma crescente produção intensiva de grãos.



# VIII CONEFLOR

27 a 29 de agosto | Maceió, AL

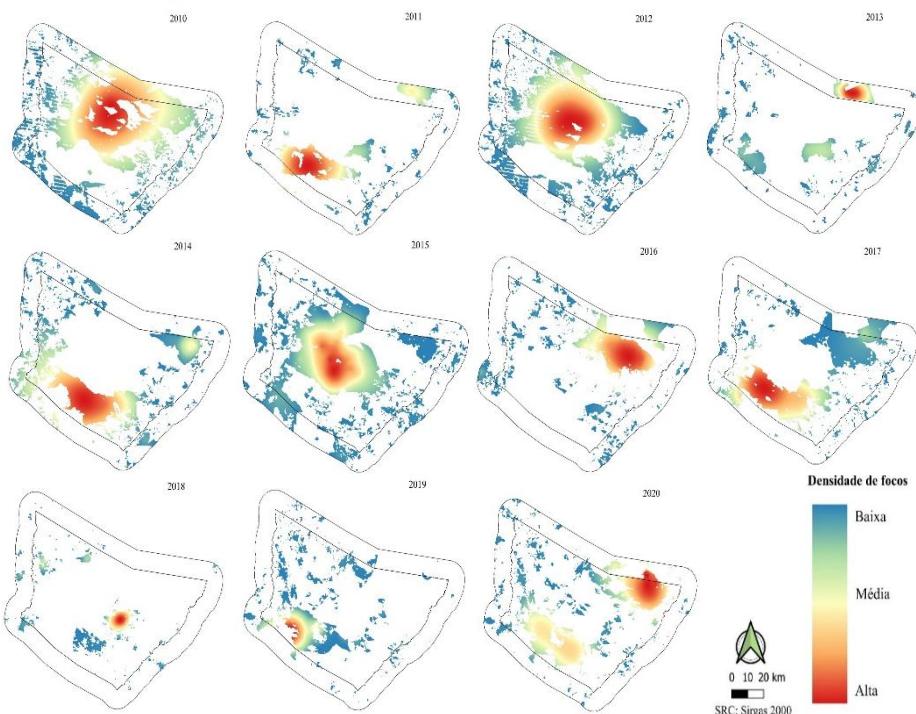


Figura 3. Densidade de Kernel nas cicatrizes de queima na área de estudo, para os anos de 2010 a 2020.

## CONCLUSÕES

Os mapas de densidade kernel apresentam um padrão espacial agregado dos incêndios. Os maiores valores da densidade de focos de calor apresentam-se dentro das cicatrizes de queima, evidenciando a relação intrínseca com os focos ativos.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL.** Decreto nº 86.061 de 02 de junho de 1981. Cria Estações Ecológicas, e dá outras providências. Brasília, 1981. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomassas/cerrado/lista-de-ucs/esec-de-urucui-una>. Acesso em: 10 de maio, 2025.
- BRASIL.** Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 19 jul. 2000.
- COSTA, A. G; LIMA, G. S; TORRES, F. T. P; RODRIGUES, V.B; JUNIOR, M. R. S; ALMEIDA, M. P. **Incêndios florestais em unidades de conservação federais: causas, impactos e perspectivas.** *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, v. 28, n. 3, p. 345-367, 2023.
- DIAS, Bráulio Ferreira de Souza. **Degradação ambiental: os impactos do fogo sobre a biodiversidade do Cerrado.** In: ISERNHAGEN, Ingo; PEIXOTO, Ariovaldo Umbelino (org.). *Dimensões humanas da biodiversidade: o desafio de novas relações homem-natureza no século XXI*. Petrópolis: Vozes, 2006. p. 157–180.
- FONTES, C; DAMASCO, G; FRANÇOSO, R; HAIDAR, R. **O bioma do Cerrado: um hotspot de biodiversidade esquecido.** *Unesp Para Jovens*, São Paulo, 21 jun. 2023. Disponível em: <https://parajovens.unesp.br/o-bioma-do-cerrado-um-hotspot-de-biodiversidade-esquecido/>. Acesso em: 10 jun. 2025. [pt.wikipedia.org+7](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=O_bioma_do_Cerrado:_um_hotspot_de_biodiversidade_esquecido&oldid=10700000)
- INSTITUTO BRASÍLIA AMBIENTAL – IBRAM. *Bioma Cerrado*. Brasília, DF: Instituto Brasília Ambiental – Ibram, 06 fev. 2018. Atualizado em 08 fev. 2018. Disponível em: <https://www.ibram.df.gov.br/bioma-cerrado/>. Acesso em: 31 maio 2025
- WWF-BRASIL. *Cerrado Biome*. Brasília: WWF-Brasil, 2019. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?74963/Cerrado-Biome>. Acesso em: 31 maio 2025.