

Impacto na qualidade do ar devido à emissão de material particulado no Estado do Mato Grosso e sua consequência à saúde humana

José Guilherme Martins dos Santos¹

Kellen Carla Lima²

Denilson da Silva Bezerra¹

Elói Lennon Dalla Nora¹

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)^{1,2}

Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST)¹

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)²

12227-010 - São José dos Campos – SP, Brasil

guilherme.martins@inpe.br, kellen.lima@cptec.inpe.br, {denilson.bezerra, eloi.dallanora}@igbp.inpe.br

Abstract. The impact of air quality in the state of Mato Grosso on children under five years of age in the June to November periods of 2008 and 2009 was investigated. Information on the concentration of particulate material with a diameter of less than 2.5 micrometers (MP_{2.5}), derived from the numerical model Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS), meteorological conditions (precipitation, relative humidity, temperature and wind speed and direction) and asthma occurrence were employed in order to analyze the relationship between the variables and the above-mentioned illness. The years 2008 and 2009 were marked by the events of La Niña and El Niño, respectively. These phenomena have an impact on rainfall patterns, due to changes in atmospheric circulation patterns, and consequently the number of fire spots, which in turn impact the atmospheric particulate matter concentration. The results showed that asthma did not have a direct relationship with MP_{2.5}. Thus, we suggest an investigation with another type of illness that is more sensitive to MP_{2.5}, or the use of a more sophisticated methodology to better represent a possible relationship between them, such as multivariate statistics. In this study, only a qualitative analysis was conducted.

Palavras-chave: numeric model, asthma, pollution, children, modelo numérico, asma, poluição, crianças.

1. Introdução

A poluição atmosférica é um problema preocupante de saúde pública que atinge os grandes centros urbanos, tendo como consequência o aumento no número de internações hospitalares, como também na mortalidade (Saldiva, 1996; Freitas et al., 2004). O material particulado fino oriundo da queima da biomassa causa irritação nas vias aéreas mesmo em indivíduos saudáveis. No entanto, o efeito nocivo se manifesta amplamente nos portadores de alguma doença respiratória, como: asma, doença pulmonar obstrutiva crônica e bronquectasias. Nestes indivíduos, a inflamação das vias aéreas, iniciada pelo contato com a poluição da queimada, desencadeia a ocorrência de bronco espasmo, produção de muco, chiado, tosse, catarro e/ou falta de ar, em graus variáveis. As partículas finas apresentam um tempo de residência na atmosfera maior que as partículas grossas podendo ser transportadas por grandes distâncias. Isto aumenta a sua capacidade de dispersão, e conseqüentemente, o seu impacto sobre os indivíduos. Elas se depositam nos brônquios terminais e nos alvéolos, agravando os problemas respiratórios o que pode causar mortes prematuras (Ibaldi-Mulliet al., 2002). Dentro deste contexto, o estudo tem a finalidade de analisar o impacto na qualidade do ar ocasionada pela emissão de material particulado devido à queima da biomassa no Estado do Mato Grosso e sua consequência à saúde humana.

2. Metodologia de Trabalho

A região de estudo abrange o Estado do Mato Grosso, que apresenta os maiores índices de focos de queimadas quando comparados com os demais estados brasileiros. Além disso, é

verificado um elevado número de internações por problemas respiratórios durante a época seca, normalmente entre maio e setembro, por causa da grande emissão de poluentes na atmosfera oriunda da queima da biomassa. O período de análise abrange os meses de junho a novembro de 2008 e 2009. Estes meses representam a época seca nas áreas da Amazônia e Centro-Oeste do país. Por se tratar de um período crítico são observadas as maiores ocorrências de queimadas, que por sua vez liberam grande quantidade de material particulado (MP) de diversos diâmetros na atmosfera. Porém, neste trabalho, foram abordados aqueles inferiores a 2,5 μm que são responsáveis pela grande maioria dos problemas respiratórios, e pelo seu considerável tempo de residência na atmosfera, aproximadamente, duas semanas.

