

## Análise espacial dos focos de queimadas no estado do Pará, no período de 2015

Karla de Souza Santos<sup>1,2</sup>  
Dayane Dantas da Silva<sup>1</sup>  
Tamires de Fátima Pinto Lisboa Guimarães<sup>3</sup>  
Clístenes Pamplona Catete<sup>2</sup>  
Alessandra Rodrigues Gomes<sup>3</sup>  
Ricardo José de Paula e Souza Guimarães<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculdade Estácio de Belém - IESAM  
Av. Gov. José Malcher, 1148 – Nazaré - CEP 66055-260 - Belém - PA, Brasil  
karla.ssantos@hotmail.com; dane\_dantas@hotmail.com

<sup>2</sup> Instituto Evandro Chagas - IEC  
Rodovia BR-316 km 7 s/n - Levilândia - CEP 67030-000 - Ananindeua - PA, Brasil  
ricardojpsg@gmail.com; ccatete@gmail.com

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro Regional Amazônia – INPE/CRA Parque de Ciência e Tecnologia do Guamá, 2651 – CEP: 66077-830 Belém-PA, Brasil.  
alessandra.gomes@inpe.br; tamires.lisboa@inpe.br

**Abstract.** The fires are presented with a major problem of irrational use of natural resources, thus contributing to global warming and cause various economic, social and environmental problems. Therefore, the aim of this study was to analyze the spatial distribution of outbreaks of fires in Para State, relating to environmental variables and the air pollutants resulting from burning in the year 2015. For this research were used data from INPE, IBGE, PRODES, SISAM, INMET and other secondary sources. The processing, analysis and interpretation of data were performed using the spatial distribution and use of IDW tools and Zonal Statistics as Table in ArcGIS software provided by the IEC (Evandro Chagas Institute) and CRA-INPE (Amazon Regional Center). From the analysis of fire outbreaks, there was strong relationship between the outbreaks and environmental variables such as rainfall and temperature, because there is a decrease of outbreaks over higher rainfall, and a sharp increase in less rainy season. Environmental pollutants also had relation with the focus of fire, carbon monoxide rates show a decrease in periods with higher precipitation, and increased less rainy periods, as well as particulate matter that had some relationship with the outbreaks. In this way, there is the importance and efficacy of the use of geotechnologies like the spatial distribution and the use of other methodologies in environmental problems.

**Palavras-chave:** environmental variables, IDW, air pollutants, spatial distribution, variáveis ambientais, IDW, poluentes atmosféricos, distribuição espacial.

### 1. Introdução

Na Amazônia o fogo é um dos mais importantes agentes de distúrbios por meio de sua conexão com as atividades de uso da terra (MORISSETTE et al., 2005).

A questão das queimadas e incêndios da Floresta Amazônica brasileira figura entre os principais problemas que têm origem num processo histórico complexo de utilização não adequada de seus recursos naturais (IBAMA, 2010). O Pará, em 2015, teve altos índices de queimadas com 45.202 focos (INPE, 2016), que podem gerar danos aos ecossistemas florestais, influenciar a poluição atmosférica e mudanças climáticas, e que têm impactos diretos e indiretos sobre os habitats (BATISTA, 2013).

Os poluentes gerados pelas queimadas, além de emitirem gases de efeito estufa, são uma importante fonte de aerossóis, e outros gases residuais reativos, impactando a qualidade do ar local e regional (BOWMAN et al., 2009).

Conforme Martini (2007) para uma melhor compreensão dos focos de queimadas é interessante que o estudo seja aliado a variáveis ambientais, assim se tornará mais eficiente,

por obter a caracterização de regiões que apresentam amplo potencial de ocorrência de incêndios. Por isso, as variáveis ambientais desempenham um importante papel na ocorrência de queimadas (ZUMBRUNNEN et al., 2011).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), podem proporcionar uma visão geral da distribuição temporal, espacial e identificar padrões dos incêndios florestais em diferentes escalas (PEREIRA et al., 2013), assim como relacionar fatores ambientais relevantes.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi a análise da distribuição espacial dos focos de queimadas no estado do Pará, relacionando a variáveis ambientais e poluentes atmosféricos resultantes das queimadas, no ano de 2015, utilizando um SIG.

