

## **INFLUÊNCIA DO MATERIAL PARTICULADO (PM<sub>2.5</sub>) DE QUEIMADAS E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NA MORBIDADE RESPIRATÓRIA DE CRIANÇAS EM MANAUS, AM**

Valdir S. Andrade  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA  
valdirsaf@hotmail.com

Paulo Artaxo  
Universidade de São Paulo – IF/USP  
artaxo@if.usp.br

Sandra Hacon  
Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz – ENSP/Fiocruz – RJ  
sandrahacon@gmail.com

Cleber N. Carmo  
Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz – ENSP/Fiocruz – RJ  
cleberdoc@yahoo.com.br

### **EIXO TEMÁTICO: RISCOS, SOCIEDADE E FENÔMENOS DA NATUREZA**

#### **RESUMO**

O estudo teve como objetivo investigar a relação entre a exposição ao material particulado fino (PM<sub>2.5</sub>) emitido em queimadas e as internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças residentes em Manaus, no período de 2002 a 2009. Foram utilizadas correlação de Pearson e regressão linear múltipla, com p-valor < 0.05. Os meses entre agosto e novembro (período seco da região), apresentaram os maiores níveis médios de PM<sub>2.5</sub>, estimados entre 18 a 23 µg/m<sup>3</sup> e os maiores números de focos de queimadas detectados. As maiores taxas de internações foram observadas durante a estação chuvosa, sendo abril o mês de maior taxa, com 2,51/1.000 crianças. Foi observada associação positiva entre as internações e a umidade relativa (R=0,126; p-valor=0,005), enquanto que a associação entre internações com PM<sub>2.5</sub> mostrou-se negativa (R= -0,168; p-valor=0,003). As internações de crianças por doenças respiratórias, em Manaus, podem estar mais associadas às condições meteorológicas principalmente a umidade, do que em relação à exposição dos aerossóis emitidos em focos de queimadas da região.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aerossóis; Queima de biomassa; Saúde Ambiental; Amazônia.

#### **ABSTRACT**

The objective of the study was to investigate the effects of fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) emitted through biomass burning on hospitalizations for respiratory diseases in children living in Manaus, from 2002 to 2009. Pearson's correlation and multiple linear regression were used, with p-value<0.05. From August to November (dry period in the region), it was observed the highest levels of PM<sub>2.5</sub>, estimated between 18 to 23µg/m<sup>3</sup> and the largest number of fire counts. The highest rates of hospitalization were observed during the rainy season and April was the month of highest levels at 2.51/1000 children. It was observed a positive association between hospital admissions and relative humidity (R=0.126; p-value=0.005), while the association between admissions and PM<sub>2.5</sub> was negative and statistically significant (R=-0,168; p-valor=0,003). Hospital admissions for respiratory diseases in children in Manaus, were more related to weather conditions and in particular relative humidity, than with the exposure of aerosols emitted by biomass burning in the Amazonian region.

**KEY WORDS:** Aerosols; Biomass burning; Environment health; Amazon.

## INTRODUÇÃO

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). Estas alterações no uso do solo são responsáveis por emissões significativas de partículas de aerossóis para a atmosfera que, através das queimadas, exercem uma série de efeitos diretos e indiretos no clima e no funcionamento do ecossistema amazônico (Artaxo *et al.* 2006). Também é observado significativo efeito na saúde das populações através de vários estudos realizados, principalmente na região do arco do desflorestamento (Ignotti *et al.* 2010; Carmo *et al.* 2010).

O termo aerossol se refere ao sistema constituído de partículas, líquidas e/ou sólidas em suspensão em um gás (Seinfeld e Pandis, 1998). As partículas de aerossóis são observadas na natureza com dimensões que variam desde alguns nanômetros (como por exemplo, aglomerados moleculares) até algumas centenas de microns (partículas de poeira do solo ou grãos de pólen). As partículas de aerossóis podem ser divididas em dois grupos, referentes ao seu tamanho: particulados com diâmetro maior que  $2,5\mu\text{m}$ , denominados particulados da moda grossa ( $PM_{10}$ ) e aqueles com diâmetros menores de  $2,5\mu\text{m}$ , chamados de particulados da moda fina ( $PM_{2.5}$ ).

As condições atmosféricas consideradas limpas durante a estação chuvosa na Amazônia alteram-se fortemente durante a estação seca, devido às emissões de partículas de aerossóis provenientes de queimadas de pastagens e florestas, gerando importantes implicações em nível local, regional e global. Durante a estação chuvosa, quando predominam as emissões biogênicas naturais, a concentração de massa de  $PM_{10}$ , é da ordem de  $10\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ , com concentração em termos de número de partículas da ordem 300 partículas  $\text{cm}^{-3}$ . Partículas na fração grossa representam 80% da carga de particulados total da atmosfera. Em regiões severamente afetadas pela queima de biomassa, a concentração em massa sobe para cerca de  $300 - 600\ \mu\text{g}\ \text{m}^{-3}$ , ao passo que o número de partículas sobe para  $15.000 - 30.000$  partículas  $\text{cm}^{-3}$ , sendo que os níveis de  $PM_{2.5}$  passam a predominar sobre a moda grossa (Artaxo *et al.* 2005; 2006).

