

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CAMPUS LONDRINA

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

IARA DA SILVA

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DAS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS NAS
OCORRÊNCIAS DE DOENÇAS CARDIOVASCULARES E MORTES EM ADULTOS E
IDOSOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

2018

IARA DA SILVA

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DAS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS NAS
OCORRÊNCIAS DE DOENÇAS CARDIOVASCULARES E MORTES EM ADULTOS E
IDOSOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA.

Projeto de pesquisa apresentado à disciplina
Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso
Superior de Engenharia Ambiental da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina.

Orientadora: Profa. Dra. Elizabeth Mie Hashimoto

Co orientadora: Profa. Dra. Leila Droprinchiski
Martins

LONDRINA

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DAS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS NAS
OCORRÊNCIAS DE DOENÇAS CARDIOVASCULARES E MORTES EM ADULTOS E
IDOSOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA,

por

IARA DA SILVA

Monografia apresentada no dia 19 de junho de 2018 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____ (aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

Prof. Dr. Aulus Roberto Romao Bineli
(UTFPR – Departamento acadêmico de Engenharia Ambiental)

Prof. Dr. Leonardo Sturion
(UTFPR – Departamento acadêmico de Matemática)

Profa. Dra. Elizabeth Mie Hashimoto
Orientadora

Profa. Dra. Edilaine Regina Pereira
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

Dedico este trabalho de conclusão de curso a minha mãe Claudia, que me proporcionou todas as oportunidades que ela não teve e me apoiou incondicionalmente ao longo de toda a jornada não só do curso, mas da minha vida. A ela minha gratidão e amor eternos.

AGRADECIMENTOS

Particularmente eu acredito que nessa vida todos tem algo a ensinar e a agregar aos demais, por menor que seja o gesto esses pequenos detalhes devem ser lembrados e valorizados. Também acredito na gratidão e no reconhecimento das pessoas. Sendo assim gostaria de fazer meus agradecimentos por escrito a algumas pessoas fundamentais ao longo da minha graduação.

Agradeço infinitamente a minha mãe, a quem também dedico exclusivamente esse trabalho, por todas as coisas incríveis que ela já fez por mim, mas principalmente pelos nossos pequenos momentos de alegria, risos e bobeadas.

Agradeço de forma muito especial a minha querida orientadora Elizabeth Mie Hashimoto, que tão gentilmente se dedicou a me ensinar muitas coisas, muito obrigada pelo seu tempo, sua paciência, compreensão e empenho nesse trabalho.

Agradeço a minha co-orientadora Leila Droprinchiski Martins, a quem considero uma mulher incrível, obrigada por tudo.

Gostaria de agradecer imensamente e especialmente ao professor Jorge Alberto Martins, meu primeiro orientador, e o primeiro a acreditar no meu potencial.

Aos meus queridos amigos eu agradeço principalmente pelo tempo alegre e descontraído. Ana Carolina agradeço por sempre me apoiar e ser uma ótima ouvinte, Amanda Silva Nunes obrigada pelas nossas risadas e claro pelos docinhos maravilhosos, Luciano Liechocki muito obrigada pelo companheirismo e por sempre me fazer rir, Michele Maria de Oliveira, minha primeira amiga na graduação, obrigada por estar presente ao longo de todo o processo.

Gostaria de agradecer aos meus queridos amigos e colegas do laboratório de pesquisa de eventos atmosféricos extremos (EAE) e do laboratório de poluição do ar (LAPAR), Daniela Sanches, Leda Ardiles, Mauricio Capucim, e tantos outros que de alguma forma tornaram esse trabalho possível e me tornaram uma pessoa melhor.

Não poderia me esquecer de agradecer aos meus mestres que tanto me ensinaram. E a minha banca, professor Aulus Bineli a quem muito estimo, professor Leonardo Sturion por quem tenho imenso respeito.

Agradeço ainda há alguns colegas que ao longo da convivência se tornaram meus bons amigos, Igor dos Reis Malagutti meu amigo muito obrigado por toda a sua ajuda e pela sua presença, Rita de Cássia Pereira Souza minha amiga e companheira de estágio.

Por fim quero agradecer aquelas pessoas que por menor que foram seus gestos estiveram presentes na minha vida e me fizeram mais feliz, melhor ou me ensinaram alguma lição, meu muito obrigada a todos por terem sido luz para mim em algum momento.

RESUMO

SILVA, Iara. **Estudo da influência das variações climáticas nas ocorrências de doenças cardiovasculares e mortes em adultos e idosos na Região Metropolitana de Londrina**. 2018. 76 páginas. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

A ocorrência de mudanças climáticas não é mais uma novidade entre cientistas e a sociedade, assim como já é objeto de estudo de variadas áreas do conhecimento. Esse interesse se dá principalmente pelo papel acentuado do homem em tais mudanças e devido as interferências diretas e ou indiretas que esses episódios podem causar na sociedade e no meio em geral. As variáveis relacionadas com a sensação térmica, a temperatura e a umidade relativa do ar, são as variáveis que mais interferem diretamente na saúde da população. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo principal estudar a relação do aumento da temperatura e da variação da umidade relativa com o número de internações e mortes (casos) por doenças cardiovasculares, estratificado por gênero e por faixa etária. A análise consistiu em testar os modelos Poisson e binomial negativa, comumente utilizados em análises epidemiológicas, e ainda os mesmos modelos com um ajuste para a proporção de zeros. Além disso, calculou-se o risco relativo de ocorrência de casos das doenças por variação de uma unidade para as variáveis selecionadas para o modelo final. Para todos os grupos estudados o modelo binomial negativo com ajuste de zeros apresentou melhor ajuste, isso devido à alta proporção de zeros nos grupos amostrais. Tanto homens quanto mulheres em todas as faixas etárias demonstraram alguma influência sofrida pela temperatura, sendo que a umidade não apresentou significância. Pessoas acima de 70 anos demonstraram ser as mais afetadas pelas variações da temperatura, enquanto que não foi observado diferença de acordo com o gênero

Palavras-chave: Mudanças climáticas, temperatura, saúde.

ABSTRACT

SILVA, Iara. **Study of the influence of climatic variations over occurrences of cardiovascular diseases and deaths in adults and elderly in the metropolitan region of Londrina.** 2018. 76 pages. Graduation work – Federal Technological University of Parana, 2018.

The occurrence of climate change is no longer a novelty between scientists and society, as it is already the object of study of various areas of knowledge. This interest is mainly due to the marked role of man in such changes and due to the direct and indirect interferences that these episodes can cause in society and the environment in general. The variables related to the thermal sensation, the temperature and the relative humidity of the air, are the variables that most directly interfere in the health of the population. Therefore, the main objective of this study is to study the relationship between temperature increase and relative humidity variation with the number of hospitalizations and deaths (cases) due to cardiovascular diseases, stratified by gender and age group. The analysis consisted of testing the Poisson and negative binomial models, commonly used in epidemiological analyzes, and the same models with an adjustment for the proportion of zeros. In addition, we calculated the relative risk of occurrence of disease cases by variation of one unit for the variables selected for the final model. For all the studied groups the negative binomial model with zeros adjustment presented better adjustment, due to the high proportion of zeros in the sample groups. Both men and women in all age groups showed some influence of temperature, and humidity did not present significance. People over 70 years of age were the most affected by temperature variations, while no differences were observed according to gender.

Key words: Climate change, temperature, health.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mudança na estrutura da pirâmide etária brasileira	21
Figura 2 – Percepção e influência das variáveis meteorológicas	23
Figura 3 – Localização da área de estudo	27
Figura 4 – Série histórica de temperaturas	36
Figura 5 – Série histórica de precipitação e dias de chuva	37
Figura 6 – Série histórica de umidade	38
Figura 7 – Série histórica de evaporação e insolação	39
Figura 8 – Boxplot das variáveis estudadas	41
Figura 9 – Gráfico de linhas para os casos de doenças cardiovasculares	42
Figura 10 – Variáveis meteorológicas do período de estudo	43
Figura 11 – Diagrama de dispersão do número de casos por dia.....	44
Figura 12 – Diagrama de dispersão do número de casos por mês.....	45
Figura 13 - Correlação das variáveis explicativas	46
Figura 14 – Gráficos de resíduos dos modelos testados para o grupo de homens da faixa etária de 40 a 70 anos	57
Figura 15 – Gráficos de resíduos dos modelos testados para o grupo de homens da faixa etária de 70 anos	58
Figura 16 – Gráficos de resíduos dos modelos testados para o grupo de mulheres da faixa etária de 40 a 70 anos	59
Figura 17 – Gráficos de resíduos dos modelos testados para o grupo de mulheres da faixa etária de 70 anos	60
Figura 18 – Gráficos de resíduos dos modelos testados para o grupo total	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo climatológico de Londrina	40
Tabela 2 – Medidas resumo das variáveis climáticas	41
Tabela 3 – Fator de inflação da variância para as variáveis explicativas do modelo Poisson	46
Tabela 4 – Fator de inflação da variância para as variáveis explicativas do modelo binomial negativo.....	47
Tabela 5 – Fator de inflação da variância para as variáveis explicativas do modelo Poisson com ajuste de zeros	48
Tabela 6 - Fator de inflação da variância para as variáveis explicativas do modelo binomial negativa com ajuste de zeros	48
Tabela 7 – Seleção de variáveis pelo método <i>stepwise</i> para modelos de acordo com o grupo de gênero e faixa etária	51
Tabela 8 – Seleção de variáveis utilizando modelos reduzidos do grupo de homens com a faixa etária de 40 a 70 anos	51
Tabela 9 – Seleção de variáveis utilizando modelos reduzidos do grupo de homens com a faixa etária de 70 anos	52
Tabela 10 – Seleção de variáveis utilizando modelos reduzidos do grupo de mulheres com a faixa etária de 40 a 70 anos	52
Tabela 11 – Seleção de variáveis utilizando modelos reduzidos do grupo de mulheres com a faixa etária de 70 anos	53
Tabela 12 – Seleção de variáveis utilizando modelos reduzidos do grupo total	53
Tabela 13 – Valores de critério de informação para seleção de modelos	53
Tabela 14 – Estimativas e erros padrões dos parâmetros do modelo final	62
Tabela 15 – Valores calculados do risco relativo e do intervalo de confiança	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS EFEITOS	16
3.2 MORTALIDADE ASSOCIADA À EVENTOS CLIMÁTICOS	18
3.3 DOENÇAS CARDIOVASCULARES, IDOSOS E AS TEMPERATURAS EXTREMAS	21
3.4 ANÁLISE DE DADOS EPIDEMIOLÓGICOS	25
4 METODOLOGIA	26
4.1 LOCAL E PERÍODO DE ESTUDO	26
4.2 DADOS METEOROLÓGICOS	27
4.2.1 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA ÁREA DE ESTUDO	28
4.3 DADOS DE SAÚDE	28
4.4 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS	29
4.5 ESTATÍSTICA DESCRITIVA	29
4.6 DIAGNÓSTICO DE MULTICOLINEARIDADE DOS DADOS	29
4.7 ANÁLISE DE REGRESSÃO	30
4.8 ADEQUAÇÃO DO MODELO PARA O CONJUNTO DE DADOS E CRITÉRIOS DE INFORMAÇÃO	33
4.9 CÁLCULO DO RISCO RELATIVO	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA	35
5.1.1 TEMPERATURA	35
5.1.2 PRECIPITAÇÃO E DIAS DE CHUVA	35
5.1.3 UMIDADE RELATIVA	37
5.1.4 INSOLAÇÃO E EVAPORAÇÃO	39

5.2 ESTATÍSTICA DESCRITIVA	40
5.3 DIAGNÓSTICO DE MULTICOLINEARIDADE	45
5.4 ANÁLISE DE REGRESSÃO	49
6 CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

Estudar as mudanças climáticas que vem ocorrendo é um tema que desperta o interesse de diversas áreas do conhecimento, uma vez que fenômenos climáticos extremos têm se tornado comuns ao redor de todo o globo (NORDHAUS, 1994; FILHO, LOPES, 1996). Muitos valores, de temperatura, pluviosidade, insolação entre outras variáveis nunca antes registrados, têm sido observados em diversas localidades nos últimos anos (IPCC 2014, CONTI, 2011; CALIFORNIERI, MARINHO, 2007).

Além disso, tal interesse é devido não somente aos impactos sofridos pelo próprio ambiente, consequentes das mudanças de origem antrópica, mas também pelas implicações à saúde.

De acordo com Mendonça (2000) e Tarifa (2001) o clima exerce forte influência na saúde humana. As condições térmicas, a dinâmica dos ventos e umidade relativa apresentam influência na manifestação de diversas doenças na população.

Processos relacionados ao clima afetam a saúde por meio de seus efeitos diretos, quando há ocorrência de eventos climáticos extremos. Podem também afetar indiretamente através de alterações no meio ambiente, modificando fatores determinantes à saúde, ou ainda por intervenções sobre os processos sociais (migração de grupos por enchentes, secas, etc.) (CONFALONIERI, MARINHO, 2007). Ou seja, indivíduos sujeitos as variações climáticas ao meio estimulam respostas no organismo (CARVALHAIS, 2011). Essa resposta muitas vezes pode representar prejuízos à saúde desse indivíduo.

O organismo humano passa por diversas adaptações ao longo da vida, desde aquelas provenientes da fase de crescimento e desenvolvimento, até as mudanças propiciadas pelas características locais da vivência constante dos indivíduos (CONTI et al., 2005).

Essas adequações são acompanhadas da idade, que compromete a capacidade do organismo em se adaptar rapidamente as mudanças bruscas, assim como na maneira que se suporta essas variações (FONSECA, 2005). Desta forma, uma variação nas condições do ambiente é sentida mais acentuadamente por idosos (COLLINS & EXTON-SMITH, 1985).

Com os avanços na medicina e tecnologia, a humanidade tornou-se capaz de viver por mais tempo (LORENZETTI, 2012; KALACHE; VERAS; RAMOS, 1987). Soma-se a este fato a maior suscetibilidade dos idosos as variações do clima e do tempo, assim como a inequívoca contestação da ocorrência de mudanças climáticas. O aumento da expectativa de vida dos indivíduos é visível no mundo e no Brasil, onde ocorreu a inversão da pirâmide etária brasileira, sobretudo nas regiões sudeste e sul do país (CAMARANO, 2002). Por exemplo, em 2000 5,61% da população era de idosos, em 2017 essa porcentagem subiu para 8,46% e a projeção para 2030 é de 13,44% de pessoas com idade acima de 60 anos (IBGE,2018).

A variabilidade climática é um processo natural, mas o que está em curso, são mudanças do clima cientificamente comprovadas associadas às ações antrópicas (IPCC; 2014, CONTI, 2011). Essa aceleração nas mudanças das características ambientais de cada região traz problemas aos indivíduos que vivem nessas áreas (CALIFORNIERI, 2010). As pessoas que possuem algum tipo de limitação ou desvantagem fisiológica, hereditária ou crônica, seja por idade ou pela presença de alguma doença representam a maior parcela de ocorrência de outras doenças relacionadas ou agravadas pelas variáveis ambientais (AZEVEDO et al., 2013).

Dessa forma, encontrar a relação entre a mudança nas condições ambientais e o aumento nos casos de doenças cardiovasculares (infarto, entre outras), assim como detectar os grupos mais sensíveis pode ajudar na criação de políticas públicas de cuidados com essas pessoas, permitindo que se modelem cenários futuros e que se pense em planos para a melhoria da qualidade de vida dessa parcela da comunidade que vem crescendo consideravelmente no Brasil (SIQUEIRA et al., 2002).

