

DINÂMICA DA RELÇÃO ENTRE QUEIMADAS E CHUVAS EM TERESINA,
EM HISTÓRICO DE 19 ANOS

Marcos Paulo Gomes Gonçalves¹, Bruna de Freitas Iwata²

¹ Mestrado Profissional em Análise e Planejamento Espacial

² Profa. Dra. Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Central

99

RESUMO

Tendo em vista que regiões ecotonais apresentam comportamento geoambiental diferenciado e dada a importância que a determinação do período mais propício às queimadas constitui – porquanto permite ações preventivas pelos órgãos responsáveis –, objetivou-se caracterizar a dinâmica da relação entre queimadas e chuvas do período de 2002 a 2020 no município de Teresina, capital do estado do Piauí. Dessa maneira, por estar em uma área dependente da sazonalidade do regime de chuvas, o município de Teresina possui os meses de julho a dezembro – segundo semestre – como os mais críticos em ocorrências de queimadas, por serem os meses mais secos do ano e pela vegetação está mais suscetível à ocorrência desse evento. Assim, nesse período do ano (notadamente nos meses de setembro e outubro) a sua ocorrência é bem maior em comparação aos outros meses. Também, é de fundamental importância o monitoramento das secas para minimizar o seu impacto na ocorrência dos focos de queimadas, haja vista a sua associação aos anos mais secos.

Palavras-chaves: Incêndios, Focos de Calor, Estiagem.

ABSTRACT

Considering that ecotonal regions have different geoenvironmental behavior and given the importance of determining the most favorable period for burning – as it allows preventive actions by Organs responsible bodies –, this study aimed to characterize the dynamics of the relationship between fires and rainfall from 2002 to 2020 in the Teresina municipality, capital of the Piauí state. Thus, being in an area dependent on the seasonality of the rainfall regime, Teresina has the months from July to December – second semester – as the most critical in fire occurrences, as they are the driest months of the year and the vegetation is more susceptible to the occurrence of this event. Thus, in this period of the year (especially in September and October) its occurrence is much higher compared to other months. It is also of fundamental importance to monitor droughts to minimize their impact on the occurrence of fire outbreaks, given their association with drier years.

Keywords: Fires, Hot Spots, Drought.

1 INTRODUÇÃO

As queimadas são processos de queima da biomassa em área aberta decorrentes de causas naturais ou antrópicas (Silva e Iwata, 2020). Nestas, há utilização do fogo como instrumento para atingir as mais variadas finalidades: como ampliação das fronteiras de ocupação, convertimento da floresta em lavouras e pastagens, domínio de pragas e expurgação de

terreno (Torres *et al.*, 2017). Quanto às que ocorrem por causas naturais, frequentemente, são ocasionadas por raios (Fiedler *et al.*, 2006) e, ecologicamente, podem ser entendidas como um entre muitos fatores que agem nos ecossistemas (Fernandes *et al.* 2019).

Em geral, as queimadas afetam a qualidade do ar atmosférico de forma negativa (Freitas *et al.* 2005; e Costa, 2016). Como resultado das queimadas, pode-se citar a liberação de gases de efeito estufa, aerossóis e partículas finas que são extremamente perigosas para a saúde humana, já que, quando inaladas, podem atingir partes profundas dos pulmões, causando irritação na garganta, pulmões e olhos (Smith *et al.*, 2014). Também, o uso do fogo é prejudicial à terra, pois provoca a desertificação em ambientes mais sensíveis, diminuindo a biodiversidade e alterando o ciclo hidrológico (Gigante *et al.*, 2007).

Nesse sentido, ressalta-se que, conforme Poggiani (1997), o impacto dos efeitos das queimadas sobre o equilíbrio do ecossistema, da cadeia alimentar e da ciclagem dos nutrientes varia de local para local. Poggiani (1997, p.27-28) esclarece que:

Nas florestas tropicais, com elevado índice de precipitação pluviométrica, a queimada de florestas gera um severo impacto sobre o ambiente. A grande quantidade de nutrientes contidos na biomassa é imediatamente liberada para o solo e, em seguida, arrastada pela água da chuva. A curto prazo o sítio perde a fertilidade, sua capacidade produtiva e a biodiversidade.

Os problemas de saúde decorrentes da poluição atmosférica provenientes das queimadas são os mesmos encontrados em grandes metrópoles (Silva *et al.*, 2010; e Vormittag *et al.*, 2021). No Piauí, conforme Silva e Iwata (2020), as condições naturais atmosféricas proporcionam uma elevada vulnerabilidade quanto à manutenção da qualidade atmosférica e, por conseguinte, qualidade ambiental para a vida humana. Dessa maneira, as autoras apontam que são necessários esforços que reduzam o uso de manejo da terra e demais formas de exploração antrópica com menos combustão ou demais formas de poluição do ar tendo em vista que as emissões de material particulado e monóxido de carbono originadas pelos focos de calor, associadas a uma maior vulnerabilidade pela redução da umidade nos períodos de estiagem, ajudam na contribuição para a má qualidade do ar, consequentemente, influenciando na dinâmica da incidência dos agravos respiratórios.

Em Teresina, Gomes *et al.* (2017) afirmam que as queimadas são eventos notórios. Os autores explicam que o número elevado de queimadas se deve à baixa umidade do ar e a falta de chuvas na região causando o ressecamento do solo. Tal município, por estar situado em uma zona ecotonal – entre a Pré-Amazônia Úmida e o Nordeste Semiárido (Andrade Júnior *et al.*, 2005) –, apresenta comportamento geoambiental diferenciado. Desse jeito, estudos em

regiões de transição são importantes para se conhecer o comportamento geoambiental a que estão sujeitos.

