

Estudo preliminar das associações temporal e espacial entre temperatura e patógenos do trato respiratório para a cidade de São Paulo

Elisabete Caria Moraes¹
Gabriel Pereira¹
Antônio Miguel Vieira Monteiro¹
Carlos Roberto Veiga Kiffer²
Eduardo Celso Gerbi Camargo¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{bete, gabriel@dsr.inpe.br}
{miguel, eduardo@dpi.inpe.br}

² Fleury Medicina e Saúde
CEP: 04344-908 - São Paulo - SP, Brasil
carlos.kiffer@fleury.com.br

Abstract. In the urbanization process, cities acquired a large horizontal and vertical development, acting as local climate modifier. The urban climate changes are varied and changes the radiation budget, the temperature, the humidity, the pressure and the environment aerodynamic. These factors influence significantly the urban population, causing a thermal discomfort and reactions on human health that are not entirely understood and diagnosed. The objective of this work is to use of geoprocessing techniques to verify the relationship between the MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) MOD11C3 land-surface temperature product retrieved from middle infrared radiance, humidity moisture from NCEP/NCAR Reanalysis (National Centers for Environmental Prediction and the National Center for Atmospheric Research) with epidemiological variables such as *Streptococcus pneumoniae* and *Haemophilus influenzae*. The results showed that the higher occurrence of the pathogen *H. influenzae* covers the period from July to November, with the highest occurrence observed in October. However, the occurrence of the pathogen *S. pneumoniae* has not a specific month of highest observation, but, generally, the largest events happens in the end of winter and early spring, but high occurrences are found in the month of October. Nevertheless, the occurrence of the pathogens could have been influenced by uncontrolled external factors not directly related to the methods of the present study (such as period of higher sample collection). However, it is possible that bacterial resistance to antibiotics is related to thermal inversion and multiple heat islands in the city of São Paulo significantly influencing the treatment of these pathogens.

Palavras-chave: *S. pneumoniae*, *H. influenzae*, resistance, land-surface temperature, São Paulo.

1. Introdução

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). Abreu et al. (1998) citam que o processo de urbanização acelerado proporciona alterações climáticas em nível local, pois a redução de áreas verdes e o rápido escoamento das águas causadas pelas modificações da superfície contribuem para o aumento da energia térmica nestas áreas.

Estudos evidenciam que as mudanças climáticas bruscas, as baixas temperaturas e as baixas umidades do ar interferem nas incidências de doenças do trato respiratório, principalmente, em crianças e idosos. Em dias com baixas temperaturas as pessoas restringem-se à ambientes fechados favorecendo a propagação de doenças respiratórias, como por exemplo, as causadas pelas bactérias *Streptococcus pneumoniae* e *Haemophilus influenzae*. 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. Segundo Santos (1988) se estas relações são observadas no tempo, não são da mesma maneira evidentes na dimensão espacial, pois outros fatores se sobrepõem as condições ambientais, como por exemplo, a situação econômico-cultural do indivíduo.

Este estudo tem a sociedade como um objeto de conhecimento científico e apresenta o papel social da ciência espacial, pois pretende investigar através da espacialização da temperatura da superfície da cidade de São Paulo, obtida através de imagens de satélite para o período de 2002 a 2007, a existência de relações entre as variações de temperatura e a ocorrência dos patógenos *S. pneumoniae* e *H. influenzae*, além do surgimento da resistência a antibióticos (antimicrobianos).

A representação no espaço geográfico destas informações permitirá identificar as comunidades da capital mais sujeitas a problemas de saúde, bem como discriminar se há a ocorrência e a regionalização de resistência a tratamentos antimicrobianos das doenças do trato respiratório.

2. Materiais e método

O município de estudo é a cidade de São Paulo (Figura 1), cujas coordenadas geográficas são 23°32'51"S e 46° 38'10"W, encontra-se a uma altitude média de 760m do nível do mar, possui aproximadamente 11 milhões de habitantes (IBGE, 2008) e abrange uma área territorial de 1.509 Km². Grande parte da distribuição populacional e da urbanização encontra-se na região em lilás. Segundo Rolim (2007), pela classificação de Köppen a região encontra-se inserida no clima Cfa (clima subtropical sem estação de seca, com inverno seco e verão quente), pertencente aos climas mesotérmicos, com estações de verão e inverno bem definidas, além disto, este clima caracteriza-se por apresentar o verão como a estação chuvosa e temperatura média no mês mais quente superior a 22°C. Estas características permitem no inverno o surgimento de inversões térmicas, que retém os poluentes, ocasionando, desta forma, o agravamento dos problemas de doenças do trato respiratório no município.