2 OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O presente estudo tem como objetivo principal analisar a ocorrência de doenças cardiovasculares e mortes em adultos e idosos e sua relação com variáveis meteorológicas, para a região metropolitana de Londrina.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Escolher um modelo estatístico que melhor se ajusta ao conjunto de dados (número de casos de doenças cardiovasculares, temperatura e umidade).
- b) Descrever a relação entre ocorrência do número de casos de doenças cardiovasculares e às temperaturas extremas para a região.
- c) Caracterizar os grupos mais sensíveis às variações do clima, estratificados por idade e sexo.
- d) Calcular o risco atribuído à saúde de ocorrência de doenças cardiovasculares para as faixas estratificadas.
- e) Apresentar e discutir os resultados obtidos com a análise estatística.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS EFEITOS

Nas últimas décadas a discussão em torno das mudanças climáticas e suas consequências se tornaram mais frequentes. Segundo Souza & Azevedo (2009), essa preocupação está associada aos impactos que essas mudanças têm causado no meio ambiente, e como essas alterações afetam a dinâmica global.

A partir da revolução industrial do século XVIII, a intensidade e escala das mudanças causadas no ambiente por ações antrópicas chegaram a valores anteriormente inimagináveis, e culminam em especulações quanto à reversibilidade desses impactos (BIERMANN et al., 2012).

Silva, Montenegro & Souza (2017), afirmaram que grande parte dos pesquisadores acreditavam que as alterações climáticas são consequências das atividades humanas, em especial devido ao aumento na emissão de gases do efeito estufa.

Ciclos de aquecimento e resfriamento são naturais e eventos comuns ao longo das eras geológicas, assim como períodos com intensa atividade geológica que liberaram grandes quantidades de gases na atmosfera criando um efeito estufa natural. No entanto, segundo Marengo & Soares (2003) a diferença atualmente é a atividade industrial acentuada que tem afetado o clima na sua variação natural, tornando-se um fator determinante nas mudanças climáticas.

Dessa forma, a temperatura tem aumentado todo planeta de forma acentuada nas últimas duas ou três décadas, e considerando-se o intenso uso de combustíveis fósseis, esse aquecimento tem projeções de continuar e se acelerar, sendo que até o final desse século a temperatura global média aumentará 1,4 a 5,8°C (FRUNKIN, et al., 2008).

Segundo Medeiros et al. (2005), a temperatura do ar é um dos elementos climáticos que apresenta efeitos diretos e significativos sobre os processos fisiológicos dos indivíduos.

Por outro lado, há muitas formas de variações da qualidade do ambiente que impactam na condição fisiológica de indivíduos. As variáveis relacionadas com a

sensação térmica são as que apresentam maior influência na ocorrência de danos imediatos ou em curto prazo:

O clima, um condicionante ambiental, apresenta alterações cíclicas, inesperadas e danosas que afetam o homem e o meio social de forma geral. Assim, o clima também favorece a manifestação de determinados agravos à saúde, tendo seus elementos (temperatura do ar, umidade, precipitação, pressão atmosférica e ventos) interferindo diretamente no bem-estar dos indivíduos (MURARA; COELHO; AMORIM, 2010).

Santos (2006) enfatiza ainda no que diz respeito aos ecossistemas locais e na maior influência que essas mudanças podem causar a esses ambientes se aliadas a elas, o desflorestamento de áreas.

Os desmatamentos e as queimadas são duas das maiores questões ambientais enfrentadas pelo Brasil atualmente. Embora distintas, são práticas tradicionalmente associadas ao processo produtivo agropecuário. Normalmente, em sequência à derrubada da vegetação, quase sempre há queima do material vegetal (CASTRO; GONÇALVES; HACION, 2009).

Assim, a retirada da vegetação, o aumento da densidade demográfica e elevação dos níveis de poluição atmosférica, conseqüentemente agravam a qualidade do ambiente nos núcleos urbanos, afetando a população sensível mais diretamente (SANTOS, 2005).

Segundo Gleckler et al. (2012) a insustentabilidade que se verifica nos sistemas ambientais tem provas científicas concretas de que sua causa está relacionada com os efeitos das atividades humanas. Essa afirmação ainda tem causado grandes discussões, pois também é cientificamente comprovado que o globo terrestre passa por certas variações ao longo do tempo, o que nunca se observou antes é a interferência humana nesses processos naturais de maneira tão acentuada (MOLION, 2008).

Entretanto, a irreversibilidade das ações humanas causadoras de danos ao ambiente não é a única preocupação no que se refere a mudanças no clima, mas outra vertente tão importante quanto essa é aquela que avalia como essas mudanças em muitos casos drásticos afetam a saúde da população humana que só tende a crescer.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) atribuiu 23% das mortes ocorridas no mundo em 2012 às condições ambientais inadequadas, sendo as climáticas as com maior significância.

Pode-se dizer que o quadro contemporâneo da morbimortalidade humana, ou seja, a atual configuração quantitativa e qualitativa do processo de adoecer e

morrer dos seres humanos são fruto simultaneamente das façanhas sanitárias e dos efeitos mórbidos da Tecnociência (CARVALHO, 1996).

Dessa forma, os ecossistemas e a saúde humana têm sofrido efeitos devido a essas mudanças, e isso tem sido comprovado através de estudos epidemiológicos, que relacionam o tempo com os parâmetros climáticos e retornam dados de evolução das doenças, que se pode ainda constatar mudanças na distribuição geográfica e na sazonalidade de ocorrência (IPCC, 2010b).

3.2. MORTALIDADE ASSOCIADA À EVENTOS CLIMÁTICOS

A relação sistemática das interações entre a qualidade ambiental e a ocorrência de doenças é denominada Saúde Ambiental (PIGNATTI, 2004).

Moldada nos modelos epidemiológicos tradicionais, a Saúde Ambiental alinha fatores de riscos ambientais a doenças e agravos da saúde de populações expostas a determinados agentes físico-químicos e em situações definidas como não ocupacionais (TAMBELLINI & CÂMARA, 1998).

Por conta das alterações ambientais acentuadas que se têm observado, estudos relacionando variáveis meteorológicas, principalmente temperatura, e saúde tem ganhado destaque, e por meio deles tem-se tentado compreender os efeitos que tais alterações causam à saúde da população (SILVA, 2014).

Muitas doenças podem ser relacionadas com esses extremos, afinal um indivíduo já doente acaba por ter seu estado agravado se submetido a algum tipo de estresse, mas aquelas relacionadas ao sistema circulatório e respiratório são as que apresentam limites muito expressivos quando se estuda essa relação.

As doenças que apresentam maiores índices de mortalidade são as cardiovasculares e as respiratórias (WHO, 2016). Essas doenças são afetadas diretamente pelo aumento da poluição do ar e efeitos relacionados a essa mudança na atmosfera, como o aumento de temperatura e a sensação térmica (BRAGA et al., 2007).

Partindo-se desses princípios, constatou-se através da literatura que mudanças bruscas na temperatura e/ou sensação térmica representam danos muitas vezes irreversíveis para aqueles com o sistema circulatório mais frágil, representando valores

excessivos de mortes por infarto quando se têm a ocorrência de episódios como esses (PASCOALINO, 2012).

Ainda segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017), a população não é afetada da mesma forma, algumas características particulares de alguns grupos de indivíduos tornam-nos mais sensíveis, sendo possível observar essas diferenças em grupos bem delimitados.

Ribeiro, Silva & Oliveira (2016), em seu estudo de caso, relacionaram o clima urbano e o ritmo climático e chegaram à conclusão que a gama de doenças desencadeadas por problemas ambientais é muito maior que a observada e elencada ultimamente. Além disso, há evidências da existência de uma relação entre as condições climáticas e a transmissão de doenças vetoriais como dengue e leishmaniose (MENDES; COELHO; FÊRES, 2016).

Dessa forma, observou-se que o meio ambiente afeta não somente de forma direta por meio de suas variações, mas propicia a procriação de vetores e em alguns casos acelera o desenvolvimento de fungos e bactérias danosas ao ser humano (MENDES; COELHO; FÊRES, 2016).

De outro lado, o aumento súbito de temperatura é denominado de onda de calor, que se caracteriza pela ocorrência de períodos com cinco dias consecutivos de temperatura com uma elevação de pelo menos três graus da média (WHO, 2010). Esse fenômeno tem se tornado cada vez mais comum em praticamente todas as estações.

Klenk, Becker & Rapp (2010) chegaram a resultados bem próximos a estudos anteriormente realizados em outras regiões da Europa e da América do Norte. Em relação à Europa, concluíram que há um aumento de 62% das mortes em dias com temperaturas superiores a 34°C, atribuindo cerca de 400 mortes ao calor de agosto de 2003.

Uma pesquisa realizada pela Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo (SOCESP) concluiu que em dias com temperaturas acima dos 24°C há um aumento de 11% na mortalidade causada por infarto do miocárdio.

Schuman (1971) relatou que a forma como esses extremos climáticos afetaram as áreas não é homogêneo, diferindo quanto aos danos. Isso ocorre devido à dependência de variáveis como a população constituinte das áreas isoladas, e da estrutura desses locais.

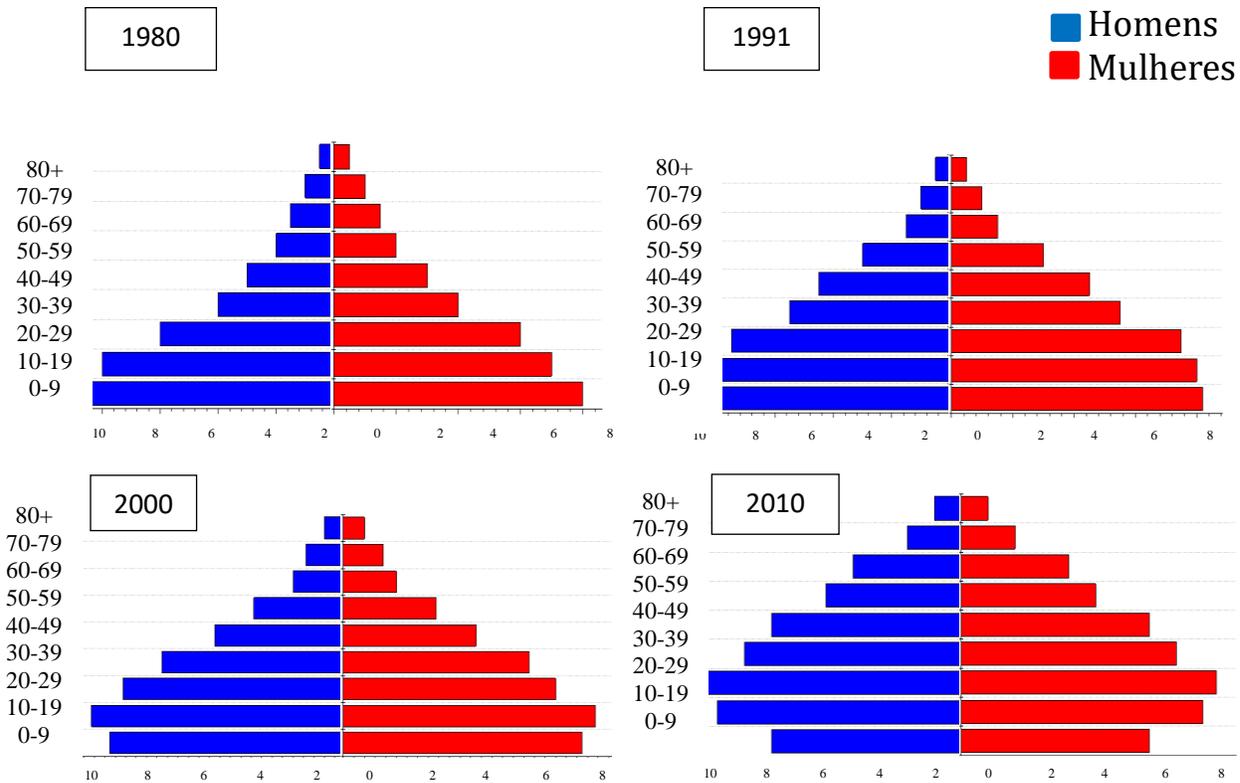
Segundo Confalonieri (2002), o Brasil tem papel relevante no contexto internacional de mudanças globais, isso devido aos vários aspectos do país que causam influências de ordem global no ambiente. Tem-se como exemplos, a sua grande extensão territorial, que vem acompanhada da grande diversidade de ecossistemas naturais, as dimensões de parques industriais e agroindustriais, e a distribuição demográfica e econômica que implica em pesadas demandas sobre os recursos ambientais.

3.3. DOENÇAS CARDIOVASCULARES, IDOSOS E AS TEMPERATURAS EXTREMAS

O envelhecimento da população é um fator importante a ser considerado. Estudos na área da mortalidade associada ao calor têm demonstrado que o maior aumento da mortalidade ocorre na população idosa (CONTI et al., 2005).

No Brasil tem-se observado um estreitamento na base da pirâmide etária e um aumento da porcentagem da população em faixas etárias que anteriormente eram pouco significativas, o que nos mostra indícios de uma inversão na pirâmide etária, ou seja, o envelhecimento da população e aumento do tempo de vida. Em aproximadamente 20 anos entre as realizações dos censos do IBGE essa mudança já pode ser notada, como ilustra a Figura 1.

Figura 1 - Mudança na estrutura da pirâmide etária brasileira em 3 décadas, proporção da população de acordo com a faixa etária.



Fonte: Adaptado de IBGE, 2017.

Essas pessoas com idade mais avançada são as que mais sofrem com o aumento ou queda súbita de temperatura, e em praticamente todos os estudos realizados em diferentes regiões do mundo, são as que ocupam o pódio da mortalidade por doenças agravadas por essas variáveis climáticas (CALADO et al., 2004). Por exemplo, as altas temperaturas diminuem a viscosidade do sangue, afetando todo o sistema vascular, aumentando por consequência o risco de ocorrência de trombozes (KOVATS & EBI, 2006).

Baccini et al. (2011) através de sua relação entre a ocorrência de doenças e as características climáticas de determinada região, chegaram à conclusão que o ambiente causa mudanças na forma como as variações são percebidas. Frank et al. (2011), em seu estudo sobre temperatura e mortalidade em cidades do oeste dos Estados Unidos, observaram que as taxas de mortalidade mostraram um forte padrão sazonal, com picos

no inverno e verão, quando infecções respiratórias, doenças cardiovasculares e epidemias, como a influenza, são mais comuns.

Logo, pode-se notar que temperaturas muito baixas, assim como as altas, também afetam de forma negativa a saúde da população. Portanto, conclui-se que extremos de temperatura influenciam a saúde humana. No entanto, é difícil mensurar em qual dos extremos a população é mais afetada, essa influência depende das características individuais estabelecidas de acordo com a localidade (FRANK et al., 2011).