Medidas mensais de $\text{MP}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) foram estimadas pelo modelo matemático *CATT-BRAMS* (Longo et. al., 2007; Freitas et. al., 2009). Este modelo estima a concentração de poluentes atmosféricos derivados da queima da biomassa na região amazônica (Longo et. al., 2007). O *CATT-BRAMS* fornece medidas de $\text{MP}_{2.5}$ a cada 3 horas e com resolução espacial de 0.235° latitude \times 0.262° longitude. A partir desses dados foram calculadas as médias aritméticas mensais da concentração de $\text{MP}_{2.5}$. A escolha para análise dos anos de 2008 e 2009 se deve ao fato de que os dados do modelo apresentaram valores incoerentes de $\text{MP}_{2.5}$ para os anos anteriores à 2008.

Os focos de queimadas foram obtidos do sensor *Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)*, que está a bordo do satélite *TERRA*. Estes dados estão disponíveis no site da Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e podem ser acessados no endereço eletrônico: <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>.

O conjunto de dados meteorológicos consistiu de anomalias mensais de precipitação (PRP, mm), umidade relativa (UR, %), temperatura do ar (T, $^\circ\text{C}$) e velocidade e vetor do vento (vento, m/s) em pontos de grade. Os dados de UR e T foram obtidos do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) Interim Reanalysis* (Simmons et al. 2007a, b; Uppala et al. 2008), disponíveis no endereço eletrônico: <http://data-portal.ecmwf.int/data/d/interim_moda/levtype=pl/> para o período de 1989 a 2009. Estes dados apresentam resolução espacial de $1,5^\circ$ latitude \times $1,5^\circ$ longitude, 37 níveis na vertical e variação temporal de meses. Os dados de precipitação foram obtidos no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), os quais são de estações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Estes dados foram interpolados para uma grade regular de $0,25^\circ$ latitude \times $0,25^\circ$ longitude.

Os campos de anomalias de PRP, UR, T e vento representam a variação (podendo ser positiva, zero ou negativa) em relação à climatologia, a qual corresponde à média aritmética para um determinado período. A variável vento foi analisada no nível de 850 hPa (~ 1.500 m de altura) porque existe uma corrente de ar que transporta de forma mais eficiente os poluentes para outras áreas. Neste estudo, calculou-se a climatologia para os meses de junho a novembro de 1989 a 2009. Calculada a climatologia, fez-se a diferença entre o período médio de junho a novembro de 2008 e a climatologia. O mesmo raciocínio foi aplicado para o ano de 2009.

Os dados referentes às internações foram obtidos do Sistema de Informações Hospitalares (SIH) do Sistema Único de Saúde (SUS). A Autorização de Internação Hospitalar foi processada pelo DATASUS, sendo que seus dados estão disponibilizados para consulta pública na internet: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php>>. Neste trabalho, selecionou-se a enfermidade asma, a fim de estudar a sua possível relação com o $\text{MP}_{2.5}$. A doença foi selecionada do Capítulo X (doenças do aparelho respiratório) da Classificação Internacional de Doenças (CID-10, código 176, descrição: asma). A asma foi selecionada porque estima-se que no Brasil, de 10 a 20% da população sofrem desta enfermidade. Cerca de 350 mil internações hospitalares e aproximadamente 2 mil mortes por ano são causadas

pela asma, segundo dados do DATASUS referentes ao ano de 2002. É a quarta maior causa de internação hospitalar no país pelo SUS (2,3%). E cerca de 50% das crianças, de 3 a 10 anos, e 25% dos adultos, entre 50 e 70 anos, sofrem desta enfermidade. A faixa etária para estudo correspondeu a crianças menores de 5 anos, isto porque elas são mais sensíveis à exposição da poluição atmosférica, principalmente, nos meses mais secos quando há maior número de queimadas na região.

Os dados de população foram obtidos do Sistema do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de Recuperação Automática (SIDRA), os quais podem ser obtidos no endereço: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Utilizaram-se os dados de população total de 2000 e 2007 e de crianças menores de 5 anos. Uma vez que, a pesquisa restringe-se aos anos de 2008 e 2009, então foi necessário realizar estimativas da população para estes dois anos. Para finalmente calcular a taxa de internação por cada 1.000 crianças. Os passos realizados são descritos abaixo.