Assim, considerando a relevância do tema e dada a importância que a determinação do período mais propício às queimadas constitui por ser uma ferramenta para a diminuição de prejuízos, riscos e custos em seu combate, visto que permite ações de caráter preventivo pelas entidades responsáveis de acordo com Macedo e Sardinha (1985), objetivou-se caracterizar a dinâmica da relação entre queimadas e chuvas do período de 2002 a 2020 no município de Teresina, capital do estado do Piauí.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

O município de Teresina, cuja sede municipal se situa nas Coordenadas Geográficas de 05°05'21"S e 42°48'07"W, possui aproximadamente 836.475 habitantes, com uma densidade demográfica de 584,94 hab./km² (IBGE, 2010). Depreende-se de Barbosa (2015) que a região em que se insere Teresina apresenta-se em um contexto de transição natural, fitogeográfica e morfoclimática e tem como característica mais marcante a estacionalidade semidecidual da vegetação. Conforme a mesma autora, o padrão de formas geomorfológicas da unidade está sustentado por um conjunto de estruturas geológicas da Bacia Sedimentar do Parnaíba, condicionado pela ação dos fatores atmosféricos e hidrológicos que regulam a dinâmica do sistema natural regional.

Geograficamente essa grande transição concentra-se sobre os estados do Piauí e do Maranhão, porção mais oeste da região Nordeste, amplamente ocupada por formações dicótilo-palmáceas conforme IBGE (1992). Em termos vegetacionais, forma-se um extenso mosaico com fisionomias tão díspares que se observa em pouco espaço a especialidade da região em ter disseminadas feições com diferentes espécies e estruturas, acompanhadas por variações nos solos e no clima (Santos Filho, 2010). Farias e Castro (2004) descrevem o meio norte do Brasil – Piauí e Maranhão – como uma extensa zona ecotonal situada entre o subúmido amazônico e o semiárido nordestino. Dessa maneira, o Piauí apresenta característi-

cas desses dois domínios geoambientais (Andrade Júnior *et al.*, 2005).

Quanto ao clima de Teresina, com base na classificação de Thornthwaite e Mather (1955), Andrade Júnior *et al.* (2005) o descrevem como sendo C1sA'a', caracterizado como subúmido seco, megatérmico, com excedente hídrico moderado no verão e uma concentração de 32,2% da evapotranspiração potencial no trimestre – setembro, outubro e novembro. Santos (2019) aponta que, em geral, a região, onde se insere Teresina, apresenta concentração de chuvas em 4 a 5 meses ao longo do ano, enquanto há baixo volume de precipitações pluviométricas ou mesmo ausência delas no restante do ano.

2.2 Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos utilizados foram aquisição, processamento e análise dos dados em síntese, a saber:

a) Aquisição de dados: Obtiveram-se os dados de focos de queimadas do satélite de referência AQUA_M-T (sensor MODIS) do Banco de Dados de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE (INPE, 2021). Carneiro e Albuquerque (2019) assinalam que a presença de nuvens e o sombreamento das árvores, somados às características de resolução (espacial, temporal, espectral e radiométrica) do satélite/sensor utilizado, podem interferir na detecção dos focos de calor diretamente. Por conseguinte, os dados obtidos por satélite utilizados no presente trabalho podem vir a não contemplar a quantidade exata de queimadas que existiram *in loco*. Para os dados meteorológicos mensais da precipitação pluviométrica, obtiveram-nos através da rede do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (INMET, 2021). A estação meteorológica convencional do INMET da qual são originários os dados meteorológicos obtidos possui latitude e longitude respectivas de -5,03472221 e -42,80138888 e altitude de 75,73 m. Localiza-se na área experimental da Embrapa Meio-Norte. Dada a ausência de dados – abril de 2015; janeiro, março, abril e setembro à dezembro de 2016; janeiro à abril de 2017; e agosto de 2018 –, utilizou-se dos boletins agrometeorológicos de Teresina elaborados por Bastos e Andrade Júnior (2016, 2017, 2018, 2019) para preenchimento desses dados.

b) Processamento dos dados: Calcularam-se a média e o desvio padrão da precipitação e dos focos de queimada para os meses do intervalo da série adotada e para o total anual da mesma série. Para analisar a variação da quantidade de focos de queimadas e de chuva, calcularam-se as anomalias conforme a equação 1 (Aragão *et al.*, 2007; Silva Júnior *et al.*, 2016; e Silva Júnior *et al.*, 2018).

$$\mathcal{X}_{\text{anomalia}} = \frac{(\mathcal{X} - \bar{x})}{\sigma} \quad \text{Eq. 1}$$

Em que:

$\mathcal{X}_{\text{anomalia}}$ = é a anomalia anual de focos de queimada ou chuva;

$\mathcal{X}$ = é o valor do ano avaliado (o valor é expresso em mm no caso da precipitação);

$\bar{x}$ = é a média da série em questão (o valor é expresso em mm no caso da precipitação); e

σ = é o desvio padrão da série em avaliação.

Consideraram-se os valores de anomalia entre 1 e -1 como variação natural.

