



Doenças respiratórias e risco de incêndio, uma análise espacial.

Amaury de Souza¹

Widinei A. Fernandes²

Hamilton G. Pavão³

Giancarlo Lastoria⁴

Resumo

OBJETIVOS: Analisar espacialmente o efeito da exposição ao risco de incêndio na ocorrência de doenças do aparelho respiratório nos municípios do Estado de Mato Grosso do Sul.

MÉTODOS: Trata-se de um estudo ecológico de autocorrelação espacial da prevalência de internações por doenças respiratórias e do risco de incêndio pelo índice Monte Alegre, o índice possui uma metodologia que diminui o risco à medida que ocorre precipitação, sendo o volume de chuva em mm considerado para mudança de faixa de perigo, nos municípios do estado de Mato Grosso do Sul, empregando-se o método bayesiano empírico e uma regressão múltipla espacial, teve como variáveis resposta a prevalência de internações por doenças respiratórias, e como variável de exposição o risco de incêndio. Para ajuste, foram utilizadas variáveis proxies de focos de queimadas e concentração de ozônio de superfície, precipitação e umidade do ar.

RESULTADOS: Foram observadas associações estatisticamente significativas entre a prevalência de internações por doenças respiratórias e o risco de incêndio.

CONCLUSÕES: Os riscos de incêndios que originam as queimadas estão relacionados à prevalência de internações por doenças respiratórias em grupos populacionais sensíveis nos municípios do Estado de Mato Grosso.

¹ Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais caixa postal 549, CEP 79070-900, Campo Grande-MS, Brasil, amaury.de@uol.com.br

² Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais caixa postal 549, CEP 79070-900, Campo Grande-MS, Brasil.

³ Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais caixa postal 549, CEP 79070-900, Campo Grande-MS, Brasil.

⁴ Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais caixa postal 549, CEP 79070-900, Campo Grande-MS, Brasil.



Palavras-chave: queimadas, doença respiratória, cerrado, índice pluviométrico e modelo de regressão.



Respiratory and fire hazard, a spatial analysis

Abstract

OBJECTIVES: To analyze the effect of spatially exposure to fire risk in the occurrence of respiratory diseases in the municipalities of the State of Mato Grosso do Sul. **METHODS:** This was an ecological study of spatial prevalence of hospitalization for respiratory diseases and the risk of fire at Monte Alegre index, the index has a methodology that reduces the risk as precipitation occurs, and the volume of rain in mm considered for lane change danger, municipalities in the state of Mato Grosso do Sul, using the empirical Bayesian method and a multiple regression spatial response variable was the prevalence of hospitalization for respiratory diseases, and as the exposure variable fire hazard. For calibration, were used proxies of outbreaks of fires and surface ozone concentration, precipitation and humidity. **RESULTS:** We observed statistically significant associations between the prevalence of hospitalization for respiratory diseases and the risk of fire. **CONCLUSIONS:** The risk of fires that cause fires are related to the prevalence of hospitalizations for respiratory diseases in sensitive populations in the municipalities of the State of Mato Grosso.

Keywords: Burns, respiratory disease, savannah, and rainfall regression model.



INTRODUÇÃO

Poucos estudos foram realizados para avaliar os efeitos produzidos pela queima de biomassa (qualquer matéria de origem vegetal ou animal utilizado como fonte de energia). Em 1985, um boletim da Organização Mundial da Saúde (OMS) questionava quais seriam a gravidade e a extensão dos danos produzidos pela poluição do ar em consequência da combustão de biomassa em áreas rurais dos países em desenvolvimento. (DE KONING HW, SMITH KR, LAST JM, 1985)

A incineração de biomassa é a maior fonte doméstica de energia nos países em desenvolvimento, aproximadamente metade da população do planeta, e mais de 90% das casas na região rural dos países em desenvolvimento, permanecem utilizando energia proveniente da queima de biomassa, na forma de madeira, carvão, esterco de animais ou resíduos agrícolas, o que produz altos índices de poluição do ar em ambientes internos, onde permanecem as mulheres que cozinham e as crianças.

Apesar do grande avanço tecnológico experimentado pela humanidade, a queima deliberada ou acidental de vegetação torna-se por vezes incontrolada, atingindo grandes extensões de florestas, savanas ou outras vegetações menos densas. O fogo é um problema crescente no que resta das florestas, cerrados e a poluição devida à fumaça gerada tem um importante impacto sobre a saúde das populações expostas. Esse impacto inclui aumento de mortalidade, de admissões hospitalares, de visitas à emergência e de utilização de medicamentos, devidas a doenças respiratórias e cardiovasculares, além de diminuição da função pulmonar. (BRUCE N, PEREZ-PADILLA R, ALBALAK R, 2000)

Realizando a análise da distribuição espacial de eventos por mapas construídos com base nas estimativas brutas, frequentemente, a interpretação se torna mais difícil e pode gerar conclusões errôneas (UGARTE MD, GOICOA T, MILITINO AF, 2009). Para corrigir a instabilidade das taxas brutas, existem diversas técnicas de suavização como os métodos baseados na teoria bayesiana, que estão sendo utilizados com maior frequência em estudos epidemiológicos espaciais. Esses estudos objetivam mapear algum evento de interesse e estudar sua distribuição espacial, bem como analisar fatores que possam estar associados a sua ocorrência no espaço-tempo.



Dentre as abordagens bayesianas existentes para suavização de taxas, destacam-se a Bayesiana Empírica e a Totalmente Bayesiana. O crescimento do uso dessas técnicas se deve ao grande avanço nos recursos computacionais disponíveis e também à necessidade de se obter estimativas mais suavizadas, que reflitam de forma mais adequada a característica subjacente do evento de interesse, sem a influência da alta variabilidade observada nos dados brutos. (ASSUNÇÃO RM, 2012)

Em Mato Grosso do Sul, as principais causas de incêndios são: raios, queimada para limpeza de campos agrícolas, operações florestais, fogos campestres, fumantes e incendiários. Os incêndios não programados e não controlados têm consequências diversas em diferentes escalas, que vão desde o risco para as populações até a degradação ambiental, com contribuição para a poluição atmosférica. Entretanto, a extensão e intensidade dos fogos estão relacionadas com diversos fatores, entre os quais o tipo, quantidade e estado da vegetação combustível.