Inicialmente, calculou-se a proporção de crianças menores de 5 anos, conforme Equação 1:

$$Prop5anos = \frac{Pop. \text{crianças menores de 5 anos} \times 100}{pop. \text{total do ano 2000}} \quad (1)$$

Calculada a proporção de crianças menores de 5 anos, foi possível estimar a população de crianças menores de 5 para o ano em questão, pela Equação 2:

$$PopEst5anos2007 = \frac{Pop. \text{total do ano 2007} \times Prop5anos}{100} \quad (2)$$

Então, utilizou-se o Método Linear para estimar o crescimento populacional (α) para cada município, mediante a Equação 3:

$$\alpha = \frac{PopEst5anos2007 - Pop. \text{crianças menores de 5 anos em 2000}}{(\text{número de anos})} \quad (3)$$

Dessa forma, pôde-se estimar a população de crianças menores de 5 anos (β) para o ano 2008, segundo a Equação 4:

$$\beta_{2008} = \alpha + PopEst5anos2007 \quad (4)$$

Para o ano de 2009:

$$\mu_{2009} = \beta + \alpha \quad (5)$$

E, finalmente a taxa de internação (γ) por cada 1.000 crianças pôde ser calculada.

$$\gamma_{2008} = \left(\frac{\text{númerodecasosdeasma}}{\beta_{2008}} \right) \times 1000 \quad (6)$$

E para 2009:

$$\gamma_{2009} = \left(\frac{\text{númerodecasosdeasma}}{\mu_{2009}} \right) \times 1000 \quad (7)$$

3. Resultados e Discussão

Primeiramente, foi caracterizado o ambiente atmosférico no período de junho a novembro dos anos de 2008 e 2009. Desta maneira, vale ressaltar que o ano de 2008 foi marcado pelo estabelecimento do fenômeno La Niña de intensidade forte. O fenômeno é caracterizado pelo esfriamento das águas superficiais no Pacífico Tropical. Diferentemente do que foi observado em 2008, o ano de 2009 caracterizou-se pelo evento de El Niño com intensidade fraca. Estas informações podem ser confirmadas no endereço eletrônico: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. O El Niño consiste de um aquecimento anormal das águas superficiais no Pacífico Tropical, podendo afetar o clima tanto regional como global.

A Figura 1 mostra a anomalia da precipitação (mm) para os anos de 2008 e 2009. Nestes dois anos foram observadas diferenças significativas. No ano de 2008 (Figura 1a) a região de estudo foi predominantemente marcada em sua maioria por anomalias negativas (chuva abaixo do normal ou da média) no norte, centro e leste, com alguns núcleos variando entre -40 a -60 mm. No noroeste do estado, estes valores alcançaram -80 mm. Porém, situação oposta foi verificada em 2009 (Figura 1b), que foi caracterizada por anomalias próximas à normalidade em grande parte do estado. Enquanto que, anomalias positivas (chuva acima do normal ou da média) no nordeste e sudeste, variaram entre +20 a +40 mm. A variável precipitação é o fator meteorológico mais importante, porque controla a atividade da queima da biomassa, ou seja, o solo seco facilita o início e propagação das queimadas. Torres et al. (2010) usaram dados de satélite e sensores para estudar a sazonalidade da queima da biomassa na África e América do Sul Central, e concluíram que o ano de 2008 foi o mais seco e 2009 o mais chuvoso nos últimos dez anos. Os resultados de Torres et al. (2010) foram concordantes com os encontrados neste trabalho.

