

**X-017 - ANÁLISE ESPACIAL DO MATERIAL PARTICULADO NA  
MICRORREGIÃO DE SÃO FELIX DO XINGU NO PERÍODO DE JANEIRO A  
AGOSTO DE 2015**

**Karla De Souza Santos** <sup>(1)</sup>

Graduada em Engenharia Ambiental, Faculdade Estácio de Belém. Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade do Estadual do Pará (UEPA)

**Gabrielle Silene dos Santos Almeida** <sup>(2)</sup>

Discente de Engenharia Ambiental da Faculdade Estácio de Belém – IESAM

**Tamires de Fátima Pinto Lisboa Guimarães** <sup>(3)</sup>

Mestre em Geografia pela da Universidade Federal do Pará (UFPA)

**Clístenes Pamplona Catete** <sup>(4)</sup>

Mestre em Geofísica pela UFPA. Técnico em Pesquisa e Investigação Biomédica no Laboratório de Geoprocessamento do Instituto Evandro Chagas / SVS / MS

**Ricardo José de Paula Souza e Guimarães Resultado** <sup>(5)</sup>

Doutor em Biomedicina pelo Instituto de Ensino e Pesquisa da Santa Casa de Belo Horizonte. Tecnologista (Pesquisa e Investigação Biomédica em Saúde Pública) no Laboratório de Geoprocessamento do Instituto Evandro Chagas / SVS / MS

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Br 316 – km12, Nº 2184 – Residencial Città Maris – São João - Marituba - Pará - CEP: 67200-000 - Brasil - Tel: +55 (91) 98914-9256 - e-mail: karla.pehse@gmail.com.

## RESUMO

A região amazônica tem vivenciado significativas mudanças no padrão de uso do solo, devido ao intenso processo de ocupação humana, entre as principais atividades humanas, destacam-se as que causam degradação da atmosfera. Assim, a finalidade da pesquisa foi realizar a análise espacial do material particulado na microrregião de São Felix do Xingu do estado do Pará, verificando as possíveis fontes e relações das variáveis climáticas. A área de estudo foi a microrregião de São Felix do Xingu pertencente à mesorregião do Sudeste Paraense, que compreende cinco municípios, Bannach, Cumaru do Norte, Ourilândia do Norte, São Felix do Xingu e Tucumã. Os dados de material particulado foram cedidos pelo SISAM, entretanto os dados cedidos foram apenas de janeiro a agosto, pois, ainda não haviam sido processados os outros meses do ano de 2015. As informações climáticas de temperatura e precipitação foram obtidas a partir do INMET, os dados de focos de queimadas foram obtidos do INPE. Para realizar as análises se utilizou o método de interpolação matemática *Inverse Distance Weighted*, para elaboração de grade regular de pontos de material particulado e outras variáveis como, precipitação e temperatura. Usou-se ainda a ferramenta *Zonal Statistics as Table* do software ArcGIS para obter os valores médios do material particulado, elaborar gráficos e relacionar com as variáveis ambientais. A partir das análises observou-se que as análises das variáveis ambientais e a sazonalidade, influenciam diretamente na dispersão do material particulado, pois quando há o aumento na precipitação os índices de MP sofrem retração e quando a temperatura aumenta os poluentes apresentavam elevação. Notou-se ainda que uma das fontes do MP nessa região são as queimadas. Dessa maneira, estudar as emissões de material particulado principalmente quando este está atrelado a queimadas causar graves problemas de doenças respiratórias. Portanto, a pesquisa demonstrou que o uso do geoprocessamento foi de extrema relevância pois mostrou que há uma necessidade de controle das emissões de material particulado, sendo necessário o controle de suas fontes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Poluição atmosférica, Variáveis ambientais, Análise espacial, Queimadas.

## INTRODUÇÃO

A exploração dos recursos naturais pelo homem intensificou-se ao longo do tempo, especialmente com o advento da revolução industrial e do capitalismo, ganhando impulso e dimensão com o processo de globalização no século XX. Nesse contexto, ocorreram alterações adversas significativas no meio ambiente, notadamente sobre o meio físico, e particularmente na atmosfera (BUENO et al., 2010). A região amazônica

tem vivenciado significativas mudanças no padrão de uso do solo, principalmente a partir da década de 1970, devido ao intenso processo de ocupação humana. Entre as principais atividades humanas, destacam-se o desmatamento e as queimadas em larga escala de áreas de florestas (Fearnside, 2006).