Calcularam-se as análises de regressão pelo *software* livre BIOESTAT versão 5.3 (Ayres, 2007), em que os modelos ajustados foram o geométrico (equação 2) e o linear (equação 3).

$$Y' = a * X^b \quad \text{Eq. 2}$$

$$Y' = a + bX \quad \text{Eq. 3}$$

Em que:

Y' = é a variável dependente;

X = é a variável independente;

a = é o intercepto; e

b = é o coeficiente de regressão.

c) Análise dos dados: Em um primeiro momento, elaboraram-se gráficos e tabelas por meio do *software* livre Cal. Posteriormente, houve a sua análise.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Padrão sazonal das chuvas e das queimadas

No período analisado, o satélite de referência AQUA_M-T registrou um número total de 1426 focos de queimada, o que representa uma média anual de 75,05 focos (Quadro 1). Sendo que, neste período, o número de focos variou no mínimo de 20 em 2009 ao máximo de 193 em 2016. O maior registro mensal, 96 queimadas, ocorreu em outubro de 2016. Como se pode observar pela figura 1, os focos de queimadas concentraram-se nos meses de julho a dezembro – segundo semestre. Os meses de setembro e outubro registraram cerca de 57% do total, enquanto não se registrou nenhum em março. Entre os meses de janeiro a junho, a média foi menor que 1 foco e o desvio padrão foi superior ou igual à média mensal.

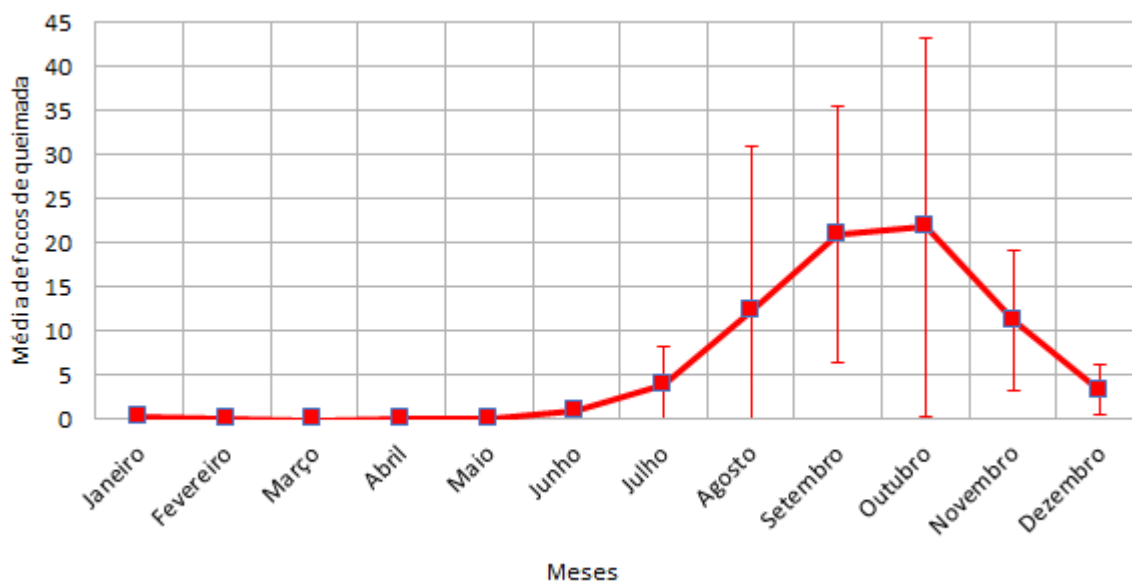


Figura 1. Padrão sazonal da média mensal dos focos de queimadas (a linha vertical representa o desvio padrão para cada mês analisado)

Também, Carneiro e Albuquerque (2019), ao analisar os focos de queimadas ocorridos no município de Teresina, entre os anos de 2015 e 2017, constataram predomínio dos focos no segundo semestre, com um maior agrupamento nos meses de setembro e outubro. Resultado semelhante – ocorrência de um maior número de queimadas no segundo semestre –, Freire et al. (2015), Silva Júnior *et al.* (2016), Silva Júnior *et al.* (2018) e Marques e Sobrinho (2020) obtiveram para o estado do Maranhão, Baixada e Cerrado Maranhense e o

guinte, inferem-se fortes indícios que há predominância de focos de queimada neste período, na região meio norte brasileira, o que deve ser confirmada por meio de mais estudos no Piauí.

Quanto ao padrão da precipitação pluviométrica, registrou-se uma média anual de 1312,8 mm de precipitação total no período analisado (Quadro 2). Sendo que, neste período, a precipitação variou no mínimo de 837,8 mm em 2016 ao máximo de 2028 mm em 2009 (anos estes que, como vistos anteriormente, ocorreram o maior e o menor número de focos de queimadas respectivamente). A estação chuvosa concentrou-se entre os meses de janeiro a maio, enquanto a estação seca, entre junho e dezembro (Figura 2). Em média mensal, a máxima e a mínima ocorrência foram nos meses de março, 278,49 mm, e agosto, 5,48 mm, respectivamente. Os meses mais chuvosos (janeiro, fevereiro, março e abril, todos do primeiro semestre), totalizaram em média, cerca de 75,47% do total de precipitação ao longo do ano. Tais resultados corroboram com os de Santos (2019) que, ao analisar a normal climatológica mensal do município de Teresina do período de 1987 a 2016, distinguiu que o período com menores totais de precipitação situa-se entre os meses de junho a dezembro, tendo agosto como o de menor normal climatológica mensal, com 5,9 mm; enquanto isso, o período chuvoso localiza-se entre os meses de janeiro a maio, sendo o mês de março o de maior nível de precipitação, com 285,0 mm.

