UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE FILOSOFIA LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

PRISCILLA VENÂNCIO IKEFUTI

Associação entre variáveis meteorológicas, Índice Climático, fatores socioeconômicos e mortalidade por doenças do aparelho circulatório (Acidente Vascular Cerebral e Embolia Pulmonar) no Município de São Paulo – SP.

(versão corrigida)

São Paulo

2016

PRISCILLA VENÂNCIO IKEFUTI

Associação entre variáveis meteorológicas, Índice Climático, fatores socioeconômicos e mortalidade por doenças do aparelho circulatório (Acidente Vascular Cerebral e Embolia Pulmonar) no município de São Paulo – SP.

Tese apresentada a Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Área de Concentração: Geografia Física

Orientador: Profª Drª Ligia Vizeu Barrozo.

(versão corrigida)

São Paulo

2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte. Catalogação na Publicação Serviço de Biblioteca e Documentação Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

I26a
Ikefuti, Priscilla
Associação entre variáveis meteorológicas, Índice Climático, fatores socioeconômicos e mortalidade por doenças do aparelho circulatório (Acidente Vascular Cerebral e Embolia Pulmonar) no Município de São Paulo – SP. / Priscilla Ikefuti ; orientador Ligia Barrozo. - São Paulo, 2016.
148 f.
Tese (Doutorado)- Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. Área de concentração: Geografia Física.
1. Mortalidade. 2. AVC. 3. Embolia Pulmonar. 4. variáveis mereorologicas. 5. variáveis socieconomicas. I. Barrozo, Ligia, orient. II. Título.

IKEFUTI, P. V. **Associação entre variáveis meteorológicas, Índice Climático, fatores socioeconômicos e mortalidade por doenças do aparelho circulatório (Acidente Vascular Cerebral e Embolia Pulmonar) no município de São Paulo – SP.** Tese apresentada a Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Geografia Física.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Ao meu companheiro Gabriel Ravazi, por sua compreensão, carinho, presença e incansável apoio ao longo do período de elaboração deste trabalho "*Hello, I've waited here for you...Everlong*".

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Kazuo Ikefuti e Maria Ivone pelo apoio incondicional a minha pesquisa e a busca pelo conhecimento, acredito que sem o apoio e o carinho de vocês nada disso seria possível.

À Profa. Dra. Ligia Vizeu Barrozo pela oportunidade, por compartilhar seus conhecimentos cartográficos, pela confiança e o espírito crítico, que foi essencial para a elaboração desta tese. Comecei a pesquisa com uma orientadora, terminei com uma amiga.

Aos meus co-orientadores Prof.Dr. Alfésio Braga por me ajudar com a análise temporal, com os scripts do R, fórmulas matemáticas e com a interpretação da resposta fisiológica do corpo humano e as variáveis ambientais; ao Prof. Dr. Christopher Sennen Small pelos ensinamentos de sensoriamento remoto e ENVI, e por me receber na Columbia University.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pela bolsa de doutorado (Processo 2012/15085-9) e de estagio de pesquisa no exterior (Processo 2014/01932-7) concedidas, possibilitando a minha completa dedicação na realização dessa pesquisa.

Aos amigos do laboratório de cartografia e bioclimatologia: Marina Miranda, William Cabral, Mauricio Rangel, Júlio Chiquetto e Hugo Barros pela convivência, pela amizade, e pela ajuda. A dois amigos em especial: Pedro e Sofia, pelo incentivo incondicional nas pesquisas, e não me deixar desanimar com os resultados negativos, o meu muito obrigado a vocês por estarem sempre dispostos a me ajudar.

As minhas amigas Renata Boselli e Thaisa Rodrigues que sempre me incentivaram nessa minha caminhada, por fazerem minha convivência em São Paulo mais fácil, essas garotas acreditam mais em mim, do que eu mesma.

Ao Gabriel Ravazi por ser meu melhor amigo e noivo já faz dez anos que você está sempre ao meu lado me incentivando, comemorando meus sucessos, enxugando minhas lágrimas e torcendo pelo meu futuro. Você e a Muffin fazem a minha vida ser mais fácil, parceria que vai durar a vida toda.

Às minhas irmãs Michelle e Cynthia que além de me darem sempre muita força com os estudos, compartilharam comigo as dificuldades da vida acadêmica, obrigado queridas pelas conversas, pelas dicas, pela experiência de vida.

Agradeço a todos que me ajudaram e que não foram lembrados aqui. Obrigado ao meu Deus pela força que nunca me deixa desistir.

“Mesmo desacreditado e ignorado por todos, não posso desistir, pois para mim, vencer é nunca desistir”.

Albert Einstein

RESUMO

IKEFUTI, P. V. **Associação entre variáveis meteorológicas, Índice Climático, fatores socioeconômicos e mortalidade por doenças do aparelho circulatório (Acidente Vascular Cerebral e Embolia Pulmonar) no município de São Paulo – SP**. 2016, Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

Com a transição epidemiológica no Brasil, as doenças crônicas passaram a ser responsáveis pelo maior número de óbitos entre homens e mulheres. Entre os componentes que definem o estado de saúde humana, alguns do contexto geográfico, como clima local e fatores socioeconômicos, parecem influenciar na mortalidade por doenças do aparelho circulatório, tais como no acidente cerebral vascular (AVC) e na embolia pulmonar (EP). O objetivo principal deste trabalho foi verificar a influência do contexto geográfico (variáveis meteorológicas, índice climático e fatores socioeconômicos) na mortalidade por doenças do aparelho circulatório (AVC e EP) no município de São Paulo, no período de 2002 a 2011. Para analisar a associação da mortalidade com as variáveis meteorológicas foi utilizado um modelo linear generalizado empregando-se o método de Poisson e os modelos de lags distribuídos. Espacialmente a associação da mortalidade com as variáveis socioeconômicas foram testadas utilizando-se os modelos de regressão espacial OLS e GWR. Como resultado encontramos que tanto o frio quanto o calor são fatores de risco para todos os tipos de AVC e EP, com risco maior dependendo do tipo em homens e mulheres. Espacialmente os valores mais elevados do risco relativo (RR) da mortalidade por AVC estavam concentrados nas regiões periféricas do municipio de São Paulo, o que coincidiu com as áreas de menor renda per capita e vegetação e maior porcentagem de população preta. Já com relação à distribuição espacial dos altos valores de RR por EP esses estavam presentes principalmente na região central do município. Concluindo, a nossa pesquisa gerou grande quantidade de resultados que mostram que tanto as variáveis ambientais como socioeconômicas têm influência na mortalidade por algumas doenças do aparelho circulatório. Tendo em vista que o atendimento de urgência para os casos de AVC e EP 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.

Palavras – chave: Mortalidade, AVC, Embolia pulmonar, variáveis meteorológicas; variáveis socioeconômicas.

ABSTRACT

IKEFUTI, P. V. **Association between meteorological variables, climatic index, socioeconomic factors and mortality from cardiovascular diseases (stroke and pulmonary embolism) in São Paulo - SP**. 2016, Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

With the epidemiological transition in Brazil, chronic diseases are now responsible for more deaths among men and women. Among the components that define the state of human health, some geographical context, as local climate and socioeconomic factors appear to influence the mortality from circulatory diseases, such as in stroke and pulmonary embolism (PE). The main objective of this study was to investigate the influence of the geographical context (meteorological variables, climate index and socioeconomic factors) in mortality from cardiovascular diseases (stroke and PE) in São Paulo, between 2002 to 2011. In order to analyze the association of mortality with the meteorological variables we used a generalized linear model using the Poisson distribution and distributed lag non linear models. Spatially the association of mortality with socioeconomic variables were tested using the spatial regression models OLS and GWR. As a result we found that both the cold and the heat are risk factors for all types of stroke and PE with a higher risk depending on the type of men and women. Spatially the highest values of relative risk (RR) for stroke mortality were concentrated in the outskirts of the city of São Paulo, which coincided with areas of lower per capita income and vegetation and higher percentage of black population. In relation to spatial distribution of high values of RR PE by these were present mainly in the inner area. In conclusion, our research has generated a lot of results that show that both environmental and socioeconomic variables influence on mortality from some diseases of the circulatory system. In view of the urgent care for stroke and PE cases can avoid serious sequelae and deaths, a better understanding of the importance of geographic context may allow the development of warning systems at the urgent care services and targeting campaigns for the prevention of avoidable risk factors.

Key - words: mortality, stroke, pulmonary embolism, meteorological variables; socioeconomic variables.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Porcentagem das doenças cardiovasculares em homens e mulheres..... 19
Figura 2: Fatores de risco para doenças cardiovasculares. 19
Figura 3: Taxa mundial de mortalidade por AVC em homens. 21
Figura 4: Taxa mundial de mortalidade por AVC em mulheres. 22
Figura 5: Subtipos de AVC: Hemorrágico e Isquêmico. 24
Figura 6: Dinâmica da embolia pulmonar. 25
Figura 7: Fluxograma do Risco das doenças vasculares. 35
Figura 8: Localização do município de São Paulo no Estado de São Paulo e no Brasil. 40
Figura 9: Mortalidade anual no Município de São Paulo no período de 2002 a 2011. . 55
Figura 10: Mortalidade por dia da semana no Município de São Paulo de 2002 a 2011. 55
Figura 11: Mortalidade por mês no Município de São Paulo, de 2002 a 2011..... 56
Figura 12: Mortalidade no Município de São Paulo, por estação do ano no período de 2002 a 2011. 57
Figura 13: Mortalidade por sexo no município de São Paulo, no período de 2002 a 2011. 58
Figura 14: a) Variação da temperatura mínima, média e máxima em graus Celsius; b) da pressão em hPA e c) da umidade relativa em % por mês no período de 2002 a 2011 no municio de São Paulo, estação do IAG..... 59
Figura 15: Variabilidade da temperatura máxima, média e mínima de 2002 a 2011. ... 59
Figura 16: Variação da concentração dos poluentes em µm por estação do ano no município de São Paulo no período de 2002 a 2011..... 60
Figura 17: Variação temporal da mortalidade por AVC e da temperatura média para o período de 2002 a 2011. 62
Figura 18: Variação temporal da mortalidade por AVC e da pressão atmosférica para o período de 2002 a 2011. 62
Figura 19: Localização das regiões do Niño no oceano Pacífico. 63
Figura 20: Anomalia da TSM em ºC nas regiões do Niño no oceano Pacífico. 64
Figura 21: Regressão múltipla entre a mortalidade mensal por AVC e a TSM das regiões do Niño. 65
Figura 22: Regressão múltipla entre a mortalidade mensal por AVCH e a TSM das regiões do Niño. 65
Figura 23: Regressão múltipla entre a mortalidade mensal por AVCI e a TSM das regiões do Niño. 66
Figura 24: Regressão múltipla entre a mortalidade mensal por EP e a TSM das regiões do Niño. 66
Figura 25: Dispersão entre a mortalidade mensal por AVC, AVCH, AVCI e EP e a TSM das regiões do Niño. 67

Figura 26: Grafico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por AVC com a temperatura média. 71
Figura 27: Grafico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por AVC acima de 65 anos com a temperatura média. 72
Figura 28: Grafico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por AVC entre 35 a 64 anos com a temperatura média. 73
Figura 29: Grafico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por AVC Isquemico com a temperatura média. 75
Figura 30: Grafico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por AVC Isquemico acima de 65 anos com a temperatura média. 76
Figura 31: Grafico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por AVC Isquemico entre 35 a 64 anos com a temperatura média. 77
Figura 32: Grafico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por AVC Hemorrágico com a temperatura média. 79
Figura 33: Grafico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por AVC Hemorrágico acima de 65 anos com a temperatura média. 80
Figura 34: Grafico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por AVC Hemorrágico entre 35 a 64 anos com a temperatura média. 81
Figura 35: Grafico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por Embolia Pulmonar com a temperatura média. 83
Figura 36: Grafico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por Embolia Pulmonar acima de 65 anos com a temperatura média. 84
Figura 37: Distritos Administrativos do Municipio de São Paulo. 86
Figura 38: **a)** Risco Relativo por AVC de 2006-2009; **b)** agrupamentos espaciais por AVC. 89
Figura 39: a) Risco Relativo por Embolia Pulmonar de 2006-2009; b) agrupamentos espaciais por EP. 90
Figura 40: Localização dos parques no municipio de São Paulo. 92
Figura 41**: a)** Mapa das frações de substrato, vegetação e sombra; **b)** Mapa da declividade de São Paulo. 93
Figura 42**:** Porcentagem de domicílios particulares permanentes com pavimentação, iluminação pública e calçada por Área de Ponderação no município de São Paulo. ... 95
Figura 43: **a)** Porcentagem de população de raça preta por Área de Ponderação e **b)** Renda per capita de até meio salário mínimo. 96
Figura 44: Diagnóstico da regressão OLS clássica para o risco relativo por AVC. 101

Figura 45: Diagnóstico da regressão OLS com matriz de peso espaciais para o risco relativo por AVC. 102
Figura 46: Diagnóstico da regressão espacial com matriz de peso espaciais para o risco relativo por AVC. 103
Figura 47**: a)** Mapa do Risco relativo previsto; **b)** Valor de R^2 local e **c)** Residuo padrão do modelo GWR para a mortalidade por AVC. 105
Figura 48: a) Mapa do coeficiente da Renda per capita; b) Coeficiente de vegetação e c) Coeficiente de raça preta para a mortalidade por AVC. 106
Figura 49: Diagnóstico da regressão OLS clássica para o risco relativo por EP. 107
Figura 50: Diagnóstico da regressão OLS com matriz de peso espaciais para o risco relativo por EP. 108
Figura 51: Diagnóstico da regressão espacial com matriz de peso espaciais para o risco relativo por EP. 109
Figura 52: a) Mapa do Risco relativo previsto; b) Valor de R^2 local e c) Residuo padrão do modelo GWR para a mortalidade por EP. 111
Figura 53: a) Mapa do coeficiente da Renda per capita; b) Coeficiente de vegetação e c) Coeficiente de raça preta para a mortalidade por EP. 112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Correlação mensal entre mortalidade por AVC, AVCH, AVCI e EP com variáveis meteorológicas.....61
Tabela 2: Estatística descritiva dos desfechos estudados: AVC, AVC hemorrágico e AVC Isquêmico.....76
Tabela 3: Matriz de correlação entre mortalidade e variaveis meteorologicas.....77

Tabela 4: Risco Relativo da mortalidade por AVC em intervalo de percentis.....81

Tabela 5: Risco Relativo da mortalidade por AVCI em intervalo de percentis.....86

Tabela 6: Risco Relativo da mortalidade por AVCH em intervalo de percentis.....90

Tabela 7: Risco Relativo da mortalidade por EP em intervalo de percentis.....93

Tabela 8: Siglas dos Distritos Administrativos do Municipio de São Paulo.....95

Tabela 9: Correlação entre o risco relativo da mortalidade por AVC e a

renda per capita, iluminação pública, calçada, área verde e declividade.....107

Tabela 10: Resultado da regressão GWR para a mortalidade por AVC.....114

Tabela 11: Resultado da regressão GWR para a mortalidade por AVC.....120

LISTA DE SIGLAS

AP – Área de ponderação

AVC – Acidente vascular cerebral

AVCH – Acidente vascular cerebral hemorrágico

AVCI – Acidente vascular cerebral isquêmico

CDC – Climatic Diagnostic Center

CETESB – Companhia de tecnologia e saneamento ambiental

CID – Cadastro internacional das doenças

DCV – Doenças cardiovascular

DLNM – Distributed lag non linear model

ENOS – El Niño Oscilação Sul

EP – Embolia Pulmonar

GLM – Generalized linear model

GWR – Geographically weighted regression

IAG – Instituto de Astronomia e Geofísica

NCAR – National center for atmospheric research

OLS – Ordinary least squares

OMS – Organização Mundial de Saúde

PRO-AIM – Programa de aprimoramento de informação da mortalidade

RR - Risco relativo

TSM - Temperatura da superfície do mar

Sumário

1. INTRODUÇÃO 18
1.1. Acidente Vascular Cerebral (AVC) 20
1.1.1. Subtipos de AVC 23
1.2. Embolia Pulmonar (EP) 24
1.3. Interação Clima-Saúde 26
1.3.1. Clima e doenças cardiovasculares. 30
1.3.2. Índice Climático: ENOS. 32
1.4. Geografia do risco e vulnerabilidade. 33
1.5. Atividade física como fator de proteção às doenças cardiovasculares 36
1.6. Doenças cardiovasculares e variáveis socioeconômicas. 37
1.7. Área de estudo 38
2. OBJETIVO 42
2.1. Objetivo principal: 42
2.2. Objetivos específicos: 42
3. MATERIAIS E MÉTODOS 43
3.1. Dados epidemiológicos 43
3.2. Dados meteorológicos 43
3.3. Dados de Poluição 43
3.4. Topografia 44
3.5. Tratamento dos dados de mortalidade e meteorológicos. 44
3.6. Análise temporal 44
3.6.1. *Generalized Linear Models (GLM)* 46
3.6.2. *Distributed Lag Non-linear Models (DLNM)* 48
3.7. Cálculo da declividade 50
3.8. Análise Espacial 50
3.8.2. Cálculo do Risco Relativo e aglomerados de mortalidade. 50
3.8.3. Testando associação estatística entre o risco relativo de mortalidade as variáveis ambientais e socioeconômicas. 51
4. RESULTADOS 54
4.1. Análise descritiva 54
4.2. Análise Temporal: Correlação de Pearson 60
4.3. Análise Temporal: Regressão Linear Múltipla 63

4.4. Análise de Séries Temporais: Generalized Linear Model (GLM) e Distributed Lag Non Linear Models (DLNM). 68
4.5. Análise espacial 86
5. DISCUSSÃO 113
6. CONCLUSÃO 116
7. REFERENCIAS 118
ANEXOS 134

1. INTRODUÇÃO

A queda dos valores de natalidade e a maior expectativa de vida da população compreendem uma transição no padrão etário em relação ao que ocorria em décadas anteriores. Essa transição demográfica, observada em vários países do mundo incluindo o Brasil, promove também uma transição epidemiológica (SMITH; EZZATI, 2005). A queda na natalidade reduz os casos de doenças infecciosas típicas da baixa idade (e.g., sarampo, diarreia). Por outro lado, o aumento da expectativa de vida favorece a ocorrência das doenças crônico-degenerativas não transmissíveis (e.g., câncer e doenças cardiovasculares).

Em 2008 mais de 9 milhões de pessoas morreram prematuramente por doença cardiovascular (DCV), cerca de 8 milhões desses óbitos ocorreram em países periféricos (ATLAS MUNDIAL DE DOENÇAS CARDIOVASCULARES, 2011).

As DCV são aquelas que afetam o coração e as artérias, infarto e AVC, e também arritmias cardíacas, isquemias ou anginas. A principal característica das DCV é a presença da aterosclerose, que é o acúmulo de placas de gorduras nas artérias ao longo dos anos que impede a passagem de sangue (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2011).

As causas da aterosclerose podem ser de origem genética, mas o principal motivo para o acúmulo é comportamental. Obesidade, sedentarismo, tabagismo, hipertensão, colesterol alto e consumo excessivo de álcool são as principais razões para a ocorrência de entupimentos das artérias (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012).

A figura 1 mostra a porcentagem mundial das doenças cardiovasculares em ambos os sexos. Observa-se uma maior predominância das doenças isquêmicas do coração e cerebrovasculares, que somadas totalizam 74% do total das DCV em homens e 70% em mulheres.

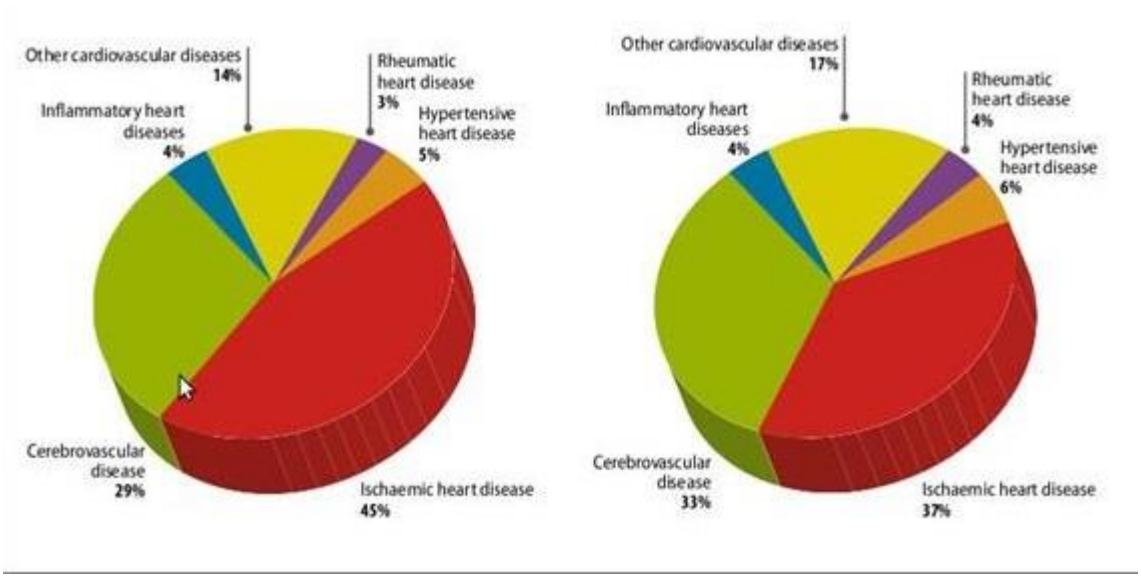


Figura 1: Porcentagem das doenças cardiovasculares em homens e mulheres

Fonte: Atlas Mundial de Doenças Cardiovasculares (2011).

Na figura 2 observa-se que os fatores de risco que mais contribuem para a mortalidade por DCV são a pressão alta e o tabagismo. De maneira geral, os fatores de risco estão ligados a um estilo de vida pouco ligado à promoção da saúde.

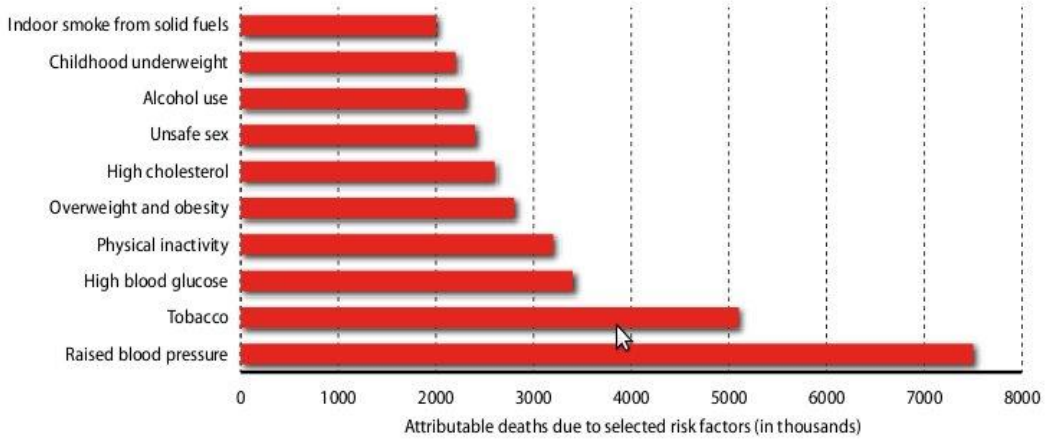


Figura 2: Fatores de risco para doenças cardiovasculares.

Fonte: Atlas Mundial de Doenças Cardiovasculares (2011).

1.1. Acidente Vascular Cerebral (AVC)

O AVC pode ser definido como déficit neurológico focal súbito resultante de uma lesão vascular (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). Dos indivíduos que sofrem um AVC, mais de 40% morrem ao longo dos seis primeiros meses após o acidente, a maioria das pessoas que sobrevivem apresentam sequelas neurológicas e incapacidades residuais significativas.

O AVC é uma séria questão de saúde publica, pois é uma das maiores causas de mortes no mundo e é o líder na causa de incapacidade e 2º em mortes depois de doenças coronárias (WANG et al., 2009).

Cerca de 16 milhões de casos de primeiro AVC ocorrem anualmente no mundo, causando um total de 5,7 milhões de mortes. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) há uma previsão de aumento para os casos de primeiro AVC (23 milhões) em 2030 (SPENCE e BARNETT, 2013).

Os mapas da distribuição da mortalidade de AVC no mundo foram retirados do Atlas mundial de doenças cardiovasculares, organizado pela OMS (2011).

Na figura 3 é apresentado os países de elevada mortalidade por AVC em homens: África Central, no leste Europeu e em alguns países da Ásia a mortalidade também é elevada com mais de 130 óbitos por 100.000 habitantes. Observa-se ainda nesse mapa que os países das Américas possuem baixa e intermediaria taxa de mortalidade, assim como a Oceania. A distribuição da mortalidade por AVC em mulheres apresenta-se de forma muito semelhante à distribuição da mortalidade em homens.

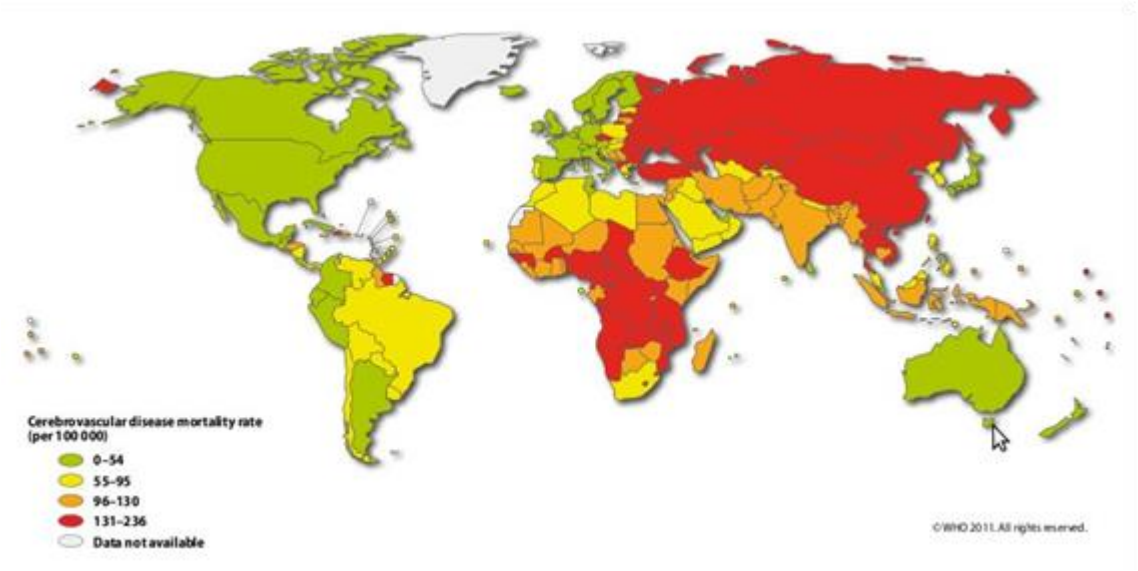


Figura 3: Taxa mundial de mortalidade por AVC em homens.
Fonte: Atlas Mundial de Doenças Cardiovasculares (2011).

A explicação para valores tão elevados de mortalidade nos países asiáticos e para a Rússia é o uso elevado do tabaco e bebida alcoólica em ambos os sexos. Na Rússia o nível de colesterol no sangue também é dos fatores que agravam a mortalidade por AVC (ATLAS MUNDIAL DE DOENÇAS CARDIOVASCULARES, 2011). Nos países da África, a mortalidade é mais explicada pela pressão alta, pela má alimentação (baixíssima ingestão de vegetais e nutrientes) e por fatores sociais determinantes (ATLAS MUNDIAL DE DOENÇAS CARDIOVASCULARES, 2011). No Brasil, os fatores de risco que estão mais ligados à mortalidade por AVC são tabaco, alcoolismo, sedentarismo, diabete e obesidade.

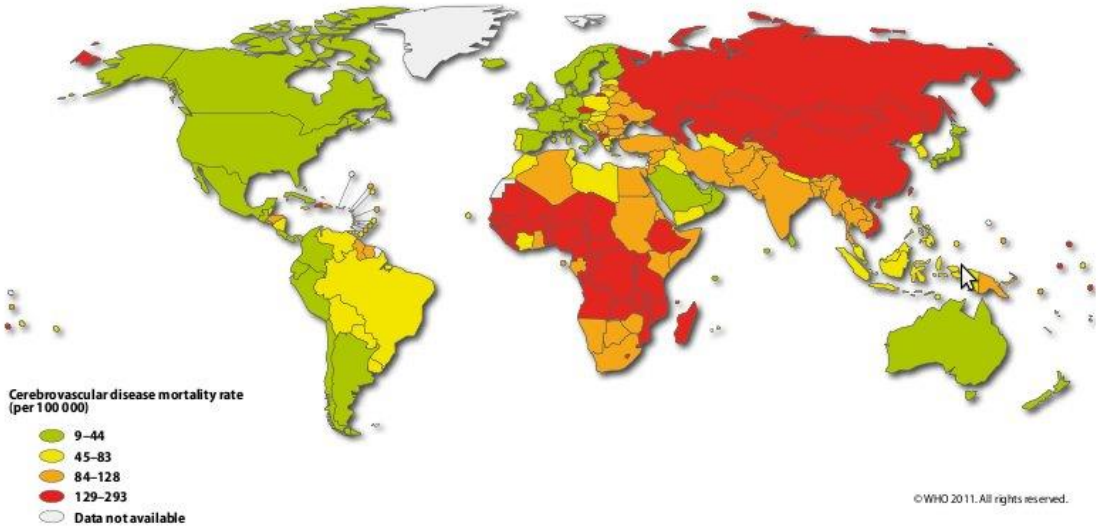


Figura 4: Taxa mundial de mortalidade por AVC em mulheres.

Fonte: Atlas Mundial de Doenças Cardiovasculares (2011).

O tabagismo está relacionado a aproximadamente 45% das mortes nos homens com menos de 65 anos. É responsável por mais de 20% dos óbitos por doença coronariana nos homens e por 40% em mulheres, com idade maior que 65 anos (ATLAS MUNDIAL DE DOENÇAS CARDIOVASCULARES, 2011).

Segundo a OMS (2009) o uso prejudicial de álcool é um dos principais fatores de risco para a saúde do mundo. É fator causal em mais de 60 tipos de doenças e lesões e resulta em cerca de 2,5 milhões de mortes por ano por doenças cardíacas, hepáticas, acidentes de trânsito, suicídios e vários tipos de câncer.

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, 2012). A mortalidade por AVC é maior na América Latina e Caribe do que em países desenvolvidos, embora as taxas estejam declinando, uma proporção significativa das mortes por AVC nessas populações pode ser atribuída a

alguns fatores de risco evitáveis (LAVADOS et al., 2007), que podem corresponder a 90% dos casos no Brasil (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012).

O AVC pode ocorrer em indivíduos de qualquer idade, entretanto a incidência e prevalência são maiores em idosos. Para cada 10 anos sucessivos após os 55 anos de idade a taxa de AVC é duas vezes maior entre homens e mulheres (SPENCE e BARNETT, 2013).

Com o aumento mundial da expectativa de vida, inclusive em países em desenvolvimento o número de pessoas idosas irá ultrapassar o número de pessoas jovens, portanto espera-se que o aumento da população idosa eleve o número de casos de AVC, apresentando uma epidemia intensa nos anos futuros (SPENCE e BARNETT, 2013).

Além de mortal o AVC tem um custo elevado para os sistemas de saúde para arcar com os cuidados daqueles que sobrevivem a um AVC. Em um estudo para averiguar os custos do AVC. Evers et al. (2004) analisaram 25 países e seus custos e mostraram que em média, 0,27% do Produto Interno Bruto (PIB) foi destinado para os casos de AVC pelo sistema de saúde pública.

1.1.1. Subtipos de AVC

O AVC possui dois subtipos distintos, ambos com taxas de mortalidade, fatores de risco e perfis de desfecho diferentes.

O AVC isquêmico (AVCI) é o subtipo mais comum, 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 AVCI é responsável pela maioria dos casos em pessoas mais velhas. Tem como principais fatores de risco a trombose, embolia e infarto lacunar (SPENCE e BARNETT, 2013).

O AVC hemorrágico (AVCH) acontece quando algum vaso do cérebro se rompe e extravasa sangue para o seu interior (figura 5), os casos de AVCH é

mais comum em jovens e está associado a uma elevada taxa de mortalidade se comparado ao AVCI (SPENCE e BARNETT, 2013). A causa mais comum presente em casos de AVCH é a hipertensão arterial (pressão alta) (SCHELLINGER et al., 2003b).

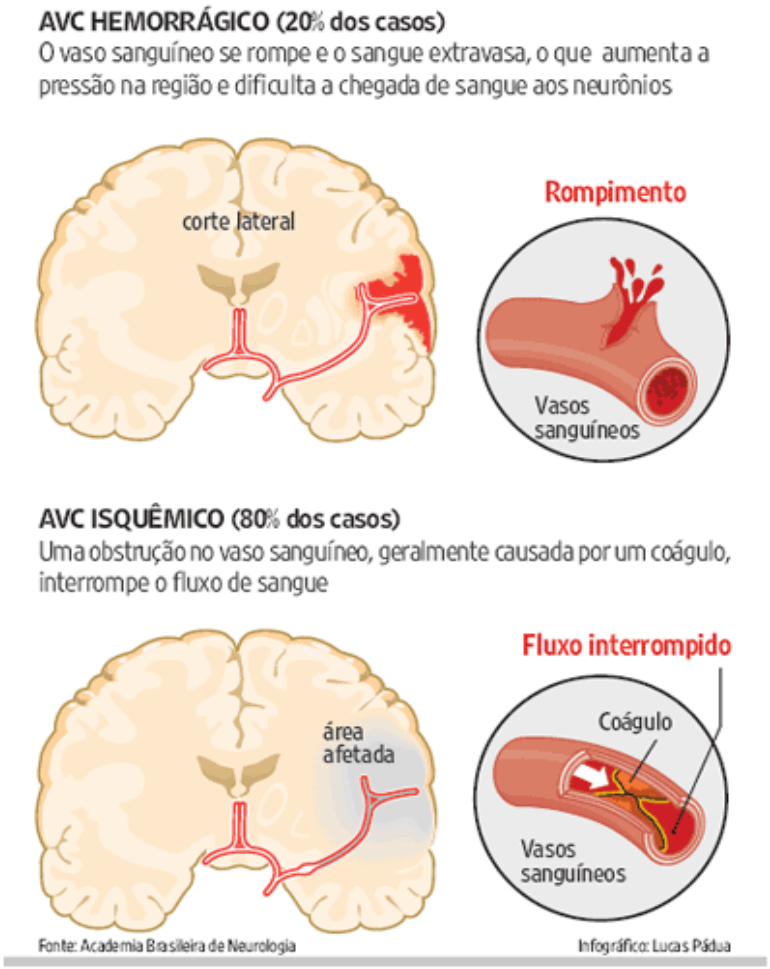


Figura 5: Subtipos de AVC: Hemorrágico e Isquêmico.

Fonte: Academia Brasileira de Neurologia

1.2. Embolia Pulmonar (EP)

A embolia pulmonar pode ser causada por diversos tipos de êmbolos,

como coágulos intravasculares, êmbolos sépticos, gordurosos ou parasíticos, liquido amniótico e corpos estranhos (SALDANHA e BARRETO, 2013).

A EP ocorre quando há obstrução da circulação arterial pulmonar por coágulos e êmbolos (figura 6).

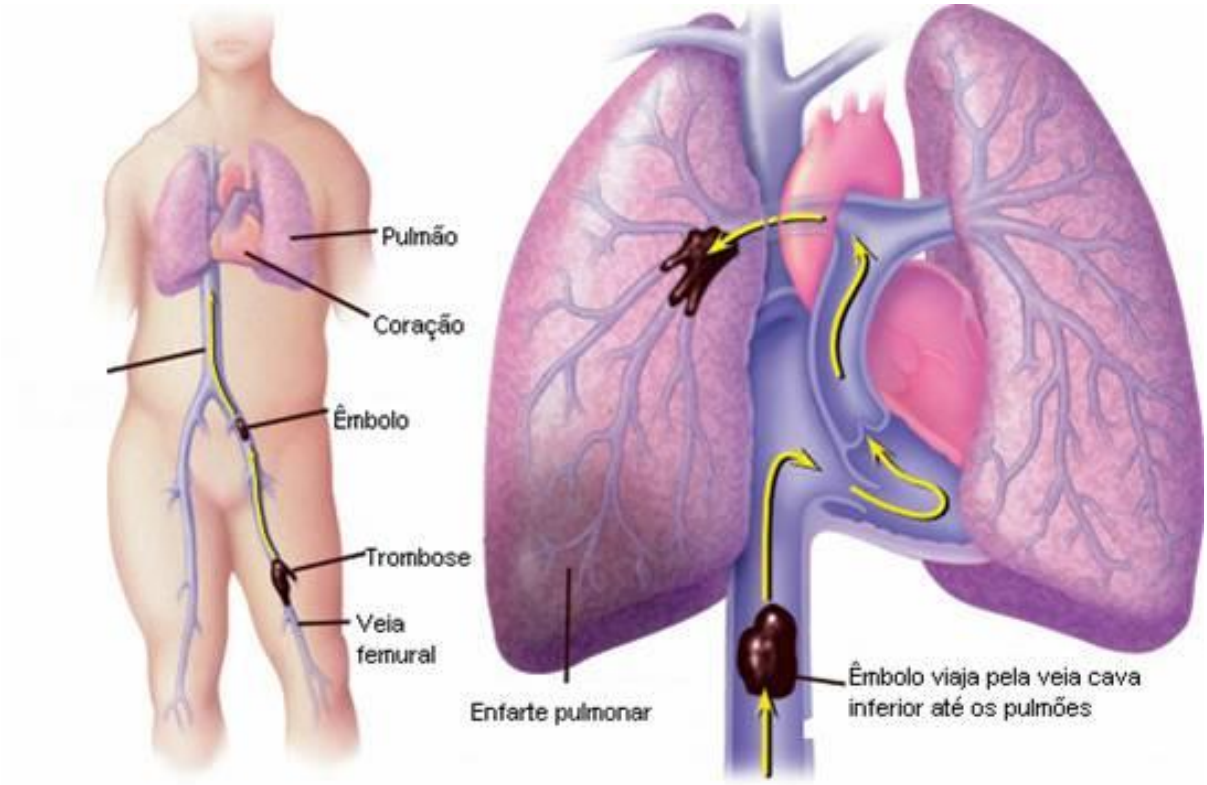


Figura 6: Dinâmica da embolia pulmonar.
Fonte: MD Saúde

De acordo com Saldanha e Barreto (2013) mais de 90% das embolias pulmonares são produzidas por êmbolos provenientes de trombose venosa profunda proximal dos membros inferiores, das veias pélvicas, renais e mesentéricas e os trombos intracavitários do átrio e do ventrículo direito são outras possíveis fontes de êmbolos.

A embolia pulmonar é uma doença de difícil diagnóstico e sua definição está sujeita a evidências diretas por meio de imagens, além de ser uma doença desconhecida da população brasileira. De acordo com o Datasus, do Ministério da Saúde, em um período de um ano, entre setembro de 2009 a agosto de

2010, das 4.963 pessoas hospitalizadas no Sistema Único de Saúde (SUS), 1.087 vieram a óbito (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012).

Essa doença é considerada muito frequente em pacientes hospitalizados, sendo uma das principais causas de mortalidade hospitalar e uma considerável causa de morte em geral. A faixa etária acima de 40 anos é a mais comum em casos de EP (ANDREI et al. 2013).

Analisada como uma doença silenciosa a EP pode ocorrer de forma assintomática e levar a morte súbita, dependendo das condições da circulação pulmonar, resposta cardiovascular e do paciente, porém se a EP for diagnosticada corretamente e tratada, reduz a morbimortalidade de episódios agudos (SALDANHA e BARRETO, 2013).

De acordo com Stein et al. (2005) todas as faixas etárias são suscetíveis a eventos de EP, e o risco aumenta exponencialmente com a idade.

Considerando que a EP tem uma mortalidade elevada e levando em conta a baixa especificidade de sua apresentação clínica, a profilaxia da doença é a forma mais eficiente de se reduzir a sua mortalidade (SALDANHA e BARRETO, 2013).

1.3. Interação Clima-Saúde

De acordo com o referencial teórico da *ecologia humana das doenças*, o estado da saúde humana é definido por três vértices: *habitat*, *população* e *comportamento* (MEADE; EARICKSON, 1988). A interação desses três elementos seria capaz de definir a intensidade e a variação das doenças num determinado local. O *habitat* corresponderia ao lugar físico e biótico de vivência da pessoa, incluindo sua residência, local de trabalho, sistema de transporte, serviços de saúde e clima local. A *população* diria respeito aos organismos humanos e, portanto, variaria em função da idade, genética, estado nutricional e imunológico. O *comportamento* compreenderia aspectos observados da cultura de cada indivíduo como educação, práticas culturais, mobilidade, restrições econômicas e intervenção tecnológica.

Obviamente a combinação das variáveis dos três vértices permite infinitas possibilidades, dificultando o estudo da sua interação. Assim, do ponto de vista analítico, o procedimento de pesquisa tem sido o de isolar o menor número de variáveis para identificar aquelas que teriam maior influência no desfecho.

Os estudos dos fatores de risco têm sido desenvolvidos em geral pelos pesquisadores da área de Epidemiologia e Saúde Coletiva e mais direcionados para a compreensão do componente *população*. No entanto, o contexto geográfico das mortes por doenças do aparelho circulatório, que estaria mais ligado ao *habitat* (e.g., tipo de moradia, clima local) e ao *comportamento* (e.g., educação, restrições econômicas) tem sido pouco contemplado e/ou ainda não permite que se estabeleça um consenso.

Um componente do ambiente físico com relação ainda questionável 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. "No desenvolvimento histórico a ideia de clima é inseparável das preocupações biológicas" (SORRE, 1934) [1]. Tal influência ocorre de forma direta e indireta, podendo atuar de forma positiva ou negativa.

Inicialmente o clima era visto apenas como um dos componentes fundamentais do meio natural não sendo considerado quando se tratava do meio social. Atualmente a problemática socioambiental traz constantemente e com pertinência o papel do clima como um dos principais elementos de interação entre sociedade e natureza (MENDONÇA, 2000).

No Brasil um dos pioneiros em estabelecer relações entre algumas doenças e as variações meteorológicas foi Peixoto (1975) que desmitificou o título de doenças tropicais elucidando o aparecimento de inúmeras outras relacionadas ao meio natural.

As doenças relacionadas ao clima eram principalmente doenças infecciosas: febre amarela, malária, cólera, gripe e etc. Num segundo momento

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

as doenças respiratórias foram alvo de investigações com o clima (MIRANDA et al. 1995; SOUZA e SANT'ANNA NETO, 2008; GONÇALVES, 2010); atualmente as doenças crônicas vêm ganhando espaço entre os pesquisadores (SILVA, 2010; BANDO, 2012; MURARA et al. 2013).

De acordo com Monteiro (1997) o impacto gerado na saúde devido ao comportamento dos elementos climáticos, em geral eventos extremos, assim como também pela qualidade do ar debitado ao dinamismo urbano nos mostra que não somos imunes às consequências geradas pela alteração do meio.

O efeito do clima na saúde humana depende da intensidade e duração do primeiro agente e da debilidade do ser humano, sendo que esses fatores podem mudar continuamente de local, indivíduo e população (SETTE, RIBEIRO, 2011).

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).

Em um estudo sobre o risco percebido do calor, Pitton (2013) expõe que a faixa estaria acima de 65 anos "são os mais atentados com o calor excessivo, uma vez que é o segmento mais susceptível ao risco de doenças relacionadas ao calor em função de seu metabolismo ser mais lento, os extremos térmicos são mais intensos e sentidos".