Dessa maneira, a convivência dos seres vivos, em especial a do homem, com a poluição do ar tem trazido consequências sérias para a saúde. Os efeitos dessa exposição têm sido marcantes e plurais quanto à abrangência. Em países desenvolvidos e em desenvolvimento, crianças, adultos e idosos, previamente doentes ou não, sofreram e ainda sofrem seus malefícios (BRAGA, 2003). Levando em consideração que os grupos mais suscetíveis aos efeitos deletérios da poluição atmosférica são crianças, idosos e indivíduos com doenças do aparelho respiratório e cardiovascular (SILVA et al., 2010).

Assim, a poluição atmosférica pode ser definida como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, concentração, tempo ou características que possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial segurança, ao uso e gozo da propriedade e à qualidade de vida da comunidade (MMA, 2014). A determinação sistemática da qualidade do ar, segundo o Portal do Meio Ambiente (2015), se dá pela medição de vários parâmetros, onde um deles é o material particulado.

O material particulado refere-se a partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, fumaça, fuligem e outras, com uma faixa de tamanho menor que 100  $\mu\text{m}$  (entre 0,002 e 100  $\mu\text{m}$ ). Possuem tamanhos variados, mas diminutos o bastante para permanecerem na atmosfera (LORENA & MARTINS, 2016). E ainda conforme o Ministério de Meio Ambiente (2016), o material particulado é uma mistura complexa de sólidos com diâmetro reduzido, cujos componentes apresentam características físicas e químicas diversas. Em geral o material particulado é classificado de acordo com o diâmetro das partículas, devido à relação existente entre diâmetro e possibilidade de penetração no trato respiratório.

Entretanto, segundo o Instituto de Energia e Meio Ambiente (2014), a degradação da qualidade do ar decorre de um conjunto de fatores como as taxas de emissões de poluentes, a localização e a concentração das fontes - fixas ou estacionárias, móveis e agrossilvopastoris - as características físico-química dos poluentes emitidos, bem como a dispersão destes na atmosfera e as reações químicas que acontecem entre eles, as quais são fortemente influenciadas pelas condições climáticas.

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos-EPA (2016) agrupa o material particulado em duas categorias: PM 10-2,5, que são encontrados perto de estradas e indústrias e variam em diâmetro de 2,5 a 10  $\mu\text{m}$ , e PM 2,5, os quais são encontrados em fumaça e neblina têm diâmetros inferiores a 2,5  $\mu\text{m}$ . Algumas das principais fontes de PM 2,5 (partículas finas) incluem carros e caminhões (especialmente aqueles com motores a diesel); queima aberta; incêndios florestais; poeira de estradas; carvão e queima de óleo-caldeiras entre outras. Essas partículas podem afetar o coração e os pulmões, causando sérios efeitos à saúde, ao serem inaladas.

De acordo com Câmara & Davis (2001) o sistema de informações geográficas (SIG), geotecnologia da área de geoprocessamento, permite a realização de diversas análises complexas e integração de dados e com a criação de um banco de dados georreferenciados torna possível a elaboração de mapas e outros produtos cartográficos. Sendo assim, a utilização de tecnologias espaciais para a obtenção de imagens é de extrema importância, visto que com ela possível verificar os focos de queimadas na região de São Felix do Xingu, a qual é indicada com o maior índice de degradação provocado pelas queimadas no Pará.

A distribuição e análise espacial é uma ferramenta muito utilizada no geoprocessamento a qual propicia o estudo de eventos ocorridos no espaço fornecendo uma percepção visual da distribuição espacial do problema abordado e também pode traduzir os padrões existentes. Além disso, a relação espacial entre os dados contribui significativamente para o avanço e compreensão do fenômeno (DRUCK et al., 2004).