Os dados médios mensais da temperatura da superfície para os anos de 2002 a 2007 foram obtidos através de um dos produtos do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) a bordo dos satélites Terra, denominado MOD11C3. Estes dados apresentam uma resolução espacial de 5,6 km² e foram obtidos a partir de sucessivas aquisições diárias sem nuvens da temperatura da superfície, cuja validação desta variável foi realizada por Wan et al. 2002.

Os valores médios mensais da umidade relativa para São Paulo no período estudado foi obtido da reanálise do National Center for Environmental Precipitation/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR). Estes dados são relativos a uma grade de um grau (112 km²). Estes dados foram inseridos no software GrADS (Grid Analysis and Display System), que permitiu a extração destas informações.

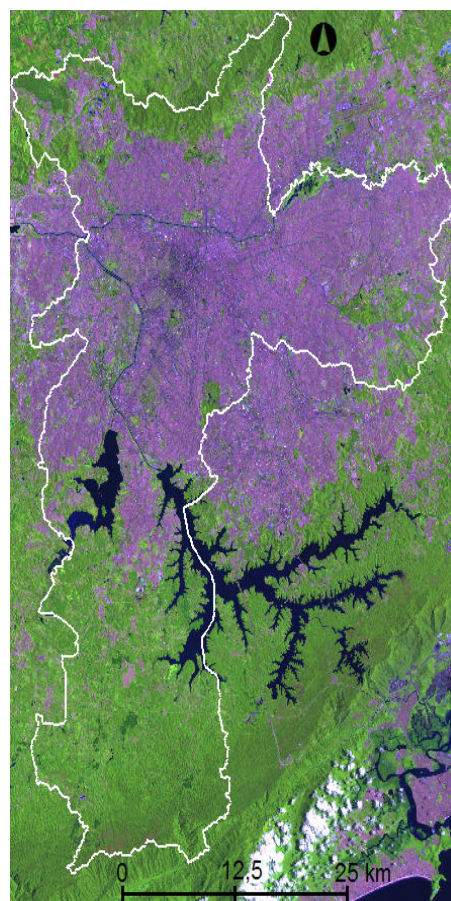


Figura 1. Delimitação de São Paulo

O banco de dados dos patógenos *S. pneumoniae* e *H. influenzae* e suas características de resistência bacteriana a antibióticos foram construídos para um período de seis anos (2002 a 2007), a partir dos exames laboratoriais realizados pelo Fleury Medicina e Saúde e pela Faculdade de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). A identificação destes patógenos foi realizada pelos respectivos laboratórios do Fleury Medicina e Saúde e da UNIFESP para ocorrências de pacientes que procuraram as instituições espontaneamente para realizar exames de trato respiratório ambulatorial (extra-hospitalar). Os isolados de *S. pneumoniae* foram avaliados para sensibilidade a penicilina G (PENG), a oxacilina (OXS) e a ofloxacina (OFX) considerados em conjunto para este estudo como resistência a Penicilina. Os isolados de *H. influenzae* foram avaliados para sensibilidade a ampicilina (AM).

Sendo assim, os dados de temperaturas provenientes do produto MOD11C3, os dados de umidade relativa obtidos da reanálises do NCEP/NCAR e os dados de ocorrência dos patógenos *H. influenzae* e *S. pneumoniae* adquiridos junto ao banco de dados do Fleury e da UNIFESP, foram cruzados para verificar a associação das variáveis climáticas nos episódios de sensibilidade e resistência destes patógenos aos antibióticos.

3. Resultados e Discussão

Um dos principais métodos utilizados para estudos de clima urbano é o de caráter termodinâmico. Através da Figura 2 foi possível verificar variações da temperatura da superfície no tempo (escala anual) e no espaço para a cidade de São Paulo. Em geral, os anos de 2002 e 2003 foram mais quentes em toda a cidade. Porém, as maiores alterações nas áreas mais urbanizadas ocorreram principalmente nas regiões do centro expandido (que concentra a maioria dos serviços e equipamentos culturais da cidade), oeste (Cidade Universitária, além dos distritos do Morumbi e Butantã) e sudoeste (localizado no Centro Empresarial Nações Unidas). Nestas regiões as temperaturas foram mais amenas no ano de 2006.