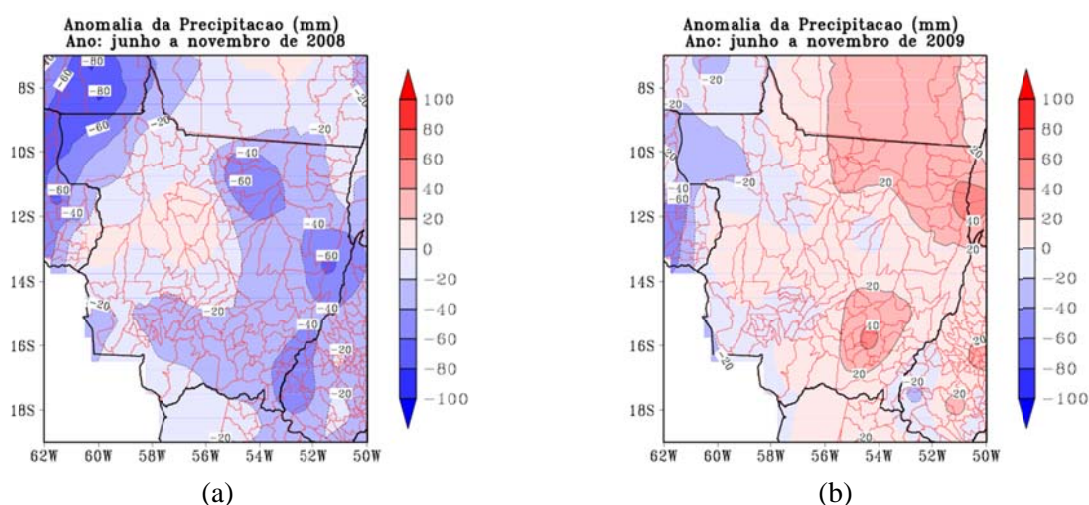


Figura 1. Anomalia da precipitação (mm) para o período de junho a novembro de (a) 2008 e (b) 2009.

O percentual de umidade relativa do ar (%) presente na atmosfera pode ser visualizada na Figura 2. No ano de 2008 (Figura 2a) todo o Estado do Mato Grosso foi caracterizado por anomalias negativas (baixos valores de umidade na atmosfera), contudo a parte centro-leste apresentou os maiores valores de anomalia, que variaram entre -6 a -8%. Ao analisar o ano de 2009 (Figura 2b) observou-se o contrário, isto é, anomalias positivas em grande parte do estado, com valores que foram desde +2 a +6%. Apenas no noroeste da região de estudo foi verificada umidade dentro da normalidade.

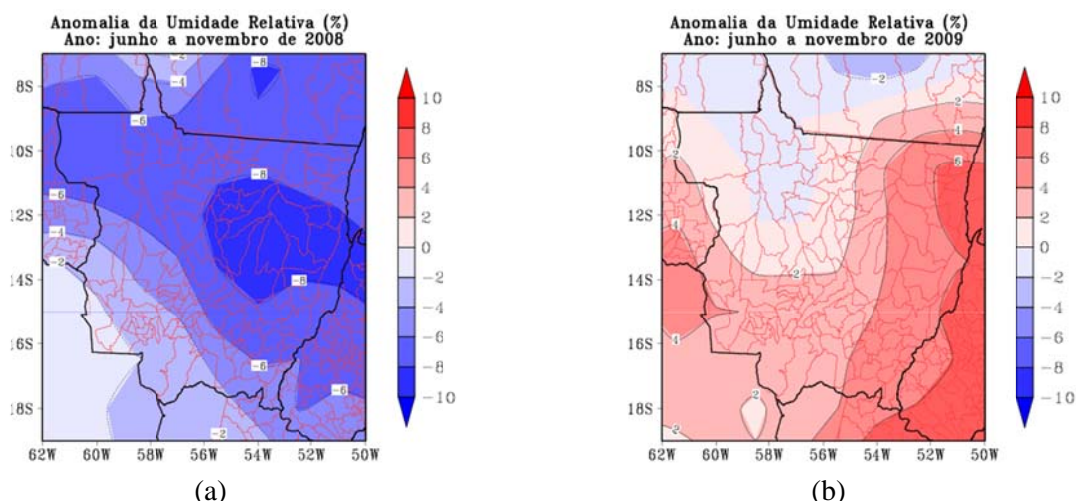


Figura 2. Anomalia da umidade relativa (%) para o período de junho a novembro de (a) 2008 e (b) 2009.

As anomalias da temperatura à superfície são mostradas na Figura 3. No ano de 2008 (Figura 3a) observaram-se anomalias positivas com valores que alcançaram $+1,0^{\circ}\text{C}$ em grande parte do Estado do Mato Grosso. Em 2009 (Figura 3b) foram verificadas anomalias positivas no noroeste ($+0,2$ a $+0,4^{\circ}\text{C}$) e negativas ($-0,2^{\circ}\text{C}$) no leste do estado. A temperatura e a umidade relativa são bem correlacionadas com a precipitação, ou seja, anomalias positivas de temperatura indicam chuvas abaixo do normal e vice-versa.

