

# ACERTO DO PRODUTO “RISCO DE FOGO” NO BRASIL PARA DIFERENTES ESTADOS, BIOMAS, REGIÕES E SAZONALIDADE

Bruno Vargas Adorno<sup>1</sup>, Gabriel Máximo da Silva<sup>2</sup>, Thales Sehn Körting<sup>3</sup>, Gilberto RibeiroQueiroz<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 12.227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil <sup>1</sup> bruno.adorno@inpe.br; <sup>2</sup> gabriel.maximo@inpe.br; <sup>3</sup> thales.korting@inpe.br; <sup>4</sup> gilberto.queiroz@inpe.br

## RESUMO

O uso da linguagem de programação associado a dados geoespaciais tem facilitado processamento de grandes séries temporais. Neste estudo, utilizou-se a linguagem *python* na análise de acerto do modelo Risco de Fogo do Programa Queimadas para diferentes estações, estados, regiões e biomas do Brasil, a partir de focos de calor detectados por satélites entre 2015 e 2019. Por meio das bibliotecas *Pandas*, *Geopandas*, *Numpy* e *Matplotlib* uma rotina de processamentos foi aplicada para as análises pretendidas. Os focos de calor foram maiores nas estações de inverno e primavera para os anos analisados, apresentando mais focos classificados como crítico e alto nestas estações. Estados do Nordeste e Sudeste apresentaram maiores acertos no modelo aplicado. Com relação aos biomas, pode-se afirmar o mesmo para a Caatinga e o Cerrado

**Palavras-chave** — Focos de Calor, Python, INPE, Queimadas, Programação.

## ABSTRACT

*Using programming language on geospatial data has enabled the processing of large time series. In this study, by using Python language, accuracy of INPE's Fire Risk model was analysed for different seasons, states, regions and biomes in Brazil, based on fire foci detected by satellites between 2015 and 2019. Through the libraries, Pandas, Geopandas, Numpy and Matplotlib a processing routine was applied to the intended analysis. Fire foci were greater during winter and spring seasons for the years analyzed, when also presented more critical and high risks. The model was more accurate for Northeast and Southeast regions. With regards to the biomes, the same was observed for Caatinga and Cerrado.*

**Key Words** — Fire foci, Python, INPE, Burned Areas, Programming.

## 1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de fogo em ambientes naturais é resultado de uma combinação de fatores como o tipo de vegetação e clima aliados a ações antrópicas ou causas naturais. Por isso,

demandam uma complexa rede de atores na sua gestão a nível de território. Contudo, a utilização do fogo também se dá como uma ferramenta de manejo, embora em alguns aspectos considerados prejudiciais, ainda é muito empregada em ambientes rurais. Assim, são necessários bancos de dados que reúnam informações para subsidiar o monitoramento dos focos de queimada como forma de prevenção aos incêndios florestais, especialmente em biomas com alta susceptibilidade ao fogo (*fire-prone*) como o Cerrado brasileiro [1] [2].

A utilização do fogo pode ser útil para fins antrópicos, porém o seu uso abusivo, pode agravar problemas na saúde, devido ao transporte de produtos da combustão pela fumaça [3]. Além disso, apresenta uma relação de *feedback* positivo com as mudanças climáticas, podendo trazer prejuízos a ecossistemas sensíveis ao fogo, isto é, não adaptados. Estes ecossistemas têm tido mais contato com o fogo, principalmente nos últimos anos, como na Amazônia [4].

Monitorar risco de fogo é então uma necessidade para gestão do espaço ao longo do tempo, uma vez que fatores climáticos oscilam dentro de um mesmo ano, de acordo com a região em análise. Considerando um país continental como o Brasil, com tanta heterogeneidade de vegetação, clima, e usos e ocupação do solo, é de se imaginar a complexidade desse monitoramento, demandando modelos que considerem cada vez mais as particularidades regionais [5].

Como resultado, pode ser apontado outro desafio típico desse assunto, que é lidar com o amplo volume de dados. Para o Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) coleciona uma base de produtos de mais de 10 satélites capazes de apontar ocorrência de focos de calor, geralmente relacionados a ocorrência de incêndios. Além disso, o instituto, por meio do seu Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC, tem implementado modelos de observação e previsão de risco de fogo, que relacionam informações de vegetação, acúmulo de dias sem chuva, temperatura do ar, altitude e latitude, além da própria ocorrência de fogo na área [6].