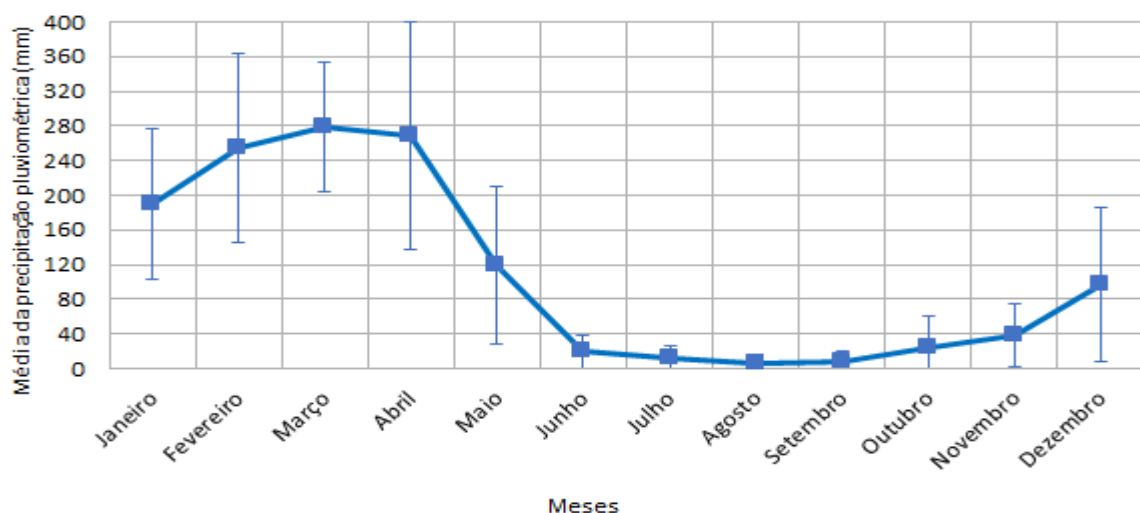


Figura 2. Padrão sazonal da média mensal da precipitação pluviométrica (a linha vertical representa o desvio padrão para cada mês analisado)

precipitação pluviométrica mensal ajustou-se a um modelo de regressão geométrico com coeficiente de determinação de 0,3931 (Figura 3). Tal modelo, portanto, apresenta um poder explicativo de 39,31%. Isto significa que 39,31% das variações no número de focos de queimadas são explicadas pelo total mensal acumulado da precipitação pluviométrica através da equação 4 que foi a escolhida para relacionar as duas variáveis e 60,69% são atribuídas a causas aleatórias— outros fatores, podendo ser, entre outros: topografia, características da vegetação, questão cultural, outros elementos meteorológicos: temperatura, umidade relativa do ar, insolação, número de dias sem chuva, velocidade do vento, etc (Nunes *et al.*, 2005; Becerra *et al.*, 2008; Aragão *et al.*, 2009; Torres *et al.*, 2011; Freire *et al.*, 2015; Silva Júnior *et al.*, 2016; Silva Júnior *et al.*, 2018; Marques e Sobrinho, 2020; Minaki e Montanher, 2020; Silva *et al.*, 2021).

$$y = 10,27x - 0,39 *s$$

Eq. 4

Em que:

y = é o número de focos de queimada mensal;

x = é a precipitação pluviométrica mensal; e

* s= equação significativa ($p < 0,00001$).

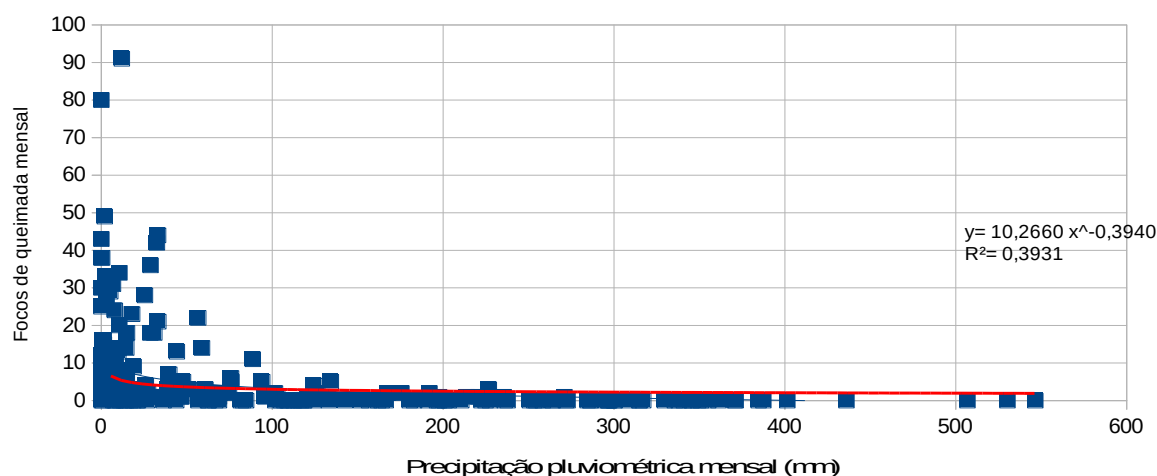
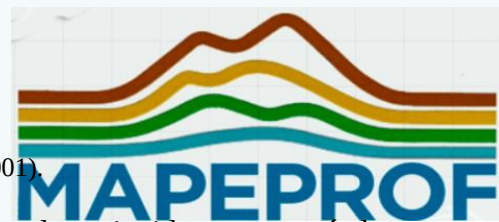


Figura 3. Regressão geométrica entre precipitação pluviométrica e focos de queimada (graus de liberdade: 226;



considerado de estiagem (segundo semestre), e a mínima ocorrência de queimadas ocorre no período chuvoso (primeiro semestre). Conforme os quadros 1 e 2, o número de focos de queimadas é mais expressivo para os meses e os anos com baixos níveis de precipitação quando comparado a dos meses e anos com maior ocorrência de precipitação. Tal tendência Freire *et al.* (2015), Silva Júnior *et al.* (2016) e Silva Júnior *et al.* (2018) já observaram para o estado do Maranhão.