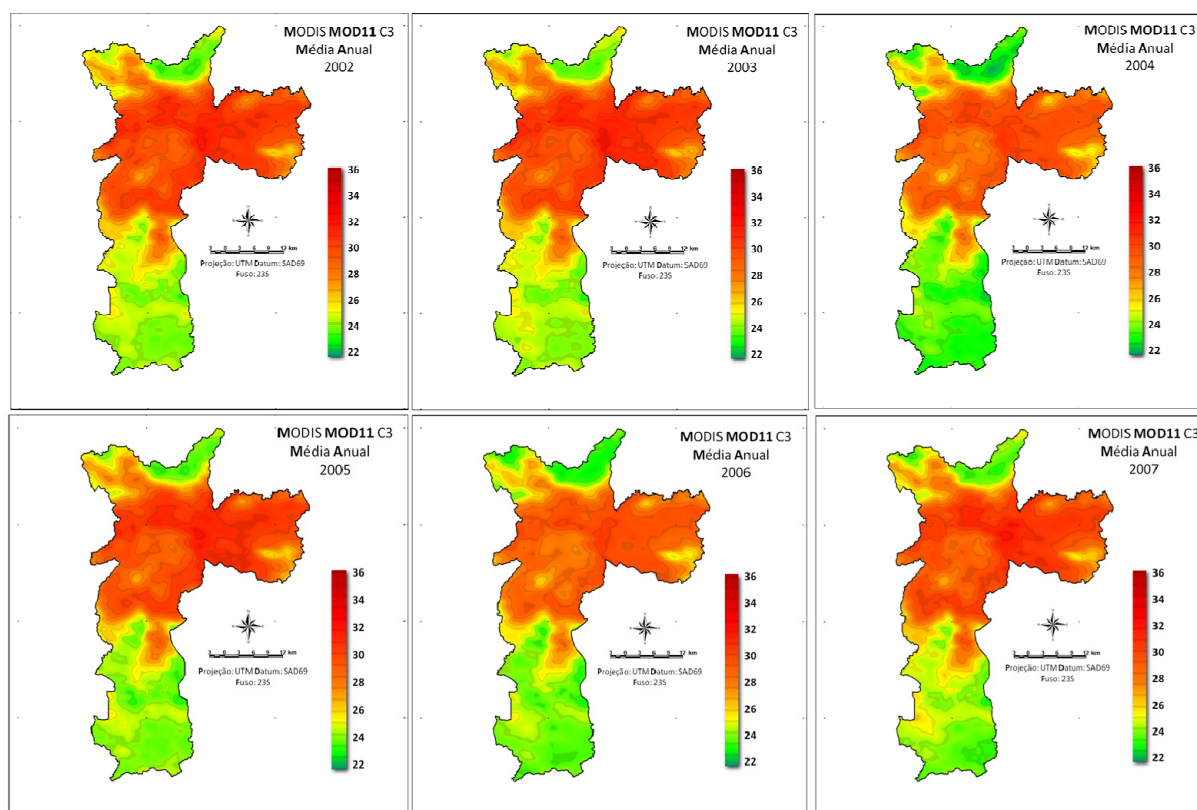


Figura 2. Espacialização da temperatura da superfície para a cidade de São Paulo.

A Figura 3 apresenta a distribuição mensal da ocorrência da bactéria *H. influenzae* e sua sensibilidade a AM; e da bactéria *S. pneumoniae* e sua sensibilidade a PENG, OFX e OXS, bem como a umidade relativa média mensal para a cidade de São Paulo e a temperatura média mensal dos locais onde o patógeno foi identificado. Em geral observa-se que a maior ocorrência do patógeno *H. influenzae* foi observada no mês de outubro, mês que antecede ao período mais seco da cidade e logo após o período com as menores temperaturas de superfície. A exceção foi observada no ano de 2004 que apresentou a maior ocorrência em agosto e setembro. Esta ocorrência reflete a resistência dos patógenos por um período maior do que a estação propícia para incidência de doenças do trato respiratório. A ocorrência do patógeno *S. pneumoniae* no banco de dado analisado é 47% menor do que a do patógeno *H. influenzae* e este conjunto de dados não apresentou um mês específico de maior observação. Em geral as maiores ocorrências incidem no final do inverno e início da primavera, embora também sejam observadas ocorrências altas no mês de outubro. Através desta figura, verifica-se que a ocorrência do *S. pneumoniae* está mais relacionada com os períodos de temperaturas menores, que em geral antecedem os meses de maiores ocorrências deste patógeno.

