



ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS METEOROLÓGICOS, POLUIÇÃO E SAÚDE PARA O MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS – SP

Yhasmin Mendes de Moura

yhasmin@dsr.inpe.br

Universidade de Taubaté (UNITAU)

Gilberto Fisch

gfisch@uol.com.br

Universidade de Taubaté (UNITAU)

René Antonio Novaes

rene@dsr.inpe.br

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

Egídio Arai

egidio@dsr.inpe.br

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

RESUMO

No presente estudo verificou-se os efeitos dos elementos meteorológicos e dos poluentes atmosféricos na ocorrência de doenças cardiovasculares. Foram utilizados dados climatológicos disponibilizados pela Subdivisão de Climatologia Aeronáutica do Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA) referentes às temperaturas mínima, máxima e média, umidade relativa do ar e precipitação. Os dados referentes ao MP10 μ m (Material Particulado com diâmetro menor que 10 μ m) e O₃ (Ozônio) foram obtidos junto aos relatórios de qualidade do ar da CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), para quantificação da emissão de CO foi utilizado o sensor MOPITT (Measurements of Pollution in the Troposphere) e os dados de internações por doenças cardiovasculares obtidos junto a plataforma de coleta de dados do DATASUS. Pode-se verificar que, no geral, o número de internações por doenças cardiovasculares é inversamente correlacionado com a umidade relativa do ar. Inferi-se que o aumento de número de internações por doenças cardiovasculares pode estar associado com os poluentes, uma vez que estes não acham condições de dispersão em períodos em que a umidade relativa do ar é baixa. Em relação aos poluentes, o Material Particulado (MP10) mostrou-se relacionado aos fatores meteorológicos, isto se deve a influência na dispersão deste poluente, principalmente em relação à precipitação. O Ozônio foi o único que obteve uma correlação positiva em relação à temperatura média, isto pode estar associado por conta deste poluente ser originado através de reações fotoquímicas. O Monóxido de Carbono teve relação significativa somente com a umidade relativa, que também pode estar associado com a capacidade de dispersão deste poluente na atmosfera. Em termos gerais conclui-se que houve uma ampla relação entre as doenças cardiovasculares e a umidade relativa do ar, e que os poluentes se encontram associados aos parâmetros ambientais, condicionando seus efeitos na saúde da população.

Keywords: MOPITT, doenças cardiovasculares, Vale do Paraíba.

INTRODUÇÃO

São muitos os impactos ambientais atualmente causados pelo Homem: o aumento populacional associado à constante migração urbana acentua o crescimento desordenado das cidades e a falta de planejamento nestas relações se manifesta conseqüentemente, em agressões ao meio ambiente. Deste modo a poluição ambiental figura entre os aspectos contemporâneos de grande influência na qualidade de vida, sobretudo, nos habitantes dos grandes centros urbanos (Nascimento *et al*, 2004; Perez, 2005).

A emissão de poluentes nas grandes cidades extrapola aos domínios sócio-econômicos, que sustentam este cenário de intensa produtividade, passando a se tornar, também, uma questão de saúde pública. O uso da técnica de Sensoriamento Remoto em estudos da qualidade do ar ainda se mostra pouco explorado, mas de grande potencialidade, já que alguns satélites ambientais, tais como o satélite TERRA, por intermédio do sensor MOPITT (*Measurements of Pollution in the Troposphere*), revela-se como uma ferramenta alternativa e complementar ao monitoramento da emissão de poluentes *in situ*.

Uma posição bem aceita pela comunidade científica atualmente para realização de estudos dos gases atmosféricos e partículas de aerossóis é a recomendação da junção de técnicas de sensoriamento remoto, observações diretas *in situ* e modelagem numérica da atmosfera (Charlson, 2001). De acordo com Fishman *et al* (2008) pesquisas de monitoramento global através de satélites tem como pretensão determinar as fontes de concentração de poluentes, demonstrando a grande serventia na utilização destas informações para análises da poluição atmosférica.

Os diversos aerossóis troposféricos e gases de efeito estufa¹ contribuem para a poluição dos grandes centros urbanos, afetando, direta e indiretamente, o clima em escala local, regional e global por intermédio de suas interações com a radiação óptica no planeta e de seus efeitos sobre a microfísica das nuvens² (Gerber e Hindman, 1980; Kaufman *et al.*, 1994). O sistema terrestre já passou por diversos episódios críticos de alterações nas condições atmosféricas que ocasionaram um elevado número de mortes em todo globo. Estas influências estão intrinsecamente relacionadas com as grandes variações de temperatura, de umidade e de qualidade do ar (Martins *et al.*, 2002). Mudanças na concentração, distribuição e no tipo de aerossóis afetam a temperatura e o gradiente térmico atmosférico, sendo desta forma os aerossóis e gases antropogênicos intimamente ligados ao balanço de energia Terra-Atmosfera, ao sistema climático e ao ciclo hidrológico (Kaufman *et al.*, 2002).

Diversos estudos de associações entre qualidade do ar e mortalidade por doenças pulmonares avaliaram o impacto de condições ambientais adversas sobre a saúde em curtos períodos de tempo (Schwartz & Marcus, 1990) e demonstraram a influência das condições climáticas sobre o aumento de ocorrência de doenças do trato respiratório.

Este estudo tem a sociedade como objeto de conhecimento científico e apresenta o papel social da ciência espacial, utilizando de parâmetros relacionados à geografia, meteorologia e saúde, bem como a utilização de técnicas de sensoriamento remoto. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho é o de realizar um estudo de monitoramento da poluição atmosférica, como também analisar as condições meteorológicas e correlacionar com o índice de doenças cardiovasculares no município de São José dos Campos, localizado no Estado de São Paulo, no período de 2000 a 2007.

Geografia da saúde

No contexto atual evidenciam-se estudos relacionando a estrutura social e as condições de saúde e, neste sentido, ressalta-se a importância de compreensão entre espaço/território e qualidade de vida na elaboração de propostas metodológicas para abordagem desta interação. Como consequência, há um aumento de estudos relacionando a influência, a inter-relação e a interdependência do ser humano com o meio, assim como à relevância deste na sua qualidade de vida.