## **OBJETIVO**

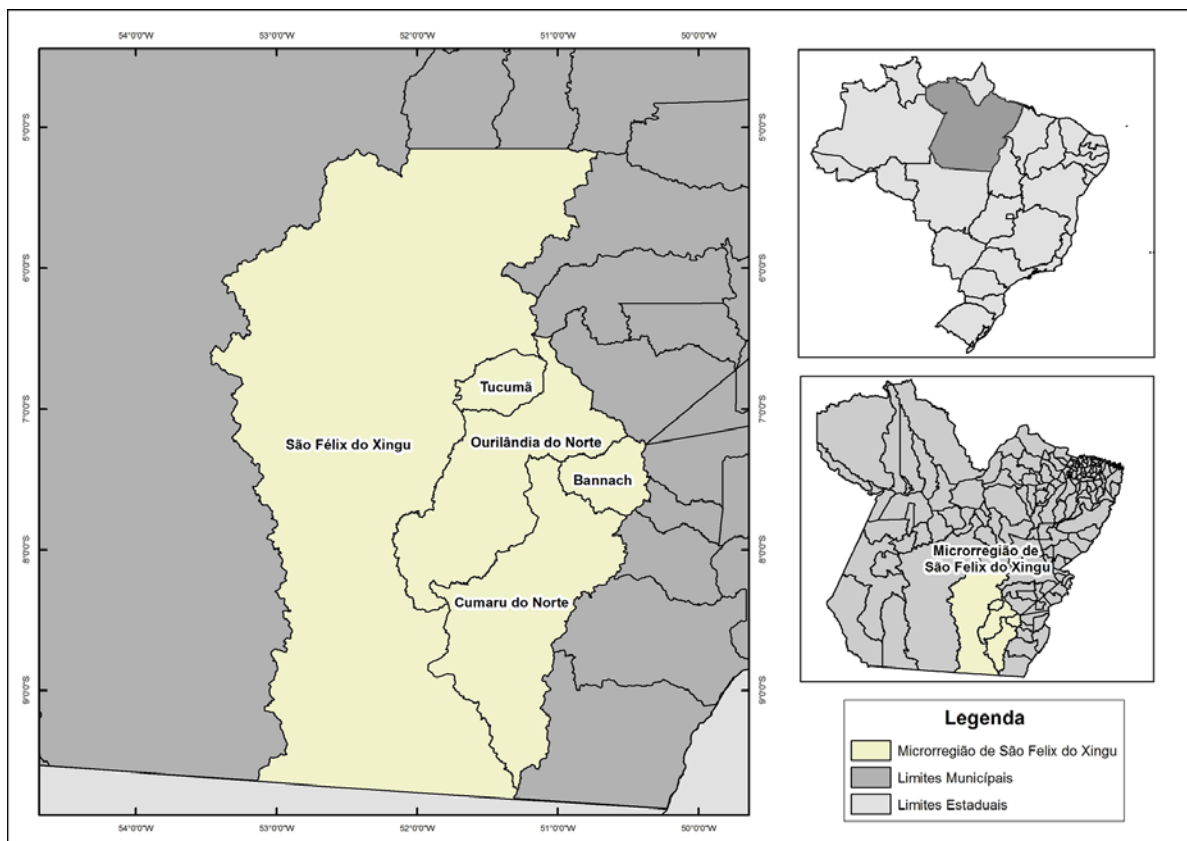
Realizar análise espacial do material particulado na microrregião de São Felix do Xingu do estado do Pará, verificando as possíveis fontes e relações das variáveis climáticas.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

A mesorregião do Sudeste Paraense é uma das seis mesorregiões do estado e possui 39 municípios agrupados em sete microrregiões. A área de estudo será a microrregião de São Felix do Xingu pertencente à mesorregião do Sudeste Paraense, que compreende cinco municípios, Bannach, Cumaru do Norte, Ourilândia do Norte, São Felix do Xingu e Tucumã, de acordo com a Figura 1. Totalizando uma área de 121.106,7 km<sup>2</sup>, com uma população estimada para 2016 de 205.857 habitantes, conforme o IBGE (2016).

A microrregião de São Felix do Xingu está situada no Sudeste Paraense, a Oeste da microrregião de Altamira, ao Norte da microrregião de Tucuruí, ao Sul do estado do Mato Grosso e ao Leste das microrregiões de Conceição do Araguaia, Parauapebas e Redenção.