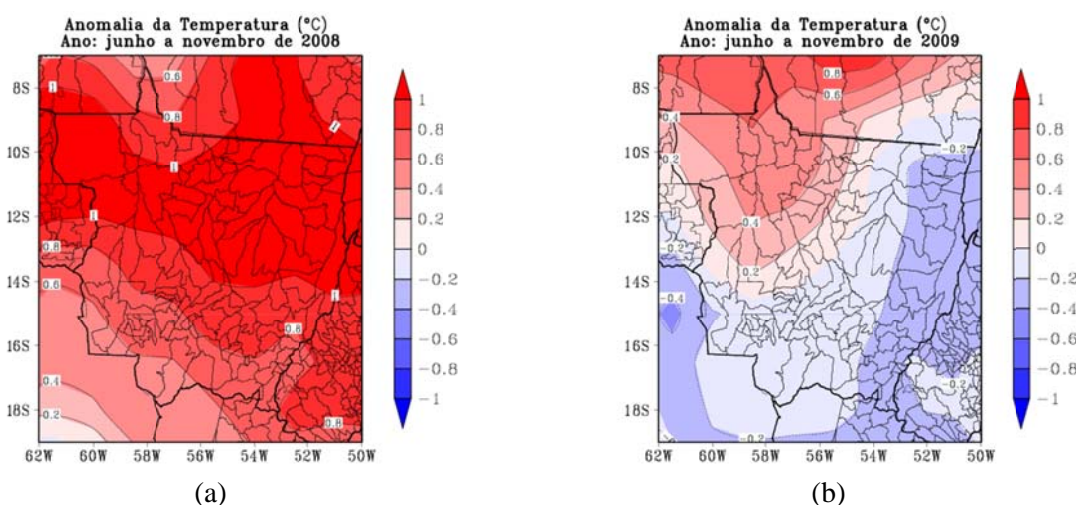


Figura 3. Anomalia da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) para o período de junho a novembro de (a) 2008 e (b) 2009.

Na Figura 4 são mostradas as anomalias da velocidade e vetor do vento. Foram observadas anomalias negativas ($-0,24$ a $-0,48$ m/s) no oeste e positivas ($+0,24$ m/s) no leste do estado (Figura 4a), porém os valores são pequenos. Os ventos mais fracos dificultam a dispersão e diluição dos poluentes na região, assim aumentando a sua concentração. Em 2009 (Figura 4b) observou-se um padrão inverso do que foi verificado em 2008, isto é, anomalias positivas ($+0,24$ a $+1,2$ m/s) no oeste e negativas ($-2,4$ m/s) no leste. Entretanto, neste ano as anomalias positivas foram mais intensas do que em 2008, isso influencia na dispersão e transporte dos poluentes para outras áreas, como por exemplo, Sul e Sudeste do Brasil (Freitas et al., 2000).

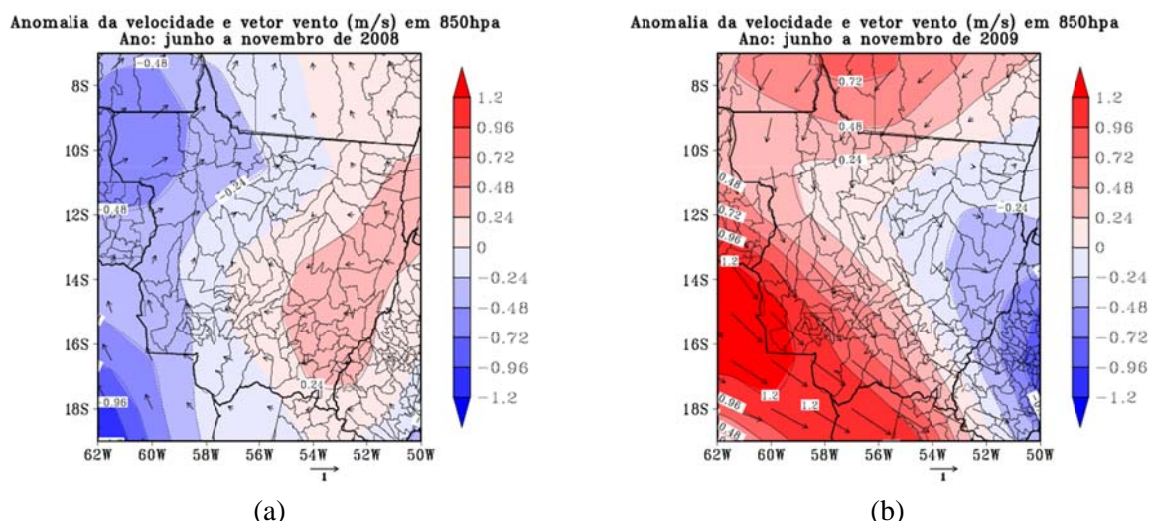


Figura 4. Anomalia do campo de vento (m/s) para o período de junho a novembro de (a) 2008 e (b) 2009.