Dessa maneira, como em outras regiões, no município de Teresina, os focos de queimadas obedecem a uma modulação influenciada pelo regime de precipitação.

Provavelmente, em decorrência do aumento da inflamabilidade da vegetação por causa do déficit hídrico decorrente do período de estiagem (Becerra *et al.*, 2008; Aragão *et al.*, 2009; Freire *et al.*, 2015; Silva Júnior *et al.*, 2016; Silva Júnior *et al.*, 2018; e Silva *et al.*, 2021).

Ademais, na estação seca, espécies caducifólias perdem as folhas para evitar a excessiva perda de umidade (Oliveira e Prisco, 1967). Consequentemente, neste período, há aumento de serrapilheira. Segundo Dias e Oliveira Filho (1997), a serrapilheira é um importante componente de um ecossistema florestal. Os autores a definem como o material precipitado ao solo pela biota, o que inclui folhas, galhos, frutos, flores, raízes e resíduos animais principalmente. conforme Silva *et al.* (2007), ou seja, há incrementos de material com potencial combustível no meio.

Nesse sentido, trabalhos como de Nunes *et al.* (2005) e Torres *et al.* (2011) apontam a importância dos elementos meteorológicos sobre a umidade do material combustível. De acordo com Nunes *et al.* (2005), a umidade do material combustível expressa a porcentagem de água que ele contém, em relação ao seu peso seco. A primeira influência da umidade na combustão do material florestal é a necessidade da grande quantidade de energia requerida para transformar em vapor a água existente no combustível (Torres *et al.*, 2011). Isso representa redução na quantidade de calor disponível para a combustão propriamente dita, conforme os mesmos autores, quanto maior for a umidade do material.

Dessa maneira, no segundo semestre de Teresina (o qual apresenta tendência dos menores valores para umidade relativa do ar e de acumulado mensal para precipitação pluviométrica e maiores valores para temperatura (Bastos e Andrade Júnior, 2019), o que

3.2 Efeitos das Secas

108

Ao analisar as anomalias de chuva, foram observados anos secos em 2002, 2003, 2012 e 2016 (respectivamente, precipitação com 1,11; 1,01; 1,13 e 1,60 desvios padrões menor que a média). Sendo a maior anomalia de chuva observada no ano de 2016 que influenciou nesse mesmo ano a maior anomalia positiva de queimada (Figura 4). Também, observou-se ocorrência de anos chuvosos: 2008 e 2009 (respectivamente, precipitação com 1,38 e 2,40 desvios padrões maior que a média). Sendo que nestes dois anos ocorreram as duas maiores anomalias negativas de queimada.

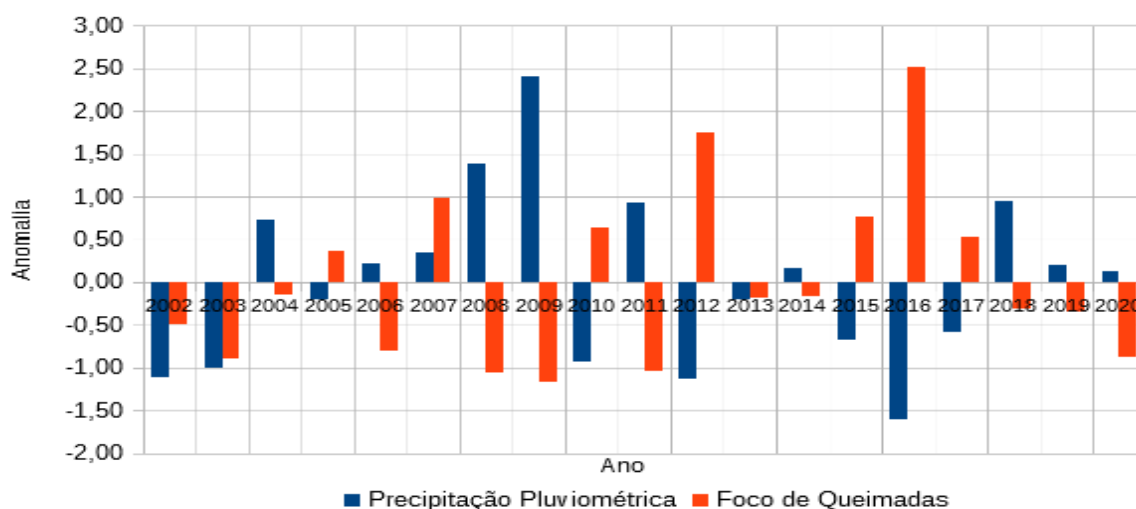


Figura 4. Anomalias anuais de precipitação pluviométrica e de focos de queimadas.

Nos anos de 2002 e 2003, ocorreu resposta atípica, em que mesmo com chuvas abaixo do esperado, os números de focos de queimada foram abaixo da média. Isso se explica, devido à possibilidade de que nesses anos houve uma menor ocorrência de queimadas por causas antrópicas, e, também, pela ocorrência de uma possível subestimação nos focos nesses dois anos devido a uma maior cobertura de nuvens na região.