A seleção de Mato Grosso do Sul para este estudo se deve a sua localização geográfica. Tem como limites os Estados de Goiás a nordeste, Minas Gerais a leste, Mato Grosso (norte), Paraná (sul) e São Paulo (sudeste), além da Bolívia (oeste) e o Paraguai (oeste e sul). Possui uma área de 358.124,962 km², com uma população de aproximadamente 2.360.498 habitantes, segundo as estimativas populacionais do IBGE para o ano de 2010, com 79 municípios e predominância em atividades primárias, sua economia está baseada na produção rural (animal, vegetal, extrativa vegetal e indústria rural), indústria, extração mineral, turismo e prestação de serviços. Mato Grosso do Sul possui um dos maiores rebanhos bovinos do país.

O presente estudo tem como objetivo analisar a distribuição espacial conjunta de um indicador de poluição do ar e da prevalência de internações por doenças respiratórias em grupos populacionais sensíveis nos municípios do estado de Mato Grosso do Sul.

METODOLOGIA

“O Estado do Mato Grosso do Sul está localizado entre as latitudes 17°13'40” e 19°27'47” S; e longitudes de 50°56'06” e 53°42'18” W.

Trata-se de um estudo do tipo ecológico de série espacial e temporal, em que foi



analisada a tendência do coeficiente de doença respiratória, no Estado de Mato Grosso do Sul.

Os dados de internações hospitalares por causas respiratórias (Capítulo X - Doenças do aparelho respiratório que compreende as categorias de J00 até J99 da Classificação Internacional de Doenças - CID 10) segundo local de residência para cada município do Estado de Mato Grosso do Sul foram obtidos nos bancos de dados informatizados do Ministério da Saúde, através das Autorizações de Internações Hospitalares (AIH) do Sistema Único de Saúde (SUS) para o ano de 2004-2009 (DATASUS, 2012).

LAURENTI et al, 1985 definiu o coeficiente de incidência hospitalar como:

$$C=I/POP*1000$$

I representa o número de internações hospitalares em um município, e pop a população deste município.

A Fórmula de Monte Alegre (FMA) considera o risco de incêndio florestal como função de duas variáveis: umidade relativa do ar das 13 horas e chuva diária. A Fórmula de Monte Alegre é acumulativa, ou seja, quanto mais longa for à sequência de dias com baixa umidade relativa e sem chuva, maior será o risco climático de incêndio. Dependendo da intensidade da chuva ocorrida, ocorrem abatimentos em seus valores.

Quando a chuva diária ultrapassa 12,9 mm, a FMA volta à zero, e o risco é nulo (SOARES, 1972).

O desenvolvimento de um índice de risco de incêndio utiliza um vasto conjunto de fatores, usualmente os combustíveis, a topografia e os meteorológicos. A escolha de variáveis e os diferentes métodos usados para a sua combinação resultam numa multiplicidade de abordagens. Em face desta diversidade, várias soluções para a sua classificação têm sido propostas. Em função dos dados de entrada necessários, dois tipos podem ser identificados: 1) método de risco estritamente meteorológico, que se baseia exclusivamente em dados sobre o estado das condições atmosféricas (umidade relativa e precipitação).

A determinação do grau de perigo de incêndios pela FMA é feita com base em



faixas de valores definidas observadas nos Quadros 1 e 2 (ANTUNES, 2000).

Quadro 1: Índice de Monte Alegre com relação à precipitação diária

CHUVA DO DIA (EM mm)	MODIFICAÇÃO NO CÁLCULO
≤ 2,4	Nenhuma
2,5 a 4,9	Abater 30% na FMA calculada na véspera e somar (100H) do dia.
5,0 a 9,9	Abater 60% na FMA calculada na véspera e somar (100H) do dia.
10,0 a 12,9	Abater 80% na FMA calculada na véspera e somar (100H) do dia.
≥ 12,9	Interromper o cálculo (FMA = 0) e recomeçar a somatória no dia seguinte.

Fonte: ANTUNES, 2000

Quadro 2: Escala de risco de incêndio

VALOR DE FMA	GRAU DE PERIGO
≤ 1,0	Muito pequeno
1,1 a 3,0	Pequeno
3,1 a 8,0	Médio
8,1 a 20,0	Alto
≥ 20	Muito alto

Fonte: ANTUNES, 2000

Os dados utilizados neste trabalhos foram coletados no Centro de Monitoramento de Clima e Hidrologia do estado de Mato grosso do Sul-CEMTEC.

A formula de Monte Alegre é dado por:

$$FMA = \sum_{i=1}^n \left(\frac{100}{H_i} \right)$$

em que:

FMA = Formula de Monte Alegre; H = umidade relativa do ar (%), medida às 13 horas e n =numero de dias sem chuva.

Sendo acumulativo, o índice esta sujeito às restrições de precipitação, como mostra o Quadro 1. A interpretação do grau de perigo estimado pela FMA e também feita através de uma escala proposta por ANTUNES, 2000, que observamos no Quadro 2.

A partir dai, foram construídos mapas das distribuições de doenças respiratórias observadas, estimadas e erros residuais e um mapa com a distribuição espacial do risco



de incêndio.

As doenças respiratórias usadas na análise para o estado de Mato Grosso do Sul, extraídas do Sistema de Informações Hospitalares do SUS (DATASUS), foram analisadas no período de estudo de 1827 dias (01 de janeiro de 2004 a 31 de dezembro de 2009), o número de internações por doenças respiratórias foram de 148.849.

Dentre as doenças catalogadas na Codificação Internacional de Doenças (CID 9ª e 10ª revisões) como Doenças do aparelho respiratório (460-496 e J00-J99 respectivamente), verificou-se que as maiores médias diárias de internações foram devido à influenza (gripe) e pneumonia (480-487 e J10-J18) representando 52,3% do total de internações. Em segundo lugar, foram às doenças crônicas das vias aéreas inferiores, tais como bronquite crônica, bronquite simples e muco-purulenta, efisema, asma, estado de mal asmático e bronquectasia (490-496 e J40-J47) com 19,3%. Em terceiro lugar, com 11,3% e média diária de 5,2 ficaram as outras doenças das vias aéreas superiores (470-478 e J30-J39), tais como rinite alérgica e vasomotora, rinite, nasofaringite e faringite crônicas, sinusite crônica, pólipos nasais, outros transtornos do nariz e dos seios paranasais, doenças crônicas das amídalas e das adenóides, laringites e laringo-traqueíte crônicas. As outras infecções agudas das vias aéreas inferiores (466 e J20-J22) como a bronquite aguda e bronqueolite, que tiveram média diária de 2,8 e representaram 6% do total de internações. Por último as infecções agudas das vias aéreas superiores (460-465 e J00-J06) representaram 4,3% das internações, sendo a média diária de 2,0. Essas doenças foram as seguintes: nasofaringite aguda (resfriado comum), sinusite, faringite, amigdalite, laringite, laringite obstrutiva, epiglote e traqueíte. As demais doenças do aparelho respiratório não atingiram 2,0 internações de média diária e tiveram porcentagem muito baixa – exceto o agrupamento de doenças não especificadas (508 e J95-J99), que representaram 4,9% de internações e média diária de 2,2. Contudo esse agrupamento, como o próprio nome diz, representa as doenças não especificadas e, por isso, não é possível saber qual a real causa de internações.