A questão socioeconômica vem sendo discutida como um dos fatores de agravamento para os problemas de saúde relacionados ao clima.

> "Quanto maior a vulnerabilidade humana, maior o risco, e um evento extremo pode se tornar um desastre climático, mesmo em condições de clima normal a população de baixa renda

> sofre diariamente, especialmente nos horários de extremos climático (mínima e máxima)" (SETTE, RIBEIRO, 2011).

SILVA e RIBEIRO (2006) analisaram o conforto térmico em uma favela no município de São Paulo e constataram que baixas condições econômicas impedem que a população de baixa renda possa utilizar mecanismos de regulação microclimáticos no interior de suas casas.

De acordo com Sant'Anna Neto (2011) "cada vez mais episódios menos extremos tem provocado repercussões mais profundas, como as enchentes urbanas, as ondas de calor e a propagação de enfermidades". Segundo a afirmação do autor entende-se que a população urbana está cada vez mais susceptível às intempéries climáticas devido à vulnerabilidade urbana causada pelas disparidades sociais.

Segundo Confalonieri (2003), *"*a redução dos impactos causados pela variabilidade climática na população brasileira só pode ser efetuada com o entendimento e a modificação dos fatores de vulnerabilidade social que afetam essas populações em seus contextos geográficos específicos*"* (p.203).

Com o desenvolvimento dos grandes centros econômicos como São Paulo, há uma diminuição dos espaços verdes em detrimento das áreas densamente construídas e asfaltadas, resultando na impermeabilização do solo que favorece o fenômeno das ilhas de calor (LOMBARDO, 2009).

Lombardo (2009) ainda afirma que "a região metropolitana de São Paulo (RMSP), considerada a maior área urbana brasileira, com cerca de 18 milhões de habitantes, apresenta hoje um dos quadros mais críticos do país no que diz respeito à alteração da temperatura".

Na escala local, as alterações climáticas tem efeito na saúde e na atividade da população devido ao aumento/diminuição da temperatura e do aumento da poluição atmosférica que afetam o sentimento de conforto dos habitantes (LOMBARDO, 2009).

1.3.1. Clima e doenças cardiovasculares.

Segundo o Código Internacional de Doenças (CID-10), o Capítulo IX corresponde às doenças do aparelho circulatório, incluindo as categorias I00 a I99. Entre estas categorias, o AVC, incluindo suas variações - isquêmico e hemorrágico, e a embolia pulmonar (EP), têm sido, ainda não consensualmente, associados a variações meteorológicas, principalmente em países de clima temperado.

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 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; COWPERTHWAITE; 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 verificado 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. A temática já foi explorada por alguns autores nacionais porém com base em uma série de tempo muito limitada. Rumel et al. (1993) encontraram que das internações anuais por AVC no Pronto Socorro do Hospital das Clinicas no município de São Paulo, 2,8% eram devidas a altas temperaturas do ar. Em estudos mais recentes, Rufca et al. (2009) avaliaram a influência das variações circadianas e

de temperatura em 100 pacientes diagnosticados com AVC isquêmico em São José do Rio Preto. Como resultado, os autores encontraram uma forte relação entre a prevalência de AVCI e a variação negativa de temperatura. Em São Paulo, Coelho et al., (2010) mostraram que a variação de 3ºC 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. Recentemente Bando (2012) analisou a sazonalidade da mortalidade por doença coronariana, insuficiência cardíaca, AVC, suicídio e homicídio no município de São Paulo; como resultado encontrou que o AVC não possui um padrão definido.

Ultimamente, foi sugerido que novos estudos pudessem dirigir esforços para melhor compreender a ainda controversa associação entre variáveis meteorológicas e AVC (GIUA et al., 2010).

Outra doença do aparelho circulatório com provável influência das variáveis meteorológicas trata-se da embolia pulmonar (EP). A EP ocorre como consequência de um coágulo sanguíneo, que se desprende (êmbolo) e viaja pelas veias ou artérias até encontrar um vaso com calibre menor que o próprio coágulo ficando então preso e obstruindo a circulação normal do sangue. Se esse vaso obstruído fica no pulmão recebe a denominação de embolia pulmonar (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012).

Poucos estudos científicos foram realizados sobre a incidência dos casos de embolia pulmonar (EP) e as diferentes estações do ano. A relação com a sazonalidade foi constatada no Reino Unido e França (GREEN; EDWARDS, 1994; BOULAY et al., 2001). O significado biológico para a variação sazonal dos casos de EP seria a baixa temperatura, que induziria a vasoconstrição e a redução da atividade física, diminuindo o fluxo sanguíneo e aumentando a viscosidade do sangue favorecendo a formação de trombos (BOULAY et al., 2001). Entretanto, nos Estados Unidos a EP não apresentou padrão sazonal (STEIN et al., 2005). Menor ainda foi o número de estudos que relacionaram o volume de casos com as variáveis meteorológicas. No Reino Unido, Clauss et al. (2005) encontraram associação entre os casos de EP com a precipitação e pressão de vapor.

O estudo das associações com as variáveis meteorológicas pode

contribuir para a previsão de aumento da mortalidade em curto prazo, como os aumentos que seguem oscilações meteorológicas de poucos dias. No entanto, a compreensão da influência climática em períodos longos pode auxiliar na previsão das tendências futuras em relação aos desfechos estudados.

1.3.2. Índice Climático: ENOS

Os índices climáticos têm influência direta nas variáveis meteorológicas locais e podem também explicar variações anômalas nesses desfechos. A variabilidade climática anual da América do Sul é influenciada constantemente pelo fenômeno El Niño, em combinação com outro importante fenômeno de oscilação da pressão atmosférica ao nível do mar, a Oscilação Sul (OS).

Por razões ainda desconhecidas os padrões de temperatura da superfície do mar (TSM) e pressão atmosférica no Pacifico Equatorial central se altera. Os ventos alísios, que em condições normais, sopram de leste para o oeste e em condições de El Niño esses ventos são enfraquecidos ou até mesmo sopram em sentido oposto (CHRISTOPHERSON, 2012).

O ENOS apresenta duas fases: a fase quente conhecida como El Niño apresenta anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) positivas no Pacífico equatorial central e leste que podem chegar até 8°C; em episódio de La Niña (fase fria) as anomalias de TSM são negativas e mais moderadas, em torno de 4°C. Essas anomalias de TSM afetam diretamente as variáveis atmosféricas em ambos os Hemisférios, principalmente em eventos considerados fortes e moderados.

Os efeitos do El Niño podem causar chuvas intensas e persistentes na região sul e secas na região nordeste, para região sudeste os efeitos são mais moderados e destaca-se o aumento d temperatura, principalmente nos meses do inverno (INPE, 2016).

Para a fase La Niña os efeitos no Brasil causam menos danos, destacando a chegada mais frequentes de frentes frias na região nordeste, aumentando a precipitação, e para as regiões sul e sudeste há a antecipação do inverno e ligeira queda nas temperaturas médias.

Os estudos relacionando índices climáticos (ENOS e *North Atlantic Oscilation* (NAO)) e doenças estão mais ligadas as doenças infecciosas devido ao aumento/diminuição da precipitação que na maioria das doenças influencia na proliferação do vetor.

Um numero bastante limitados de estudos relacionaram esses índices com a mortalidade ou internação por doenças cardiovasculares. Na nossa revisão literária encontramos apenas dois estudos, ambos localizados no Hemisfério Norte. Ebi *et al* (2004) analisaram os evento de El Niño nas internações por infarto no miocárdio, angina, e AVC em três cidade do Estado da Califórnia, como resultado os autores encontraram que os eventos de El Niño foram consistentemente e significantemente associados a hospitalização dos casos de angina nas cidades de Sacramento e San Francisco. McGregor (2004) analisou os dados de três cidades inglesas e identificou uma associação negativa entre o Índice climático NAO e a mortalidade por doenças isquêmicas do coração.

Com relação ao Brasil um estudo identificou um padrão entre a TSM do Oceano Pacífico e a temperatura no município de São Paulo apresenta correlações de mesmo sinal, sugerindo que quando há aumento (diminuição) da TSM há um aumento (diminuição) da temperatura (CARDOSO; SILVA DIAS, 2004). Em São Paulo, em anos de Lã Niña forte, a estação chuvosa tende a durar mais do que a média, tendo em vista o seu início precoce e final tardio (MINUZZI, 2006).

1.4. Geografia do risco e vulnerabilidade.

Na atualidade o termo risco está bastante difundido na sociedade e é geralmente acompanhada de um adjetivo como: risco ambiental; risco social; risco tecnológico; risco financeiro; risco de morte; risco natural e etc (ESTEVES, 2011).

Segundo os autores Marandola Jr. e Hogan (2005) cada vez mais os pesquisadores têem dado mais atenção para os estudos geográficos sobre o risco, como os fenômenos naturais e seus estragos, que atingem

principalmente as populações mais vulneráveis. No entanto, os estudos desses perigos sempre estiveram num contexto de planejamento, em que a preocupação estava em perdas humanas, materiais e econômicas. Nesse sentido, os geógrafos criaram o conceito de avaliação do risco (*risk assessment*) que nada mais é do que avaliar o risco de se ocorrer um perigo em um determinado local, a partir de dados e estudos.

Para entender o conceito de vulnerabilidade deve se considerar concomitantemente o conceito de risco, já que o termo aparece sempre no contexto dos estudos sobre o risco em relação à questão ambiental e socioeconômica (MANDOLA JR e HOGAN, 2005).

A vulnerabilidade é sempre debatida no contexto da demografia quando se trata da privação econômica de certas classes sociais, marginalizadas e excluídas. Em relação à geografia física, o termo é sempre levantado com relação à vulnerabilidade socioambiental como áreas degradadas pela urbanização expostas a risco de inundação, desmoronamentos e outros riscos que exponham a população em perigo (MANDOLA JR e HOGAN, 2005).

De modo a utilizar a temática da geografia do risco e vulnerabilidade, entendemos que esse discurso pode ser usado nessa pesquisa quando pensamos que as doenças crônicas constituem um risco muito alto para a população de uma grande cidade como São Paulo, principalmente para a população idosa. Pensando nisso foi elaborado o esquema (Figura 7) que faz a ligação do risco para as doenças crônicas com os fatores genéticos e comportamentais em que esses fatores podem ser agravados pelos extremos de temperatura onde as pessoas mais vulneráveis economicamente não têm a possibilidade de usar de tecnologias (ar condicionado e aquecedores) para aliviar o estresse térmico.

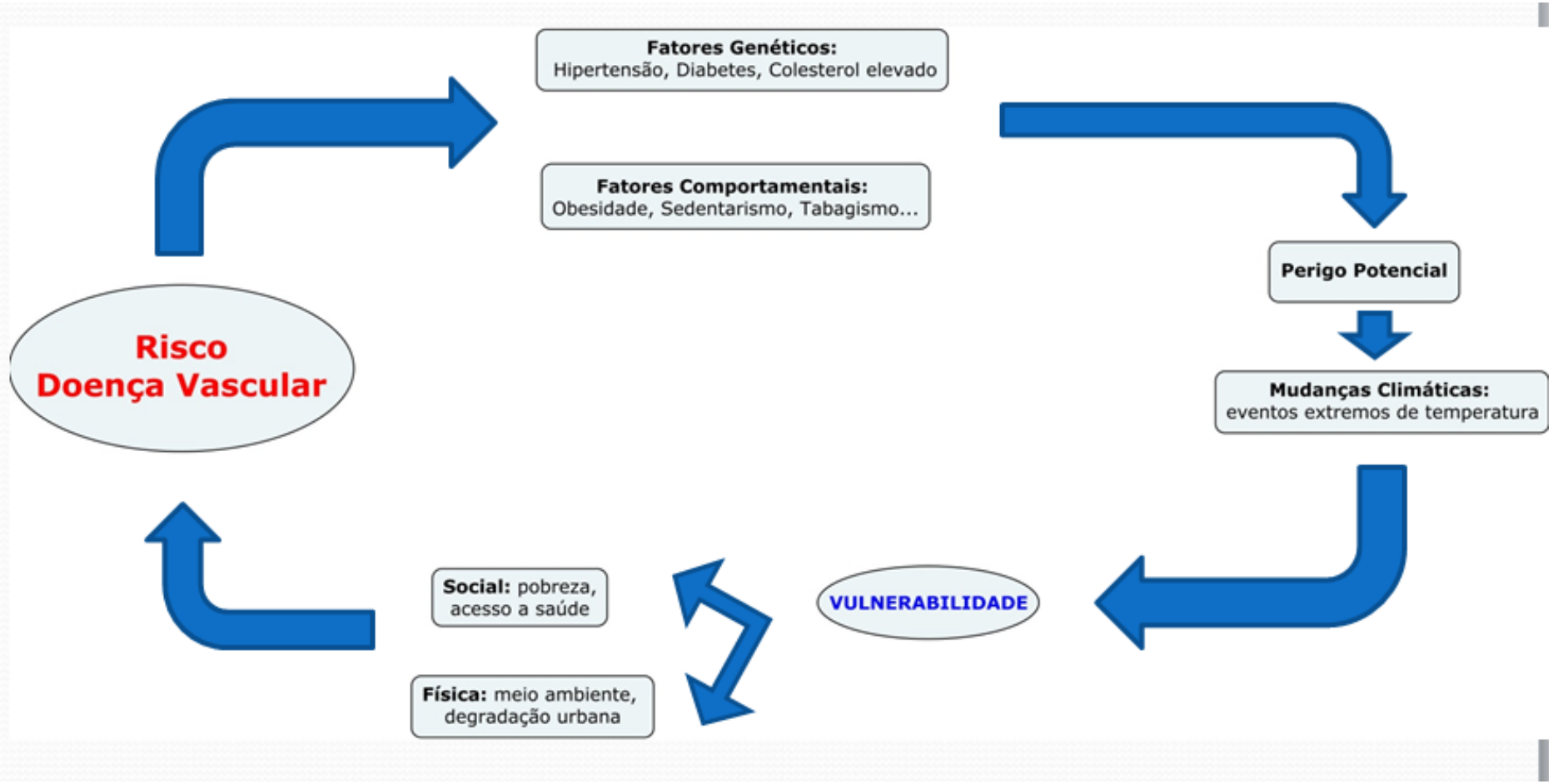


Figura 7: Fluxograma do Risco das doenças vasculares.

Organização: Priscilla V. Ikefuti

1.5. Atividade física como fator de proteção às doenças cardiovasculares

As doenças crônicas são um fenômeno complexo definido por fatores de risco individuais e do seu contexto geográfico. A interação dessas múltiplas causas é muito difícil de compreender. A abordagem analítica entre um possível fator de risco e a ocorrência da saúde tem sido a principal estratégia para compreender as relações primárias. Depois disso, a interação de fatores de risco conhecidos é suscetível de ser bem compreendida através do desenvolvimento de modelos estatísticos, incluindo os fatores de risco com significado biológico.

A literatura indica que a incidência e distribuição dos subtipos de AVC têm variações geográficas moderadas que provavelmente estão relacionadas com a prevalência de fatores de risco cardiovasculares (por exemplo, o uso do tabaco, pressão arterial, dieta e atividade física), com a estrutura social e diferenças étnicas (LAVADOS et al ., 2007). O ambiente físico e social, que engloba a habitação, o desenvolvimento urbano, uso do solo e transporte, indústria e agricultura também tem efeitos sobre a saúde (JACKSON e KOCHTITZKY, 2003). Sobrepeso e obesidade são importantes fatores de risco para doenças crônicas evitáveis generalizados como doença cardiovascular, hipertensão e diabetes tipo II (NGUYEN e EL-SERAG, 2010). Além de fatores como a pré-disposição genética, atividade física e ingestão calórica, raça ou etnia e status socioeconômico, a obesidade está associada a viver em ambientes onde há pouco acesso a mercearias, supermercados e instalações de recreação e um maior acesso a lojas de *fast food* e lojas de conveniência (PEREIRA et al., 2012).

É reconhecido que ambientes urbanos podem proporcionar oportunidades potenciais e barreiras para engajar-se em estilos de vida fisicamente ativos (DUNCAN et al., 2005). Bairros verdes influenciam o comportamento de atividade física (BELL et al, 2008;. SUGYIAMA et al, 2008; GRIGSBY-TOUSSAINT et al, 2011), o que está associado positivamente com a saúde auto referida (MAAS et al, 2006; MAAS et al., 2009), a saúde mental, bem como com a redução das disparidades na saúde cardiovascular (MITCHELL e POPHAM, 2008). A longevidade dos idosos urbanos também foi positivamente influenciada por viver em áreas com espaços verdes tranquilos em Tóquio, Japão (TAKANO et al., 2002).

A variabilidade do verde dentro de um bairro foi negativamente associado com doença cardíaca coronariana e acidente vascular cerebral em Perth, Austrália Ocidental (PEREIRA et al., 2012). A justificativa para essa associação é que os bairros verdes são agradáveis, encorajando as pessoas para a prática de atividades físicas ou a acessar destinos urbanos. Estas premissas podem abrir novos espaços para incorporar variáveis espaciais que podem ser medidas a partir do ambiente físico.

Embora a área verde em ambiente urbano possa estimular atividades físicas, quando elas ocorrem em paisagens íngremes este efeito pode ser neutralizado. Portanto, áreas verdes devem ser investigadas associadas ao relevo local.

Por isso, supomos que bairros com área verde média juntamente com baixa declividade em São Paulo estaria negativamente associado com risco relativo de mortalidade por AVC.

1.6. Doenças cardiovasculares e variáveis socioeconômicas.

Além das variáveis climáticas, outro componente do contexto geográfico de importância na etiologia das doenças do aparelho circulatório diz respeito ao status ou fatores socioeconômicos da população. Os fatores socioeconômicos são fortemente associados com a mortalidade. Existem diversos indicadores que revelam a posição socioeconômica em pesquisas de saúde: nível educacional, condições de habitação como número de moradores na mesma residência, número de cômodos e bens materiais, renda, índice de privação, ocupação (GALOBARDERS et al., 2006a, b).

Há evidência consistente do aumento da mortalidade e incidência de AVC em grupos socioeconômicos mais baixos em diferentes populações (COX et al., 2006). As desigualdades sociais são importantes na América Latina e Caribe e, portanto, devem afetar a incidência e prognóstico do AVC. No entanto, são raros os estudos que modulam o risco de AVC por alguns mecanismos: baixo nível educacional, acesso limitado a serviços de saúde, estilo de vida não-saudável, pouca informação sobre estratégias de prevenção, condições sanitárias inadequadas, aumento de

stress, subdetecção de doenças cardiovasculares graves. Ainda são raros os estudos que levam em conta o status socioeconômico como nível de escolaridade, ocupação e renda (LAVADOS et al., 2007).

A associação entre a mortalidade por AVC e fatores socioeconômicos foi amplamente estudada em países desenvolvidos (STEELAND; WALKER, 2004; BENNETT, 2006; KUNST, 1998). No Brasil, alguns estudos trataram das relações entre mortalidade e fatores socioeconômicos (SICHIERI et al., 1992; DRUMOND, 1999; BARROZO; MIRANDA, 2010). Em 1992, considerando as variáveis percentual de analfabetismo, percentual de população branca, renda média e água encanada em 17 capitais do Brasil, Sichieri et al. (1992) constataram que a mortalidade por AVC não se associava com os indicadores socioeconômicos. Mais recentemente, Bassanesi et al. (2008) observaram que a pobreza poderia ser atribuída a mais da metade da mortalidade por doenças cardiovasculares antes dos 65 anos em Porto Alegre. Em São Paulo, Barrozo; Miranda (2010) e Souza (2012) verificaram que o padrão geográfico da mortalidade por AVC se relaciona estatisticamente com a privação socioeconômica.

Assim, abordar dois componentes que parecem influir na mortalidade por doenças do aparelho circulatório (AVC e EP), como as variáveis meteorológicas e os fatores socioeconômicos, permitiria melhor compreender a influência do contexto geográfico nesses desfechos.

Tendo em vista que o atendimento de urgência para os casos de AVC e EP 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.

1.7. Área de estudo

O município de São Paulo (Figura 8) foi escolhido para esta análise tendo em vista o elevado número de sua população, a disponibilidade de dados e a

desigualdade socioespacial que favorecem o teste das hipóteses levantadas. 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), área territorial de 1.523,279 km^2 e 870 km^2 de área urbanizada, com densidade demográfica de 7.387,69 hab/km^2 (ATLAS AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2012).

O crescimento de São Paulo ocorreu de forma rápida e sem planejamento ambiental e urbano, privilegiando totalmente o desenvolvimento econômico e deixando de lado questões fundamentais como a saúde da população (SAMPAIO SILVA, 2001).

De acordo com os dados da fundação SEADE (2013) a porcentagem da população com mais de 60 anos no município de São Paulo é de mais de 12%, sendo a taxa de mortalidade para essa mesma faixa etária quase 3.500 para cada 100.000 habitantes. Como já se sabe, a expectativa de vida vem aumentando no Brasil, porém muito ainda tem de ser feito na questão da promoção da saúde.

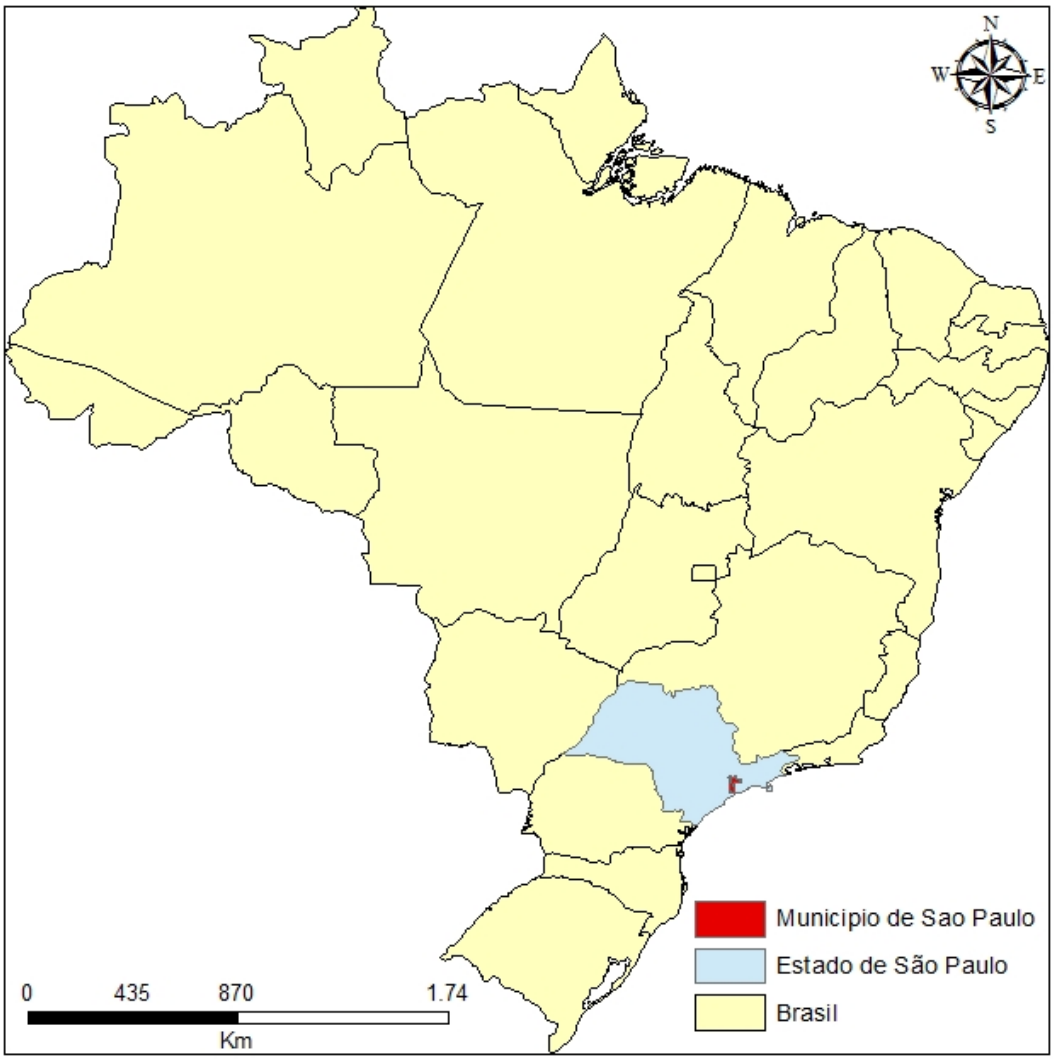


Figura 8: Localização do município de São Paulo no Estado de São Paulo e no Brasil.

Com relação ao aspecto climático, o município de São Paulo localiza-se junto ao Trópico de Capricórnio, estando, portanto numa área de transição climática, entre os climas úmidos de altitude, com período seco definido, e aqueles subtropicais, permanentes. Para os anos em que o Índice ENOS é considerado forte, a região metropolitana de São Paulo apresenta volumes pluviométricos mais intensos tanto na primavera-verão como no outono (TARIFA e ARMANI, 2001).

A temperatura média anual varia entre 19º C e 27º C. Mas todas as estações do ano podem ser vistas em um único dia em São Paulo. O período mais quente situa-se entre os meses de dezembro a março, onde também são registrados os maiores volumes pluviométricos do ano. Com relação à umidade relativa do ar, seus maiores percentuais são registrados nos meses chuvosos de verão, quando

predominam os ventos de sudeste provenientes do oceano. Já os percentuais mais baixos de umidade estão relacionados ao predomínio de massas de ar associadas a altas pressões atmosféricas (LOPEZ, 2001).

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo principal:

Verificar a influência do contexto geográfico (variáveis meteorológicas, índice climático e fatores socioeconômicos) na mortalidade por doenças do aparelho circulatório (AVC e EP) no município de São Paulo no período de 2002 a 2011.

2.2. Objetivos específicos:

- Descrever a epidemiologia das mortes por AVC e EP no município de São Paulo no período estudado;
- Verificar estatisticamente a associação entre variáveis meteorológicas e AVC e EP, com ajuda de modelos estatísticos e séries temporais;
- Controlar os efeitos da poluição para as mortalidades do estudo;
- Verificar estatisticamente a associação entre o Índice Climático (ENOS) e AVC e EP;
- Verificar a ocorrência de associação espacial entre o risco relativo da mortalidade por AVC e EP por Área de Ponderação (AP) e indicadores socioeconômicos, presença de áreas verdes e infraestrutura no município de São Paulo;
- Calcular a declividade das ruas de cada área de ponderação.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Dados epidemiológicos

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 I69; AVC Isquêmico – código I63, I65 e I66; AVC Hemorrágico – código I60, I61, I62 e Embolia Pulmonar – código I26. Foram analisados os óbitos por doença cardiovascular em três faixas etária: total; 35-64 e +65 anos para os anos de 2002 a 2011.

3.2. Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram adquiridos na estação meteorológica do Instituto de Astronomia e Geofísica (IAG) da Universidade de São Paulo (USP). Foram coletados os dados diários de temperatura mínima, média e máxima, amplitude térmica, umidade relativa e pressão atmosférica para o período estudado.

Os dados de temperatura da superfície do mar (TSM) do oceano Pacífico foram obtidos no *National Center for Atmospheric Research* (*NCAR)*, e estão disponíveis no sítio do *Climatic Diagnostic Center (CDC).* Nesta pesquisa foi analisado o Índice El Niño Oscilação Sul (ENOS) analisando as temperaturas da superfície do mar das regiões nino1/2, nino 3, nino3/4 e nino 4.

3.3. Dados de Poluição

Devido à relevância que vem sendo mostrado da poluição na mortalidade por doenças vasculares em artigos acadêmicos, optamos por adicionar os dados de alguns poluentes na pesquisa, a fim de termos um resultado estatístico satisfatório na explicação da mortalidade no município de São Paulo. Os dados de poluição utilizados foram: monóxido de carbono (CO), ozônio (O_3), óxido nítrico (NO_2), dióxido de enxofre (SO_2) e partículas inaláveis com diâmetro inferior a 10 micrômetros (PM10).

Os dados foram coletados juntos à Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB), e apresentam o mesmo período temporal das outras variáveis. Como existem mais de uma estação que monitora a poluição no município de São Paulo optou-se por utilizar a média dos valores de poluição de todas as estações.

3.4. Topografia

Foram utilizados dados digitais de curvas de nível da EMPLASA (2010) para a toda a Região Metropolitana e São Paulo. A equidistância das curvas correspondem a 5 metros.

3.5. Tratamento dos dados de mortalidade e meteorológicos.

Ambos os dados epidemiológicos e meteorológicos foram tabulados em tabelas do programa EXCEL e separados em escala diária, mensal e anual. Os dados de mortalidade foram ainda separados por sexo e por faixa etária.

Inicialmente a intenção era trabalhar com diversas faixas etárias, entretanto, as doenças estudadas possuem maior incidência na faixa etária adulta e idosa, sendo que algumas faixas etárias, primeiramente escolhidas, não apresentam nenhum caso (Ex. faixa etária 0-14 anos), deste modo depois de uma pesquisa detalhada foram selecionadas novas faixas etárias (35 a 64 e maior de 65 anos) para o trabalho, que mostraram ser mais relevantes.

Os dados de mortalidade também foram analisados por estação do ano, dia da semana e também nos feriados. Essa análise foi feita para saber se as estações do ano, os dias da semana e os feriados possuem alguma relação com a mortalidade por AVC e EP.

As estatísticas calculadas presentes nesse relatório foram realizadas utilizando os programas EXCEL, SPSS e R.

3.6. Análise temporal

Inicialmente foi realizada uma análise descritiva dos dados para que

pudéssemos observar a variabilidade natural das variáveis escolhidas ao longo do período selecionado para a pesquisa.

Foram elaborados gráficos de barras que mostram a variação da mortalidade por EP e por AVC em seus dois subtipos: Isquêmico (AVCI) e Hemorrágico (AVCH). E também a montagem de histogramas para analisar a normalidade dos dados coletados.

Os cálculos de correlação linear entre a mortalidade e as variáveis meteorológicas foram realizados nas escalas diária e mensal. A análise de correlação simples é uma técnica estatística muito utilizada em várias áreas de estudo, pois possui uma representação matemática simples.

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:

$$r = \frac{\mathrm{cov}(x,y)}{SxSy}$$

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

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

e como

$$Sx = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_t - x^2}{n-1}$$

$$S_y = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_t - y^2}{n-1}$$

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: m*ostra 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.

3.6.1. *Generalized Linear Models (GLM)*

Para a análise temporal, optou-se por utilizar o GLM para avaliar a associação das variáveis meteorológicas e poluentes na mortalidade por AVC e EP. Os dados foram modelados utilizando-se técnicas de series temporais.

A aplicação dos modelos lineares generalizados tem-se verificado em diferentes áreas científicas, sobretudo nas ciências exatas, biomédicas e agronômicas.

Os GLM representam a união de modelos lineares e não-lineares com uma distribuição da família exponencial e são definidos por uma distribuição de probabilidade, membro da família exponencial de distribuições (TADANO et al., 2009). Os modelos lineares são descritos:

$$Y_0 = \beta_0 + \beta_1 X_i + \cdots \beta_n X_{ni} + \epsilon_i$$

Onde, Y_o = é a variável resposta,

β_0 = é uma função linear das variáveis explanatórias X_i e

ϵ = é o erro do termo.

O modelo de regressão de Poisson é usado dentro do GLM, e é sempre empregado para analisar dados de contagem de um evento de interesse, e amplamente utilizado em dados de saúde. Uma variável aleatória discreta X segue a distribuição de Poisson com parâmetro λ, $\lambda > 0$, se sua função de probabilidade for dada por:

$$\mathbb{P}(X = k) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^k}{k!}.$$

Onde: x = número de ocorrências do evento em um intervalo;

λ = taxa de ocorrência do evento x (número esperado de eventos);

e ≈ 2,71828 (constante natural).

Um importante ponto destes modelos é que a função de distribuição de probabilidade desta variável dependente pode ser qualquer uma entre aquelas que fizeram parte da família exponencial (MARCO JUNIOR, 2007).

Os dados de mortalidade foram modelados levando-se em conta o principio básico de que seguem uma distribuição de Poisson. A análise foi feita na escala diária, os valores brutos da mortalidade por AVC e EP foram considerados como variável dependente e as variáveis atmosféricas e poluentes como variáveis independentes.

Alguns fatores como condições meteorológicas, os dias da semana e feriado podem enviesar os dados e confundem a associação entre a exposição de interesse e o desfecho. Adicionalmente, ainda existem as variações da própria série temporal como tendência e sazonalidade. A utilização do GLM surge como uma alternativa que permite, de maneira simples, o controle desses fatores de confusão, uma vez que este tipo de modelo elimina a necessidade de especificar uma forma paramétrica para a associação entre variáveis preditoras e resposta.

O GLM gera um valor de risco relativo para cada variável independente em relação à variável resposta. O risco relativo tornou-se uma das medidas mais utilizadas na investigação biomédica. É individualmente interessante devido ao seu uso em analises de regressão de contagens (MARCO JUNIOR, 2007).

A interpretação dos valores do risco relativo é a seguinte:

* Quando o RR é menor que 1, a associação sugere que o fator estudado teria uma ação protetora;

* Quando o RR apresenta valor igual a 1, temos ausência de associação;

* Quando o RR é maior que 1, a associação sugere que o fator estudado seria um fator de risco; quanto maior o RR, maior a força da associação entre exposição e o efeito estudado.

3.6.2. *Distributed Lag Non-linear Models (DLNM)*

Os *Distributed Lag Non-linear Models* (DLNM) representam um quadro de modelagem para descrever simultaneamente dependências não-lineares e defasadas no tempo, denominado como associações exposição-defasagem-resposta. Muitas vezes, o efeito de um evento de exposição específica não está limitado ao período em que é observado (GASPARRINI et al, 2010).

> “This situation occurs frequently when assessing the short-term effects of environmental stressors: several time-series studies have reported that the exposure to high levels of air pollution or extreme

> temperatures affect health for a period lasting some days after its occurrence. Furthermore, the complexity increases in the presence of so-called 'harvesting': the phenomenon that arises when a stressor affects mainly a pool of frail individuals, whose events are only brought forward by a brief period of time by the effect of exposure. For non-recurrent outcomes, the depletion of the pool following a stress results in some reduction of cases few days later, thereby reducing the overall long-term impact. For both these reasons, the estimate of the effect depends on the appropriate specification of the lag dimension of the dependency, defining models flexible enough to represent simultaneously the exposure–response relationship and its temporal structure." (Gasparrini et al, 2010, pg 1).

A metodologia de DLNMs foi originalmente desenvolvida para os dados de séries temporais, e foi recentemente ampliada a outras metodologias compatíveis como coorte, caso-controle ou estudos longitudinais, entre outros (GASPARRINI, 2011).

Este tipo de modelagem tem como embasamento um *crossbasis,* que se define com um espaço bidimensional que descrevem a associação ao longo dos espaços de preditor e de defasagem. O *crossbasis* é especificado por duas bases, entre um conjunto de opções possíveis tais como: *splines*, polinômios e *step functions* (GASPARRINI E ARMSTRONG, 2013).

A equação final do modelo usado é a seguinte:

$$Log[E(Y_t)] = \alpha + \beta_1 T_{t,l} + \beta_2 H_{t,l} + \beta_3 P_{t,l} + \beta_4 O_{t,l} + dow + ns(doy, df * y)$$

Onde Y_t é a variável resposta, sendo utilizadas neste estudo as mortalidades por AVC e EP; os β são os coeficientes para cada variável; $T_{t,l}$ é uma matriz cruzada composta por uma matriz com a variável exposição (temperatura média) utilizando uma função "b-spline" com opção de graus de liberdade e outra matriz com os lags de 0 a 21 dias e 3 graus de liberdade.

Foram usados 21 dias para incluir os efeitos do frio que em estudos prévios aparecem com defasagem temporal superior a três semanas; o modelo ainda foi controlado para umidade, dias da semana e feriados. Esta variável permite controlar a tendência e a sazonalidade na análise multivariada.

Apesar de sua parametrização complexa, a estimativa e inferência sobre os parâmetros de um DLNM não geram mais problemas do que qualquer outro modelo linear generalizado, e pode ser realizada com os programas estatísticos comuns após as variáveis *crossbasis* serem especificadas (GASPARRINI, 2012).

Para as analises estatísticas foram usados os softwares R® e RStudio®.

3.7. Cálculo da declividade

A declividade foi calculada a partir de arquivos vetoriais de dados de curvas de nível (intervalos entre curvas de 5 m) no ArcGIS 10.2. Os valores foram agregados nas seguintes classes (%): 0-5, 5-10, 10-30, 30-45 e> 45.

Para um resultado mais preciso a declividade do terreno foi calculada como um *buffer* em torno das linhas centrais de todas as ruas. Para conseguir isso, os valores de declive foram extraídos usando uma máscara (um *buffer* de 30m das linhas central das ruas), usando ArcGis 10.2.

3.8. Análise Espacial

Foram feitos mapas temáticos para representar a distribuição da mortalidade por distrito administrativo no municípioo de São Paulo. Os mapas foram elaborados utilizando-se o programa ArcGis 10.1. Os mapas apresentam a distribuição espacial da mortalidade bruta (Anexo).

3.8.2. Cálculo do Risco Relativo e aglomerados de mortalidade.

O padrão espacial da mortalidade por AVC foi calculado através de duas abordagens. O primeiro foi o risco relativo por área de ponderação. Usamos os dados epidemiológicos geocodificados de 2006 a 2009 cuja causa básica da morte

tinha sido AVC (I60 a I69, de acordo com CID-10). Estes dados georreferenciados foram disponibilizados por setor censitário e foram agregados por área de ponderação.

A outra abordagem consistiu no teste para a presença de aglomerados puramente espaciais na área de estudo. Foi utilizado o programa SaTScan para identificar possíveis agregados significativamente altos e baixos de mortalidade por AVC. Foi aplicado o modelo discreto de Poisson (KULLDORFF et al., 2005). Os casos correspondentes a mortes por AVC (~ 6000) foram agregados por área de ponderação.

Para cada localização e tamanho da janela de digitalização, a hipótese alternativa era a de que houvesse uma taxa elevada no interior da janela em relação ao exterior. As estatísticas de verificação espaciais providencia uma janela circular de tamanho variável na superfície do mapa e permite que o seu centro se mova de tal forma que, para uma determinada posição e tamanho, a janela inclui um conjunto diferente de vizinhos mais próximos. A significância estatística de um determinado agrupamento foi determinada por um teste de razão de verossimilhança, utilizando simulação de Monte Carlo. A hipótese nula foi rejeitada quando $p < 0,05$ para o conjunto mais provável e $p < 0,02$, para os agrupamentos secundários. O agrupamento mais provável é o que é menos provável que tenha ocorrido por acaso.

Os riscos relativos por área de ponderação e aglomerados espaciais foram cartograficamente representado por técnicas corocromáticas e coropléticas (Figura 39, pagina 88) usando ArcGIS 10.2.

3.8.3. Testando associação estatística entre o risco relativo de mortalidade as variáveis ambientais e socioeconômicas.

A análise de regressão foi aplicada para verificar a possível associação entre algumas variáveis em São Paulo. Foram utilizados os softwares R, Geoda e ArcGIS 10.2 para realizar a análise de regressão espacial *Ordinary Least Squares* (OLS) e *Geographically Weighted Regression* (GWR) e para o cálculo da dependência espacial. A última característica pode ser observada se os resíduos da regressão são plotados em um mapa onde comumente os resíduos em unidades espaciais

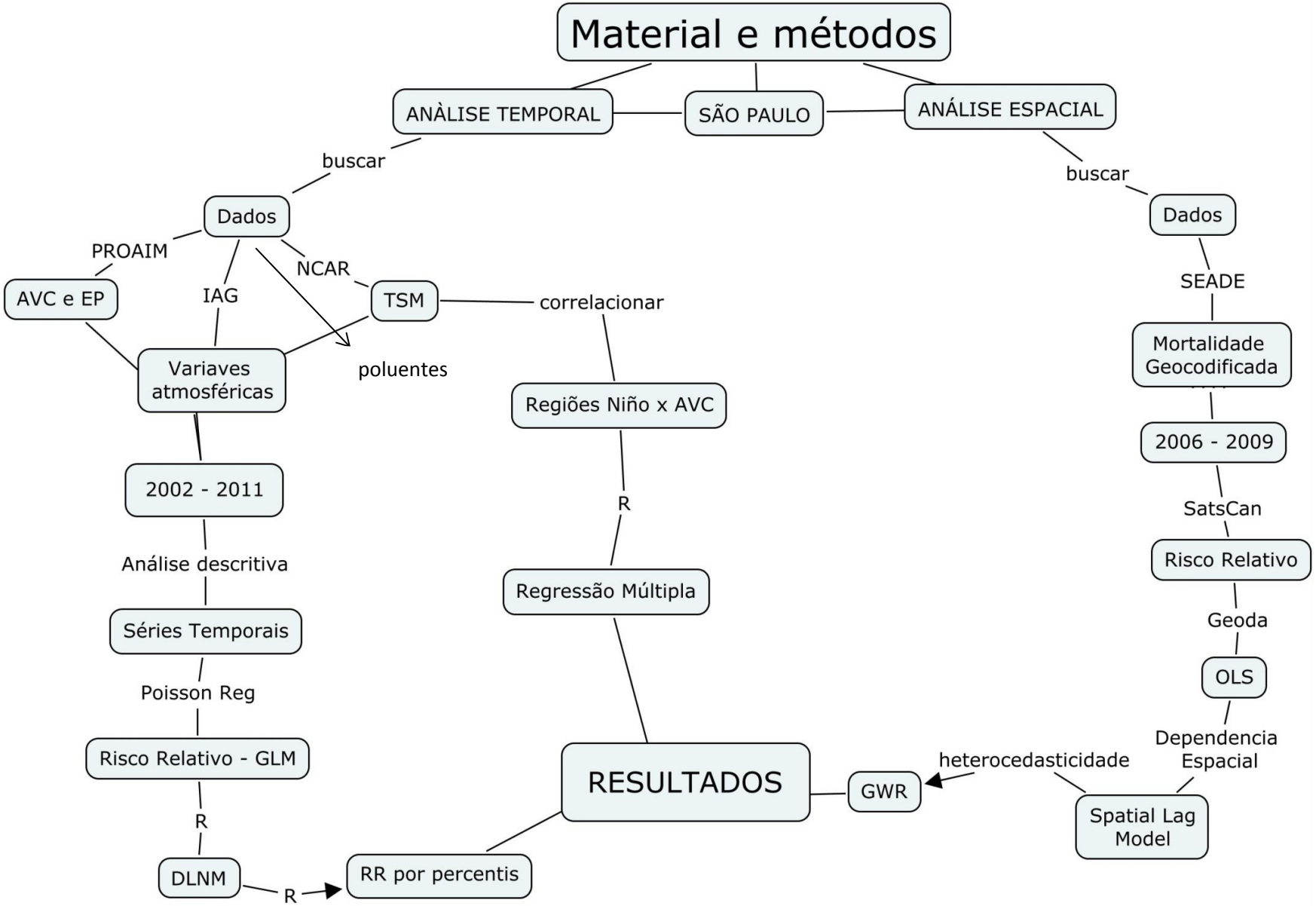
vizinhas têm uma magnitude e sinal semelhante. A estrutura espacial em que os dados se encontram significa que o valor da variável dependente em uma unidade espacial é afetada pelas variáveis independentes em unidades próximas. Isto leva a estimativas dos parâmetros que são tanto tendenciosa e ineficiente (CHARLTON e FOTHERINGHAM, 2009).

Inicialmente, a correlação básica de Pearson foi testada entre o risco relativo de mortalidade por acidente vascular cerebral e cada uma das seguintes variáveis: porcentagem de área verde por área de ponderação, porcentagem da declividade por área de ponderação, o rendimento (em porcentagem do chefe de família que ganha até meio salário mínimo), porcentagem de pavimentação, porcentagem de calçada e porcentagem de iluminação pública.