## 2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo foi o estado do Pará, que possui 144 municípios, localizado na região Norte do Brasil. O Pará tem uma área de aproximadamente 1.247.954,320 km<sup>2</sup>, possui uma população estimada de 8.175,113 habitantes (IBGE, 2015).

As informações de focos de queimadas foram obtidas no portal do INPE (<http://queimadas.inpe.br>). Os dados vetoriais de limites estaduais, municipais e das mesorregiões foram obtidos do IBGE (<http://www.ibge.gov.br/home>) e da hidrografia e rodovias foram adquiridos CPRM (<http://geobank.cprm.gov.br/>). Os dados dos poluentes monóxido de carbono e material particulado, foram cedidos pelo SISAM (<http://sisam.cptec.inpe.br>), porém os dados são somente dos meses de janeiro a agosto, pois ainda não haviam processado os outros meses restantes. Os dados de temperatura e precipitação foram obtidos do INMET (<http://www.inmet.gov.br>). Outras fontes secundárias foram utilizadas na pesquisa: livros, revistas, artigos técnicos e rede mundial de computadores.

O processamento, análise e interpretação dos dados de foco de queimada, variáveis ambientais e poluentes foram realizados no software ArcGIS 10. Realizou-se a interpolação utilizando o *IDW (Inverse Distance Weighted – Ponderação do Inverso da Distância)* para fazer uma grade regular de pontos. O método IDW, realiza a estimativa da variável ao longo do espaço, ponderando pesos a cada um dos pontos mais próximos, o que é função do inverso de uma potência da distância, ou seja, quanto mais próximo do ponto a ser estimado, maior o peso atribuído ao ponto amostrado (JIMENEZ e DOMEQ, 2008). Também, usou-se a ferramenta *Zonal Statistics as Table* para obter os valores (médias) relacionados do ponto de queimada com as variáveis ambientais e, desse modo, elaborar gráficos dos poluentes e das variáveis relacionando-os com o gráfico das queimadas.

## 3. Resultados e Discussão

As médias das variáveis ambientais temperatura e precipitação podem ser visualizadas na Figura 1. Observa-se que no primeiro trimestre do ano as temperaturas e as queimadas estão diminuindo, enquanto a precipitação aumenta. No segundo trimestre a precipitação começa a diminuir lentamente, e a temperatura e as queimadas começam a se elevar, tal comportamento segue até o terceiro trimestre. Porém no quarto trimestre no mês de outubro as queimadas apresentaram uma grande redução e verifica-se um pequeno aumento na precipitação neste mês, apesar da temperatura não demonstrar redução.

Na Figura 2 constata-se de forma mais detalhada o comportamento mensal da temperatura. Nos primeiros meses as temperaturas são menores, a partir de abril, verifica-se o início do aumento da temperatura que se intensifica de agosto a novembro (máximas de 30°C). Porém, em dezembro a temperatura volta a diminuir.

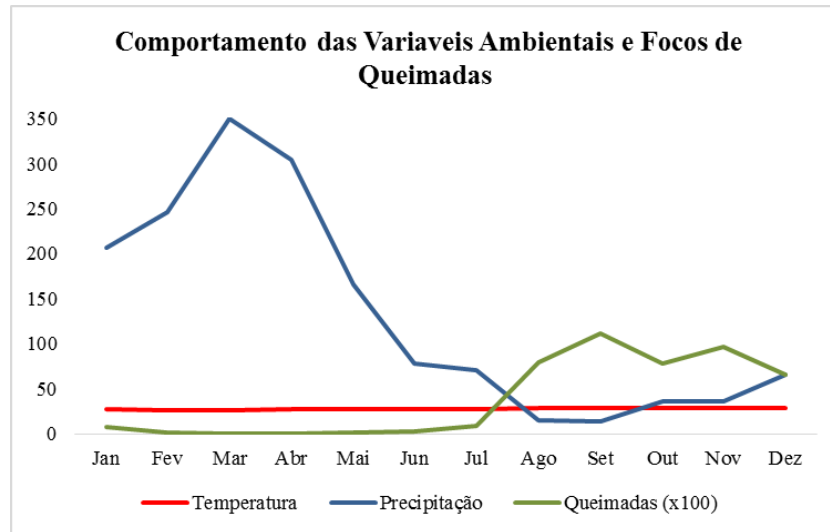


Figura 1. Gráfico referente ao comportamento da média mensal das variáveis ambientais e focos de queimadas no Pará em 2015.