O modelo mencionado anteriormente ainda trabalha a partir de grades de resolução quilométricas, podendo carregar incertezas principalmente quando aplicado para análises mais refinadas, a nível local / regional, por exemplo. Outro fator que pode adicionar erros são possíveis causas de incêndio não consideradas pelo modelo. Neste sentido, uso de linguagens como *Python* associada a *plugins* em *softwares* livres, tais como *Quantum Gis*, tem permitido a criação de arquiteturas de processamento de dados a partir

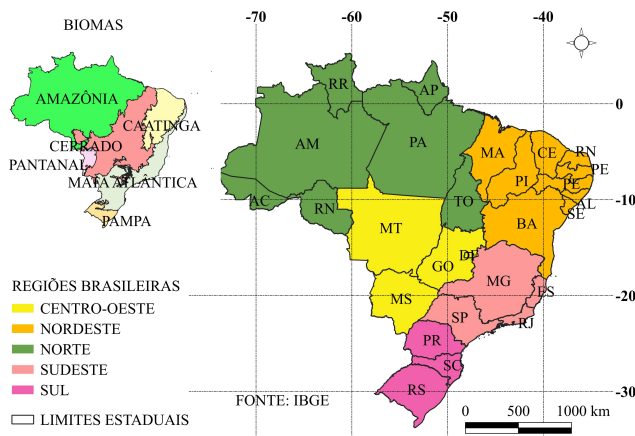
de estudos de caso específicos. Sendo que essas podem ser melhoradas ou adaptadas para outras regiões de interesse [7].

A partir do exposto e baseado em tentativas anteriores de fazer uso da programação para oferecer rotinas de processamento adaptáveis e replicáveis [8], esse estudo se propôs a construir uma sequência de comandos em linguagem *Python*. A partir disso, pode-se realizar uma análise de acerto do modelo Risco de Fogo do Programa Queimadas do INPE para diferentes estações, estados, regiões e biomas observados no território Brasileiro, a partir de focos de calor detectados por satélites relacionados na base de queimadas do mesmo instituto.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

Foram considerados 3 tipos de delimitações do território brasileiro: estados, regiões e biomas (Figura 1) para se realizar a análise espacial da ocorrência de focos associada a uma avaliação estacional (verão, outono, inverno e primavera) de 2015 a 2019.



**Figura 1. Delimitações de biomas, regiões e estados que serviram de base para a análise especial da distribuição de focos de calor por classe de risco de fogo.**

### 2.1. Base de dados

Para o processamento e análise dos dados deste estudo foram utilizadas as seguintes bibliotecas da linguagem *Python*: *Pandas*, *Geopandas*, *Numpy* e *Matplotlib*. Toda a sequência de comandos foi organizada em dois *Jupyter Notebooks* e um módulo, denominado pelos autores de *riscofogo.py*, que podem ser acessados livremente na página <https://github.com/ser-347/risco-de-fogo>.

A base de dados testada para esse estudo foi composta por *shapefiles* de focos de calor de 01 de janeiro a 31 de dezembro dos anos de 2015 a 2019, disponíveis para

*download* na base de queimadas do INPE. Foram filtrados para este estudo preliminar apenas dados do satélite de referência (Aqua tarde). Os registros de foco fornecem, para cada ocorrência, atributos como data/hora, estado, bioma e risco de fogo. Destaca-se que este último não continha valores observados para todos os focos de calor detectados. Os focos com dados de risco de fogo ausentes foram excluídos da análise. O ano de 2016 foi desconsiderado para análise de risco de fogo nas estações pois apresentou grande ausência de dados, especialmente na primavera, contando com nenhum registro.

Após excluídos os dados de risco de fogo nulos, foi amostrado aleatoriamente 5% dos dados observados para cada ano e aplicada uma série de rotinas para consolidar todas as outras informações necessárias (estações do ano e regiões) no mesmo *Geodataframe*. Mais detalhes podem ser obtidos nos *Jupyter Notebooks*. No entanto, aqui vale frisar que o método para analisar o acerto do modelo a partir da observação dos focos de calor foi pela frequência relativa média de focos detectados, no período estudado, pelo satélite de referência em cada uma das classes de risco definidas pelos autores do modelo (SETZER et al. 2019).