Para caracterizar a distribuição das doenças respiratórias em Mato Grosso do Sul foram elaborados modelos, a partir de regressão linear múltipla, cujo método avalia um determinado problema analisando o grau de relação entre uma ou mais variáveis.



Foi efetuada uma análise exploratória univariada de dados espaciais para investigação de autocorrelação espacial das estimativas bayesianas das internações por doenças respiratórias, e do indicador de risco de incêndio nos municípios de Mato Grosso do Sul. Optou-se por construir estimativas bayesianas para as internações, visando minimizar a instabilidade das prevalências, através da eliminação da flutuação aleatória presente em pequenas áreas (BAILEY TC & GATRELL AC, 1985). O método utilizado foi o bayesiano empírico espacial proposto por MARSHA, 1991, em que a prevalência de cada município é ajustada levando-se em conta as prevalências de seus vizinhos.

Na análise múltipla, primeiramente avaliou-se a direção e a magnitude das associações entre as variáveis independentes através de uma matriz de correlação. A seguir, utilizou-se a análise de regressão múltipla espacial. Esse tipo de análise possui os mesmos pressupostos da regressão linear tradicional, porém levam em consideração as tendências ou correlações espaciais dos dados e, caso seja constatada autocorrelação espacial, são incorporados determinados parâmetros que possibilitam a retirada destes efeitos. A qualidade do ajuste do modelo de regressão espacial é semelhante à do modelo de regressão múltipla tradicional, sendo verificada por meio da análise de resíduos.

Foram calculadas as medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (amplitude, desvio-padrão) para cada estimador (risco de incêndio, focos de queimadas, concentração de ozônio e índice de internações por doenças respiratórias), considerando os 79 municípios analisados. Para efetuar as comparações entre as abordagens, também foram gerados gráficos para visualizar o comportamento sequencial das estimativas geradas, tendo como referência para todos os gráficos a ordem crescente das taxas brutas dos municípios. Por fim, as estimativas calculadas foram mapeadas para melhor visualização do padrão de doenças respiratórias no estado, identificando regiões de proteção (baixas taxas) e de risco (altas taxas).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O indicador de internações hospitalares por doenças respiratórias por município



no Mato Grosso do Sul, variou entre 0,30 a 3,82 no período de 2004 a 2009. Os índices de auto correlações foram superiores a 0,60 ($p < 0,01$).

No Quadro 3, estão as estatísticas descritivas para cada variável.

Quadro 3- Estatística descritiva dos indicadores de internações hospitalares, concentração de ozônio de superfície, focos de queimadas, umidade relativa do ar e precipitação.

Variável	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Internações hospitalares	0.45	0.12	0.17	0.44	0.76
Ozônio-ppbv	17.35	7.10	5.30	16.20	39.15
Focos de queimadas	13.52	15.87	1.00	8.00	91.00
Umidade do ar %	65.10	12.74	7.30	67.00	86.00
Precipitação (mm)	112.00	84.40	0.00	96.00	407.90
Risco de fogo	9.26	9.24	1.50	6.34	48.99

Foram calculados os coeficientes de regressão da equação polinomial: intercepto= 0,415; (ozônio) $\beta_1=0,00139$; (focos de queimadas) $\beta_2= 0,00112$; (umidade do ar) $\beta_3= 0,00094$; (precipitação) $\beta_4= -0,00055$; (risco de fogo) $\beta_5=0,00050$, com erro de 0,112.

Esta relação coincide com a realidade, mostrando que a emissão na atmosfera de gases altamente tóxicos, interfere diretamente na saúde humana, provocando incremento nas doenças respiratórias.

Para o ano de 2004 a 2009 foi obtido um modelo com quatro variáveis com $R^2=0,76$ e $p=0,0000$. São elas: concentração de poluente ozônio, precipitação, umidade do ar, focos de queimadas e risco de fogo. Ambas as variáveis deste modelo apresentaram relação direta com a distribuição das doenças respiratórias, ou seja, quanto maior o risco de fogo maior o número de focos de queimadas, maior a concentração de ozônio, maior o risco de aumento de casos de doenças respiratórias, e o coeficiente de determinação explicam 76% indica quanto da variância da variável resposta é explicada pela variância das variáveis explicativas, indicando uma forte correlação.

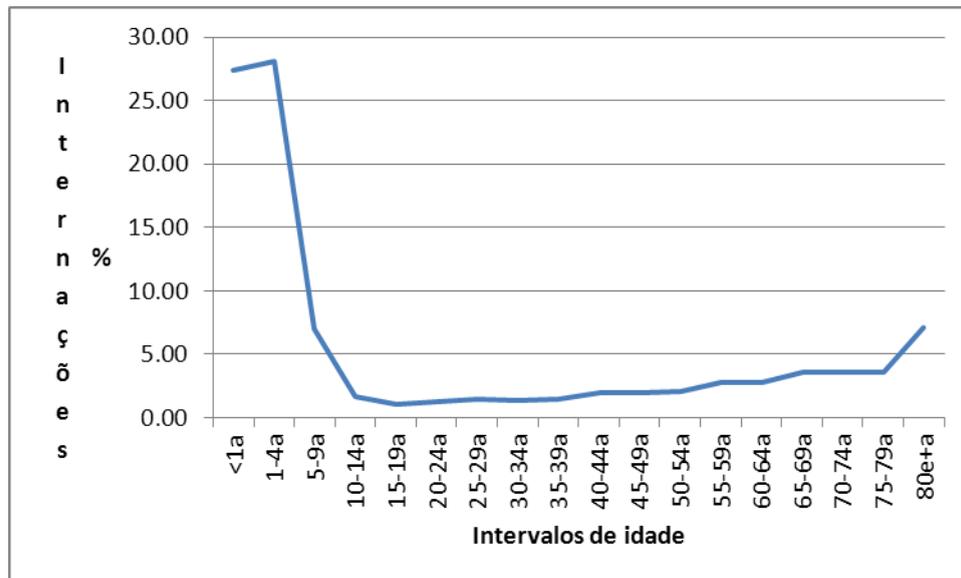


Figura 1: Percentagem média do número de internações por doenças respiratórias em função das idades no período de 2004-2009.