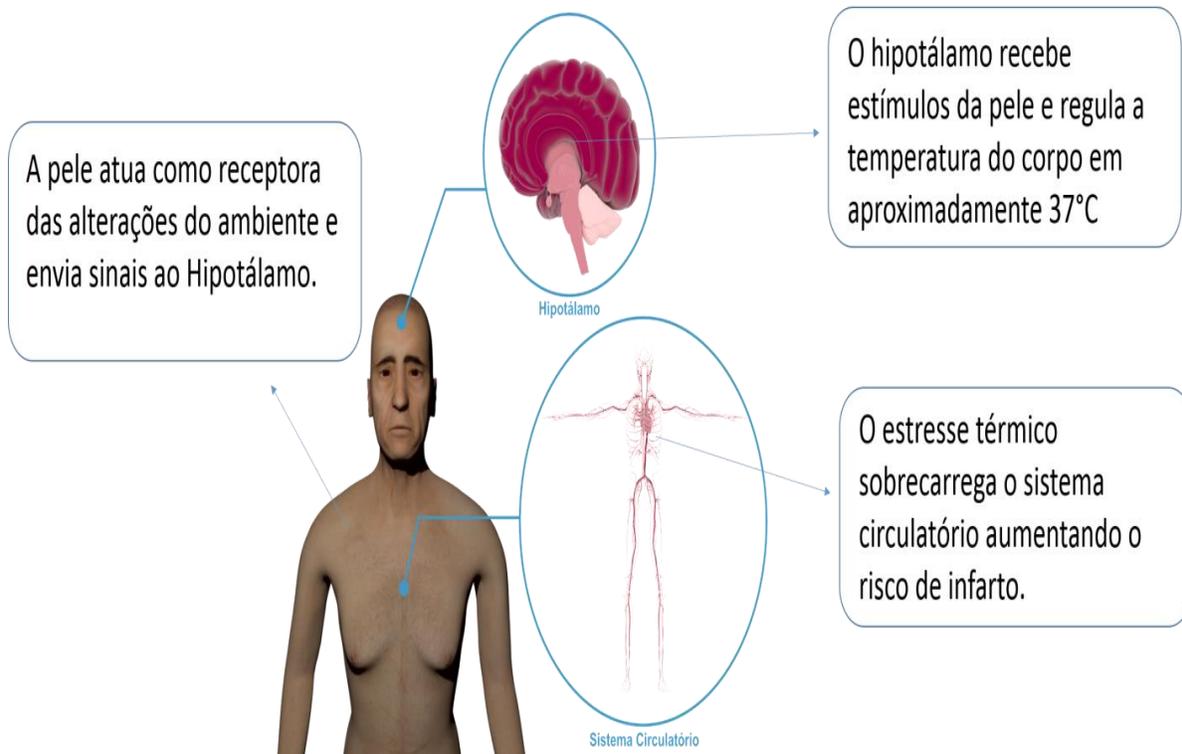
Além disso, é importante notar que o efeito da temperatura elevada pode não ser imediato, mas sim relacionado ao surgimento de doenças no futuro. Geralmente, o efeito do calor na saúde humana aparece alguns dias após a exposição e verifica-se um agravamento da situação com o passar do tempo (MICHELOZZI et al., 2007).

Segundo Carson et al. (2006), entre os anos de 1954 a 1965 foram a óbito uma fração de pouco menos de 36%, e entre 1927 a 1937 as mortes atribuídas a doenças cardiovasculares chegaram a uma fração de 14,7%. As doenças cardiovasculares são comuns e intensificadas em períodos mais quentes, assim pessoas propensas a essas doenças devem ter cuidado redobrado durante esses lapsos temporais. Medina-Ramón & Schwartz (2010) observaram que cerca de 8,4% das mortes durante as ondas de calor ocorrem por infarto do miocárdio, e que o uso de aparelhos condicionadores de ar reduz as mortes causadas pelo excesso de calor. Marto (2005) também observou que as doenças e a mortalidade relacionadas com o calor podem ser prevenidas através de adaptações comportamentais, tais como o uso de ar condicionado, e o aumento de ingestão de líquidos.

Nesse contexto, sabe-se que o ser humano se mantém em equilíbrio homeostático mantendo a temperatura do corpo constante, mesmo que varie a temperatura externa. Esse mecanismo ocorre porque a percepção das variáveis relacionadas à sensação térmica se dá pela pele, que manda sinal ao hipotálamo, glândula responsável por manter a temperatura do organismo em torno de 37°C, e o mesmo através de reações físicas como produção de suor ou arrepiamento dos pelos desprende o calor excedente ou retém parte da perda normal para resfriamento ou aquecimento do corpo (MONTEIRO, 2008).

A Figura 2 ilustra como o organismo interpreta a percepção do ambiente, que inicia uma sequência de ações para estabilizar a temperatura do corpo e pressão sanguínea.

Figura 2 - Percepção e influência das variáveis meteorológicas no organismo.



Fonte: Autoria própria, 2017.

Então, quando há uma variação muito acentuada em um intervalo relativamente curto dessa temperatura, ou quando a umidade está fora dos padrões nos quais o indivíduo está adaptado, assim como com as variações de intensidade e direção do vento esse mecanismo é iniciado.

Entretanto, essas ações podem ter consequências negativas ao organismo se os mecanismos de percepção e interpretação não estiverem em pleno acordo, ou se houver ocorrência de episódios extremos que demandam tempo de resposta muito curto. Collins & Exton-Smith (1985) observaram que esse mecanismo se torna menos eficiente com o avançar da idade. Portanto, os idosos são as principais vítimas de extremos de temperatura, pois a taxa metabólica (que produz/elimina calor) neles é baixa. O sistema

sensorial diminui sua eficiência (o idoso não sente que a temperatura é muito elevada ou muito baixa), a resposta vasomotora é retardada e o mecanismo de sudorese não funciona adequadamente (COLLINS & EXTON-SMITH, 1985). Enquanto que D'Ippoliti et al. (2010) observaram que os efeitos das ondas de calor aumentam proporcionalmente com a idade, e as taxas mais elevadas de mortes ocorreram em lugares, onde essas mudanças bruscas de temperaturas não são comuns. Grize et al. (2005) perceberam que o grupo de maior de maior vulnerabilidade são: crianças, idosos, doentes crônicos, principalmente com doenças respiratórias ou cardíacas. Eles também elencaram alguns países pertencentes ao território europeu que foram muito afetados pela onda de 2003, que foi o pior episódio de calor em 250 anos. Sendo contabilizadas cerca de 14800 mortes no período de primeiro a vinte de agosto desse mesmo ano. Além disso, observaram que as pessoas que vivem isoladas foram mais afetadas por essa onda de calor intensa, e integrante de grupos socioeconômicos mais baixos. Por outro lado, para Keatinge et al. (2000) as diferenças na forma como as ondas de calor afetam as cidades não variam devido as diferenças regionais na velocidade do vento, umidade relativa, ou quantidade de precipitação, mas as maiores diferenças se dão de localidades com temperaturas médias mais altas para temperatura média mais baixas, sendo que nessas áreas com menores amplitudes térmicas as pessoas são mais afetadas.

Dessa forma, a mortalidade devido às mudanças de temperatura poderá atingir valores significativos em saúde pública nas próximas décadas, pois as projeções dos cenários climáticos apontam para o aquecimento global, o aumento da frequência e intensidade das ondas de calor (BASU & SAMET, 2002). Assim, as características fisiológicas relacionadas à idade são um fator predominante na forma como cada indivíduo reage aos estímulos causados pelas variáveis climáticas, mas não é o único fator, alguns outros pertencentes ao próprio meio devem ser considerados, como por exemplo, o nível de urbanização (GOUVÊIA; FREITAS; BRANCO, 2006).

Apesar de a infraestrutura urbana propiciar maior conforto, apresenta maiores índices de poluição atmosférica que estão diretamente associados a fenômenos climáticos particulares que afetam a saúde de grupos mais vulneráveis. Incluem-se fenômenos como as ilhas de calor que são muito comuns em áreas urbanas (BIAS et al., 2003).

Geralmente, o efeito do calor na saúde humana aparece alguns dias após a exposição e verifica-se um agravamento da situação com o passar do tempo (MICHELOZZI et al., 2007). Schuman (1971) relatou que a forma como esses extremos climáticos afetam as áreas não é homogêneo, diferindo quanto aos danos, isso devido à dependência de variáveis como a população constituinte, ou seja, a idade é um fator determinante.

3.4. ANÁLISE DE DADOS EPIDEMIOLÓGICOS

Segundo Matos (1999), a análise de dados epidemiológicos pode surgir como um instrumento capaz de prever padrões. Isto é, modelos ajustados adequadamente aos dados podem auxiliar na mensuração de casos de doenças específicas em determinadas condições de exposição.

Nesse contexto, os registros de estudos relacionando epidemiologia com estimação de modelos são datados a partir da última metade do século XVIII. No entanto, somente a partir da segunda metade do século XIX, a teoria de modelos de regressão ficou mais conhecida em estudos epidemiológicos (DE BARROS, 2015).

De acordo com Conceição, Saldiva & Singer (2001), a análise de regressão é uma ferramenta extremamente útil para resumir e interpretar dados epidemiológicos. Além disso, é possível estudar a relação entre uma ou mais variáveis explicativas e uma única resposta (MARTINS, 2000).

Por outro lado, em muitas situações, os dados epidemiológicos são resultantes de contagens (LAURENTI et al., 2005). Por essa, a variável resposta é associada a distribuições de probabilidade discretas, como em Conceição, Andrade & Louzada (2013) que utilizaram um modelo de regressão Poisson inflacionado de zeros para analisar dados de ocorrência de leptospirose.

Na literatura, as distribuições mais utilizadas para analisar dados de natureza discreta são os modelos de regressão logística, Poisson ou binomial negativa (HAIR, 2009; SILVESTRE, 2007), de acordo com a característica do problema estudo.

Dessa forma, o emprego de modelos de regressão auxilia na compreensão do quanto uma variável ao qual um indivíduo é exposto pode influenciar na sua condição de

saúde, permitindo assim que se obtenham em números, tais danos (TADANO; UGAYA; FRANCO, 2009).

Quando se analisa a relação de um conjunto de variáveis independentes com uma variável dependente há um fator que deve ser levado em consideração, a possível ocorrência de um alto grau de correlação entre essas variáveis independentes, chamada de multicolinearidade (FREUND; WILSON; SA, 2006).

Em análise de regressão, essa dependência entre as variáveis explicativas apresenta problemas na estimação dos coeficientes de regressão (MONTGOMERY; PECK; VINING, 2006).

Esse problema pode ser causado quando as variáveis escolhidas para compor o modelo são linearmente dependentes, como por exemplo no estudo de variáveis climáticas que se relacionam entre si, logo é necessário que as variáveis de entrada do modelo não sejam linearmente dependentes, para que os valores dos coeficientes de regressão não fiquem superestimados.

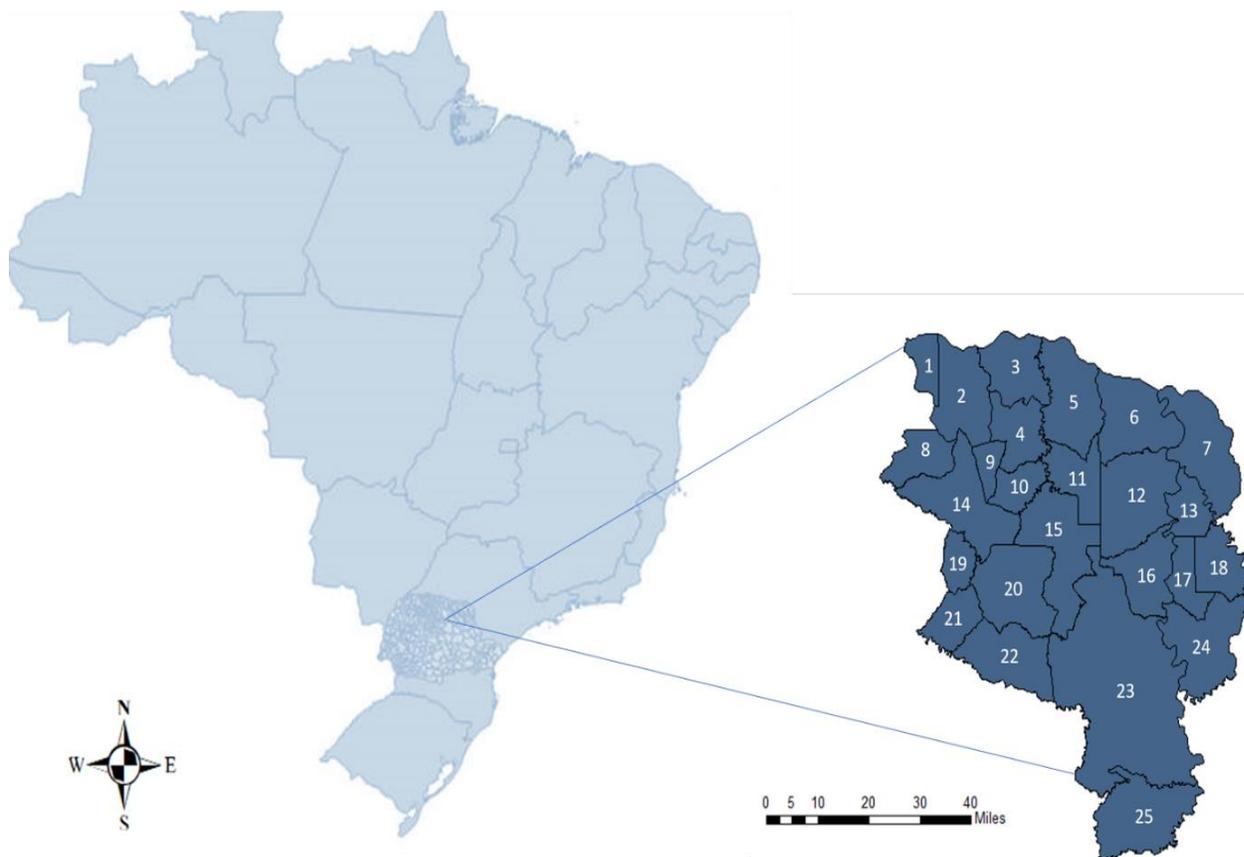
Uma forma de contornar os problemas recorrentes da relação entre as variáveis independentes é eliminar a multicolinearidade ou analisar as variáveis que tem uma correlação alta separadamente.

4 METODOLOGIA

4.1. LOCAL E PERÍODO DE ESTUDO

A área estudada compreende a Região Metropolitana de Londrina (RML), composta pelos seguintes municípios: Londrina (23), Pitangueiras (19), Ibiporã (16), Cambé (15), Bela Vista do Paraíso (11), Primeiro de Maio (6), Rolândia (20), Sabáudia (21), Sertanópolis (12), Tamarana (25), Porecatu (3), Assaí (24), Jataizinho (17), Alvorada do Sul (5), Jaguapitã (14), Florestópolis (4), Arapongas (22), Centenário do Sul (2), Guaraci (8), Lupianópolis (1), Prado Ferreira (10), Miraselva (9), Rancho Alegre (13), Sertaneja (7) e Uraí (18), conforme ilustrado pela Figura 3. A população é de aproximadamente 1.067.200 habitantes segundo o censo do IBGE de 2014, dos quais aproximadamente 30% são de pessoas acima de 60 anos, ou seja, idosos.

Figura 3 - Localização da área de estudo.



Fonte: IBGE, 2017.

4.2. DADOS METEOROLÓGICOS

Para a realização desse estudo foram utilizados dados meteorológicos provenientes das estações meteorológicas do IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná) e INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) localizadas na cidade de Londrina ($23^{\circ} 18' 36''$ S, $51^{\circ} 9' 46''$ W), e da estação do IAPAR localizada em Ibiporã ($23^{\circ} 16' 8''$ S, $51^{\circ} 2' 52''$ W), todas inseridas na região metropolitana analisada. As variáveis observadas para esse estudo foram temperatura mínima e máxima ($^{\circ}$ C) e umidade relativa do ar (%) para análise da relação com a saúde, no período de 1996 a 2015. Para a caracterização climática e estudo da sensação térmica foram analisadas também a insolação (horas/dia), evaporação (mm/dia), velocidade (m s^{-1}) e direção do vento (graus) e a

frequência e intensidade da precipitação (mensal acumulada em milímetros e dias de ocorrência), utilizando-se para tal análise uma série histórica de aproximadamente 30 anos.

Apesar de serem utilizadas apenas três estações para a região alvo, a similaridade climática e geográfica e a pequena extensão territorial permite que se realize interpolação desses dados e se analise a área toda composta pelos vários municípios como uma área absoluta.

4.2.1. Caracterização climática da área de estudo

O clima é definido como uma sucessão recorrente de um certo tempo meteorológico em um determinado local, caracterizando o estado atmosférico (GONÇALVES, 2014).

A partir de uma série de dados históricos provenientes de postos de observação meteorológica oficiais, determinou-se valores médios e extremos das variáveis climáticas, permitindo a classificação e avaliação comportamental do clima da região estudada, conforme apresentado na seção 5.1.