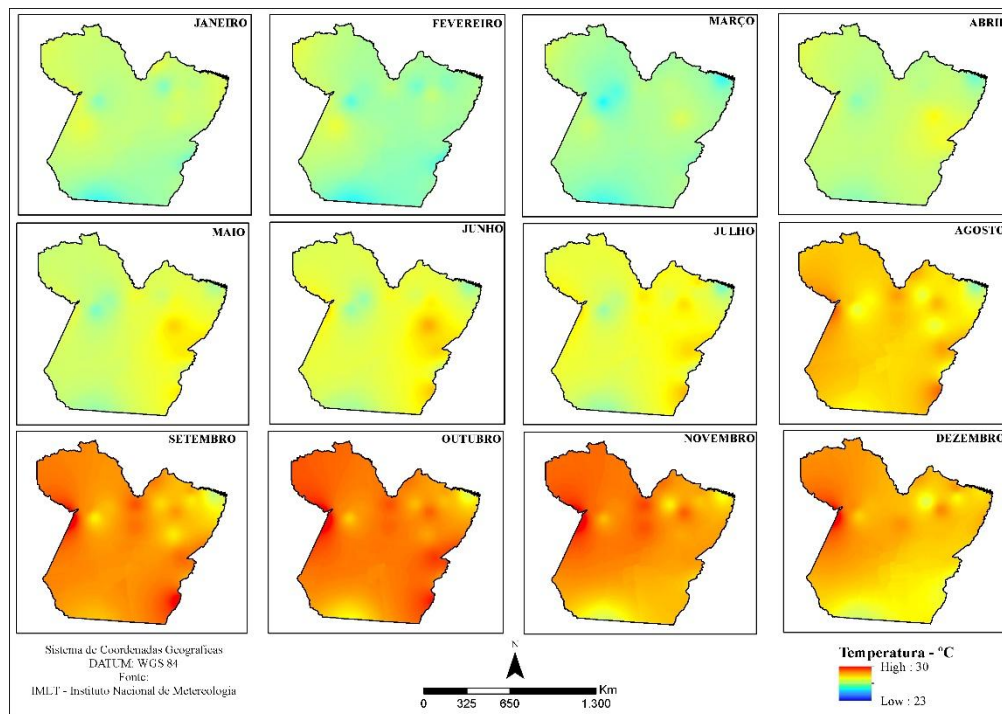


Figura 2. Comportamento mensal da temperatura em 2015, utilizando o IDW.

Em relação ao comportamento da precipitação, conforme a Figura 3 verifica-se que o mês de janeiro apresentava com altos índices de precipitação, sendo em março o mês de maior ocorrência de precipitação em todo estado em 2015. Os índices de precipitação começaram a diminuir a partir de abril com os menores índices em agosto, não havendo mudanças nesse quadro até outubro. Os índices começam a aumentar a partir de novembro no sul do estado e indo em direção leste em dezembro.