Outra observação relevante apontada no modelo estatístico é que a faixa etária da população mais vulnerável às doenças respiratórias é a população infantil (um a quatro anos) (Figura 1). Sua presença no modelo confirma estudos realizados no Brasil, nos quais autores afirmam que a principal causa de óbito entre as crianças com este perfil são as doenças respiratórias (SIGAUD, 2003).

O modelo gerado pode ser explicado ainda por um estudo realizado em Curitiba, onde foram investigados os efeitos da poluição atmosférica na morbidade por doenças respiratórias em crianças. No estudo, dados de doenças respiratórias em crianças foram relacionados com variáveis como níveis de material particulado, fumaça, dióxido de nitrogênio e ozônio. No resultado, todos os poluentes investigados apresentaram efeitos sobre as doenças respiratórias em crianças (BAKONYI, et al, 2004).

Alguns estudos realizados no Brasil investigaram padrões de distribuição de morbidade empregando técnicas de análise espacial; poucos, no entanto, avaliaram a morbidade de doenças respiratórias relacionada à exposição ao poluente (risco de incêndio) sendo esses, em sua maioria, estudos ecológicos de séries temporais que não utilizam Sistemas de Informações de Georreferenciamento (JUNGER WL, LEON AP, 2007; BAKONYI et al, 2004; CANÇADO et al, 2006).

A variável de exposição utilizada no presente de estudo foi escolhida por ser atualmente considerada como aquela mais fortemente associada à morbidade produzida



por poluentes atmosféricos. As queimadas produzidas por riscos de incêndio liberam partículas que são capazes de atingir as regiões mais profundas do sistema respiratório, desencadeando processos inflamatórios no interstício pulmonar (DONALDSON et al, 2001). A deposição dessas partículas, ao transpor a barreira do epitélio alveolar, induz à liberação de mediadores químicos que levam a respostas locais (hipoventilação, obstrução, inflamação e infecção pulmonares) e sistêmicas, devido ao transporte desses mediadores pela circulação, agindo, inclusive, diretamente nas células cardíacas (SHI et al, 1996).

Para os grupos sensíveis incluídos no estudo (crianças e idosos, Figura 1), grande parte dos agrupamentos de maiores prevalências ocorreu nos municípios pertencentes ao "Pantanal", que é caracterizado por grandes áreas desmatadas e grandes concentrações de risco de incêndio ou queimadas (Figura 3).

Em relação à faixa etária, a Figura 1 mostra que os grupos mais sensíveis à exposição a doenças respiratórias são as crianças menores de cinco anos e os idosos (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2005; RUMCHEV et al, 2007; MEDINA-RAMO et al, 2006). Contudo, outros fatores de risco ligados a condições sócio sanitárias estão também associados ao desenvolvimento de doenças respiratórias na infância, especialmente no primeiro ano de vida (MACEDO et al, 2007; CALDEIRA et al, 2005).

A distribuição espacial do percentual de doenças respiratórias demonstrou um padrão bem definido, onde os municípios pantaneiros do Estado apresentaram as maiores concentrações de risco de incêndio e conseqüentemente maior número de focos de queimadas (Figura, 3). ARTAXO et al, 2005 relatam que a qualidade do ar de algumas regiões da Amazônia é fortemente afetada durante a época das queimadas, podendo atingir níveis piores do que aqueles registrados para o ar do centro urbano da cidade de São Paulo, o mesmo ocorre no pantanal. Esse padrão espacial também é explicado por FREITAS et al, 2005, que descrevendo as emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul, observam a sua grande ocorrência no Estado de Mato Grosso do Sul, associada principalmente à expansão agropecuária e na limpeza e preparação de pasto e para o plantio.

LOPES E RIBEIRO, 2006, mapeando internações hospitalares por problemas



respiratórios, avaliaram a associação desta morbidade com a exposição humana aos produtos da queima da palha de cana-de-açúcar em alguns municípios do Estado de São Paulo, em análise de correlações espaciais, observando maior ocorrência de doenças respiratórias em regiões onde há prática de queimadas.

IGNOTTI et al, 2007, através de um estudo de morbidade hospitalar e mortalidade por doença respiratória aguda em crianças menores de cinco anos de idade em Mato Grosso, encontraram maiores morbidades em regiões com altas concentrações de poluentes originários de queima de biomassa.

No Estado de Mato Grosso do Sul existem vários municípios pequenos onde ainda são precários os serviços de assistência à saúde, e grande parte deles não possui hospital. Esse indicador permitiu uma melhor representação da oferta e da demanda em relação aos indicadores tradicionais de saúde, originalmente construídos para municípios maiores, com uma capacidade satisfatória mínima de atenção instalada. Contudo, SCATENA, 2000 adverte que existe certo comprometimento do sistema de assistência hospitalar em determinados municípios da região, onde tem sido relatada uma estagnação em termos de políticas de saúde nos últimos anos. Esta estagnação pode refletir deficiências nas atividades de prevenção em saúde, o que, conseqüentemente, poderia levar a uma maior demanda pelos atendimentos hospitalares em alguns municípios, não necessariamente relacionados às altas concentrações de poluentes atmosféricos.

No estudo, o risco de incêndio apresentou correlação com o número de internações, sendo observado que determinados municípios com grande risco de incêndio não apresentaram altas concentrações de internações. Isto pode ser explicado parcialmente pelo intervalo de tempo entre o risco de incêndio, que tem suas maiores intensidade nos meses de abril a julho, e a fase do fogo que ocorre principalmente nos meses de agosto a outubro. FREITAS et al, 2005 apontam que as estimativas de queima de biomassa e da quantidade de emissão de um dado composto químico, em função da quantidade de biomassa queimada, são diferentes para o cerrado, floresta tropical, florestas secundárias e primárias. Além disso, os ventos trazem massas de ar vindas do oceano, que transportam as emissões de queimadas para o sul. Desta forma, a fumaça emitida por queimadas na região amazônica do Estado de Mato Grosso é transportada



para as regiões mais ao sul, aumentando assim a exposição crônica à fumaça em regiões não pertencentes ao bioma amazônico, o que poderia contribuir para que municípios com pequenos riscos de incêndio apresentassem grandes concentrações de fumaça (ARTAXO et al, 2005). O Estado de Mato Grosso do Sul apresenta clima caracterizado por apresentar inverno seco, quando a massa de ar tropical continental fica estacionada na região e verão chuvoso, quando a massa de ar equatorial continental predomina em todo o Estado (BOTELHO et al, 2003). A maioria, senão o total das queimadas ocorre na estação seca. Nesse estudo, não foi possível considerar a sazonalidade, a inclusão no modelo da variável número de queimadas por município pode ser considerada como um ajuste indireto, já que esse número está associado à duração maior ou menor do período de ausência de chuva nos municípios do Estado de Mato Grosso do Sul.