A regressão OLS foi aplicada para minimizar a soma dos quadrados dos resíduos do modelo melhorando assim o ajuste. Para que fosse aplicado o método OLS, os resíduos da regressão foram testados para normalidade e independência.

Ainda foram feitos testes para avaliar aplicação de modelos de erro espacial ou de lag espacial. De acordo com Anselin (1988) um "modelo de erro espacial é apropriado quando parece existir em estrutura o termo residual, e um modelo de lag espacial é apropriado quando a estrutura espacial está presente nas variáveis no modelo".

O método GWR foi utilizado pois permite a realização dos estudos de fenômenos com diferentes níveis de heterogeneidade espacial, já que os modelos de regressão espaciais não conseguiram explicar alguns padrões locais. Este tipo de método é uma contribuição bastante recente para a modelagem espacial. Mapeamentos de diagnóstico e dos parâmetros permitem novas interpretações e insights de padrões espaciais.


Material e métodos
ANÀLISE TEMPORAL
SÃO PAULO
ANÁLISE ESPACIAL
buscar
Dados
PROAIM
AVC e EP
IAG
NCAR
TSM
poluentes
Variaves atmosféricas
2002 - 2011
Análise descritiva
Séries Temporais
Poisson Reg
Risco Relativo - GLM
R
DLNM
R
RR por percentis
correlacionar
Regiões Niño x AVC
R
Regressão Múltipla
RESULTADOS
GWR
heterocedasticidade
Spatial Lag Model
Dependencia Espacial
OLS
Geoda
Risco Relativo
SatsCan
2006 - 2009
Mortalidade Geocodificada
SEADE
Dados
buscar

4. RESULTADOS.

Inicialmente foi feita uma análise descritiva dos dados de mortalidade e variáveis atmosféricas para observar como eles estão distribuídos no tempo. A análise estatística para verificação da associação entre desfechos e variáveis meteorológicas foi feita a partir de cálculos de correlação e de modelos lineares generalizados. A análise espacial foi feita a partir de mapas do risco relativo, agrupamento de risco, distribuição das áreas verdes, declividade e da distribuição de algumas variáveis socioeconômicas e por fim pelo uso de modelos de regressão espacial.

4.1. Análise descritiva

O município de São Paulo registrou mais de cinco mil mortes por AVC e mais de quinhentas por EP a cada ano no período de 2002 a 2011. Podemos observar que a mortalidade dessas doenças vem aumentando gradualmente nos últimos anos (Figura 9). No período analisado de 10 anos, mais de 55 mil mortes foram registradas por AVC e mais de 7 mil por EP.

Os casos de AVCH apresentam número maior de mortalidade em relação aos casos de AVCI. No ano de 2005 a mortalidade pelas doenças analisadas teve o menor número de óbitos e em 2009 e 2011 os maiores números.

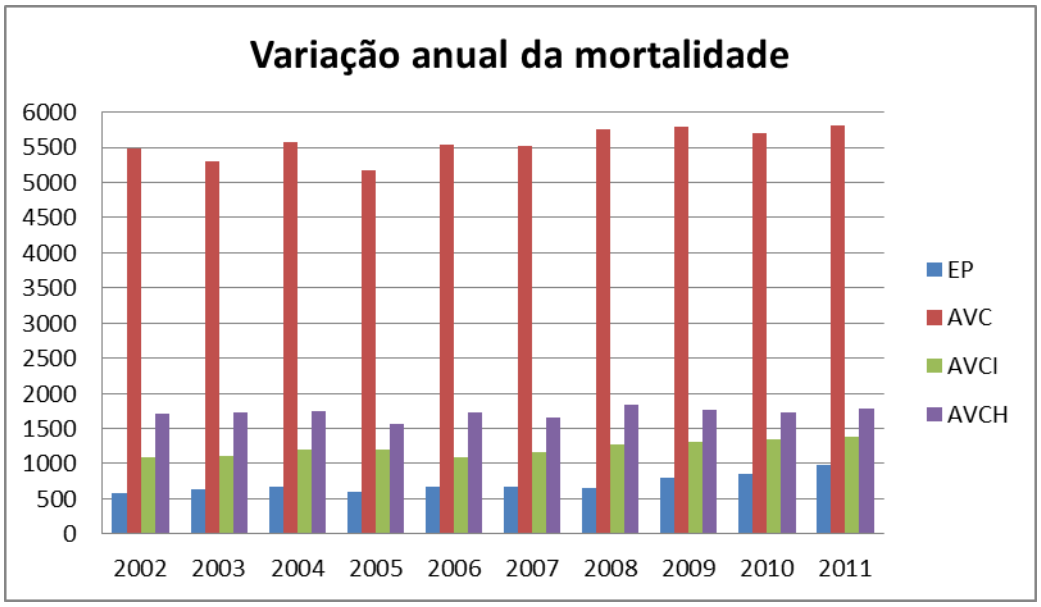


Figura 9: Mortalidade anual no Município de São Paulo no período de 2002 a 2011.

Na figura 10 observa-se a mortalidade por AVC e EP por dia da semana, em todo o período analisado. Pela imagem podemos notar que nenhum dia da semana se sobressai visualmente como o dia mais fatal, entretanto a segunda feira foi o dia que registrou os maiores números de mortalidade, seguido pela sexta feira. No caso do AVCI a mortalidade é maior na sexta. Os menores valores de mortalidade foram encontrados na terça feira para o AVC, na quarta feira para a EP e AVCH e na quinta feira para o AVCI.

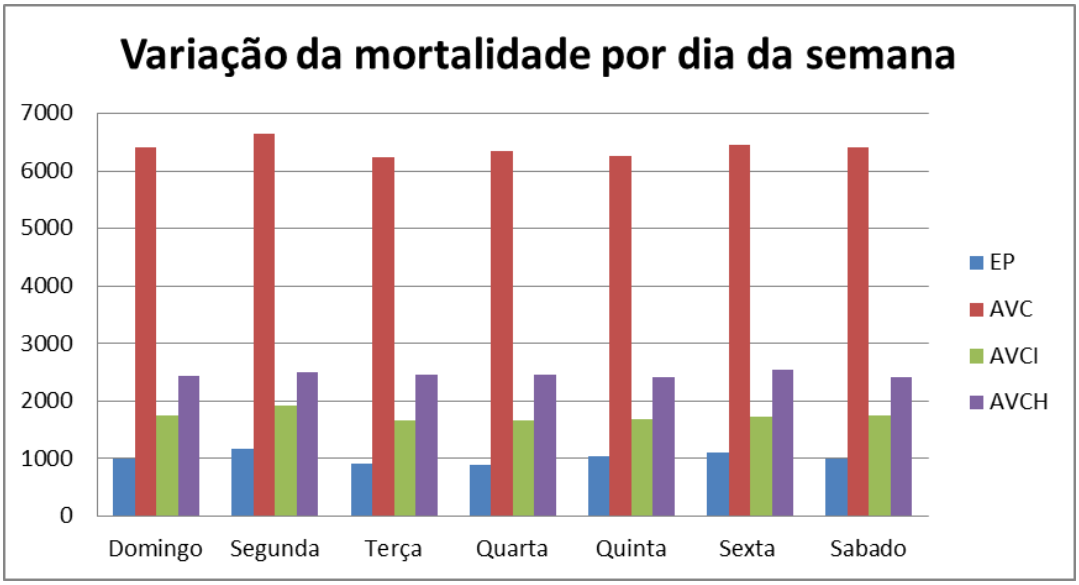


Figura 10: Mortalidade por dia da semana no Município de São Paulo de 2002 a 2011.

Os valores de mortalidade por mês apresentaram padrão semelhante para os dois desfechos: os picos de mortalidade aconteceram nos meses de junho, julho e agosto, e os menores valores observados foram nos meses de fevereiro e abril para o AVC e fevereiro e novembro para a EP (Figura 11). Nos subtipos de AVC, os casos de AVCH mostraram um delineamento semelhante aos casos de AVC e EP. Já para o AVCI o comportamento mostrou-se de maneira mais suavizada em relação aos meses do ano.

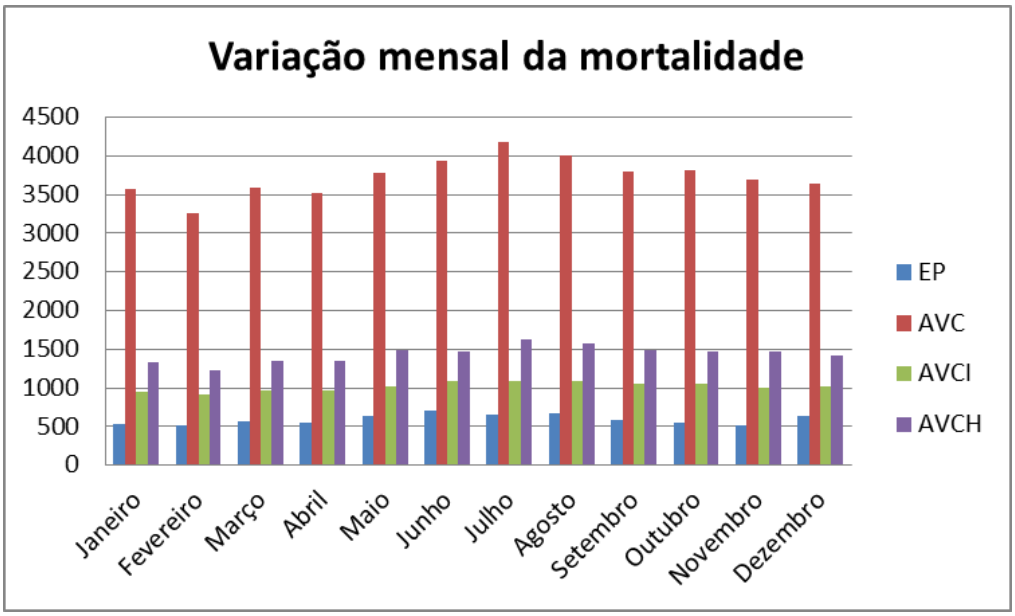


Figura 11: Mortalidade por mês no Município de São Paulo, de 2002 a 2011.

Como foi observado na Figura 11, os meses de inverno apresentaram um maior número de óbitos. Na figura 12, que apresenta a mortalidade agrupada por estação do ano, fica mais evidente os valores baixos registrados nos meses de verão para o AVC e seus subtipos e na primavera para a EP.

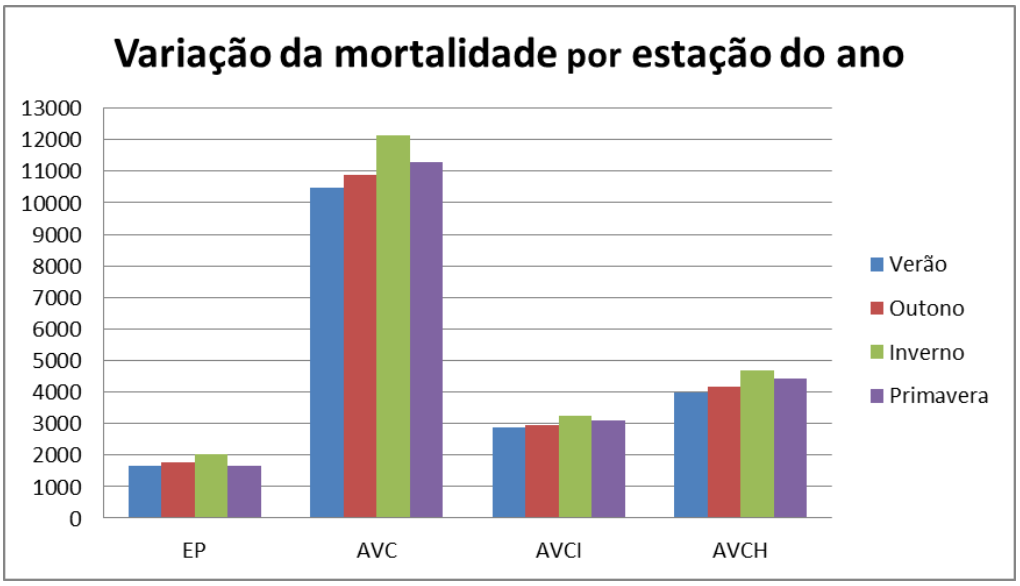


Figura 12: Mortalidade no Município de São Paulo, por estação do ano no período de 2002 a 2011.

A mortalidade separada por sexo demonstra um número maior de óbitos do sexo feminino para todos os desfechos (Figura 13). De maneira geral, as variações na mortalidade por gênero são semelhantes ao longo dos dez anos pesquisados.

A mortalidade feminina por AVC registrou maior número de casos no ano de 2009, já para seus subtipos os anos de maior registro foram 2008 e 2011 para AVCH e AVCI, respectivamente.

Para a embolia pulmonar observou-se que a mortalidade vem numa curva ascendente ao longo dos anos pesquisados, tanto para o sexo feminino, como para o masculino, isso pode ser justificado pelo aumento da população.

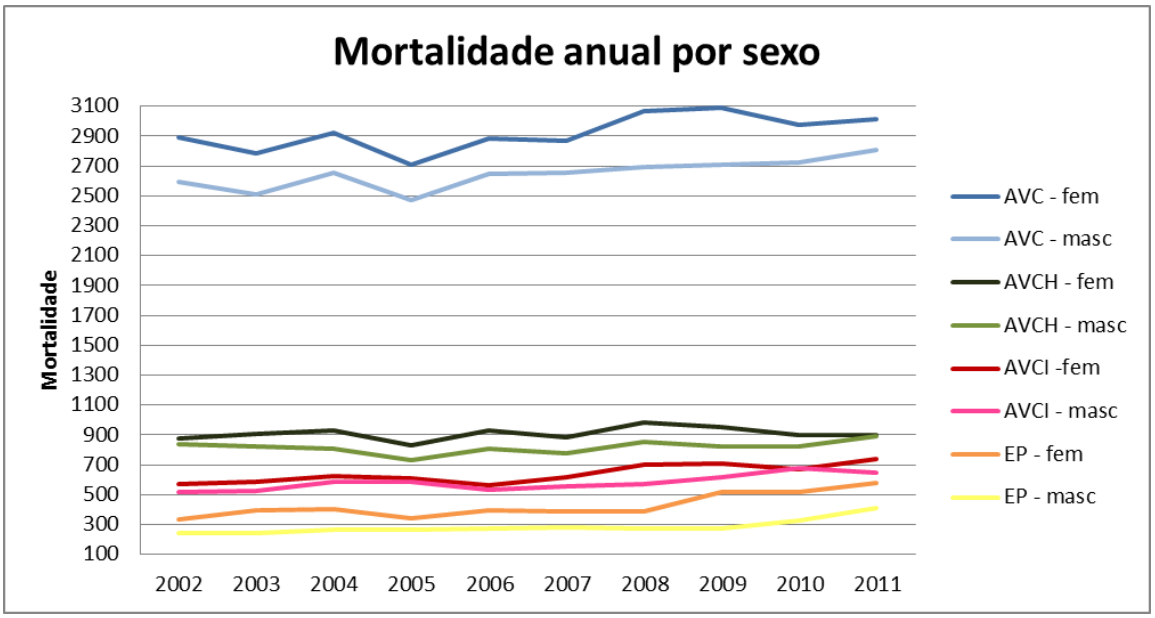
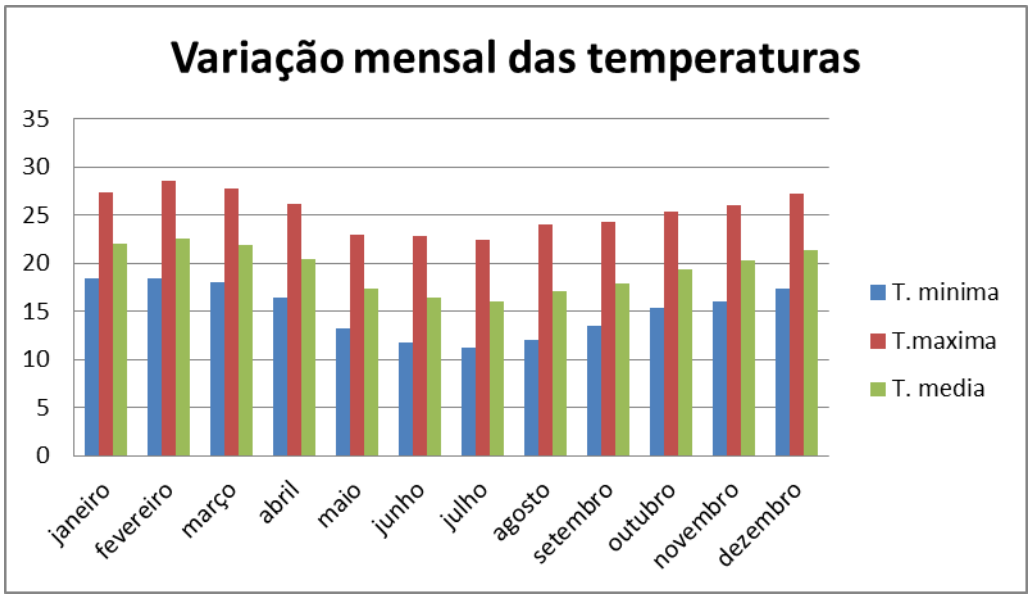


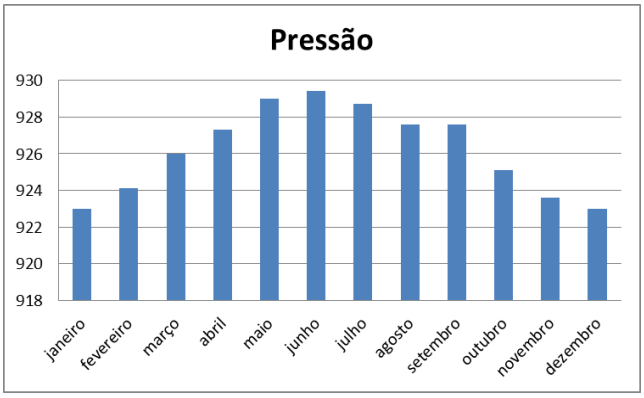
Figura 13: Mortalidade por sexo no município de São Paulo, no período de 2002 a 2011.

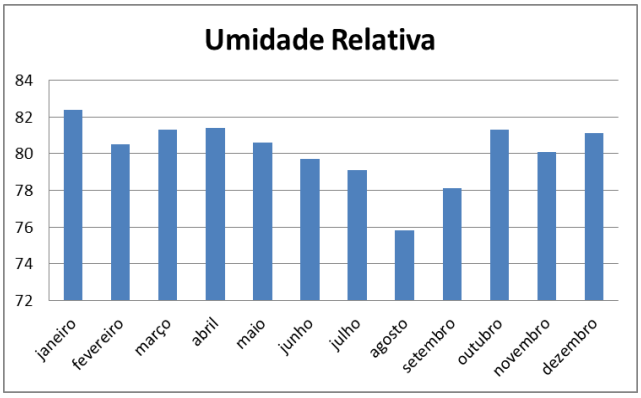
A variação anual da temperatura demonstra, de maneira geral (Figura 14-a), temperaturas (mínimas, máximas e médias) mais elevadas no início e fim do ano e temperaturas mais baixas no meio do ano, correspondente a estação do inverno.

A variação da pressão (Figura 14-b) possui comportamento inverso ao da temperatura, registrando valores mais baixos no início e final do ano e valores elevados no inverno.



a)





b) c)

Figura 14: a) Variação da temperatura mínima, média e máxima em graus Celsius; b) da pressão em hPA e c) da umidade relativa em % por mês no período de 2002 a 2011 no municio de São Paulo, estação do IAG.

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, como pode ser visto na figura 14c.

No gráfico (figura 15) a variabilidade das temperaturas máximas, médias e mínimas é apresentado para os 10 anos analisados, onde é possível notar a sazonalidade.

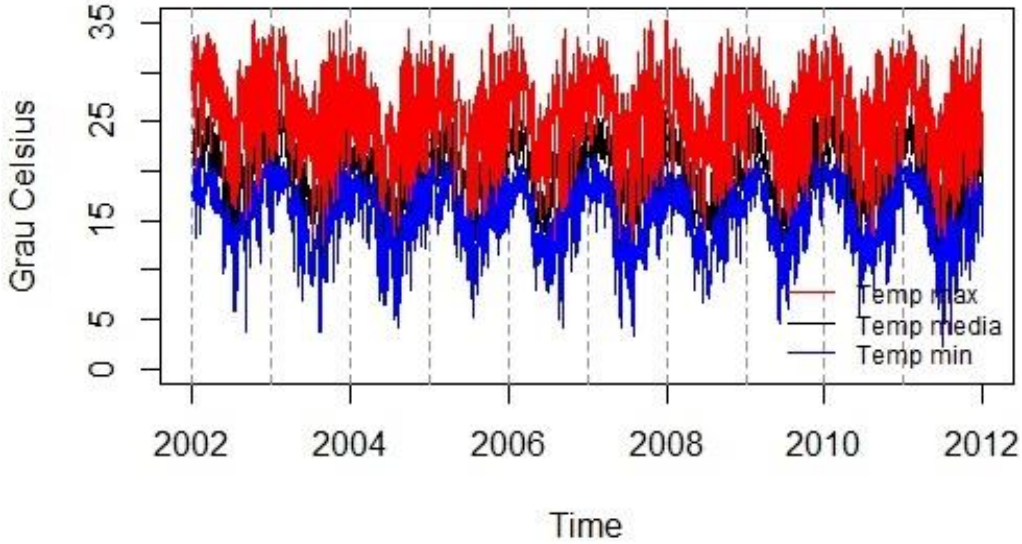


Figura 15: Variabilidade da temperatura máxima, média e mínima de 2002 a 2011.

As médias dos poluentes das estações da CETESB foram também agrupadas por estação do ano. Observa-se na Figura 16 que a concentração dos poluentes no ar, em geral, é maior nos meses da estação do inverno, exceto para O3.

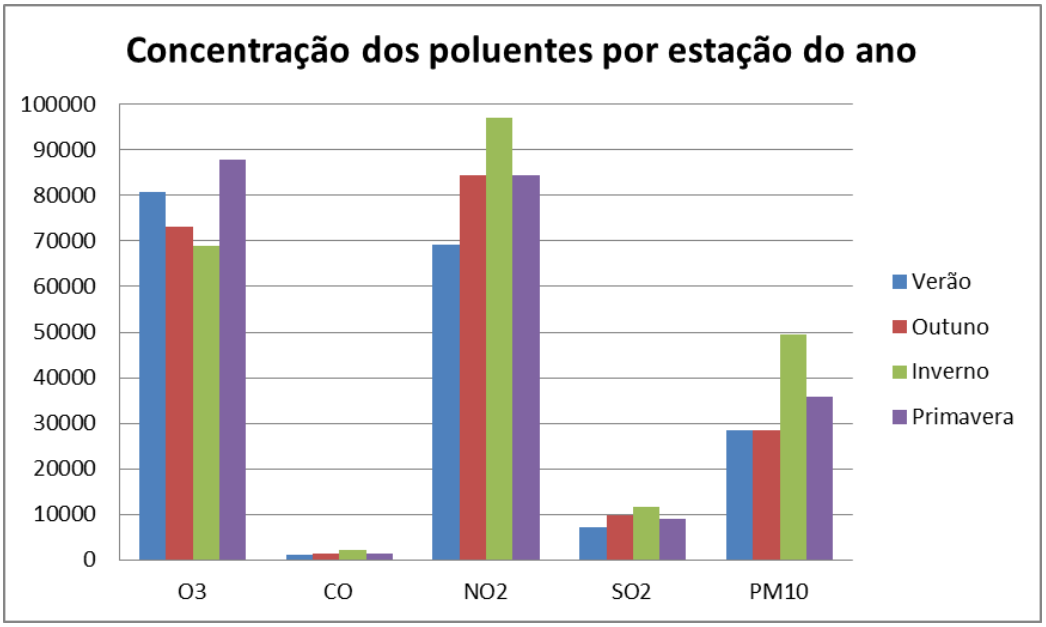


Figura 16: Variação da concentração dos poluentes em µm por estação do ano no município de São Paulo no período de 2002 a 2011.

4.2. Análise Temporal: Correlação de Pearson

Inicialmente, para verificar as associações das variáveis meteorológicas na mortalidade por AVC, foram feitos cálculos de correlação linear de Pearson e o cálculo da significância dessa correlação. 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 na escala mensal. Os valores grifados em amarelo registraram valores de correlação superiores a r = 0,5. A mortalidade por AVC registrou maiores valores de correlação com a temperatura média (r= -0,61) e com a temperatura mínima (r = -0,56).

Tabela 1: Correlação mensal entre mortalidade por AVC, AVCH, AVCI e EP com variáveis meteorológicas.

		T. Média	Temp. Máxima	Temp. Mínima	Amplitude Térmica	Pressão Atmosférica	U. Relativa
Série de EP	Pearson Correlation	-,366**	-,318**	-,333**	.169	,237**	-.021
Série AVC	Pearson Correlation	-,611**	-,352**	-,562**	,428**	,477**	-,229*
Série AVCH	Pearson Correlation	-,596**	-,285**	-,534**	,445**	,448**	-,218*
Série AVCI	Pearson Correlation	-,354**	-,190*	-,285**	,208*	,210*	-.072

**. Correlação significativa ao nível de 0,01(bi-caudal).
*. Correlação significativa ao nível de 0,05 (bi-caudal).

A umidade relativa apresentou os menores valores de correlação, com sinal negativo com as mortalidades por AVC/AVCH, indicando que quando há aumento/diminuição da umidade há diminuição/aumento das mortalidades.

A pressão atmosférica juntamente com a amplitude térmica apresentaram valores positivos de correlação significativa para EP/AVC/AVCH/AVCHI e para AVC/AVCH/AVCHI, respectivamente, indicando que os aumentos dessas variáveis resultam no aumento das mortalidades.

Na Figura 17 é possível observar as variações temporais da mortalidade por AVC e da temperatura média. A correlação negativa entre as variáveis fica bastante evidente.

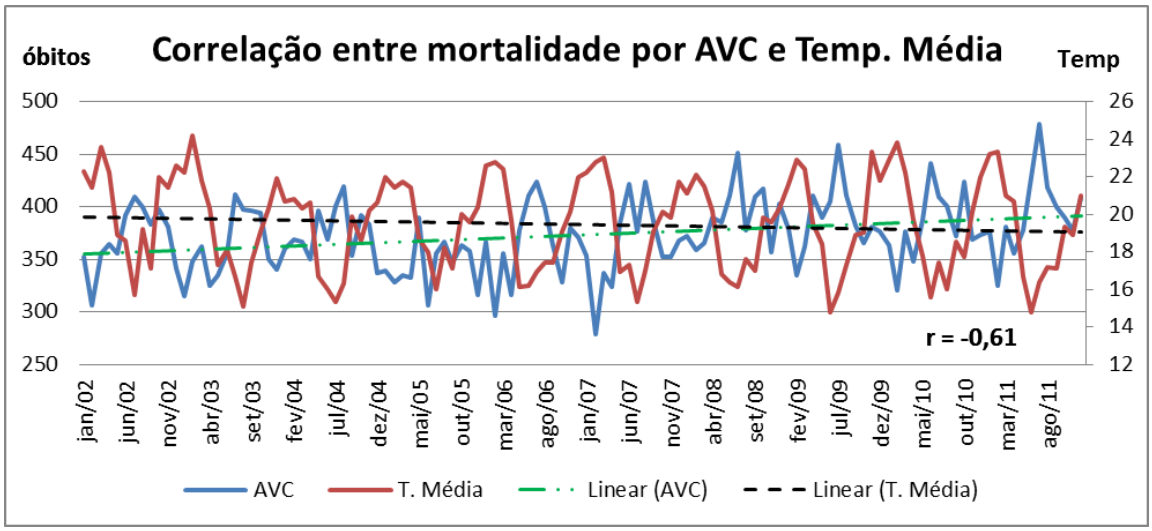


Figura 17: Variação temporal da mortalidade por AVC e da temperatura média para o período de 2002 a 2011.

A variação inversa pode ser vista na Figura 18, onde o sinal da correlação é positivo entre a mortalidade por AVC e pressão atmosférica.

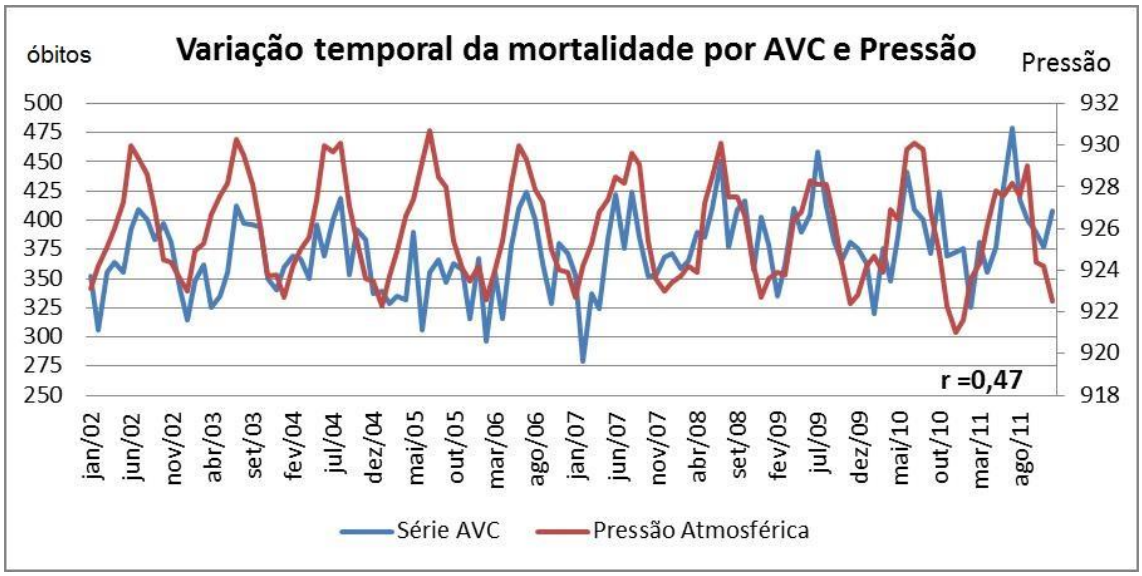


Figura 18: Variação temporal da mortalidade por AVC e da pressão atmosférica para o período de 2002 a 2011.

Nota-se 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 nos anos de 2008 e 2009, quando as variações das duas variáveis mostram-se bem correlacionadas.

4.3. Análise Temporal: Regressão Linear Múltipla

Neste item são apresentados os resultados da elaboração de modelos de regressão linear múltipla que podem ser usados para a simulação da mortalidade no município de São Paulo. Os modelos construídos constituem um ajuste linear entre a mortalidade por AVC e subtipos e EP mensal (variável dependente) e as regiões do Niño (variáveis independentes).

Durante o processo de elaboração de cada modelo de regressão linear foi feita uma análise de correlação entre as variáveis independentes e a variável dependente. Todos os ajustes apresentados aqui se referem a um modelo diagnóstico, de tal forma que os dados das variáveis independentes ocorreram no mesmo tempo em que a variável dependente (mortalidade). Pondera-se que é possível a elaboração de modelos estocásticos prognósticos, ou seja, considerando-se, na elaboração do modelo, uma defasagem temporal entre a ocorrência das variáveis independentes e dependentes.

Devido às anomalias de TSM dos oceanos influírem de maneira direta na precipitação e temperatura atmosférica optou-se por analisar as TSM da região do Niño (figura 19), localizadas no oceano Pacifico Equatorial, que sabidamente influenciam o tempo em diversas regiões do Brasil.

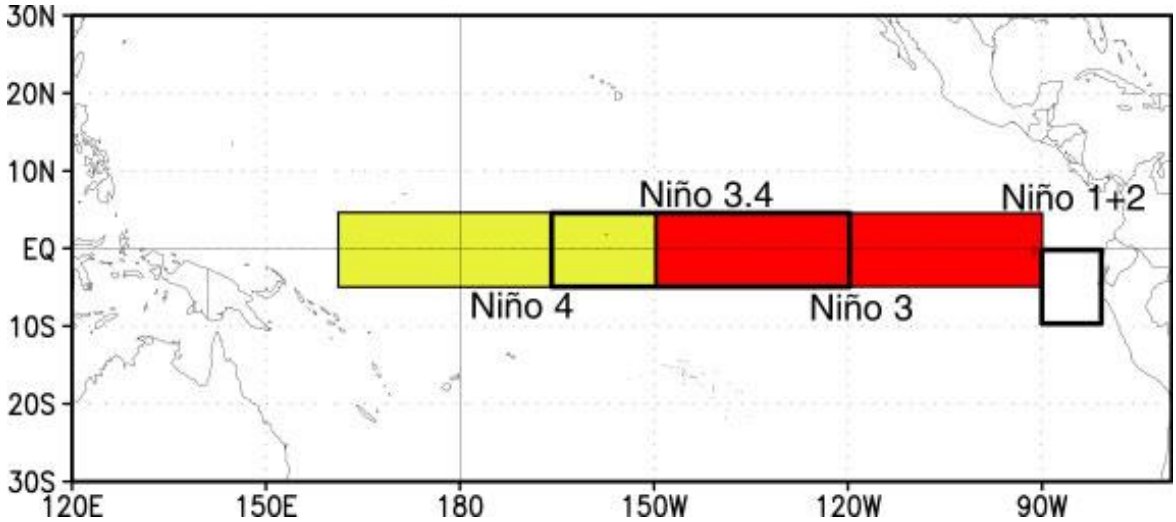


Figura 19: Localização das regiões do Niño no oceano Pacífico.

Os gráficos da figura 20 mostram as anomalias de TSM para cada região do Niño. De uma maneira geral, as anomalias foram positivas nos primeiros cinco anos e depois negativas em todas as três regiões, com exceção da região Niño 1.2 onde as anomalias apresentam-se negativas na maioria dos anos. No ano de 2008 é possível observar uma anomalia de -2ºC em todas as regiões do Niño e depois em 2010 uma anomalia positiva marcante.

De acordo com os dados do CPTEC os anos de 2002-2003 foram anos característicos de El Niño moderado, os anos de 2004-2007 e de 2009-2010 foram de El Niño fraco e o ano de 2008, de La Niña forte. Os episódios de La Niña apresentam aumento na temperatura média nos meses de inverno no Estado de São Paulo.

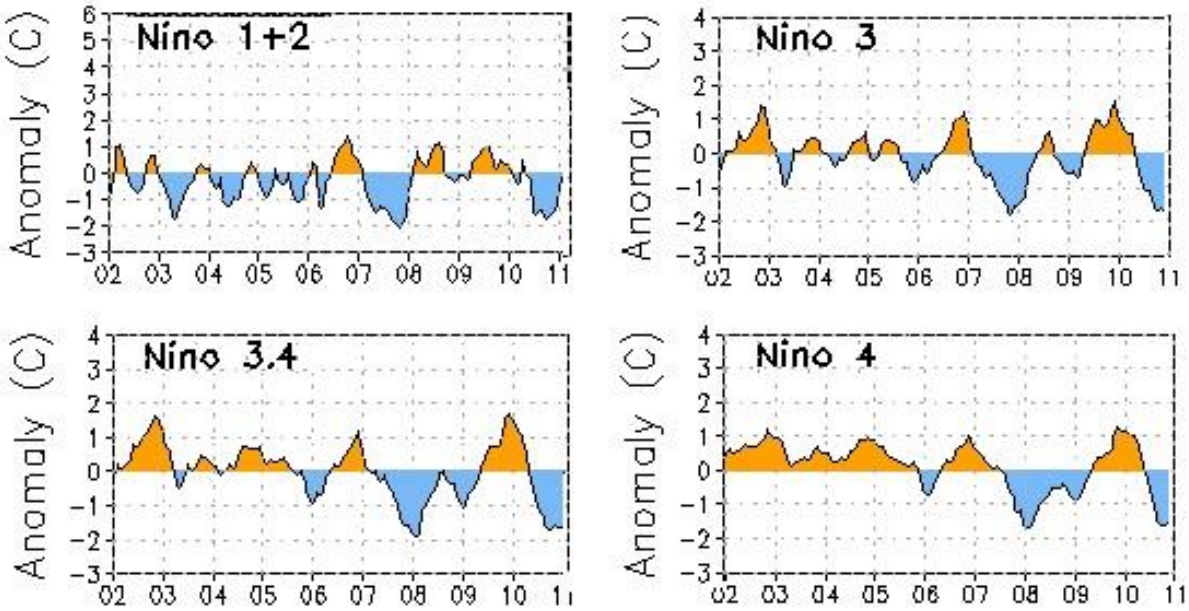


Figura 20: Anomalia da TSM em ºC nas regiões do Niño no oceano Pacífico.

A figura 21 apresenta os valores de coeficiente da regressão entre AVC e as regiões do Niño. Apenas a região 1.2 não apresenta significância com a mortalidade por AVC. O modelo construído apresentou valor de R^2 ajustado = 0,31.

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  700.652    129.215   5.422 5.54e-07 ***
nino.1.2      -1.101      4.292  -0.256 0.798260
nino.4       -71.119     15.152  -4.694 1.03e-05 ***
nino.3       -50.379     18.653  -2.701 0.008363 **
nino.3.4     106.495     27.009   3.943 0.000166 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 27.78 on 84 degrees of freedom
  (31 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.3437,    Adjusted R-squared:  0.3125
F-statistic:    11 on 4 and 84 DF,  p-value: 3.208e-07
```

Figura 21: Regressão múltipla entre a mortalidade mensal por AVC e a TSM das regiões do Niño.

Para o modelo com o subtipo hemorrágico apenas as regiões 3.4 e 4 foram estatisticamente significante. As regiões do Niño explicaram 24% da variação da mortalidade do AVCH (Figura 22).

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  263.266     63.992   4.114 9.03e-05 ***
nino.1.2      -2.235      2.126  -1.051  0.29605
nino.4       -20.931      7.504  -2.789  0.00653 **
nino.3       -13.571      9.238  -1.469  0.14554
nino.3.4      30.199     13.376   2.258  0.02655 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 13.76 on 84 degrees of freedom
  (31 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.2767,    Adjusted R-squared:  0.2423
F-statistic: 8.035 on 4 and 84 DF,  p-value: 1.555e-05
```

Figura 22: Regressão múltipla entre a mortalidade mensal por AVCH e a TSM das regiões do Niño.

Assim como o AVCH o modelo com o AVCI apresentou significância apenas com as regiões 3.4 e 4 do Niño (figura 23). O modelo, no entanto explicou apenas 10% da variação da mortalidade do AVCI.

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 212.4212    58.7107   3.618 0.000506 ***
nino.1.2     -0.4647     1.9503  -0.238 0.812262
nino.4      -20.7341     6.8844  -3.012 0.003431 **
nino.3      -12.1221     8.4752  -1.430 0.156339
nino.3.4     28.0756    12.2718   2.288 0.024661 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 12.62 on 84 degrees of freedom
  (31 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.148,     Adjusted R-squared:  0.1075
F-statistic: 3.649 on 4 and 84 DF,  p-value: 0.008631
```

Figura 23: Regressão múltipla entre a mortalidade mensal por AVCI e a TSM das regiões do Niño.

O modelo com a mortalidade por EP apresentou valor de *p*=0.008 e de R^2 ajustado igual a 0.10. A região do Niño 4 e 3.4 foram as únicas que apresentaram valores significativos.

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  21.6900    45.6850   0.475   0.6362
nino.1.2     -0.1429     1.5176  -0.094   0.9252
nino.4      -10.8269     5.3570  -2.021   0.0465 *
nino.3       -5.8118     6.5949  -0.881   0.3807
nino.3.4     17.5726     9.5491   1.840   0.0693 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 9.822 on 84 degrees of freedom
  (31 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.1476,    Adjusted R-squared:  0.107
F-statistic: 3.636 on 4 and 84 DF,  p-value: 0.008806
```

Figura 24: Regressão múltipla entre a mortalidade mensal por EP e a TSM das regiões do Niño.

Os valores explicativos do modelo diagnóstico foram bastante expressivos, pois a TSM do oceano Pacífico não é um fator de risco direto para a mortalidade por AVC e sim uma variável que influencia diretamente as variáveis atmosféricas. Acreditamos que se a TSM do oceano Atlântico Sul fosse adicionada no modelo o poder explicativo seria muito maior.

Com os gráficos de dispersão (Figura 25) pode-se observar que a variabilidade dos desfechos e da TSM não apresentam uma linearidade bem definida; a região do Niño 1.2 é a que exibe uma relação mais visível entre a mortalidade e as regiões do oceano Pacifico.

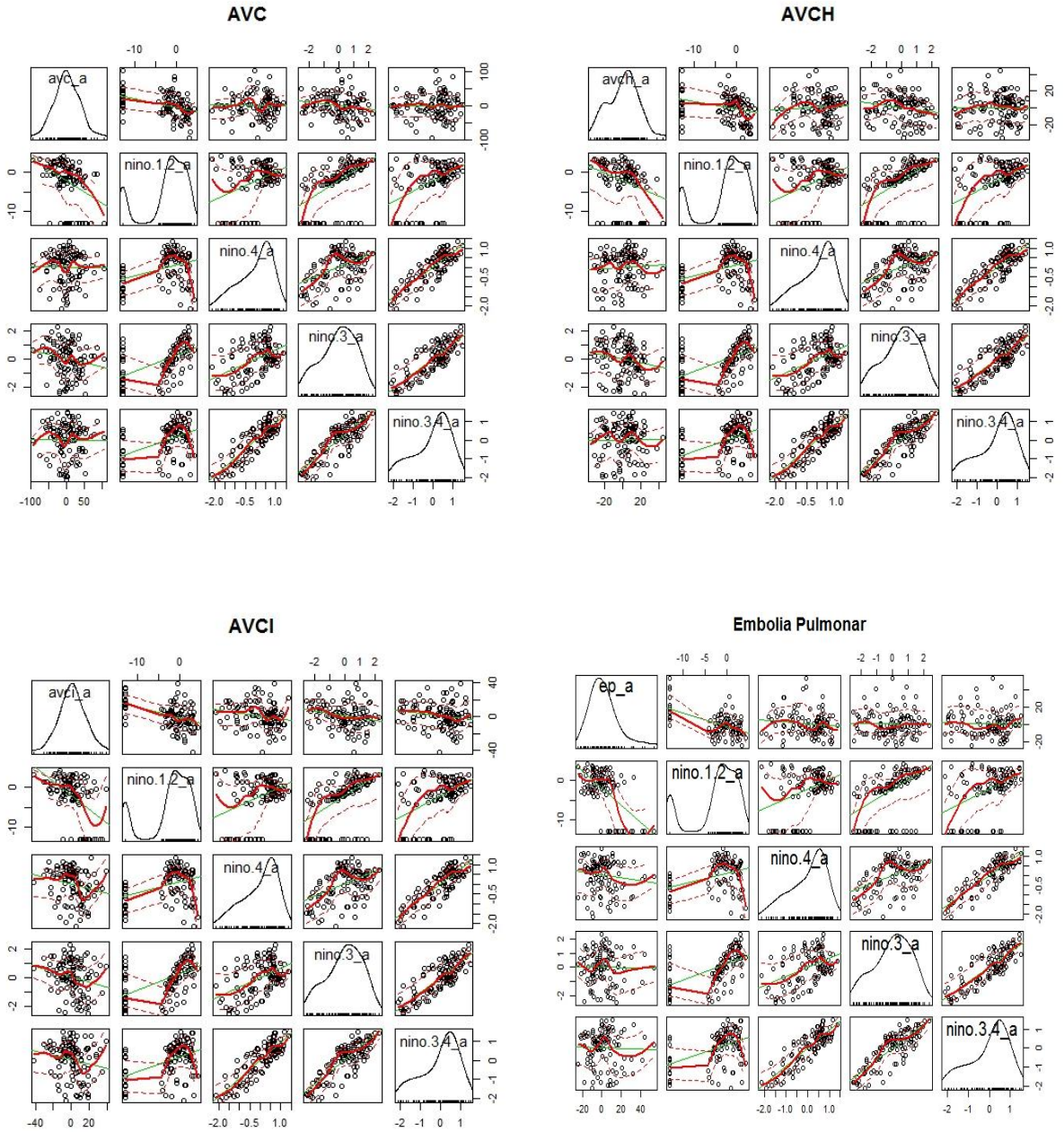


Figura 25: Dispersão entre a mortalidade mensal por AVC, AVCH, AVCI e EP e a TSM das regiões do Niño.