Diferentemente do que é observado em ambientes urbanos, em que a poluição atmosférica é caracterizada por uma exposição crônica, as queimadas na Amazônia representam uma exposição de elevada magnitude à saúde das pessoas por um período médio anual de 3 a 5 meses, associado aos baixos índices pluviométricos. Estudos epidemiológicos têm evidenciado, em diferentes regiões do globo, um aumento consistente de internações hospitalares e da mortalidade por doenças respiratórias e cardiovasculares, relacionadas à exposição de poluentes presentes na atmosfera (Rosa *et al.* 2006; Bell *et al.* 2008). Isso ocorre principalmente nos grupos mais susceptíveis que incluem as crianças,

idosos e aqueles com histórico de doenças cardiopulmonares, mesmo quando os níveis de exposição são considerados seguros pela legislação ambiental.

Neste contexto, é importante conhecer os efeitos das emissões de material particulado de queimadas sobre a saúde humana, avaliando-se sua influência no comportamento da incidência de doenças respiratórias e os possíveis fatores de risco, possibilitando o estabelecimento de uma linha base para identificação de tendências, com a realização de estudos analíticos dos efeitos das queimadas à saúde humana na Amazônia brasileira. A seleção da cidade de Manaus para este estudo se deve por constituir-se no grande centro urbano na Amazônia central brasileira, marcada pelo intenso processo de expansão urbana e crescimento populacional nas últimas três décadas.

O objetivo do presente estudo foi investigar a relação entre a concentração do material particulado fino emitido em queimadas e as internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças residentes no município de Manaus, capital do Amazonas.

## **MATERIAL E MÉTODO**

O estudo foi conduzido com séries históricas de dados de internação hospitalar por doenças respiratórias (DRs), considerando a população residente no município de Manaus, de crianças até nove anos de idade, para o período de 01 de janeiro de 2002 a 31 de dezembro de 2009. Menores de 29 dias de vida foram retirados da série de dados, pois as taxas de internação normalmente são relacionadas ao parto, não necessariamente à exposição à poluição atmosférica. A localização do município é apresentada na figura 01.

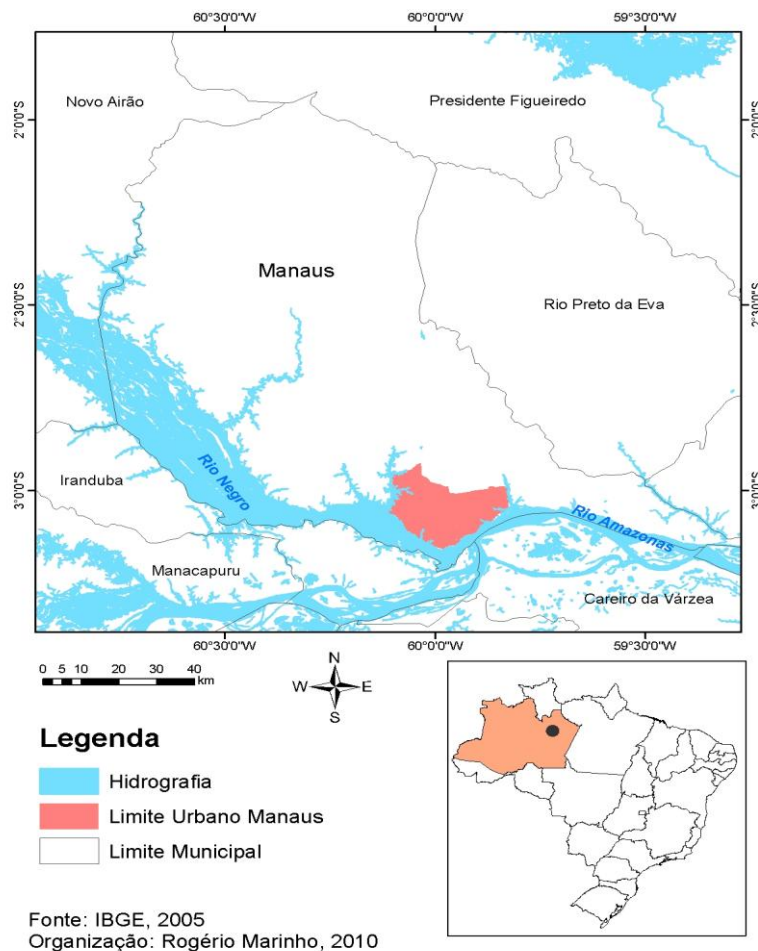


Figura 01. Localização geográfica do município de Manaus e área urbana.

O grupo etário delimitado foi selecionado por representar normalmente os indivíduos mais vulneráveis às doenças do aparelho respiratório e aos efeitos de poluentes atmosféricos. A vulnerabilidade biológica das crianças decorre de peculiaridades fisiológicas. Condições como imaturidade imunológica, o calibre reduzido da via aérea, a baixa capacidade dos mecanismos físicos de defesas respiratórias, como tosse, espirro e movimento ciliar, contribuem para maior incidência e gravidade das condições respiratórias entre as crianças mais jovens.