Neste trabalho foram utilizadas as prevalências de internações por doenças do aparelho respiratório. (BITTENCURT et al, 2006) destacam que o Sistema de Informações Hospitalares (SIH), de onde provêm as informações, utiliza como unidade de análise a Autorização de Internação Hospitalar (AIH) e não o indivíduo doente. Como um mesmo indivíduo pode ser internado mais de uma vez ou até mesmo não ser internado, embora doente, por limitações na estrutura hospitalar, tem-se como fragilidade a utilização das internações como aproximação do número de casos de doença. Todavia, este vem sendo apontado como um dos melhores indicadores dos agravos às doenças respiratórias. Por outro lado, a participação do sistema de saúde suplementar não é relevante na região, existindo, inclusive, cidades onde o SUS é responsável por 100% de atendimento ambulatorial e hospitalar, o que possibilita que os dados utilizados no estudo tenham uma boa cobertura populacional.

(ALVES& RODRIGUES, 2005), em um estudo sobre determinantes da saúde em idosos do Município de São Paulo, relatam que o nível de escolaridade, entre outras variáveis socioeconômicas, foi altamente associado com a percepção de saúde, e a idade teve uma significativa influência. Talvez o grau de escolaridade contribua para que os idosos e/ou seus familiares percebam com maior clareza determinadas condições de saúde que demandam atendimento médico, o que se refletiria na maior utilização dos serviços de saúde em determinados municípios. Importante destacar a dificuldade das populações rural pantaneira em relação ao acesso aos serviços de saúde. Estudos que investigaram a disponibilidade do serviço e a acessibilidade geográfica demonstram que



a utilização dos serviços se reduz à medida que aumenta a distância entre as pessoas que demandam atendimento e os serviços de saúde (ALVES& RODRIGUES, 2005). Devido a essas questões, o cenário deve ser ainda pior do que o verificado através dos dados de morbidade do SUS que consideram apenas os casos que conseguiram chegar ao atendimento médico - possivelmente os mais graves.

Da mesma forma, não foi possível incluir outros indicadores de poluição do ar, devido à indisponibilidade dos dados para todos os municípios do Estado. Essa inclusão seria importante, uma vez que Mato Grosso do Sul é um Estado eminentemente agrícola, com grandes áreas plantadas de cana-de-açúcar, caracterizando uma pressão de exposições locais a diversos outros poluentes atmosféricos, e sua não consideração na análise poderia ter levado à observação de associações espúrias entre a variável de exposição utilizada e a prevalência de internações por doença respiratória nos grupos sensíveis.

Quando os dados são contagens por áreas, o tamanho da população em risco pode variar consideravelmente entre as áreas sob estudo. A dispersão espacial do risco de ocorrência de um evento (por exemplo, doença, morte etc.) é usualmente mostrada via mapas de incidência de taxas. O objetivo do mapeamento é inferir a respeito da distribuição geográfica das taxas e então identificar as áreas de maior ou menor incidência, buscando um padrão espacial. Quando a autocorrelação está presente nos dados, regiões próximas tendem a ter um mesmo padrão de ocorrência do evento de interesse e regiões distantes terão padrões distintos. O coeficiente de incidência de doenças respiratórias (C) reflete os níveis de saúde e de desenvolvimento socioeconômico de uma determinada área, podendo ser considerado um dos mais importantes indicadores epidemiológicos utilizados (LAURENTI et al, 1985) e também tem sido utilizada como um dos principais indicadores da qualidade de vida de uma população (DATASUS, 2012). A taxa é dada pela relação entre o número de internações por doenças respiratórias e a população do município, em determinado local e período, calculado na base de mil. O (C) é um importante indicador, porque reflete a qualidade com os cuidados a saúde, além de indicar uma preocupação na redução das disparidades existentes na pirâmide social.

As características contextuais (status socioeconômico e escolaridade, entre outras)



têm sido consideradas como importantes determinantes do estado de saúde (BITTENCOURT et al, 2006), sendo esse um dos motivos que nos levou à seleção do método de regressão múltipla espacial. Além disso, possibilitou minimizar as flutuações aleatórias das prevalências de internações em pequenas áreas permitindo uma melhor visualização da sua distribuição espacial. A desvantagem da utilização desse método, entretanto, consiste no fato de que o mesmo pode ocasionar a superestimação dos coeficientes de autocorrelação nas áreas com pequeno número de eventos, onde o alisamento dos valores das variáveis do município em direção à média de seus vizinhos é mais acentuado. Mesmo assim, optou-se pelo recurso das estimativas bayesianas, por se entender que, nos municípios menores, as inconstâncias dos registros de informação poderiam produzir grande variância da variável de desfecho, com consequente diminuição da acurácia e da validade da análise.

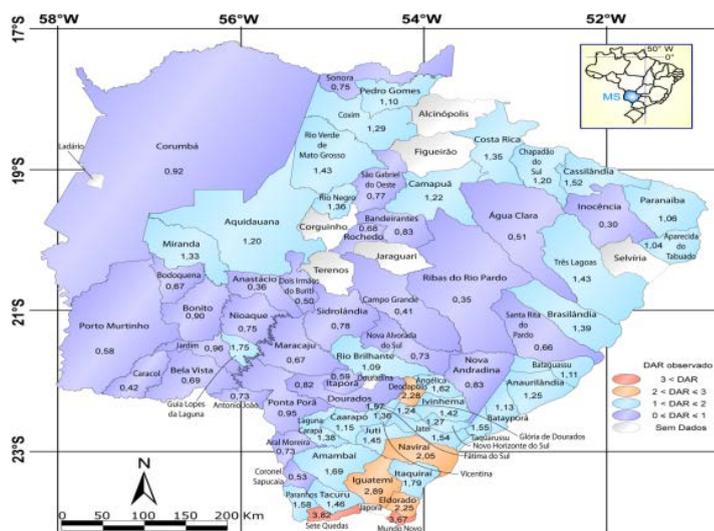


Figura 2 a. Resultados gerados pelo modelo de regressão, com base nos dados de doença respiratória (DRA) dos anos de 2004 a 2009: (a) DRA observado.