Os gráficos de dispersão entre as mortalidades estudadas e as variáveis atmosféricas também foram elaborados (Anexo). Neles é possível observar mais claramente a relação linear entre as duas variáveis.

4.4. Análise de Séries Temporais: Generalized Linear Model (GLM) e Distributed Lag Non Linear Models (DLNM).

O risco relativo da mortalidade por AVC e seus subtipos e EP, foram estimados com o modelo linear generalizado (GLM) que utiliza o método da disribuição de Poisson. Uma função suavizadora não paramétrica foi utilizada para controlar a sazonalidade e tendência da série Um indicador de feriados e dias da semana foi adotado para controlar tendência de curto tempo. Os efeitos da temperatura média foram avaliadas utilizando-se modelos com distribuição de Poisson para uma janela de tempo de vinte e um dias de defasagem (atraso). Os modelos foram controlados para umidade e os poluentes ozônio e material particulado (MP_{10}), que foram escolhidos dentro os outros por apresentarem variação grande na concentração por estação do ano.

A estatistica descritiva da mortalidade por AVC e seus subtipos estão na Tabela 2. A média diária da mortalidade por todos os tipos de AVC é acima de 15, sendo o mínimo de 2 e máximo de 32, nos dez anos de estudo a mortalidade foi superior a 55 mil. Os casos acima de 65 anos compreendem mais da metade de todos os óbitos.

Tabela 2: Estatística descritiva dos desfechos estudados: AVC, AVC hemorrágico e AVC isquêmico.

	Média	Erro padrão	Desvio padrão	Variância	Mínimo	Máximo	Soma
AVC	15.24	0.07	4.16	17.30	2	32	55663
AVC fem	7.99	0.05	2.90	8.41	0	19	29197
AVC masc	7.25	0.05	2.79	7.77	0	19	26465
AVC > 65	10.41	0.06	3.41	11.63	1	23	38017
AVC > 65 fem	5.81	0.04	2.46	6.06	0	16	21219
AVC > 65 masc	4.60	0.04	2.22	4.94	0	13	16798
AVC 35-64	4.54	0.04	2.18	4.77	0	17	16587
AVC 35-64 fem	2.05	0.02	1.45	2.11	0	9	7474
AVC 35-64 masc	2.50	0.03	1.60	2.57	0	12	9113
AVCI > 65 fem	1.43	0.02	1.23	1.50	0	7	5236
AVCI > 65 masc	1.11	0.02	1.08	1.17	0	8	4071
AVCH	4.72	0.04	2.24	5.01	0	15	17250
AVCH fem	2.49	0.03	1.58	2.49	0	12	9085
AVCH masc	2.24	0.03	1.52	2.30	0	10	8165
AVCH > 65	1.99	0.02	1.43	2.03	0	10	7275
AVCH > 65 fem	1.13	0.02	1.06	1.13	0	6	4137
AVCH > 65 masc	0.86	0.02	0.94	0.89	0	6	3138
AVCH 35-64	2.51	0.03	1.60	2.56	0	10	9165
AVCH 35-64 fem	1.25	0.02	1.12	1.26	0	9	4566
AVCH 35-64 masc	1.26	0.02	1.12	1.26	0	6	4599
AVCI	3.34	0.03	1.93	3.74	0	12	12183
AVCI fem	1.75	0.02	1.37	1.88	0	8	6379
AVCI masc	1.59	0.02	1.30	1.69	0	8	5804
AVCI > 65	2.55	0.03	1.69	2.85	0	11	9307
AVCI > 65 fem	1.43	0.02	1.23	1.50	0	7	5236
AVCI > 65 masc	1.11	0.02	1.08	1.17	0	8	4071
AVCI 35-64	0.76	0.01	0.88	0.78	0	5	2766
AVCI 35-64 fem	0.30	0.01	0.55	0.30	0	5	1082
AVCI 35-64 masc	0.46	0.01	0.69	0.48	0	4	1684

A tabela 3 mostra a matriz de correlação entre as variaveis dependentes e independentes coletadas para o teste de associação entre a mortalidade por doenças circulatórias e variáveis meteorológicas na escala diária. Nela é possível observar que os valores de correlação são baixos já esperados para esse tipo de análise uma vez que a temperatura, por exemplo, não é um fator direto ou causal de uma doença vascular. Todos com valores de correlação têm valor de p=0.05.

Tabela 3: Matriz de correlação de Pearson entre mortalidade e variáveis meteorológicas na escala diaria.

	avc	avch	avci	ep	amp	tmin	tmax	tmed	press	umid	o3	co	no2	so2	pm10
avc	1	0.56	0.5	0.08	0.1	-0.1	0.01	-0.05	0.08	-0.08	0.03	0.06	0.09	0.05	0.12
avch	0.56	1	0	0.05	0.04	-0.12	-0.06	-0.11	0.09	-0.02	0	0.03	0.06	0.03	0.04
avci	0.5	0	1	0.08	0.07	-0.02	0.05	0.01	0.01	-0.05	0.03	0.01	0.01	0.01	0.05
ep	0.08	0.05	0.08	1	0.04	-0.08	-0.03	-0.07	0.05	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	0.01
amp	0.1	0.04	0.07	0.04	1	-0.2	0.69	0.3	-0.02	-0.8	0.63	0.35	0.48	0.36	0.65
tmin	-0.1	-0.12	-0.02	-0.08	-0.2	1	0.57	0.86	-0.63	0.11	0.16	-0.17	-0.14	-0.29	-0.25
tmax	0.01	-0.06	0.05	-0.03	0.69	0.57	1	0.88	-0.48	-0.59	0.65	0.17	0.3	0.09	0.36
tmed	-0.05	-0.11	0.01	-0.07	0.3	0.86	0.88	1	-0.64	-0.33	0.43	0.01	0.09	-0.09	0.08
press	0.08	0.09	0.01	0.05	-0.02	-0.63	-0.48	-0.64	1	0.06	-0.14	0.12	0.11	0.23	0.16
umid	-0.08	-0.02	-0.05	-0.02	-0.8	0.11	-0.59	-0.33	0.06	1	-0.47	-0.33	-0.38	-0.35	-0.58
o3	0.03	0	0.03	-0.02	0.63	0.16	0.65	0.43	-0.14	-0.47	1	0.18	0.45	0.23	0.45
co	0.06	0.03	0.01	-0.02	0.35	-0.17	0.17	0.01	0.12	-0.33	0.18	1	0.69	0.55	0.69
no2	0.09	0.06	0.01	-0.01	0.48	-0.14	0.3	0.09	0.11	-0.38	0.45	0.69	1	0.61	0.69
so2	0.05	0.03	0.01	-0.01	0.36	-0.29	0.09	-0.09	0.23	-0.35	0.23	0.55	0.61	1	0.63
pm10	0.12	0.04	0.05	0.01	0.65	-0.25	0.36	0.08	0.16	-0.58	0.45	0.69	0.69	0.63	1

O risco relativo (RR) calculado para os desfechos estudados mostraram ter distribuição significativa entre a janela de 21 dias de defasagem temporal da exposição à temperatura média, mas de modo geral, os valores mais altos do RR foram registrados nos primeiros 5 dias de exposição, evidenciando rápida influência desta variável nas mortalidades estudadas .

Para todos os casos de AVC, dos dez anos estudados, o RR mostrou-se maior no mesmo dia de exposição até o quinto dia (lag 5), com temperaturas médias acima dos 23°C.

No grafico 3D é possivel observar que o RR tem formato de "*U" shape* onde é maior com temperaturas mais baixas, depois segue em uma zona de conforto onde o risco é baixo ou inexistente e após os 20°C volta a subir. Esse formato de RR em forma de "U" encontrado entre a mortalidade por AVC com a temperatura já foi encontrado em diversos estudos que verificaram a associação entre temperatura com doenças crônicas em outros países (TONG et al 2010, WANG et al, 2009, LAAIDI et al, 2006, GASPARRINI et al, 2010).

A figura 26 mostra o RR para o mesmo dia de registro da temperatura média, onde o valor do risco é apresentado pela linha vermelha, e a parte cinza corresponde ao intervalo de confiança. Para temperaturas médias baixas o risco fica

abaixo de 1, e quando a temperatura média é acima de 21°C o RR fica maior que 1, sendo 1,16 com a temperatura de 26°C.

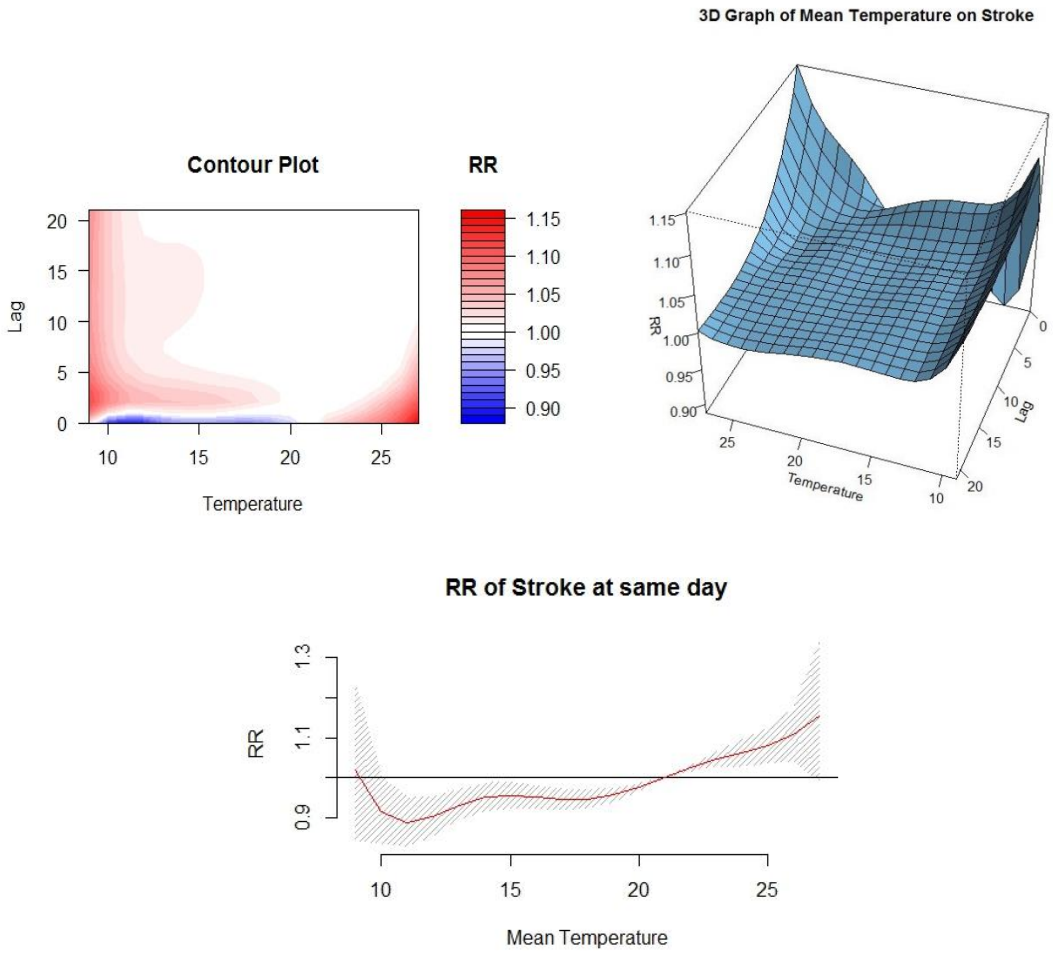


Figura 26: Grafico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por AVC com a temperatura média.

Para a mortalidade por AVC em pessoas idosas (acima dos 65 anos) o formato do risco em relação à temperatura mostra o mesmo padrão em “U”, com valor de RR ligeiramente maior (1.2) com temperatura média acima dos 25°C. Com o gráfico de contorno é possivel observar que as temperaturas elevadas são mais fatais dentro de poucos dias enquanto o efeito do frio está mais defasado no tempo. Já o gráfico 27 mostra o RR para o lag 3 (efeito atrasado da temperatura para 3 dias) onde é possivel visualizar bem o formato do risco em “U”.

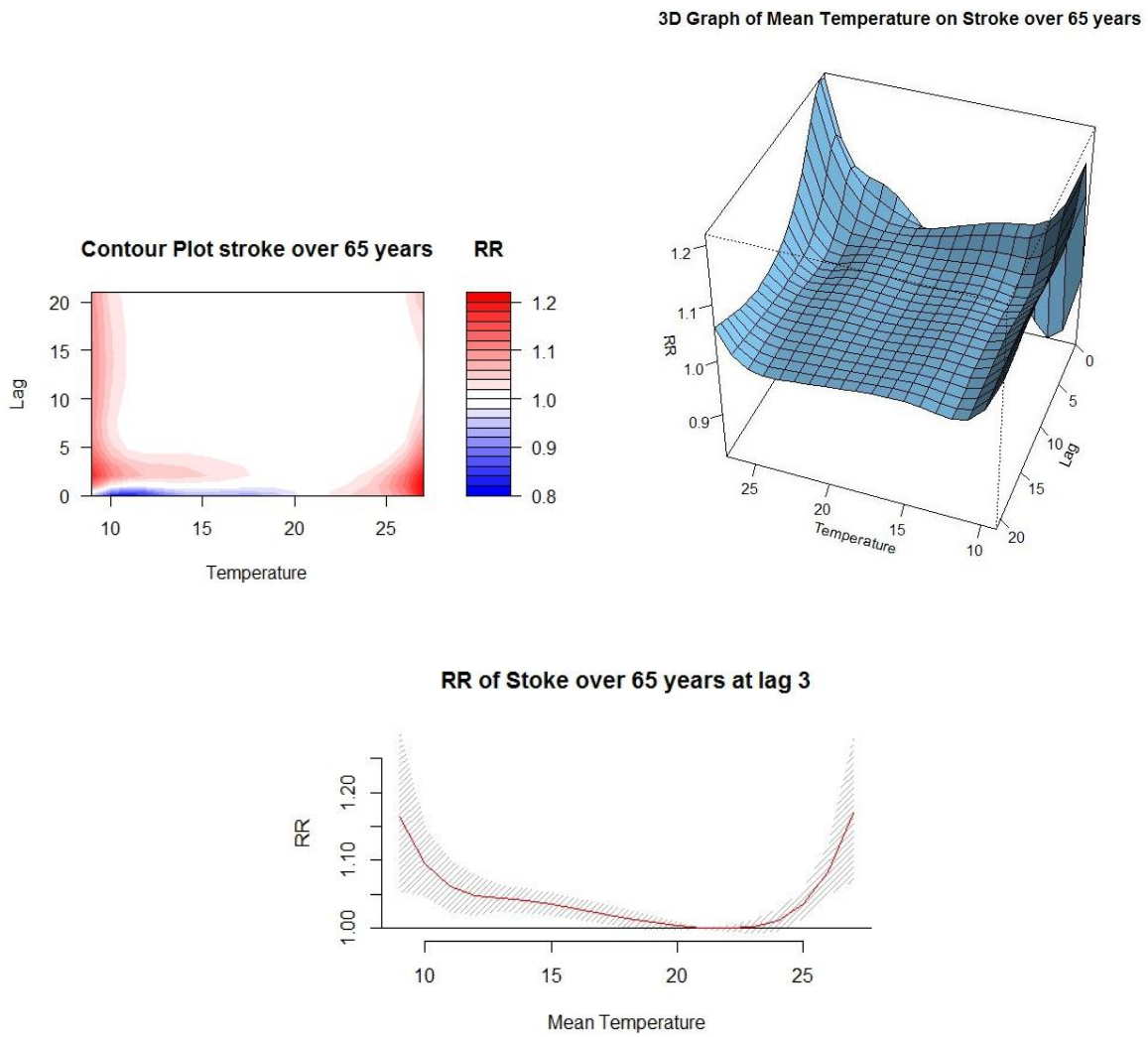


Figura 27: Grafico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por AVC acima de 65 anos com a temperatura média.

Para a faixa etária entre os 35 e 64 anos o RR é maior nos primeiros dias, tanto para o frio como para o calor. Com a defasagem temporal o risco diminui e fica mais evidente em temperaturas baixas. Para temperaturas elevadas o risco é menor que 1, sendo então um fator de proteção. O formato do RR continua ser em “U”, no entanto a zona de conforto é muito maior, entre 12°C e 21°C (Figura 28).

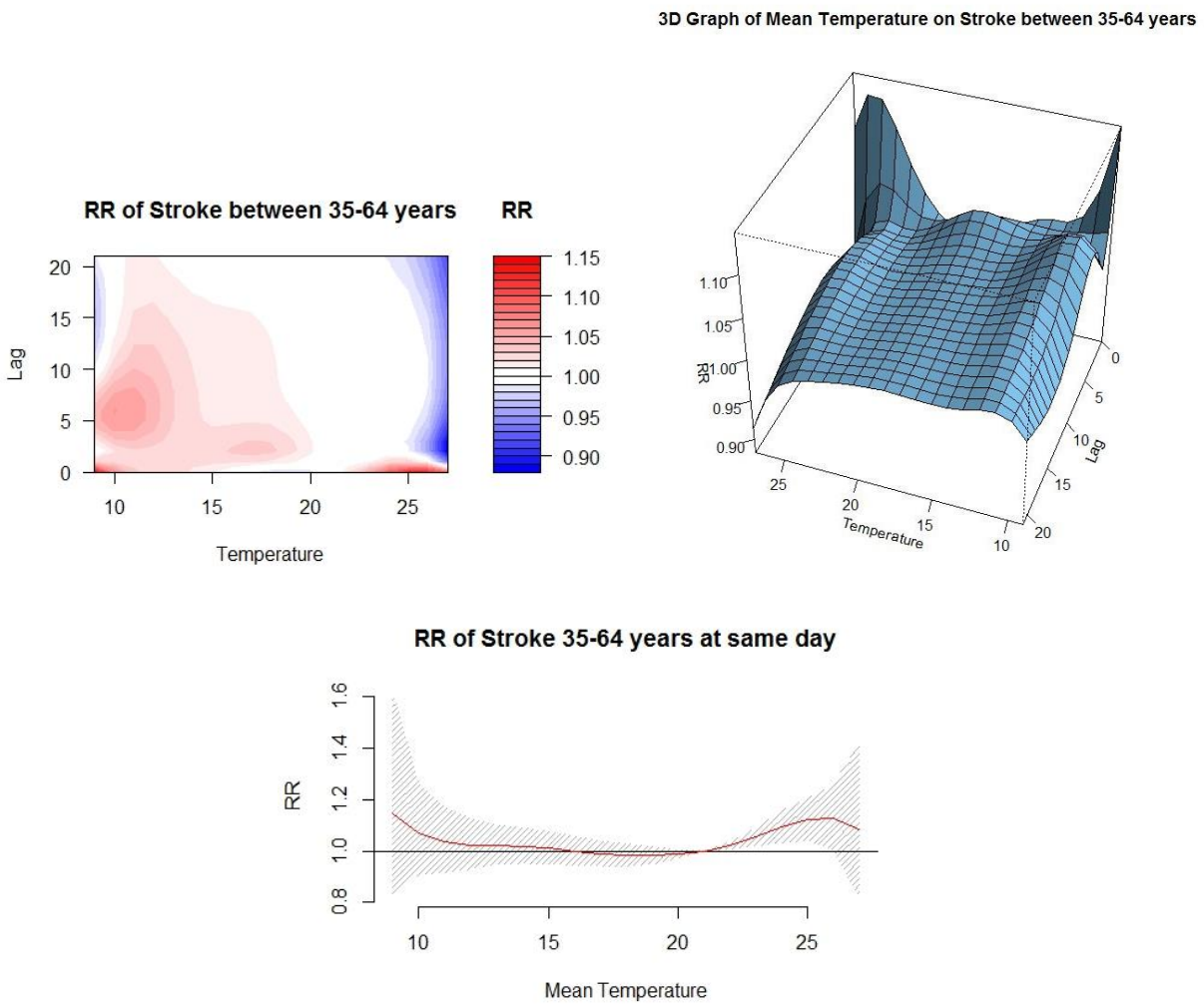


Figura 28: Grafico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por AVC entre 35 a 64 anos com a temperatura média.

Os riscos relativos também foram calculados por percentis de temperatura em 7 intervalos: 0,5, 5, 10, 25, 50, 75, 99,5. Os RR para esses intervalos pode ser visto na tabela abaixo para 9 categorias: AVC, AVC acima de 65 anos, AVC entre 35 a 64 anos, e para essas três categorias no sexo feminino e masculino.

Os valores destacados em vermelho, nas tabelas de percentis, apresentaram RR alto, acima de 1.10. De maneira geral, para todos os tipos de AVC o RR é maior quando a temperatura média é baixa, (primeiros percentis). Quando a temperatura média registrada fica no intervalo entre 17° a 24°C o RR não é significativo. No entanto quando a temperatura média fica acima dos 26 °C o RR é significativo com fator de risco para ascategorias total acima de 65 anos e masculino acima de 65

anos (RR = 2.12), sendo o maior risco resgistrado para o AVC total. De acordo com Goggins et al. (2012) os idosos são pouco capazes de manter a homeostase em resposta a mudanças de temperaturas habituais como resultado da diminuição do metabolismo.

Tabela 4: Risco Relativo da mortalidade por AVC em intervalo de percentis.

		Stroke			Stroke>65 years			Stroke 35 a 64 years		
Percentil	Temperature	RR	CI low	CI high	RR	CI low	CI high	RR	CI low	CI high
0.5	10.6	**1.57**	1.16	2.11	1.43	1.00	2.05	**1.77**	1.02	3.07
5	14.9	**1.20**	1.06	1.35	**1.17**	1.01	1.36	**1.31**	1.04	1.64
10	17.2	1.07	0.95	1.21	1.00	0.86	1.16	**1.28**	1.02	1.61
25	19.7	1.00	0.93	1.08	0.96	0.87	1.05	1.11	0.96	1.28
50	22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
90	23.6	1.01	0.92	1.11	0.96	0.86	1.08	1.15	0.97	1.36
99.5	26	1.35	0.99	1.85	**1.72**	1.18	2.49	0.75	0.42	1.32
Female										
0.5	10.6	**1.75**	1.17	2.61	**1.67**	1.04	2.68	1.89	0.83	4.27
5	14.9	1.14	0.97	1.35	1.13	0.93	1.37	1.27	0.91	1.76
10	17.2	1.06	0.89	1.25	1.01	0.83	1.23	1.28	0.91	1.79
25	19.7	1.03	0.93	1.14	1.00	0.88	1.13	1.15	0.93	1.41
50	22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
90	23.6	0.93	0.82	1.06	0.89	0.77	1.04	1.04	0.81	1.34
99.5	26	1.18	0.78	1.80	1.44	0.88	2.36	0.67	0.29	1.55
Male										
0.5	10.6	1.23	0.90	2.12	1.17	0.68	2.00	1.73	0.83	3.62
5	14.9	1.04	1.06	1.51	1.24	0.99	1.55	1.32	0.97	1.78
10	17.2	0.94	0.91	1.30	0.99	0.79	1.24	1.27	0.93	1.73
25	19.7	0.94	0.87	1.09	0.90	0.78	1.04	1.08	0.89	1.31
50	22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
90	23.6	1.02	0.96	1.26	1.06	0.89	1.26	1.24	0.99	1.56
99.5	26	1.35	1.00	2.44	**2.12**	1.21	3.71	0.78	0.37	1.68

O AVC Isquêmico (AVCI) apresentou RR igual a 1,42 com a temperatura média elevada nos primeiros dias de exposição, já para as temperaturas baixas o efeito foi de proteção (RR = 0.60) para a exposição no mesmo dia. Já com defasagem de mais de 2 dias as temperaturas baixas passam a ser um fator de risco na mortalidade. Nos gráficos 3D e com defasagel temporal de 2 dias, nota-se que o a temperatura começa a ser um risco para a mortalidade por AVCI quando esta está acima de 25°C. A zona confortável de temperatura para este desfacho posicionou-se entre 15 e 25°C (Figura 29).

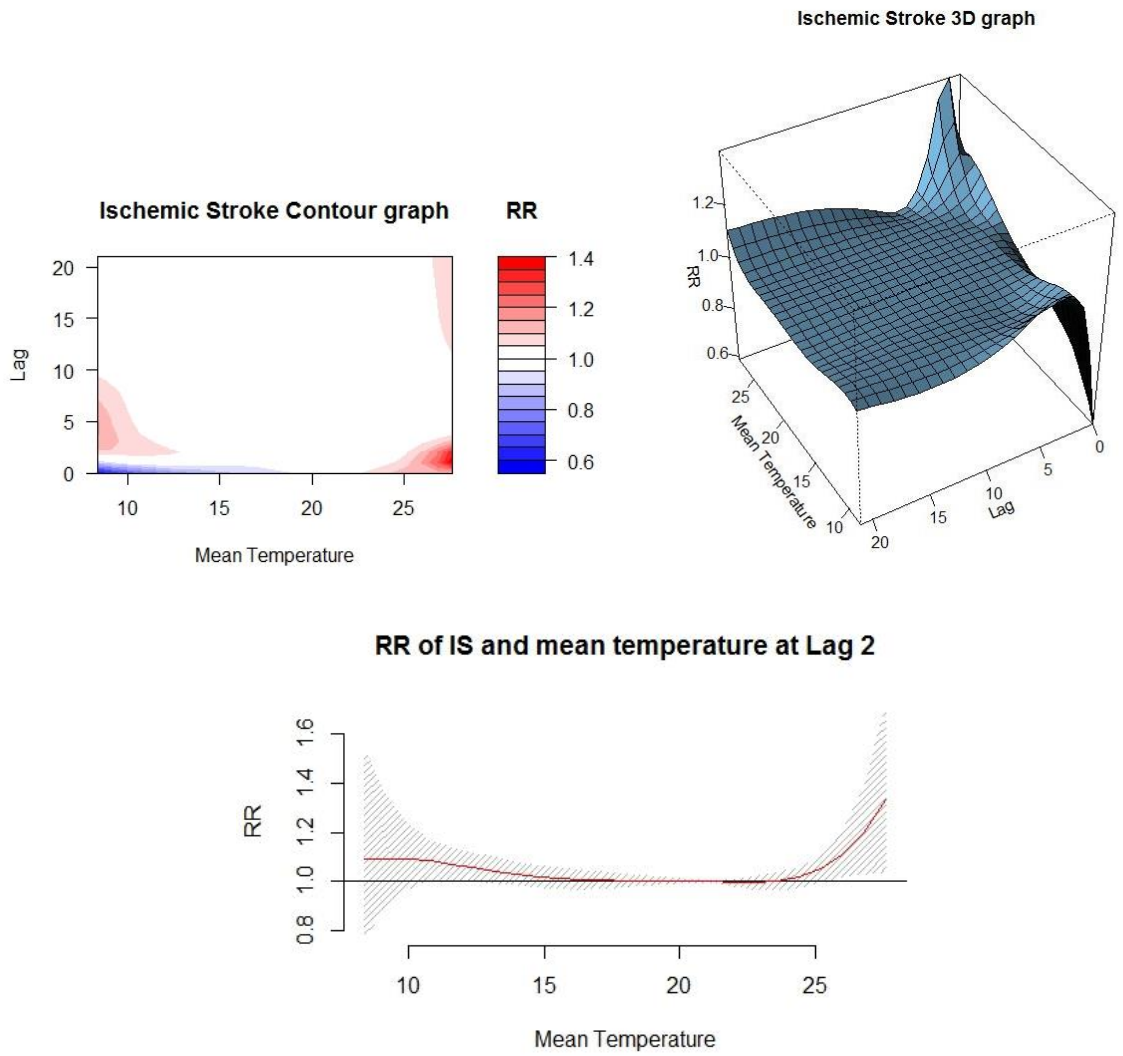


Figura 29: Grafico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por AVC Isquemico com a temperatura média.

Em idosos, num primeiro momento, o calor causou RR = 1.15, após 2 dias o efeito acumulado do frio teve maior efeito na mortalidade com lags de até 21 dias. Com defasagem temporal de 4 dias as baixas temperaturas ocasionaram maior efeito na mortalidade por AVCI em idosos do que as temperaturas elevadas.

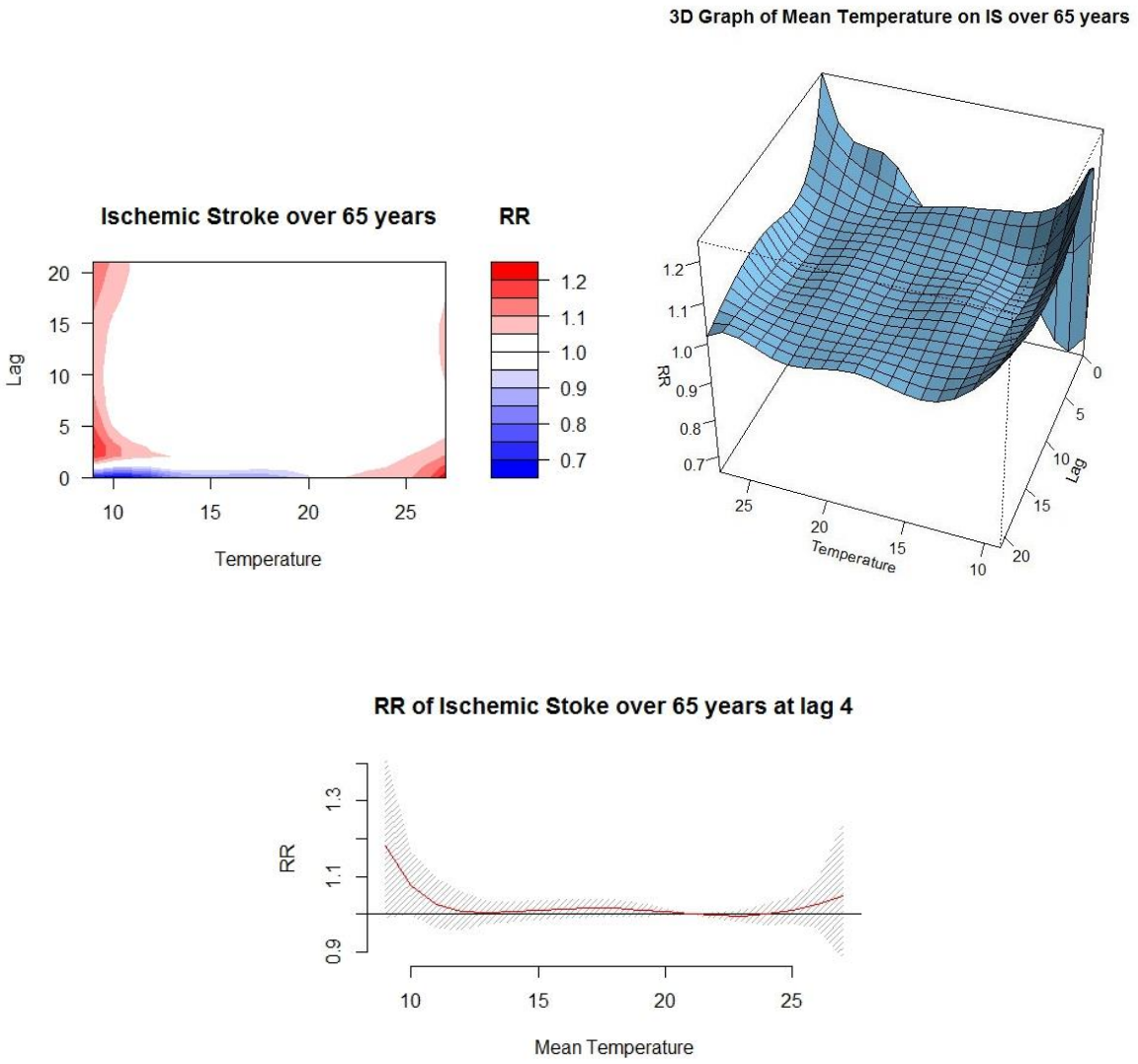


Figura 30: Grafico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por AVC Isquemico acima de 65 anos com a temperatura média.

Para os adultos (faixa etária entre 35 a 64 anos) os extremos de calor são mais fatais para o mesmo dia de exposição e depois com defasagem as temperaturas elevadas passam a ter um efeito de proteção na mortalidade por AVCI. O formato da relação entre temperatura e AVCI apresenta formato em “L” (Gráfico 3D). Na figura 31 se nota que o frio é um fator de risco e o calor um fator de proteção em relação à mortalidade por AVCI.

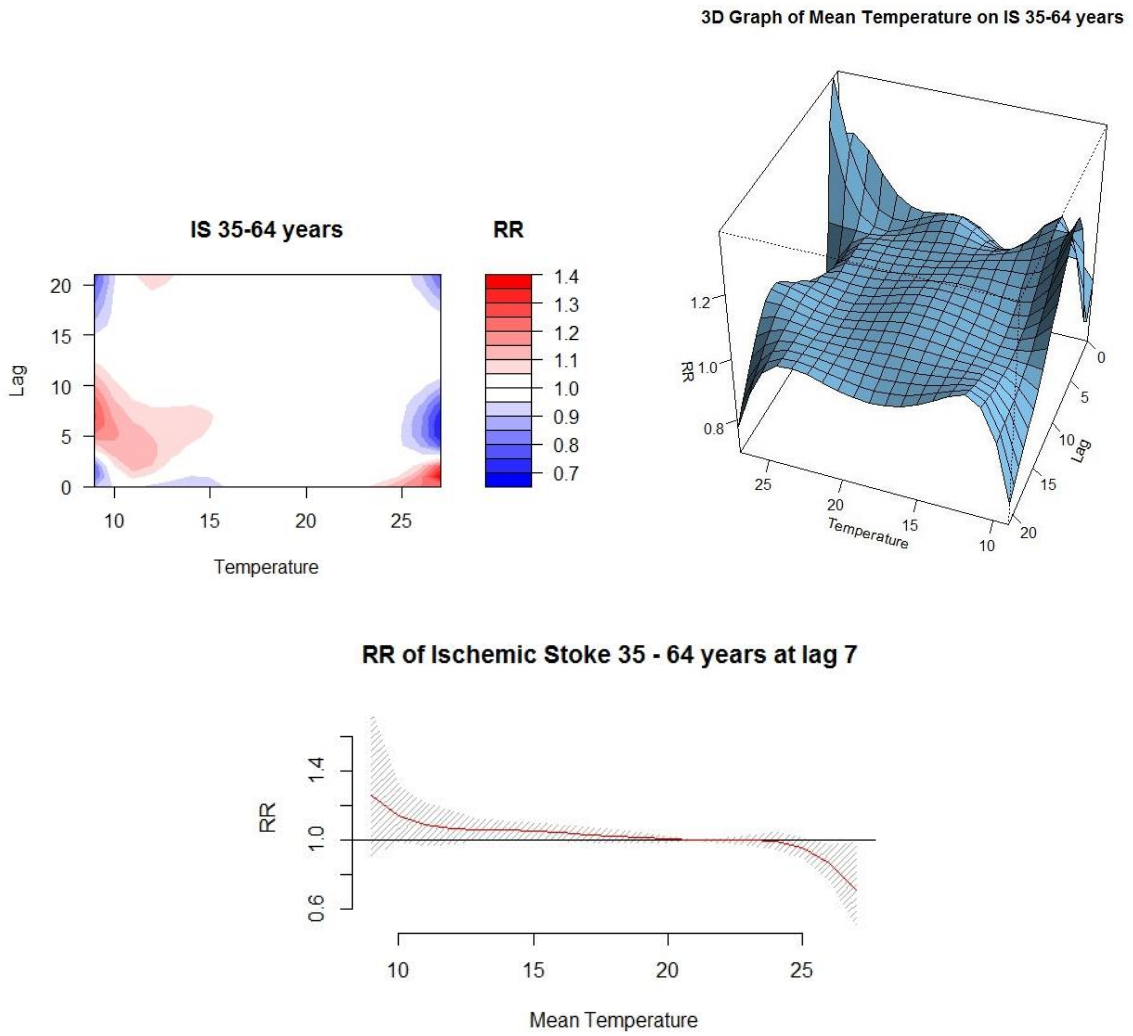


Figura 31: Grafico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por AVC Isquemico entre 35 a 64 anos com a temperatura média.

A análise dos percentis da temperatura média não teve resultados estatisticamente significativos com o AVCI.

Tabela 5: Risco Relativo da mortalidade por AVCI em intervalo de percentis.

		Ischemic Stroke			Ischemic Stroke>65 years			Ischemic Stroke 35 a 64 years		
Percentil	Temperature	RR	CI low	CI high	RR	CI low	CI high	RR	CI low	CI high
0.5	10.6	1.23	0.64	2.36	1.02	0.49	2.14	1.89	0.48	7.51
5	14.9	1.04	0.80	1.36	0.99	0.73	1.34	1.24	0.71	2.16
10	17.2	0.94	0.71	1.23	0.85	0.62	1.16	1.31	0.75	2.29
25	19.7	0.94	0.79	1.11	0.86	0.71	1.05	1.21	0.86	1.71
50	22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
90	23.6	1.02	0.82	1.25	1.03	0.81	1.30	1.01	0.66	1.54
99.5	26	1.35	0.68	2.68	1.68	0.77	3.68	0.52	0.13	2.13
Female										
0.5	10.6	1.07	0.44	2.58	0.99	0.38	2.57	0.70	0.07	6.69
5	14.9	0.92	0.64	1.32	0.91	0.62	1.35	0.99	0.42	2.33
10	17.2	0.75	0.52	1.09	0.78	0.52	1.17	0.66	0.27	1.61
25	19.7	0.83	0.66	1.05	0.83	0.65	1.07	0.83	0.48	1.45
50	22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
90	23.6	0.89	0.67	1.19	0.97	0.71	1.33	0.57	0.29	1.11
99.5	26	1.13	0.44	2.88	1.39	0.50	3.85	0.24	0.02	2.42
Male										
0.5	10.6	1.39	0.55	3.52	1.00	0.33	3.03	2.96	0.49	17.69
5	14.9	1.17	0.80	1.72	1.09	0.69	1.72	1.38	0.67	2.87
10	17.2	1.17	0.80	1.72	0.93	0.59	1.48	1.99	0.98	4.08
25	19.7	1.05	0.83	1.34	0.89	0.67	1.18	1.52	0.97	2.38
50	22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
90	23.6	1.16	0.87	1.56	1.10	0.77	1.56	1.50	0.87	2.59
99.5	26	1.57	0.60	4.14	2.03	0.64	6.48	0.69	0.11	4.26

Com relação ao AVC Hemorragico (AVCH), o tipo mais fatal, nota-se nos gráficos da figura 30 que o frio é um fator de risco para toda a janela de 21 dias testados, sendo maior para a exposição no mesmo dia e com o efeito acumulado dos 21 dias. O calor mostrou ter um efeito protetivo nos óbitos por AVCH.

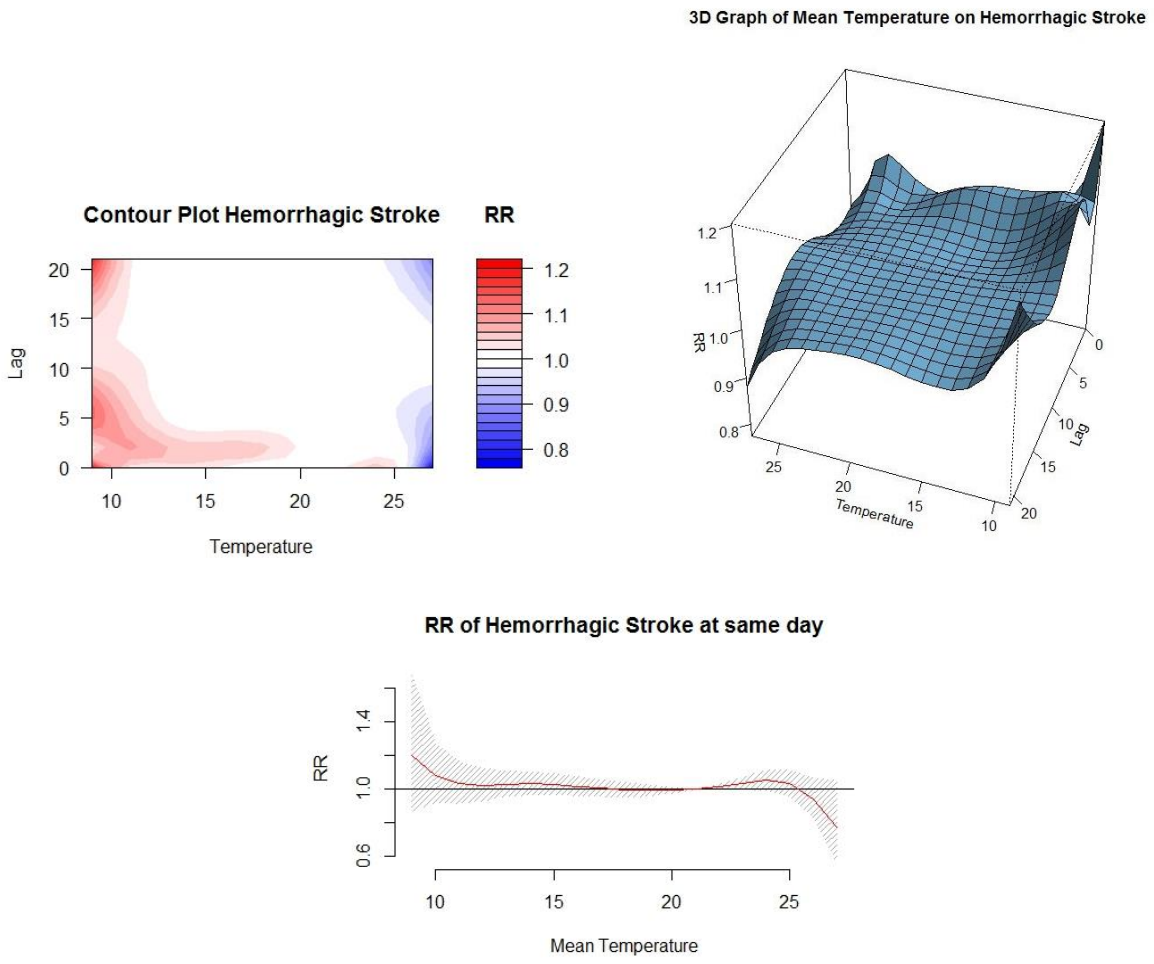


Figura 32: Grafico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por AVC Hemorrágico com a temperatura média.

Acima dos 65 anos o risco do AVCH com a temperatura média monstrou um delineamento muito parecido com a mortalidade para todas as faixas etárias, mudando somente o valor do RR= 1.25.