**Figura 1: Mapa de localização da Microrregião de São Felix do Xingu**

### Coleta de dados

Os dados de material particulado foram cedidos pelos Sistemas de Informações Ambientais Integrados a Saúde – SISAM (<http://sisam.cptec.inpe.br>), porém os dados cedidos foram apenas de janeiro a agosto, pois, ainda não haviam processado os outros meses do ano de 2015. Os dados de limites estaduais, municipais e das mesorregiões do Pará foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (<http://www.ibge.gov.br/home>). As informações climáticas de temperatura e precipitação foram obtidas a partir do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (<http://www.inmet.gov.br>). Os dados de focos de queimadas foram obtidos do site de monitoramento de queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (<https://prodwww-queimadas.dgi.inpe.br/bdqueimadas>). Outras fontes secundárias foram sendo utilizadas na pesquisa: livros, revistas, artigos técnicos e rede mundial de computadores.

### Processamento dos dados

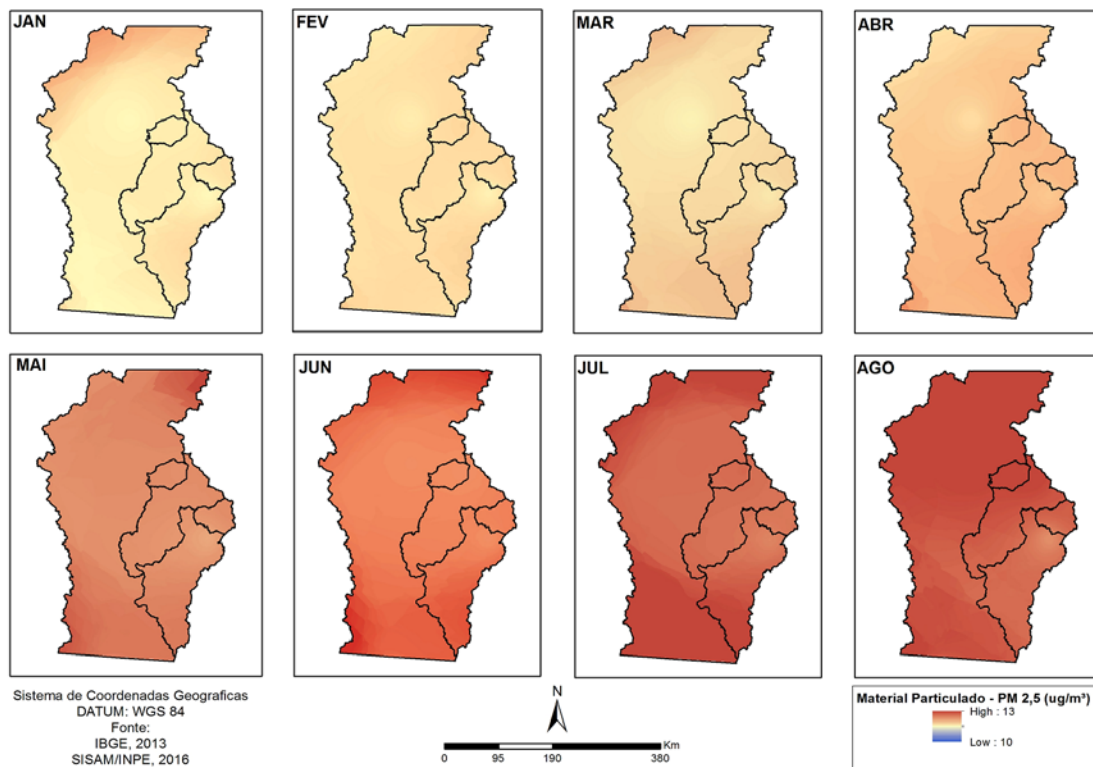
O processamento, análise e interpretação dos dados de material particulado foram realizados no software ArcGIS 10.3. Foi usado o método de interpolação matemática *Inverse Distance Weighted* (IDW), para a realização de uma grade regular de pontos de material particulado e outras variáveis como, precipitação e

temperatura. O método IDW, realiza a estimativa da variável ao longo do espaço, ponderando pesos a cada um dos  $n$  postos 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; DOMECCQ, 2008).

Realizou-se análises usando a ferramenta *Zonal Statistics as Table* do software ArcGIS para obter os valores médios do material particulado, a partir de então elaborou-se gráficos para relacionar com as variáveis ambientais.