Os dados de internação coletados foram secundários, obtidos via o banco de dados do Sistema Único de Saúde – SUS (DATASUS), do Ministério da Saúde, disponibilizado na internet (<http://www.datasus.gov.br/>). A tabulação dos tipos de doenças respiratórias seguiu a Classificação Internacional de Doenças (CID-10), publicada pela Organização Mundial de Saúde (capítulo X, J00-J99, CID-10). Informações referentes aos indicadores de Atenção Básica à Saúde foram obtidas via o Sistema de Informação da Atenção Básica (SIAB).

Devido à ausência de estações de superfícies com medidas da concentração de material particulado na região da cidade de Manaus, o estudo foi conduzido a partir do uso de técnicas de

sensoriamento remoto para estimativas dos níveis de aerossóis emitidos em queimadas, utilizando-se o sensor MODIS (MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer), a bordo dos satélites Terra e Aqua da Agência Espacial Norte-Americana (NASA). Foram utilizadas estimativas médias diárias da chamada espessura ótica de aerossóis (AOD) para o comprimento de onda de 550 nm, que expressa a quantidade média de partículas da coluna atmosférica integrada, obtida pelo produto MODIS04 Level 2.0, do período de 2002 a 2009. As estimativas de AOD foram obtidas via o banco de dados disponível no website do MODIS-NASA (<http://modis.gsfc.nasa.gov/>).

A partir dos dados de AOD do MODIS, organizados em médias diárias do período de 2002 a 2009, fez-se uso de regressão linear para estimar os níveis de  $PM_{2.5}$ . Este método consistiu na aplicação da equação de regressão linear proposta por Melina Paixão (2011) e que estimou os níveis de material particulado fino, em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , para a região do arco do desmatamento na Amazônia a partir das medidas de AOD (Equação 1).

$$PM_{2.5} = (40 \pm 2) \times AOD500 + (5 \pm 2) \quad (1)$$

Onde:

$PM_{2.5}$  =  $PM_{2.5}$  estimado para área de estudo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ),

$(40\pm 2)$  = Constante,

AOD500 = AOD estimado pelo sensor MODIS para área de estudo,

$(5\pm 2)$  = Constante.

No estudo de Melina Paixão (2011) foram observadas correlações estatisticamente significativas entre o AOD do MODIS e concentrações de  $PM_{2.5}$ , estimadas pela regressão e medidas em superfície, o que evidencia a utilidade da técnica desenvolvida.

Medidas de umidade relativa do ar, temperatura média e precipitação foram obtidas pelo Instituto Nacional de Meteorológicos (INMET), para o município de Manaus. Estimativas do número de focos de queimadas para o município de Manaus, Itacoatiara, Rio Preto da Eva, Presidente Figueiredo, Iranduba e Careiro da Várzea, e de área desmatada para Manaus e estado do Amazonas, do período de 2002 a 2009, foram obtidas no banco de dados disponível ao público no website do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), segundo o monitoramento de focos de queimadas (no link SIG Queimadas: <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>) e o monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite – PRODES (<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>). Estimativas do número de focos de queimadas foram obtidas através de sensores dos satélites da série NOAA, AQUA e TERRA, GOES e METEOSAT.

O estudo optou por agrupar as variáveis trabalhadas em dados semanais e mensais. Métodos estatísticos foram aplicados para todos os dados coletados. Determinou-se como variável dependente a

morbidade hospitalar, a qual foi agrupada no somatório das internações por semana (contagem simples de quantas crianças se internaram por semana) e em taxas médias mensais de internação hospitalar por doenças respiratórias (taxa de internação em menores de 9 anos, por 1000 habitantes). Como variáveis independentes, foram consideradas: estimativas médias semanais e mensais de  $PM_{2.5}$ ; dados meteorológicos semanais e mensais de temperatura média do ar, umidade relativa média e precipitação total; e somatório semanal e mensal das estimativas de focos de queimadas. Estatísticas descritivas foram calculadas para descrever o comportamento das variáveis durante o período de estudo.

Para verificar a relação existente entre o material particulado fino, as variáveis meteorológicas e a variável de desfecho foram calculadas coeficientes de correlação linear de Pearson ( $r$ ). Modelos de regressão linear múltipla ( $Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$ ) foram aplicados. Como medida de qualidade de ajuste do modelo, utilizou-se o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e foram considerados valores significativos ao nível de 5%. A análise dos resíduos foi aplicada como medida da qualidade do ajuste do modelo. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o Software SPSS versão 17.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

No período de 2002 a 2009 foram registrados um total de 61.707 internações hospitalares por doenças respiratórias (DRs), em instituições públicas de saúde, em crianças menores de 9 anos de idade e maiores de 29 dias de vida, residentes no município de Manaus. As internações por DRs foram a causa mais prevalente de internação, considerando a faixa etária estudada: menores de 1 ano, 46,6%; de 1 a 4 anos, 39,6%; de 5 a 9 anos, 20,6% (Figura 02). Foi verificado que as internações por DRs em crianças representaram, em média, 67% das internações pela causa respiratória, considerando todas as faixas etárias. As pneumonias (J12, J15 e J18) foram a principal causa das internações em crianças (45%), seguidas de influenza (J10, 18%) e asma (J45, 18%).