¹ Os principais gases do efeito estufa são: CO₂ (dióxido de carbono), O₃ (ozônio), CH₄ (metano), N₂O (Óxido Nitroso), PFC'S (Perfluorcarbonetos) e vapor d'água, ainda existem os HFC's (Hidroflúorcarbonetos) e SF₆ (Hexafluoreto de enxofre).

² Partículas aerossóis funcionam como núcleo de condensação das nuvens possuindo efeito no processo físico de sua formação influenciando na distribuição espacial dos campos de nuvem e precipitação. (Martins, 2007).

Em estudo realizado por Czeresnia e Ribeiro (2000) é apresentada uma interpretação peculiar a respeito do espaço em epidemiologia, visto que as análises epidemiológicas abordam o conceito de “lugar” separado dos conceitos de “tempo” e “pessoas”, por conta de o espaço ser concebido como algo anterior, que existe independente da constituição dos seres que o habitam, sendo também o espaço o lugar geográfico que predispõe a ocorrência de doenças. A inter relação entre estas ciências (médicas e geográficas) traz também o conceito de interdisciplinaridade, bastante procurado na vanguarda da ciência para explicação de distintos fatores.

De acordo com os Indicadores básicos para a saúde no Brasil (2002), para avançar nos estudos obtidos sobre controle de doenças, um dos aspectos levados em consideração foi o ambiental, o qual contribuiu para facilitar a quantificação e a validação das informações de saúde, levando em conta características do ambiente na disseminação de doenças. Um aspecto de relevância central no que trata dos estudos entre ambiente e saúde é a questão de trazer as relações entre a integralidade na atenção em saúde e o lugar, e desta forma trazer a importância do lugar como espaço privilegiado de planejamento e organização das ações de saúde, e ao mesmo tempo, oferecer o lugar como a configuração espacial a ser buscada pelo gestor em saúde (Santos e Pelusco, 2006).

Dentre alguns estudos, aponta-se que a distribuição espacial dos moradores e o acesso – ou não – a medicamentos e programas de saúde podem ajudar a minimizar tais conseqüências, embora não seja capaz de excluir totalmente a exposição aos riscos (Ojima, 2006). Entre os impactos mais graves da degradação ambiental, sem dúvida, estão aqueles relacionados à qualidade de vida da população, onde a poluição atmosférica se mostra altamente prejudicial, já que não possui fronteiras e pode atingir toda população, independente da classe social. É certo de que as populações de menor renda acabam sofrendo mais estes problemas ambientais e de poluição.

Apesar de estes impactos já serem conhecidos há ainda o desafio das organizações de saúde em atuar a partir do lugar, considerando este como provedor ou não da saúde, para que as disponibilidades de melhoria de qualidade de vida sejam atendidas uniformemente (Santos e Pelusco, 2006). Para tanto, é necessário começar a avaliar os problemas na saúde como um todo, verificando como as relações entre saúde e ambiente está interferindo nestes problemas, e é neste sentido que os parâmetros ambientais se associam a discussão.

Os padrões da qualidade do ar, a poluição e a saúde

Os padrões de qualidade do ar definem legalmente o limite máximo para a concentração de um poluente na atmosfera, que garanta a proteção da saúde e do meio ambiente (CETESB, 2009).

Os padrões nacionais foram estabelecidos pelo IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e aprovados pelo CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente, por meio da Resolução CONAMA N°03 de 28/06/90.

Segundo CETESB (2009) são estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar, a saber:

“Padrões Primários: concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo.

Padrões Secundários: concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo.”

A Resolução do CONAMA (Tabela 1 e 2) também estabelece os parâmetros regulamentados, os quais são: partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio.

Padrões nacionais de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/90)				
Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Padrão Secundário $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Método de Medição
partículas totais em suspensão	24 horas ¹	240	150	amostrador de grandes volumes
	MGA ²	80	60	
partículas inaláveis	24 horas ¹	150	150	separação inercial/filtração
	MAA ³	50	50	
fumaça	24 horas ¹	150	100	refletância
	MAA ³	60	40	
dióxido de enxofre	24 horas ¹	365	100	pararosanilina
	MAA ³	80	40	
dióxido de nitrogênio	1 hora ¹	320	190	quimiluminescência
	MAA ³	100	100	
monóxido de carbono	1 hora ¹	40.000	40.000	infravermelho não dispersivo
	8 horas ¹	35 ppm	35 ppm	
		10.000	10.000	
ozônio	1 hora ¹	9 ppm	9 ppm	quimiluminescência
		160	160	

1 - Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano. 2 - Média geométrica anual. 3 - Média aritmética anual.

Tabela 1 – Padrões de Qualidade do Ar estabelecidos pelo CONAMA.

Fonte: http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_indice_padroes.asp

Critérios para episódios agudos de poluição do ar (Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/90)			
Parâmetros	Atenção	Alerta	Emergência
partículas totais em suspensão ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	375	625	875
partículas inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	250	420	500
fumaça ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	250	420	500
dióxido de enxofre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	800	1.600	2.100
SO ₂ X PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	65.000	261.000	393.000
dióxido de nitrogênio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1h	1.130	2.260	3.000
monóxido de carbono (ppm) - 8h	15	30	40
ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1h	400*	800	1.000

* O nível de atenção é declarado pela CETESB com base na Legislação Estadual que é mais restritiva (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabela 2 – Critérios estabelecidos pelo CONAMA para episódios agudos de poluição do ar.

Fonte: http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_indice_padroes.asp

A partir da industrialização, vários episódios de altas concentrações de poluentes emitidos pelas indústrias, associado a condições meteorológicas desfavoráveis, mostraram os efeitos dos poluentes na saúde humana (Castanho, 1999). Nas últimas décadas têm-se dado uma maior importância a assuntos que tratam da qualidade do ar, visto que alguns fatos, como o ocorrido após 1960 na Europa e América do Norte, evidenciaram os efeitos da poluição na saúde humana com um significativo aumento na mortalidade da população após a exposição excessiva a gases poluentes (Katsouyanni, 2003).

A busca pela melhoria na qualidade de vida, juntamente com a preservação ao meio ambiente, caracteriza-se pela importância de avaliação e abordagem de novas metodologias

no tratamento deste assunto, pois seus efeitos afetam de diversas formas a saúde humana, os ecossistemas e os materiais.