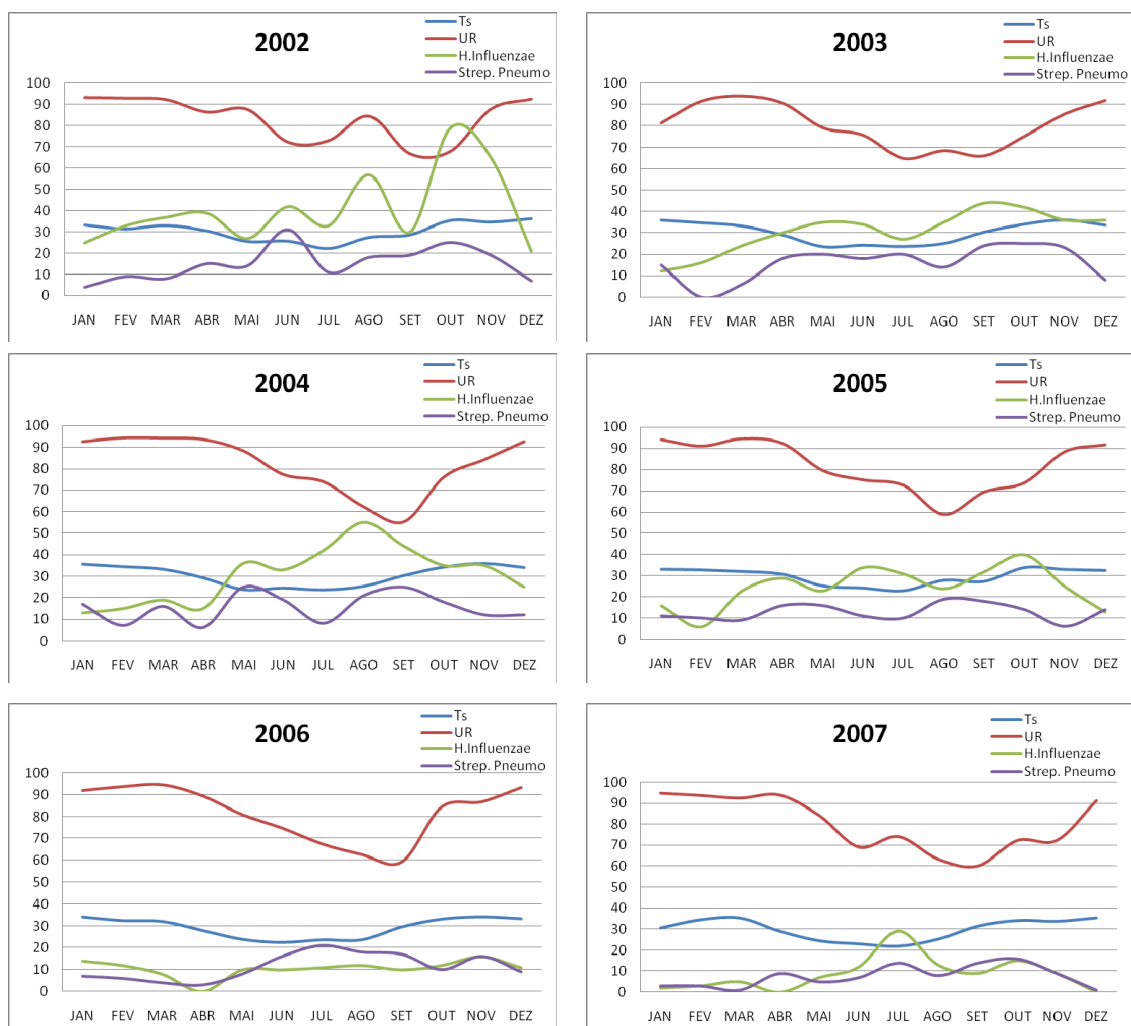


Figura 3. Distribuição mensal da umidade relativa, temperatura da superfície e das ocorrências dos patógenos *H. influenzae* e *S. pneumoniae* para os anos de 2002 a 2007.

