



## A INFLUENCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NA MORTALIDADE POR AVC: ANÁLISE DESCRITIVA

Priscilla Venâncio Ikefuti ([pvikéfuti@usp.br](mailto:pvikéfuti@usp.br)) – Universidade de São Paulo

Ligia Vizeu Barrozo ([lija@usp.br](mailto:lija@usp.br)) – Universidade de São Paulo

### Eixo 6: Riscos, Vulnerabilidades Ambientais e Geografia da Saúde.

#### RESUMO

Entre os componentes que definem o estado de saúde humana, alguns do contexto geográfico, como o clima local, parecem influenciar na mortalidade por doenças do aparelho circulatório, tais como no acidente cerebral vascular (AVC). Tal influência ainda não é consensual na literatura, configurando um debate com lacunas importantes a serem preenchidas. O objetivo principal deste projeto é verificar a influência do contexto geográfico (variáveis meteorológicas) na mortalidade por doenças do aparelho circulatório (AVC) no município de São Paulo, no período de 2002 a 2011. Os dados utilizados nesta pesquisa foram os de mortalidade por AVC obtidos no PRO-AIM, as variáveis atmosféricas foram utilizadas da estação meteorológica do IAG, os dados foram analisados na escala mensal. Foram utilizados os softwares Excel e SPSS. A análise descritiva revelou um maior número de mortalidade no inverno, com um pico no mês de julho, quando as temperaturas são mais baixas. A correlação linear obteve valores significativos ( $p = 0,01$  e  $0,05$ ) sendo que a temperatura média e mínima registraram os valores mais elevados de correlação com a mortalidade por AVC ( $r = -0,61$  e  $-0,56$ , respectivamente). O sinal negativo da correlação entre a mortalidade e as temperaturas indica que a mortalidade por AVC aumenta com as temperaturas mais baixas em São Paulo. No entanto, esta associação não pode ser compreendida como uma relação causal, já que o AVC é uma doença crônica de causas múltiplas.

**Palavras chave:** Clima e saúde, AVC; variáveis meteorológicas e São Paulo.

#### Abstract

Among the main components that define human health, some from the geographic context as local climate, Some components of the geographic context (e.g., local climate) seem to influence mortality from circulatory disease as stroke. This influence is not consensus yet in the literature, setting up a discussion with important gaps to be filled. Thus, the main objective of this project is to investigate the influence of geographic context (meteorological variables) in mortality by circulatory diseases (stroke) in São Paulo in the period from 2002 to 2011. The data used in this study are the daily deaths from stroke obtained in PRO-AIM, the atmospheric variables, minimum, mean and maximum temperatures, humidity and atmospheric pressure, on the monthly scale from the weather station of the IAG. We utilized Excel and SPSS softwares for the analysis. The descriptive analysis has showed that mortality is greater in winter, with its peak in July, when mean temperature is lower. Mean and minimum temperatures had the higher inverse correlations with AVC ( $r = -0.61$  and  $-0.56$ , respectively). Thus, we preliminarily conclude that lower temperatures are associated with greater mortality by stroke in São Paulo. Though, this association does not mean causality, since stroke is a chronic disease resulting from multiple causes.

**Key words:** Climate and health, stroke, meteorological variables and São Paulo.



## INTRODUÇÃO

No Brasil, as doenças crônicas não transmissíveis são responsáveis pela maior porcentagem do total de óbitos entre homens e mulheres. Em 2010, a principal causa de morte no país foram as doenças do aparelho circulatório, que atingiram principalmente a faixa etária acima de 60 anos, com 320 mil mortes, correspondendo a 29% do total de óbitos. Entre as doenças do aparelho circulatório, o acidente vascular cerebral (AVC) é a principal causa de morte, representando 10% do total de óbitos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2010). A mortalidade por AVC é maior na América Latina e Caribe do que em países desenvolvidos, embora as taxas estejam declinando (LAVADOS et al., 2007).

Um componente do ambiente físico com relação ainda não consensual com as doenças do aparelho circulatório é o clima local. A influência das variáveis climáticas sobre a manifestação de muitas doenças foi observada desde Hipócrates, 400 anos A.C.<sup>1</sup>. Tal influência ocorre de forma direta e indireta, podendo atuar de forma positiva ou negativa. Os extremos de temperatura e umidade relativa aumentam a debilidade do organismo no combate às enfermidades, intensificando processos inflamatórios e criando condições propícias ao desenvolvimento dos vetores de doenças transmissíveis (AYOADE, 1986). Temperaturas elevadas provocam sudorese excessiva levando à redução do volume plasmático e queda da pressão arterial. A elevação brusca da temperatura provoca também aumento na viscosidade do sangue, da concentração do colesterol e do número de hemácias e plaquetas (KEATINGE, et al., 1984).