De acordo como o Relatório de Qualidade do Ar de 2005 realizado pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental, regiões que apresentam maiores níveis de emissões de poluentes, mostram um nível tal de comprometimento da qualidade do ar que requerem um sistema de monitoramento que leve em conta, além do acompanhamento dos níveis de poluição atmosférica em longo prazo, a possibilidade de episódios agudos de poluição do ar (CETESB, 2006). Isto se dá principalmente pelas condições atmosféricas presentes no local de emissão destes gases que podem contribuir pelo efeito prejudicial dos mesmos.

Em estudos realizados nos Estados Unidos, China e Santiago do Chile, os efeitos da poluição na saúde humana foram verificados a partir da correlação entre variação da concentração de poluentes e admissão em prontos socorros e aumento de mortalidade, mesmo com concentrações abaixo do padrão de qualidade do ar (Zmirou 1996, Murray, 1998).

Nos últimos anos a composição química da atmosfera tem sido alterada pela inserção de gases poluentes, principalmente em grandes áreas urbanas e regiões industriais, sendo este material poluente altamente nocivo aos homens, animais e vegetais (Vianello e Alves, 2000). Segundo Peiter e Tobar (1998), a medição dos efeitos da poluição atmosférica na saúde do indivíduo enfrenta grandes obstáculos de ordem metodológica, dada a infinidade de variáveis envolvidas.

Poluentes atmosféricos e seus efeitos na saúde humana

De acordo com a CETESB (2009), poluente atmosférico pode ser definido como:

“toda e qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos em legislação, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade”.

Dentre os principais gases poluentes estão CO (Monóxido de Carbono), O₃ (Ozônio) e MP10 (Material Particulado), a saber:

- CO (Monóxido de Carbono): é um gás inodoro, incolor e é produzido a partir da queima incompleta de combustíveis que contém átomos de carbono, como derivados do petróleo. Trata-se de uma substância que prejudica a oxigenação dos tecidos e, por isso, é classificada como um asfixiante sistêmico. A hemoglobina substância que esta dentro dos glóbulos vermelhos do sangue, carrega o oxigênio (O₂) dos pulmões aos diversos setores do organismo. No entanto, a hemoglobina tem também afinidade pelo monóxido de carbono (CO), ligando-se a ele quando disponível nos pulmões e, conseqüentemente, diminuindo a oxigenação do organismo³. Em longo prazo reduz a capacidade aeróbia do organismo e agrava doenças cardiovasculares, o mesmo ocorre particularmente com os fumantes e, em concentrações elevadas, pode ser fatal (CONPET, 2006).

O monóxido de carbono tem como principal fonte o trânsito urbano, pois é o automóvel que mais emite o poluente. Foi observado que pessoas saudáveis e não fumantes residentes em áreas com altos índices de CO apresentam aumento de até 100% nos níveis de carboxihemoglobina quando comparadas com pessoas saudáveis e não fumantes que não estão expostas a altos índices de CO (Esteves *et al.*, 2004).

³ As moléculas de monóxido de carbono presas as hemácias não conseguem se desprender, não servindo mais ao transporte de oxigênio, o qual não consegue chegar às células que necessitam de sua energia. O monóxido de carbono então irá funcionar como um seqüestrador de hemácias, danificando o transporte do oxigênio.

- O₃ (Ozônio) ⁴: É um contaminante que não é emitido diretamente na atmosfera, classificado como poluente secundário, pois surge devido a reações químicas de outros poluentes, forma-se, de maneira bem simplificada, segundo as reações abaixo:

$\text{NO}_2 + \text{Luz Solar} \rightarrow \text{NO} + \text{O}$

$\text{O} + \text{O}_2 + \text{Luz Solar} \rightarrow \text{O}_3 \text{ (ozônio)}$,

é considerado o oxidante fotoquímico mais importante. Sua ação tóxica deve-se, principalmente, a capacidade de oxidar proteínas, lipídios e outras substâncias químicas integrantes das células, lesando ou matando as mesmas, dependendo da concentração e do tempo de exposição. Assim, os oxidantes fotoquímicos agravam a ação irritante dos outros poluentes e intensificam as inflamações e infecções do sistema respiratório, apresentando como reações a saúde humana o decréscimo da capacidade pulmonar, aumento no número de ataques de asma, também acelera a deterioração de materiais (borracha, têxteis e corantes) e afeta o desenvolvimento dos vegetais (CONPET, 2006).

- MP₁₀ (Material Particulado): O material particulado é o poluente atmosférico mais consistentemente associado a efeitos adversos à saúde, isto porque, este material é composto de partículas muito pequenas com diâmetro medido em micrômetros, ou seja, a milésima parte de um milímetro, 80% deste material são provenientes de veículos automotores.

Tem por composição um núcleo de carbono elementar⁵ onde estão agregados gases, compostos orgânicos, sulfatos, nitratos e metais. Deste modo, em seu núcleo de carbono estão fixados inúmeros poluentes presentes no ar, cuja ação irritante, tóxica ou cancerígena é facilitada pelo transporte destes compostos ao organismo pela inalação do material particulado, aumentando o risco de ocorrência de doenças respiratórias crônicas e crises agudas respiratórias.

Quanto menor é a partícula, maior é a sua absorção nas trocas gasosas efetuadas pelo pulmão, carregando consigo compostos nocivos que podem se manifestar causando lesões não só locais, no sistema respiratório, mas também de ordem sistêmica, manifestada em qualquer outro órgão ou sistema de organismo, pois as partículas se associam a circulação sanguínea. As partículas também podem ser de certa forma, aprisionadas pelas células do tecido pulmonar, impregnando o pulmão de manchas pretas (antracose⁶). De modo geral, quanto menor a partícula, maior a possibilidade de acesso dos seus compostos ao meio interno do organismo (CONPET, 2006).

METODOLOGIA

Primeiramente foi escolhida a área de estudo, o qual foi determinado pela disponibilidade de dados, sendo o município de São José dos Campos – SP recomendado para este estudo. Foram coletados dados meteorológicos, índices de poluição e número de internações por doenças cardiovasculares para o município. A análise destes dados foi realizada em planilhas do Microsoft Office Excel, o qual permitiu a geração de gráficos e análises de correlações.

⁴ Neste caso, o O₃ abordado é o troposférico, que é o ozônio ruim, extremamente tóxico, podendo causar sérios problemas até em pequenas concentrações. Existe também o ozônio bom, que absorve a radiação ultravioleta e se encontra em regiões mais altas da atmosfera (estratosfera).