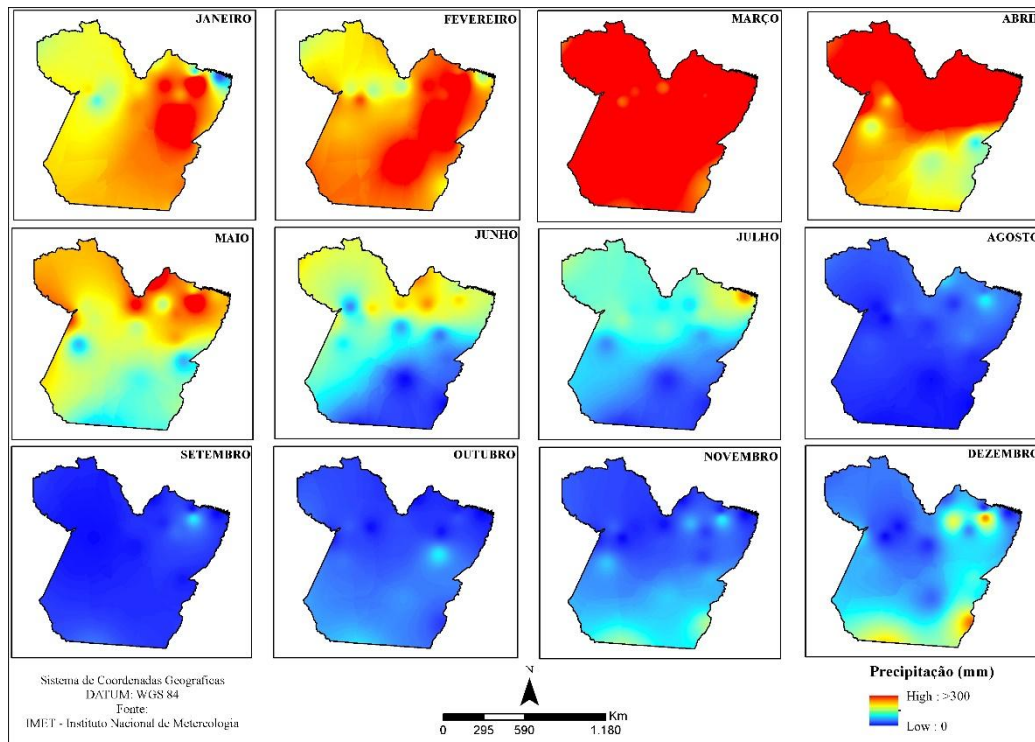


Figura 3. Comportamento mensal da precipitação em 2015, utilizando o IDW.

Na Figura 4, as queimadas apresentaram comportamento de forma inversa a precipitação, a partir de janeiro há redução dos focos até abril, após verifica-se pequenos aumentos, em agosto há um grande crescimento dos índices de focos, os quais permanecem altos, até novembro, onde apresenta diminuição dos focos, reduzindo-se até dezembro. Segundo Vasconcelos (2012) na região Amazônica brasileira, onde mais de 95% dos focos de calor ocorrem nos meses de menor precipitação e o número de eventos de fogo aumenta na medida em que a precipitação diminui. Dessa maneira, foi demonstrado que há forte ligação entre as queimadas e as variáveis ambientais discutidas, conforme observado também na Figura 1.

Pereira (2002) salienta que quanto maior a temperatura do ar mais provável será uma fonte de ignição resultar em queimada.

Os resultados obtidos das análises da relação dos focos de queimadas com os poluentes atmosféricos, monóxido de carbono (CO) e material particulado (PM), foram somente de janeiro a agosto.

Na Figura 4 verificou-se que, de janeiro a abril os focos apresentam diminuição, porém, notou-se um aumento na precipitação, assim diminuindo a emissão de poluentes atmosféricos pelas queimadas. Nos meses de maio a agosto houve crescimento dos índices dos focos, em relação aos meses que apresentaram alta precipitação, assim como os valores de PM que demonstraram índices maiores em relação aos meses de janeiro a abril. Já o CO apresentou aumento assim como os focos de queimadas, apesar dos meses de junho e julho apresentarem uma pequena diminuição.