O AVC resulta da restrição de irrigação sanguínea ao cérebro, causando lesão celular e danos nas funções neurológicas. As causas mais comuns são os trombos, o embolismo e a hemorragia (O'SULLIVAN, 1993). O AVC isquêmico, responsável por 80% dos casos de AVC, é causado por uma oclusão vascular localizada, levando à interrupção do fornecimento de oxigênio e glicose ao tecido cerebral, afetando subsequentemente os processos metabólicos do território envolvido (SCHELLINGER et al., 2003a). O AVC hemorrágico acontece quando algum vaso do cérebro se rompe e extravasa sangue para o seu interior – tem como causa **mais comum a hipertensão arterial (pressão alta) (SCHELLINGER et al., 2003b).**

Diversos estudos têm mostrado a influência das variáveis climáticas nas internações e óbitos por AVC. No entanto, esta influência não está totalmente compreendida. Em localidades de clima temperado nos Estados Unidos e Formosa, foram encontradas

---

<sup>1</sup> O texto original em inglês pode ser acessado em <http://www.hygeia.ig.ufu.br/viewarticle.php?id=40&layout=abstract>



relações entre internações e óbitos por AVC e variáveis atmosféricas (temperatura mínima ou máxima, pressão atmosférica, umidade relativa) (EBI et al., 2004; LEE et al., 2008). Entretanto, outros estudos também realizados em localidades de clima temperado, como em Bruxelas, Reino Unido e Canadá, não encontraram associação entre variáveis atmosféricas na incidência do AVC (CAPON et al., 1992; ROTHWELL et al., 1996; FIELD; HILL 2002; COWPERTHWAIT; BURNETT 2011).

Nos climas subtropical e tropical, onde as pessoas estão aclimatadas com o clima quente, poucos dados estão disponíveis sobre a relação entre temperatura e AVC (WANG et al., 2009). Em Brisbane, cidade de clima subtropical na Austrália, foi verificada que a variação de temperatura era significativamente associada com admissões de emergência para AVC, com impacto variável de acordo com o tipo (se isquêmico ou hemorrágico) (WANG et al., 2009).

No Brasil, são poucos os estudos desta natureza. Rumel et al. (1993) encontraram que das internações anuais por AVC em um Pronto Socorro de um hospital de clínicas no município de São Paulo, 2,8% eram devidas a altas temperaturas do ar. Estudo mais recente, também em São Paulo, mostrou que a variação de 3°C da temperatura do ar nas 24 horas que antecederam o início dos sintomas pode ter sido um fator importante na ocorrência do AVC para os casos estudados (COELHO et al., 2009).

Deste modo, abordar componentes que parecem influir na mortalidade por doenças do aparelho circulatório (AVC), como as variáveis meteorológicas, permitiria melhor compreender a influência do contexto geográfico nesses desfechos.

## **OBJETIVO**

### **Objetivo principal:**

Verificar a influência das variáveis meteorológicas na mortalidade por AVC no município de São Paulo no período de 2002 a 2011.

### **Objetivo específico:**

- Analisar o padrão temporal das mortalidades por AVC no período estudado;
- Verificar estatisticamente a associação entre variáveis meteorológicas e a mortalidade por AVC e seus subtipos AVC Isquêmico (AVCI) e AVC Hemorrágico (AVCH).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O município de São Paulo é o maior e mais importante do Brasil. Possui 11.244.36



habitantes de acordo com o Censo do IBGE de 2010 (IBGE, 2011), e 870 km<sup>2</sup> de área urbanizada (ATLAS AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2002).

O clima de São Paulo é o tropical de altitude Cwa, segundo classificação climática de Köppen, caracterizado por chuvas de verão e temperatura média anual entre 19° C e 27° C. Mas todas as estações do ano podem ser vistas em um único dia em São Paulo.

Os dados de óbito por AVC e EP foram coletados através do Programa Municipal de Informação sobre Mortalidade (PRO-AIM) que monitora diariamente registros de mortalidade de diversos casos no município de São Paulo. Foram utilizados os dados de mortalidade classificados pelo Código Internacional de Doenças (CID-10). Os dados utilizados, de acordo com o CID-10 foram: AVC – código I60 a I66; AVC Isquêmico – código I63, I65 e I66; AVC Hemorrágico – código I60, I61, I62.