⁵ O carbono elementar é um aerossol atmosférico proveniente da queima incompleta de combustíveis fósseis e queima de biomassa, possui alta capacidade de absorção de luz, interferindo no balanço radioativo da terra, mudanças na temperatura e precipitação

⁶ Correspondem à deposição de partículas de carbono da poluição atmosférica inalada ao longo da vida. A antracose é encontrada em praticamente todos os habitantes de cidades e possui caráter inócuo, porém em condições extremas pode originar disfunções pulmonares graves, podendo causar fibrose pulmonar.

Foram utilizados dados climatológicos disponibilizados pela Subdivisão de Climatologia Aeronáutica do Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), em São José dos Campos - SP. Os dados fazem referência às observações horárias de umidade relativa, temperaturas do ar e precipitação no período de 2000 a 2007. A metodologia utilizada do processamento das séries de temperatura e precipitação é semelhante à utilizada por Villaron (2008). Calculou-se os valores médios mensais de temperatura do ar, da máxima e mínima, este processo também foi realizado para o elemento climático da umidade relativa. Para os dados de precipitação foi calculado o somatório de precipitações mensais ao longo do ano. Os dados foram trabalhados estatisticamente em planilhas do Excel, para posterior análise.

Os dados referentes à concentração de monóxido de carbono (CO) foram obtidos para o período de 2000 a 2007 utilizando-se do sensor MOPITT e obtidos na página <https://wist.echo.nasa.gov/api/>. Estes dados são obtidos a partir de sondagens verticais que medem a radiação ascendente no comprimento de onda do infravermelho (em 4,7 μm e no intervalo de 2,2-2,4 μm), utilizando uma correlação espectroscópica para calcular os perfis de CO e o total integrado na coluna (DRUMMOND JR., 1996).

Os dados de MP10 e O3 foram obtidos a partir dos relatórios dos Índices de Qualidade do Ar, disponibilizados pela CETESB (<http://www.cetesb.sp.gov.br>) e compreende dados no período de 2003 a 2007. As informações de saúde foram obtidas junto à plataforma de banco de dados do Sistema Único de Saúde (SUS), estes dados compreendem os casos de Morbidade Hospitalar por local de internação referente ao município de São José dos Campos. Correspondem as doenças cardiovasculares, denominadas pela Lista de Morbidade do CID-10 como: Infarto agudo do miocárdio, Outras doenças isquêmicas do coração, Embolia pulmonar, Transtornos de condução e arritmias cardíacas, Insuficiência cardíaca, Outras doenças do coração. Todos estes dados são disponibilizados gratuitamente pelo site <http://w3.datasus.gov.br/datasus/datasus.php>.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da área do município

O município de São José dos Campos, situado entre os paralelos 23° 17'S e 22° 49'S e os meridianos 46° 06'W e 45° 43' W, está localizado na mesorregião do Vale do Paraíba Paulista. Possui uma extensão territorial de 1099,6 km², sendo 361,95 km² de área urbana, 734,39 km² de área rural e 3,26 km² de área de expansão urbana (PMSJC, 2007). A Figura 1 apresenta a localização do município.

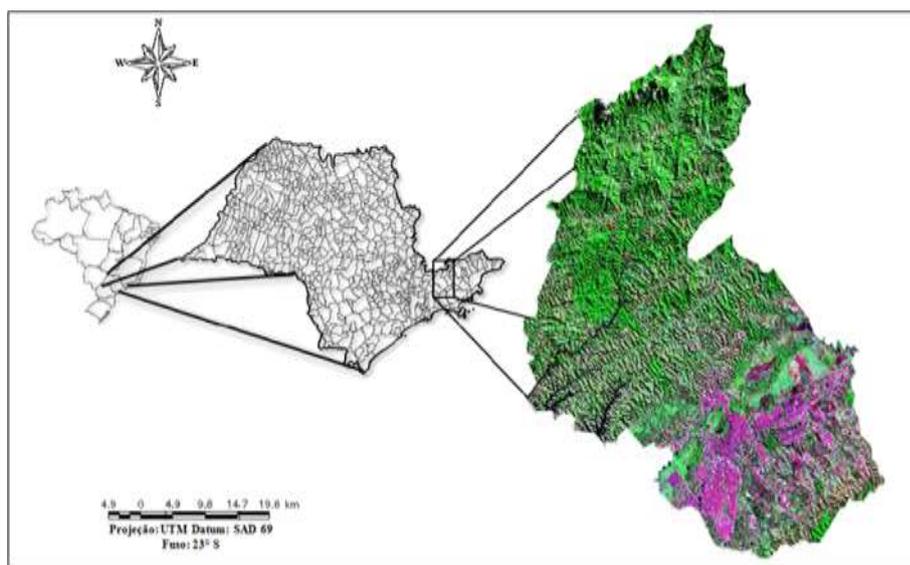


Figura 1. Localização do município de São José dos Campos (SP).
Fonte: adaptada de Moura *et al.*, 2008.

Ao longo dos últimos 50 anos, a cidade de São José dos Campos (SP) vem sofrendo um processo intenso de desenvolvimento industrial, com evidente crescimento de sua população e conseqüentemente da área urbana. Segundo dados da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (Fundação SEADE), em 1980 a densidade demográfica da cidade era de 251,76 hab./km², já em 2007, a cidade apresentava 545 hab./km² (IBGE, 2008).

Grande parte da distribuição populacional e da urbanização encontra-se na porção Sul-Sudeste do município, onde as cotas altimétricas variam de 530 a 680 metros e a declividade não ultrapassa os 10°. Segundo a classificação de Köeppen, o clima da região é do tipo Cwa, caracterizado por ser quente, com verão úmido e inverno seco. A região apresenta áreas com vegetação do tipo Cerrado e formação secundária de Floresta Ombrófila Densa, grandes extensões destas áreas são ainda utilizadas para atividades agrárias (IBGE, 2004).

Segundo dados do IBGE (2008), este município possui aproximadamente 600 mil habitantes e abrange uma área territorial de 1.100 km². Em 2007 a cidade possuía aproximadamente 200.000 veículos em circulação pelas vias municipais, dos quais, aproximadamente 167.000 eram carros, 5.000 caminhões, 31.000 motos e 1.000 ônibus (Figura 2).