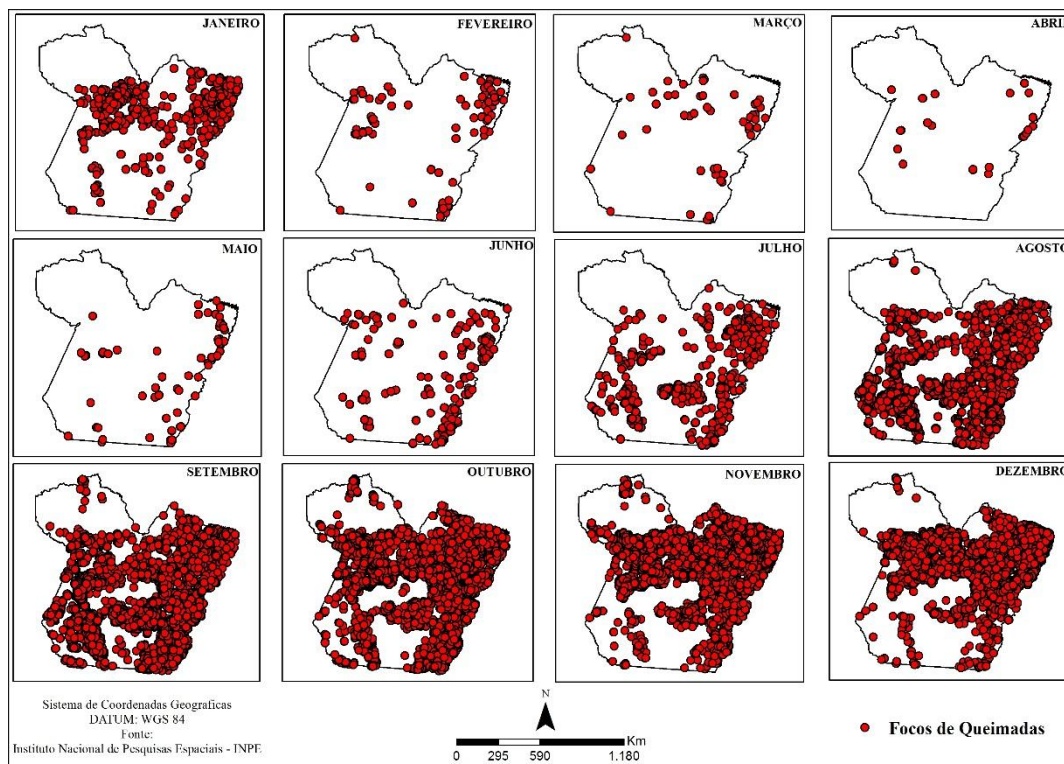


Figura 4. Demonstração do comportamento mensal das queimadas em 2015.

Segundo Tundo e Zecchini (2007) as distribuições das concentrações de poluentes na atmosfera dependem das condições de emissão e das condições meteorológicas.

Na Figura 5 as queimadas diminuem e apresentam uma queda em suas emissões de CO e PM bem janeiro a abril, meses o qual a precipitação aumenta, a temperatura diminui. Nos meses de maio e julho as queimadas apresentam um aumento, pois em julho já se inicia a época menos chuvosa no estado, dessa maneira, aumentando gradativamente as emissões de CO e PM.

A distribuição de chuva é bastante importante nos processos de dispersão de poluentes, sendo um dos principais agentes capazes de remover gases da atmosfera, períodos longos sem precipitações estão geralmente associados ao aumento das concentrações ambientais de poluentes (MALHEIROS et al., 2009).

O clima e os ventos influenciam diretamente nas movimentações dos poluentes ambientais no meio, e com a ocorrência do fenômeno El Niño no ano estudado (Melo et al., (2015) o qual interfere nos ventos e no regime de precipitação e seca, tal fato pode interferir na liberação e acúmulo de poluentes no meio.

A Figura 6 demonstra que no primeiro trimestre do ano estudado a queda nas taxas de PM é gradativa, pois o as precipitações neste período aumentam assim diminuindo os focos e queimadas.

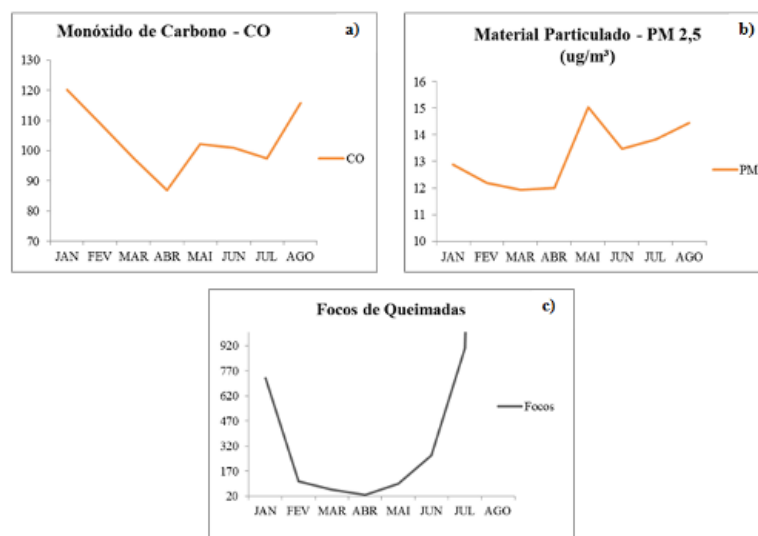


Figura 5. Gráficos referentes a monóxido de carbono, material particulado, focos de queimadas, temperatura e focos de queimadas no período de janeiro a agosto, no ano de 2015.