A análise de regressão das anomalias anuais dos focos de queimada em função das de precipitação pluviométrica ajustou-se a um modelo linear com poder explicativo de 50,29% através da equação 5. Essa relação linear entre as anomalias de chuva e queimadas mostrou que, em geral, as anomalias de queimadas responderam positivamente quando ocorreram



anomalias negativas de chuva (Figura 5). Em outras palavras, quando da ocorrência de anos com déficit de chuva em relação à média histórica, a tendência é que o número de focos de

queimada aumente. Essa tendência já foi descrita para a região da Amazônia (Aragão *et al.*,

2007, 2018), para a região da Baixada (Silva Júnior *et al.*, 2016) e Cerrado Maranhense (Silva Júnior *et al.*, 2018) e para o estado do Ceará (Silva *et al.*, 2021).

$$y = -0,05 - 0,75x *s$$

Eq. 5

Em que:

y = é o número de anomalias de focos de queimada;

x = é a precipitação pluviométrica; e

* s= equação significativa ((p) = 0.0007).

Frisa-se que, conforme Santos (2019), tanto o ano mais seco, 2016, quanto o mais chuvoso, 2009, anos estes em que ocorreram o maior e o menor registro de queimadas em Teresina, respectivamente, apresentaram influências da dinâmica interanual do fenômeno *El Niño* Oscilação Sul (ENOS) associado às fases positivas e negativas do dipolo do Atlântico.

Assim, é importante observar que, de acordo com Aragão *et al.* (2008), as variações climáticas, como *El Niño*, *La Niña* e *Atlantic Multidecadal Oscillation* (AMO), contribuem para o aumento dos riscos de queimadas e incêndios acidentais, prejudicando as florestas e vegetação natural, em decorrência do aumento do período tradicional da queimada e a propagação do fogo para áreas de florestas primárias que se encontram mais secas.

Dessarte, diretamente, as alterações do clima podem afetar nas ocorrências de queimadas positiva e negativamente. De forma negativa, por exemplo, quando impulsionam períodos longos de estiagem durante o ano ou em anos consecutivos, o que pode acarretar em uma maior emissão de carbono para a atmosfera e, também, aumento de casos de problemas de saúde decorrentes do aumento de particulados e poluentes no ar (Cochrane, 2003).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, por estar em uma área dependente da sazonalidade do regime de



Pela vegetação está mais suscetível à ocorrência desse evento. Assim, nesse período (notadamente nos meses de setembro e outubro) a sua ocorrência é bem maior em comparação aos outros meses. Também, é de fundamental importância o monitoramento das secas para minimizar o seu impacto na ocorrência dos focos de queimadas, tendo em vista a sua associação aos anos mais secos.

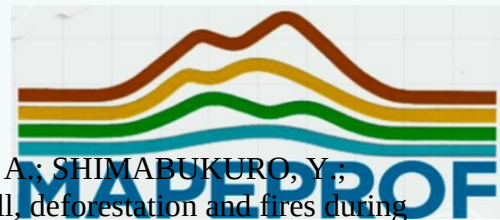
Por fim, como o presente trabalho mostra que a dinâmica das queimadas é influenciada pelas chuvas em Teresina, torna-se importante por subsidiar informações para o planejamento ambiental ou servir como literatura para estudos posteriores que visem a integrar outras informações para o refinamento do conhecimento sobre a dinâmica das queimadas no município.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; BASTOS, E.A.; BARROS, A.H.C.; SILVA, C.O.; GOMES, A.A.N. *et al.* Classificação climática e regionalização do semiárido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 2, p. 143-151, 2005. Disponível em: <<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/260>> Acesso em: 28 out. 2021.

ANDRADE, J. B. de; SILVA, F. B.; RABELO JÚNIOR, F. X.; SILVA, S. L. O.; ROZÁRIO, I. L. M.; CONCEIÇÃO FILHO, J. F. da. Monitoramento dos focos de incêndios na Mesorregião Oeste do Estado do Maranhão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. Disponível em: <<http://mart.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.17.40.42/doc/1223-1230.pdf>> Acesso em: 28 out. 2021.

ARAGÃO, L. E. O. C.; ANDERSON, L. O.; FONSECA, M. G.; ROSAN, T. M.; VEDOVATO, L. B.; WAGNER, F. H.; SILVA, C. V. J.; SILVA JUNIOR, C. H. L.; ARAI, E.; AGUIAR, A. P.; BARLOW, J.; BERENGUER, E.; DEETER, M. N.; DOMINGUES, L. G.; GATTI, L.; GLOOR, M.; MALHI, Y.; MARENGO, J. A.; MILLER, J. B.; PHILLIPS, O. L.; SAATCHI, S. 21st Century drought -related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, p. 536, 2018.



London. Series B, **Biological Sciences**, v. 363, n. 1498, p. 1779-85, 2008. Disponível em: <<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2007.0026>> Acesso em: 28 out. 2021.

ARAGÃO, L. E. O. C.; MALHI, Y.; ROMAN -CUESTA, R. M.; SAATCHI, S.; ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. *Geophysical Research Letters*, v. 34, n. 7, p.1-5, 2007. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2006GL028946>> Acesso em: 28 out. 2021.

AYRES, M.; AYRES JR., M.; AYRES, D.L.; DOS SANTOS, A.S. *et al.* **BioEstat: Aplicações Estatísticas nas áreas das Ciências Biológicas e Médicas**. Publicações Avulsas Mamirauá, 2007.

BARBOSA, L. G. **Análise de sistemas em Biogeografia: estudo diagnóstico da cobertura vegetal da Floresta Nacional de Palmares, Altos, Piauí/Brasil**. 2015. xiv, 177 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2015. Disponível em: < <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/154622>> Acesso em: 28 out. 2021.