Figura 2 b. Resultados gerados pelo modelo de regressão, com base nos dados de doença respiratória (DRA) dos anos de 2004 a 2009: (b) DRA estimado.

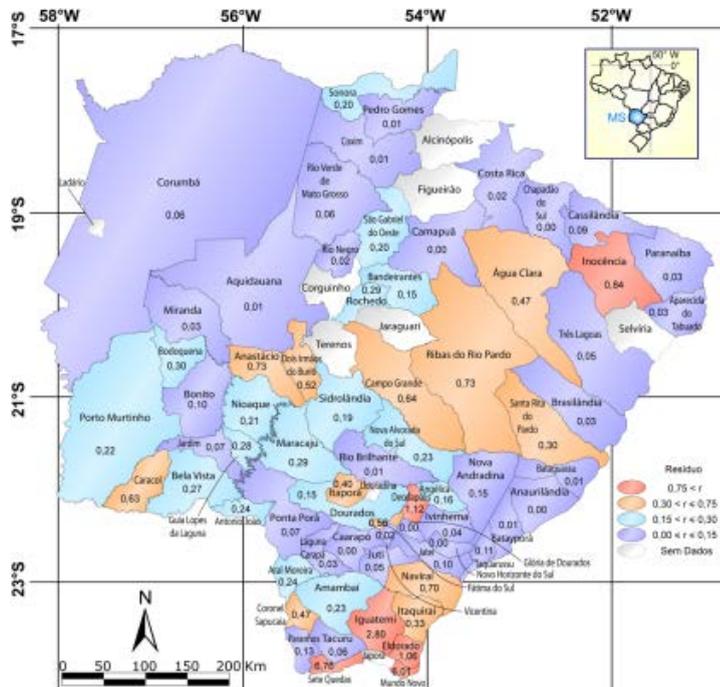
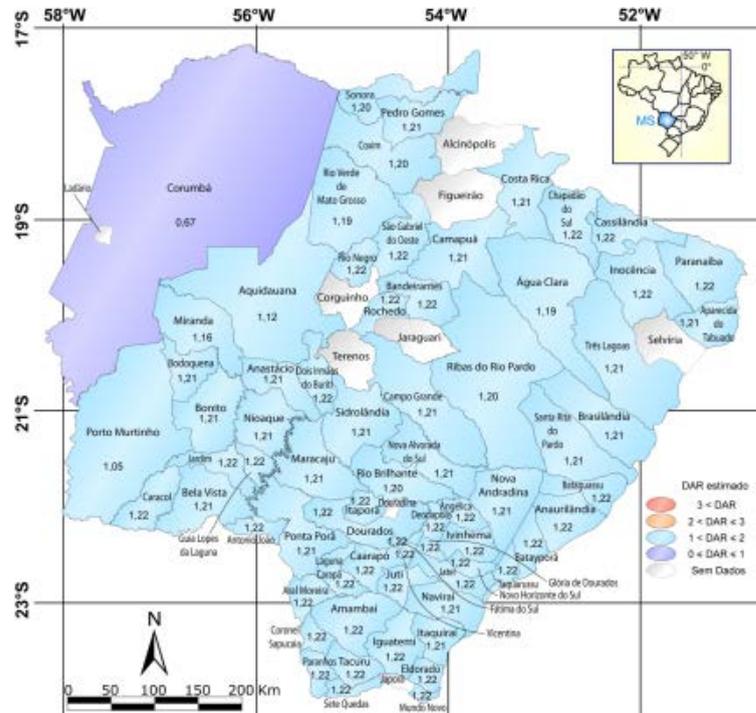


Figura 2 c. Resultados gerados pelo modelo de regressão, com base nos dados de doença respiratória (DRA) dos anos de 2004 a 2009: (c) resíduos.

A Figura 2 mostra os valores sobre casos das doenças observados nos anos, juntamente com valores estimados, obtidos pelo modelo, e seus resíduos, com o intuito de avaliar a exatidão.

Na Figura 2b foi observado que a maioria dos municípios da região em Mato Grosso do Sul apresentaram altos valores de casos das doenças respiratórias,



coincidindo com os dados observados da mesma região (Figura 2a). A Figura 2c indica a presença de resíduos resultantes da diferença entre o valor observado e o valor estimado. Todas as variáveis selecionadas apresentaram relação direta com a distribuição das doenças respiratórias.

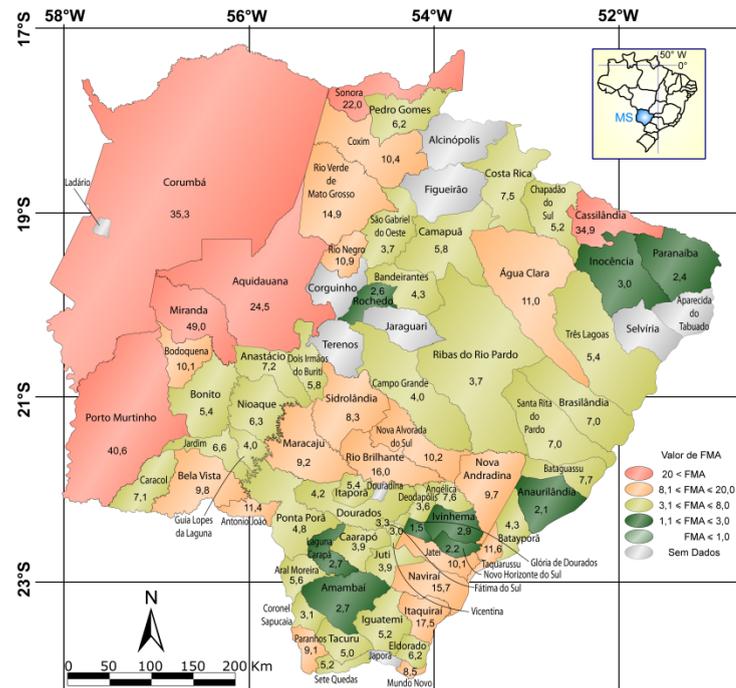
Na região leste do estado, área que coincide com a presença de indústrias de extração de carvão, a relação direta entre população e casos de doenças respiratórias indica a vulnerabilidade das pessoas, uma vez que as indústrias se concentram na zona rural. Na região Norte do estado, o modelo apresenta os mesmos fatores, mas provavelmente a origem da emissão de monóxido de carbono não é derivada da região carbonífera.