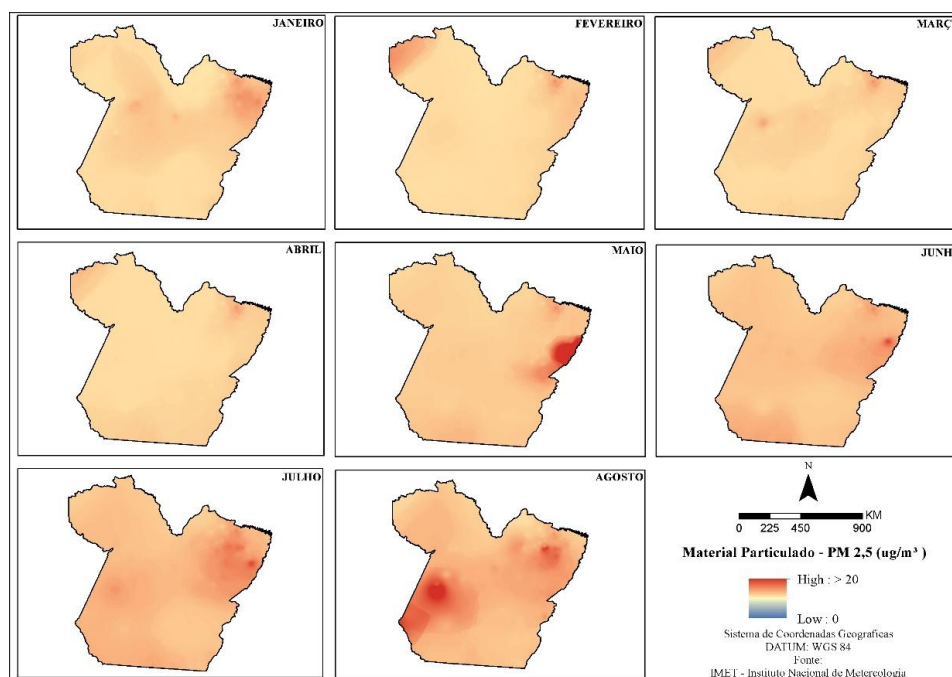


Figura 6. Demonstração do comportamento do material particulado (PM 2,5) de janeiro a agosto de 2015, utilizando o IDW.

Observou-se que mesmo nos meses com maiores índices de precipitação a quantidade de PM não sofre variações bruscas, pois de acordo com Torres e Martins (2005) em períodos chuvosos a dispersão do PM é lenta e desfavorável, e sua permanência na atmosfera dependerá das condições meteorológicas da região.

De acordo com a análise da Figura 7 os valores de monóxido de carbono foram diminuindo aos poucos durante o primeiro trimestre do ano de 2015, no segundo trimestre nos meses de maio e junho houve um acúmulo no nordeste do estado, tal fato pode estar relacionado a dispersão dos CO advindo através dos ventos dos estados do Maranhão e Tocantins ambos com valores elevados de focos de queimadas com 74.032 e 54.199 respectivamente. Dentre os principais parâmetros meteorológicos, o comportamento da

direção e velocidade do vento é fundamental para a análise do transporte e da capacidade de dispersão em uma determinada região para outra (CAVALCANTE, 2010).