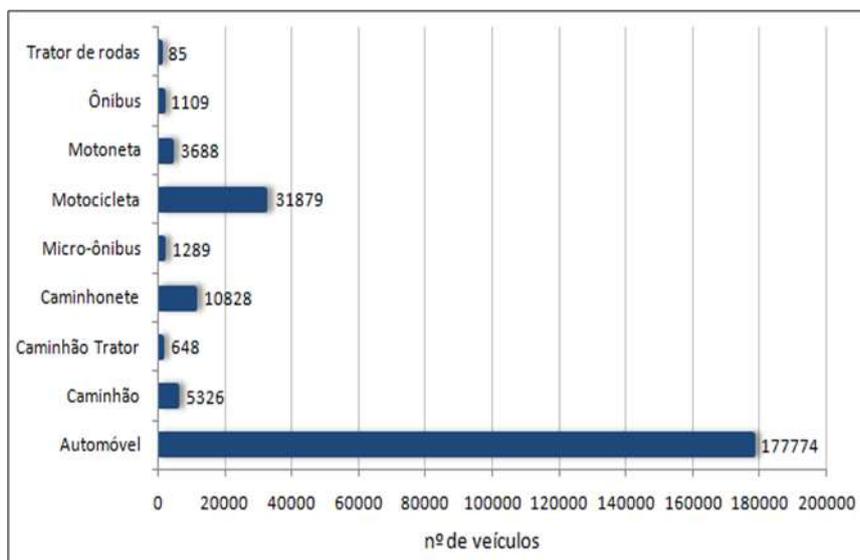


Figura 2. – Frota Veicular 2007 no município de São José dos Campos – SP.

Fonte adaptada de: IBGE, 2008.

Ainda segundo os dados do IBGE (2008), o município de São José dos Campos possuía em 2005, 189 estabelecimentos de saúde, dos quais 62 pertenciam ao Poder Público (60 estabelecimentos municipais e 2 federais).

O município de São José dos Campos é cortado por rodovias importantes no contexto de escoamento de cargas entre São Paulo e Rio de Janeiro, aumentando ainda mais o fluxo de veículos automotivos e a emissão de poluentes que estes ocasionam. Segundo dados da Nova Dutra aproximadamente 150 mil veículos por dia passam pelo trecho São Paulo – Rio de Janeiro (<http://www.novadutra.com.br>).

São José dos Campos vem sofrendo com o aumento dos efeitos que este tipo de crescimento pode gerar, tanto em relação ao uso do solo, das águas, da aglomeração humana, quanto especialmente, em relação ao aumento da poluição atmosférica.

Devido a esses fatores de crescimento e pela localização dentro de um vale, entre as Serras do Mar e da Mantiqueira, estudos de dispersão de poluentes sob diferentes condições

atmosféricas baseados em dados climatológicos e de emissão de fontes, são extremamente importantes tanto para análise das condições atuais de poluição atmosférica, quanto para o planejamento de implantação de novos parques industriais e, ainda no controle e monitoramento das fontes existentes (Carvalho et al, 1998). Ressalta-se também que estes estudos também poderão nortear o crescimento habitacional da cidade.

Análise estatística das variáveis

Os resultados mostram primeiramente as análises dos dados mensais do período de 2000 a 2007 de temperatura do ar e precipitação para o município de São José dos Campos – SP. A seguir são apresentados gráficos de correlação entre a umidade relativa do ar e o número de internações por doenças cardiovasculares, como também uma matriz de correlação entre as variáveis ambientais e os poluentes MP10, O3 e CO.

A Figura 3 apresenta os valores médios das temperaturas média, máxima e mínima para o município de São José dos Campos - SP no período de 2000 a 2007. Pode-se verificar uma tendência típica da região, com as maiores temperaturas compreendidas no período de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) e os menores no período de inverno (junho, julho e agosto). Esta variação sazonal será muito relevante para entender a dinâmica de certos gases poluentes, como será visto mais a frente.

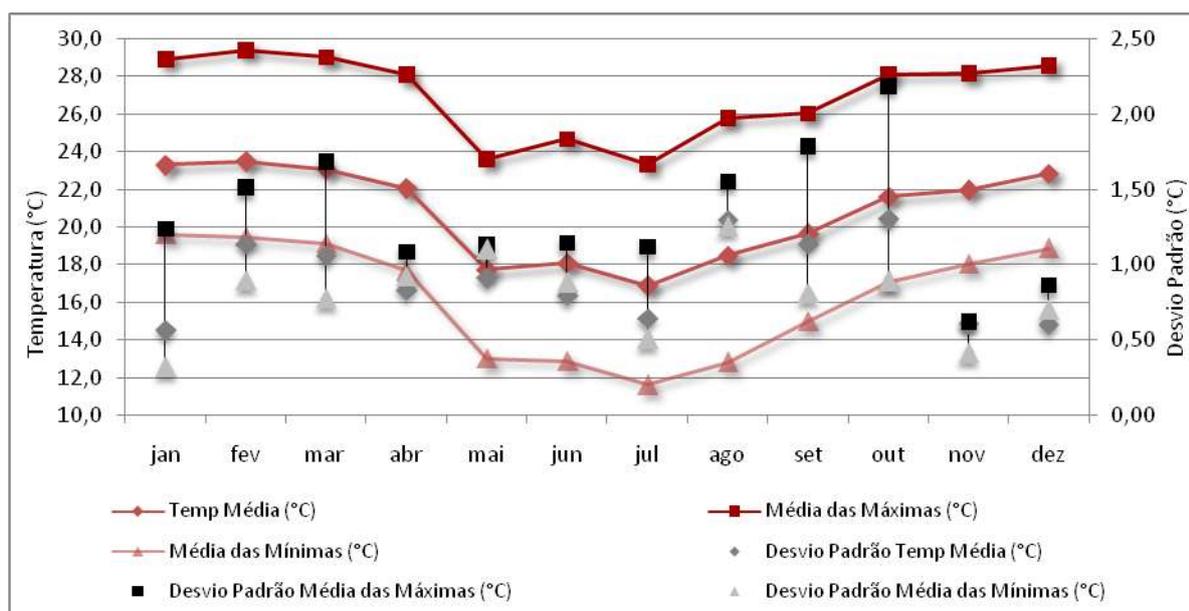


Figura 3. – Valores médios mensais das temperaturas máxima, média e mínima para o município de São José dos Campos entre os anos 2000 e 2007.