Observa-se também que apesar dos altos valores de casos das doenças, eles ainda encontram-se subestimados.

A variável população rural e população infantil (um a quatro anos de idade) apresentaram relação direta com as doenças respiratórias, com exceção da variável precipitação acumulada, que registrou associação indireta, ou seja, quanto menor a precipitação maior o risco de incêndio e queimadas e de ocorrerem casos de doenças respiratórias. Esse fato aponta a relação entre as condições climáticas e o agravamento das doenças, as quais, nesse caso, são maiores nos períodos de estiagem. A relação é comprovada ainda por um estudo realizado no município de Presidente Prudente, no interior de SP, que analisou a influência dos fatores climáticos na incidência de casos de doenças do aparelho respiratório. Os resultados apontaram que em períodos de estiagem prolongada houve aumento do número de casos de internação por agravos respiratórios (SOUZA & NETO, 2008).

A seleção das variáveis no modelo gerado justifica-se por melhor explicar a ocorrência dos casos de doenças respiratórias. Variáveis ambientais e socioeconômicas que não se mantiveram no modelo, mas que tiveram forte associação com as variáveis selecionadas, também pode ser utilizado como fatores de risco para ocorrência de novos casos de doenças. Dentre as variáveis socioeconômicas, 'vínculos empregatícios na indústria de transformação', 'população urbana' e 'população de 65 anos e mais' mostraram-se correlacionadas com a população de 1 a 4 anos', presente no modelo, a qual permaneceu no modelo final.

Figura 3- Média de classe de risco de incêndio espacialmente distribuída para o Estado de Mato Grosso do Sul, no período de 2004 a 2009.



Os resultados da porção sul apresentam baixos valores FMA e de risco de incêndio, no período chuvoso (Figura 2), isto por que os índices tanto de precipitação quanto de umidade desta região foram maiores. Os valores FMA variaram entre 10,37 a 15,25, e no período seco os valores foram de 14,65 a 22,55 (Figura 3),

Os resultados apresentados mostram os valores dos riscos de incêndios (Figura 3) com valores mínimos de 1,50 e máximos de 49,0 com média de 9,1 para o Estado de Mato Grosso do Sul que na estação seca atinge grau de perigo muito alto (valores maior ou igual a 20) e valores médios anuais com grau de perigo alto (8,1 a 20,0). Os valores médios anuais de FMA variaram entre 14 a 23. No período seco os resultados variaram de 23 a 28, e isto representa um risco alto de incêndio para o estado (ANTUNES, 2000).

Também se deve considerar o tipo da vegetação, que é denominado como combustível, que neste caso a vegetação é do tipo: cerrado a Leste, Pantanal a Oeste, floresta tropical a Sul, e apresenta propriedades favoráveis a incêndios. As propriedades dos combustíveis envolvem o tipo, diâmetro, peso e umidade, dentre as quais o teor de umidade é a mais importante no controle de incêndio (BEUTLING et al, 2005). O mapa anual (Figura 3), como os demais mapas, apresenta menores valores na região leste e cresce no sentido leste – oeste.

O mapa anual (Figura 3), como os demais mapas, apresenta menores valores na



região leste e cresce no sentido leste – oeste. Na parte leste os valores variaram de 13,61 a 19,07, e são considerados baixos, apesar de não poder compará-lo com resultados de anos interiores. E para melhor identificar as áreas de risco de incêndios, aplicou-se ao mapa de valores anual do risco de incêndio (Figura 3).



CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo apontam para a importância da avaliação espacial da morbidade das doenças respiratórias e suas relações com a presença de risco de queimadas originário da queima de biomassa nos biomas do cerrado e pantanal.

Acredita-se que o aumento da gravidade das doenças respiratórias pode ser determinado pela interação de variáveis climáticas, juntamente com condições ambientais inadequadas e baixo nível socioeconômico.

Já se tem base científica para afirmar que a poluição do ar (ozônio) tem efeitos negativos para a saúde humana. Os impactos decorrentes dos gases emitidos pela combustão de biomassa ainda não foram bem avaliados, mas afetam um número significativo de pessoas, sobretudo nos países em desenvolvimento, onde a queimada constitui uma prática agrícola bastante difundida. Além disso, incêndios em florestas ou em cerrado são constantes durante os meses de inverno, quando a reduzida precipitação leva à perda de umidade da massa vegetal, propiciando a ocorrência de queimadas involuntárias que fogem ao controle.

Esse conhecimento é importante para a definição de políticas de controle e de estabelecimento de padrões de qualidade do ar específicos para o caso das queimadas. O monitoramento e o estabelecimento de padrões de qualidade do ar, muito usados para avaliar e controlar a qualidade do ar urbano mostra-se inadequados para avaliar a poluição causada por queimadas e não levam em consideração a exposição a concentrações extremamente elevadas em curto prazo.

Inúmeras questões permanecem, enquanto expressivos contingentes populacionais continuam expostos a níveis de poluição que apresentam riscos adversos à sua saúde. Além disso, há dúvidas quanto aos padrões de qualidade do ar estabelecidos nos diferentes países para poluentes urbanos serem realmente eficazes na proteção da saúde de suas populações como um todo, ou se eles foram estabelecidos considerando-se apenas as pessoas saudáveis.

O estudo indicou ainda que é necessário dar atenção especial à população rural, uma vez que se encontra mais vulnerável ao risco de adoecer que a residente nas áreas urbanas. Acredita-se que na região leste do estado, área que coincide com a presença de



indústrias de extração de carvão, a relação direta entre população rural e casos de doenças respiratórias indica vulnerabilidade, uma vez que as indústrias se concentram na zona rural. Na região Norte do estado, a pesquisa aponta os mesmos fatores, mas provavelmente a origem da emissão de ozônio é das queimadas.

Propõe-se, então, melhor planejamento urbano, visando à qualidade de vida da população. Para a redução e controle da poluição atmosférica, é necessário tomar algumas medidas preventivas, junto aos setores públicos e privado, que auxiliem na diminuição da emissão de gases tóxicos, priorizando a saúde da população.