4.3. DADOS DE SAÚDE

Os dados de saúde utilizados consistem em número diários de internação e mortes por doenças cardiovasculares (código I00 a I99 no CID 10), disponibilizados na plataforma *online DATASUS* (Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde) e de mortes na plataforma *online SIM* (Sistema de Informações sobre Mortalidade) do Sistema Único de Saúde (SUS). Este disponibiliza de forma pública as informações de saúde de unidades que participam do SUS e unidades particulares de saúde e são notificadas através de preenchimento da Autorização de Internação Hospitalar (AIH).

4.4. ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

O período de estudo compreende 19 anos, de 1996 a 2015, sendo que os dados de saúde, ou seja, de número diário de internações e mortes por doenças cardiovasculares foram analisados conjuntamente (nomeado como casos de doenças cardiovasculares no texto), estratificados por sexo e classificado em duas diferentes faixas etárias (40 a 70 e acima de 70 anos). A escolha de tais faixas etárias foi feita de acordo com estudos anteriores, que permitiram a observação dos efeitos das variáveis meteorológicas em diversos grupos ao longo de determinadas mudanças fisiológicas provenientes do envelhecimento.

Para os dados climáticos, valores indisponíveis ou faltantes foram preenchidos através de interpolação linear. Além disso, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) define um intervalo de seis dias ou mais consecutivos com temperatura máxima superior a 5°C ao valor médio diário no período de referência como uma onda de calor. Esse fenômeno esporádico tem se tornado mais recorrente, apresentando maiores períodos de calor intenso com duração de vários dias (MARTO, 2005).

4.5. ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Com a finalidade de resumir e descrever um possível padrão do conjunto de dados das variáveis meteorológicas (temperatura máxima e mínima; umidade relativa) e de casos de doenças cardiovasculares, uma análise exploratória foi realizada, calculando-se valores máximo, mínimo, média, variância e desvio padrão de cada variável em estudo, por meio do *software* R versão 3.1.1.

4.6. DIAGNÓSTICO DE MULTICOLINEARIDADE DOS DADOS

Ao se analisar dados climáticos e sua relação com uma variável resposta deve-se levar em consideração que esses dados apresentam alguma relação entre si, o que é conhecido como multicolinearidade.

Segundo Montgomery, Peck & Vining (2006), uma forma de diagnosticar a presença de multicolinearidade é por meio do fator de inflação da variância (VIF), que é dado por

$$VIF_j = \frac{1}{1 - R_j^2}, j = 1, \dots, p,$$

em que p é o número de variáveis preditoras e R_j^2 é o coeficiente de correlação múltipla, resultante da regressão de X_j em relação as demais variáveis explicativas. Valores de VIF entre 5 e 10 indicam alta correlação que pode ser um problema. Por outro lado, valores de VIF maiores que 10 indicam que a multicolinearidade pode estar influenciando na estimativa dos coeficientes de regressão.

Outra forma de verificar uma possível existência de dependência linear entre um par de variáveis é a partir da matriz de correlação. Nesse caso, correlações altas, indicam que pode haver problemas de multicolinearidade.

4.7. ANÁLISE DE REGRESSÃO

Em algumas situações, nem sempre é possível aplicar um modelo de regressão linear clássico em estudos epidemiológicos, pois a variável resposta não segue uma distribuição normal. Logo, para estimar os efeitos na saúde associados com exposição a variáveis meteorológicas, podemos utilizar os modelos lineares generalizados (MLGs). Os MLGs são uma extensão dos modelos clássicos de regressão proposto por Nelder e Wedderburn (1972) e formado por três componentes (McCULLAGH; NELDER, 1989; TADANO et al., 2006, MORAL, 2013):

- I. componente aleatório representado pelas variáveis aleatórias Y_1, \dots, Y_n provenientes da mesma distribuição, pertencente à família exponencial com função ou densidade de probabilidade expressa por

$$f(y_i) = \exp\{\phi^{-1}[y_i\theta_i - b(\theta_i) + c(y_i, \phi)]\},$$

em que $b(\cdot)$ e $c(\cdot)$ são funções conhecidas, $\phi > 0$ é o parâmetro de dispersão e θ_i é o parâmetro canônico;

- II. Componente sistemático representado por uma estrutura linear chamada de preditor linear $\eta_i = \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}$, em que $\boldsymbol{\beta} = (\beta_1, \dots, \beta_p)^T$ é um vetor de parâmetros desconhecidos e $\mathbf{x}_i = (x_{i1}, \dots, x_{ip})^T$ representa os valores de variáveis explicativas;
- III. Função de ligação é uma função monótona e diferenciável $g(\cdot)$ capaz de conectar o componente aleatório ao componente sistemático, ou seja, relaciona a média da variável resposta ao preditor linear, ou seja, $\eta_i = g(\mu_i)$.

Os MLGs apresentam diversas distribuições de probabilidade que podem ser associadas ao componente aleatório, no entanto, algumas distribuições são mais indicadas que outras, dependendo do estudo. Para estudos epidemiológicos, cujo o objetivo é analisar dados de contagem, têm-se duas possíveis distribuições:

I. Distribuição de regressão com resposta Poisson

A distribuição representa a probabilidade de que um evento ocorra um número especificado de vezes em uma determinada exposição (tempo, área, região, etc.) e sua função de probabilidade é dada por

$$P(Y = y) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^y}{y!}, \quad y = 0, 1, \dots, \quad (1)$$

em que $\lambda > 0$ (McCULLAGH & NELDER, 1989). Além disso, outra característica da distribuição é o valor esperado e a variância da variável resposta sendo aproximadamente iguais, ou seja, $E(Y) = \text{Var}(Y) = \lambda$. Caso essa pressuposição não seja atendida tem-se a ocorrência de superdispersão, quando a variância é maior do que a esperança ou a subdispersão, no caso inverso.

Então, supondo que Y_1, \dots, Y_n são uma amostra aleatória de tamanho n tais que $Y_i \sim P(\lambda_i)$, cuja função de probabilidade é dada em (1) e a função de ligação é logarítmica, ou seja

$$\log(\lambda_i) = \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta},$$

em que $\boldsymbol{\beta} = (\beta_1, \dots, \beta_p)^T$ é um vetor de parâmetros desconhecidos e $\mathbf{x}_i = (x_{i1}, \dots, x_{ip})^T$ representa os valores de variáveis explicativas.

II. Modelo de regressão com resposta binomial negativa

Quando os dados possuem grande variabilidade, ou seja, há ocorrência de variância da variável resposta ser superior à variância das variáveis explicativas, o modelo Poisson não é adequado, pois o modelo não leva em conta o efeito da superdispersão, devido à heterogeneidade das unidades amostrais. Consequentemente, as estimativas dos parâmetros serão incorretas, bem como erros padrões subestimados.

Segundo Paula (2016), a função de probabilidade do modelo binomial negativa é dada por

$$P(Y = y) = \frac{\Gamma(\phi + y)}{\Gamma(y + 1)\Gamma(\phi)} (1 - \pi)^\phi \pi^y, \quad y = 0, 1, \dots, \quad (2)$$

em que $\pi = \mu / (\mu + \phi)$, $E(Y) = \mu$ e $Var(Y) = \mu + \mu^2 / \phi$. Dessa forma, como o modelo binomial negativa possui um parâmetro a mais do que o modelo Poisson, o que permite corrigir essa superdispersão presente nos dados.

Supondo que Y_1, \dots, Y_n são uma amostra aleatória de tamanho n tais que $Y_i \sim BN(\mu_i, \phi)$, cuja função de probabilidade é dada em (2) e a função de ligação é logarítmica, ou seja

$$\log(\mu_i) = \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta},$$

em que $\boldsymbol{\beta} = (\beta_1, \dots, \beta_p)^T$ é um vetor de parâmetros desconhecidos e $\mathbf{x}_i = (x_{i1}, \dots, x_{ip})^T$ representa os valores de variáveis explicativas.

III. Modelo de regressão zero ajustado

Quando se tem um conjunto de dados de contagem com uma alta frequência de valores zero, esses valores podem causar confusão e superestimar os valores dos coeficientes da regressão. Logo, para solucionar esse impasse Johnson & Koltz (1969) apresentaram a distribuição Poisson ajustada de zeros. Tal modelo é baseado em duas componentes de distribuição, sendo uma referente a probabilidade de valores no conjunto amostral iguais a zero e a outra componente ajustada aos valores distintos de

zero. Assim, os parâmetros são definidos pela proporção de zeros e pela média da distribuição Poisson excluindo os zeros.

Lawless (1987) propôs a distribuição binomial negativa ajustada de zeros que apresenta as mesmas características da distribuição de Poisson ajustada de zeros, com uma probabilidade de observação dos valores zeros e outra observação assumir valores diferentes de zero, sendo a última modelada pela distribuição gama (KHANKONG, 2010).

Nesse contexto, seja $Y = 0$ com probabilidade igual a p e $Y = Y_0$

$$P(Y = 0) = p$$

e

$$P(Y = y) = (1 - p)P(Y_0 = y) = (1 - p) \frac{P(Y_1 = y)}{1 - P(Y_1 = 0)}, \quad y = 1, 2, \dots$$

em que $0 < p < 1$, Y_0 segue uma distribuição de probabilidade truncada em zero e Y_1 segue uma distribuição de probabilidade não truncada, ou seja, as distribuições em (1) ou em (2).

4.8. ADEQUAÇÃO DO MODELO AO CONJUNTO DE DADOS E CRITÉRIOS DE INFORMAÇÃO

Em estudos epidemiológicos, diversos modelos podem ser utilizados, no entanto, em alguns casos específicos por conta da natureza dos dados alguns modelos se adequam melhor, retornando resultados mais confiáveis e mais próximos do real. Por exemplo, para um conjunto de dados de contagem, tanto o modelo de Poisson quanto o binomial negativa podem ser utilizados nessa situação por serem mais conhecidos na literatura.

Nesse contexto, quando um modelo é ajustado a um conjunto de dados, a análise de resíduos ajuda a detectar possíveis pontos discrepantes, bem como avaliar a adequação do modelo (MARCIANO, 2009).

Na literatura, existem vários tipos de resíduos, em se tratando de MLGs, um dos resíduos mais utilizados é o resíduo *deviance*, pois esse resíduo segue distribuição normal (Willians, 1987).

Para a i – ésima observação a expressão para o resíduo *deviance* é dada por

$$rd_i = d(y_i, \mu_i)^{1/2} \text{sign}(y_i - \mu_i),$$

em que $\text{sign}(\cdot)$ representa o sinal da expressão e $d(y, \mu)$ é a função *deviance*, definida como

$$d(y, \mu) = 2\{t(y, y) - t(y, \mu)\},$$

sendo $t(y, y) = y\theta - b(\theta)$.

Além disso, critérios de informação também podem ser utilizados para comparar modelos. Alguns desses critérios são baseados nas seguintes estatísticas:

- I. Critério de informação de Akaike (AKAIKE, 1974)

$$AIC = -2 \ln[L(\hat{\theta})] + 2k$$

- II. Critério de informação bayesiano (SCHWARZ, 1978)

$$BIC = -2 \ln[L(\hat{\theta})] + k \ln(n)$$

- III. Critério de informação Akaike consistente (HURVICH & TSAI, 1989)

$$AICc = AIC + \frac{2k(k+1)}{n-k-1}$$

em que $L(\cdot)$ é a função de verossimilhança, k é o número de parâmetros e n é o tamanho da amostra.

Quanto menor for o valor dessas estatísticas, maior evidência favorável ao modelo em questão (PAULA, 2016).

4.9 CÁLCULO DO RISCO RELATIVO

O risco relativo (RR) é uma medida de magnitude da associação entre determinado fator julgado prejudicial ao indivíduo exposto e o risco de ocorrência de um dado resultado, como por exemplo, uma doença (EVERITT, 2003).

O valor de RR indica quantas vezes a ocorrência do desfecho nos expostos é mais significativa do que entre os não expostos, (WAGNER, 1998).

Dessa forma, o RR é obtido por meio da razão da incidência dos expostos ao fator de risco pela incidência dos não expostos, ou seja,

$$RR(x) = E(Y|x) / E(Y|x = 0),$$

em $E(Y)$ é a esperança de uma variável aleatória Y .

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA REGIÃO

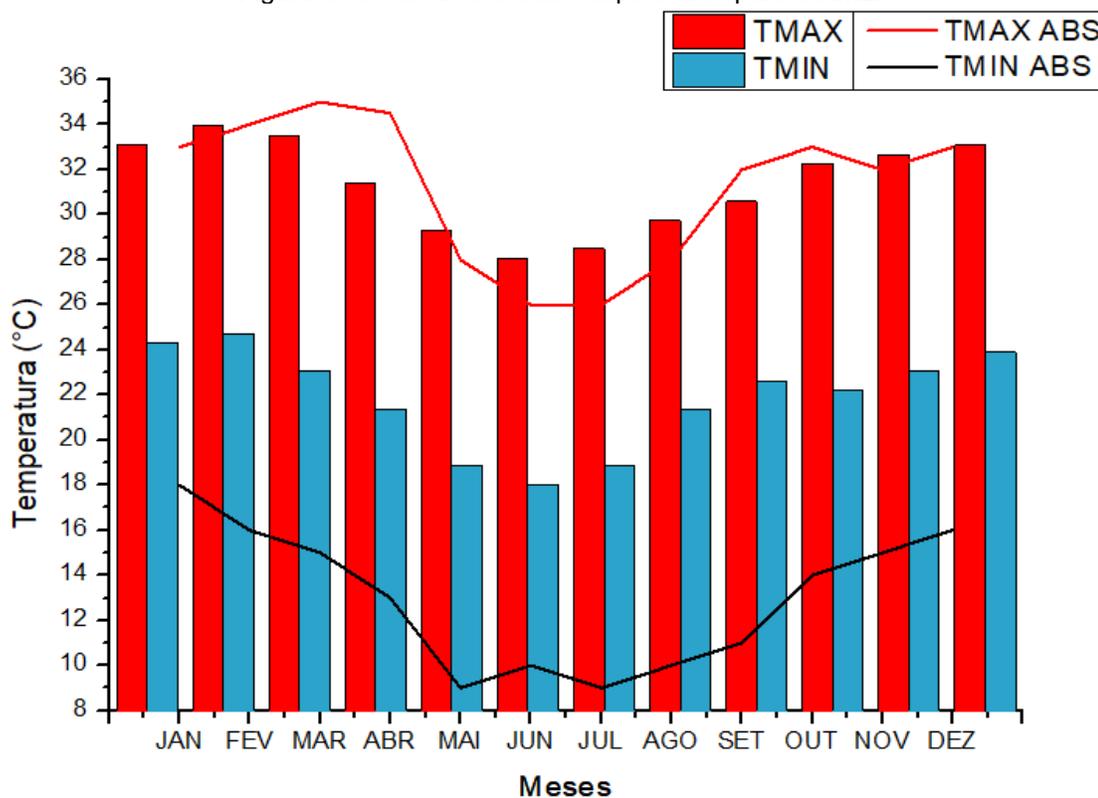
O clima de Londrina e sua região metropolitana é classificado como subtropical úmido mesotérmico (Cfa). Caracterizado com verões quentes e chuvosos e poucas ocorrências de geadas ou frio extremo (MAACK, 1968).

5.1.1. Temperatura (°C)

Na Figura 4 é apresentada a distribuição de valores de temperatura entre os anos de 1964 a 2015. Por meio da figura, observa-se que, a temperatura média foi de 22,04°C, com a média mensal de temperatura máxima de 28,05 °C e da mínima de 16,00°C. Para os valores absolutos tem-se a média anual de 31,27 °C para as máximas e 13,10 °C para as temperaturas mínimas no mesmo período histórico.