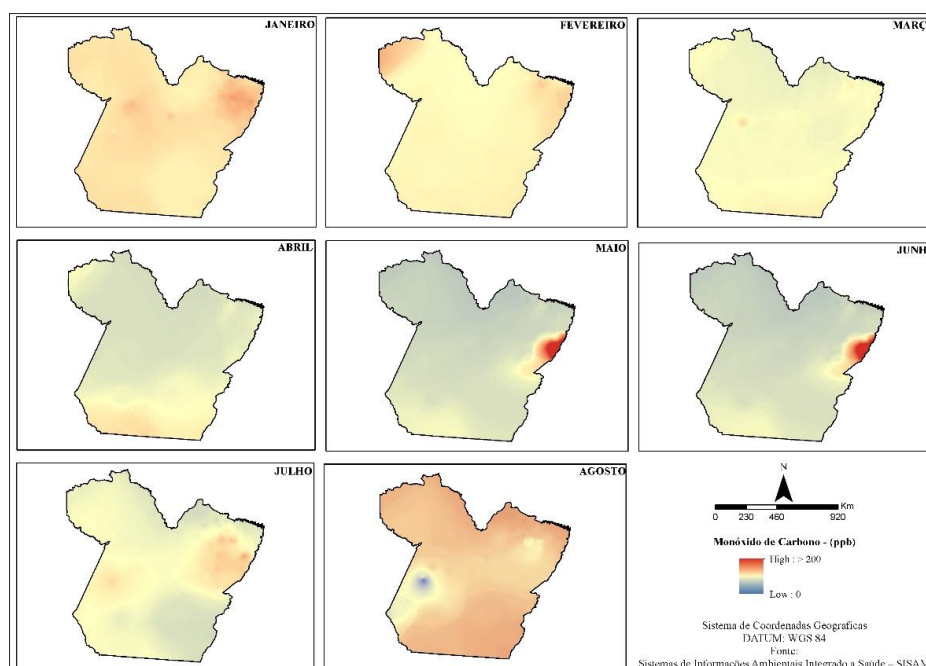


Figura 7. Demonstração do comportamento do monóxido de carbono (CO), de janeiro a agosto de 2015, através do uso do IDW.

Através das queimadas há liberação de monóxido de carbono, material particulado, entre outros poluentes atmosféricos, e após as análise pode-se afirmar que aos focos de queimadas tem influência no aumento e diminuição do CO e PM no estado do Pará nos meses estudados, porém, não são as únicas fontes desses de poluentes atmosféricos, pois atividades como a queima incompleta de combustíveis e de seus aditivos, processos industriais e do desgaste de pneus e freios também são causadores da liberação desses poluentes ao meio ambiente (CETESB, 2002).

#### 4. Conclusões

As variáveis ambientais demonstraram relação com as queimadas, de maneira que nos meses em que se aumentavam as precipitações as queimadas e temperatura reduziam e quando a precipitação diminuía havia o aumento das queimadas e temperatura. Salienta-se que no ano de 2015 houve a ocorrência do fenômeno El Niño, o qual diminui as chuvas, consequentemente gera estiagem prolongada, altas temperaturas e outros, que pode também ter influenciado nos altos índices de queimadas nesse ano. Em relação aos poluentes monóxido de carbono e material particulado observou-se que as queimadas e as variáveis ambientais influenciaram nas emissões destes, pois quando as queimadas e a temperatura aumentavam os poluentes apresentavam elevação, e nos meses que havia grande precipitação os poluentes diminuía, levando em consideração que as chuvas são agentes capazes de remover gases da atmosfera. Diante o exposto verifica-se a importância e eficácia da distribuição espacial e o uso do SIG nos problemas ambientais, observa-se ainda que a pesquisa foi de grande relevância para o estado, levando em consideração os problemas causados a saúde e ao meio ambiente que as queimadas geram. Também, serve para indicar os municípios que devem ter uma maior atuação, tanto em fiscalização/controle como em campanhas educativas nos municípios avisando do problema ambiental e da saúde dos seres humanos que ocorrem com as queimadas

## Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela oportunidade de bolsa concedida (Processo: 125826/2016-8).