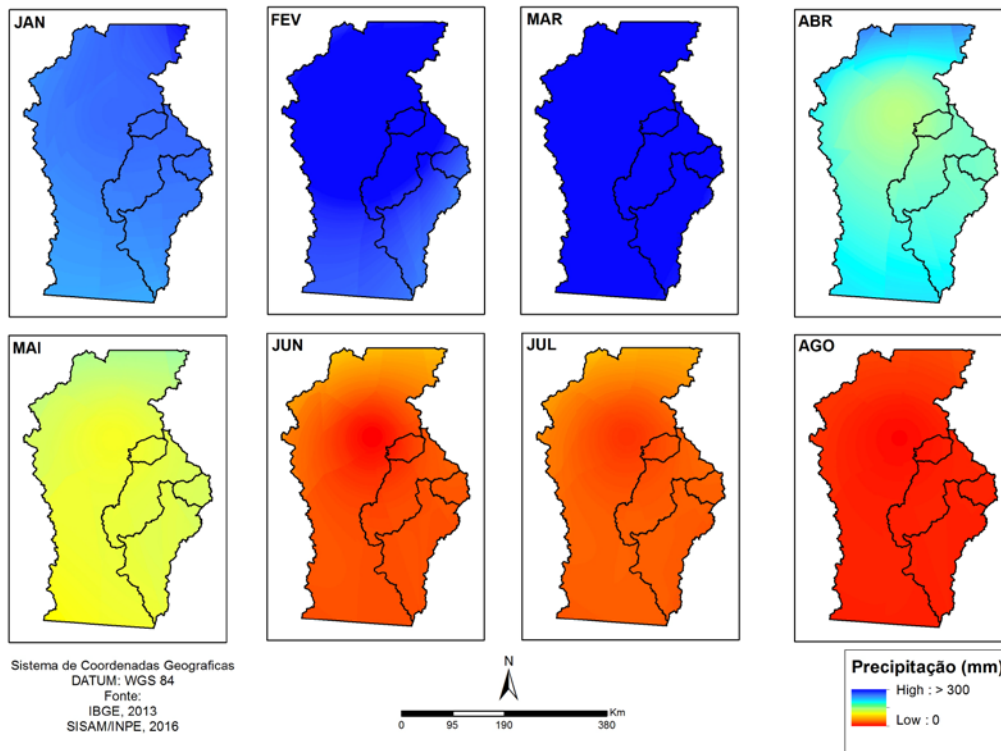
## RESULTADOS OBTIDOS

A partir do uso do *IDW* observou-se que o material particulado (Figura 2), se encontra em menor quantidade no início do ano, demonstrando aumento significativo mais precisamente a partir de maio, esse aumento vai se intensificando até agosto. Verifica-se que na Figura 3 a precipitação apresenta-se de maneira inversamente proporcional ao material particulado, levando em consideração Who (1999) as partículas são removidas da atmosfera por deposição úmida, durante a precipitação, ou seja, a deposição atmosférica de partículas no ecossistema ocorre pelos processos de precipitação de chuva e neve; gotículas de nuvens e intercepção de névoas.



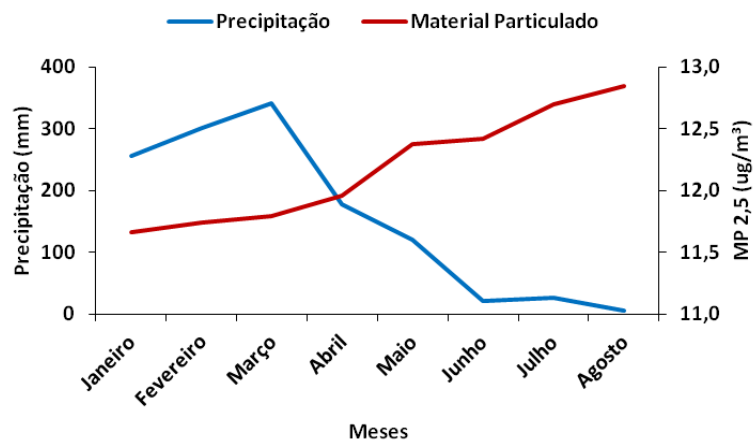
**Figura 2: Demonstração do comportamento do material particulado (PM 2,5) na Região de São Felix do Xingú.**

Nota-se que no período em que o material particulado está em menor quantidade é o período chuvoso do estado do Pará, pois conforme Moraes e colaboradores (2005) a estação chuvosa no estado do Pará compreende os meses de dezembro a março e a estação menos chuvosa de junho a novembro. E o aumento nos índices de material particulado ocorre no período menos chuvoso, tendo seu pico de MP em agosto. Assim, 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; NOCKO; GRAUER, 2009).