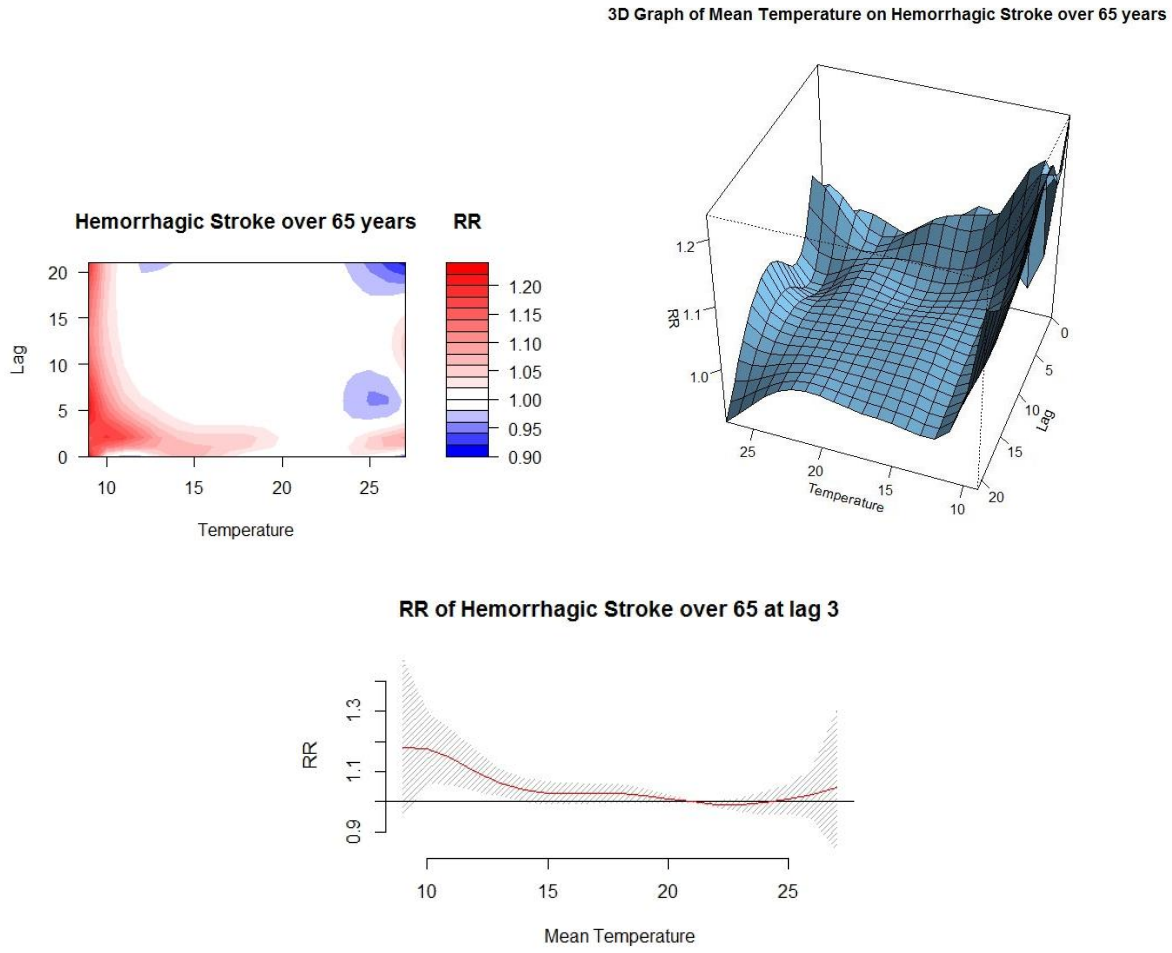


Figura 33: Grafico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por AVC Hemorrágico acima de 65 anos com a temperatura média.

Para os adultos tanto o calor quanto o frio parecem causar pouco efeito na mortalidade por AVCH. Como mostra a figura 34, para o mesmo dia de exposição a temperatura, o fator de risco é tanto para baixas como altas temperaturas. Com 3 dias de defasagem temporal a temperatura para essa faixa etária mostra-se quase sem associação com a mortalidade, sendo que valores médios acima de 25°C têm efeito protetor na mortalidade por AVCH.

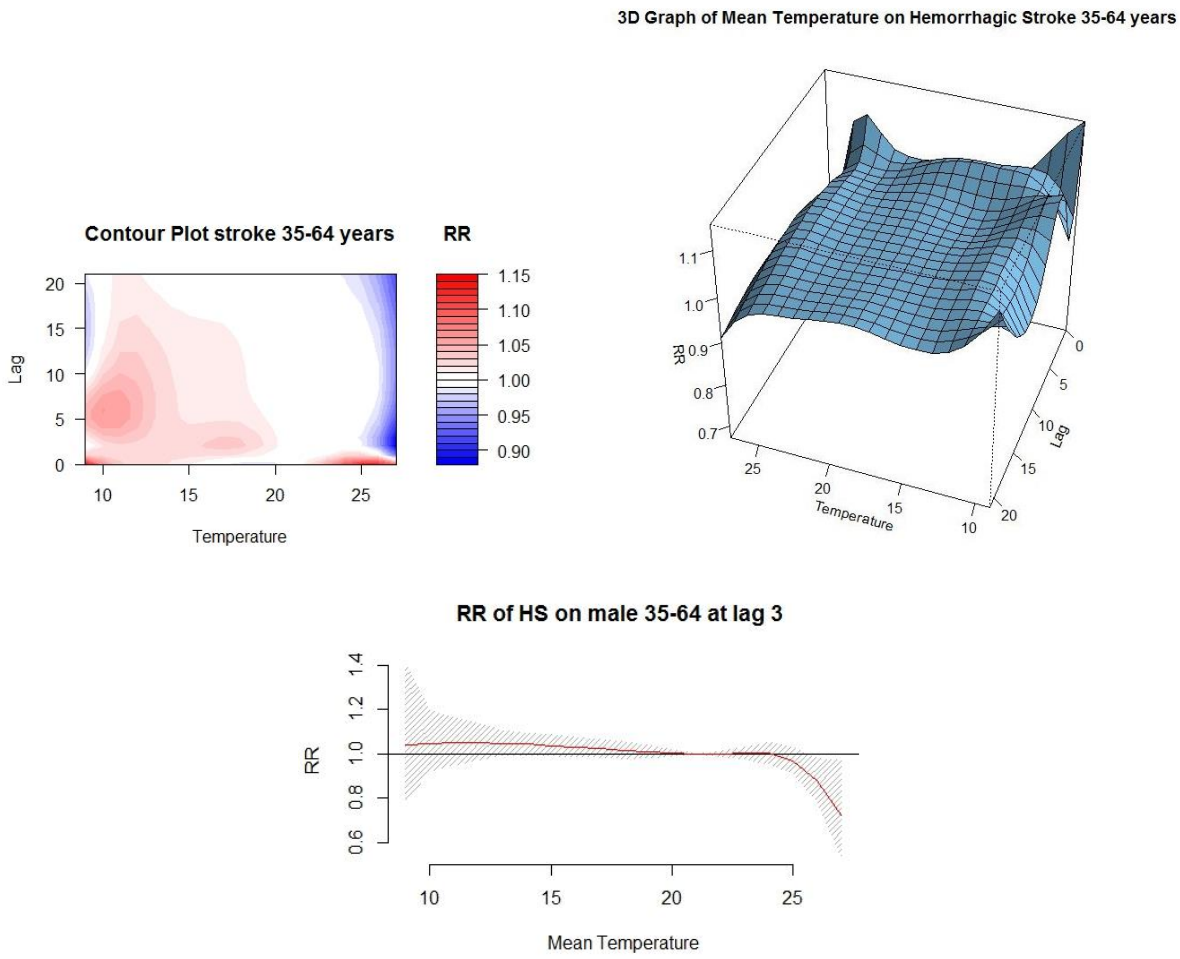


Figura 34: Grafico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por AVC Hemorrágico entre 35 a 64 anos com a temperatura média.

Avaliando os resultados dos RR por AVCH na tabela 6 o frio parece ser um fator de risco para idosos principalmente abaixo dos 17°C. O estress para o frio, segundo Keatinge et al. (1984), resulta em aumento da pressão arterial, assim como o aumento da viscosidade do sangue e da contagem de plaquetas, deste modo o aumento da pressão arterial pode causar o AVCH. Quando separado por gênero nota-se que a temperatura média é uma variavel de risco para as mulheres idosas. Esse resultado foi semelhante ao estudo feito em Hong Kong por Goggins et al. (2012) no qual a as mulheres e pessoas mais velhas eram mais afetadas pelo frio em casos de AVCH.

O calor não foi significativo em nenhuma categoria análisada. Já para os homens a variável temperatura só é fator de risco quando todas as faixas etarias estão agrupadas.

Tabela 6: Risco Relativo da mortalidade por AVCH em intervalo de percentis.

		Hemorrhagic Stroke			Hemorrhagic Stroke>65 years			Hemorrhagic Stroke 35 a 64 years		
Percentil	Temperature	RR	CI low	CI high	RR	CI low	CI high	RR	CI low	CI high
0.5	10.6	**2.22**	1.30	3.79	**2.28**	1.02	5.11	1.96	0.94	4.08
5	14.9	1.18	0.95	1.47	1.25	0.90	1.75	1.18	0.88	1.59
10	17.2	1.22	0.97	1.53	1.18	0.84	1.66	1.29	0.95	1.76
25	19.7	1.13	0.98	1.30	1.12	0.90	1.38	1.15	0.95	1.39
50	22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
90	23.6	1.01	0.85	1.20	0.85	0.65	1.11	1.18	0.94	1.48
99.5	26	0.64	0.36	1.12	0.88	0.37	2.11	0.46	0.22	0.99
					Female					
0.5	10.6	1.98	0.97	4.06	2.82	0.98	8.08	1.48	0.53	4.17
5	14.9	**1.39**	1.03	1.86	**1.94**	1.25	2.99	1.11	0.73	1.68
10	17.2	**1.36**	1.01	1.84	**1.66**	1.06	2.60	1.24	0.80	1.90
25	19.7	1.20	0.99	1.45	**1.33**	1.01	1.75	1.15	0.88	1.51
50	22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
90	23.6	0.90	0.72	1.13	0.77	0.54	1.09	1.03	0.75	1.42
99.5	26	0.67	0.31	1.45	1.26	0.40	4.00	0.36	0.12	1.05
					Male					
0.5	10.6	**2.43**	1.12	5.28	1.61	0.46	5.67	2.55	0.92	7.11
5	14.9	0.98	0.71	1.34	0.69	0.41	1.16	1.24	0.81	1.88
10	17.2	1.06	0.77	1.47	0.74	0.43	1.26	1.33	0.86	2.04
25	19.7	1.06	0.86	1.29	0.89	0.64	1.24	1.14	0.87	1.49
50	22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
90	23.6	1.14	0.90	1.46	0.99	0.65	1.49	1.34	0.97	1.84
99.5	26	0.58	0.26	1.31	0.53	0.14	2.04	0.56	0.19	1.63

Para a Embolia Pulmonar o RR com a temperatura média foi mais alto com o calor nos primeiros dias de exposição (1.45), com a defasagem de tempo o calor passa a ter efeito protetivo, já com o frio o risco é mais baixo mas presente de 0 a 5 dias e de 15 a 21 dias de atraso (Figura 35).

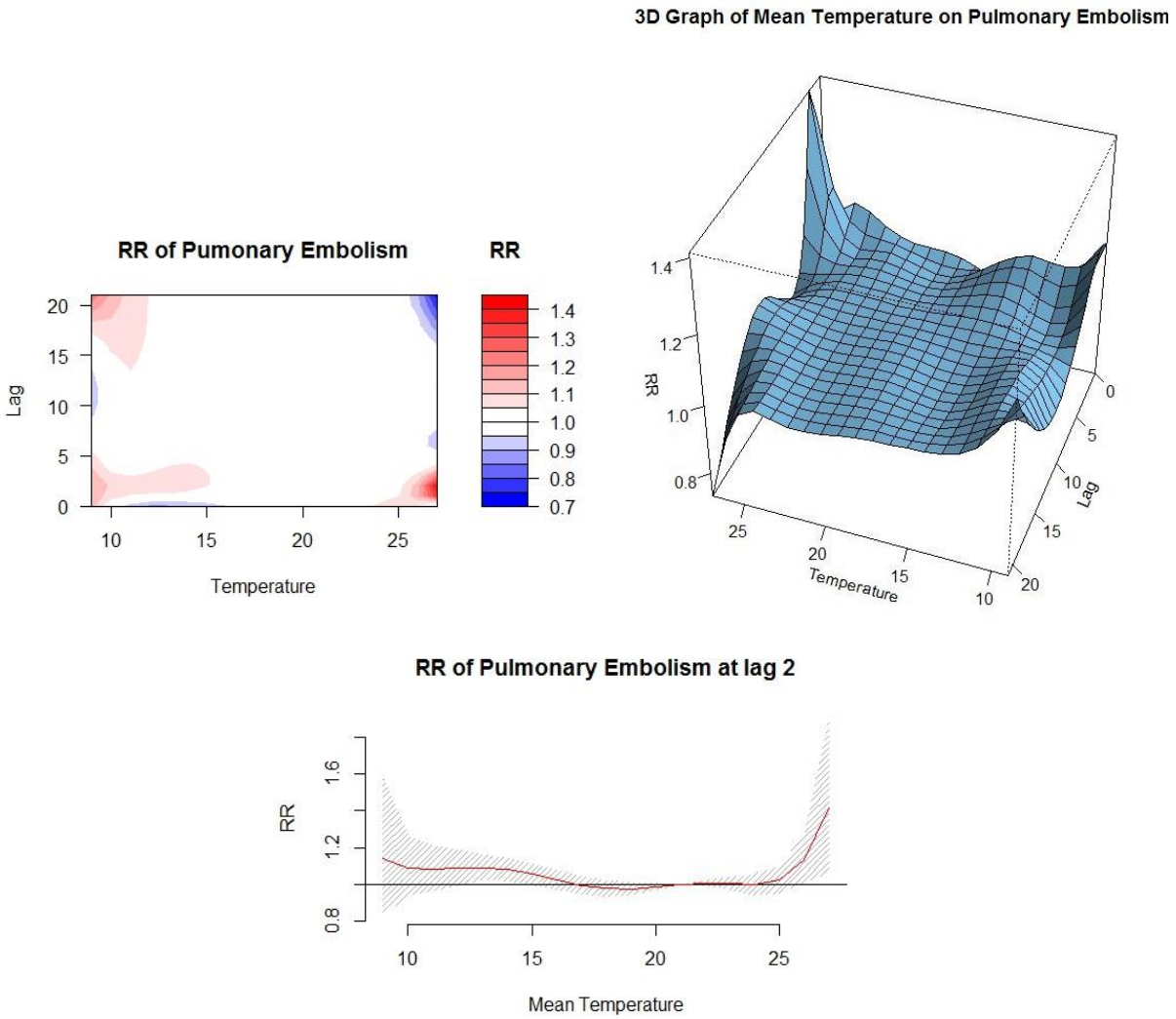


Figura 35: Gráfico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por Embolia Pulmonar com a temperatura média.

Os casos de EP acima de 65 anos contrariamente apresentaram maior risco com o frio (RR= 1.40), com o calor quase não houve associação. No gráfico 3D nota-se dois picos de risco, um no dia da exposição e o outro com o efeito acumulado do frio em mais de 20 dias (figura 36). No gráfico do risco, para o mesmo dia de exposição da temperatura, é possivel observar que quando a temperatura média fica em até 10°C, ela é um fator de risco, após essa temperatura a linha do risco (vermelha) situa-se próxima a 1 quando não há associação entre as duas variáveis e volta a ter um ligeiro efeito perto dos 25°C.

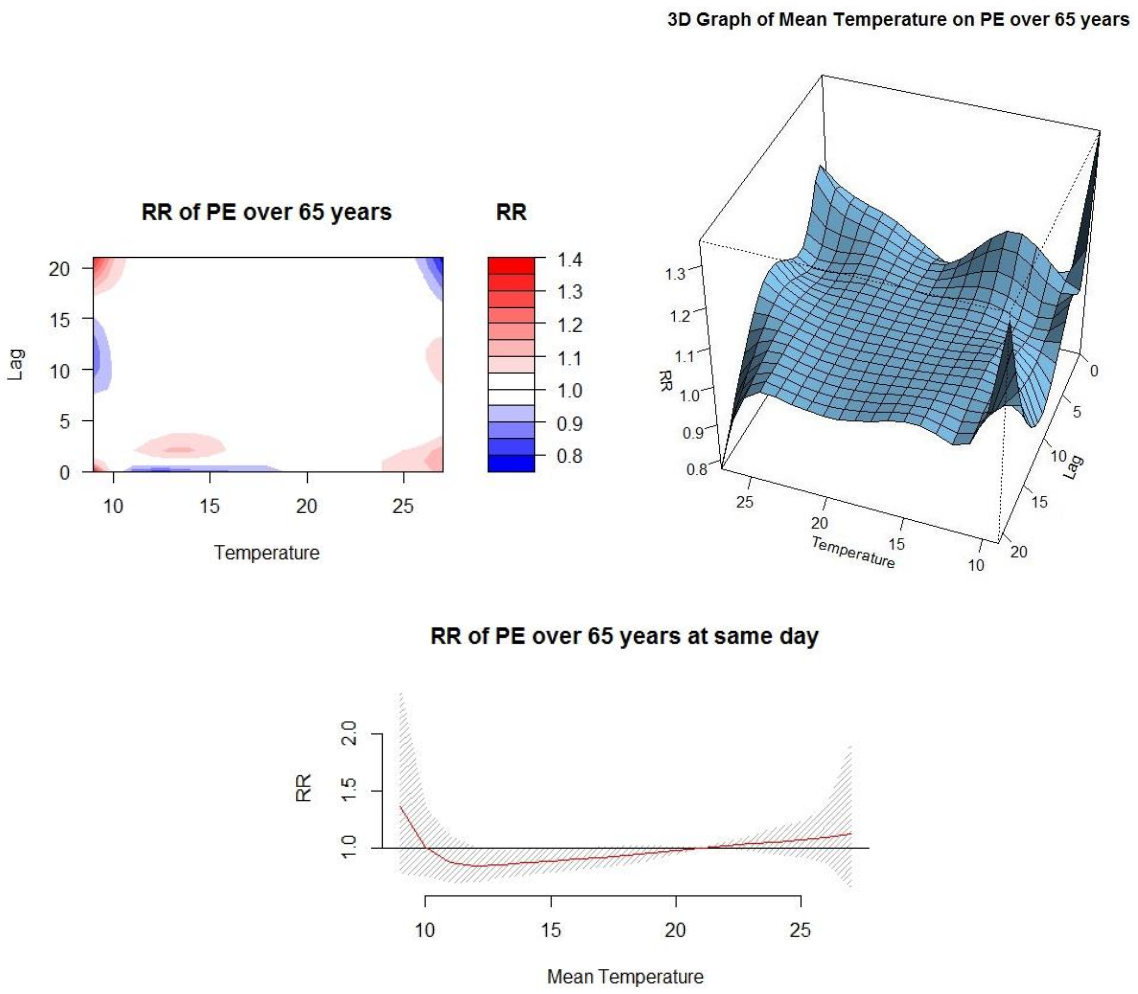


Figura 36: Gráfico de dispersão do risco relativo; 3D da temperatura média, risco relativo e defasagem temporal; e risco relativo da mortalidade por Embolia Pulmonar acima de 65 anos com a temperatura média.

Os valores do RR não foram calculados para a faixa entre 35 e 64 anos devido ao grande numero de 0 na série temporal, o que poderia prejudicar a eficácia do modelo.

Para a Embolia pulmonar nenhum valor de RR foi significativo, tanto para homens e mulheres, quanto para adultos e idosos.

Tabela 7: Risco Relativo da mortalidade por EP em intervalo de percentis.

		Pulmonary Embolism			Pulmonary Embolism>65 years		
Percentil	Temperature	RR	CI low	CI high	RR	CI low	CI high
0.5	10.6	2.27	0.98	5.27	1.07	0.40	2.92
5	14.9	1.24	0.86	1.77	1.28	0.84	1.95
10	17.2	1.12	0.78	1.61	0.93	0.60	1.43
25	19.7	1.03	0.82	1.29	0.84	0.64	1.09
50	22.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
90	23.6	1.05	0.80	1.39	1.09	0.78	1.52
99.5	26.0	0.99	0.39	2.50	1.15	0.38	3.45
			Female				
0.5	10.6	2.81	0.94	8.42	1.27	0.37	4.38
5	14.9	0.96	0.60	1.53	1.15	0.68	1.95
10	17.2	0.94	0.58	1.50	0.94	0.55	1.62
25	19.7	0.97	0.72	1.30	0.87	0.62	1.21
50	22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
90	23.6	1.07	0.75	1.54	1.20	0.79	1.83
99.5	26	0.78	0.23	2.66	0.84	0.21	3.43
			Male				
0.5	10.6	1.82	0.50	6.68	0.78	0.14	4.26
5	14.9	1.71	1.00	2.95	1.54	0.77	3.07
10	17.2	1.41	0.81	2.46	0.89	0.44	1.81
25	19.7	1.12	0.79	1.58	0.78	0.50	1.22
50	22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
90	23.6	1.03	0.67	1.57	0.94	0.55	1.60
99.5	26	1.41	0.35	5.71	1.85	0.32	10.78

4.5. Análise espacial

A Figura 37 apresenta os 96 distritos administrativos do Município de São Paulo.

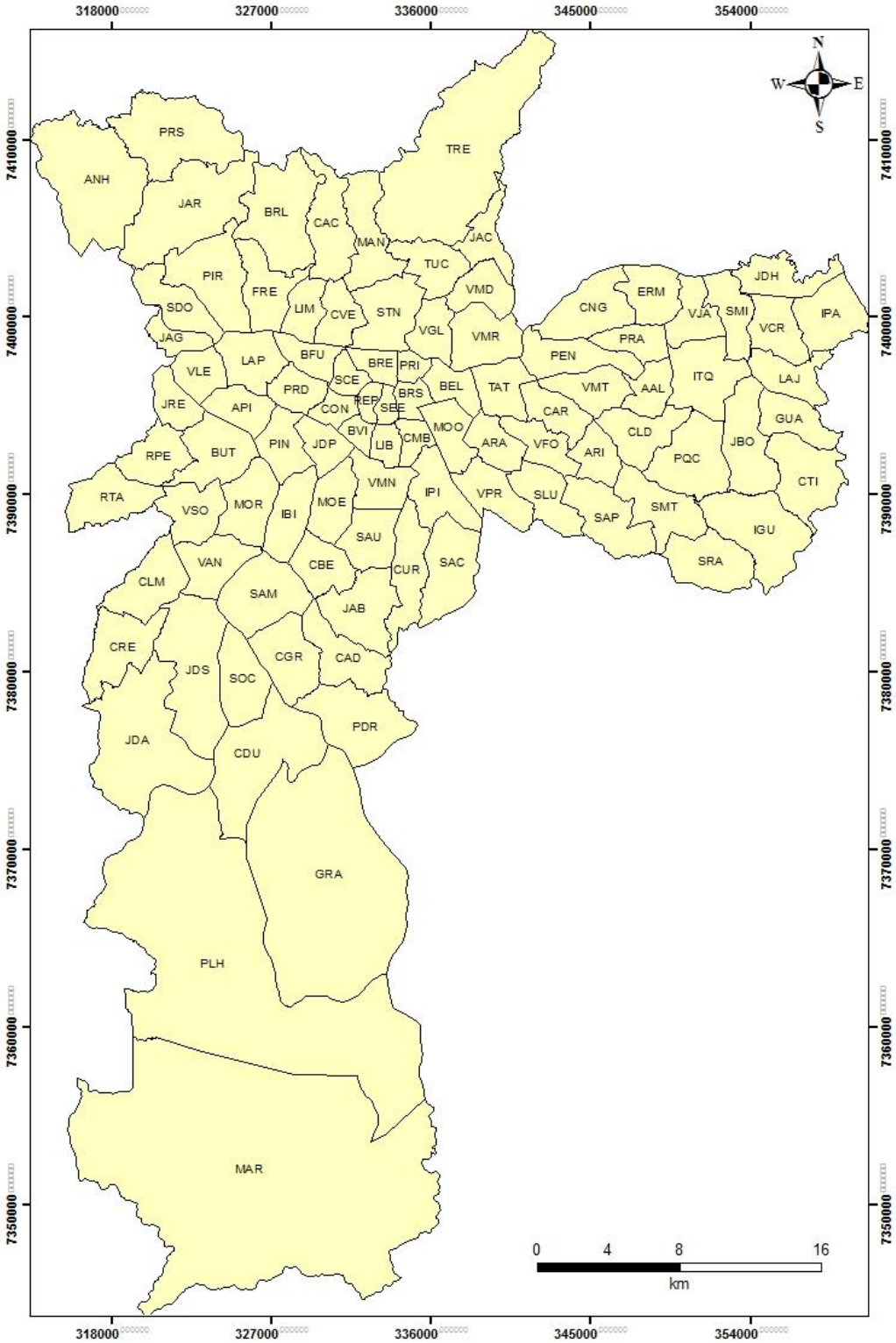


Figura 37: Distritos Administrativos do Municipio de São Paulo.

Tabela 8: Siglas dos Distritos Administrativos do Municipio de São Paulo.

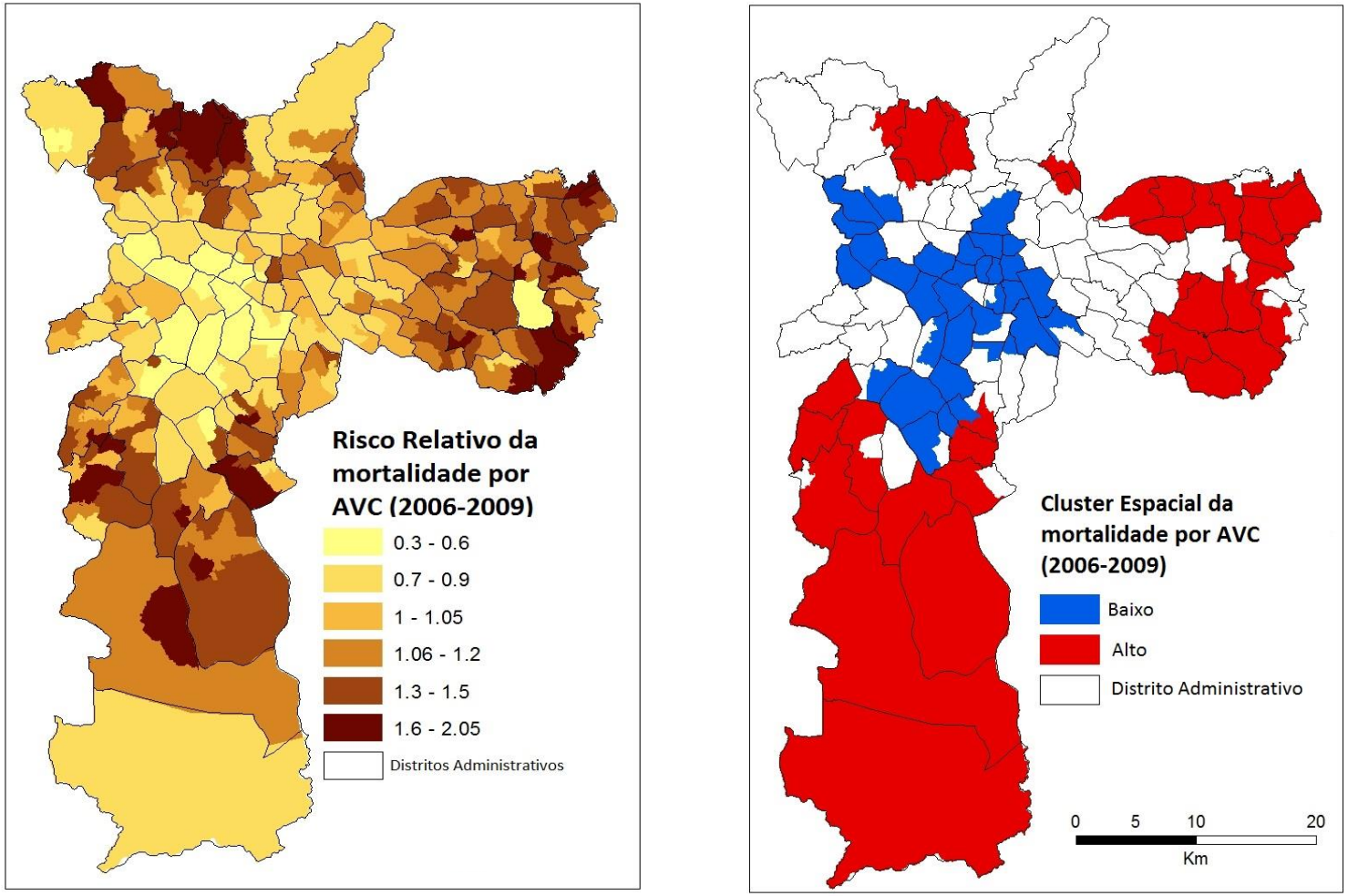
Sigla	Distrito Administrativo	Sigla	Distrito Administrativo	Sigla	Distrito Administrativo
ARA	AGUA RASA	JDP	JARDIM PAULISTA	VFO	VILA FORMOSA
API	ALTO DE PINHEIROS	JDS	JARDIM SAO LUIS	VGL	VILA GUILHERME
ANH	ANHANGUERA	JBO	JOSE BONIFACIO	VJA	VILA JACUI
ARI	ARICANDUVA	LAJ	LAJEADO	VLE	VILA LEOPOLDINA
AAL	ARTUR ALVIM	LAP	LAPA	VMR	VILA MARIA
BFU	BARRA FUNDA	LIB	LIBERDADE	VMN	VILA MARIANA
BVI	BELA VISTA	LIM	LIMAO	VMT	VILA MATILDE
BEL	BELEM	MAN	MANDAQUI	VMD	VILA MEDEIROS
BRE	BOM RETIRO	MAR	MARSILAC	VPR	VILA PRUDENTE
BRS	BRAS	MOE	MOEMA	VSO	VILA SONIA
BRL	BRASILANDIA	MOO	MOOCA		
BUT	BUTANTA	MOR	MORUMBI		
CAC	CACHOEIRINHA	PLH	PARELHEIROS		
CMB	CAMBUCI	PRI	PARI		
CBE	CAMPO BELO	PQC	PARQUE DO CARMO		
CGR	CAMPO GRANDE	PDR	PEDREIRA		
CLM	CAMPO LIMPO	PEN	PENHA		
CNG	CANGAIBA	PRD	PERDIZES		
CRE	CAPAO REDONDO	PRS	PERUS		
CAR	CARRAO	PIN	PINHEIROS		
CVE	CASA VERDE	PIR	PIRITUBA		
CAD	CIDADE ADEMAR	PRA	PONTE RASA		
CDU	CIDADE DUTRA	RTA	RAPOSO TAVARES		
CLD	CIDADE LIDER	REP	REPUBLICA		
CTI	CIDADE TIRADENTES	RPE	RIO PEQUENO		
CON	CONSOLACAO	SAC	SACOMA		
CUR	CURSINO	SCE	SANTA CECILIA		
ERM	ERMELINO MATARAZZO	STN	SANTANA		
FRE	FREGUESIA DO O	SAM	SANTO AMARO		
GRA	GRAJAU	SDO	SAO DOMINGOS		
GUA	GUAIANASES	SLU	SAO LUCAS		
IGU	IGUATEMI	SMT	SAO MATEUS		
IPI	IPIRANGA	SMI	SAO MIGUEL		
IBI	ITAIM BIBI	SRA	SAO RAFAEL		
IPA	ITAIM PAULISTA	SAP	SAPOPEMBA		
ITQ	ITAQUERA	SAU	SAUDE		
JAB	JABAQUARA	SEE	SE		
JAC	JACANA	SOC	SOCORRO		
JAG	JAGUARA	TAT	TATUAPE		
JRE	JAGUARE	TRE	TREMEMBE		
JAR	JARAGUA	TUC	TUCURUVI		
JDA	JARDIM ANGELA	VAN	VILA ANDRADE		
JDH	JARDIM HELENA	VCR	VILA CURUCA		

Os riscos relativos de mortalidade por AVC foram calculados com o programa SaTscan controlando para faixa etária e por sexo, e depois mapeados no ArcGis e são mostrados na Figura 38-a. A média dos riscos relativos foi de 1,06, e variou de 0,35 a 2,05.

A detecção de aglomerados espaciais significativos mostrou que a mortalidade por AVC tem distribuição heterogênea em São Paulo (Figura 38- b). As regiões orientais (Guaianazes, Iguatemi, Itaim Paulista), norte (Brasilândia, Jaraguá, Perus) e sul (Parelheiros, Jardim Angela) de São Paulo tiveram agrupamentos de alto risco (representado em vermelho), enquanto as regiões centrais (República, Consolação) e oeste (Perdizes, Alto de Pinheiros) apresentaram baixo risco (representado em azul).

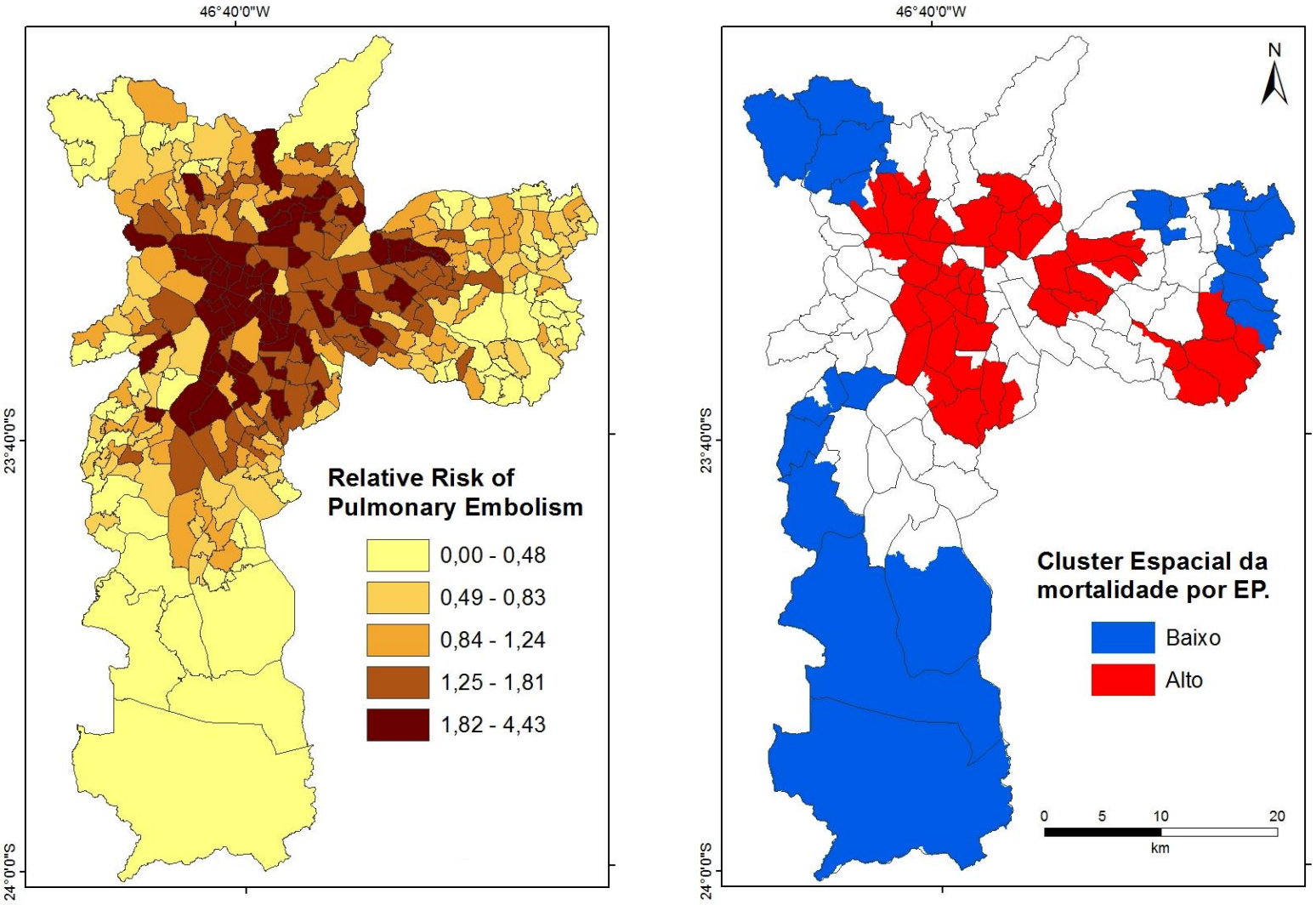
O mapa do Risco Relativo (RR) da mortalidade por EP ao contrário do RR por AVC mostra concentração na região central do municipio de São Paulo. Os valores mais altos do RR variaram entre 1,82 a 4,43 (Figura 49-a), apresentando um valor mais elevado em relação ao RR por AVC.

O mapa de cluster espacial por EP registrou risco alto principalmente nas regiões centrais e uma área na região extremo leste nos distritos de São Rafael, Iguatemi e Cidade Tiradentes. Já as áreas de baixo risco destacam-se principalmente na região sul do município nos distritos de Marsilac, Parelheiros e Grajaú, na região Norte, Anhanguera, Perus e Jaraguá e região extremo leste, Lajeado e Itaim Paulista (Figura 39-b).



a) **b)**

Figura 38: a) Risco Relativo por AVC de 2006-2009; **b)** agrupamentos espaciais por AVC.



a) **b)**

Figura 39: a) Risco Relativo por Embolia Pulmonar de 2006-2009; b) agrupamentos espaciais por EP.

De acordo com informações da Prefeitura, o município de São Paulo tem 90 parques dentro do seu território. Depois de verificarmos através de imagens do Google Earth, apenas 38 apresentaram verdor perceptível. Muitos desses denominados parques pela Prefeitura não apresentam árvores e grama, somente bancos e algum tipo de infraestrutura.

Como podemos observar na Figura 40, a maioria dos parques está concentrada na região centro-oeste do município. Aclimação (região central), Vila Lobos (região oeste), bem como o Ibirapuera (região sul) são os principais parques da cidade.

Diversos estudos atualmente vem mostrando como a presença de vegetação e áreas verdes, como parques, podem influenciar na atividade física assim como também uma melhora na saúde mental. Sendo assim, decidimos incorporar a variável presença de vegetação disponível pelo Censo do IBGE de 2010 por Área de Ponderação.

O mapa da declividade (Figura 41b) mostra as áreas com pouca ou nenhuma declividade em verde escuro variando entre 0 e 5%. Esse intervalo de valor é considerado ideal para caminhadas e práticas de atividades físicas (BEDIMO et al., 2005). De acordo com Mitraud (2003) as pessoas saudáveis têm grande dificuldade para caminhar em declividades acima de 20%. Acima de 40% de inclinação, considera-se uma barreira física.

Comparando os mapas de presença de vegetação e de declividade (Figuras 41a 41b), observou-se que as áreas com maior presença de verde são também onde estão localizadas as áreas de menor declive (entre 0 e 5%).

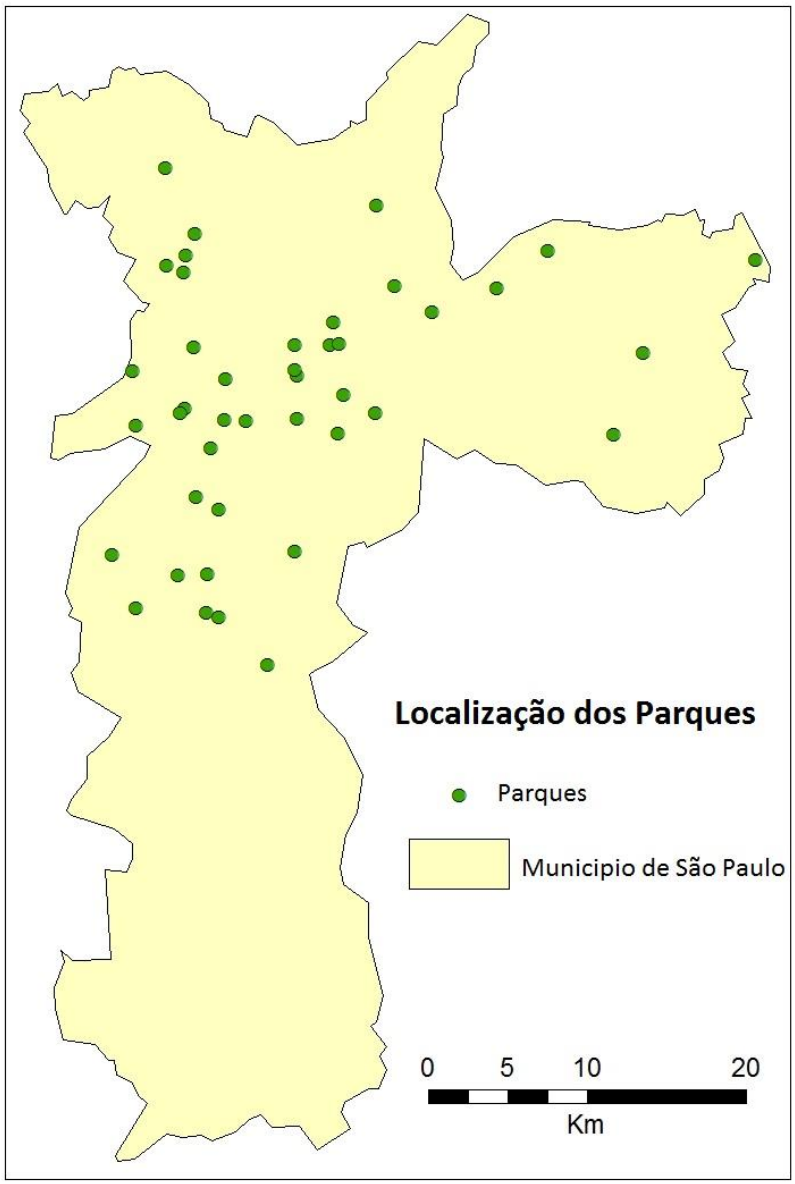
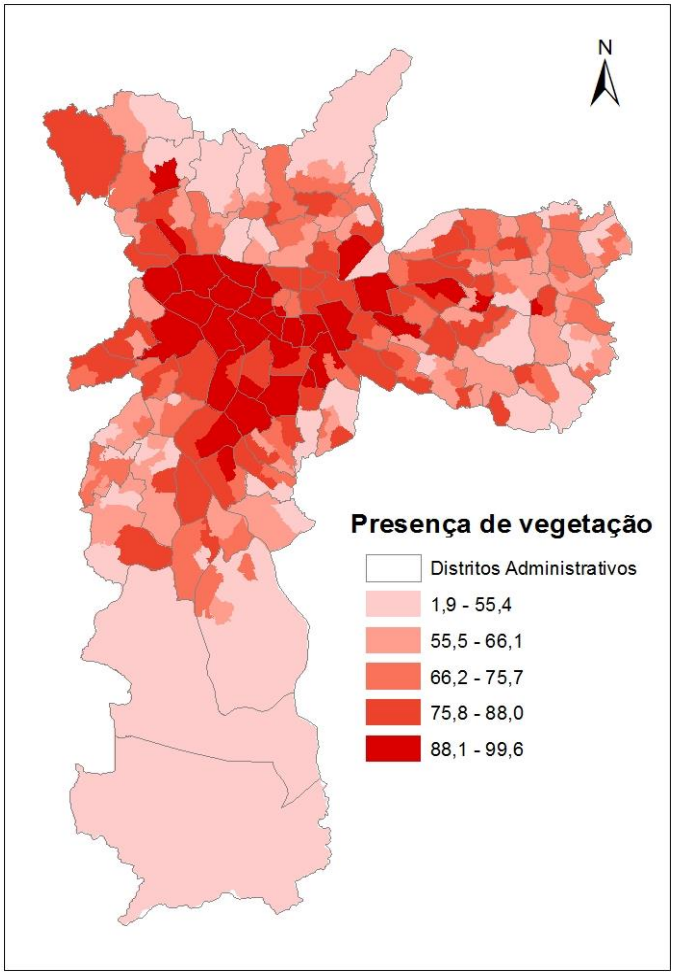
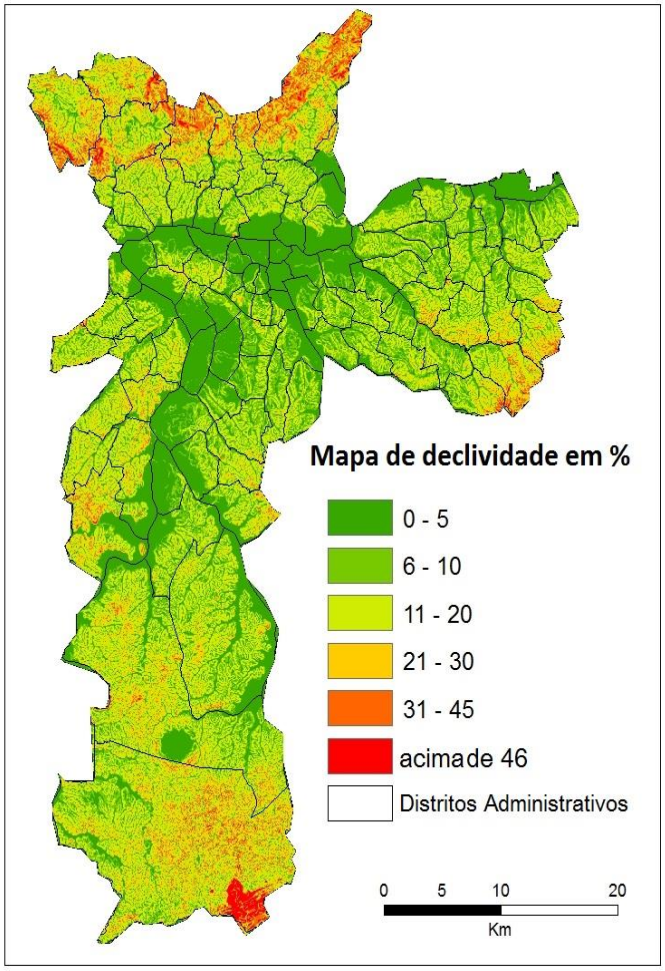


Figura 40: Localização dos parques no municipio de São Paulo.





a) **b)**

Figura 41: a) Mapa da porcentagem de vegetação segundo o censo de 2010 do IBGE; **b)** Mapa da declividade de São Paulo.