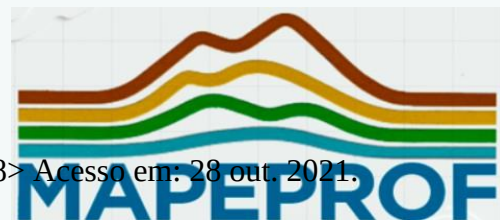
BASTOS, E. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de. **Boletim agrometeorológico de 2015 para o município de Teresina, Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2016. 38 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 239).

BASTOS, E. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de. **Boletim agrometeorológico de 2017 para o município de Teresina, PI**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2018. 37 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 250).

BASTOS, E. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de. **Boletim agrometeorológico de 2018 para o município de Teresina, PI**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2019. 36 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 266).

BECERRA, J. A. B.; ALVALÁ, R. C. dos S.; SHIMABUKURO, Y. Precipitação, fogo e índices de vegetação na detecção de fisionomias de Savana Tropical na Região Amazônica Brasileira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília. **Anais...** Brasília: 2008. Disponível em: <http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio_pc210/trabalhos_pdf/00410_trab1_ap.pdf> Acesso em: 28 out. 2021.

CARNEIRO, K. F. DA S.; ALBUQUERQUE, E. L. S. Análise multitemporal dos focos de queimadas em Teresina, estado do Piauí. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, n. 2, p. 31-40, 6 set. 2019. Disponível em:



COCHRANE, M. A. Fire science for rainforests. **Nature**, v. 421, n. 6926, p. 913-919, 2003. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nature01437>> Acesso em: 28 out. 2021.

COSTA, R. R.. Efeito dos focos de queimadas no nascimento de bebês prematuros: uma aplicação usando a suavização “spline”, a partir de Modelos Aditivos Generalizados.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Estatística) – Universidade Federal Fluminense, 2016. Disponível em: < <https://app.uff.br/riuff/handle/1/14496?mode=simple>> Acesso em: 28 out. 2021.

DIAS, H.C.T.; OLIVEIRA FILHO, A.T. Variação temporal e espacial da produção de serrapilheira em uma área de floresta estacional semidecídua montana em Larvas-MG.

Revista Árvore, v. 21, p. 11-26, 1997. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/pdf/744/74480201.pdf>> Acesso em: 28 out. 2021.

FARIAS, R.R.S.; CASTRO, A.A.J.F. Fitossociologia de trechos da vegetação do Complexo Campo Maior, PI, Brasil. **Acta. Bot. Bras.**, v. 18, n. 4., p. 949-963, 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/abb/a/fP9pPJPNYsrGXMjZzf9KFzb/?lang=pt>> Acesso em: 28 out. 2021.

FERNANDES, T.; HACON, S. de S.; NOVAIS, J. W. Z. Dinâmica temporal de focos de calor e seus condutores de pressão no território do sudeste paraense. **Nativa**, [S. l.], v. 7, n. 6, p. 681-692, 2019. Disponível em: <<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/7909>> Acesso em: 28 out. 2021.

FIEDLER, N. C.; MERLO, A. M.; MEDEIROS, M. B. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 153-161, abr./jun. 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cflo/a/mGDK7vXCFFx3jHqFB8MNTZQ/abstract/?lang=pt>> Acesso em: 28 out. 2021.

FREIRE, A. T. G.; SILVA JUNIOR, C. H. L.; ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. e C. de; SILVA, F. B.; MENDES, J. J. A zona de transição entre a Amazônia e o Cerrado no estado do Maranhão . Parte I: Caracterização preliminar dos dados focos de queimadas (produto MODIS MCD14ML). In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Simpósio Brasileiro de Sensoriamento, João Pessoa. **Anais ...** João Pessoa: INPE, 2015. Disponível em: <<http://marte2.sid.inpe.br/rep/8JMKD3MGP6W34M/3JM4K59?ibiurl.language=pt-BR>> Acesso em: 28 out. 2021.

FREITAS, S. R. et al. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. **Estudos Avançados**. v. 19, n. 53 , p. 167-185, 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/ZfsSpwwxFSnvnwFGWPbswTP/?lang=pt>> Acesso em: 28 out. 2021.



Economia, Administração e Sociologia Rural, 2007. Disponível em:
<<http://www.repositorio.furg.br/handle/1/6927>> Acesso em: 28 out. 2021.

GOMES, D. S.; TEIXEIRA, G. A.; SOUSA, L. V.R.; CARDOSO, L.S. Estudo de caso:
quantitativo e análise espacial dos focos de incêndio em Teresina-PI. **Revista Científica
Semana Acadêmica**. Fortaleza, nº. 000113, p.1-18, 2017. Disponível em:
<<https://semanaacademica.org.br/artigo/estudo-de-caso-quantitativo-e-analise-espacial-dos-focos-de-incendio-em-teresina-pi>> Acesso em: 28 out. 2021.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo
demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL. **Banco de Dados**—
Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inmet>>. Acesso em: 28 out.
2021.

INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Monitoramento de
Queimadas**. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas/>>. Acesso em: 28 out. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico
da Vegetação Brasileira** Série Manuais Técnicos em Geociências. n. 1. Rio de Janeiro: Ed.
IBGE, 91 p., 1992.