## 3. RESULTADOS

A Figura 2 ilustra a distribuição espacial dos focos detectados em 2019 por classe de risco de fogo. Notam-se mais ocorrências nas estações de inverno e primavera com 5.609 e 2.973 focos de calor, respectivamente. Vale ressaltar que nos outros anos o mesmo padrão foi observado exceto para 2016 devido à ausência de dados de risco de fogo para os dias de primavera.

A classe de risco crítico apresentou mais focos nos estados da região Centro-Oeste e Sudeste do Brasil durante o inverno (Figura 2.c) e no Nordeste durante a primavera (Figura 2.d). Observa-se também números consideráveis de focos de calor da classe de risco mínimo, predominantemente, nos biomas Amazônia e Pampa. Do mesmo modo, durante o verão, estados como Pará, Mato Grosso, Rondônia e Tocantins, que estão no arco do desmatamento, apresentaram considerável número de focos com risco mínimo.

A média da ocorrência relativa de focos de calor por estação, região, biomas e estados (Figura 3) também revela que o risco de fogo observado é mais assertivo (i.e. apresenta maior ocorrência de focos em áreas onde o modelo sugere como risco alto ou crítico) nos estados que compõem as regiões do Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste, ou ainda os biomas da Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal. O contrário é verdadeiro para estados como, Amapá, Acre, Amazonas (que fazem parte do norte brasileiro ou bioma Amazônia) além de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (na região sul do Brasil, sendo que este último estado está inserido no Pampa).

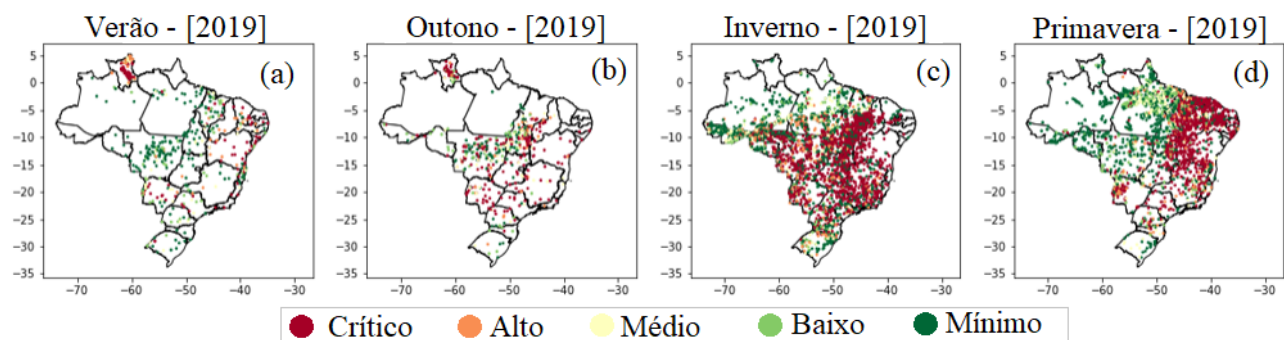


Figura 2. Distribuição espacial dos focos de calor no Brasil por classe de risco de fogo.