Analisando os dados do Censo de 2010, podemos observar algumas variáveis que poderiam contribuir para a atividade física no municipio de São Paulo. Os mapas a seguir (Figura 42) contêm a distribuição da porcentagem da falta de iluminação de rua, calçada e asfalto. Essas variáveis foram escolhidas porque de acordo com estudo de Troped et al. (2001) estas foram identificadas pelos participantes como fatores que influenciam na caminhada e na prática de atividade física.

Nos três mapas seguintes podemos observar que, nos extremos de São Paulo foram observados os maiores valores médios de falta de calçada, iluminação pública e pavimentação.

Dados de renda e porcentagem de pretos (nomenclatura do Censo IBGE 2010) também foram mapeados. A distribuição da população de raça preta está mais concentrada na região periférica do municipio, principalmente nas regiões norte e extremo leste, com porcentagem variando entre 7 e 15% do total da população (Figura 43-a). A região central foi onde se concentraram os menos valores da população preta. A Figura 43-b mostra a distribuição da população com renda per capita de até meio salário minimo por mês. Este valor foi calculado a partir do estudo de Rocha (2006), onde foi calculado um montante considerado o mínimo necessário para atingir o valor nutricional adequado, e conhecer um conjunto de necessidades básicas, como higiene, habitação, educação e etc.

Analisando o mapa da renda per capita percebe-se que o menor percentual de moradores com renda de até meio salário mínimo localiza-se no centro–oeste, e o maior percentual, nas regiões periféricas do município. Em comparação com o mapa do risco relativo observamos, uma esperada, associação entre as áreas mais pobres com as áreas de alto risco relativo por AVC.

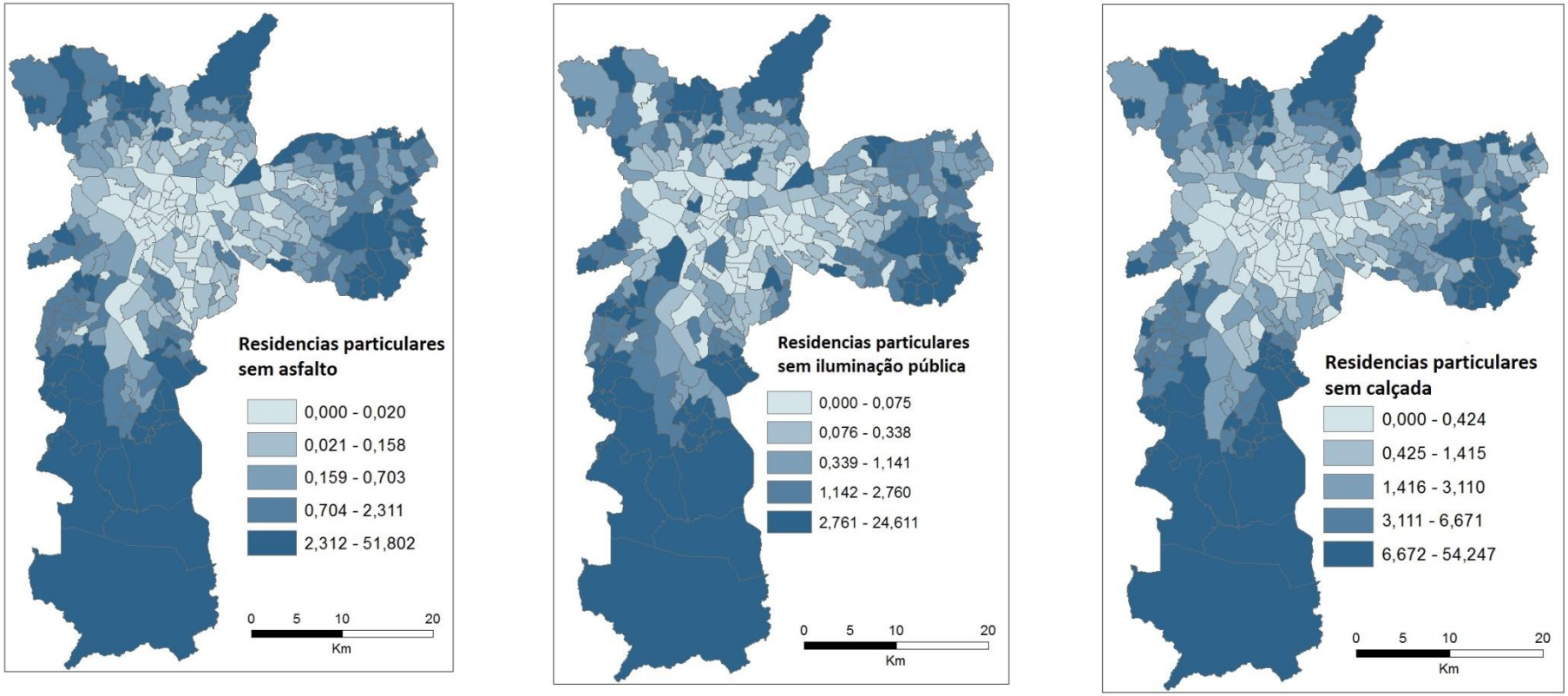
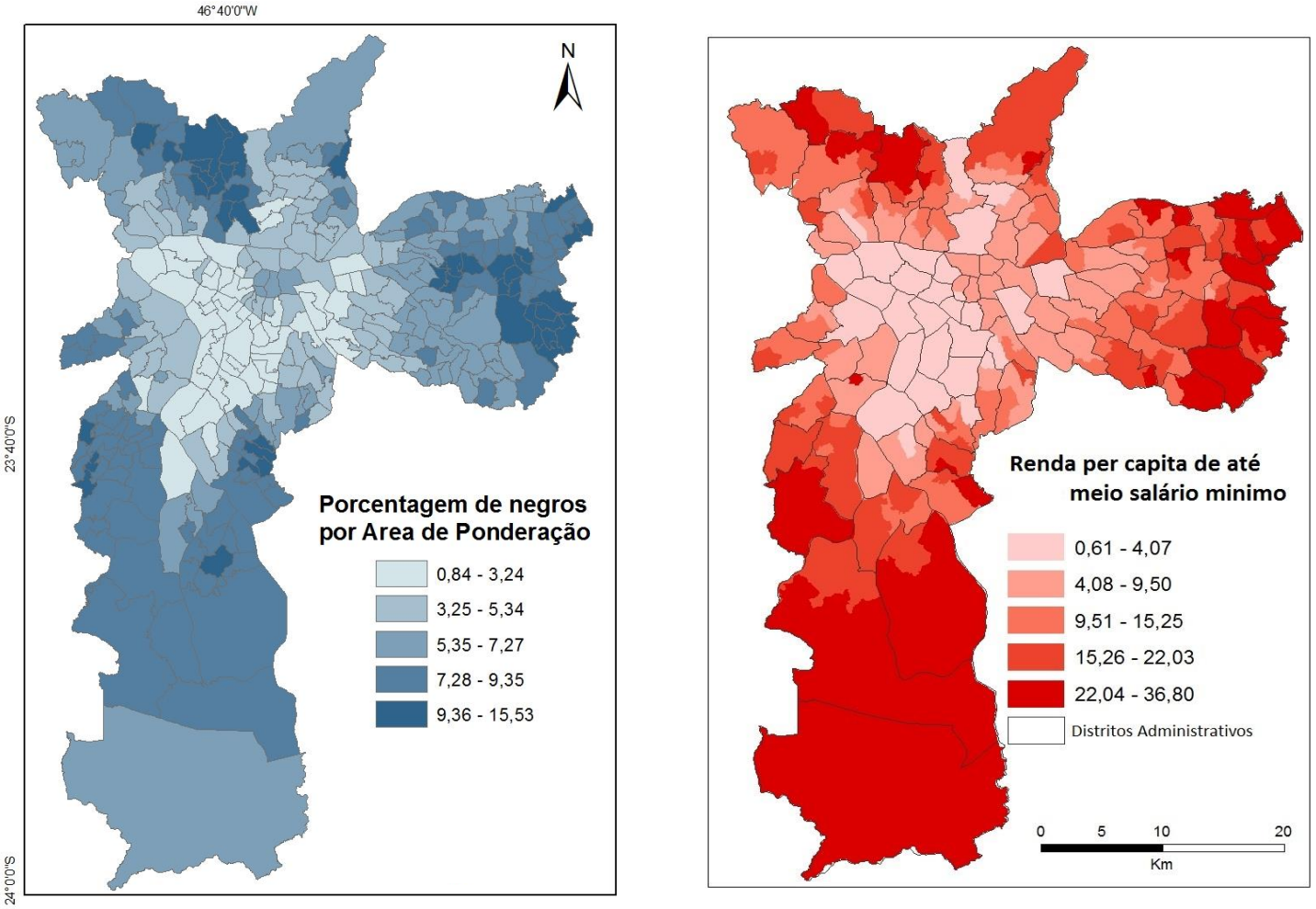


Figura 42: Porcentagem de domicílios particulares permanentes com pavimentação, iluminação pública e calçada por Área de Ponderação no município de São Paulo.



a) **b)**

Figura 43: a) Porcentagem de população de raça preta por Área de Ponderação e **b)** Renda per capita de até meio salário mínimo.

Correlações lineares (Tabela 9) foram feitas entre o risco relativo de mortalidade por AVC e EP com a porcentagem de vegetação, a declividade do terreno, porcentagem da população de raça branca e preta (Censo 2010), ilumunação pública, pavimentação, calçada, renda e renda de até meio salário minimo. Os valores aqui apresentados têm significância estatística (p = 0,05).

A correlação linear entre o risco relativo por AVC e a área verde foi de -0,5, indicando que, quando há mais vegetação o risco de se ter um AVC é menor; com a declividade média o valor de correlação foi de 0,04 indicando praticamente nenhuma relação entre essas variaveis. A porcentagem de brancos e pretos teve o maior valor de correlação (- 0,68 e 0,72 respectivamente) com o RR, bem como as pessoas que ganham até metade de um salário mínimo (0,64). Dentre as variaveis que indicam a infraestrutura da região a presença de calçada obteve o maior valor de r = -0,25. Essas variáveis são indicadores de áreas pobres no município de São Paulo.

Com relação aos valores do risco relativo da mortalidade por EP as variáveis com melhor correlação foram a renda per capita de até meio salário minimo (-0,74) e a porcentagem da população branca e preta (0,73 e -0,62 respectivamente) a porcentagem de vegetação obteve valor de r =0,38, as variáveis de infraestrutura: presença de calçada e pavimentação foram as que melhor se correlacionaram com o RR de embolia pulmonar (0, 29 e 0,21 respectivamente).

Tabela 9: Correlação entre o risco relativo da mortalidade por AVC e a renda per capita, iluminação pública, calçada, área verde,declividade e raças branca e preta

	REL_RISK_EP	*REL_RISK_AVC*	*INCOME*	*PER_CAPITA*	*ILUMINAÇAO*	*PAVIMENTADO*	*CALÇADA*	*GREENNESS*	*SLOPE*	*BRANCO*	*PRETO*
REL_RISK_EP	1.00										
REL_RISK_AVC	-0.51	1.00									
INCOME	-0.02	0.02	1.00								
PER_CAPITA	-0.74	0.64	0.05	1.00							
ILUMINAÇAO	0.16	-0.16	-0.55	-0.33	1.00						
PAVIMENTADO	0.21	-0.17	-0.47	-0.41	0.93	1.00					
CALÇADA	0.29	-0.25	-0.39	-0.51	0.89	0.96	1.00				
GREENNESS	0.38	-0.50	-0.29	-0.61	0.68	0.70	0.75	1.00			
SLOPE	-0.05	0.04	-0.02	0.10	0.09	0.08	0.08	0.05	1.00		
BRANCO	0.73	-0.68	-0.10	-0.93	0.40	0.44	0.53	0.63	-0.07	1.00	
PRETO	-0.62	0.72	-0.03	0.76	-0.18	-0.19	-0.29	-0.53	0.07	-0.85	1.00

Para analisar a contribuição de cada variável, calculou-se uma regressão espacial tendo em conta o risco relativo como variável dependente e como variáveisindependentes: renda per capita, porcentagem da área verde, e porcentagem da população de raça preta.

Foram testadas várias combinações de variáveis independentes levando em conta a colinearidade entre elas e o poder de explicação do modelo tomando como base os critérios de Akaike e Schwarz que avaliam o desempenho do modelo de regressão. Para essa pesquisa foram utilizados os modelos de regressão não espacial Ordinary Least Squares (OLS), o modelo de regressão espacial (lag) e o *Geographically Weighted Regression* (GWR).

5.2.2. Regressão espacial Ordinary Least Squares e Geographically Weighted Regression (OLS e GWR).

A regressão OLS é uma técnica de otimização matemática que procura encontrar o melhor ajuste para um conjunto de dados tentando minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre o valor estimado e os dados observados (tais diferenças são chamadas resíduos). Um requisito para o método dos mínimos quadrados é que o fator imprevisível (erro) seja distribuído aleatoriamente, e que essa distribuição seja normal e independente.

Para calcular a regressão OLS foi utilizado o programa Geoda, onde foram utilizadas como variáveis dependentes em modelos separados os RR da mortalidade por AVC e EP e como variáveis independentes a renda per capita de até maio salário mínimo, porcentagem de vegetação e porcentagem de pretos., A escolha destas variáveis independentes foi feita a partir de testes de colinearidade e de desempenho do modelo.

A figura 44 mostra a saída do modelo OLS clássico para o risco relativo por AVC, sem acrescentar a matriz de peso. O modelo apresentou R^2 ajustado de 54%, onde foram utilizados 306 graus de liberdade.

Para entender melhor os resultados dos demais testes realizados no modelo de regressão, uma breve explicação será feita a seguir.

Na Figura 44, na primeira coluna são mostrados os valores do coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de determinação ajustado, que mostram a qualidade do ajuste do modelo. Basicamente, o coeficiente mostra a capacidade que o modelo teve em explicar os dados observados. Em seguida, aparecem os valores de *Sum squared residual, sigma square e Sigma square ML,* que de acordo com Anselin (2005), é a variância residual e estimativa de erro padrão, ambos com o ajuste para uma perda de graus de liberdade.

A coluna da esquerda contém três medidas que servem para a comparabilidade entre o desempenho e o ajuste dos modelos de regressão espacial. Essas três medidas são baseadas na suposição de normalidade multivariada e a função de probabilidade correspondente para o modelo de regressão padrão (Anselin, 2005).

Quanto maior o *log-likelihood*, melhor o ajuste. Para os critérios de informação de Akaike[2] e Schwarz, a direção é oposta, quanto menor o valor, melhor é o modelo. O SC (Schwarz Criterion) é uma alternativa ao AIC.

Abaixo dos resultados de coeficiente, erro padrão e probabilidade aparecem dados do diagnóstico da regressão. O primeiro item trata do número condição da multicolinearidade. De acordo com Anselin (2005) o valor dessa variável é aceito quando for menor que 30.

[2] O AIC (Akaike Information Criterion) é usado na seleção de modelos: $AIC = \frac{2l}{N} + \frac{2k}{N}$, onde ***k*** é o número de parâmetros estimados, ***n*** é o número de observações é o ***l*** valor do log da verossimilhança usando os ***k*** parâmetros estimados.

```
SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION
Data set            :  AVC_REG
Dependent Variable  :    REL_RISK  Number of Observations:  310
Mean dependent var  :     1.06711  Number of Variables   :    4
S.D. dependent var  :    0.309229  Degrees of Freedom    :  306



R-squared           :    0.548042  F-statistic           :     123.685
Adjusted R-squared  :    0.543611  Prob(F-statistic)     :           0
Sum squared residual:     13.3974  Log likelihood        :     47.0634
Sigma-square        :   0.0437823  Akaike info criterion :    -86.1268
S.E. of regression  :    0.209242  Schwarz criterion     :    -71.1805
Sigma-square ML     :   0.0432174
S.E of regression ML:    0.207888



----------------------------------------------------------------------
     Variable    Coefficient     Std.Error    t-Statistic   Probability
----------------------------------------------------------------------
    CONSTANT      0.7340393       0.075932       9.667062    0.0000000
  PER_CAPITA   0.005402919    0.002230981       2.421769    0.0160262
   GREENNESS  -0.002580372     0.00107476      -2.400882    0.0169524
       NEGRA    0.06114113    0.006649499       9.194847    0.0000000
----------------------------------------------------------------------



REGRESSION DIAGNOSTICS
MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER   14.993042
TEST ON NORMALITY OF ERRORS
TEST                  DF          VALUE            PROB
Jarque-Bera            2           6.633411        0.0362721
```

Figura 44: Diagnóstico da regressão OLS clássica para o risco relativo por AVC.

O teste Jarque-Bera utiliza como parâmetros os coeficientes de curtose e assimetria, onde é testada a normalidade dos erros do modelo.

Na figura 45, foram calculados os testes *Breush Pagan* e *Koenker Basset,* que são utilizados para testar a hipótese nula de que as variâncias dos erros são iguais (homoscedasticidade) versus a hipótese alternativa. É indicado para grandes amostras e quando a suposição de normalidade nos erros é assumida.

Os testes para heterocedasticidade dos erros padrão dos dados foram testados mostrando serem significativos, portanto positivo para heterocedasticidade. De acordo com Gujarati (2011) a heterocedasticidade não destrói as propriedades de não tendenciosidade e de consistência dos estimadores do modelo, no entanto pode comprometer a eficiência se não houver medidas corretivas.

Ainda na figura 45, o diagnóstico para dependência espacial pela matriz de peso também é apontado e como pode ser observado o valor de I de Moran é significativo (probabilidade menor do que 0,05) mostrando que os dados possuem dependência espacial, com sugestão da aplicação do modelo de lag espacial devido ao menor valor de probabilidade.

```
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST                    DF          VALUE            PROB
Breusch-Pagan test       3           62.88504        0.0000000
Koenker-Bassett test     3           47.32372        0.0000000
SPECIFICATION ROBUST TEST
TEST                    DF          VALUE            PROB
White                    9           50.77313        0.0000001


DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
FOR WEIGHT MATRIX : avccont.gal
   (row-standardized weights)
TEST                            MI/DF       VALUE           PROB
Moran's I (error)            0.135691     4.1750392       0.0000298
Lagrange Multiplier (lag)        1       23.8415516       0.0000010
Robust LM (lag)                  1        9.5739424       0.0019736
Lagrange Multiplier (error)      1       14.7733493       0.0001212
Robust LM (error)                1        0.5057401       0.4769888
Lagrange Multiplier (SARMA)      2       24.3472917       0.0000052
```

Figura 45: Diagnóstico da regressão OLS com matriz de peso espaciais para o risco relativo por AVC.

A figura 46 mostra os resultados do modelo de lag espacial utilizando a matriz *queen* de peso espaciais. Verificando os valores dos testes de eficiência do modelo observa-se uma melhora do desempenho com relação ao modelo anterior (Figura 34), isso é fácil concluir pelos valores do *log likelihood* e dos critérios de Akaike e Schwarz.

```
SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL LAG MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
Data set            : AVC_REG
Spatial Weight      : avccont.gal
Dependent Variable  :    REL_RISK  Number of Observations:  310
Mean dependent var  :     1.06711  Number of Variables   :    5
S.D. dependent var  :    0.309229  Degrees of Freedom    :  305
Lag coeff.   (Rho)  :    0.334656



R-squared           :    0.588243  Log likelihood        :     57.9954
Sq. Correlation     : -            Akaike info criterion :    -105.991
Sigma-square        :   0.0393733  Schwarz criterion     :     -87.308
S.E of regression   :    0.198427


-----------------------------------------------------------------------
    Variable    Coefficient     Std.Error    z-value      Probability
-----------------------------------------------------------------------
  W_REL_RISK     0.3346563     0.06784708       4.932509    0.0000008
    CONSTANT     0.5210527     0.08495485       6.133289    0.0000000
  PER_CAPITA   0.001877325    0.002166412      0.8665599    0.3861831
   GREENNESS  -0.002705667    0.001019251      -2.654563    0.0079412
       NEGRA    0.04698769    0.007139364       6.581496    0.0000000
-----------------------------------------------------------------------


REGRESSION DIAGNOSTICS
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST                                    DF     VALUE         PROB
Breusch-Pagan test                      3       66.41709     0.0000000
```

Figura 46: Diagnóstico da regressão espacial com matriz de peso espaciais para o risco relativo por AVC.

Para resolver o problema da heterocedasticidade foi aplicado o modelo GWR que é um método de regressão espacial local com o pressuposto de que o espaço é heterogêneo ou não-estacionário e a relação entre as variáveis dependentes e independentes assume padrões mais ou menos regionalizados. O modelo realiza uma regressão local para cada unidade de análise levando em conta os vizinhos com base num Kernel fixo ou adaptativo. Deste modo busca tratar a questão da dependência espacial (autocorrelação espacial) com uma abordagem global através da inserção de parâmetros na regressão linear simples.

Os resultados da regressão GWR encontram-se na Tabela 10 e os mapas do R^2 local, coeficientes das variáveis independentes e resíduo padrão nas figuras 37 e 38. Analisando os resultados da regressão GWR o modelo apresentou melhor desempenho em relação às regressão OLS e a de lag espacial, onde o valor do AIC

e Schwarz foram menores e o coeficiente de determinação teve um ligeiro aumento (0,59).

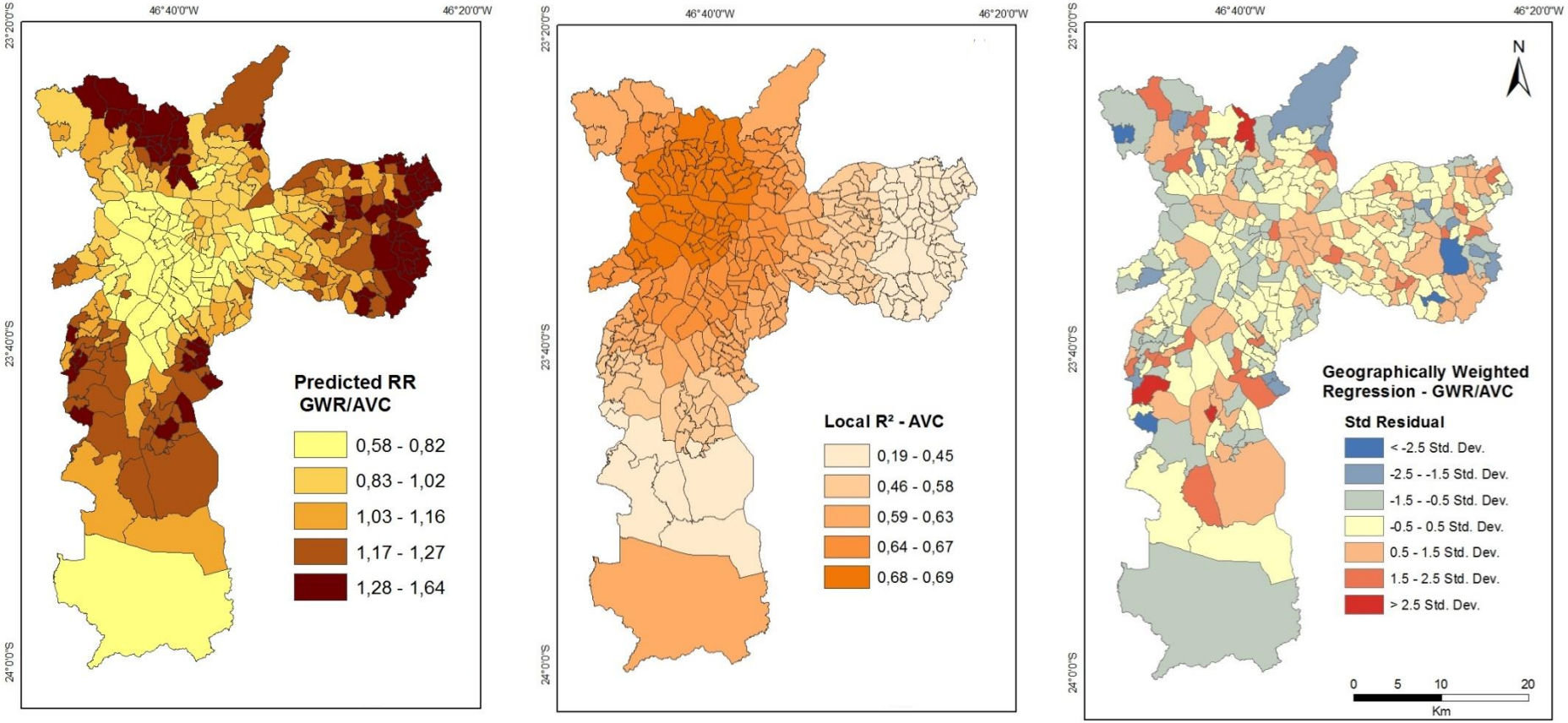
Tabela 10: Resultado da regressão GWR para a mortalidade por AVC.

VARNAME	VARIABLE	DEFINITION
Bandwidth	13346.91658630000	
ResidualSquares	11.37582008330	
EffectiveNumber	19.00107633090	
Sigma	0.19771775294	
AICc	-112.48417463500	
R2	0.61623935694	
R2Adjusted	0.59250007797	
Dependent Field	0.00000000000	REL_RISK
Explanatory Field	1.00000000000	GREENNESS
Explanatory Field	2.00000000000	PER_CAPITA
Explanatory Field	3.00000000000	negra

Interpretando os resultados da regressão pelos mapas, os valores preditos do RR por AVC são maiores nas regiões Leste e Norte de São Paulo e as regiões centro oeste com baixo risco relativo (Figura 47-a).

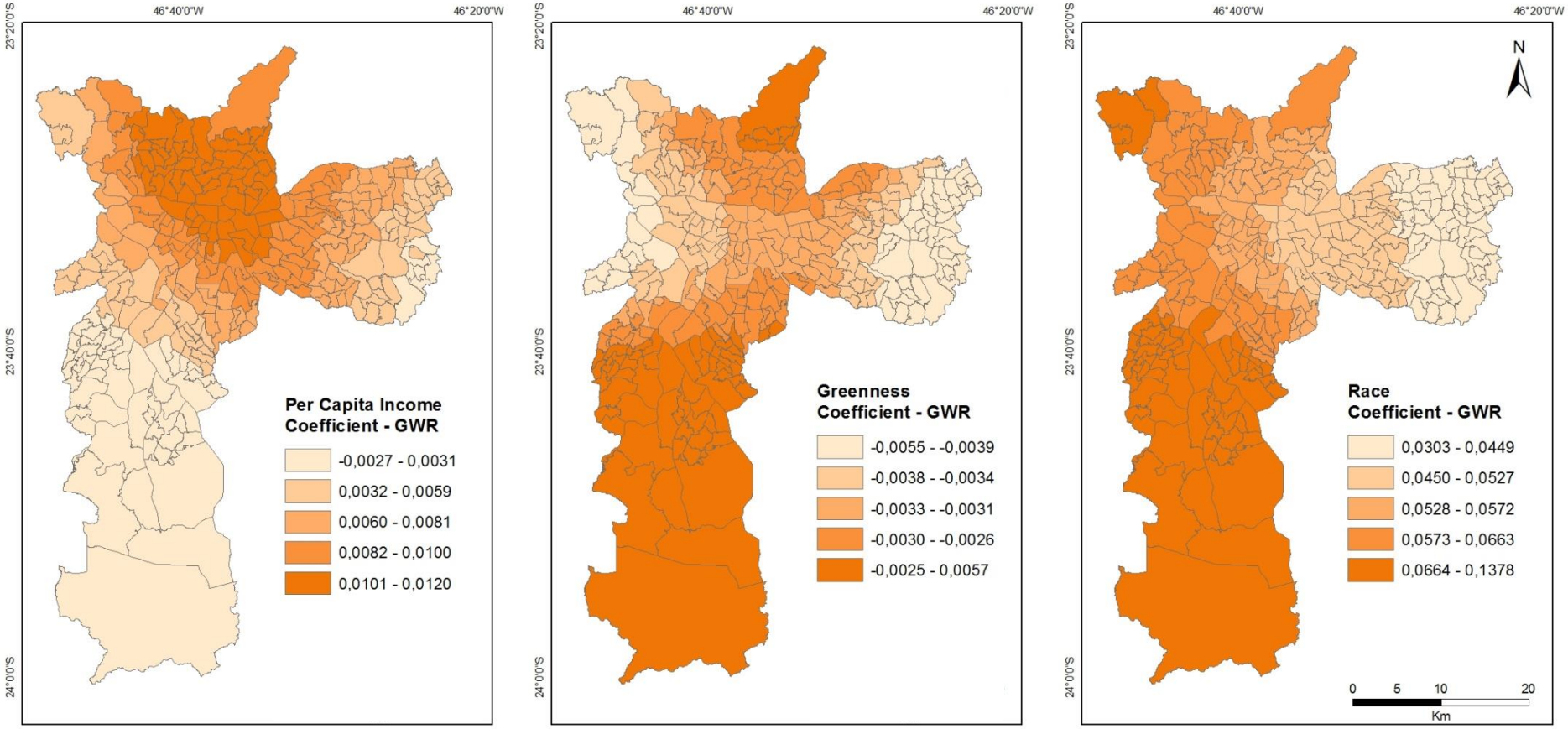
Com relação ao mapa de R^2 local (Figura 47-b), as regiões noroeste e centro foram as areas que tiveram melhor explicação sendo a região leste com menor e maior variação no coeficiente de determinação. No mapa de resíduos, nenhum padrão espacial foi encontrado, como já se esperava (Figura 47-c).

Observamos que o coeficiente da renda per capita apresentou maior poder explicativo em alguns distritos da região centro- norte do município (Figura 48-a), já a vegetação teve maior capacidade explicativa nas regiaões norte e extremo sul (Figura 48-b) e a porcentagem da população preta, nas regiões noroeste e sul Figura 48-c).



a) **b)** **c)**

Figura 47: a) Mapa do Risco relativo previsto; **b)** Valor de R^2 local e **c)** Residuo padrão do modelo GWR para a mortalidade por AVC.



a) **b)** **c)**

Figura 48: a) Mapa do coeficiente da Renda per capita; b) Coeficiente de vegetação e c) Coeficiente de raça preta para a mortalidade por AVC.

Para os valores do RR da mortalidade por embolia pulmonar, os modelos também foram gerados. A Figura 49 mostra o diagnóstico da regressão OLS clássica, sem pesos espaciais também utilizando as variáveis independentes renda per capita, vegetação e porcentagem da população preta. O coeficiente de determinação (R^2) ajustado para esse modelo foi de 0,55 e foram utilizados 306 graus de liberdade. Os parametros de Akaike e Schwarz foram 570 e 585 respectivamente. Os valores dos testes de multicolineariadade e de normalidade para os resíduos foram satisfátorios.

```
Regression
SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION
Data set            :  avc_ep
Dependent Variable  :  REL_RISK_E  Number of Observations:  310
Mean dependent var  :      1.2466  Number of Variables   :    4
S.D. dependent var  :    0.905165  Degrees of Freedom    :  306



R-squared           :    0.561272  F-statistic           :      130.49
Adjusted R-squared  :    0.556971  Prob(F-statistic)     :           0
Sum squared residual:     111.433  Log likelihood        :    -281.283
Sigma-square        :    0.364159  Akaike info criterion :     570.565
S.E. of regression  :    0.603456  Schwarz criterion     :     585.512
Sigma-square ML     :    0.359461
S.E of regression ML:     0.59955


----------------------------------------------------------------------
     Variable    Coefficient     Std.Error    t-Statistic   Probability
----------------------------------------------------------------------
    CONSTANT       2.907334      0.2189884        13.2762    0.0000000
  PER_CAPITA   -0.07096518    0.006434163      -11.02943    0.0000000
   GREENNESS   -0.00765517    0.003099615      -2.469716    0.0140673
       NEGRA   -0.05319883      0.0191772      -2.774066    0.0058762
----------------------------------------------------------------------


REGRESSION DIAGNOSTICS
MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER   14.993042
TEST ON NORMALITY OF ERRORS
TEST                  DF          VALUE            PROB
Jarque-Bera            2           74.03532        0.0000000
```

Figura 49: Diagnóstico da regressão OLS clássica para o risco relativo por EP.

A Figura 50 mostra o diagnóstico de heterocedasticidade e para dependência espacial, os testes Breusch Pagan e Koenker Basset foram significativos, indicando que as relações entre variável resposta e variáveis explicativas são não

estacionárias, o que sugere que a aplicação do modelo GWR melhoraria o poder de explicação e a eficácia do modelo.

O teste de autocorrelação espacial dos resíduos da regressão OLS foi significativo e teve valor igual a 0,16 (coeficiente I de Moran). O resultado do teste de Lagrange indicou a aplicação do modelo de lag espacial.

```
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST                    DF          VALUE            PROB
Breusch-Pagan test       3           63.80247        0.0000000
Koenker-Bassett test     3           33.48592        0.0000003
SPECIFICATION ROBUST TEST
TEST                    DF          VALUE            PROB
White                    9           62.42451        0.0000000
```

```
DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
FOR WEIGHT MATRIX : avccont.gal
   (row-standardized weights)
TEST                          MI/DF       VALUE          PROB
Moran's I (error)           0.169935     5.1647988      0.0000002
Lagrange Multiplier (lag)       1       24.8993039      0.0000006
Robust LM (lag)                 1        3.0164065      0.0824259
Lagrange Multiplier (error)     1       23.1708408      0.0000015
Robust LM (error)               1        1.2879434      0.2564273
Lagrange Multiplier (SARMA)     2       26.1872473      0.0000021
```

Figura 50: Diagnóstico da regressão OLS com matriz de peso espaciais para o risco relativo por EP.

Rodado então o modelo de lag espacial, figura 51, notamos uma melhora do poder explicativo do modelo em 5% (0,60). Essa melhora foi consistente já que houve queda nos valores dos critérios de Akaike e Schwarz (249 e 268, respectivamente).

```
wRegression
SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL LAG MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
Data set              : avc_ep
Spatial Weight        : avccont.gal
Dependent Variable    :  REL_RISK_E  Number of Observations:  310
Mean dependent var    :       1.2466  Number of Variables   :    5
S.D. dependent var    :     0.905165  Degrees of Freedom    :  305
Lag coeff.   (Rho)    :     0.337693


R-squared             :     0.602059  Log likelihood        :    -269.734
Sq. Correlation       : -             Akaike info criterion :     549.467
Sigma-square          :     0.326043  Schwarz criterion     :      568.15
S.E of regression     :     0.571002

------------------------------------------------------------------------
    Variable    Coefficient     Std.Error    z-value      Probability
------------------------------------------------------------------------
W_REL_RISK_E     0.3376932     0.06669466       5.063271    0.0000004
    CONSTANT      1.966882      0.2821766       6.970391    0.0000000
  PER_CAPITA   -0.05109335    0.007203746      -7.092608    0.0000000
   GREENNESS  -0.005042271    0.002992243      -1.685114    0.0919665
       NEGRA   -0.03407885     0.01863084      -1.829163    0.0673750
------------------------------------------------------------------------


REGRESSION DIAGNOSTICS
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST                                    DF     VALUE         PROB
Breusch-Pagan test                      3       69.31385     0.0000000


DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
SPATIAL LAG DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : avccont.gal
TEST                                    DF      VALUE        PROB
Likelihood Ratio Test                   1       23.09792     0.0000015
```

Figura 51: Diagnóstico da regressão espacial com matriz de pesos espaciais para o risco relativo por EP.

Como os testes para identificar heterocedasticidade nos resíduos do modelo foram significativos, o modelo GWR foi utilizado para tentar solucionar esse problema. O diagnóstico do modelo encontra-se na Tabela 11.

O coeficiente de determinação teve uma ligeira queda (57,7%) e o valor do criterio de Akaike aumentou (564) quando comparado ao modelo de lag espacial, o que indica que o modelo anterior é mais eficaz.

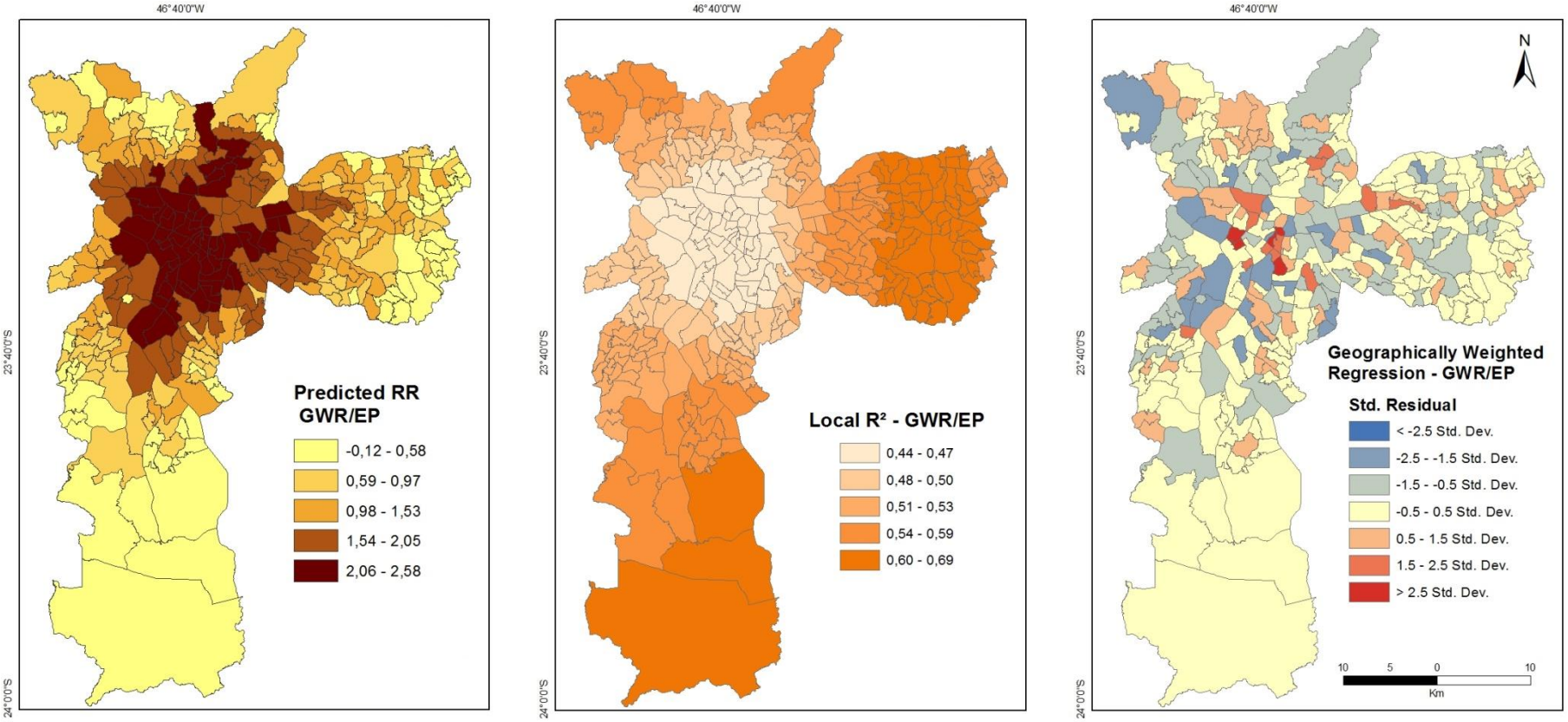
Tabela 11: Resultado da regressão GWR para a mortalidade por EP.

VARNAME	VARIABLE	DEFINITION
Bandwidth	13346.91658630000	
ResidualSquares	101.05151158200	
EffectiveNumber	19.00107633090	
Sigma	0.58928544693	
AICc	564.59933232200	
R2	0.60214466550	
R2Adjusted	0.57753349459	
Dependent Field	0.00000000000	REL_RISK_E
Explanatory Field	1.00000000000	PER_CAPITA
Explanatory Field	2.00000000000	GREENNESS
Explanatory Field	3.00000000000	NEGRA

No entanto os mapas resultante da regressão geograficamente ponderada serão mostrados a seguir.