A Figura 4 representa o total mensal da precipitação (mm/mês) para o período de 2000 a 2007 para o município de São José dos Campos – SP. Conforme estudo realizado por Folhes e Fisch (2006) para o município de Taubaté, a região apresenta um comportamento característico da região do Vale do Paraíba do Sul, com a menor ocorrência de chuvas no período de maio a setembro, sendo que os maiores índices pluviométricos se estendem de outubro a março. A precipitação será um fator determinante, pois possui efeito direto e significativo na distribuição dos contaminantes no ar.

Pode-se verificar que, no geral, o número de internações por doenças cardiovasculares tende a aumentar conforme a umidade relativa do ar diminui. Isto pode ser evidenciado principalmente nos anos 2001, 2004, 2006 e 2007 (-0,40, -0,58, -0,39 e -0,47

respectivamente), pelos altos valores de correlação inversa identificados. Inferi-se que o aumento de número de internações por doenças cardiovasculares pode estar associado com os poluentes, uma vez que estes não acham condições de dispersão em períodos em que a umidade relativa do ar é baixa.

A Figura 5 apresenta a porcentagem mensal de umidade relativa do ar em relação ao número de internações por doenças cardiovasculares para o município de São José dos Campos – SP no período de 2000 a 2007.

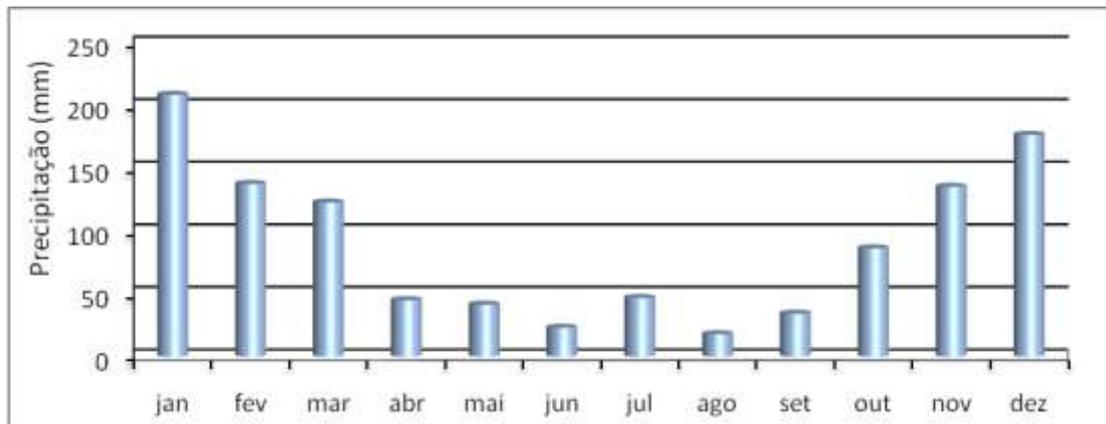
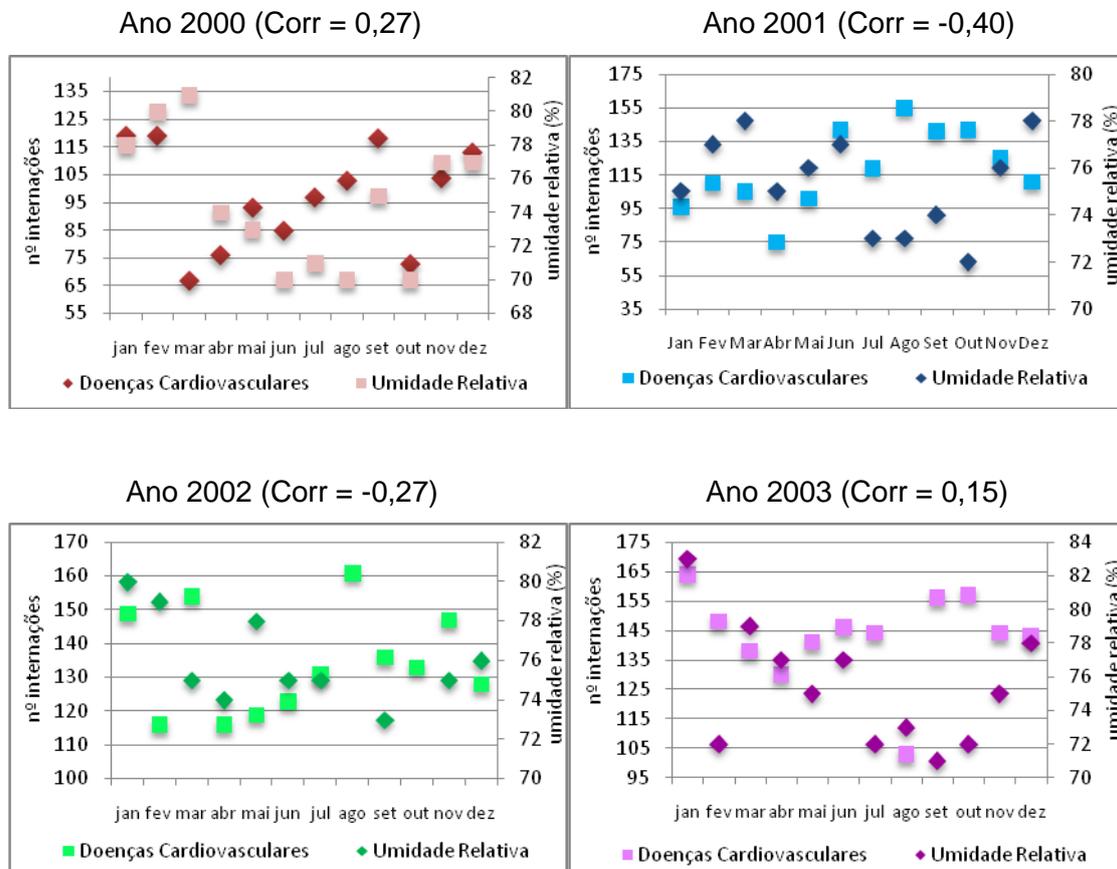


Figura 4. – Total de precipitação mensal para o município de São José dos Campos entre os anos 2000 e 2007.