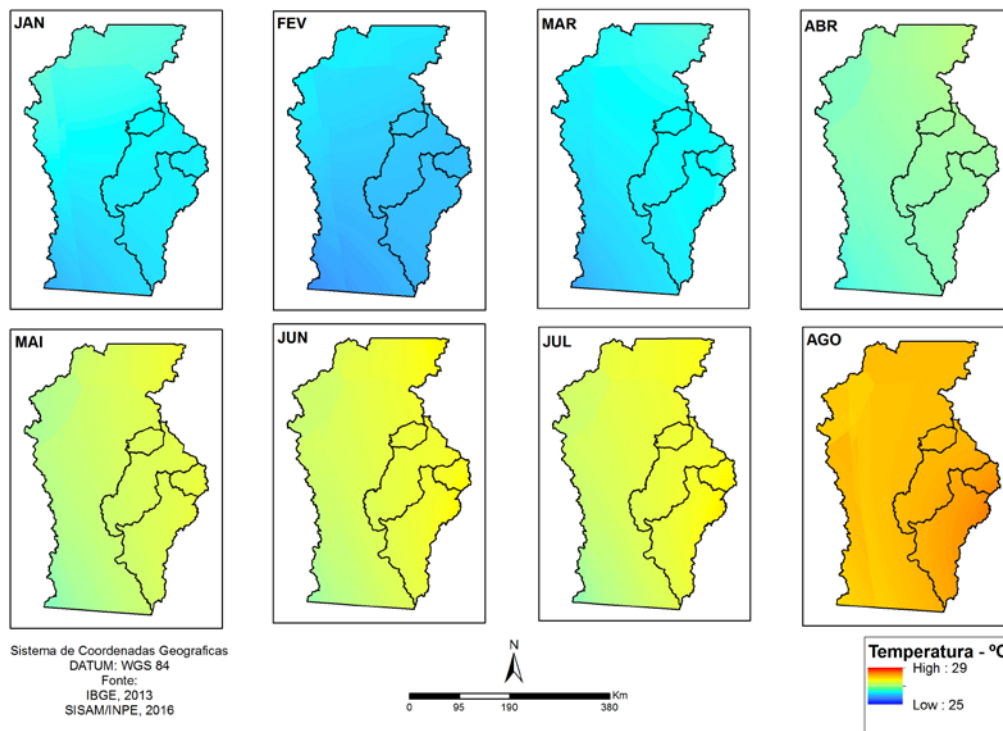
**Figura 3: Demonstração do comportamento da precipitação de janeiro a agosto de 2015.**

Esse comportamento é verificado também no gráfico de comparação de MP com a precipitação observado na Figura 4, onde é possível notar o comportamento inversamente proporcional de maneira mais sucinta. Verifica-se ainda que apesar da variação do PM em relação a sazonalidade, os índices de MP não demonstram um aumento discrepante.



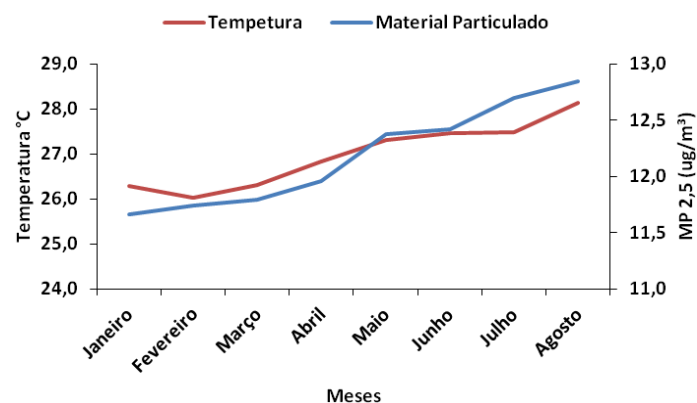
**Figura 4: Gráfico da relação do Material particulado com a precipitação.**

Na Figura 5 é possível verificar a que a temperatura também possui relação com o MP, contudo se diferencia da observada na precipitação, pois ela se comporta de maneira semelhante, ou seja, quando a temperatura se encontra mais amena (nos meses de janeiro a março), o MP está em menor concentração, e em abril, quando se observa um determinado aumento da temperatura, os índices de MP também cresce, salientando que nesse período se apresenta diminuição de chuvas na área. Averigua-se, também, que em agosto há o maior índice de temperatura dos meses analisados, assim como de MP.