Crianças do sexo masculino representaram 61% das internações registradas no período de estudo. A preponderância do sexo masculino quanto à morbidade por DRs é relatada na literatura, como nos estudos de Macedo *et al.* (2007), os quais avaliaram fatores de risco para internação por DRs agudas, em crianças até 1 ano de idade residentes na cidade de Pelotas (RS), e mostram que indivíduos do sexo masculino apresentam risco 1,5 vezes maior de internação por DRs quando comparados aos do sexo feminino. Mencionaram, também, a hipótese de que fatores relacionados ao menor calibre das vias aéreas entre meninos sejam os prováveis responsáveis por este fenômeno. Estudos na Amazônia brasileira detectaram resultados similares, como Rosa *et al.* (2008b), os quais analisaram internações por DRs em menores de 15 anos em Tangará da Serra (MT); e Gonçalves (2010), a qual analisou atendimentos ambulatoriais por DRs em um hospital infantil de Porto Velho (RO).

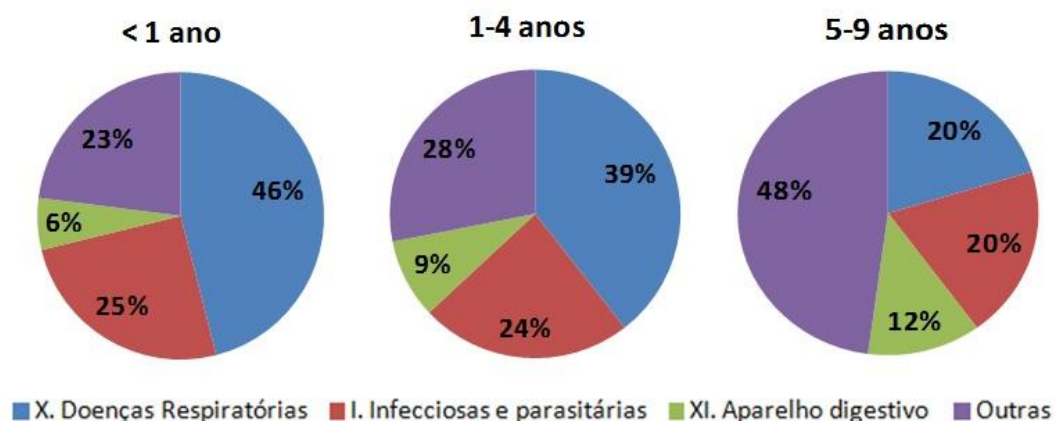


Figura 02. Proporção das causas de internações hospitalares (CID-10) em crianças menores que 1 ano de idade, de 1 a 4 anos e de 5 a 9 anos. Período de 2002 a 2009, Manaus, AM. Fonte dos dados: SIH/DATASUS.

As maiores taxas mensais de internações por DRs em crianças foram observadas no período chuvoso da região, sendo abril o mês com maior média ao longo do período de estudo, com taxa de internação de 2,51/1000 crianças (Figura 03). As taxas mensais de internação registradas variaram entre 0,48/1000 crianças (janeiro/2009) a 3,53/1000 crianças (abril/2003).

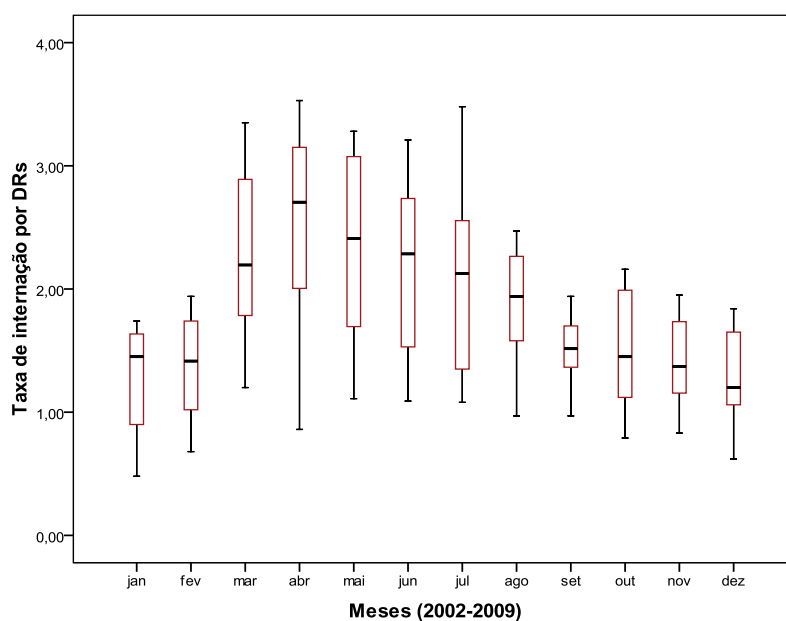


Figura 03. Taxas de internações por DRs em crianças residentes até 9 anos de idade, em meses. Taxa por 1000 habitantes. Período de 2002 a 2009. Manaus, AM.