Os valores médios mensais da concentração de $MP_{2.5}$ são mostrados na Figura 5. Em 2008 (Figura 5a) foram observados os maiores valores no centro do estado, que alcançaram $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$. No ano de 2009 (Figura 5b) notou-se um padrão similar ao verificado no ano anterior, com valores máximos que chegaram a $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$, porém com uma diferença de que a concentração foi mais intensa em 2008 do que 2009. Vale ressaltar que, os resultados mostrados aqui foram oriundos de modelo numérico que apresenta validação para a América do Sul com certa deficiência, devido à escassez de dados observados. Contudo, o modelo representou consistentemente a distribuição espacial do MP quando comparado com dados de sensoriamento remoto. A longa exposição aos elevados valores de $MP_{2.5}$ são refletidos em problemas do trato respiratório, aumento no número de internações, e até mesmo em mortes.

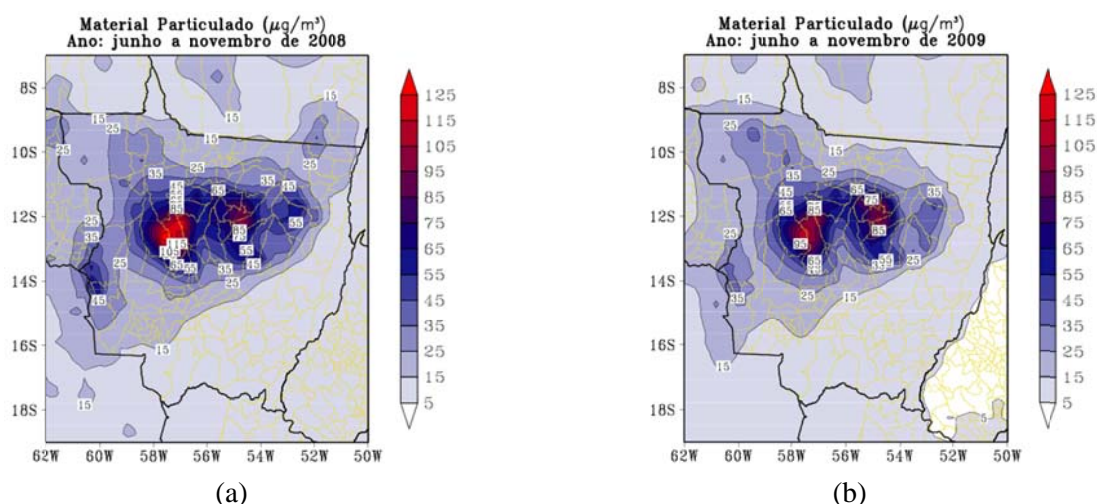


Figura 5. Concentração de material particulado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para o período de junho a novembro de (a) 2008 e (b) 2009.

Na Figura 6 são mostrados os focos de queimadas e a taxa de internação por asma em crianças menores de 5 anos (por cada 1.000 crianças) durante o período de junho a novembro de 2008 e 2009. Notou-se um maior número de focos de queimadas em 2008 (Figura 6a) do que em 2009 (Figura 6b). Em 2008 foram detectados 7.754 mil focos de queimadas, enquanto que em 2009 houve uma diminuição para 1.615 focos. Com base nessas informações, observa-se que houve uma redução no número de focos de aproximadamente 79%. Na Figura

6a, os focos foram mais concentrados no centro, leste e sul do estado. Diferentemente do que foi observado em 2009 onde houve uma diminuição considerável em todo o estado. Torres et al. (2010) identificaram que o ano de 2009 foi a estação de queimadas menos ativa nos últimos dez anos.