**Figura 5: Demonstração do comportamento da temperatura de janeiro a agosto de 2015.**

Na Figura 6 averigua-se o gráfico da relação do material particulado com a temperatura, este demonstra um comportamento similar entre esses dois elementos, já demonstrado nas Figuras 2 e 5. Em um estudo realizado por Andrade e colaboradores (2012) foi observada também a relação direta do MP (2,5) com a temperatura. No mês de julho nota-se um pequeno aumento no índice de MP e a temperatura demonstra diminuição, sendo visível um comportamento contrário aos dos outros meses, todavia, essa diferença pode ser determinada como irrelevante, pois a diminuição da temperatura é de aproximadamente 0,5°, sendo muito pequena para estipular algo.



**Figura 6: Demonstração do comportamento da precipitação e material particulado de janeiro a agosto de 2015.**

Uma das possíveis fontes de MP na Região do Xingu são as queimadas, pois segundo o INPE o município de São Felix do Xingu que faz parte dessa região, ficou em segundo lugar dos municípios que apresentaram maiores índices de queimadas do estado do Pará em 2015. E segundo Silva e colaboradores (2010) o fenômeno das queimadas gera intensa produção de poluentes atmosféricos, entre os quais o material particulado. Assim, a partir da Figura 7, nota-se que há grande relação das queimadas com o MP, no gráfico é possível observar que enquanto os valores dos focos de queimadas estão baixos o material apresenta um aumento mais retraído, e conforme o período chuvoso vai acabando tanto o MP quanto os focos aumentam.

Salienta-se que somente abril não apresentou focos de queimadas, apesar de não ser averiguado isso no gráfico, e que a partir de maio há um aumento dos focos, porém esse crescimento nos índices de queimadas é maior a partir de junho, demonstrando melhor a relação entre o PM.

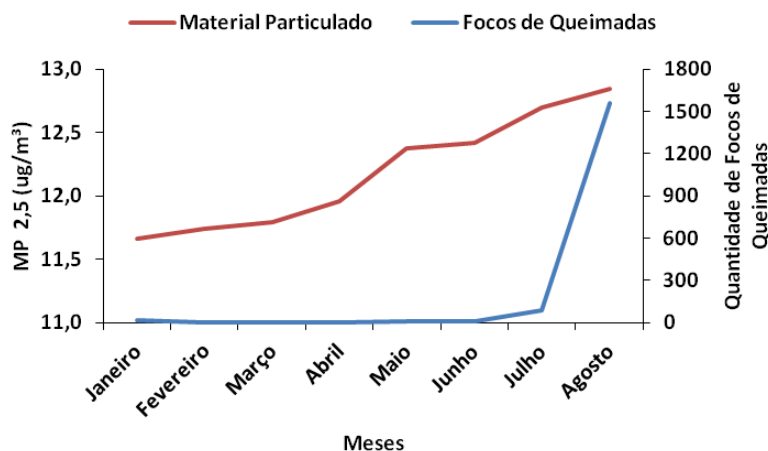


Figura 7: Demonstração da relação do material particulado com focos de queimadas.

## CONCLUSÕES OU RECOMENDAÇÕES

Através das análises observou-se que as variáveis ambientais e a sazonalidade, influenciam diretamente na dispersão do material particulado, pois quando há o aumento na precipitação os índices de MP sofrem retração e quando a temperatura aumenta os poluentes apresentavam elevação, levando em consideração que foi verificado que o comportamento do MP na Região de São Felix do Xingu varia conforme as estações Amazônicas (período menos chuvoso e chuvoso). Notou-se ainda que uma das fontes do MP nessa região são as queimadas, as quais demonstraram grande relação com esse elemento.