Tal padrão foi observado em outros estudos como em Botelho *et al.* (2003), os quais analisaram a influência de fatores ambientais no tratamento hospitalar de crianças menores de 5 anos,

com diagnóstico de infecção respiratória aguda no ano de 1999, no Pronto Socorro Municipal de Cuiabá (MT) e observaram maior número de atendimentos ambulatoriais e internações hospitalares no período chuvoso; e Gonçalves (2010), no município de Porto Velho, observou maiores quantidades de atendimentos ambulatoriais por DRs em crianças nos meses de março e abril, considerado período chuvoso e de transição para a capital de Rondônia.

Existem também diversos estudos que indicam o contrário, ou seja, maior incidência de morbidade respiratória nos períodos secos. Entretanto, ressalta-se que a frequência da morbidade está associada a um conjunto de fatores de riscos, inerentes às características ambientais, demográficas e socioeconômicas de qualquer região. Souza (2007) analisou a influência de fatores climáticos urbanos na incidência de casos de doenças respiratórias em Presidente Prudente (SP), no período de 2000 a 2005, e observou aumento médio mensal das quantidades de internações, com a diminuição dos totais mensais pluviométricos. Rosa *et al.* (2008) observaram em média 10% mais internações por DRs no período seco em comparação ao período chuvoso, em Tangará da Serra (MT), região fortemente impactada pelas emissões de queimadas.

Entre 2002 a 2009, foram detectados, no município de Manaus, 836 focos de queimadas, captados pelo conjunto de satélites da série NOAA, AQUA e TERRA, GOES e METEOSAT. Entre todos os 62 municípios do Amazonas, Manaus apresentou-se como 26º, em termos do número de focos de queimadas, representando 0,7% do total. No Amazonas, foi detectado um total de 129.240 focos de queimadas, entre 1º de janeiro de 2002 a 31 de dezembro de 2009. Os municípios com maior incidência de queimadas identificada (Lábrea, Apuí e Manicoré) situam-se à porção sul do estado do Amazonas, caracterizada como uma região de crescente impacto em desmatamento e focos de queimadas. Observou-se que o período seco, compreendido entre os meses de agosto a outubro, correspondeu aos meses de maior ocorrência de focos de queimadas, com 70% de todos os focos detectados no município (Figura 04).

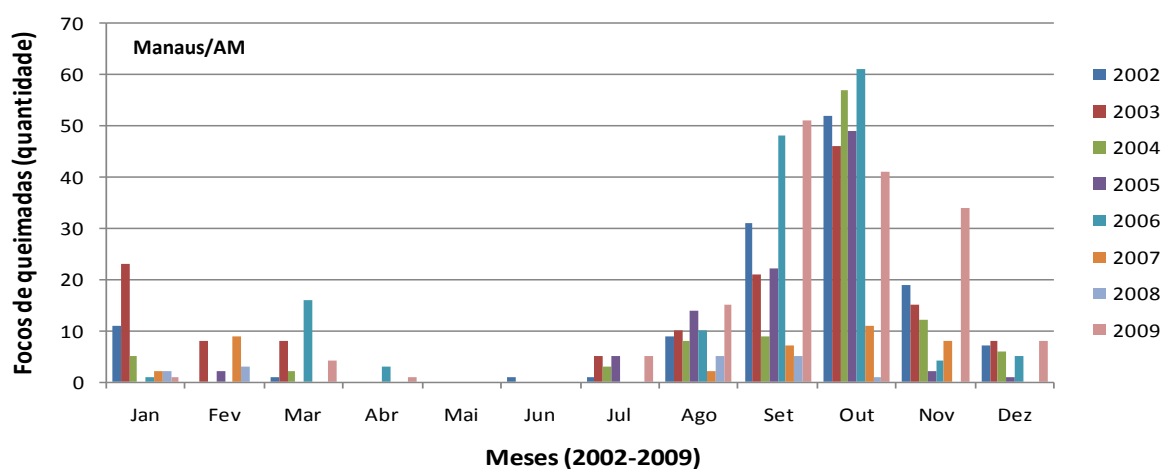




Figura 04. Número de focos de queimadas detectados no município de Manaus, Amazonas, pelos satélites da série NOAA, AQUA e TERRA, GOES e METEOSAT. Período de 2002 a 2009. Fonte dos dados: INPE, 2010.

Como decorrência das emissões de queimadas, as maiores concentrações de  $PM_{2.5}$  para a região de Manaus, com média de  $20,6\mu\text{g}/\text{m}^3$  ao longo do período de estudo, foram observadas nos meses de agosto a novembro, estação seca e de maior número de focos de queimadas (Figura 05a). Para a estação chuvosa a média de  $PM_{2.5}$  foi de  $12,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Destaca-se que as estimativas das concentrações médias mensais de  $PM_{2.5}$  variaram entre  $8,7\mu\text{g}/\text{m}^3$  (abril/2002) a  $29,2\mu\text{g}/\text{m}^3$  (novembro/2002) (Figura 05b). Destacam-se, nas figuras, o padrão de qualidade do ar recomendado pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 2005), em média diária e anual para o poluente particulado.