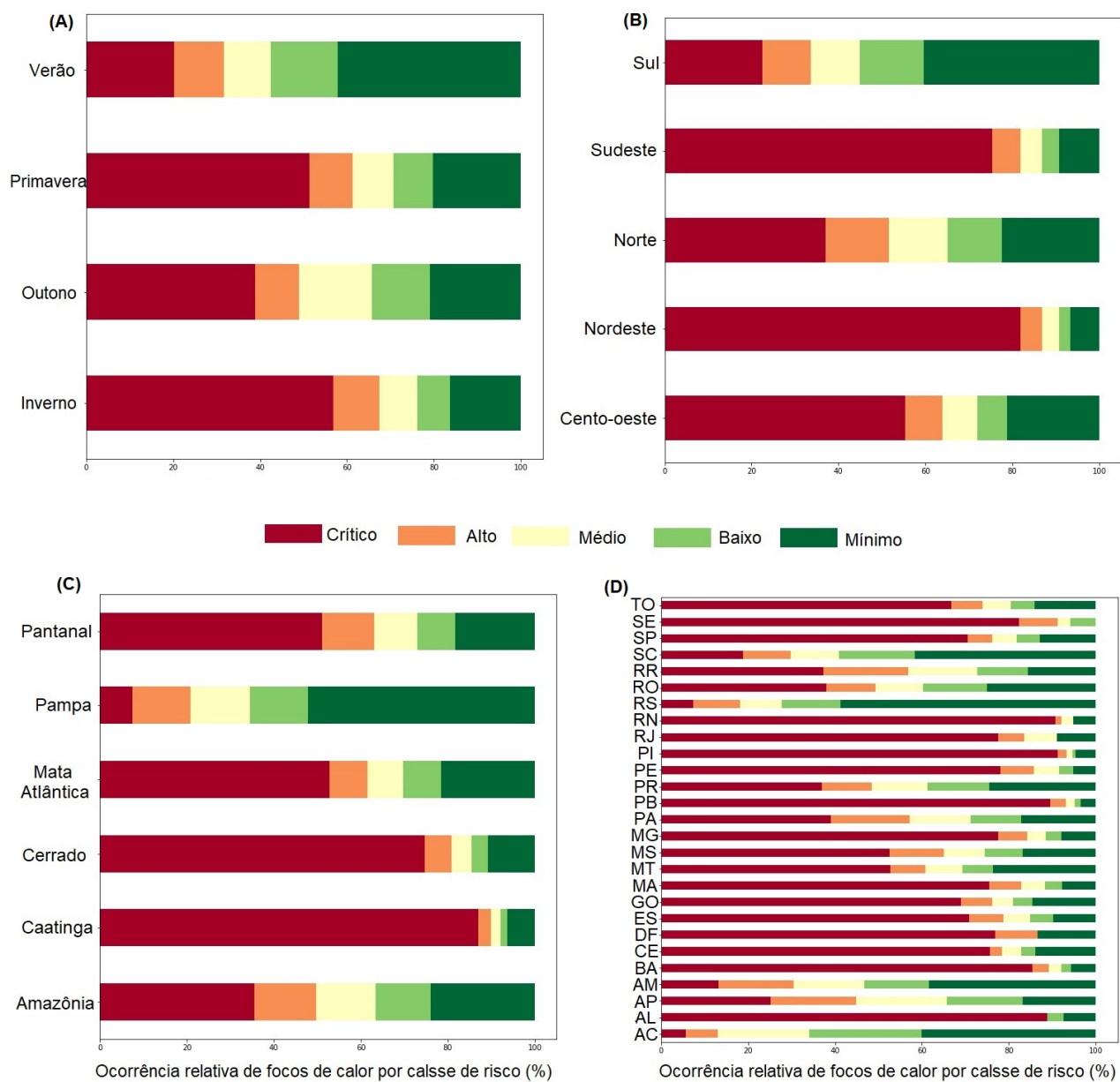


Figura 3. Ocorrência relativa média de focos de calor por classe de risco de fogo em diferentes estações, regiões, biomas e estados brasileiros

#### 4. DISCUSSÃO

A linguagem Python associada às bibliotecas empregadas nesse estudo facilitaram uma análise coerente para o esperado em relação a ocorrência de focos de calor nos diferentes estados, biomas, regiões e estações do ano, comparando com estudos a partir de outros métodos [5].

Maiores ocorrências em áreas críticas do Cerrado e Caatinga, por exemplo, podem ser explicadas devido ao grande número de dias decorridos sem chuva e tipo de vegetação observados ali, que são importantes parâmetros do modelo [6]. É importante notar que em regiões como Centro-Oeste, é comum o emprego do fogo para desflorestamento, limpeza do solo e reforma de pastagens [9].

Especialmente na Amazônia, onde se observa grande ocorrência de focos de calor em áreas consideradas de baixo ou mínimo risco de fogo sugere-se que outros parâmetros podem ser importantes para futuras versões do modelo, como áreas sujeitas ao desmatamento na Amazônia, haja vista a mudança no panorama político do País [10]. A densa vegetação e a grande ocorrência de chuva nesse bioma podem ser importantes variáveis do modelo que diminuem o risco observado na região [6].