Em 2008 e 2009 houve um total de 81 e 72 internações por asma, respectivamente. Assim, de um ano para o outro foi registrada uma diminuição de 11%. O número médio de internações de crianças em 2008 e 2009 foi cerca de 3,5 e 3,3, respectivamente. De uma forma geral, as maiores taxas internações em 2008 (Figura 6a) foram observadas na parte norte e sul do estado, onde cerca de 4 a 8 crianças/1.000 foram internadas por asma. No caso de 2009 (Figura 6b) houve uma significativa redução no padrão espacial de internações quando comparado com o ano anterior, onde não foi observada uma região de maior concentração. Neste ano, as regiões de maiores taxas foram mais fragmentadas do que em 2008, porém no norte do estado as internações foram de 8 crianças/1.000.

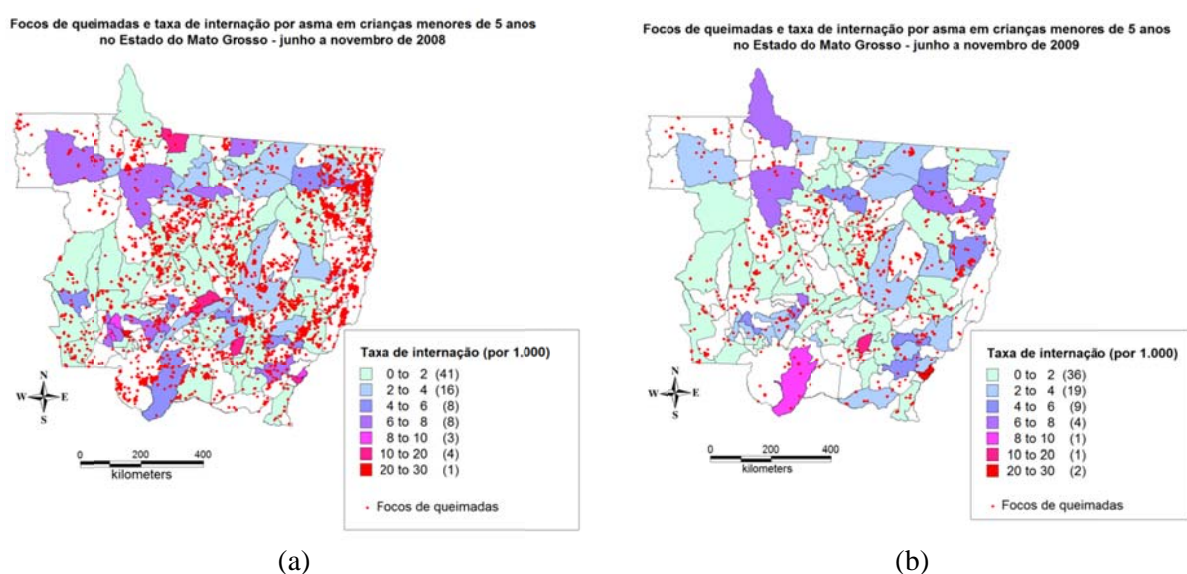


Figura 6. Focos de queimada e taxa de internação para o período de junho a novembro de (a) 2008 e (b) 2009.

4. Conclusões

Neste estudo foi verificado o impacto na qualidade do ar devido à emissão de material particulado proveniente da queima da biomassa e suas consequências como problemas respiratórios em crianças menores de 5 anos durante os meses de junho a novembro dos anos de 2008 e 2009 no Estado do Mato Grosso. Em particular, os anos analisados foram marcados por fenômenos que modificam o clima tanto em escala regional quanto global, foram eles, o El Niño e La Niña. Na região de estudo o El Niño foi responsável por chuvas e temperaturas acima da média. Com relação à La Niña, infelizmente, ainda não existem estudos conclusivos sobre seus impactos.

As anomalias de precipitação, em 2008, estiveram abaixo da média, fato que favoreceu no aumento do número de focos de queimadas, uma vez que o solo seco esteve mais propício a incêndios. Foi observada baixa umidade e temperatura elevada que normalmente intensificam os problemas respiratórios. Os ventos mais fracos contribuíram para o maior acúmulo de MP na região. As maiores concentrações de $MP_{2.5}$ foram observadas no centro do estado, onde os valores ultrapassaram os $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Neste ano foram identificados 7.754 focos de queimadas. Cerca de 81 internações foram registradas, e em média, houve 3,5 casos de internações por cada 1.000 crianças. De maneira geral, em 2008, foi verificado que as maiores taxas estiveram

concentradas na parte norte e sul do estado, enquanto que as menores taxas se restringiram ao centro da região.