Além disso, os meses de fevereiro e março obtiveram os maiores valores de temperatura registrados ficando acima de 30,00°C, e os meses de junho e julho as menores temperaturas em torno de 10,00 a 11,00°C.

Figura 4 - Série histórica de temperaturas para a RML.

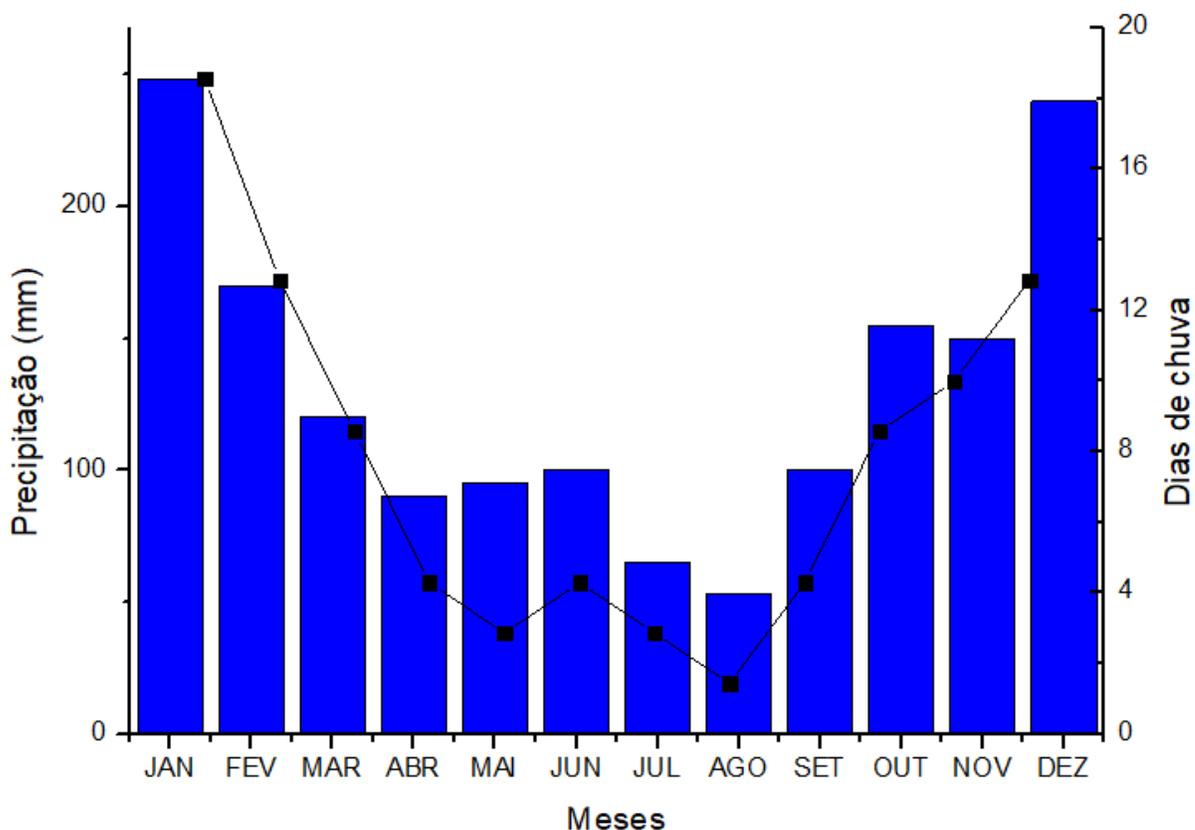


Fonte: INMET e IAPAR

5.1.2. Precipitação (mm)

A precipitação para a região estudada foi analisada a partir da série histórica de 1964 a 2012, apresentando os meses de verão como os de cheia, com valores máximos mensais acumulados próximos a 250 mm nos meses de janeiro e dezembro, e os meses mais secos são os de julho e agosto com valores próximos de 50 mm. A quantidade de dias de chuva segue o mesmo padrão sendo os meses mais chuvosos aqueles que apresentam mais dias com chuva e os secos com menor frequência de precipitação, como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 - Série histórica de precipitação e dias de chuva para a RML.



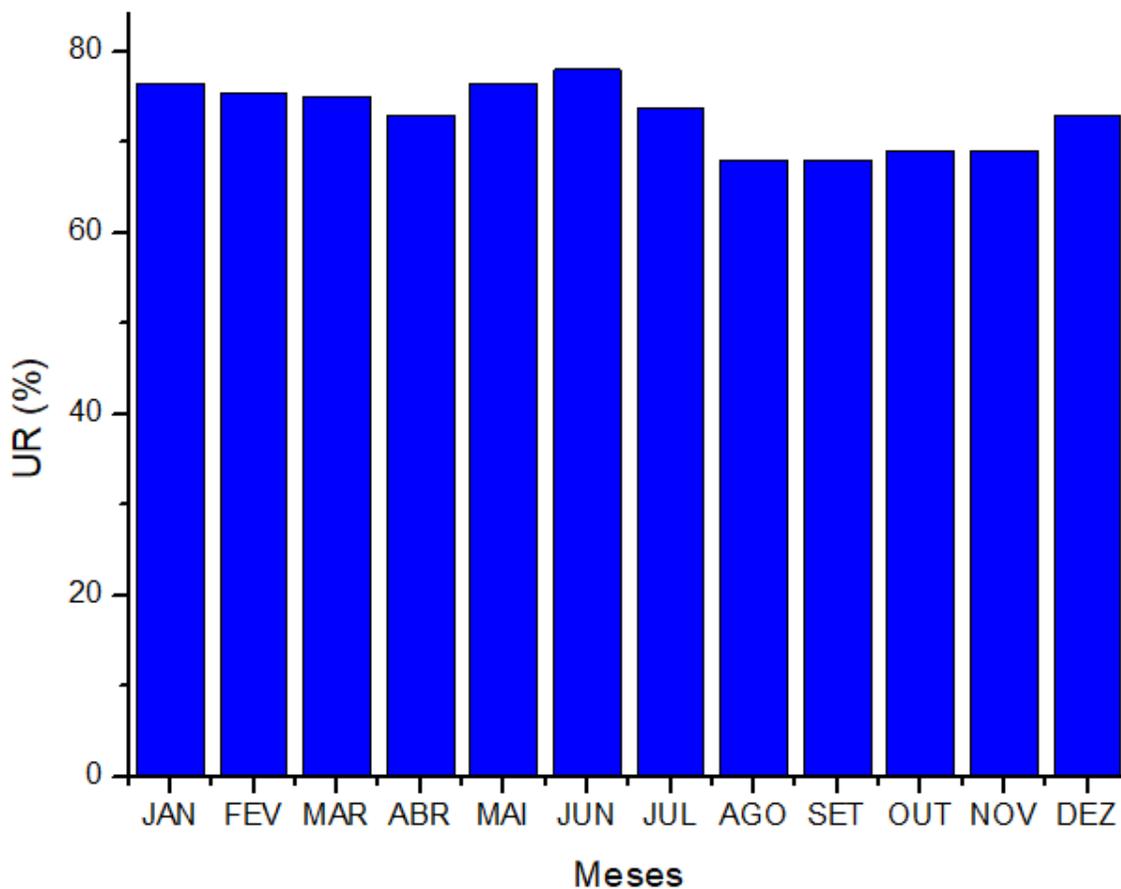
Fonte: INMET e IAPAR

Como é comum no clima temperado subtropical os meses mais quentes também apresentam mais dias com chuva, o que reflete diretamente na umidade e na evaporação como apresentado mais adiante.

5.1.3. Umidade relativa (%)

A umidade relativa na região é uma variável meteorológica com poucas variações bruscas ao longo dos anos. Junho foi o mês mais úmido com aproximadamente 78% de umidade, seguido pelos meses mais quentes que também apresentam umidade alta se comparado aos demais meses do ano. Por outro lado, o mês mais seco foi agosto com 65% de umidade, os demais se mantiveram entre essa faixa, conforme ilustrado na Figura 6, sendo a série histórica utilizada para essa análise de 1961 a 2012.

Figura 6 - Série histórica de umidade reativa para a RML:

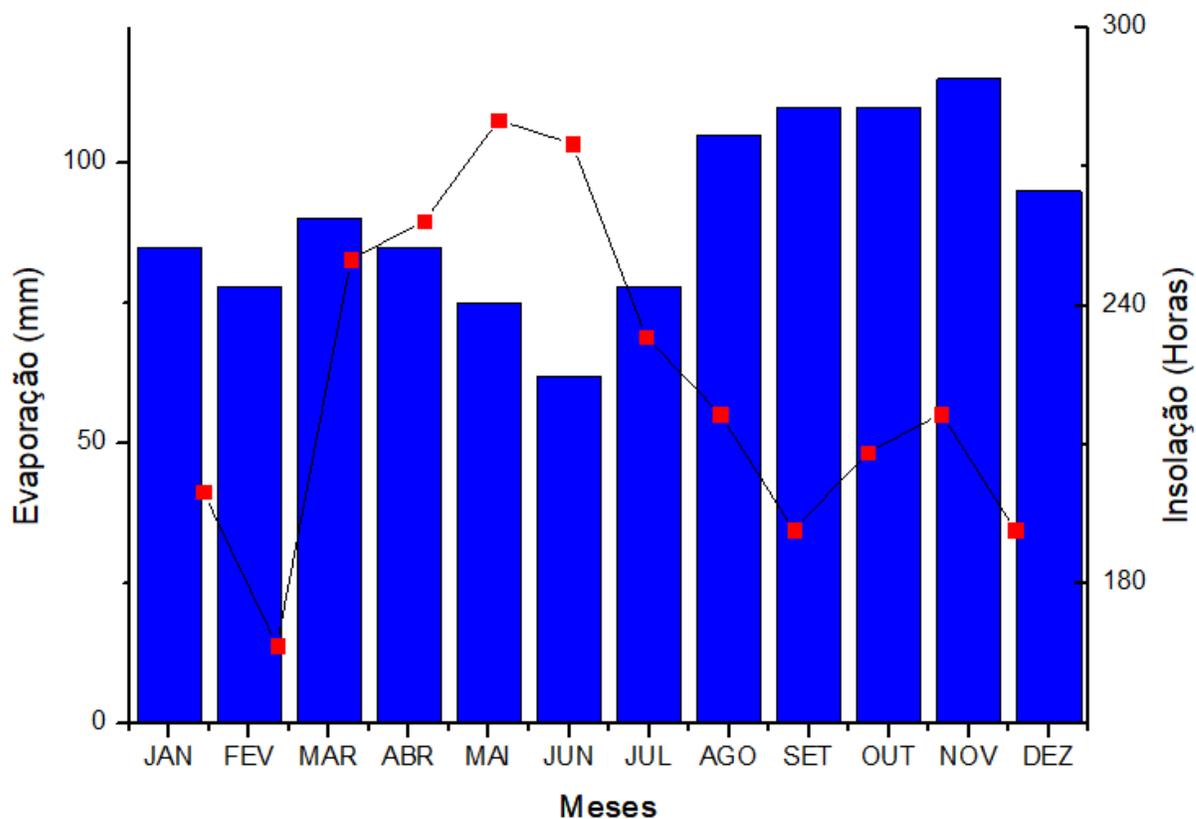


Fonte: INMET e IAPAR

5.1.4. Insolação (horas) e evaporação total (piché – mm)

A insolação e a evaporação se mostraram inversamente relacionadas, sendo fisicamente consistente e, portanto, os maiores índices de evaporação ocorrem logo após alta insolação. Os meses com mais insolação são também os meses menos chuvosos, maio, junho e julho com valores próximos de 250 horas, já os meses que apresentam mais evaporação são setembro a novembro, com valores ultrapassando 100 mm acumulado no mês, como ilustra a Figura 7.

Figura 7 - Série histórica de evaporação e insolação para a RML.



Fonte: INMET e IAPAR

Na Tabela 1 pode-se observar um resumo geral as características da cidade de Londrina, através das variáveis climáticas da série histórica de 1976 a 2008 advindas da estação de monitoramento do IAPAR localizada na mesma. Apesar da série utilizada ser diferente é notável as características climáticas da região.

Pode-se observar ainda na tabela que a direção predominante dos ventos é leste em quase todos os meses do ano, excetuando-se apenas o mês de junho que apresenta direção predominante de ventos para nordeste. Essa variação é provavelmente por causa da mudança de estação.

Tabela 1 - Resumo climatológico da RML - 1976 a 2008.

Mês	Temperatura do ar (°C)			UR (%)	Vento		Precipitação (mm)		Evaporação (mm)	Insolação (horas)
	Média	Média Máxima	Média Mínima	Média	Direção predominante	Velocidade (m/s)	Total	Dias de chuva	Total	Total
JAN	23,9	29,5	19,6	76	E	2,4	210,1	15	105,9	204,4
FEV	23,8	29,7	19,5	76	E	2,2	186,4	14	91,3	193,3
MAR	23,4	29,7	18,7	73	E	2,2	186,4	11	112,9	223
ABR	21,6	28	16,6	71	E	2,1	117	8	108	226,4
MAI	18,3	24,4	13,4	74	E	2,1	117	8	91,9	216,3
JUN	16,9	23,5	11,5	69	NE	2,0	88,5	8	81,2	206,8
JUL	16,9	23,5	11,5	69	E	2,3	63,7	6	106,7	232,1
AGO	18,8	25,8	12,8	62	E	2,4	52,8	6	144,5	237,3
SET	19,9	26,4	14,4	64	E	2,8	120	9	146,7	100,2
OUT	22,2	28,7	16,7	66	E	2,8	130,6	10	146,7	199,2
NOV	23,1	29,4	17,8	66	E	2,8	130,6	10	156,8	219,6
DEZ	23,7	29,4	19	72	E	2,6	204,5	14	126	219,6
Anual	21	27,3	16	70,4	-	2,4	1584	120	1422	2607

Fonte: Adaptado do Instituto Agronômico do Paraná – (IAPAR), 2009.

5.2. ESTATÍSTICA DESCRITIVA

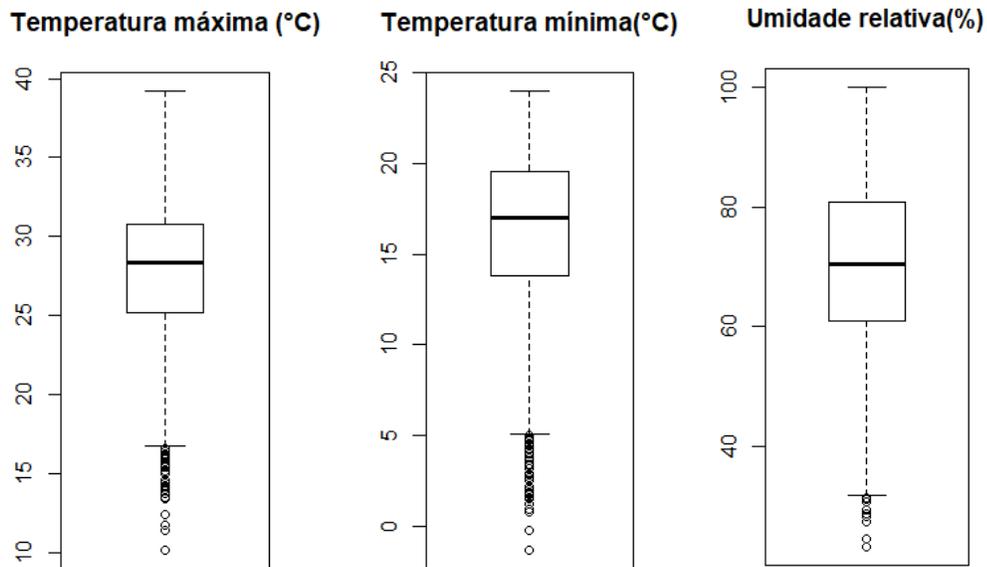
A Tabela 2 descreve a média, mediana e desvio padrão das variáveis meteorológicas durante o período de estudo. Com essas medidas de dispersão é possível observar como o conjunto de dados analisado se comporta, e quais os valores centrais da amostra.