A Figura 4 mostra a distribuição média mensal e média anual para o período de 2002 a 2007 das ocorrências dos patógenos *H. influenzae* e *S. pneumoniae* e em suas respectivas sensibilidade a AM; e a PENG, OFX e OXS. As maiores ocorrências do patógeno *H.*

influenzae abrange o período de julho a novembro, sendo a máxima ocorrência observada em outubro (Figura 4a). O número de casos de resistência deste patógeno observado em relação aos casos com informações de sensibilidade desta bactéria ao medicamento (AM) representa 10,3% dos casos registrados, sendo que o máximo de casos de resistência foi observado em 2002 foi de 15% (Figura 4c). A maior ocorrência observada do patógeno *S. pneumoniae* foi em maio, porém valores similares foram observados em junho e setembro (Figura 4b). Embora a ocorrência deste patógeno seja menor do que a do patógeno *H. influenzae* observa-se que um maior percentual de resistência (19%) em relação a todos os casos de sensibilidade deste patógeno, sendo que o ano de 2005 apresentou a maior ocorrência de resistência (40%).

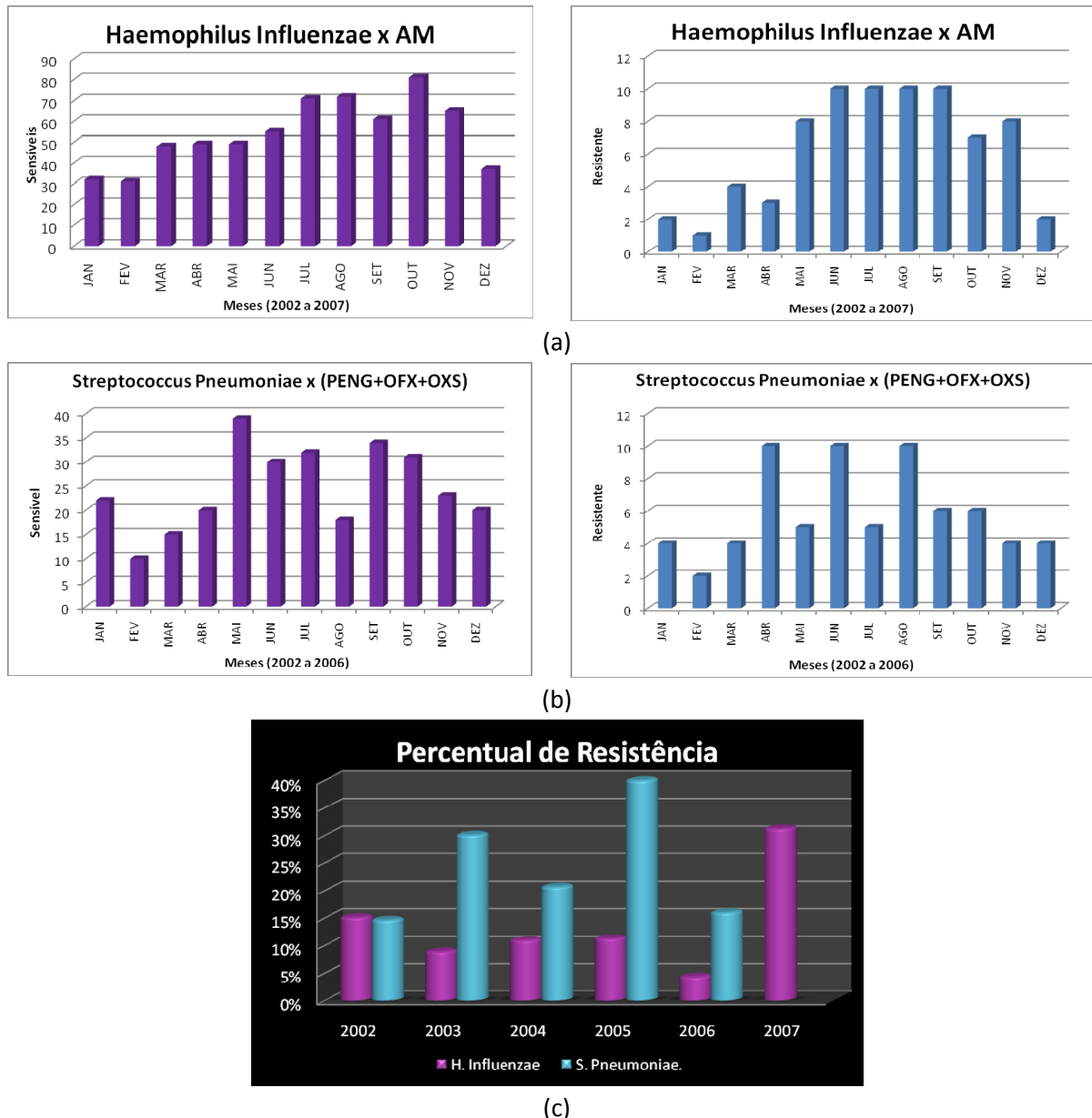


Figura 4. Distribuição mensal e anual dos patógenos e suas respectivas resistências a antibióticos.

A Figura 5 mostra a discretização das ocorrências dos patógenos para o período de 2002 a 2007 e a espacialização da temperatura média anual (2002-2007) para a cidade de São Paulo. Cada informação pontual da ocorrência dos patógenos é representada na Figura 5a, incluindo todos os casos analisados, resistentes ou não, de *H. influenzae* e *S. pneumoniae*. Percebe-se

que grande parte da ocorrência destes patógenos, localiza-se no centro expandido da cidade. Além disso, podem-se encontrar casos espalhados por toda a cidade, principalmente em áreas de grande desconforto térmico (grande amplitude em relação a áreas circunvizinhas). A Figura 5b representa a ocorrência da resistência de ambos os patógenos aos antibióticos. Nesta Figura, percebe-se que a maior ocorrência localiza-se na região central de São Paulo, porém, pode-se perceber alguns casos espalhados pelo Morumbi e a oeste do centro expandido.