Comparando com outras regiões da Amazônia, Manaus apresentou níveis de  $PM_{2.5}$  bastante reduzidos. Em Alta Floresta, no norte do estado do Mato Grosso, por exemplo, as concentrações de  $PM_{2.5}$ , no período de 1992 a 2002, foram observadas valores maiores que  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$  nos meses de agosto a outubro, com picos diários de até  $600\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Em Rondônia, valores de  $PM_{2.5}$  atingem 50-90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  na estação de queimadas (Artaxo *et al.* 2005).

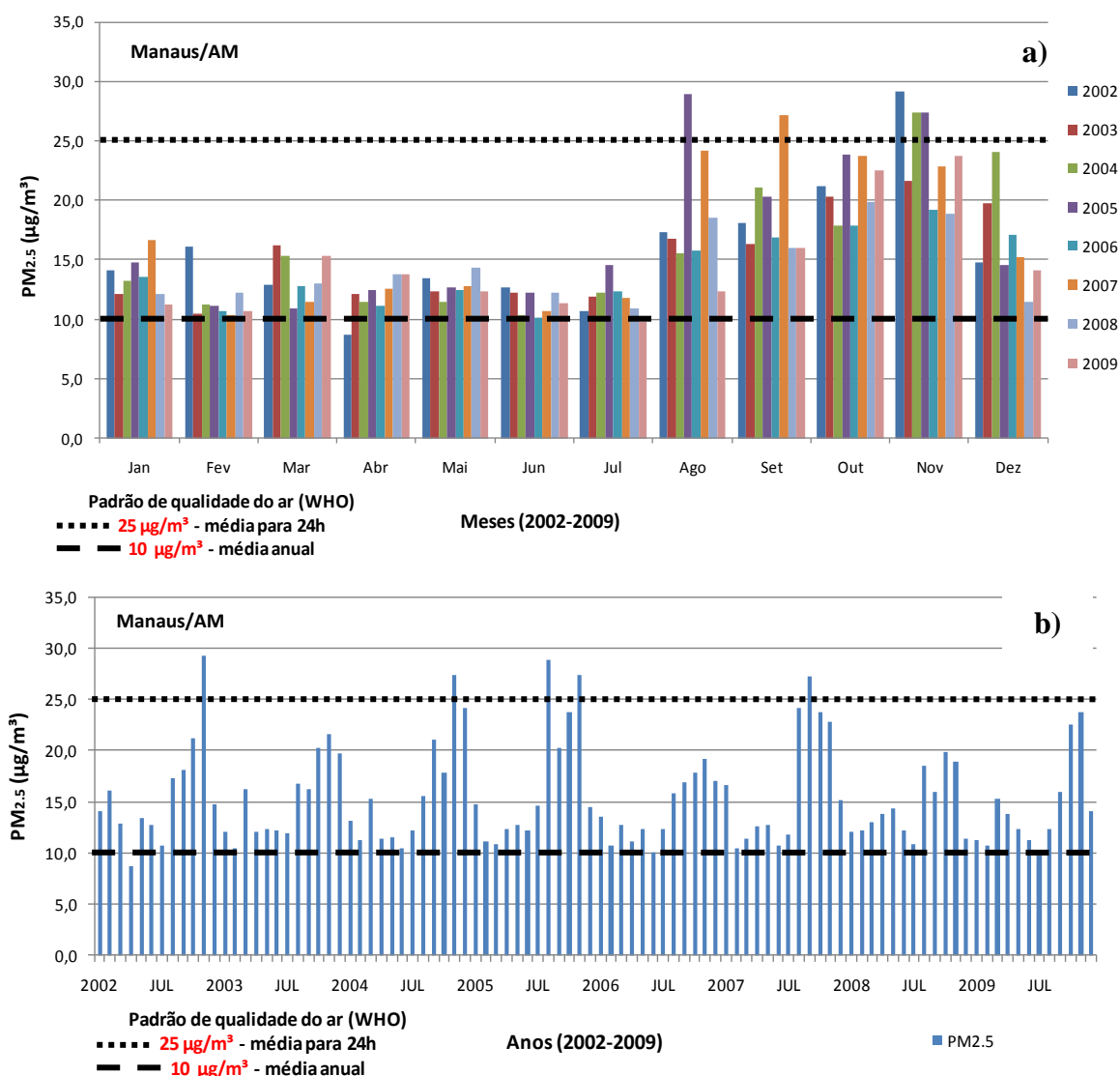


Figura 05 a) Série de concentrações de PM<sub>2.5</sub> para a região de Manaus, agrupada em meses. b) Série temporal das concentrações de PM<sub>2.5</sub> para a região de Manaus. Período de 2002 a 2009.