Verifica-se que na Região de São Felix do Xingu há grande quantidade de rebanhos bovinos e segundo o IBGE (2014), um dos municípios dessa região liderou o ranking brasileiro dos 20 municípios do Brasil com maior quantidade de cabeça de gado. Na atividade da agropecuária é muito comum utilizarem do fogo em alguma fase da limpeza dos pastos corroborando para o aumento do MP.

Assim, é importante estudar as emissões de material particulado principalmente quando este está atrelado a queimadas, pois se torna mais nocivo as pessoas, causando graves problemas de doenças respiratórias. Daí verifica-se a extrema relevância das análises espaciais com o uso do geoprocessamento, onde este demonstrou que há uma necessidade de controle das emissões de material particulado, ou seja, o controle de suas fontes (queimadas ou outras).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE, V. S.; ARTAXO, P.; HACON, S.; CARMO, C. N. Influência do Material Particulado (Pm2.5) de Queimadas e Variáveis Meteorológicas na Morbidade Respiratória de Crianças em Manaus, AM. *Revista Geonorte*, Edição Especial, V.1, N.4, p.744 – 758, 2012.
2. BRAGA, A. *Poluição Atmosférica e seus Efeitos na Saúde Humana*, Faculdade de Medicina, USP, 2003.
3. BUENO, F. F.; FONSECA, A. R.; BRAGA, F. A.; MIRANDA, P. S. C. Qualidade do ar e interações por doenças respiratórias em crianças no município de Divinópolis, Estado de Minas Gerais. *Revista Acta Scientiarum. Health Sciences* Maringá, v. 32, n. 2, p. 185-189, 2010.
4. CÂMARA, G.; DAVIS, C. *Geoprocessamento - Teoria e Aplicações*. São José Dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. Disponível em :< <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>>. Acesso em: 20 de maio de 2017.
5. DRUCK, S., CARVALHO, M. S., CÂMARA, G., MONTEIRO, A. V. M. *Análise espacial de dados geográficos*. Brasília: EMBRAPA, p. 209, 2004.

6. EPA - United States Environmental Protection Agency. *Particulate Matter (PM) Pollution*; 2016. Disponível em: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>. Acesso em 25 de Maio de 2017.
7. FEARNISIDE, P.M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazônica*. 36(3): 365-400, 2006.
8. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. *Microrregiões*. Disponível em:< <http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acessado em 27 de Maio de 2017.
9. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2014: *Estados @*. Disponível em:< <http://www.ibge.gov.br/Estadosat/perfil.php?sigla=pa>>. Acesso em 27 de Maio de 2017.
10. Instituto de Energia e Meio Ambiente. *1º Diagnostico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil.*; 2014.
11. JIMENEZ, K. Q; DOMEQ, F. M. *Estimação de chuva usando métodos de interpolação*. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p.16, 2008.
12. LORENA, S; MARTINS, E. *Poluição atmosférica: Poluentes particulados e gasosos*; 2016.
13. MALHEIROS, A. L.; NOCKO, H. R.; GRAUER, A. *Estudo da dispersão atmosférica de poluentes, utilizando o modelo iscst3 (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.
14. MMA - Ministério do Meio Ambiente. *Cidades Sustentáveis: Qualidade do ar*; 2014. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar>>. Acesso em: 27 de Maio de 2017.
15. MMA - Ministério do Meio Ambiente. *Cidades Sustentáveis: Qualidade do ar – Poluentes atmosféricos*. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos#Material\\_particulado](http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos#Material_particulado)>. Acessado em 27 de Maio de 2017.
16. MORAES, B. C; COSTA, J. M. N; COSTA, A. C. L; COSTA, M. H. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazônica*. 35(2): 207-214, 2005.
17. Portal do Meio Ambiente (2015). Disponível em: <http://portal.rebia.org.br/> Acessado em 27 de Maio de 2017.
18. SILVA, A. M. C; MATOS, I. E.; FREITAS, S. R.; LONGO, K. M.; HACON, S. S. Material particulado (PM<sub>2.5</sub>) de queima de biomassa e doenças respiratórias no sul da Amazônia brasileira. *Revista Brasileira de Epidemiologia* 13(2): 337-51; 2010.
19. [WHO] WORLD HEALTH ORGANIZATION. Particulate matter. In: *Air quality guidelines*. 2nd ed. Copenhagen, 2000c. Cap.7.3. 40p.