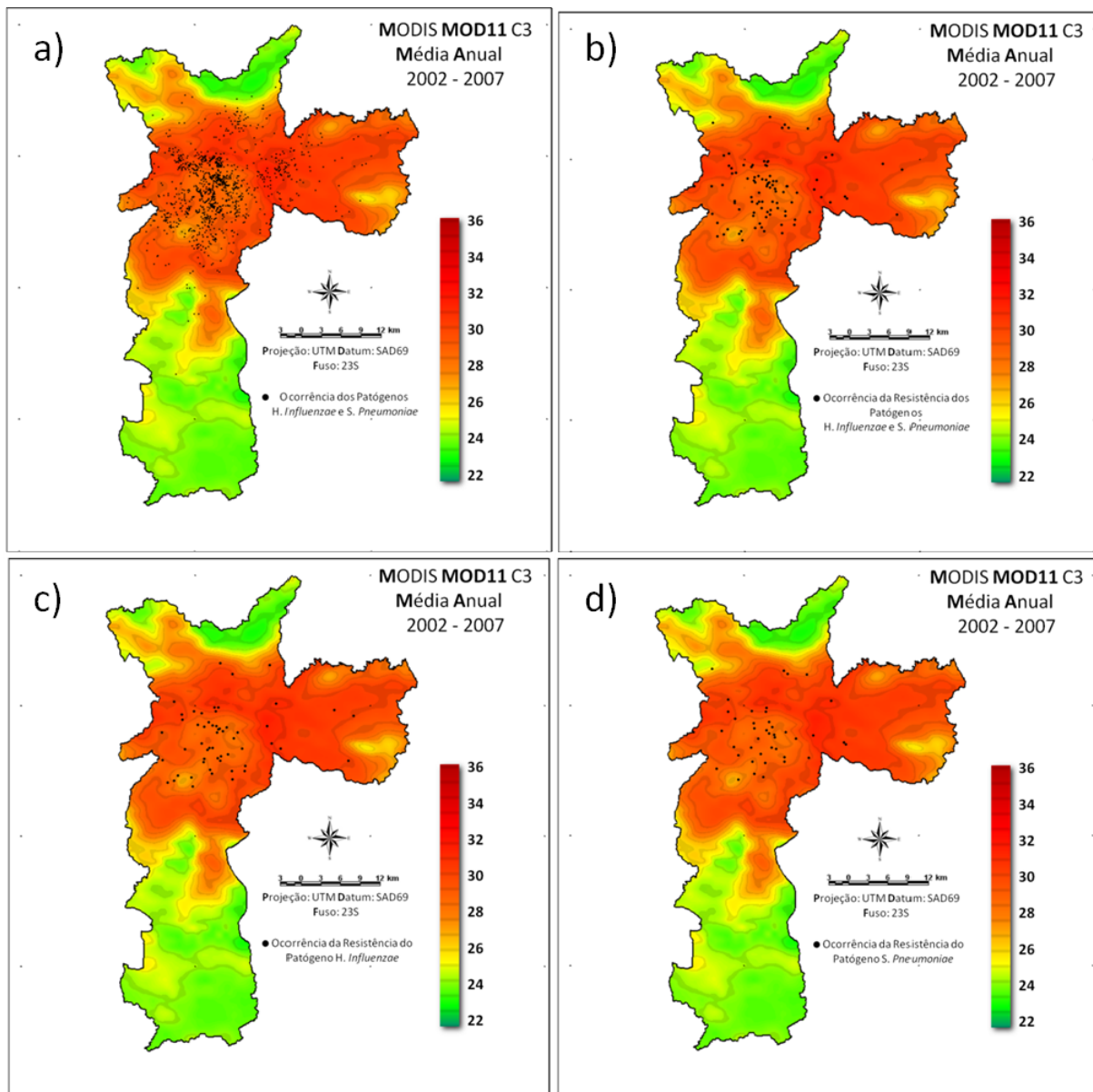


Figura 5. Espacialização da temperatura média anual (2002 a 2007) para a cidade de São Paulo e distribuição espacial dos patógenos e suas respectivas resistências bacteriana a antibióticos.

As Figuras 5c e 5d mostram a distribuição espacial da resistência dos patógenos. Percebe-se que todas as ocorrências da resistência encontram-se em áreas com elevadas temperaturas, distribuídas uniformemente pela cidade de São Paulo. Fatores como a amplitude térmica ocasionada pelas diferentes propriedades físicas do objeto como, por exemplo, a capacidade de calor, a condutividade térmica, a taxa de difusão térmica e o calor específico, ocasionam

uma modificação no balanço de energia de ondas longas, que representa um dos principais componentes antrópicos para a geração de ilhas de calor nos ambientes urbanos.

4. Conclusão

No decorrer do processo de urbanização, as cidades adquiriram um grande desenvolvimento horizontal e vertical, passando a atuar como grandes modificadoras do clima local. Percebe-se que as mudanças climáticas urbanas são variadas e modificam o balanço de radiação, a temperatura, a umidade, a pressão e também a aerodinâmica do meio. Estes fatores influenciam significativamente a população em geral, ocasionando um grande desconforto térmico e reações na saúde humana ainda não diagnosticadas e muito bem entendidas.