Os dados meteorológicos foram coletados na estação meteorológica do Instituto de Astronomia e Geofísica (IAG) da Universidade de São Paulo (USP). Os dados utilizados nessa pesquisa foram os de temperatura mínima, média e máxima, amplitude térmica, umidade relativa e pressão atmosférica. Os dados foram utilizados em escala mensal.

Os dados de mortalidade por AVC e meteorológicos foram tabulados por mês, e analisados a partir da elaboração de gráficos e tabelas confeccionados pelos programas Excel e SPSS.

Com o intuito de se associar a variabilidade da mortalidade com a variabilidade das variáveis meteorológicas, procedemos ao cálculo do coeficiente de correlação entre os óbitos por AVC e as variáveis meteorológicas registradas no município de São Paulo.

A análise de correlação entre duas variáveis, x e y, por exemplo, pode ser feita com o cálculo do coeficiente de correlação linear de Pearson, r, que é dado pela razão entre a covariância simples das duas variáveis e o produto de seus respectivos desvios-padrão:

$$r = \frac{\text{cov}(x,y)}{S_x S_y}$$

em que  $S_x$  e  $S_y$  são os desvios-padrão das variáveis x e y. Como:

$$\text{cov}(x,y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n - 1}$$

e como



$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [x_i - \bar{x}]^2}{n-1}} \quad S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [y_i - \bar{y}]^2}{n-1}}$$

resulta que

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

O coeficiente de correlação linear tem a importante propriedade de ser adimensional e de variar de -1 a +1, o que não ocorre com a covariância. A sua correta interpretação envolve a consideração dos seguintes fatores quanto ao:

- *sinal do coeficiente da correlação*: o valor positivo do coeficiente de correlação indica que as duas variáveis tendem a aumentar ou diminuir conjuntamente. O valor negativo do coeficiente de correlação indica que as duas variáveis correlacionadas apresentam sinais contrários em relação à média para uma mesma situação.

- *valor absoluto do coeficiente de correlação*: mostra a intensidade da relação linear entre duas variáveis. O valor nulo indica total ausência de relação linear, enquanto que o valor absoluto igual à unidade indica uma relação linear perfeita, positiva ou negativa;

Em outras palavras a correlação permite mostrar o quanto uma variável é capaz de “explicar” quase toda a variação na outra variável. Quando o coeficiente de correlação está próximo de zero, nenhuma variável explica a variação na outra (WALLIS e ROBERTS, 1964).

## RESULTADOS PRELIMINARES

Os resultados apresentados a seguir são resultados preliminares iniciais da pesquisa de doutorado, e está dividida em duas partes: análise descritiva e análise estatística.