Observou-se, pela análise de correlação de Pearson, associação positiva significativa entre as internações e a umidade relativa, ao passo que a associação entre internações com PM<sub>2.5</sub> mostrou-se negativa e estatisticamente significativa. A relação das internações com focos de queimadas detectados em Manaus não se mostrou estatisticamente significativa. O material particulado PM<sub>2.5</sub> mostrou-se significativamente associado às variáveis meteorológicas e de ocorrência de focos de queimadas. Observou-se uma relação direta com a temperatura e número de focos e uma relação inversa com umidade e precipitação (Tabela 01).

Pela análise de regressão linear múltipla, os modelos com integração das variáveis em termos semanal e mensal mostraram-se significativos. Para o modelo semanal, inclui-se as variáveis independentes de p-valor significativo ( $p < 0,05$ ), que foram umidade, PM<sub>2.5</sub> e precipitação. Estas

explicaram 84% das internações pela morbidade respiratória em crianças residentes em Manaus. O modelo mensal apresentou somente a variável umidade com p-valor significativo, o qual explicou 86% das internações (Tabela 02).

Tabela 1. Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis utilizadas, para a base de dados semanal e mensal. Período de 2002 a 2009. Manaus, Amazonas.

Semanal	Internação	Precipitação	Temperatura	Umidade	PM <sub>2,5</sub>	Focos
Internação	1	-,014	-,099 <sup>b</sup>	,126 <sup>a</sup>	-,168 <sup>a</sup>	-,079
Precipitação		1	-,601 <sup>a</sup>	,586 <sup>a</sup>	-,230 <sup>a</sup>	-,243 <sup>a</sup>
Temperatura			1	-,878 <sup>a</sup>	,387 <sup>a</sup>	,468 <sup>a</sup>
Umidade				1	-,292 <sup>a</sup>	-,429 <sup>a</sup>
PM <sub>2,5</sub>					1	,240 <sup>a</sup>
Focos						1
Mensal	Taxa Int.	Precipitação	Temperatura	Umidade	PM <sub>2,5</sub>	Focos
Taxa Int.	1	-,006	-,163	,145	-,212 <sup>b</sup>	-,152
Precipitação		1	-,670 <sup>a</sup>	,698 <sup>a</sup>	-,365 <sup>a</sup>	-,359 <sup>a</sup>
Temperatura			1	-,870 <sup>a</sup>	,526 <sup>a</sup>	,571 <sup>a</sup>
Umidade				1	-,424 <sup>a</sup>	-,504 <sup>a</sup>
PM <sub>2,5</sub>					1	,413 <sup>a</sup>
Focos						1

<sup>a</sup> p<0,01; <sup>b</sup> p<0,05.

Tabela 2. Modelo de regressão linear múltipla da análise semanal (quantidade de internações) e mensal (taxa de internação) pela morbidade respiratória em crianças. Manaus, Amazonas.

	Modelo	p-valor	R <sup>2</sup>
Internações	$Y = 2,19X_1 - 1,60X_2 - 0,21X_3$	<0,001	0,84
Taxa Int.	$Y = 0,02X_1$	<0,001	0,86

Modelo Internações:  $Y$  = Internação por doenças respiratórias;  $X_1$  = (Umidade;  $p = <0,001^a$ );  $X_2$  = (PM<sub>2,5</sub>;  $p = 0,003^a$ );  $X_3$  = (Precipitação;  $p = 0,006^a$ ).

- Modelo Taxa de Internação:  $Y$  = Taxa de internação por doenças respiratórias;  $X_1$  = (Umidade;  $p = <0,001^a$ ).

Nota: <sup>a</sup> $p < 0,01$ . Taxa por 1000 habitantes. R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação.

As séries temporais das internações hospitalares apresentaram um comportamento sazonal oposto ao da série temporal da concentração de material particulado. O máximo das internações ocorreram em abril e o máximo de PM<sub>2,5</sub> foram estimadas em novembro.

Em comparação com valores reportados na literatura, muitos estudos têm encontrado uma diversidade de resultados referentes aos efeitos climáticos e de poluentes na morbidade respiratória. Dependendo da região do estudo, das fontes de emissões, do modelo de gestão hospitalar, número de leitos disponíveis para doenças respiratórias, entre outros fatores.

Para a Amazônia brasileira, alguns resultados de estudos recentes realizados se comportaram de modo similar, onde as freqüências e as taxas de morbidade por doenças respiratórias foram relativamente relacionadas a determinados níveis de concentração de material particulado (Mascarenhas *et al.* 2008), ao período de baixa umidade relativa do ar e ao incremento das queimadas na região (Rosa *et al.* 2008; Carmo *et al.* 2010) Deve-se destacar que pesquisas desta aplicação, para a Amazônia, são de realização bastante recente.

Em Manaus, as séries temporais das internações hospitalares apresentaram um comportamento sazonal claramente associado com a umidade relativa do ar. É possível que as características ambientais inerentes ao período chuvoso da região exerçam um papel importante no aumento das taxas de internações de crianças por doenças respiratórias. Na estação chuvosa ocorre o predomínio de emissões biogênicas naturais de partículas, originados pela intensa atividade de organismos biológicos da floresta que incluem: fragmentos de plantas e insetos, grãos de pólen, fungos, algas e esporos fúngicos (Graham *et al.* 2003)

As causas mais freqüentes das internações em crianças residentes em Manaus, no período de estudo, foram pneumonia (em diferentes classificações: J12, J15 e J18), gripe (J10) e asma (J45). A pneumonia é uma doença nos pulmões que pode ser causada por diferentes micro-organismos,

incluindo vírus, bactérias, parasitas ou fungos. É relevante considerar que as pneumonias fazem parte do rol de condições sensíveis à atenção ambulatorial: adequadamente tratadas no serviço de atenção primária, não deveriam evoluir para internação.