Percebe-se que a maior ocorrência do patógeno *H. influenzae* abrange o período de julho a novembro, sendo a máxima ocorrência observada em outubro. Porém, a ocorrência do patógeno *S. pneumoniae* não apresentou um mês específico de maior observação, em geral as maiores ocorrências incidem no final do inverno e início da primavera, embora também sejam observadas ocorrências altas no mês de outubro. Todavia, a ocorrência dos patógenos neste estudo pode ter sido influenciada por fatores não controlados e externos ao método analítico (período de maior coleta de exames). Porém, possivelmente a resistência bacteriana a antibióticos pode estar relacionada com a inversão térmica e as múltiplas ilhas de calor urbanas que surgem na cidade de São Paulo influenciando significativamente no tratamento destes patógenos.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Fapesp, pelo apoio financeiro ao Projeto EUREQA: Epidemiologia do Uso e da Resistência Bacteriana a Quimioterápicos e Antibióticos na População FAPESP processo 06/53922-9.

Referências Bibliográficas

Abreu, M. L.; Moreira, A. A. M.; Lúcio, P. S., Toscano, E. M. M., Comportamento temporal de séries climáticas em Belo Horizonte – MG. Parte I e II, In: X Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasília – DF, 1998.

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.

Santos, M., 1988. *Espaço e Método*. São Paulo: Nobel.

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

Rolim, G.de Souza., Camargo, M.B.P.; Lania, D.G.; Moraes, J.F.L de. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.711-720, 2007

Wan, Z., Zhang, Y., Zhang, Q., Li, Z-liang. Validation of the land-surface temperature products retrieved from Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer data. **Remote Sensing of Environment**, v.83, p. 163-180, 2002.