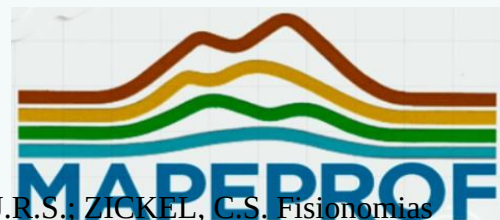
MACEDO, W.; SARDINHA, A.M. **Fogos Florestais**. Vila Real: Universidade de Trás-os
Montes e Alto Douro, 430 p., 1985.

MARQUES, R. J.; SOBRINHO, W. F. R. DA C. Detecção das ocorrências de focos de
queimadas e produção de mapas de calor em Timon, MA. **REVISTA GEONORTE**, v. 11, n.
37, p. 210-228, 2020. Disponível em: <<https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/6621>> Acesso em: 28 out. 2021.

MINAKI, C; MONTANHER, O. C. Variáveis climáticas e os registros de incêndios em
Maringá-PR. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 27, out. 2020. Disponível em:
<<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/74403>> Acesso em: 28 out. 2021.

NUNES, J. R. S. et al. Estimativa da umidade relativa das 13:00 h, com base nos dados das
9:00 h e das 15:00 h, para o Estado do Paraná. **Floresta**, v.35, n.2, p.247-258, 2005.
Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/4612>> Acesso em: 28 out. 2021.

POGGIANI, F. **Efeito do fogo sobre ecossistemas naturais e plantações florestais**.
Silvicultura, São Paulo, v. 18, n. 71, p. 27-29, 1997. Disponível em: <http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/34_Efeito%20do%20fogo.pdf> Acesso em: 28 out. 2021.



SANTOS FILHO, F.S.; ALMEIDA JR., E.B.; SOARES, C.J.R.S.; ZICKEL, C.S. Fisionomias das restingas do Delta do Parnaíba, Nordeste, Brasil. **Revta. Bras. Geog. Física**, v. 3, n. 3, p. 218-227, 2010. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232605>>

Acesso em: 28 out. 2021.

SANTOS, F. de A. dos. Análise da normal climatológica (mensal e anual) do município de Teresina (Piauí). **Cadernos de Ensino, Ciências & TECNOLOGIA**, [S. l.], v. 1, n. 3, p. 36–44, 2019. Disponível em: <<https://revistas.uece.br/index.php/CCiT/article/view/2006>> Acesso em: 28 out. 2021.

SILVA JUNIOR, C. H. L.; ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. e C. de; RODRIGUES, B. D. Dinâmica das Queimadas no Cerrado do Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 35, p. 1-14, 2018. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/142407>> Acesso em: 28 out. 2021.

SILVA JUNIOR, C. H. L.; FREIRE, T. G.; RODRIGUES, T. C. S.; VIEGAS, J. C.; BEZERRA, D. S. Dinâmica das Queimadas na Baixada Maranhense. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v.2, n.5, p. 355– 375, 2016. Disponível em: <<http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/interespaço/article/view/5287>> Acesso em: 28 out. 2021.

SILVA, C. J. da *et al.* Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta Amazonica**. v. 37, n. 4, p. 543-548, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/aa/a/S3Vd56pcVZDZS8FjHCW3JTR/?lang=pt>> Acesso em: 28 out. 2021.

SILVA, C. M. A. da; IWATA, B. de F.s. Análise do comportamento de queimadas no estado do Piauí e ocorrência de doenças respiratórias no cenário pandêmico. **ClimaCom – Epidemiologias** [Online], Campinas, ano 7, n. 19, Dez. 2020. Disponível em: <<http://climacom.mudancasclimaticas.net.br/queimadas-piaui-2/>> Acesso em: 28 out. 2021.

SILVA, E. M. da *et al.* Registros de Queimadas em Vegetação (Incêndios) e a Climatologia da Chuvas no Estado do Ceará: Estudo de Caso no Período de 2015 a 2019. **Revista Brasileira de Meteorologia**. 2021, v. 36, n. 3, p. 571-577. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/Y4CrgQYz8LtwTnwP4mMQPzc/?lang=pt>> Acesso em: 28 out. 2021.

SILVA *et al.* Material particulado (PM_{2.5}) de queima de biomassa e doenças respiratórias no sul da Amazônia brasileira. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v.2, n.13, p.337- 51, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbepid/a/PSsQZggMWfdFbpyYpqJ8pQs/?lang=pt>> Acesso em: 28 out. 2021.

SMITH, L. T.; ARAGÃO, L. E. O. C.; SABEL, C. E.; NAKAYA, T. Drought impacts on



THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance** Publications in Climatology - Drexel Institute of Technology, v. 8, n. 1, p. 1-86, 1955.

TORRES, F. T. P. et al. Correlações entre os elementos meteorológicos e as ocorrências de incêndios florestais na área urbana de Juiz de Fora, MG. **Revista Árvore**. v. 35, n. 1 p. 143-150. 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rarv/a/WqbxMcGB5c3Dm3LYjtPhMHw/?lang=pt>> Acesso em: 28 out. 2021.

TORRES, F. T. P.; ROQUE, M. P. B.; LIMA, G. S.; MARTINS, S. V.; DE FARIA, A. L. L. Mapeamento do Risco de Incêndios Florestais Utilizando Técnicas de Geoprocessamento. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro- RJ, v. 24, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/floram/a/PTZgzwgsGYRPZf4S4pSCZqn/abstract/?lang=pt>> Acesso em: 28 out. 2021.

VORMITTAG, Evangelina da Motta P. A. de Araújo et al. Análise do monitoramento da qualidade do ar no Brasil. **Estudos Avançados**. 2021, v. 35, n. 102, p. 7-30, ago 2021. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/190240>> Acesso em: 28 out. 2021.