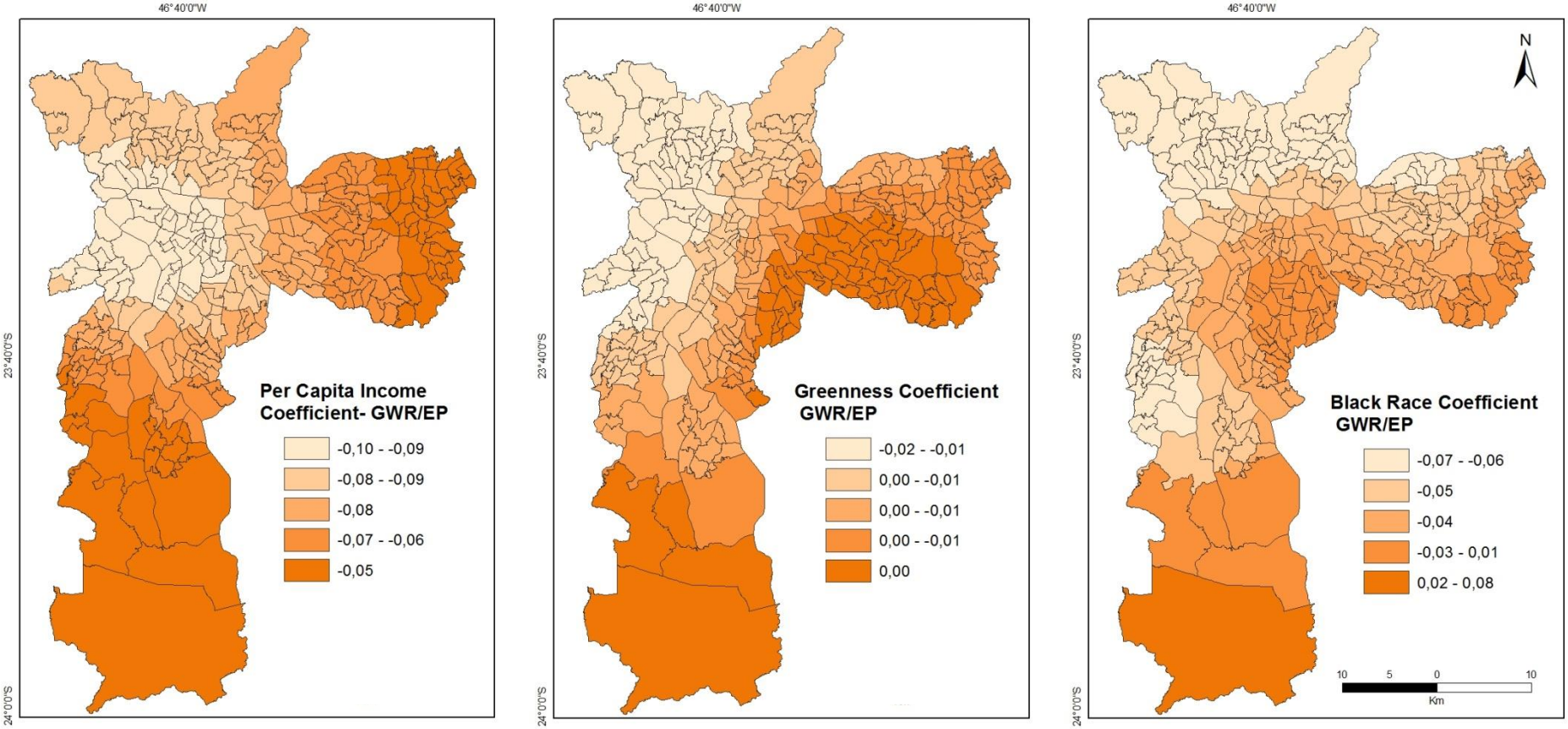
A Figura 52-a mostra os riscos relativos previstos pelo modelo GWR, assim como os valores observados. Os riscos mais altos estão localizados na região central do município e os mais baixos, nas regiões periféricas. Com relação à distribuição, o modelo teve um bom desempenho, no entanto os valores altos foram subestimados. O mapa do R^2 local mostrou que as regiões extremo leste e sul contribuíram com um popder de explicação maior do que as demais regiões do município. No mapa dos residuos padronizados não foi encontrado nenhum padrão espacial.

Na figura 53, verificamos que os coeficientes das variáveis independentes renda per capita, vegetação e distribuição da população preta, de maneira geral, apresentou maior capacidade explicativa nas regiões sul e leste.



a) **b)** **c)**

Figura 52: a) Mapa do Risco relativo previsto; b) Valor de R^2 local e c) Residuo padrão do modelo GWR para a mortalidade por EP.



a) **b)** **c)**

Figura 53: a) Mapa do coeficiente da Renda per capita; b) Coeficiente de vegetação e c) Coeficiente de raça preta para a mortalidade por EP.

5. DISCUSSÃO

É indiscutível que a temperatura das cidades vem aumentando e com a cidade de São Paulo não é diferente. Desde 1994 as anomalias de temperatura máxima são positivas e desde 1976 para a temperatura mínima. Essa alteração no padrão de temperatura pode impactar de diferentes formas a mortalidade por doenças crônicas. Dessa maneira, o objetivo dessa pesquisa foi trabalhar com a hipótese de que as doenças AVC e EP podem ser influenciadas pela temperatura do ar.

A partir da análise descritiva dos desfecho coletados, notou-se que um número maior de óbitos eram registrados nos meses de inverno e quando agrupados por estação do ano o aumento ficou ainda mais evidente nos meses de inverno e em seguida ,pela estação da primavera.

Para avaliar se o Indice Climático ENOS – El Niño Oscilação Sul, teve relação com os desfechos escolhidos foi desenvolvido, na escala mensal, um modelo de regressão múltipla. Com os resultados do modelo podemos concluir que a TSM das regiões do Niño apresentaram uma explicação significativa na mortalidade. Com esse resultado a análise deu lugar às variáveis meteorológicas, já que a TSM é apenas um fator de influência direta para esses parâmetros.

Utilizando a técnica de series temporais avaliamos a associação entre temperatura média e a mortalidade por doenças do aparelho circulatorio (AVC e EP) no município de São Paulo com uma serie temporal de 10 anos (2002-2011). Depois de controlar a série para poluição (MP10 e O3) e umidade relativa, a temperatura média mostrou estar associada com a mortalidade por AVC e EP. Esse tipo de metodologia para analisar a relação entre doença e variáveis ambientais vem sendo empregada amplamente no mundo acadêmico (BARNETT et al, 2010; GASPARRINI, 2012; YANG et al, 2012; GASPARRINI e ARMSTRONG, 2013; WANG et al, 2014).

A análise temporal revelou que tanto o frio quanto o calor são fatores de risco para todos os tipos de AVC e EP, com risco maior, dependendo da doença e faixa

etária, em homens e mulheres. Esse resultado foi condizente com o encontrado por Gonçalves et al. (2007), que analisaram a influência da temperatura e poluentes nas doenças cardiovasculares na região metropolitana de São Paulo de 1996 a 2000.

A modelagem com o uso de defasagem temporal ou lag mostrou que o RR se mantem alto com o frio para até 21 dias de exposição para desfechos estudados. Já para o calor, o RR é alto para os primeiros dias (0 a 2 dias) indicando que elevadas temperaturas pode ter um efeito imediato na mortalidade. Sabendo que o AVC é a principal causa de incapacidade no mundo, promotores públicos de saúde podem usar esta informação para estimular comportamentos preventivos para redução do número de óbitos e sequelas, especialmente entre a população vulnerável.

Nossos resultados mostraram que há aumento do risco da mortalidade com o frio e no inverno. Essas implicações são consistentes com estudos anteriores que consideraram os tipos de AVC separadamente (JIMENEZ CONDE et al. 2008, WANG et al. 2009, ARTHUR and WALTERS, 2010 e GOGGINGS et al. 2012).

Estudos futuros monstram-se necessários a partir da interdisciplinaridade entre medicina e meteorologia, para entender como o calor e o frio atuam de forma diferenciada em homens e mulheres, e descobrir quais são os mecanismos que essas variáveis meteorológicas disparam no organismo.

A análise espacial revelou que os valores mais elevados do RR da mortalidade por AVC estavam concentrados nas regiões periféricas do município de São Paulo, coincidindo com as áreas de menor renda per capita e vegetação e maior porcentagem de população preta. Já com relação à distribuição espacial dos altos valores de RR por EP, esses estavam distribuídos principlamente na região central do municipio. Este fato foi surpeendente já que era esperado que a distribuição fosse semelhante ao do RR por AVC, por esses dois tipos de doenças terem origem vascular. Como a população menos vulnerável quase não é encaminhada ao Serviço de Verificação de Óbitos da capital, ligado ao Hospital das Clínicas da Universidade de São Paulo, não se pode atribuir o menor risco relativo de mortalidade por EP à deficiência do serviço de autópsia. Outras hipóteses podem ser levantadas e estudadas de forma mais aprofundada. Entre elas poderiam ser

levantadas hipóteses relacionadas ao ambiente (ilhas de calor na porção mais central, poluição ou fatores de risco relacionados ao estilo de vida).

Espacialmente as variáveis renda per capita, área verde e porcentagem da população de raça preta foram as que mostraram a maior correlação com risco relativo da mortalidade por AVC e EP.

A aplicação do modelo OLS, sem peso espacial, mostrou que mais de 54% da variação do risco relativo de mortalidade por AVC foi explicado por estas três variáveis socioeconômicas e ambientais. Já utilizando a matriz de peso e o modelo de lag espacial. houve melhora significativa no modelo (R^2 = 58%) havendo problemas apenas com a heterocedasticidade, que foi resolvido com a aplicação do modelo GWR melhorando assim o poder de explicação (60%).

Já para a EP, o modelo OLS clássico teve poder explicativo de 55%, com a adição da matriz de peso e o método de lag espacial o poder de explicação foi de 60%. No entanto, quando foi feito o modelo GWR, o desempenho do modelo caiu e registrou valores maiores para os critérios de Akaike e Schwarz.

Nosso estudo foi o primeiro a estudar espacialmente a associação entre o risco relativo por AVC e a presença de vegetação. A presença de vegetação e áreas verdes vem constantemente sendo abordada por cientistas no mundo afora. A melhora que os parques e a vegetação podem trazer para a saúde fisica e mental, vem cada vez mais sendo provada cientificamente (VILLENUEVE et al., 2012; MILES, COUTTS e MOHAMADI, 2011; PEREIRA et al., 2012; BELL et al., 2008; SUGYIAMA et al., 2008; GRIGSBY-TOUSSAINT et al., 2011).

Uma das grandes limitações do trabalho, o que também é encontrado em diversos estudos da temática é o limitado número de estações meteorológicas ou registros pontuais de temperatura, o que pode não representar fielmente a temperatura que as pessoas estavam expostas.

6. CONCLUSÃO

O município de São Paulo, apesar de se localizar em uma região tropical, mostrou ter clara influência da temperatura na mortalidade por AVC e EP.

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

Esse tipo de informação é muito importante para os agentes e orgãos de saúde competentes, onde com esse conhecimento, podem atuar na divulgação e conscientização da população, principlamente nas mais sucetiveis, sobre os perigos que o AVC causa na população de baixa renda e negra.

Nos últimos anos os extremos de temperatura têm permanecido cada vez mais frequentes no município onde alguns eventos acabam evoluindo para episódios de ondas de calor e frio. Nos verões de 2012 e 2013, a Alta Subtropical do Atlântico Sul provocou um bloqueio atmosférico que durou semanas e resultou no aumento na mortalidade do município. Nas últimas semanas do outono de 2016, a mesma região de alta pressão fez com que o ar frio proveniente da região Sul permanecesse por semanas sob o Estados das regiões Sudeste, causando desconforto na população que não vinha sofrendo com baixas temperaturas, como as registradas, desde 1994.

Esses episódios devem ser estudados futuramente juntamente com os dados de admissões em hospitais tanto para doenças respiratorias como para cardiovasculares para melhorar o entendimento pela comunidade cientifica e alertar a população geral dos riscos que os eventos extremos causam à saude, uma vez que já é sabida as consequências do frio e do calor na mortalidade.

Concluindo, a nossa pesquisa gerou grande quantidade de resultados que mostraram que tanto as variáveis ambientais quanto as socioeconômicas têm influência na mortalidade por algumas doenças do aparelho circulatório. Tendo em vista que o atendimento de urgência para os casos de AVC e EP pode evitar óbitos e sequelas graves, a melhor compreensão da importância do contexto geográfico

pode permitir o desenvolvimento de sistemas de alerta junto aos serviços de atendimento de urgência e o direcionamento de campanhas para a prevenção dos fatores de risco evitáveis.

7. REFERÊNCIAS

Academia Brasileira de Neurologia. Disponível em http://www.cadastro.abneuro.org/site/ <Acessado em 22 de agosto de 2013>.

ANSELIN, L.; BERA, N. **Spatial dependence in linear regression models with an introduction to spatial econometrics.** IN. Handbook of applied economic statistics. Marcel Dekker, 1998.

ANSELIN, L. **Spatial Regression Analysis in R: A Workbook**. Center for Spatially Integrated Social Science. 2005.

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.

BANDO, D. **Sazonalidade, efemérides e a mortalidade por doença coronariana, AVC, insuficiência cardíaca, acidente de transporte, suicídio e homicídio na cidade de São Paulo, 1996 a 2009**. Tese de doutorado – Faculdade de Medicina - Universidade de São Paulo, 2012.

BARBOSA, G.C. **O modelo aditivo generalizado e a técnica de bootstrap: Uma associação entre o número de atendimento hospitalares por causas respiratórias e a qualidade do a**r. [Dissertação de Mestrado] Espirito Santo, Universidade Federal do Espirito Santo, 2009.

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.

BASSANESI, S.L., AZAMBUJA, M.I., ACHUTTI, A. Premature Mortality due to Cardiovascular Disease and Social Inequalities in Porto Alegre: from Evidence to Action. **Arq Bras Cardiol** 2008; 90(6): 370-379.

BEDIMO, A. L.; MOWEN, A. J.; COHEN, D. A. The significance of parks to physical activity and public health: A conceptual model. **American Journal of Preventive Medicine**.V. 28 2005, 159–168.

BELL, J. F.; WILSON, J.S.; LIU, G.C. Neighborhood Greenness and 2-Year Changes in Body Mass Index of Children and Youth. **American Journal Prevent Medicine**, 2008.

BENNETT, S. Socioeconomic Inequalities in coronary heart disease and stroke mortality among Australian men, 1979-1993. **Internacional Journal of Epidemiology** 2006, 25(2):266-275.

BOULAY, F.; BERTHIER, F.; SCHOUKROUN, G.; RAYBAUT, C.; GENGREIKE, Y.; BLAIVE, B. Seasonal variation in hospital admission for deep vein thrombosis an pulmonary embolism: analysis of discharge data. **British Medical Journal** 2001, 323:601-602.

BRAGA, A.; ZANOBETTI, A.;SCHWARTZ, J. The effect of weather on respiratory and cardiovascular daths in 12 U.S cities. **Environmental Health Perspectives**. v,110. N.9, 2002.

BRAGA, A.; PEREIRA, L.; PROCOPIO, M.; ANDRE, A.; SALDIVA, P. Associação entre poluição atmosferica e doenças respiratorias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, n.23, 2007.

Brasil. Ministério da Saúde. INCA. **Por um mundo livre do tabaco - Ação Global para o controle do Tabaco: 1º Tratado Internacional de Saúde** Pública. 2ª ed. Rio de Janeiro:INCA, 2003.

CAPON, A.; DEMEURISSE, G.; ZHENG, L. Seasonal variation of cerebral hemorrhage in 236 consecutive cases in Brussels. **Stroke** 1992**,** 23:24-27.

CARDOSO, A.O.; SILVA DIAS, P. L. Variabilidade da TSM do Atlântico e Pacifico e temperatura na cidade de São Paulo no inverno**. Revista Brasileira de Meteorologia** 2004, 19(3):307-324.

CHARLTON, M.; FOTHERINGHAM, S. Geographically Weighted Regression. **White Papper**, 2009.

CLAUSS, R.; MAYES, J.; HILTON, P.; LAWRENSON, R. The influence of weather and enviroment on pulmonary embolism: pollutants and fossil fuels**. Medical Hypotheses** 2005. 64:1198-1201.

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.

CONCEIÇÃO, G.; SALDIVA, P.; SINGER,J. Modelos MLG e MAG para análise da associação entre poluição atmosférica e marcadores de morbi-mortalidade: uma introdução baseada em dados da cidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Epidemiologia**. v,4. N.2, 2001.

CONFALONIERI, U. E. C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. **Terra Livre**, São Paulo, v. 19-I, n. 20, p. 193-204, 2003.

COX AM, MCKEVITT C, RUDD AG, WOLF CDA. Socioeconomic status and stroke. **The Lancet Neurol** 2006; 5:181–88.

COWPERTHWAITE, M.C.; BARNETT, M. G. An analysis of admissions from 155 United States hospitals to determine the influence of weather on stroke incidence. **Journal of Clinical Neuroscience** 2011, 18:618-623.

DOMINICI, F.; MCDERMOTT, A.; ZEGER, S. L.; SAMET, J.M. On the use of generalized additive models in time series studies of the air pollution and health. American Journal of Epidemiology. V,156. N.3, 2002.

DRUMOND, M. Desigualdades socioespaciais na mortalidade do adulto no município de São Paulo. **Revista Brasileira de Epidemiologia** 1999, 2(1/2):34-49.

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.

ESTEVES, C. J. O. Risco e vulnerabilidade socioambiental. Cad. **IPARDES**. Curitiba, PR, eISSN 2236-8248, v.1, n.2, p. 62-79, jul./dez. 2011.

EVERS, S. M. A. A. et al. International Comparison of Stroke Cost Studies. **Stroke**, 2004;35:1209-1215.

FIELD, T.; HILL, M. Weather, Chinook , and Stroke. **Stroke** 2002**,** 33:1751-1758.

FREITAS, C.; BREMNER, S.; GOUVEIA, N.; PEREIRA, L.; SALDIVA, P. Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997. Revista de Saúde Publica. v.6, 2004.

GALOBARDES, B.; SHAW, M.; LAWLOR, D.; LYNCH, J.; SMITH, G. Indicators of socioeconomic position (part1 e 2). **Journal of epidemiology Community Health** 2006, 60:95-101.

GASPARRINI, A.; ARMSTRONG, B.; KENWARD, M.G. Distributed lag non-linear models. **Statistic in medicine**. V.29; 2224-2234, 2010.

GASPARRINI, A. Distributed lag linear and non-linear models in R: The package DLMN, **Journal of Statistical Software**. V.43, 2011.

GASPARRINI, A.; ARMSTRONG, B.; Reducing and meta-analysing estimates from distributed lag non-linear models. **Medical Research Methodology** 2013.

GASPARRINI, A. Modelling exposure lag response associations with distributed lag non-linear models. **Statistic in medicine**. V.33; 881-899, 2014.

GASPARRINI, A. Distributed lag linear and non-linear models for time series data. **London School of Hygiene and Tropical Medicine**, 2014.

GIUA, A; MOHAMMED, A.A; MURGIA, N; COREA, F. Climate and Stroke: a controversial association. **Internacional Journal Biometeorology** 2010, 54:1-3.

GOGGINS, W. B.; WOO, J.; HO, S. Weather, season, and daily stroke admissions in Hong Kong. **International Journal of Biometeorology**, n.56; 865-872, 2012.

GONÇALVES, F.; COELHO, M. Variação da morbidade de doenças de doenças respiratórias em função da variação da temperatura entre os meses de abril e maio em São Paulo. **Revista do Centro de Ciencias Naturais e Exatas.** v.32, n.1, 2010.

GREEN, J.; EDWARDS, C. Seasonal variation in the necropsy incidence of massive pulmonary embolism. **Journal Clinical Pathology** 1994, 47:58-60.

GRIGSBY TOUSSAINT, D.; CHI, S.; FIESE, B. H. Where they live, how they play: Neighborhood greenness and outdoor physical activity among preschoolers. **International Journal of Health Geographics**, 2011.

GUJARATI, D.N. Econometria básica – 5. ed. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre: **AMGH,** 2011.

HAINES, A**. Implicações para a saúde**. In: LEGGET, J. (Ed.). Aquecimento global – o relatório do Greenpeace. Rio de Janeiro: Ed. da Fundação Getúlio Vargas, 1992, p. 135-148.

HASTIE, T.; TIBISHIRANI, R. **Generalized Additive Models**. London: Chapman & Hall, 1990.

IBGE. **Censo Demográfico 2000: Agregado por Setores Censitários dos Resultados do Universo**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, p. 157. 2003. 2ª edição.

IBGE. Primeiros Resultados do Censo Demográfico 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Diário Oficial da União**, Brasília, 04 nov. 2011.

JIMENEZ-CONDE, J. et al. Weather as a Trigger of Stroke: Daily Meteorological Factors and Incidence of Stroke Subtypes. **Cerebrovascular Diseases** 2008; 26: 348–354.

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 colling: factors in mortality from coronary an cerebral thrombosis in winter. **British Medical Journal** 1984, 289:1405-1408.

KULLDORFF, M. **SatScan User Guide**. 2010. Disponível em <http://www.satscan.org/>

KUNST, A,; RIOS, M.; GROENHOF, F.; MACKENBACH, J. Socioeconomic inequalities in stroke mortality among midlle-age men. An international overview. **Stroke** 1998, 29:2285-2291.

LAAIDI, M.; LAAIDI, K. Temperature related mortality in France, a comparison between regions with different climates from the perspective of global warming. **International Journal of Biometeorology**. V.55, 145-153, 2006.

LACAZ, C.S. Introdução à geografia médica do Brasil. São Paulo: **EDUSP**, 1972.

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 ans association with climate: a six-year population-basead study. **Chronobiology Internacional** 2008, 25:938-949.

LOPEZ, C. O Vento. *In* **Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001.

LOMBARDO, M. A. Ilha de Calor Nas Metrópoles: e Exemplo de São Paulo. SAO PAULO: **HUCITEC**, 1985. 210p.

LOMBARDO,M. A. Análise das Mudanças Climáticas nas Metrópoles: O Exemplo de

São Paulo e Lisboa. In: Silvia Aparecida Guarniere Ortigoza, Ana Tereza C. Cortez. (Org.). Da produção ao consumo: impactos socioambientais no espaço urbano. Rio Claro: **Cultura Acadêmica**, 2009.

MAAS, J. et al, Green space, urbanity, and health: how strong is the relation? **Epidemiology Community Health** 2006;60:587–592.

MAAS, J. et al. Morbidity is related to a green living environment. **Journal of Epidemiology Community Health** 2009; 63:967–973.

MARANDOLA JÚNIOR, E.; HOGAN, D. J. O risco em perspectiva: Tendências e abordagens. **Geosul**, Florianópolis, v. 19, n. 38, p 25-58, jul./dez. 2004

MARCO JUNIOR, P. Uso de modelos aditivos generalizados na estimativa da distribuição potencial de especies. Megadiversidades. v,3. N.1-2, 2007.

MCGREGOR, G. R. Winter North Atlantic Oscillation, temperature and ischaemic heart disease mortality in three English counties. **International Journal of Biometeorology.** V. 49, issue 3; pg 197-204, 2004.

MEADE, M. S.; EARICKSON, R.J. **Medical Geography**. 1st ed. New York: Guilford Press, 1988.

MENDONÇA, F. Aspectos da interação clima-ambiente-saúde humana : da relação sociedade-natureza à (in)sustentabilidade ambiental. **Ra'ega**. Curitiba, n.4, pag.85-99, 2000.

MILES, R.; COUTTS, C.; MOHAMADI, A. Neighborhood urban form, social

environment, and depression. **Journal of Urban Health**. v.89, n.1, 2011.

Ministério da Saúde. Portal da Saúde. www.portaldasaude.saude.gov.br <Acessado em 23 de janeiro de 2012.

MINUZZI, R. Influência da La Niña na estação chuvosa da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia** 2007, 22(3):345-353.

MIRANDA, E.; DOURADO, A.; ASSUNÇÃO, J. **Doenças respiratórias crônicas em quatro municípios paulistas.** 2.ed. Ecoforça, USP/UNICAMP, 1995.

MITCHEL, R.; POPHAM, R. Effect of exposure to natural environment on health inequalities: an observational population study. **The Lancet**. V.372, 8-14, 2008.

MONTEIRO, A. O clima urbano do Porto: contribuição para a definição das estratégias de planejamento e ordenamento do território. Lisboa**: Fundação Calouste Gulbenkion/Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica**, 1997.

MORABITO M; VALLORANI, R; CRISCI, A. Innovative approaches helpful to enhance knowledge on weather-related stroke events over a wide geographical area and a large population. **Stroke** 2011.

MURARA, P.; MENDONÇA, M.; BONETTI, C. O clima e as doenças circulatórias e respiratórias em Florianópolis. **Hygeia**, v.9, n.16, 2013.

NARDOCCI, A.; FREITAS, C.; LEON. A.; JUNGER, W.; GOUVEIA, N. Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**. v.29,pag 1867-1876, 2013.

NGUYEN, D. M.; EL SERAG, H. B. The epidemiology of obesity. **Gastroenterology Clinics of North America**. V.39 p-1-7, 2010.

O'SULLIVAN, S.B. **Fisioterapia – Avaliação e Tratamento.** 2 edição. São Paulo: Manole, 1993.

PEIXOTO, A. Clima e salubridade no Brasil. São Paulo: **Ática**, 1975.

PEREIRA, G. et al. The association between neighborhood greenness and weight status: An observational study in Perth Western Australia. **Environmental Health** 2012.

PITTON, S. E. e DOMINGOS, A. E. Tempos e doenças: efeitos dos parâmetros climáticos nas crises hipertensivas nos moradores de Santa Gertrudes – SP. In. **Estudos Geográficos**. Rio Claro, vol. 02, nº 01, p. 75-86, 2004.

PITTON, S. E. C.. Os impactos sociais ao calor: avaliação dos riscos percebidos e as respostas dadas pelos residentes urbanos de Fortaleza/CE. In: **Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Geografia**, 2013, Campinas. X ENANPEGE. Campinas: UFGD, 2013. p. 9357-9364.

RICHARDSON, A.R.; et al. Green cities and health: a question of scale? **Journal Epidemiology Community Health**.v.66; 160-165, 2012.

ROCHA, S. Pobreza e indigência no Brasil – **algumas evidencias empíricas com base no PNAD 2004.** Nova economia, Belo Horizonte, 2006; v.16, p 265-299.

ROCHA, S. Pobreza no Brasil: a evolução a longo prazo (1979-2011). **Estudos e Pesquisas**. n.42; XXV Fórum Nacional, 2013.

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

RUFCA, G. F. et al. Influencia das variações circadianas e de temperatura no AVEI. **Revista Associação Medica Brasileira** 2009; 55(1): 60-3

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.

SALDANHA, S.; BARRETO, M. Tromboembolia pulmonar. Porto Alegre: **Artmed**, 2012. 324p.

SAMPAIO SILVA, R. O monitoramento da qualidade do ar. *In* **Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001.

SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social. **Revista Brasileira de Climatologia,** 2011.

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.

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. www.seade.gov.br <Acessado em 22 de agosto de 2013>.

SETTE, D, RIBEIRO, H. Interações entre o clima, o tempo e a saúde humana. **Revista de saúde e meio ambiente e sustentabilidade**. V. 6, n.2, 2011.

SICHIERI, 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.

SILVA, E. **Ambientes atmosfericos intraurbanos na cidade de São Paulo e possiveis correlações com doenças do aparelhos respiratórios e circulatórios**. Tese de doutorado – Faculdade de Saúde Pública – Universidade de São Paulo, 2010.

SILVA, E.; RIBEIRO, H. Alterações de temperatura em abientes externos de favela e o desconforto térmico**. Revista de Saúde Pública,** v.40, n.4, 2006.

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.

SORRE, M. Introduction livre premier: Climatophysique e Climatopsyque. In PIERRY, or **Traité de Climatologie Biologique et Médicale**. Tome I, pag 1-9, 1934.

SOUZA, A.G. **Distribuição especial da mortalidade por acidente cerebral vascular e fatores socioeconômicos nos distrito da cidade de São Paulo, Brasil.** [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 2012. 54p.

SOUZA, C.G. e NETO, J.L.S. Geografia da saúde e climatologia médica: ensaios sobre a relação clima e vulnerabilidade. **Hygeia**. vol 3(6), pag.116-126, 2008.

SOUZA, C.G. e NETO, J.L.S. Ritmo climático e doenças respiratórias: Interações e paradoxos. **Revista Brasileira de Climatologia**. v.3, 2008.

SOUZA, A.G. **Distribuição especial da mortalidade por acidente cerebral vascular e fatores socioeconômicos nos distrito da cidade de São Paulo**, Brasil. 54p. Dissertação (Mestrado em Medicina). São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 2012.

SPENCE, J. D.; BARNETT, H. J. M. Acidente vascular cerebral: prevenção, tratamento e reabilitação. Porto Alegre: **AMGH**, 139p, 2013.

STEIN, P.D.; KAYALI,F.; BEEMATH, A.; SKAF,E.; ALESH, I.; OLSON, R. Mortality from acute pulmonary embolism according to season. **Journal of the American College of Chest Physician** 2005, 128:3156-3158.

STEELAND, K.; HU, S.; WALKER, J. All-cause and cause-specific mortality by socioeconomic status among employed person in 27 US states, 1984-1997. **American Journal of Public Health** 2004, 94(6):1037-1042.

STIEB, D. M.; JUDEK, S.; BURNETT, R. Meta analysis of time series studies of air pollution and mortality: Update in relation to the use of generalized additive models. **Journal of air & waste management association**, 2002.

SUGYIAMA, T. et al. Associations of neighbourhood greenness with physical and mental health: do walking, social coherence and local social interaction explain the relationships? **Journal of Epidemiology Community Health** 2008.

TADANO, Y. S,; UAGYA, C. M.; FRANCO, A. T. Método de regressão de Poisson: Metodologia para avaliação do impacto da poluição atmosférica na saúde populacional. **Ambiente & Sociedade**, n. 2, 241-255, 2009.

TAKANO, T.; NAKAMURA, K.; WATANABE, M. Urban residential environments and senior citizens' longevity in megacity areas: the importance of walkable green spaces. **J Epidemiology Community Health** 2002;56:913-918.

TARIFA, J.R.; ARMANI, G. Os climas naturais. *In* **Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001.

TONG, S.; WANG, X. Y.; BARNETT, A. G. Assessment of heat related health impacts in Brisbane, Australia: Comparison of different heatwave definitions. **Plos one**. V.5, 2010.

TROPED, P.J.; SAUNDERS, R.P.; PATE, R.R.; REININGER,B.; UREDA, J. R.; THOMPSON, S. J. Associations between Self-reported and Objective Physical Environmental Factors and Use of a Community Rail-Trail. **Preventine Medicine**, 2001 v. 32, p. 191-200.

VILLENEUVE, P. J. et al. A cohort study relating urban green space with mortality in Ontario, Canada. **Environmental Research**. N.115; 51-58, 2012.

WANG, C. et al. Temperature and daily mortality in Suzhou, China: A time series analysis. **Science of the Total Environment** 466–467, 2014.

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.

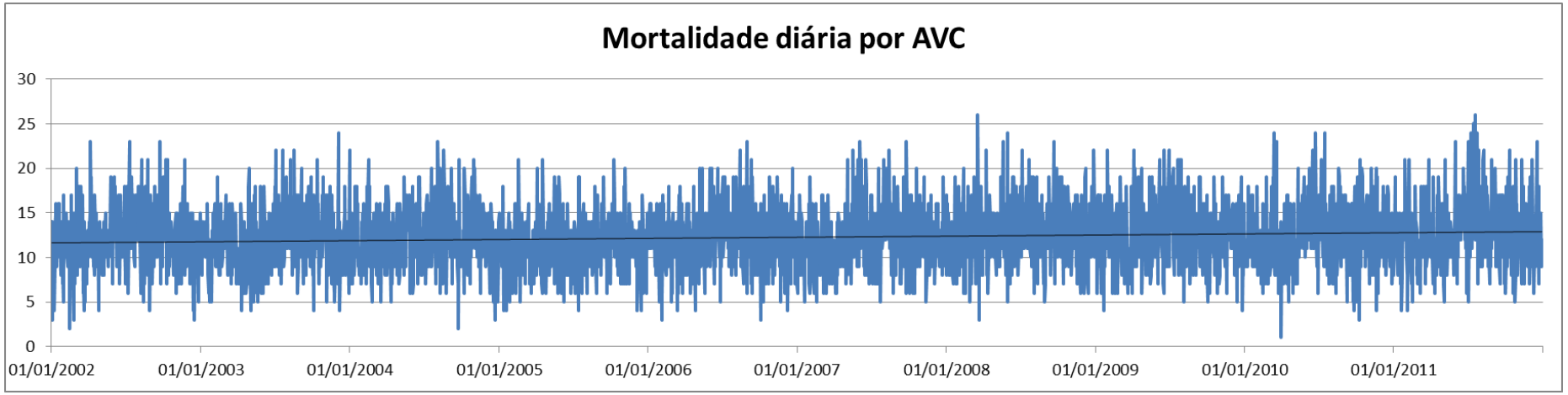
WHO. Global health risks – **Mortality and burden of disease attributable to selected major risks**. Geneva: World Health Organization; 2009.

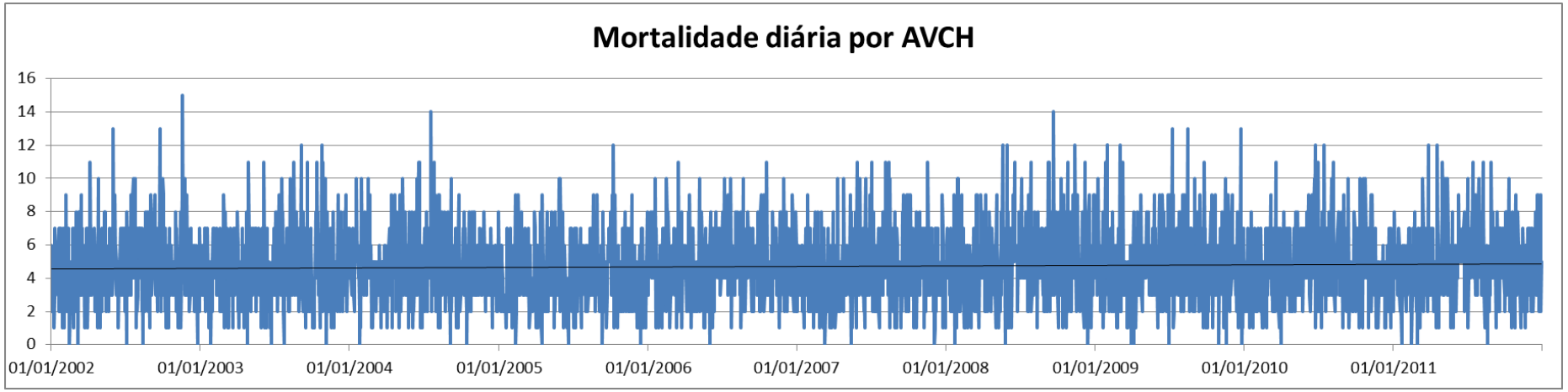
WHO.**Global Atlas on cardiovascular disease prevention and control**. Mendis S, Puska P, Norrving B editors. World Health Organization, Geneva 2011.

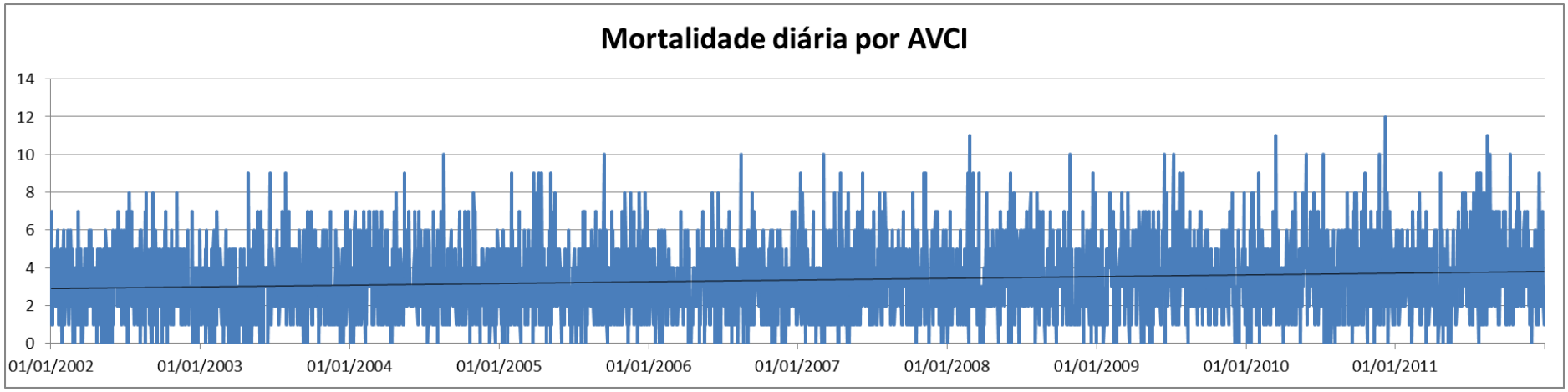
YANG, J. Daily temperature and mortality: a study of distributed lag non-linear effect and effect modification in Guangzhou. **Environmental Health** 2012, 11:63.

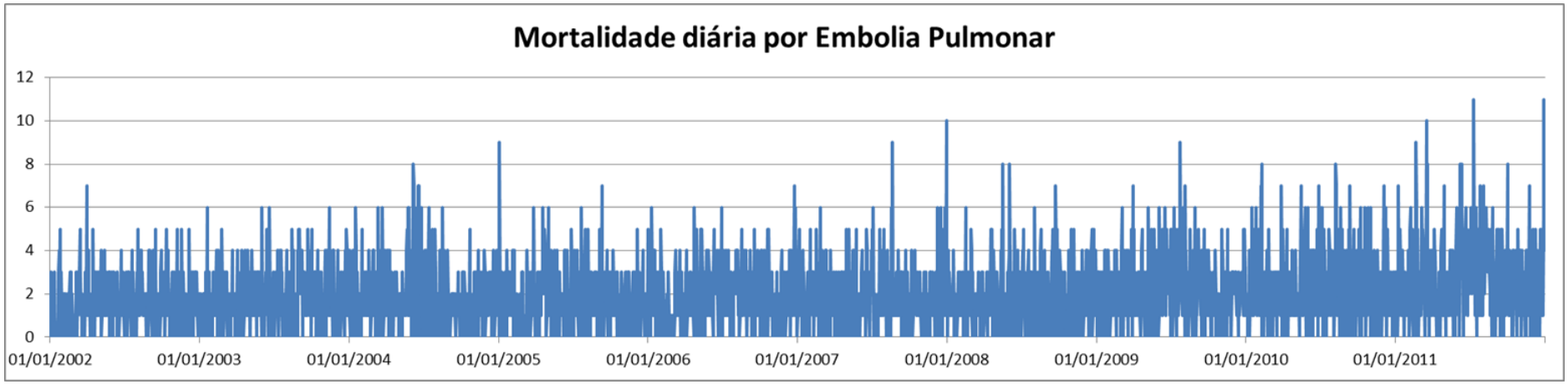
ANEXOS

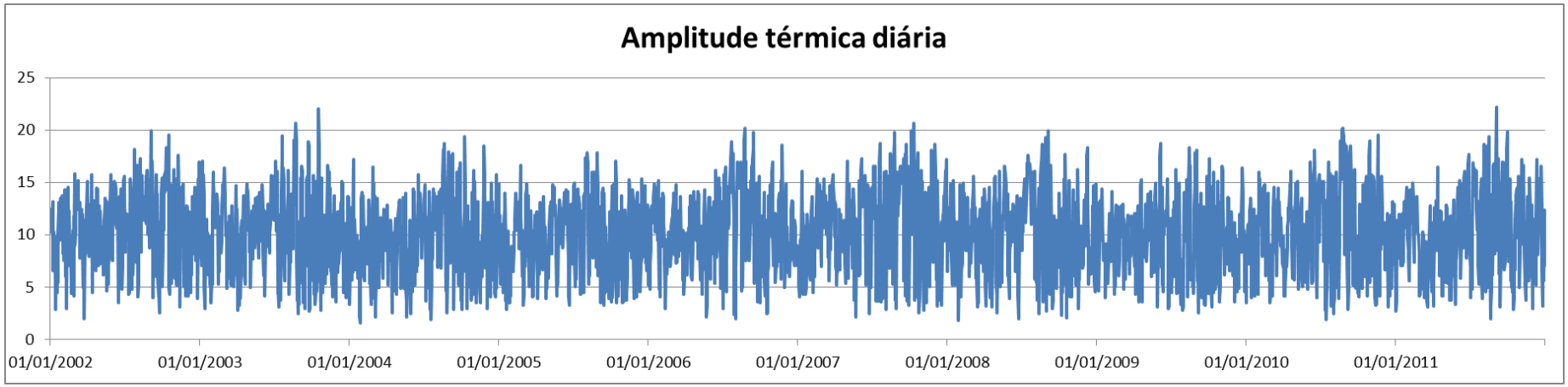
Gráficos da variabilidade das variaveis utilizadas na pesquisa.