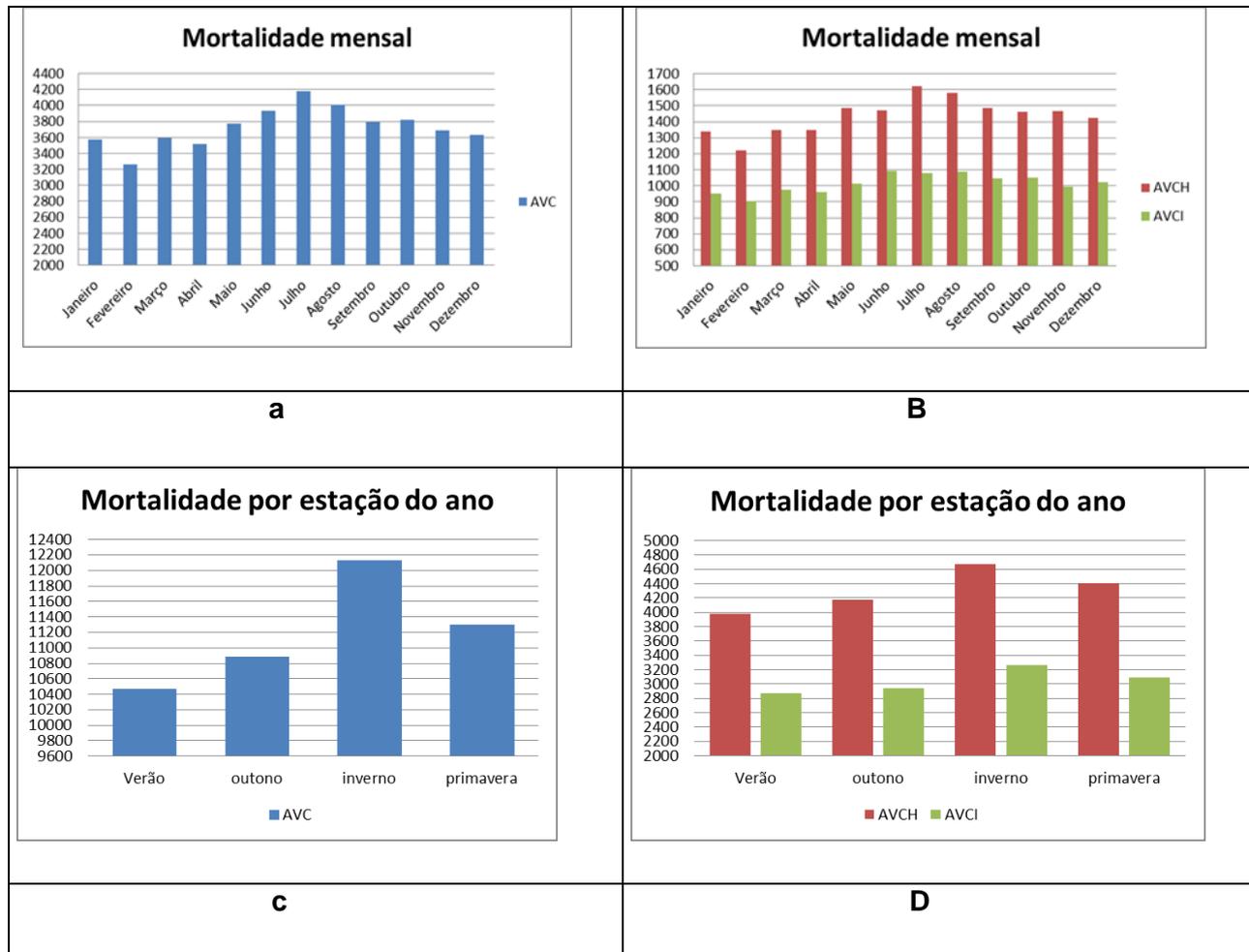
### Análise descritiva

Os gráficos mostrados a seguir foram tabulados e analisados pelos programas Excel e SPSS.

Na figura 1 observa-se a variação temporal da mortalidade por AVC e seus subtipos. Na figura 1-a a variação da mortalidade é analisada por mês, nota-se uma mortalidade mais acentuada nos meses de inverno, com um pico no mês de julho, a figura 1-c



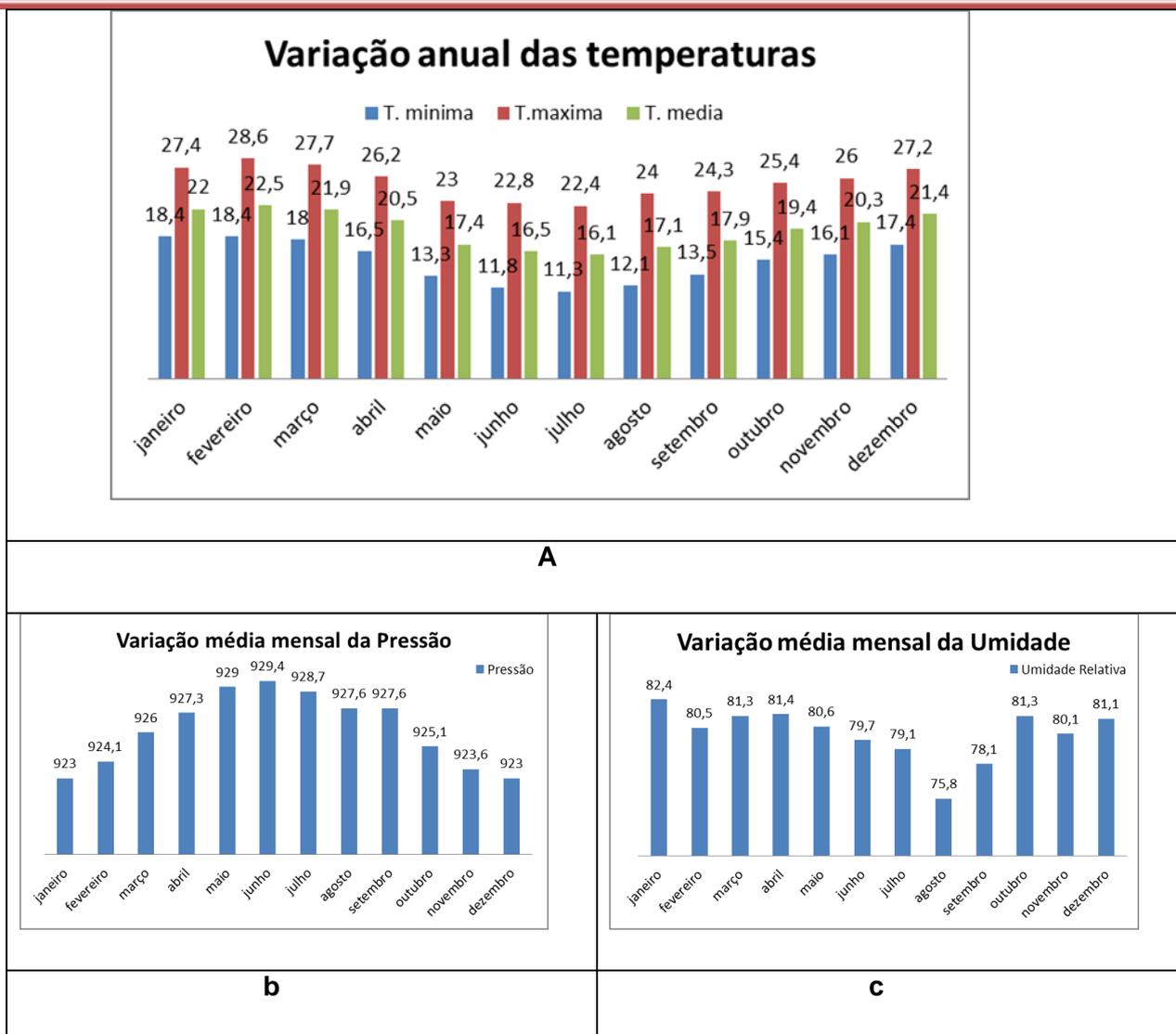
corroborar com a observação de que os meses de inverno apresentam maior mortalidade; já os meses de verão registraram os menores valores, sendo o mês de fevereiro o mês com os menores registros.