Neste estudo foi configurado e testado um sistema para estimar o risco de incêndio no estado de Mato Grosso do Sul e doenças respiratórias. Para tal, utilizou-se a integração de métodos de predição de índices de risco de incêndio acumulativo e de produção de mapas com os resultados do índice aplicado.

A importância da realização deste trabalho é que através da produção dos mapas temáticos, pode-se identificar quando e onde o risco de incêndio é maior, assim podendo investir de forma eficaz num sistema eficiente de combate aos incêndios e associa-los a doenças respiratórias.

O sistema utilizado para determinação do diagnóstico diário específico para o risco de fogo e doenças respiratórias mostrou-se ser bastante aceitável. Entretanto, sugere-se que alguns esforços sejam tomados para aumentar a precisão da estimativa do risco de fogo, tais como uma base de dados histórica de registros de ocorrências de focos de fogo mais extensa e precisa para ter uma relação mais robusta entre valores de índice de risco de incêndio.



Bibliografia

ALVES L, RODRIGUES RN. Determinantes da autopercepção de saúde entre idosos do Município de São Paulo, Brasil. *Rev Panam Salud Publica*; 17(5/6): 333-41; 2005.

ANTUNES M.A.H. Uso de satélites para detecção de queimadas e para avaliação do risco de fogo. **Revista do Departamento de Eng. Florestal UFPR**. Curitiba, n.25, 2000.

ARTAXO P, et al. Química atmosférica na Amazônia: A floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. *Acta Amazônica*; 35(2): 185-96; 2005.

ASSUNÇÃO RM. Estatística espacial com aplicações em epidemiologia, economia e sociologia. <http://www.est.ufmg.br/leste/publicacoes.htm> (acessado em Fev/2012).

BAILEY TC & GATRELL AC. *Interactive Spatial Data Analysis*. Editora Essex: Longman; 1995.

BAKONYI SMC, et al. Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba, PR. *Rev. Saúde Pública.*; 38(5): 695-700; 2004.

BEUTLING A.; BATISTA, A.C.; SOARES R. V. Quantificação de material combustível superficial em reflorestamentos de araucária angustifolia. **Revista do Departamento de Eng. Florestal UFPR**. n. 27, 2005.

BITTENCOURT AS; CAMACHO LB, LEAL MC. O Sistema de Informação Hospitalar e sua aplicação na saúde coletiva. *Cad Saúde Pública*; 22(1): 19-30; 2006.

BOTELHO C, et al. Fatores ambientais e hospitalizações em crianças menores de cinco anos com infecção respiratória aguda. *Cad Saúde Pública*; 19(6): 1771-80; 2003.

BRUCE N, PEREZ-PADILLA R, ALBALAK R. Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge. *Bull. WHO*; 78: 1078-92; 2000.

CALDEIRA A P, et al. Evolução da mortalidade infantil por causas evitáveis,



Belo Horizonte, 1984-1998. Rev Saúde Pública; 39(1): 67-74; 2005.

CANÇADO JED, et al. The Impact of sugar Cane-Burning Emissions on the Respiratory System of Children and the Elderly. Environ Health Perspect; 14(5): 725-9; 2006.

DATASUS. Informações em Saúde. Disponível em <http://w3.datasus.gov.br/datasus/datasus.php> [Acessado em janeiro de 2012]

DATASUS. Sistemas e Aplicativos. Disponível em <http://www.datasus.gov.br/cid10/>.

DE KONING HW, SMITH KR, LAST JM, Biomass fuel combustion and health. Bull. WHO; 63:11-26;1985.

DONALDSON K, et al. Ultrafine Particles. Occup Environ Med; 58: 211-6; 2001.

FREITAS SR, et al. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. Estudos Avançados; 19(53): 167-85; 2005.

IGNOTTI E, et al. Efeitos das queimadas na Amazônia: método de seleção de municípios segundo indicadores de saúde. Rev Bras Epidemiol; 10: 453-64; 2007.

JUNGER WL, LEON AP, Poluição do ar e baixo peso ao nascer no Município do Rio de Janeiro, Brasil, 2002. Cad Saúde Pública; 23(4S): 588 -98; 2007.

LAURENTI R, et al. Estatísticas de saúde. São Paulo: EPU/Edusp; 1985.

LOPES FS, RIBEIRO H. Mapeamento de internações hospitalares por problemas respiratórios e possíveis associações à exposição humana aos produtos da queima da palha de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Rev Bras Epidemiol; 9(2): 215-25; 2006.

MACEDO SEC, et al. Fatores de risco para internação por doença respiratória aguda em crianças até um ano de idade. Rev Saúde Pública; 41(3): 351-8;2007.

MARSHALL RJ. Mapping disease and mortality rates using empirical Bayes estimators. Applied Statistics; 40: 283-94;1991.

MEDINA-RAMO M, ZANOBETTI A, SCHWARTZ J. The Effect of Ozone



and PM10 on Hospital Admissions for Pneumonia and Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A National Multicity Study. *Am J Epid*; 163(6): 579-88; 2006.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Evaluación de los efectos de la contaminación del aire en la salud América Latina y el Caribe. Washington, D.C.: OPS; 2005.

SOARES R.V. Índice de Perigo de Incêndio. **Revista do Departamento de Eng. Florestal UFPR**. Curitiba, n. 13, 1972.

RUMCHEV K, et al. Indoor air pollution from biomass combustion and respiratory symptoms of women and children in a Zimbabwean village. *Indoor Air*; 17: 468-74; 2007.

SCATENA JHG. Avaliação da descentralização da Assistência à Saúde no Estado de Mato Grosso [tese de Doutorado]. Faculdade de Saúde Pública - Universidade de São Paulo; 2000.

SHI, MM, GODLESKI JJ, PAULAUSKIS JD. Regulation of macrophage inflammatory protein-1 mRNA by oxidative stress. *J Biol Chem*; 271: 5878-83; 1996.

SIGAUD CHS. Concepções e práticas maternas relacionadas à criança com pneumonia: estudo realizado no município de São Paulo [tese]. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo; 2003.

SOUZA CG, NETO JLS. Ritmo climático e doenças respiratórias: interações e paradoxos. *Revista Brasileira de Climatologia.*; 65-82;2008.

UGARTE MD, GOICOA T, MILITINO AF. Empirical Bayes and Fully Bayes procedures to detect high-risk areas in disease mapping. *Comput Stat Data Anal*; 53:2938-49,2009.