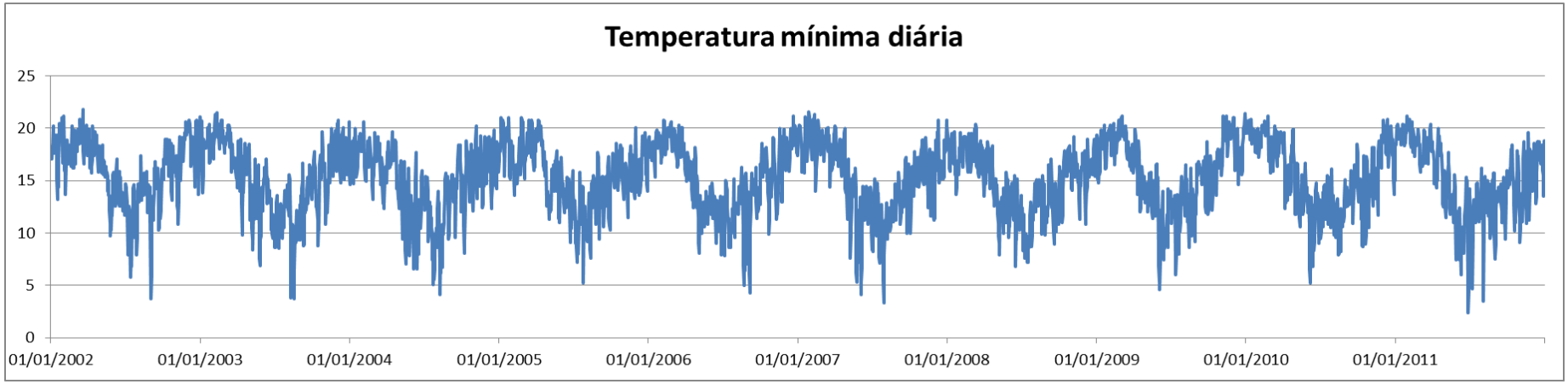


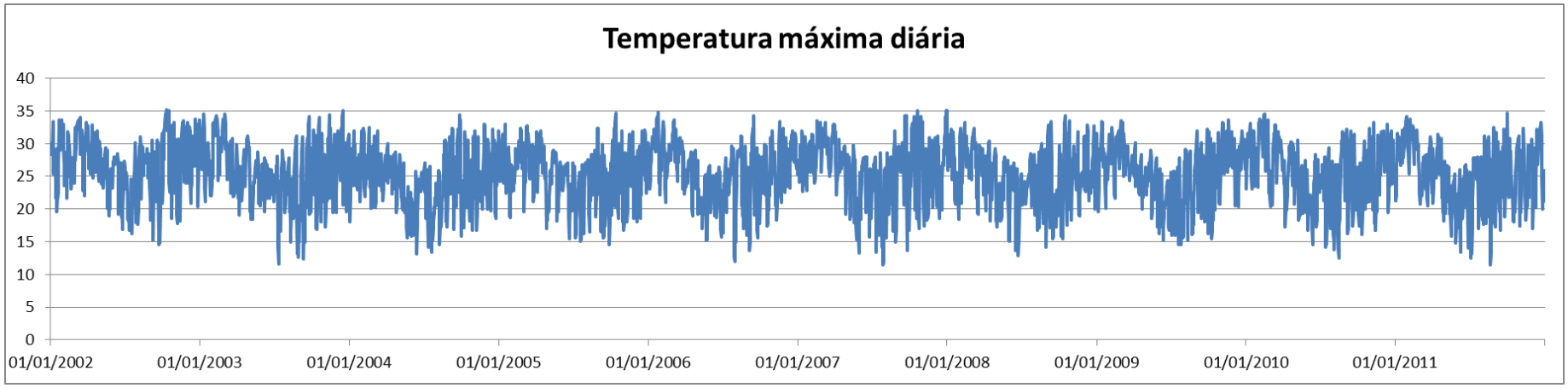


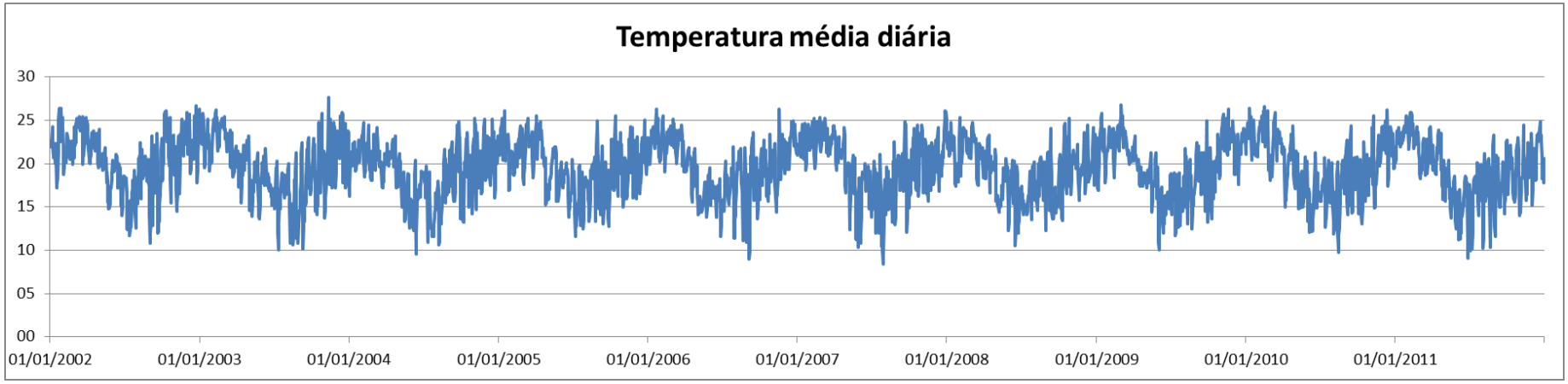

Mortalidade diária por AVCI
14
12
10
8
6
4
2
0
01/01/2002
01/01/2003
01/01/2004
01/01/2005
01/01/2006
01/01/2007
01/01/2008
01/01/2009
01/01/2010
01/01/2011

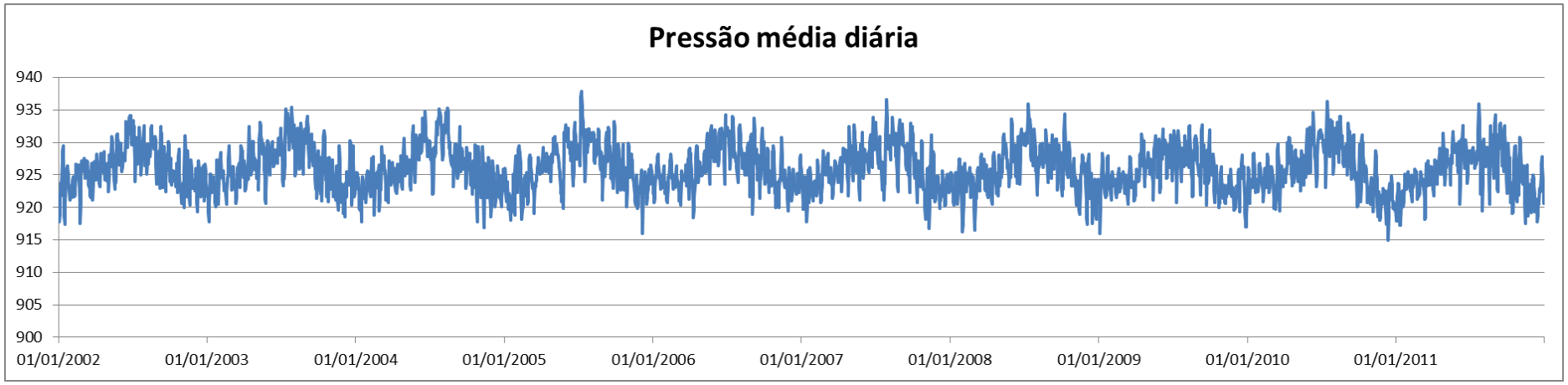

Mortalidade diária por Embolia Pulmonar
12
10
8
6
4
2
0
01/01/2002
01/01/2003
01/01/2004
01/01/2005
01/01/2006
01/01/2007
01/01/2008
01/01/2009
01/01/2010
01/01/2011

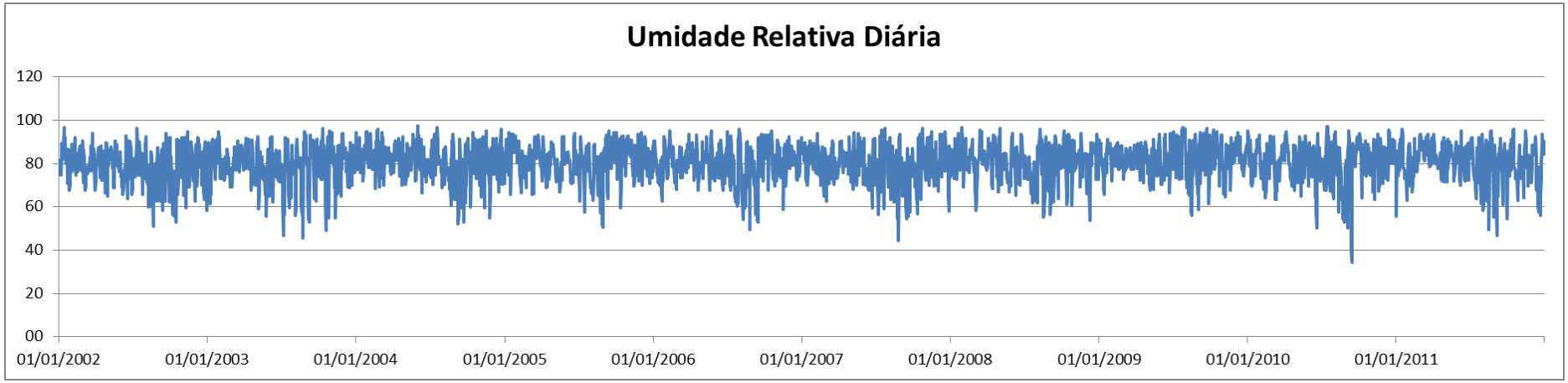

Amplitude térmica diária
25
20
15
10
5
0
01/01/2002
01/01/2003
01/01/2004
01/01/2005
01/01/2006
01/01/2007
01/01/2008
01/01/2009
01/01/2010
01/01/2011

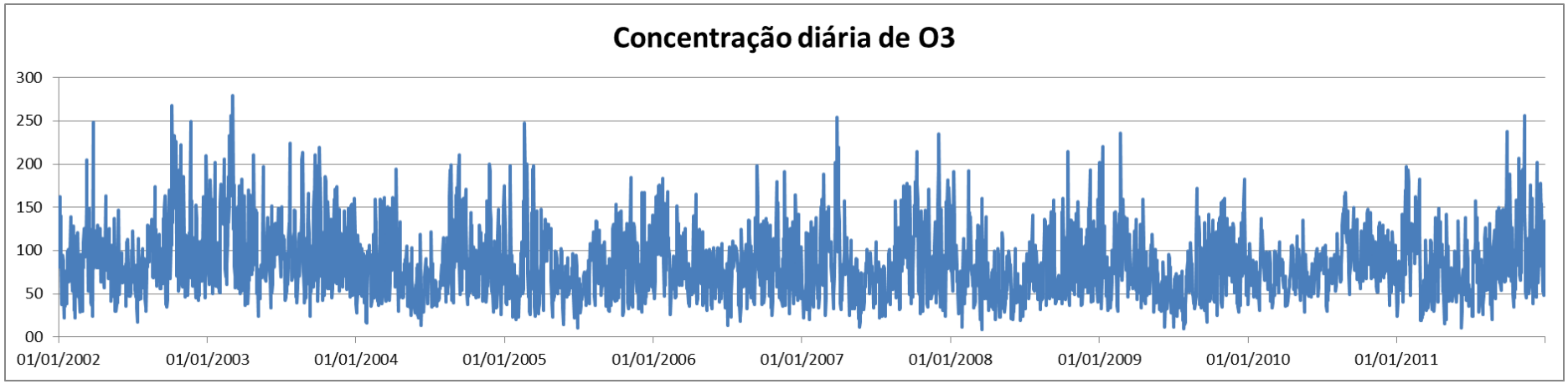

Temperatura mínima diária
25
20
15
10
5
0
01/01/2002
01/01/2003
01/01/2004
01/01/2005
01/01/2006
01/01/2007
01/01/2008
01/01/2009
01/01/2010
01/01/2011

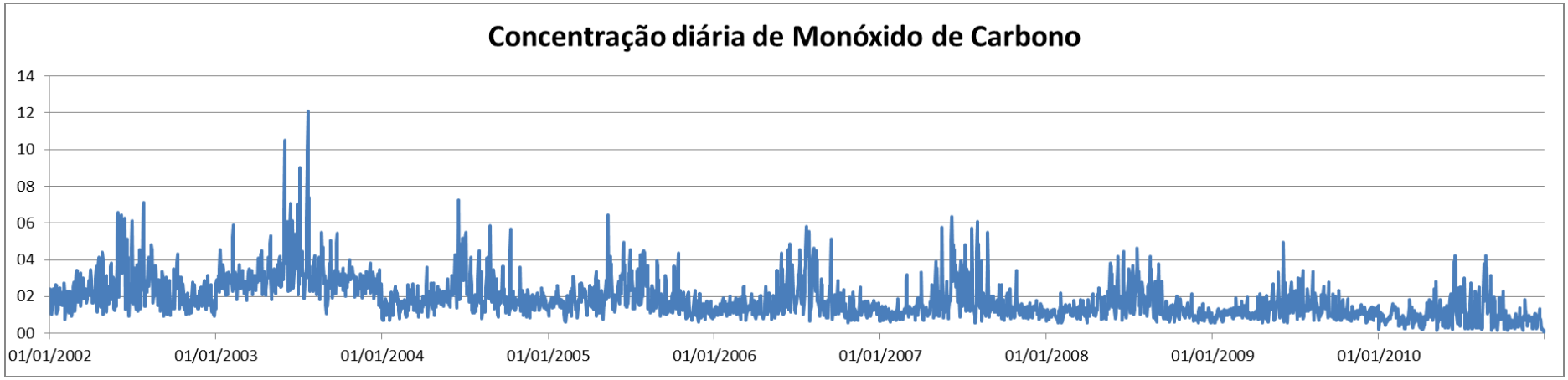

Temperatura máxima diária
40
35
30
25
20
15
10
5
0
01/01/2002
01/01/2003
01/01/2004
01/01/2005
01/01/2006
01/01/2007
01/01/2008
01/01/2009
01/01/2010
01/01/2011

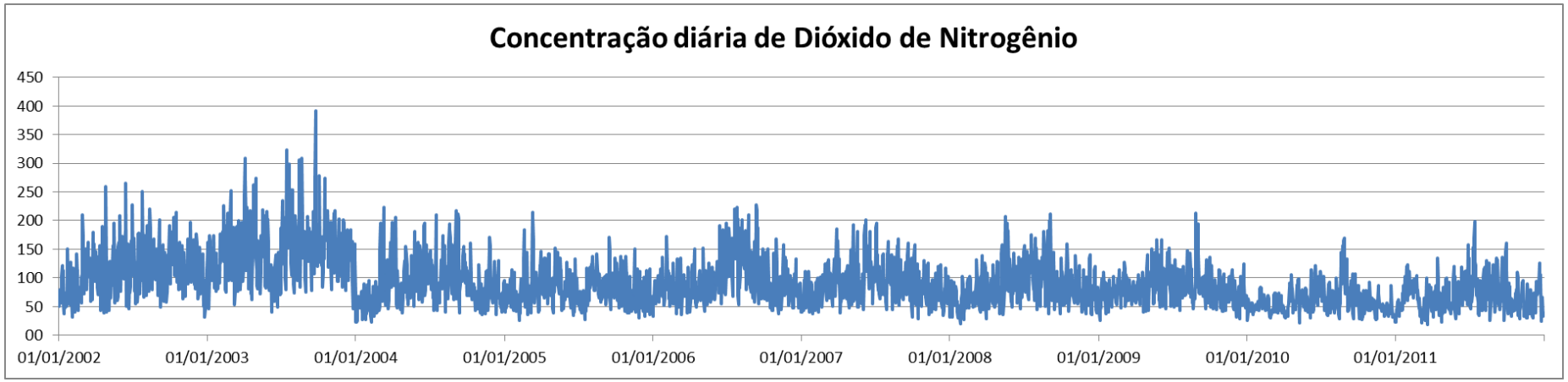

Temperatura média diária
30
25
20
15
10
05
00
01/01/2002
01/01/2003
01/01/2004
01/01/2005
01/01/2006
01/01/2007
01/01/2008
01/01/2009
01/01/2010
01/01/2011

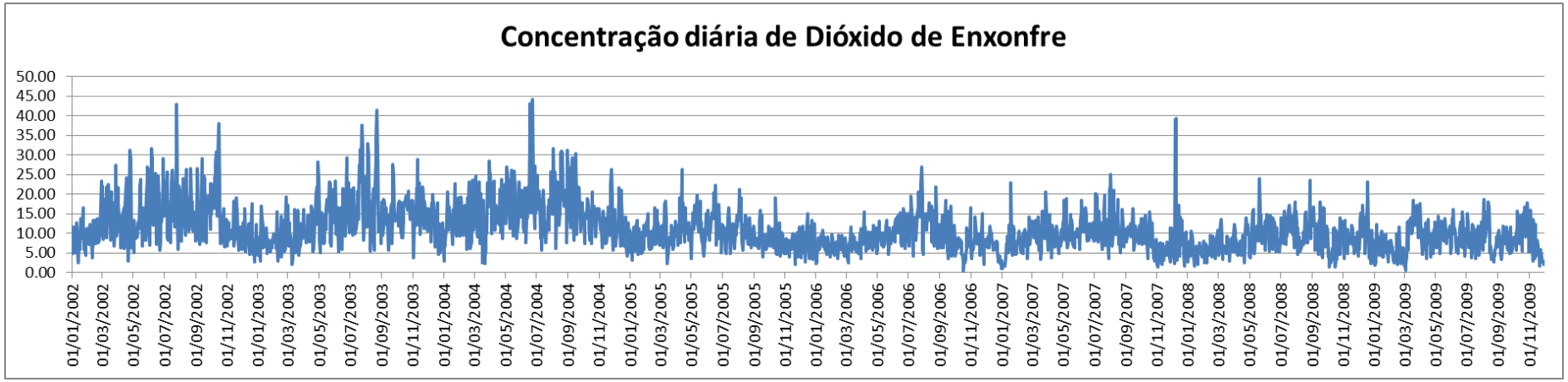

Pressão média diária
940
935
930
925
920
915
910
905
900
01/01/2002
01/01/2003
01/01/2004
01/01/2005
01/01/2006
01/01/2007
01/01/2008
01/01/2009
01/01/2010
01/01/2011

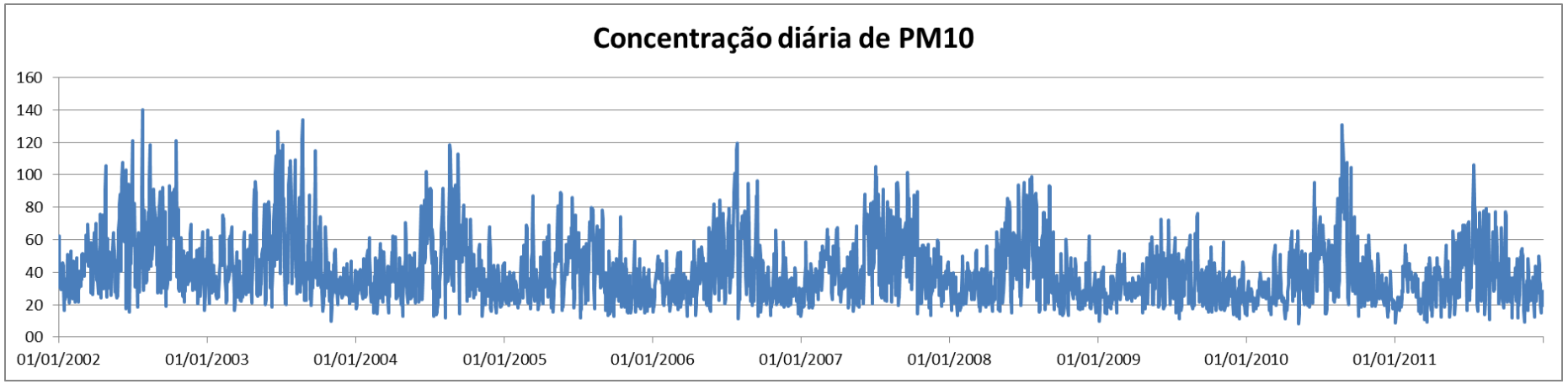

Umidade Relativa Diária
120
100
80
60
40
20
00
01/01/2002
01/01/2003
01/01/2004
01/01/2005
01/01/2006
01/01/2007
01/01/2008
01/01/2009
01/01/2010
01/01/2011


Concentração diária de O3
300
250
200
150
100
50
00
01/01/2002
01/01/2003
01/01/2004
01/01/2005
01/01/2006
01/01/2007
01/01/2008
01/01/2009
01/01/2010
01/01/2011

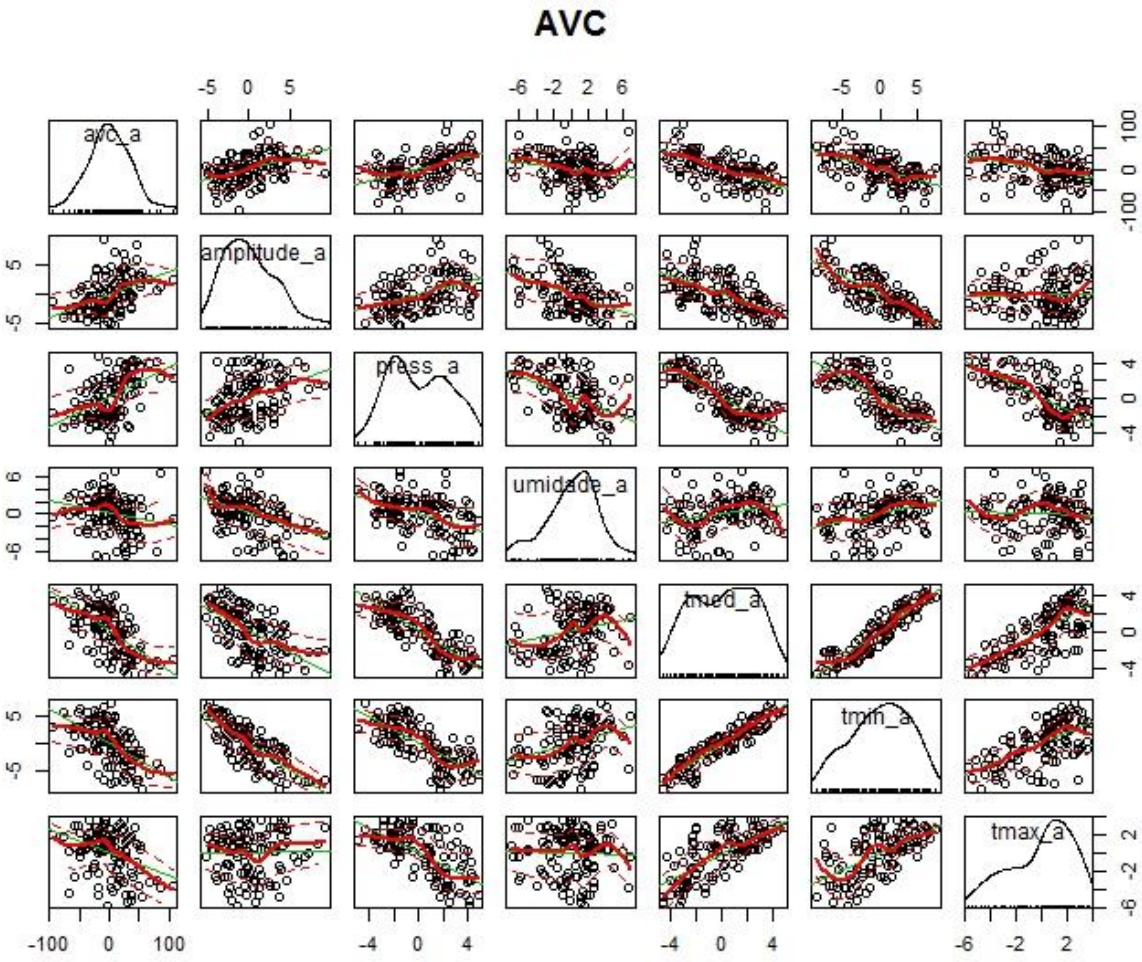

Concentração diária de Monóxido de Carbono
14
12
10
08
06
04
02
00
01/01/2002
01/01/2003
01/01/2004
01/01/2005
01/01/2006
01/01/2007
01/01/2008
01/01/2009
01/01/2010


Concentração diária de Dióxido de Nitrogênio
450
400
350
300
250
200
150
100
50
00
01/01/2002
01/01/2003
01/01/2004
01/01/2005
01/01/2006
01/01/2007
01/01/2008
01/01/2009
01/01/2010
01/01/2011

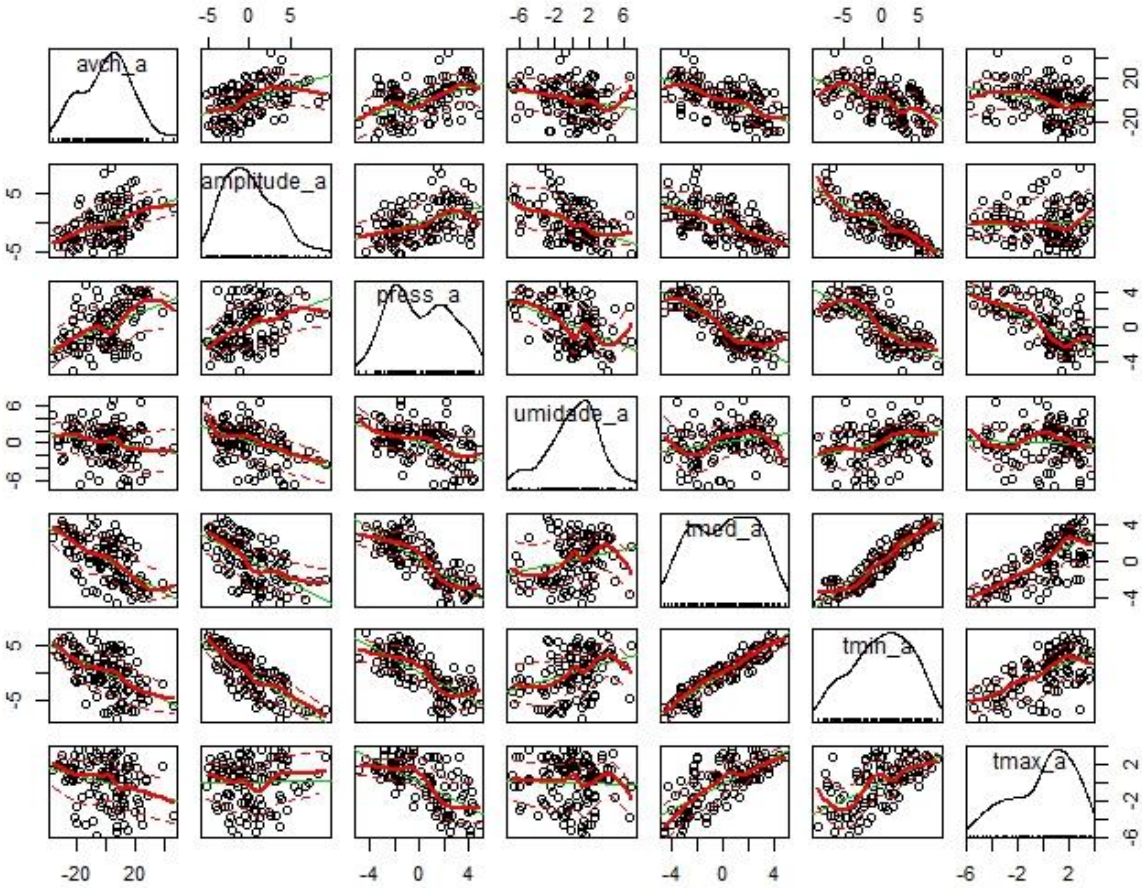

Concentração diária de Dióxido de Enxonfre
50.00
45.00
40.00
35.00
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
01/01/2002
01/03/2002
01/05/2002
01/07/2002
01/09/2002
01/11/2002
01/01/2003
01/03/2003
01/05/2003
01/07/2003
01/09/2003
01/11/2003
01/01/2004
01/03/2004
01/05/2004
01/07/2004
01/09/2004
01/11/2004
01/01/2005
01/03/2005
01/05/2005
01/07/2005
01/09/2005
01/11/2005
01/01/2006
01/03/2006
01/05/2006
01/07/2006
01/09/2006
01/11/2006
01/01/2007
01/03/2007
01/05/2007
01/07/2007
01/09/2007
01/11/2007
01/01/2008
01/03/2008
01/05/2008
01/07/2008
01/09/2008
01/11/2008
01/01/2009
01/03/2009
01/05/2009
01/07/2009
01/09/2009
01/11/2009


Concentração diária de PM10
160
140
120
100
80
60
40
20
00
01/01/2002
01/01/2003
01/01/2004
01/01/2005
01/01/2006
01/01/2007
01/01/2008
01/01/2009
01/01/2010
01/01/2011

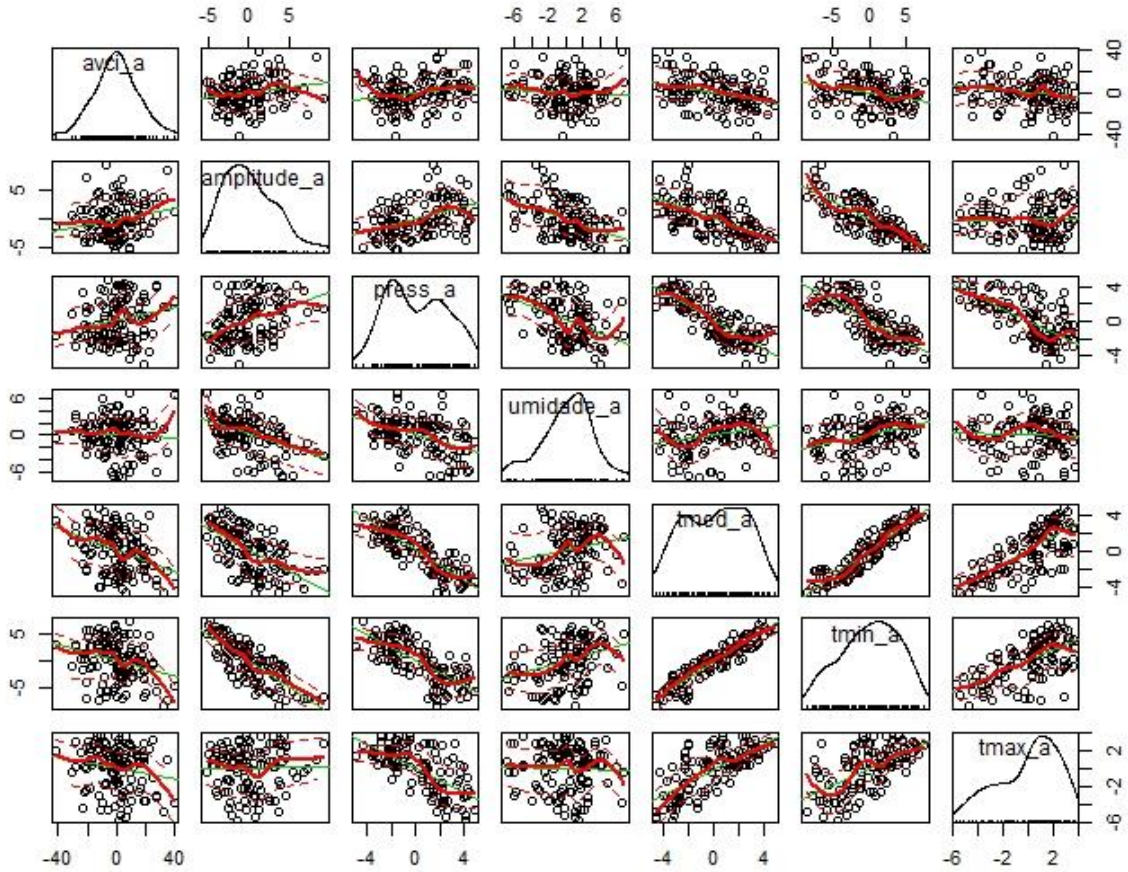
Gráficos de dispersão entre a mortalidade por AVC, AVCH, AVCI e EP e as variáveis atmosféricas.



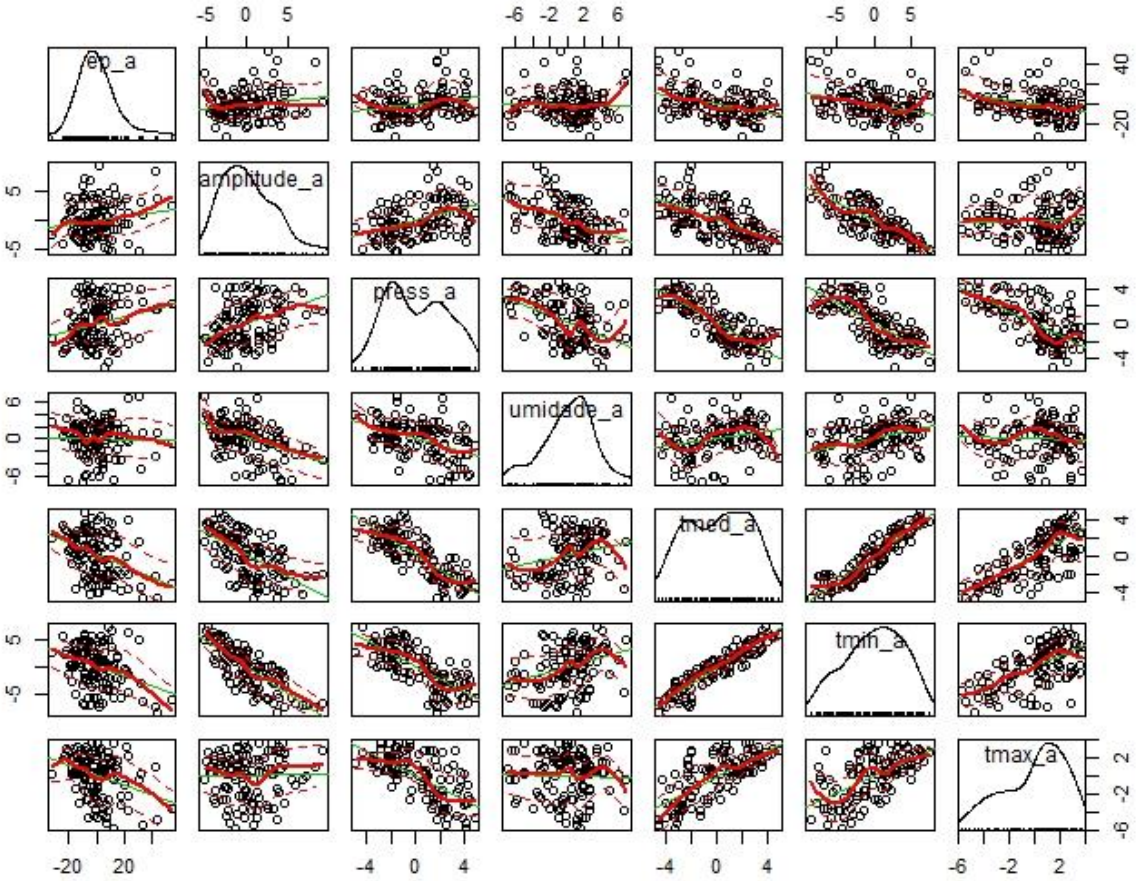
AVCH



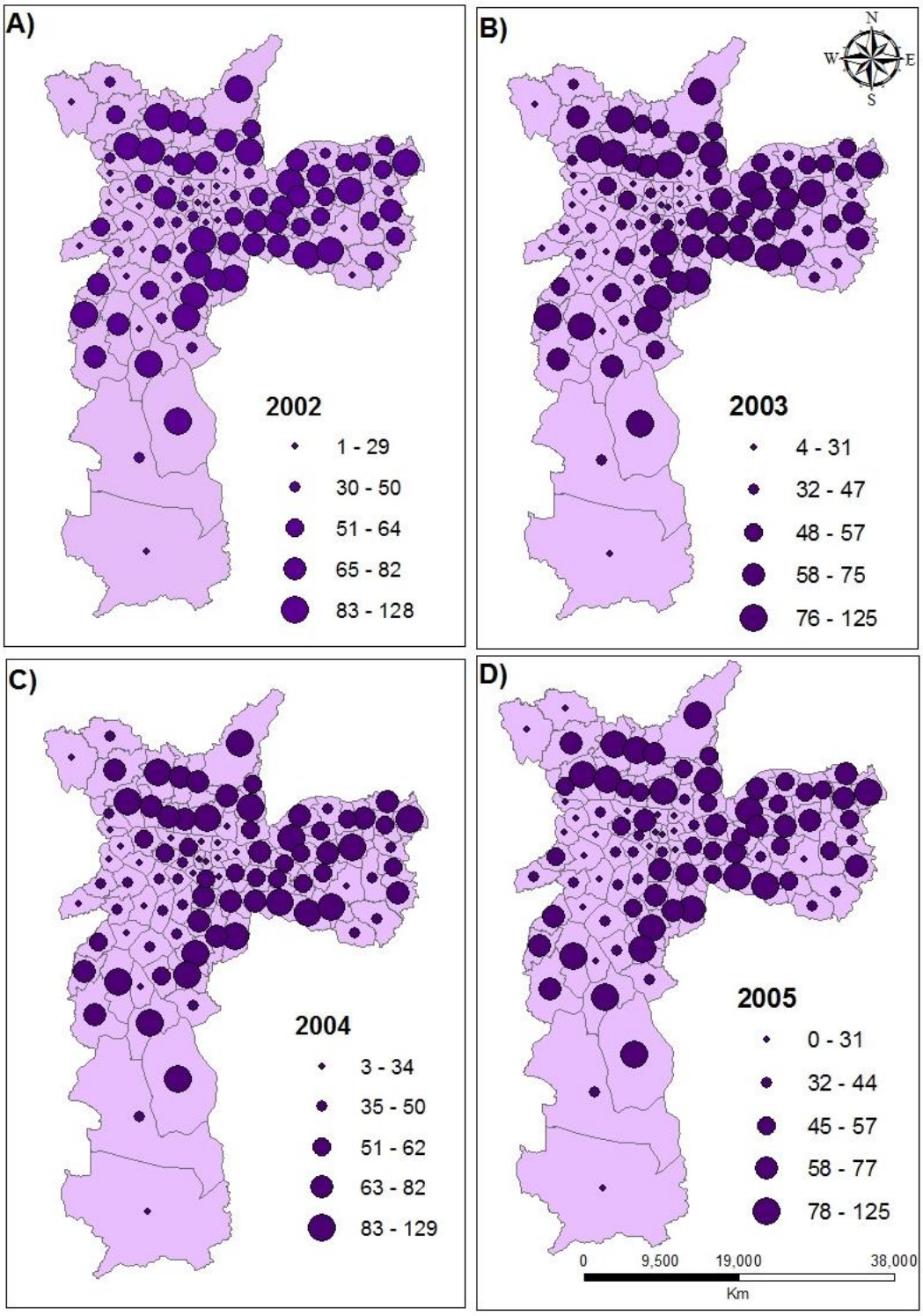
AVCI

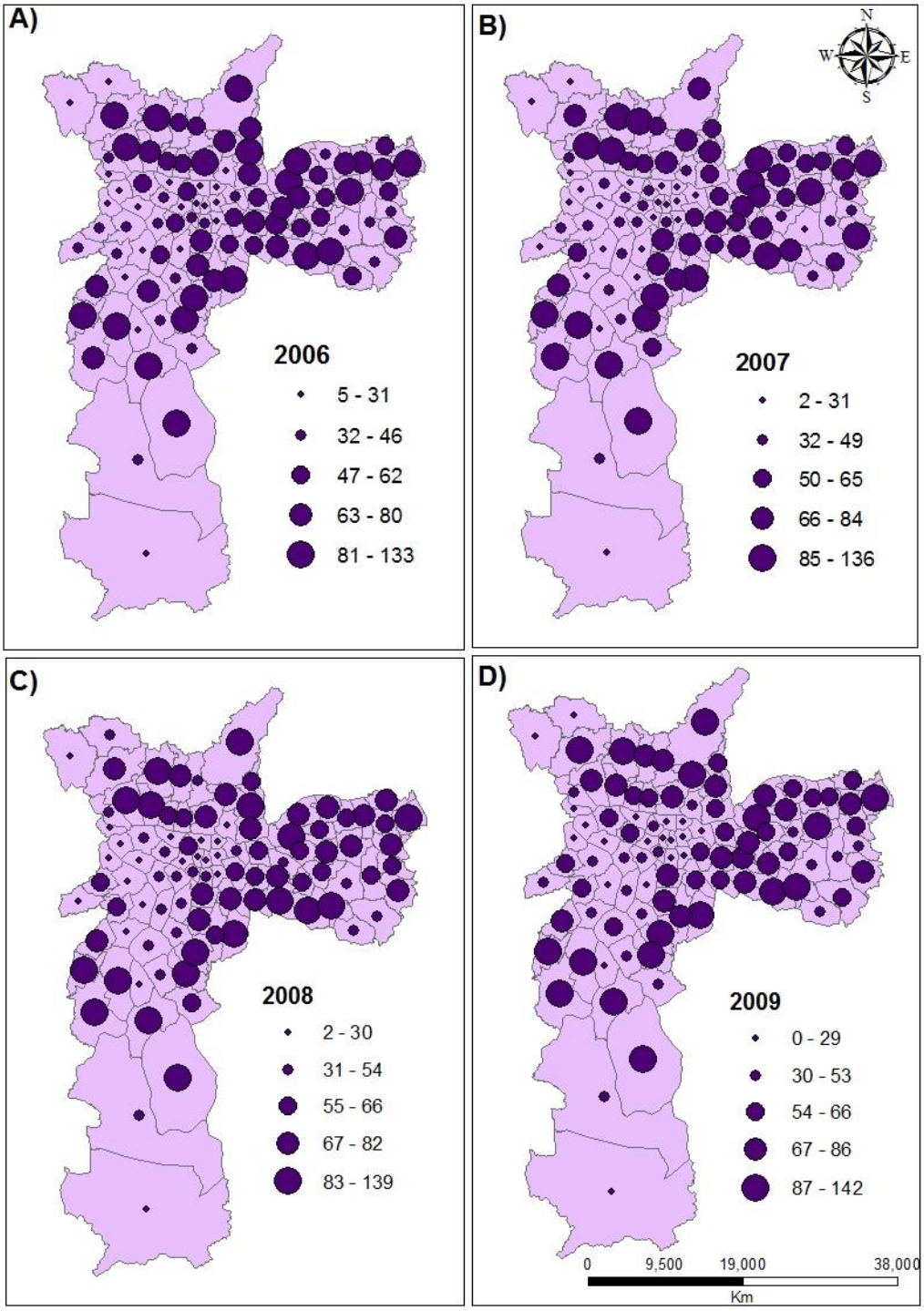


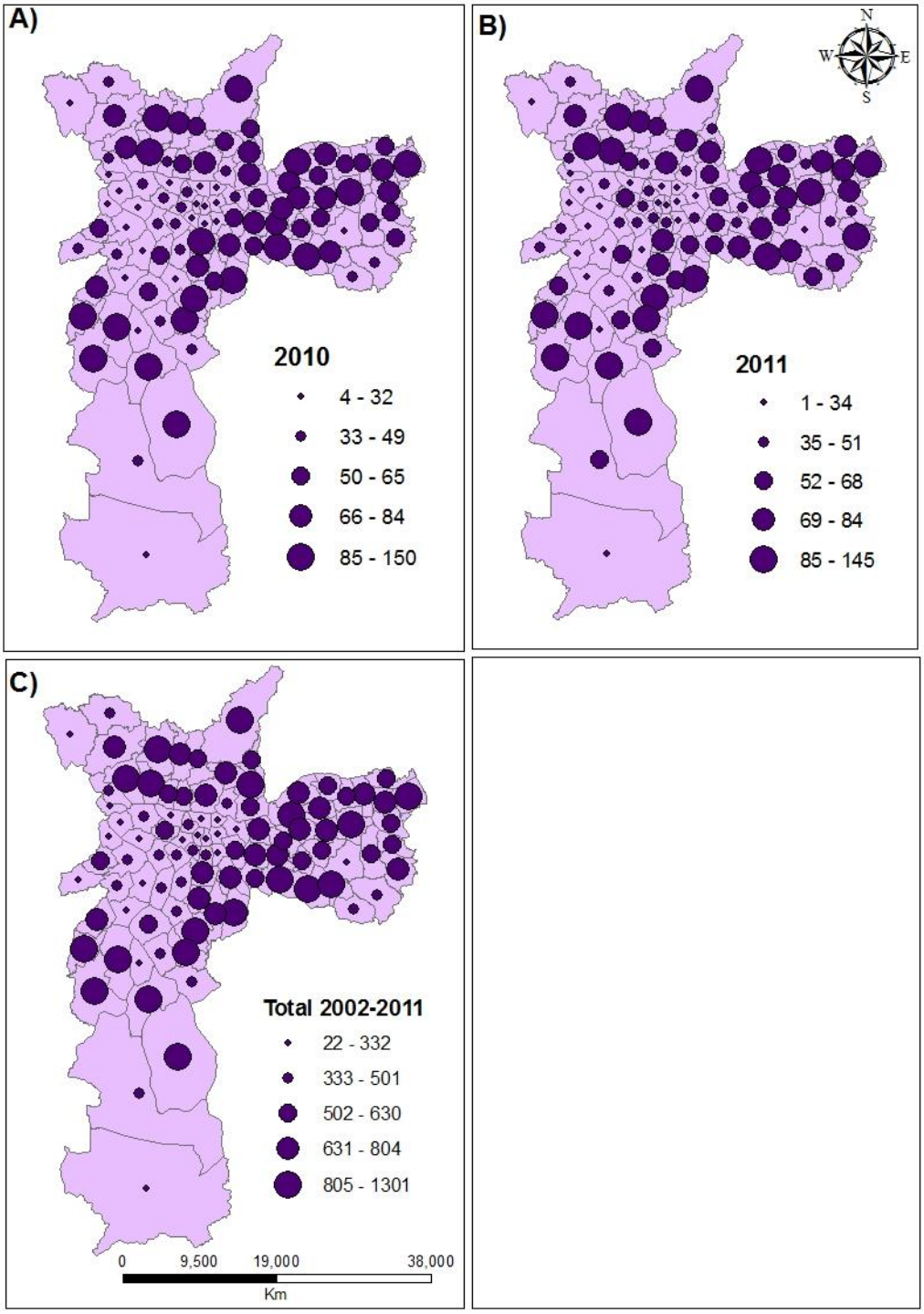
Embolia Pulmonar



Mapa da mortalidade anual por AVC por Distrito Administrativo no município de São Paulo.




A)
2006
5 - 31
32 - 46
47 - 62
63 - 80
81 - 133
B)
N
W
E
S
2007
2 - 31
32 - 49
50 - 65
66 - 84
85 - 136
C)
2008
2 - 30
31 - 54
55 - 66
67 - 82
83 - 139
D)
2009
0 - 29
30 - 53
54 - 66
67 - 86
87 - 142
0
9,500
19,000
38,000
Km


A)
2010
4 - 32
33 - 49
50 - 65
66 - 84
85 - 150
B)
N
W
E
S
2011
1 - 34
35 - 51
52 - 68
69 - 84
85 - 145
C)
Total 2002-2011
22 - 332
333 - 501
502 - 630
631 - 804
805 - 1301
0
9,500
19,000
38,000
Km