**Figura 1:** Mortalidade por AVC, AVC Hemorrágico e AVC Isquêmico por mês e estação do ano, no período de 2002 a 2011.

Os subtipos de AVC hemorrágico e isquêmico também apresentaram maior número de óbitos nos meses de inverno (Figuras 1 – b, d) sendo o subtipo hemorrágico mais letal do que o isquêmico.

A variação anual da temperatura demonstra, de maneira geral (Figura 2-a), temperaturas (mínimas, máximas e médias) mais elevadas no início e fim do ano e temperaturas mais baixas no meio do ano, correspondente à estação do inverno.



**Figura 2:** Variação média mensal das variáveis meteorológicas da cidade de São Paulo para o período de 2002 a 2011.

A variação da pressão (Figura 2-b) possui comportamento inverso ao da temperatura, registrando valores mais baixos no início e final do ano e valores elevados no inverno. A umidade relativa do ar apresenta comportamento anual semelhante ao da temperatura, com valores mais baixos de umidade nos meses de junho, julho, agosto e setembro.

### Análise Estatística

Para verificar as associações das variáveis meteorológicas e a mortalidade por AVC, foram feitos cálculos de correlação linear de Pearson e calculadas as significâncias dessas



correlações. Todos os resultados apresentaram significância estatística de  $p=0,01$  e  $p=0,05$ . Os cálculos foram feitos utilizando-se o programa estatístico SPSS.

A tabela 1 apresenta os valores de correlação entre mortalidade e as variáveis meteorológicas, os valores grifados em amarelo registraram valores de correlação superiores à  $r = 0,5$ .

Como podemos observar na tabela 1, os maiores valores de correlação encontrados foram entre a mortalidade e a temperatura média ( $r = -0,61$ ) e com a temperatura mínima ( $r = -0,56$ ). Esses resultados apresentaram significância  $p = 0,01$ . Os subtipos de AVC apresentaram o mesmo padrão de correlação com as temperaturas média e mínima, entretanto, com valores menores de  $r$ . O sinal negativo da correlação entre a mortalidade e as temperaturas indica que quando a temperatura aumenta, a mortalidade diminui, ou vice-versa.