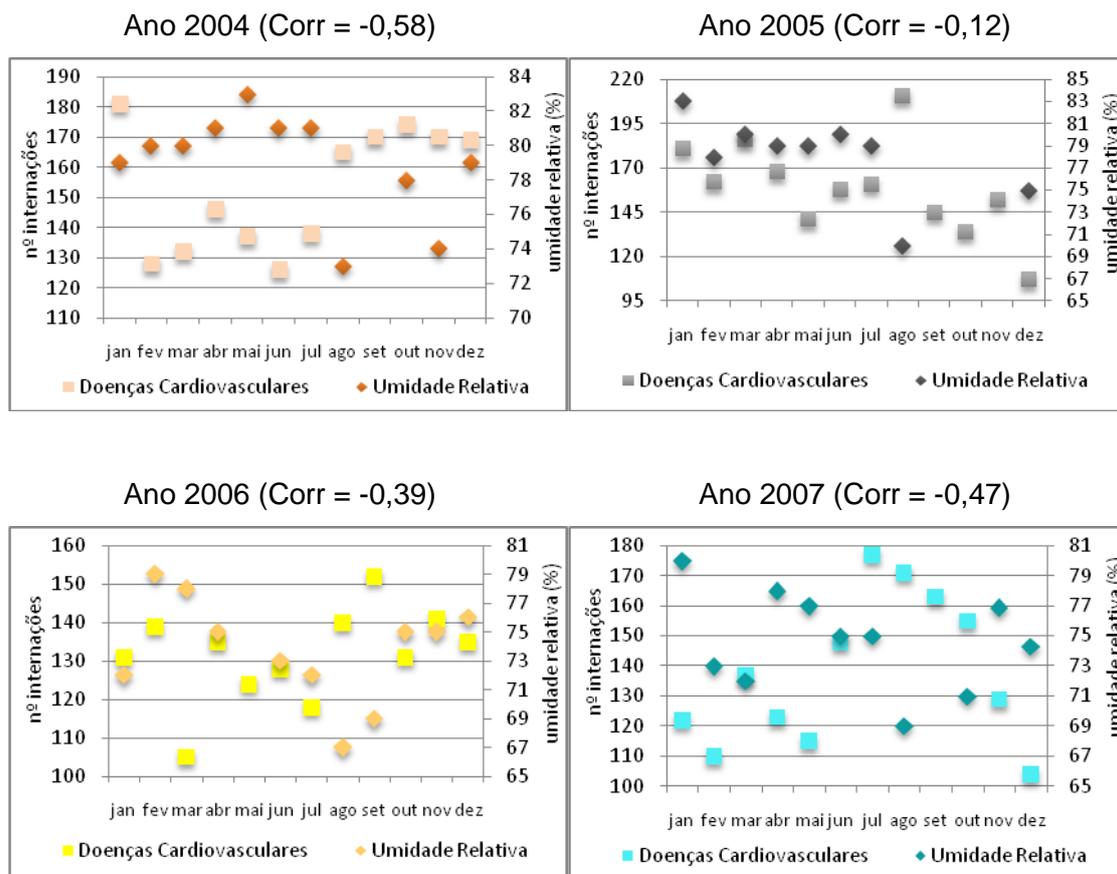


Figura 5 - Correlação entre o número de internações por doenças cardiovasculares e a umidade relativa (%) para o período de 2000 a 2007 no município de São José dos Campos - SP

A Tabela 3 apresenta o nível de correlação entre os parâmetros meteorológicos (Umidade Relativa do Ar, Temperatura e Precipitação), os poluentes (Material Particulado, Ozônio e Monóxido de Carbono) e as Doenças Cardiovasculares, para o período de 2000 a 2007.

Verifica-se que para as doenças cardiovasculares a maior relação vai estar associada à umidade relativa do ar, isto pode estar associado às baixas condições de dispersão dos poluentes na atmosfera, intensificando alguns sintomas causados pelos contaminantes inseridos no ar, tais como tosse, desconforto no peito, aumento do número de ataques de asma, dores de cabeça, irritação nos olhos, aumento na dificuldade respiratória e decremento da capacidade pulmonar.

Pode-se averiguar que o Material Particulado (MP10) mostrou-se amplamente relacionado aos fatores meteorológicos, isto se deve a influência na dispersão deste poluente, principalmente em relação à precipitação, através do processo de "wash-out" destas partículas poluentes presentes na atmosfera.

O Ozônio (O3) mostrou estar mais associado à umidade relativa, no entanto, foi o único que obteve uma correlação positiva em relação à temperatura média, isto pode estar associado por conta de o ozônio ser originado através de reações fotoquímicas, ou seja, o aumento deste poluente na atmosfera é determinado pelo alto índice de radiação. O Monóxido de Carbono (CO) teve relação significativa somente com a umidade relativa, que também pode estar associado com a capacidade de dispersão deste poluente na atmosfera.

Tabela 3

Matriz de correlação entre os parâmetros meteorológicos, os poluentes e as doenças cardiovasculares

	Doenças Cardiovasculares	Material Particulado (MP10)	Ozônio (O3)	Monóxido de Carbono (CO)
Umidade Relativa	-0,69	-0,51	-0,72	-0,72
Temperatura Média	-0,18	-0,81	0,11	-0,00
Precipitação	-0,09	-0,88	-0,19	-0,13