## CONCLUSÕES

A análise dos dados no período de estudo mostra que as internações hospitalares de crianças por doenças respiratórias, em Manaus, estão mais relacionadas às condições meteorológicas e em particular à umidade, do que a exposição à fumaça oriunda das queimadas e às concentrações de PM<sub>2,5</sub> da região de Manaus.

## REFERÊNCIAS

Artaxo, P., Gatti, L.V.; Leal, A.M.C.; Longo, K.M.; de Freitas, S.R.; Lara, L.L.; Pauliquevis, T.M.; Procópio, A.S.; Rizzo, L.V. **Química atmosférica na Amazônia: A Floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica.** *Acta Amazônica*, 35(2): 185-198, 2005.

Artaxo, P., P.H. Oliveira, L.L. Lara, T.M. Pauliquevis, L.V. Rizzo, C. Pires Junior, M.A. Paixão, K.M. Longo, S. Freitas, A.L. Correia. **Efeitos climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia.** *Revista Brasileira de Meteorologia*, 21(3): 1-22, 2006.

Bell ML, Peng RD, Dominici F. **The exposure–response curve for ozone and risk of mortality and the adequacy of current ozone regulations.** *Environ. Health Perspect.* 114(4):532-536, 2006.

Botelho, C; Correia, A.L.; Silvia, A.M.C.; Macedo, A.G.; Silva, C.O.S. **Fatores ambientais e hospitalizações em crianças menores de cinco anos com infecção respiratória aguda.** *Cad. Saúde Pública.* 19(6): 1771-1780, 2003.

Carmo, N.C.; Hacon, S.; Longo, K.M.; Freitas, S.; Ignotti, E.; Leon, A.P.; Artaxo, P. **Associação entre material particulado de queimadas e doenças respiratórias na região sul da Amazônia brasileira.** *Rev. Panam. Salud. Publica.* 27(1): 10-16, 2010.

Fearnside, P.M. **Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle.** *Acta Amazônica.* 36(3): 365-400, 2006.

Gonçalves, K.S. **Queimadas e atendimentos ambulatoriais por doenças respiratórias em crianças no município de Porto Velho, Rondônia.** Dissertação de Mestrado defendida na Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. 124pp. 2010.

Graham B, Guyon P, Artaxo P, Maenhaut W, Taylor P, Ebert M, et al. **Composition and diurnal variability of the natural Amazonian aerosol.** *Journal of Geophysical Research Atmospheres.* 108(D24):4795, 2003.

Ignotti, E; Valente, J.G.; Hacon, S.S.; Longo, K.; Freitas, S.; Artaxo, P. **Impacts of particulate matter ( $PM_{2.5}$ ) emitted from biomass burning in the Amazon regarding hospital admissions by respiratory diseases: building up environmental indicators and a new methodological approach.** *Rev Saúde Pública.* 44(1): 121-130, 2010.

Macedo, S.E.C.; Menezes, A.M.B.; Albernaz, E.; Post, P.; Knorsr, M. **Fatores de risco para internação por doença respiratória aguda em crianças até um ano de idade.** *Rev. Saúde Pública.* 41(3): 351-358, 2007.

Mascarenhas MDM, Vieira LC, Lanzieri TM, Leal APR, Duarte AF, Hatch DL. **Poluição atmosférica devida à queima de biomassa florestal e atendimentos de emergência por doença respiratória em Rio Branco, Brasil – Setembro, 2005.** *J Bras Pneumol.* 34(1):42-46, 2008.

Melina, P. **Propriedades ópticas de aerossóis naturais e de queimadas da Amazônia.** Dissertação de Mestrado defendida no Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo. 120pp. 2011.

Rosa AM, Ignotti E, Hacon SS, Castro HA. **Análise das internações por doenças respiratórias em Tangará da Serra – Amazônia brasileira.** *J Bras Pneumol.* 34(8):575-582, 2008.

Rosa, A.M.; Ignotti, E.; Botelho, C.; Castro, H.A.; Hacon, S.S. **Doença respiratória e sazonalidade climática em menores de 15 anos em um município da Amazônia Brasileira.** *J Pediatr.* 84(6):543-549, 2008b.

Seinfeld, J. H.; Pandis, S. N. *Atmospheric Chemistry and Physics.* New York: John Wiley & Sons Ltd., 1326p, 1998.

Souza, C.G. *A influência do ritmo climático na morbidade respiratória em ambientes urbanos*. Dissertação de Mestrado defendida na Universidade Estadual Paulista. 199pp. 2007.

World Health Organization (WHO). *Air Quality Guidelines: Global Update*. Geneva: WHO. 20pp, 2005.