Tabela 2 – Estatística descritiva das variáveis temperatura e umidade relativa para a RML – 1996-2015

	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Umidade Relativa (%)
Média	27,8	16,4	70,5
Mediana	28,4	17,0	70,5
DP*	4,2	3,9	13,8

*DP significa desvio padrão. Fonte: Autoria própria, 2018.

Através do gráfico de *boxplot* pode-se observar as características do banco de dados, e ainda é possível perceber que para a região estudada os extremos climáticos estão concentrados nas quedas tanto das temperaturas quanto da umidade (Figura 8). Pela região estar presente no arco mais quente do estado, esses extremos mínimos têm influência direta nos grupos mais sensíveis em estudo, essa relação será mais explorada ao longo do estudo.

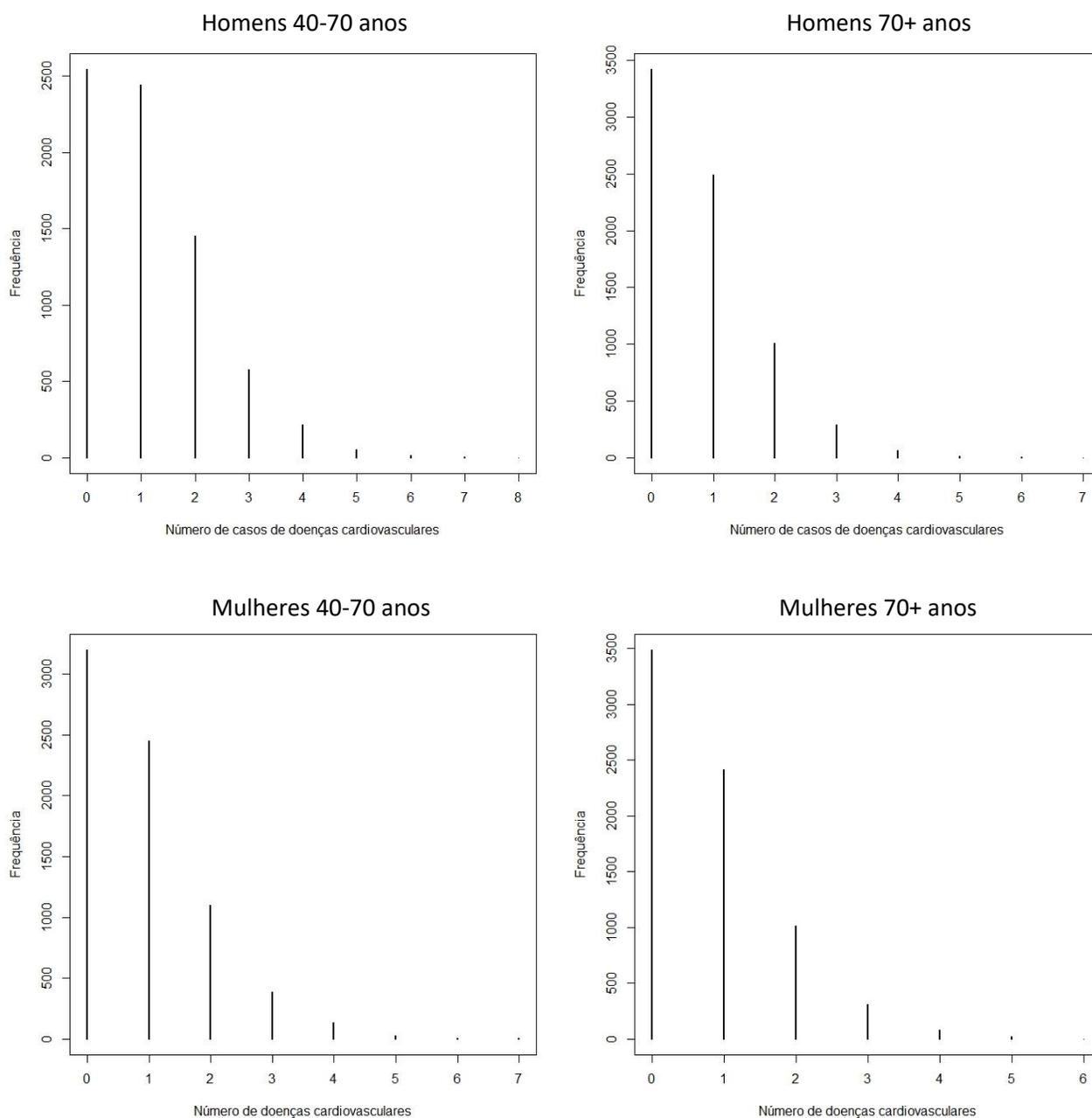
Figura 8 – *Boxplot* das variáveis meteorológicas da RML – 1996-2015.

Fonte: Autoria própria, 2018.

É possível observar ainda que a maior frequência de internações por doenças cardiovasculares é de 1 caso por dia, mas em alguns dias pode-se chegar a ter registro de até 8 casos. Provavelmente dias com variações mais acentuadas na sensação térmica

são também os dias em que a população sensível é mais impactada e se registram maior número de casos. Conforme apresentado na Figura 9.

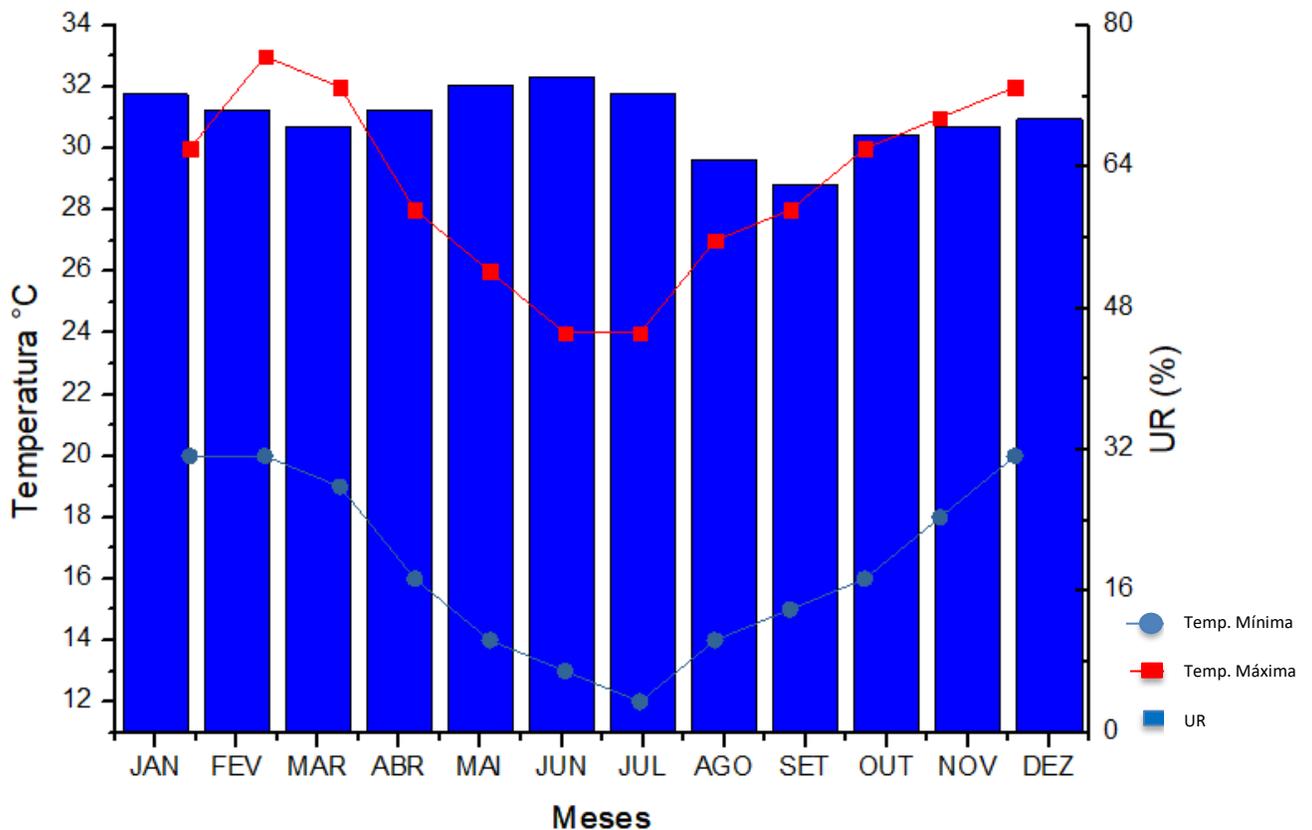
Figura 9 – Gráfico de linhas para os casos de doenças cardiovasculares – 1996-2015 na RML.



Fonte: Autoria própria, 2018.

A Figura 10 apresenta o perfil das variáveis meteorológicas estudadas ao longo do ano para a série de 1996-2015. Nota-se que apesar de alguns desvios, o comportamento esperado para o tipo de clima da região se manteve, os meses de verão marcam as temperaturas mais elevadas, tanto as máximas quanto as mínimas, e os meses mais frios também apresentaram maior umidade relativa.

Figura 10 - Variáveis meteorológicas da RML no período de estudo, 1996-2015.

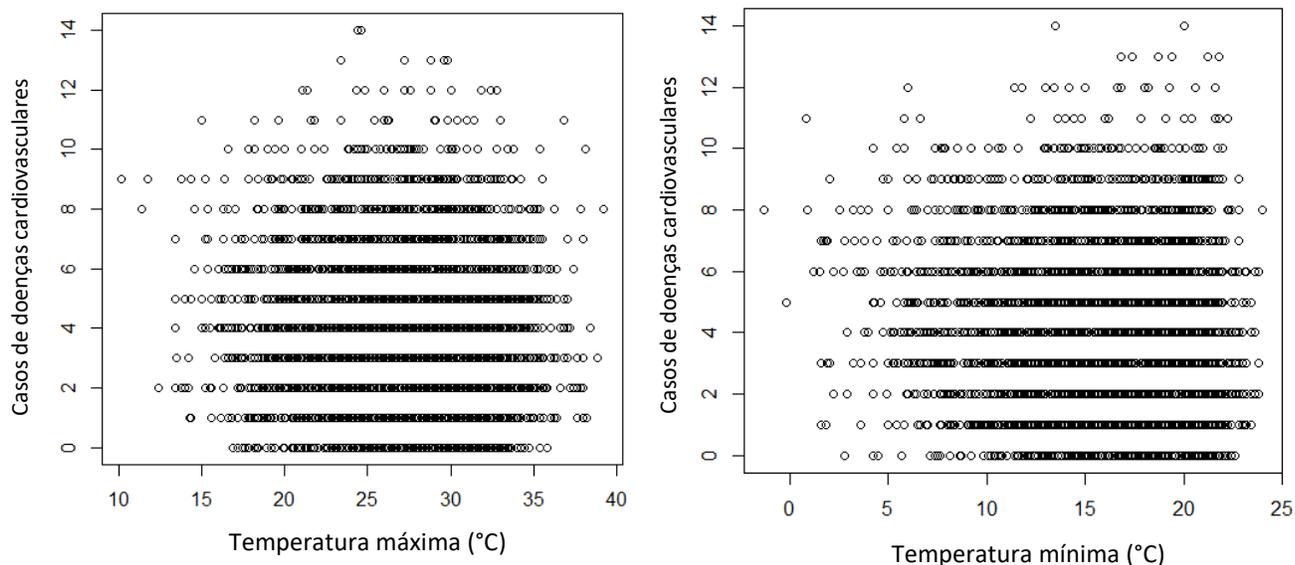


Fonte: INMET e IAPAR

A Figura 11 apresenta dois gráficos de tendência, um para temperatura máxima e um para a mínima, relacionando os valores de temperatura com os casos registrados de doenças cardiovasculares diariamente durante o período de estudo.

Por conta do grande número de zeros do conjunto amostral, e as maiores frequências registradas serem de 1 a 3 casos a figura 12 não permite uma boa visualização da tendência de ocorrência da doença relacionada com as temperaturas.

Figura 11 – Diagrama de dispersão do número diário de casos de doenças cardiovasculares na RML, 1996-2015.

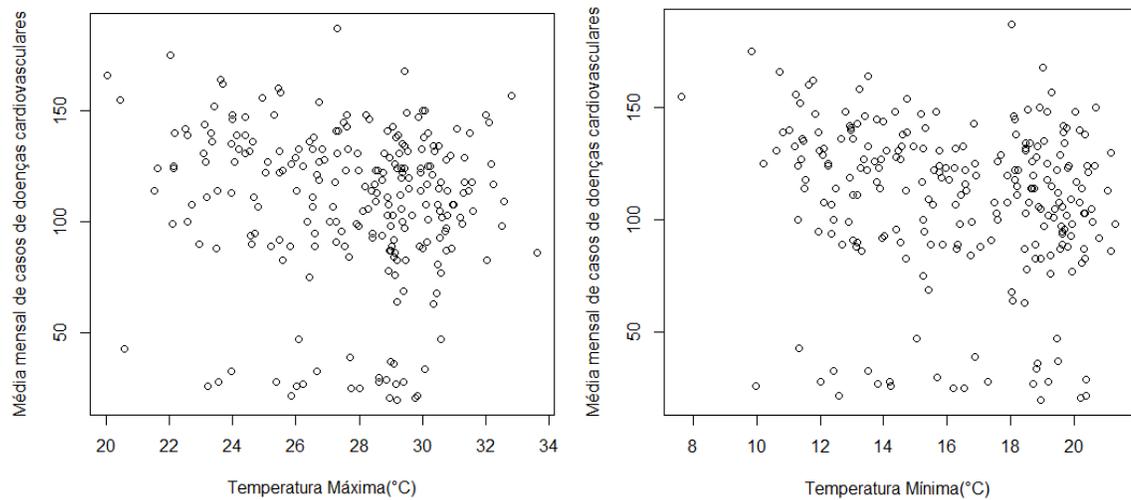


Fonte: Autoria própria, 2018.

A Figura 12 apresenta essa tendência com os casos concentrados mensalmente, facilitando a interpretação e a observação das nuvens de dados em faixas de temperaturas específicas.

Esses gráficos nos permitem observar que temperaturas máximas na faixa de 25 – 30 graus e temperaturas mínimas entre 18 – 20 graus são as faixas com maior incidência de casos da doença, reforçando a suposição de que há uma faixa confortável de temperatura para o ser humano, em torno de 20 a 25 graus. Logo, com valores acima desse limite a parcela mais sensível pode começar a apresentar problemas de saúde.

Figura 12– Diagrama de dispersão do número mensal de casos de doenças cardiovasculares na RML, 1996-2015.