## Referências Bibliográficas

- Batista, A. C. **Detecção De Incêndios Florestais Por Satélites**. 2013. Disponível em: <<http://www.floresta.ufpr.br/firelab/wp-content/uploads/2013/09/artigo16.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2016.
- Bowman, D. M. J. S.; Balch, J. K.; Artaxo, P.; Bond, W. J.; Carlson, J. M.; Cochrane, M. A.; D'antonio, C. M.; Defries, R. S.; Doyle, J. C.; Harrison, S. P.; Johnston, F. H.; Keeley, J. E.; Krawchuk, M. A.; Kull, C. A.; Marston, J. B.; Moritz, M. A.; Prentice, I. C.; Roos, C. I.; Scott, A. C.; Swetnam, T. W.; Van Der Werf, G. R.; Pyne, S. J. Fire in the Earth System, **Science**, 481–484, 2009.
- Cavalcanti, P. M. P. S. **Modelo de gestão da qualidade do ar – abordagem preventiva e corretiva**. 2010. 252 f. Tese (Doutorado) - Pós-graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, **Estudo do Comportamento do Ozônio na Região Metropolitana de São Paulo**, São Paulo, 2002.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Emergências Ambientais**, 2010. Disponível em: < [http://www.ibama.gov.br/phocadownload/category/36-p?download/publicação\\_proarco.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/category/36-p?download/publicação_proarco.pdf)> Acesso em: 14 mar. 2016.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2015: Estados @. Disponível em:< <http://www.ibge.gov.br/Estadosat/perfil.php?sigla=pa>>. Acesso em 10 dez. de 2015.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2016. **Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios**. Disponível em <http://www.inpe.br/queimadas>. Acesso em: 10 de out. 2016.
- Jimenez, K. Q.; Domecq, F. M. Estimación de chuva usando métodos de interpolação. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p.16, 2008.
- Malheiros, A. L.; Nocko, H. R.; Grauer, A. **Estudo da dispersão atmosférica de poluentes, utilizando o modelo iscs3 (industrial source complex) para a usina termoeletrica de Agudos do Sul (município de Agudos do Sul/PR)**. Curitiba-PR: Envex e Similar, 2009. 34 p.
- Martini, L.; Deppe, F.; Lohmann, M. Avaliação temporal de focos de calor no estado do Paraná (1999 a 2006). In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Anais... Florianópolis-SC, 2007, INPE, p. 4477-4484.
- Melo, A. B. C.; Sismanoglu, R. A.; Nobre, P.; Seluchi, M. **INFOCLIMA: Boletim De Informações Climáticas do CPTEC/INPE**. 12. ed. São Paulo: MCTI/INPE/CPTEC, 2015. 3 p.
- Morisette, J.T.; Giglio, L.; Csiszar, I.; Setzer, A.; Schroeder, W.; Morton, D.C.; Justice, C. Validation of MODIS active fire detection products derived from two algorithms. **Earth Interactions**, 9(9): 1-24, 2005.
- PEREIRA Júnior, A.C. Métodos de geoprocessamento na avaliação da suscetibilidade do Cerrado ao fogo. Tese, (Doutorado em Geografia). UFScar, São Carlos-SP, p.97, 2002.
- Pereira, A. A.; Barros, D. A.; Junior, F. W. A.; Pereira, J. A. A.; Reis, A. A. Análise da distribuição espacial de áreas queimadas através da função K de Ripley. **Scientia Forestalis**, v. 41. n. 100, p. 445-455, 2013.
- Torres, F. T. P.; Martins, L. A. A Influência de Fatores Antrópicos e Meteorológicos na Qualidade do Ar em Juiz de Fora - MG. In: III Congresso Interamericano de Qualidade do Ar. **Anais...** Canoas - RS, Porto Alegre: Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.
- Tundo P.; Zecchini F. **Mudanças Climáticas Globais**.2007. Consórcio Inter-Universitário Nacional e IUPAC. 2007. Disponível em: <[http://www.incaweb.org/publications/pdf/climate\\_monograph\\_por.pdf](http://www.incaweb.org/publications/pdf/climate_monograph_por.pdf)> Acesso em: 26 out. 2016.
- Vasconcelos, S. S. Incêndios Florestais e Queimadas no Amazonas: Distribuição, Suscetibilidade e Emissões de Carbono. Manaus, 2012.
- Zumbrunnen, T.; Pezzatti, G. B.; Menéndez, P.; Bugmann, H.; Bürgi, M.; Conedera, M. Weather and human impacts on forest fires: 100 years of fire history in two climatic regions of Switzerland. **Forest Ecology and Management, ScienceDirect**, v. 261, p. 210 – 219, 2011.