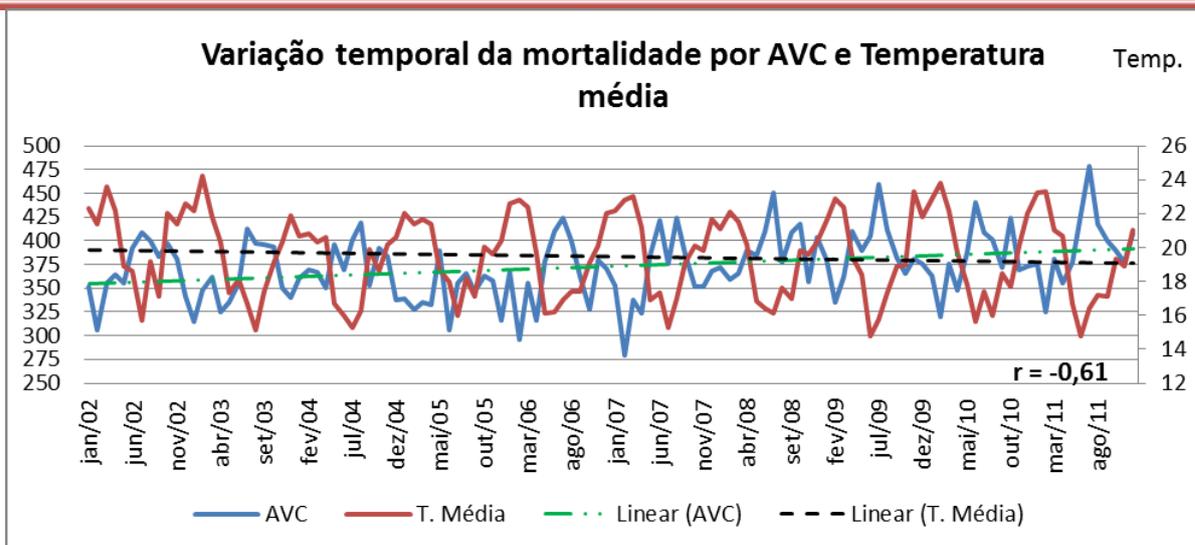
**Tabela 1:** Correlação entre a mortalidade por AVC/AVCH/AVCI e as variáveis meteorológicas de São Paulo.

| Correlação linear de Pearson                                  |                     |                |                |              |                |                   |                     |             |
|---|---------------------|----------------|----------------|--------------|----------------|-------------------|---------------------|-------------|
|   |                     | AVC/AVCH /AVCI | T. Média       | Temp. Máxima | Temp. Mínima   | Amplitude Térmica | Pressão Atmosférica | U. Relativa |
| Série AVC   | Pearson Correlation | 1              | <b>-,611**</b> | -,352**      | <b>-,562**</b> | ,428**            | ,477**              | -,229*      |
|   | Sig. (2-tailed)     |                | ,000           | ,000         | ,000           | ,000              | ,000                | ,012        |
|   | N                   | 120            | 120            | 120          | 120            | 120               | 120                 | 120         |
| Série AVCH  | Pearson Correlation | 1              | <b>-,596**</b> | -,285**      | <b>-,534**</b> | ,445**            | ,448**              | -,218*      |
|   | Sig. (2-tailed)     |                | ,000           | ,002         | ,000           | ,000              | ,000                | ,017        |
|   | N                   | 120            | 120            | 120          | 120            | 120               | 120                 | 120         |
| Série AVCI  | Pearson Correlation | 1              | -,354**        | -,190*       | -,285**        | ,208*             | ,210*               | -,072       |
|   | Sig. (2-tailed)     |                | ,000           | ,038         | ,002           | ,022              | ,021                | ,436        |
|   | N                   | 120            | 120            | 120          | 120            | 120               | 120                 | 120         |
| ** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). |                     |                |                |              |                |                   |                     |             |
| * . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).  |                     |                |                |              |                |                   |                     |             |

A umidade relativa apresentou os menores valores de correlação negativa com a mortalidade por AVC/AVCH/AVCI, porém mesmo com valores baixos a correlação foi significativa ( $p = 0,05$ ).

A pressão atmosférica juntamente com a amplitude térmica apresentaram valores positivos de correlação, indicando que os aumentos dessas variáveis resultam no aumento da mortalidade por AVC.