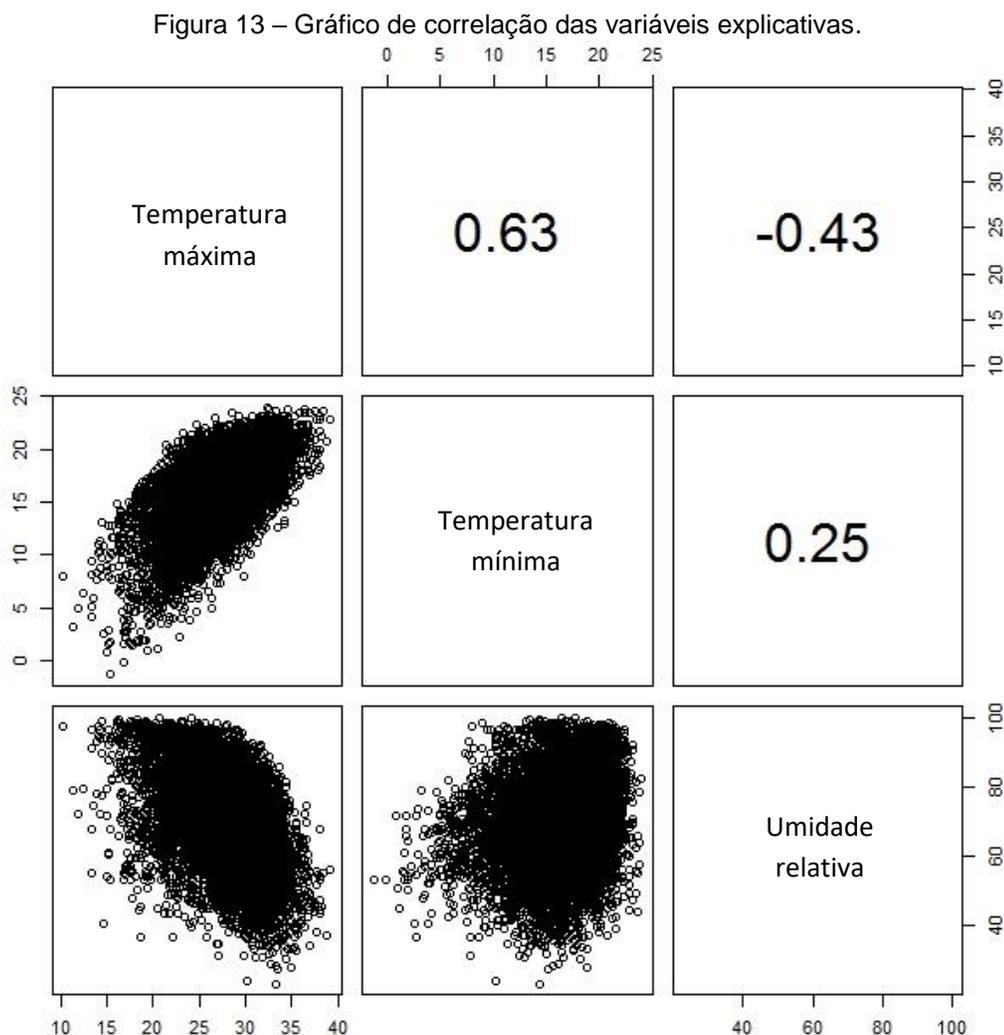
Fonte: Autoria própria, 2018.

5.3. DIAGNÓSTICO DE MULTICOLINEARIDADE

A partir da observação das variáveis explicativas (temperatura máxima, temperatura mínima e umidade relativa), a matriz de correlação foi calculada para avaliar uma possível existência de dependência linear entre um par de variáveis, como ilustra a Figura 13. Por meio da figura, observou-se que as temperaturas máximas e mínimas têm uma correlação positiva moderada, ou seja, há uma possível associação entre as variáveis. Por outro lado, umidade relativa apresentou uma correlação negativa moderada e positiva fraca em relação à temperatura máxima e a temperatura mínima, respectivamente. Dessa forma, têm-se uma possível evidência de problemas com multicolinearidade devido à correlação entre as variáveis: temperatura máxima e temperatura mínima.

Para comprovar o problema de multicolinearidade, o fator de inflação da variância foi calculado para cada grupo de faixa etária e gênero considerando o modelo completo, ou seja, com todas as variáveis explicativas (temperatura máxima, temperatura mínima e umidade relativa). Os valores do *VIF*, bem como as estimativas dos parâmetros do modelo de regressão Poisson e binomial negativa são apresentados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente. As Tabelas 5 e 6 apresentam as mesmas informações, entretanto para

o modelo Poisson zero ajustado e binomial negativa zero ajustado, respectivamente. Por meio dos valores de *VIF*, observou-se que em todos os casos, os valores estão abaixo de 5, indicando que não há problemas de multicolinearidade.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Tabela 3 – Fator de inflação da variância para as variáveis explicativas do modelo Poisson.

(Continua)

Faixa etária	Variáveis	Estimativa	VIF
	<i>Intercepto</i>	0,1147	-
Homens 40 – 70	<i>Temperatura máxima</i>	0,0079	4,2280
	<i>Temperatura mínima</i>	-0,0154	3,7248
	<i>Umidade relativa</i>	0,0007	2,6766

Tabela 3 – Fator de inflação da variância para as variáveis explicativas do modelo Poisson.
(Conclusão)

Homens 70+	<i>Temperatura máxima</i>	0,0023	4,2810
	<i>Temperatura mínima</i>	-0,0252	3,7983
	<i>Umidade relativa</i>	-0,0005	2,6618
Mulheres 40 – 70	<i>Intercepto</i>	0,2703	-
	<i>Temperatura máxima</i>	-0,0079	4,2644
	<i>Temperatura mínima</i>	-0,0060	3,7451
	<i>Umidade relativa</i>	-0,0009	2,7027
Mulheres 70+	<i>Intercepto</i>	-0,1535	-
	<i>Temperatura máxima</i>	0,0131	4,2573
	<i>Temperatura mínima</i>	-0,0323	3,7848
	<i>Umidade relativa</i>	0,0010	2,6454

Fonte: Autoria própria, 2018.

Tabela 4 – Fator de inflação da variância para as variáveis explicativas do modelo binomial negativa

Faixa etária	Variáveis	Estimativa	VIF
Homens 40 – 70	<i>Intercepto</i>	0,1138	-
	<i>Temperatura máxima</i>	0,0080	4,2262
	<i>Temperatura mínima</i>	-0,0153	3,7190
	<i>Umidade relativa</i>	0,0007	2,6805
Homens 70+	<i>Intercepto</i>	0,1478	-
	<i>Temperatura máxima</i>	0,0022	4,2749
	<i>Temperatura mínima</i>	-0,0251	3,7871
	<i>Umidade relativa</i>	-0,0005	2,6657
Mulheres 40 – 70	<i>Intercepto</i>	0,2708	-
	<i>Temperatura máxima</i>	-0,0079	4,2565
	<i>Temperatura mínima</i>	-0,0060	3,7350
	<i>Umidade relativa</i>	-0,0009	2,7033
Mulheres 70+	<i>Intercepto</i>	-0,1518	-
	<i>Temperatura máxima</i>	0,0131	4,2530
	<i>Temperatura mínima</i>	-0,0322	3,7737
	<i>Umidade relativa</i>	0,0010	2,6517

Fonte: Autoria própria, 2018.

Tabela 5 – Fator de inflação da variância para as variáveis explicativas do modelo Poisson zero ajustado.

Faixa etária	Variáveis	Estimativa	VIF
Homens 40 – 70	<i>Intercepto</i>	0,1855	-
	<i>Temperatura máxima</i>	0,0090	4,3628
	<i>Temperatura mínima</i>	-0,0200	3,8016
	<i>Umidade relativa</i>	0,0016	2,6432
Homens 70+	<i>Intercepto</i>	0,6024	-
	<i>Temperatura máxima</i>	-0,0054	4,4815
	<i>Temperatura mínima</i>	-0,0294	4,0456
	<i>Umidade relativa</i>	-0,0021	2,6279
Mulheres 40 – 70	<i>Intercepto</i>	0,1536	-
	<i>Temperatura máxima</i>	-0,0097	4,4151
	<i>Temperatura mínima</i>	-0,0009	3,8134
	<i>Umidade relativa</i>	0,0020	2,7392
Mulheres 70+	<i>Intercepto</i>	0,0330	-
	<i>Temperatura máxima</i>	0,0021	4,3295
	<i>Temperatura mínima</i>	-0,0142	3,8134
	<i>Umidade relativa</i>	0,0001	2,5898

Fonte: Autoria própria, 2018.

Tabela 6 – Fator de inflação da variância para as variáveis explicativas do modelo binomial negativa zero ajustado. (Continua)

Faixa etária	Variáveis	Estimativa	VIF
Homens 40 – 70	<i>Intercepto</i>	0,1281	-
	<i>Temperatura máxima</i>	0,0093	4,4178
	<i>Temperatura mínima</i>	-0,0205	3,8479
	<i>Umidade relativa</i>	0,0017	2,6701
Homens 70+	<i>Intercepto</i>	0,5447	-
	<i>Temperatura máxima</i>	-0,0057	4,4720
	<i>Temperatura mínima</i>	-0,0298	4,0405
	<i>Umidade relativa</i>	-0,0022	2,6386
Mulheres 40 – 70	<i>Intercepto</i>	0,0307	-
	<i>Temperatura máxima</i>	-0,0103	4,3992
	<i>Temperatura mínima</i>	-0,0009	3,8229
	<i>Umidade relativa</i>	0,0022	2,7443

Tabela 6 – Fator de inflação da variância para as variáveis explicativas do modelo binomial negativa zero ajustado. (Conclusão)

	<i>Intercepto</i>	-0,0148	-
Mulheres 70+	<i>Temperatura máxima</i>	0,0021	4,3226
	<i>Temperatura mínima</i>	-0,0144	3,8031
	<i>Umidade relativa</i>	0,0001	2,5952

Fonte: Autoria própria, 2018.

5.4. ANÁLISE DE REGRESSÃO

Como não houve evidências de problemas com multicolinearidade, o modelo completo foi utilizado para selecionar as variáveis explicativas pelo método de *stepwise*, e os resultados são apresentados na Tabela 7. Além disso, as significâncias das variáveis explicativas foram estudadas individualmente para cada modelo dentro de cada grupo de gênero de faixa etária. Os resultados são apresentados nas Tabelas 8 -12.

De acordo com os resultados:

I. Para homens da faixa etária de 40 a 70 anos

Observou-se que as variáveis explicativas temperaturas máxima e mínima foram selecionadas para o modelo Poisson e binomial negativa, entretanto, estudando individualmente as variáveis, como mostra a Tabela 8, somente a variável temperatura mínima é significativa, ou seja, tem alguma influência sobre o número de casos de doenças cardiovasculares. Portanto, o modelo será composto somente pela variável explicativa temperatura mínima.

II. Para homens da faixa etária de 70 anos ou mais

Já para o grupo composto por homens acima de 70 anos apenas a temperatura mínima foi selecionada para todos os modelos testados. No entanto, analisando-se individualmente as variáveis observou-se que as temperaturas máximas e a mínimas apresentaram alguma influência nos casos da doença. Assim, o modelo final será composto pelas temperaturas máxima e mínima.

III. Para mulheres da faixa etária de 40 a 70 anos

O grupo de mulheres com idades entre 40 a 70 anos apresentou relação apenas com as mínimas para os modelos Poisson e binomial negativo tradicionais, já para os

modelos ajustados de zero as máximas é que apresentaram influência. Quando observado individualmente cada variável apenas a umidade relativa pôde ser excluída em todos os modelos. Assim, todos os modelos serão compostos por ambas as temperaturas.

IV. Para mulheres da faixa etária de 70 anos ou mais

As mulheres com idades acima de 70 anos através da metodologia de *stepwise* demonstraram ser influenciadas por ambas as temperaturas nos modelos Poisson e binomial negativo, já para os modelos de ajustados de zero apenas a temperatura mínima apresentou alguma influência. Quando analisadas separadamente as variáveis essa seleção foi confirmada. Assim, os modelos tradicionais terão sua composição a partir das temperaturas máxima e mínima, assim como os modelos ajustados de zero.

V. Para o grupo total

O grupo total será composto por todas as variáveis, em todos os testes as temperaturas e a umidade relativa apresentaram alguma influência sobre o número de casos da doença.

Tabela 7 – Seleção de variáveis pelo método *stepwise* para modelos de acordo com o grupo de gênero e a faixa etária. (Continua)

Faixa etária	Modelo completo	Temperatura máxima	Temperatura Mínima	Umidade relativa
Homens 40 – 70	<i>Poisson</i>	✓	✓	
	<i>Binomial negativa</i>	✓	✓	
	<i>Poisson zero ajustado</i>		✓	
	<i>Binomial negativa zero ajustado</i>		✓	
Homens 70+	<i>Poisson</i>		✓	
	<i>Binomial negativa</i>		✓	
	<i>Poisson zero ajustado</i>		✓	
	<i>Binomial negativa zero ajustado</i>		✓	
Mulheres 40 – 70	<i>Poisson</i>		✓	
	<i>Binomial negativa</i>		✓	

Tabela 7 – Seleção de variáveis pelo método *stepwise* para modelos de acordo com o grupo de gênero e a faixa etária. (Conclusão) 51

	<i>Poisson zero ajustado</i>	✓	
	<i>Binomial negativa zero ajustado</i>	✓	
Mulheres 70+	<i>Poisson</i>	✓	✓
	<i>Binomial negativa</i>	✓	✓
	<i>Poisson zero ajustado</i>		✓
	<i>Binomial negativa zero ajustado</i>		✓
Total	<i>Poisson</i>	✓	✓
	<i>Binomial negativa</i>	✓	✓
	<i>Poisson zero ajustado</i>		✓
	<i>Binomial negativa zero ajustado</i>		✓

Fonte: Autoria própria, 2018.

Tabela 8 – Seleção de variáveis utilizando modelos reduzidos do grupo de homens com a faixa etária de 40 a 70 anos.

Distribuição de probabilidade	Modelo reduzido	Estimativa	p-valor
Poisson	<i>M1: temperatura máxima</i>	-0,0022	0,4092
	<i>M2: temperatura mínima</i>	-0,0094	0,0007
	<i>M3: umidade relativa</i>	-0,0014	0,0718
Binomial negativa	<i>M1: temperatura máxima</i>	-0,0021	0,4439
	<i>M2: temperatura mínima</i>	-0,0093	0,0017
	<i>M3: umidade relativa</i>	-0,0014	0,0937
Poisson zero ajustado	<i>M1: temperatura máxima</i>	-0,0054	0,1388
	<i>M2: temperatura mínima</i>	-0,0125	0,0011
	<i>M3: umidade relativa</i>	-0,0009	0,4112
Binomial negativa zero ajustada	<i>M1: temperatura máxima</i>	-0,0055	0,1553
	<i>M2: temperatura mínima</i>	-0,0127	0,0018
	<i>M3: umidade relativa</i>	-0,0009	0,4287

Fonte: Autoria própria, 2018.

Tabela 9 – Seleção de variáveis utilizando modelos reduzidos do grupo de homens com a faixa etária a partir de 70 anos.

Distribuição de probabilidade	Modelo reduzido	Estimativa	p-valor
Poisson	<i>M1: temperatura máxima</i>	-0,0122	<0,0001
	<i>M2: temperatura mínima</i>	-0,0241	<0,0001
	<i>M3: umidade relativa</i>	-0,0026	0,00542
Binomial negativa	<i>M1: temperatura máxima</i>	-0,0122	0,0002
	<i>M2: temperatura mínima</i>	-0,0240	<0,0001
	<i>M3: umidade relativa</i>	-0,0026	0,0078
Poisson zero ajustado	<i>M1: temperatura máxima</i>	-0,0211	<0,0001
	<i>M2: temperatura mínima</i>	-0,0348	<0,0001
	<i>M3: umidade relativa</i>	-0,0036	0,0209
Binomial negativa zero ajustada	<i>M1: temperatura máxima</i>	-0,0218	<0,0001
	<i>M2: temperatura mínima</i>	-0,0356	<0,0001
	<i>M3: umidade relativa</i>	-0,0037	0,0260

Fonte: Autoria própria, 2018.