CONCLUSÃO

Em termos gerais pode-se concluir que houve uma ampla relação entre as doenças cardiovasculares e a umidade relativa do ar. Em relação aos poluentes pode-se averiguar que estes agentes se encontram associados aos parâmetros ambientais, condicionando seus efeitos na saúde da população. A análise do presente trabalho permitiu diagnosticar algumas relações entre as condições meteorológicas, doenças cardiovasculares e os poluentes, como mostra as observações realizadas, verificando-se uma estreita relação entre estes agentes. Cabe ainda salientar, a insuficiência de estudos sobre este tema, principalmente na região do Vale do Paraíba do Sul, como também a carência de dados para realização destes estudos, principalmente por ser uma série curta de dados. Entretanto, os resultados aqui obtidos poderão servir para a definição de Políticas Públicas, principalmente se analisados junto com dados de simulação climática (em termos dos elementos climáticos) para os cenários futuros.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, W. F.; BERARDO, J. L.; ASSIS, J. P. G.; ROBERTO L.; ARAI, N. Dispersão dos poluentes na cidade de São José dos Campos. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia. Brasília, 1998.
- CASTANHO, A. D. A., A determinação quantitativa de fontes de material particulado na atmosfera na cidade de São Paulo. Dissertação apresentada ao Instituto de Física da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências. 1999.
- CETESB (São Paulo) Relatório da qualidade do ar no estado de São Paulo 2005. São Paulo. CETESB, p. 140, 2006. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 28/10/2008.
- _____. Dados de qualidade do ar para o município de São José dos Campos – SP. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 28/10/2008.
- CHARLSON, R.J. *Extending atmospheric aerosol measurements to the global scale*. **IGAC Newsletter**, v.25, 2001.
- CZERESNIA, D. ; RIBEIRO, A. M. O conceito de espaço em epidemiologia: uma interpretação histórica e epistemológica. **Cad. Saúde Pública**. p. 595 – 617, 2000.
- Drummond JR, M. G. S. The measurements of pollution in the troposphere (MOPITT) instrument: Overall performance and calibration requirements. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v. 13, p. 314-320, 1996.
- Dados referentes ao monóxido de carbono (MOPITT - Measurements of Pollution in the Troposphere) Disponível em: <<https://wist.echo.nasa.gov/api/>>

FISHMAN, J., BOWNMAN WK. W., BURROWS J. P., RICHTER A., CHANCE K. V., EDWARDS D. P., MARTIN R. V., MORRIS G. A., PIERCE R. B., ZIEMKE J. R., AL-SAAD J. A., CREILSON J. K., SCHAACK T. K., THOMPSON A. M. Remote sensing of tropospheric pollution from space. **Bulletin of the American Meteorological Society**. vol 89, n. 6, p. 805-821, 2008.

Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. SEADE. Disponível em: <www.seade.gov.br>

GERBER, H. E. e HINDMAN, E. E. Light absorption by aerosol particles. Virginia: Colorado State University, 420p., 1980.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades: Município de São José dos Campos. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>.

_____. Mapa de Vegetação do Brasil. Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências, 2004. Mapa color., 115cm x 90cm. Escala 1:5.000.000.

Indicadores básicos para a saúde no Brasil: conceitos e aplicações. Rede Interagencial de Informações para a Saúde - Ripsa. – Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 299 p., 2002.

KATSOUYANNI, K. Ambient air pollution and health. **British Medical Bulletin**, vol. 68, p. 143–156, 2003.

KAUFMAN, Y. J.; GITELSON, A.; KARNIELI, A.; GANOR, E.; FRASER, R. S.; NAKAJIMA, T.; MATTOO, S.; HOLBEN, B. N. Size distribution and scattering phase function of aerosol particles retrieved from sky brightness measurements. **Journal of Geophysical Research**, v. 99, p 10341-10356, 1994.

KAUFMAN, Y. J., TANRE D., BOUCHER O. A satellite view of aerosols in the climate system. **Review Nature**, vol. 419, 215-223. 2002.

MARTINS, J. A. Efeito dos núcleos de condensação na formação de nuvens e o desenvolvimento da precipitação na região amazônica durante a estação seca. Tese de doutorado. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG). 2007.

MARTINS, L.C.; LATORRE, M. R. D. O.; CARDOSO, M.R.A.; GONÇALVES, F.L.T.; SALDIVA, P.H.N.; BRAGA, A. L. F. Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil. **Revista Saúde Pública**, v. 35, n. 1, p. 88-94, 2002.

MOURA, Y. M. ; PEREIRA, G. ; MORAES, E.C. ; ARAI, E. ; PEREIRA, C.S. Utilização de Dados do Sensor Mopitt na Análise da Poluição e sua Relação com Doenças Respiratórias no Município de São José Dos Campos – SP. In: XV Congresso Brasileiro de Meteorologia. São Paulo, 2008.

MURRAY, F. Sessão 2.1. Impactos en la salud. Editado por Kuylenstierna, J., Hicks, K., Herrera, R. IN: Contaminación Atmosférica Regional em los Países em Desarrollo. SEI – Stockholm Environment Institute. 1998.

NASCIMENTO, L. F. C.; MÓDOLO, M. C. C.; JUNIOR, J. A. C. Efeitos da poluição atmosférica na saúde infantil: um estudo ecológico no Vale do Paraíba. **Revista Bras. Saúde Matern. Infant.** p. 367-374, 2004.

NOVA DUTRA. Dados referentes ao número de veículos por dia no trecho RIO – SP. Disponível em: <<http://www.novadutra.com.br>>

OJIMA, R. ; NASCIMENTO T. T. ; AIDAR T. Considerações sobre as relações entre o ambiente urbano e o perfil da morbimortalidade da população brasileira: as potencialidades do uso das informações de internação hospitalar dos SIH-SUS. In: XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, realizado em Caxambú- MG – Brasil, 2006.

PEITER, P. e TOLBAR, C. Poluição do ar e condições de vida: uma análise geográfica de riscos à saúde em Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, p. 473-485, 1998.

PERES, F. F. Meio Ambiente e Saúde: os efeitos fisiológicos da poluição do ar no desempenho físico - o caso do monóxido de carbono (CO). Arquivos em Movimento, Rio de Janeiro, v.1, n.1, p.55-63, 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS (PMSJC). A Cidade. Disponível em: <<http://www.sjc.sp.gov.br/acidade/populacao.asp>>.

SCHWARTZ, J. e MARCUS, A. Mortality and air pollution in London: a time series analysis. **American Journal of Epidemiology**, v. 131, p.185-19, 1990.

SANTOS, A. A. e PELUSCO M., A contribuição da geografia no debate sobre a integralidade na saúde – algumas reflexões. HYGEA, **Revista brasileira de geografia médica e da saúde**. Disponível em: <www.hygea.ig.ufu.br>.

VIANELLO, R. L e ALVES, A. R. Meteorologia básica e aplicações. Universidade Federal de Viçosa, p.499, 2000.

VILLARON, M. A., Análise temporal das condições de nevoeiro no Aeroporto de São José dos Campos entre os anos de 1982 a 2004. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Taubaté, p. 52, 2008.

ZMIROU, D. Some Issues on Health Impacts of Air Pollution. In: ERCA-Physics and Chemistry of the atmospheres on the earth and other objects of the solar system. Edited by Bourton, vol. 2, p. 265-276, 1996.