Ajustes no modelo para contribuir com a previsão mais assertiva de incêndio são encorajados pois dependendo da proporção dos incêndios, os impactos não só afetam apenas a região de ocorrência do fogo, mas o país inteiro. A queima de biomassa pode influenciar na saúde da população devido ao transporte, a grandes distâncias, de materiais particulados incorporados na atmosfera [11].

Por fim, vale frisar que outra limitação do modelo é a resolução espacial na ordem quilométrica de alguns dos seus parâmetros, como produtos de precipitação. Como alternativa, outros modelos podem ser desenvolvidos a partir de estudos locais, utilizando a linguagem de programação na atual conjuntura de *Open Source*, permitindo a replicação e teste dos mesmos em áreas onde um modelo mais genérico, como o analisado neste documento, é menos assertivo [7].

#### 5. CONCLUSÕES

Com base no que foi exposto pode-se concluir que:

O uso da linguagem de programação atreladas à dados geoespaciais favorece o rápido processamento de séries temporais e diminui o erro na entrada de dados para o processamento.

Os focos de calor são maiores nas estações de inverno e primavera para todos os anos, apresentando mais riscos crítico e alto nestas estações.

As regiões Nordeste e Sudeste apresentaram maiores acertos nos riscos de fogo segundo o modelo aplicado.

Os biomas Caatinga e Cerrado apresentaram maior acerto no modelo de risco de fogo no período estudado.

Em geral, estados das regiões Centro-Oeste, nordeste e sudeste apresentaram melhores respostas ao modelo de risco

de fogo.

#### 6. REFERÊNCIAS

- [1] Schmidt, I.B. et al. Experiências internacionais de manejo integrado do fogo em áreas protegidas – recomendações para implementação de manejo integrado de fogo no Cerrado. *Biodiversidade Brasileira*, v. 6, n. 2, pp. 41–54, 2016.
- [2] Tedim, F.; Leone, V.; Xanthopoulos, G. A wildfire risk management concept based on a social-ecological approach in the European Union: Fire Smart Territory. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 18, pp. 138–153, 2016.
- [3] Souza, L.S. de et al. Air quality photochemical study over Amazonia Area, Brazil. *International Journal of Environment and Pollution*, v. 48, n. 1–4, pp. 194–202, 2012.
- [4] Aragão, L.E.O.C. et al. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nature Communications*, v. 9, n. 1, pp. 1–12, 2018.
- [5] Nogueira, J.M.P. et al. Spatial pattern of the seasonal drought/burned area relationship across brazilian biomes: Sensitivity to drought metrics and global remote-sensing fire products. *Climate*, v. 5, n. 42, pp. 1–21, 2017.
- [6] Setzer, A.W.; Sismanoglu, R.A.; Santos, J.G.M. *Método do cálculo do risco de fogo do programa do INPE - Versão 11, junho/2019*. São José dos Campos: INPE, 2019. 27 p.
- [7] Teodoro, A.C.; Duarte, L. Forest fire risk maps: A GIS open source application - a case study in Norwest of Portugal. *International Journal of Geographical Information Science*, v. 27, n. 4, pp. 699–720, 2013.
- [8] Gomes, V. et al. Um ambiente para análise exploratória de grandes volumes de dados geoespaciais: Explorando risco de fogo e focos de queimadas. *Proceedings of the Brazilian Symposium on GeoInformatics*, pp. 301–309, 2017.
- [9] França, H.; Setzer, A. W. AVHRR analysis of a savanna site through a fire season in Brazil. *International Journal of Remote Sensing*, v. 22, n. 13, p. 2449–2461, 25 jan. 2001.
- [10] Silvério, D. V.; Silva, S. S.; Moutinho, P. *Amazônia em chamas*. Brasília, DF: IPAM, 2019.
- [11] Aragão, Luiz E. O. C.; Silva Junior, Celso H. L.; Anderson, Liana O. *O desafio do Brasil para conter o desmatamento e as queimadas na Amazônia durante a pandemia por COVID-19 em 2020: implicações ambientais, sociais e sua governança*. São José dos Campos, 2020. 34p. SEI/INPE: 01340.004481/2020-96/5543324.