Em grande parte do estado, o ano de 2009 foi caracterizado por chuvas normal a acima da média, situação oposta ao ano de 2008. Anomalias positivas de umidade relativa e temperatura foram observadas em grande parte da região de estudo. As anomalias no campo de vento foram mais intensas contribuindo para maior dispersão dos poluentes e transporte para outras regiões. Os valores mensais de $MP_{2.5}$ não alcançaram $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Contudo, o padrão espacial observado foi similar ao ano de 2008. O número total de focos de queimadas, em 2009 sofreu uma diminuição de 79% de 2008 para 2009. Este ano apresentou uma estação de queimada menos ativa nos últimos dez anos, segundo Torres et al. (2010). Foram totalizadas 72 internações, sendo observada uma diminuição de 11% de um ano para o outro. Foi verificado neste ano que, em média, cerca de 3,3 crianças por cada 1.000 são internadas por asma. No ano de 2009, o padrão espacial de internações foi menor e as regiões com as maiores taxas estiveram mais fragmentadas, porém na parte norte do estado, as taxas de internações alcançaram 8/1.000 crianças.

De maneira geral, não foi detectada uma relação direta entre a concentração de $MP_{2.5}$ e as taxas de internações. Vale ressaltar que, as análises realizadas nesta pesquisa foram apenas qualitativas, portanto a utilização de uma técnica mais sofisticada (análise multivariada) talvez possa apresentar melhores resultados.

Referências Bibliográficas

Freitas, C.; Bremner, S.A.; Gouveia, N.; Pereira, L.A.A.; Saldivas, P.H.N. Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997. **Revista de Saúde Pública**. v. 38, n. 6, p. 751-757, 2004.

Freitas S.R.; Silva Dias, M.A.F.; Silva Dias, P.L.; Longo, K.; Artaxo, P.; Andreae, M.O.; Fischer, H.A. A convective kinematic trajectory technique for low resolution atmospheric models. **Journal of Geophysical Research**. v. 105, n. D19, p. 24375-24386, 2000.

Freitas, S.R.; Longo, K.M.; Silva Dias, M.A.F.; Chatfield, R.; Silva Dias, P.L.; Artaxo, P.; Andreae, M.O.; Grell, G.; Rodrigues, L.F.; Fazenda, A.; Panetta, J. The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS) – Part 1: Model description and evaluation. **Atmospheric and Chemistry and Physics**. v. 9, p. 2843-2861, 2009.

Ibaldi-Mulli, A.; Wichmann, H.E.; Kreyling, W.; Peters, A. Epidemiological evidence on health effects of ultrafine particles. **Journal of Aerosol Medicine**. v. 15, n. 2, p. 189-201, 2002.

Longo, K.; Freitas, S.R.; Setzer, A.; Prins, E.; Artaxo, P.; Andreae, M. The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS). Part 2: Model sensitivity to the biomass burning inventories. **Atmospheric and Chemistry and Physics Discussions**. v. 7, p. 8571-8595, 2007.

Torres, O.; Chen, Z.; Jethva, H.; Ahn, C.; Freitas, S.R.; Bhartia, P.K. OMI and MODIS observations of the anomalous 2008-2009 Southern Hemisphere biomass burning seasons. **Atmospheric and Chemistry and Physics**. v. 10, p. 3505-3513, 2010.

Saldiva, P.H.N. Efeitos da poluição atmosférica na morbidade e mortalidade em São Paulo. **Brazilian Journal Medical Biological Research**. v. 29, n. 9, p. 1195-1199, 1996.

Simmons, A.; Uppala, S.; Dee, D.; Kobayashi, S. ERA-Interim: New ECMWF reanalysis products from 1989 onwards. **ECMWF Newsletter**. v. 110, p. 25-35, 2007a.

Simmons, A.; Uppala, S.; Dee, D. Update on ERA-Interim. **ECMWF Newsletter**. v. 111, p. 5, 2007b.

Uppala, S.; Dee, D.; Kobayashi, S.; Berrisford, P.; Simmons, A. Towards a climate data assimilation system: Status update of ERA-Interim. **ECMWF Newsletter**. v. 115, p. 12-18, 2008.