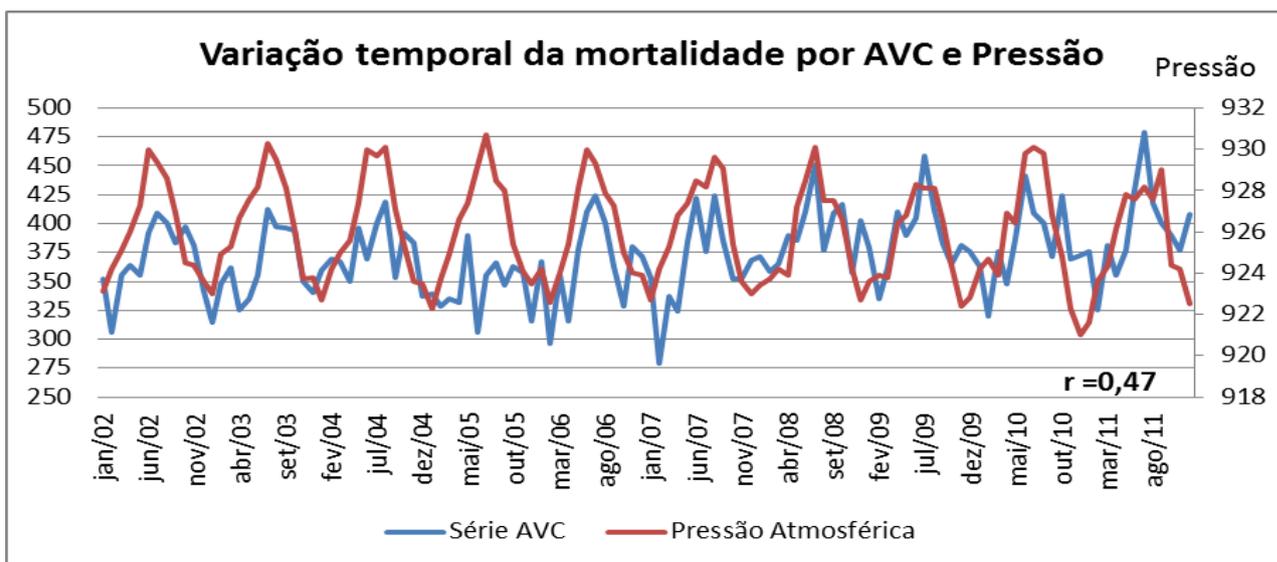
Na figura 3 é possível observar a variação temporal da mortalidade por AVC e da temperatura média.



**Figura 3:** Variação temporal da mortalidade por AVC e da temperatura média para o período de 2002 a 2011.

O sinal da correlação negativo entre as variáveis fica bastante evidente na figura 3. Observa-se no início da série, valores mais elevado de temperatura média resultando em valores menores de mortalidade por AVC. Esse movimento inverso é observado em toda a série das duas variáveis, com exceção do ano de 2005, em que a mortalidade não registrou aumento com a diminuição da temperatura média.

A variação inversa pode ser vista na figura 4, onde o sinal da correlação é positivo entre a mortalidade por AVC e pressão atmosférica.



**Figura 4:** Variação temporal da mortalidade por AVC e da pressão atmosférica para o período de 2002 a 2011.



Nota-se na figura 4 que o movimento da série de mortalidade acompanha os valores da série de pressão, sugerindo que o aumento da pressão gera um aumento na mortalidade e vice-versa. Esse movimento fica bastante claro no ano de 2009, quando as variações das duas variáveis mostram-se bem correlacionadas.

## **CONCLUSÃO**

Como resultado parcial dessa pesquisa, verificamos com a análise descritiva dos dados que a mortalidade por AVC e seus subtipos (Hemorrágico e Isquêmico) é maior na estação do inverno, com um pico no mês de julho, onde foram registrados os menores valores de temperatura (mínima, média e máxima).

A análise estatística permitiu-nos observar correlações significativas ( $p = 0,01$  e  $0,05$ ) entre a mortalidade por AVC/AVCH/AVCI e as variáveis meteorológicas. A temperatura média e mínima foram as variáveis que obtiveram valor de correlação com a mortalidade por AVC mais elevada ( $r = -0,61$  e  $-0,56$ , respectivamente). Outros estudos, também em regiões tropicais encontraram resultados semelhantes (WANG et al., 2009; RUMEL et al., 1993; COELHO et al., 2009).

O estudo das associações da mortalidade por AVC com as variáveis meteorológicas pode contribuir para a previsão de aumento da mortalidade em curto prazo, como os aumentos que seguem as oscilações meteorológicas de poucos dias.

Tendo em vista que o atendimento de urgência para os casos de AVC pode evitar óbitos e sequelas graves, a melhor compreensão da importância do contexto geográfico pode permitir o desenvolvimento de sistemas de alertas junto aos serviços de atendimento de urgência e o direcionamento de campanhas para a prevenção dos fatores de risco evitáveis.

## **AGRADECIMENTO**

Priscilla Venâncio Ikefuti recebe apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo por meio de Bolsa de Doutorado (Proc. 2012/15085-9).

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ATLAS AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Disponível em: <http://atlasambiental.sp.gov.br>. <Acessado em 04 de fevereiro de 2012>.



- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 8 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1986.
- BARROZO, L.V., MIRANDA, M.J. Geografia da mortalidade em São Paulo. In: SALDIVA, P.H., et al. **Meio ambiente e saúde: o desafio das metrópoles**. São Paulo: Ex Libris, 2010. p.172-185.
- CAPON, A.; DEMEURISSE, G.; ZHENG, L. Seasonal variation of cerebral hemorrhage in 236 consecutive cases in Brussels. **Stroke** 1992, 23:24-27.
- COELHO, F.M.S.; SANTOS, B.F.C.; NETO, M.C.; LISBOA, L.F.; CYPRIANO, A.S.; LOPES, T.O.; MIRANDA, M.J.; ÁVILA, A. M. H.; ALONSO, J.B.; PINTO, H.S. Temperature variation in the 24 hours before the initial symptoms of stroke. **Arquivos de Neuropsiquiatria** 2010, 68:242-245.
- COWPERTHWAIT, M.C.; BURNETT, M. G. An analysis of admissions from 155 United States hospitals to determine the influence of weather on stroke incidence. **Journal of Clinical Neuroscience** 2010, 18:618-623.
- EBI, K. L.; EXUZIDES, K.; LAU, E.; KELSH, M.; BARNSTON, A. Weather changes associated with hospitalizations for cardiovascular diseases and stroke in California, 1983-1998. **Internacional Journal of Biometeorology**, n. 49, pg 48-58, 2004.
- FIELD, T.; Hill, M. Weather, Chinook, and Stroke. **Stroke** 2002, 33:1751-1758.
- GIUA, A; MOHAMMED, A.A; MURGIA, N; COREA, F. Climate and Stroke: a controversial association. **Internacional Journal Biometeorology** 2010, 54:1-3.
- KEATINGE, W.; COLESHAW, S.; COTTER, F.; MATTOCK, M.; MURPHY, M.; CHELLIAH, R. Increases in plaque and red cell counts, blood viscosity, and arterial pressure during mild surface cooling: factors in mortality from coronary and cerebral thrombosis in winter. **British Medical Journal** 1984, 289:1405-1408.
- LAVADOS, P.M., HENNIS, A.J.M., FERNANDES, J.G., MEDINA, M.T. LEGETIC, B., HOPPE, A., SACKS, C., JADUE, L., SALINAS, R. Stroke epidemiology, prevention, and management strategies at a regional level: Latin America and the Caribbean. **The Lancet Neurology** 2007; 6: 362-72.
- LEE, H.C.; HU, C.J.; CHEN, C.S.; LIN, H.C. Seasonal variation in ischemic stroke incidence and association with climate: a six-year population-based study. **Chronobiology International** 2008, 25:938-949.
- MEADE, M. S.; EARICKSON, R.J. **Medical Geography**. 1<sup>st</sup> ed. New York: Guilford Press, 1988.
- Ministério da Saúde. Portal da Saúde. [www.portaldasaude.saude.gov.br](http://www.portaldasaude.saude.gov.br) <Acessado em 23 de janeiro de 2012.
- O'SULLIVAN, S.B. **Fisioterapia – Avaliação e Tratamento**. 2 edição. São Paulo: Manole,



1993.

ROTHWELL, P.; SLATERRY, J.; WARLOW, C.; WROE, S. Is stroke incidence related to season or temperature. **The Lancet** 1996, 347:934-936.

RUMEL, D.; RIEDEL, L. F.; LATORRE, M. R.; DUNCAN, B. B.; Infarto do miocárdio e acidente vascular cerebral associados a alta temperatura e monóxido de carbono em área metropolitana do sudeste do Brasil. **Revista de Saúde Pública** 1993, 27:15-22.

SCHELLINGER, P.; FIEBACH, J.; HACKE, W. Imaging based discussion marking in thrombolytic therapy for ischemic stroke: Present Status. **Stroke** 2003a, 34:574-583

SCHELLINGER, P.; FIEBACH, J.; HACKE, W. Stroke MRI in intracerebral hemorrhage. **Stroke** 2003b, 34: 1674-1679.

SICHERI, R., LOLIO, C.A, CORREIA, V.R., EVERHART, J.E. Geographical patterns of proportionate mortality for the most common causes of death in Brazil. **Revista de Saúde Pública** 1992, 26(6):424-430.

SMITH, K.R.; EZZATI, M. How environmental health risks change with development: The epidemiologic and environmental risk transitions revisited. **Annual Review Environmental Resource** 2005, 30:291-333.

WANG, X.Y.; BARNETT, A.G.; HU, W.; TONG, S. Temperature variation and emergency hospital admissions for stroke in Brisbane, Austrália, 1996-2005. **Internacional Journal of Biometeorology** 2009, 53:535-541.