Tabela 10 – Seleção de variáveis utilizando modelos reduzidos do grupo de mulheres com a faixa etária entre 40 a 70 anos. (Continua)

Distribuição de probabilidade	Modelo reduzido	Estimativa	p-valor
Poisson	<i>M1: temperatura máxima</i>	-0,0102	0,0005
	<i>M2: temperatura mínima</i>	-0,0122	<0,0001
	<i>M3: umidade relativa</i>	-0,0003	0,7280
Binomial negativa	<i>M1: temperatura máxima</i>	-0,0102	0,0013
	<i>M2: temperatura mínima</i>	-0,0121	0,0003
	<i>M3: umidade relativa</i>	-0,0003	0,7480
Poisson zero ajustado	<i>M1: temperatura máxima</i>	-0,0130	0,0290
	<i>M2: temperatura mínima</i>	-0,0059	0,2110
	<i>M3: umidade relativa</i>	-0,0003	0,7480
	<i>M1: temperatura máxima</i>	-0,0137	0,0051

Tabela 10 – Seleção de variáveis utilizando modelos reduzidos do grupo de mulheres com a faixa etária entre 40 a 70 anos. (Conclusão)

Binomial negativa zero ajustada	<i>M2: temperatura mínima</i>	-0,0062	0,2390
	<i>M3: umidade relativa</i>	0,0034	0,0246

Fonte: Autoria própria, 2018.

Tabela 11 – Seleção de variáveis utilizando modelos reduzidos do grupo de mulheres com a faixa etária a partir de 70 anos.

Distribuição de probabilidade	Modelo reduzido	Estimativa	p-valor
Poisson	<i>M1: temperatura máxima</i>	-0,0078	0,0131
	<i>M2: temperatura mínima</i>	-0,0225	<0,0001
	<i>M3: umidade relativa</i>	-0,0029	0,0020
Binomial negativa	<i>M1: temperatura máxima</i>	-0,0077	0,0192
	<i>M2: temperatura mínima</i>	-0,0224	<0,0001
	<i>M3: umidade relativa</i>	-0,0029	0,0036
Poisson zero ajustado	<i>M1: temperatura máxima</i>	-0,0068	0,1650
	<i>M2: temperatura mínima</i>	-0,0126	0,0154
	<i>M3: umidade relativa</i>	-0,0011	0,4760
Binomial negativa zero ajustada	<i>M1: temperatura máxima</i>	-0,0069	0,1750
	<i>M2: temperatura mínima</i>	-0,0128	0,0178
	<i>M3: umidade relativa</i>	-0,0011	0,4870

Fonte: Autoria própria, 2018.

Tabela 12 – Seleção de variáveis utilizando modelos reduzidos do grupo total (Continua).

Distribuição de probabilidade	Modelo reduzido	Estimativa	p-valor
Poisson	<i>M1: temperatura máxima</i>	-0,0076	<0,0001
	<i>M2: temperatura mínima</i>	-0,0162	<0,0001
	<i>M3: umidade relativa</i>	-0,0017	<0,0001
Binomial negativa	<i>M1: temperatura máxima</i>	-0,0075	<0,0001
	<i>M2: temperatura mínima</i>	-0,0160	<0,0001
	<i>M3: umidade relativa</i>	-0,0017	0,0013
Poisson zero ajustado	<i>M1: temperatura máxima</i>	-0,0083	<0,0001

Tabela 12 – Seleção de variáveis utilizando modelos reduzidos do grupo total

		(Conclusão).	
Binomial negativa zero ajustada	<i>M2: temperatura mínima</i>	-0,0151	<0,0001
	<i>M3: umidade relativa</i>	-0,0011	0,0154
	<i>M1: temperatura máxima</i>	-0,0085	<0,0001
	<i>M2: temperatura mínima</i>	-0,0155	<0,0001
	<i>M3: umidade relativa</i>	-0,0012	0,0355

Fonte: Autoria própria, 2018.

Após selecionar as variáveis explicativas, o próximo passo foi selecionar o modelo que melhor se ajusta aos dados de casos de doenças cardiovasculares. Na Tabela 13 são apresentados os valores de critério de informação para cada modelo. Dessa forma, tem-se:

I. Para homens de faixa etária de 40 a 70 anos

Os menores valores de AIC e AICc são do modelo binomial negativa zero ajustado, enquanto que para o BIC o menor valor foi dado para o modelo binomial negativa. Além disso, por meio do gráfico de resíduos, apresentado na Figura 15, observou-se que ambos os resíduos são aproximadamente aleatórios em torno de zero, há alguns valores discrepantes, pois há pontos fora do intervalo de -3 à 3. Entretanto o modelo binomial negativa zero ajustado apresenta uma variabilidade um pouco menor, além de estimar a proporção de zeros para os casos de doenças cardiovasculares.

II. Para homens de faixa etária de 70 anos ou mais

Para o segundo grupo de homens o modelo binomial negativo apresentou valores de AIC e AICc menores que os demais modelos, no entanto, o menor valor de BIC foi para o modelo Poisson com zeros ajustados. Observando-se os gráficos nota-se que o modelo binomial negativo com zeros ajustados apresenta o melhor ajuste para o grupo, já que os resíduos se adequam melhor.

III. Para mulheres de faixa etária de 40 a 70 anos

O grupo composto de mulheres apresentou valores mais baixos de AIC, BIC e AICc para o modelo binomial negativo. No entanto, considerando-se a porcentagem de zeros da amostra e observando-se os gráficos de resíduos determinou-se que o modelo

binomial negativo com ajuste de zeros retorna valores mais confiáveis para obter o risco relativo.

IV. Para mulheres de faixa de 70 anos ou mais

O grupo de mulheres acima de 70 anos também apresentou melhores resultados para o modelo binomial negativo. Analogamente ao grupo anterior devido à porcentagem de zeros o modelo binomial negativo com ajuste de zeros foi selecionado.

V. Para o grupo total

Quando analisado o total de casos sem distinção etária ou de sexo o modelo que obteve os valores mais baixos de AIC, BIC e AICc foi o binomial negativa com zeros ajustados. Porém, devido ao grande número de zeros registrados que compõe a amostra, o número de nenhum caso de doenças cardiovasculares é de aproximadamente 6%. Por essa razão, o modelo binomial negativo será utilizado para calcular o risco relativo.

Tabela 13 – Valores de critério de informação para seleção de modelos

(Continua).

Faixa etária	Modelo	AIC	BIC	AICc
Homens 40 – 70	<i>Poisson</i>	68,50	61,20	68,50
	<i>Binomial negativa</i>	0,40	0,00	0,40
	<i>Poisson zero ajustado</i>	9,70	9,40	9,70
	<i>Binomial negativa zero ajustado</i>	0,00	6,50	0,00
Homens 70+	<i>Poisson</i>	21,7	14,8	21,7
	<i>Binomial negativa</i>	0,0	0,0	0,0
	<i>Poisson zero ajustado</i>	14,4	14,4	14,4
	<i>Binomial negativa zero ajustado</i>	9,4	16,3	9,4
Mulheres 40 – 70	<i>Poisson</i>	89,5	82,6	89,5
	<i>Binomial negativa</i>	0,0	0,0	0,0
	<i>Poisson zero ajustado</i>	31,4	31,4	31,4
	<i>Binomial negativa zero ajustado</i>	7,7	14,6	7,7
Mulheres 70+	<i>Poisson</i>	34,2	27,3	34,2
	<i>Binomial negativa</i>	0,0	0,0	0,0

Tabela 13 – Valores de critério de informação para seleção de modelos
(Conclusão).

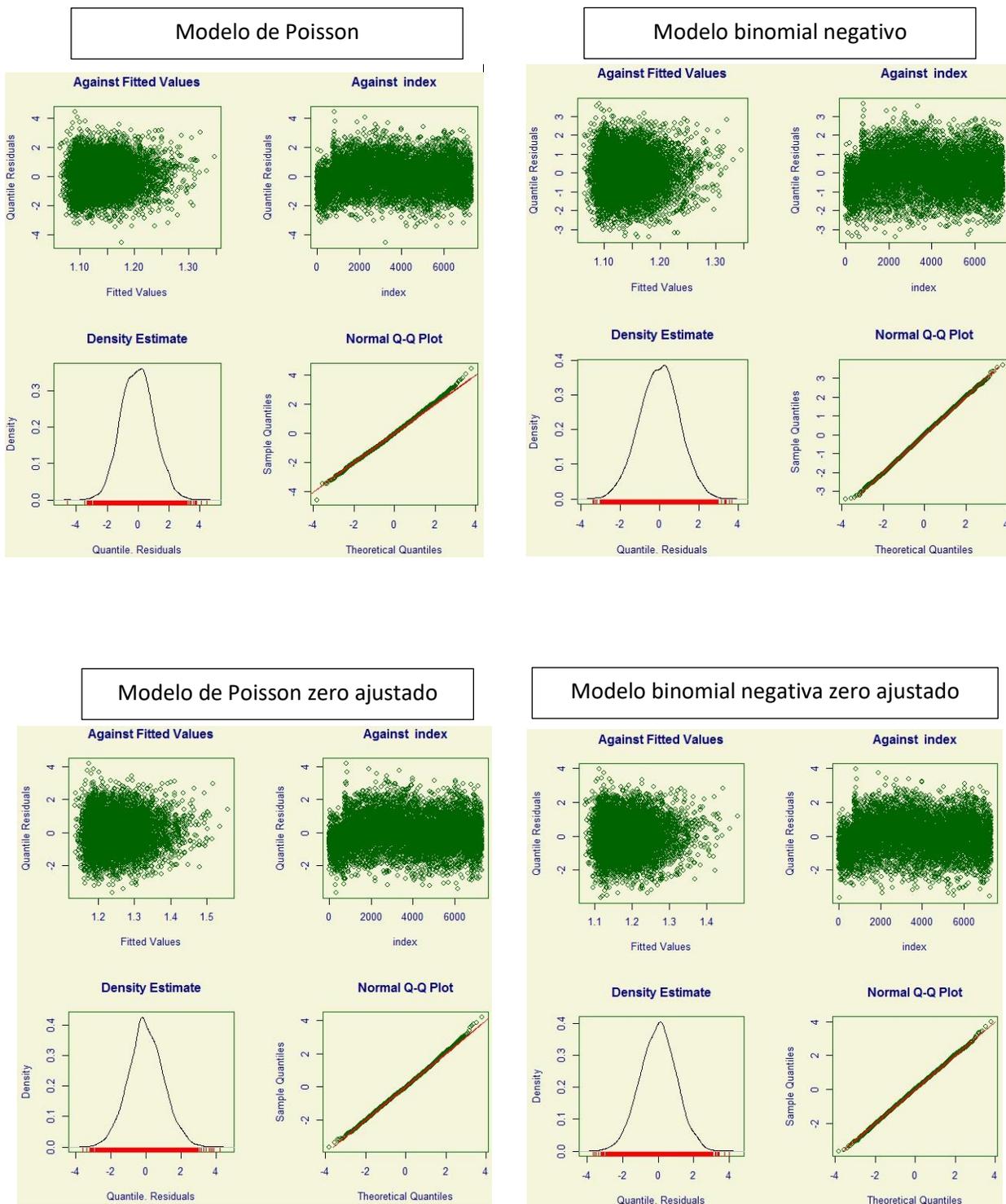
	<i>Poisson zero ajustado</i>	41,4	41,4	41,4
	<i>Binomial negativa zero ajustado</i>	40,6	47,5	40,6
	<i>Poisson</i>			
Total	<i>Binomial negativa</i>	33,8	26,9	33,7
	<i>Poisson zero ajustado</i>	258,6	251,7	258,6
	<i>Binomial negativa zero ajustado</i>	0,0	0,0	0,0

Fonte: Autoria própria, 2018.

As suposições do modelo ajustado devem ser validadas e avaliadas para a escolha final do modelo mais adequado, e por consequência a obtenção de resultados mais confiáveis. Para tanto a análise dos resíduos verifica a adequabilidade de um modelo de regressão com base nos resíduos da mesma.

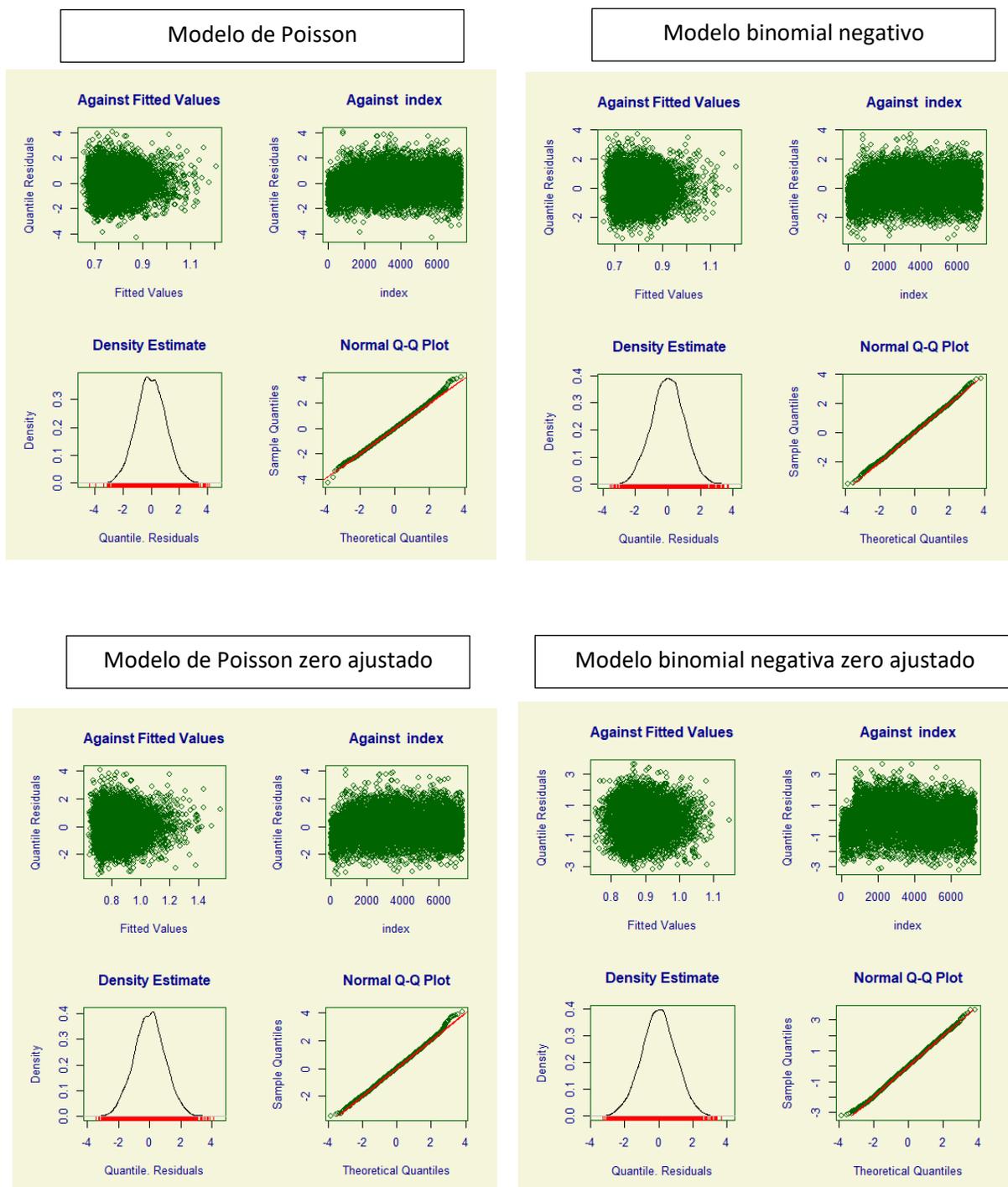
Nas Figuras 14 a 18 são apresentados os gráficos de resíduos para cada um dos modelos testados, na qual as duas primeiras figuras mostram a dispersão do resíduo, enquanto que as duas últimas figuras apresentam a adequação dos modelos ao conjunto de dados. Nesse contexto, observa-se que o resíduo *deviance* apresenta distribuição normal e que a reta dos pontos da amostra segue uma curva mais linear no modelo binomial negativo com ajuste de zeros, demonstrando, portanto, a melhor adequação para essa distribuição.

Figura 14 – Gráficos de resíduos dos modelos testados para o grupo de homens da faixa etária de 40 a 70 anos.



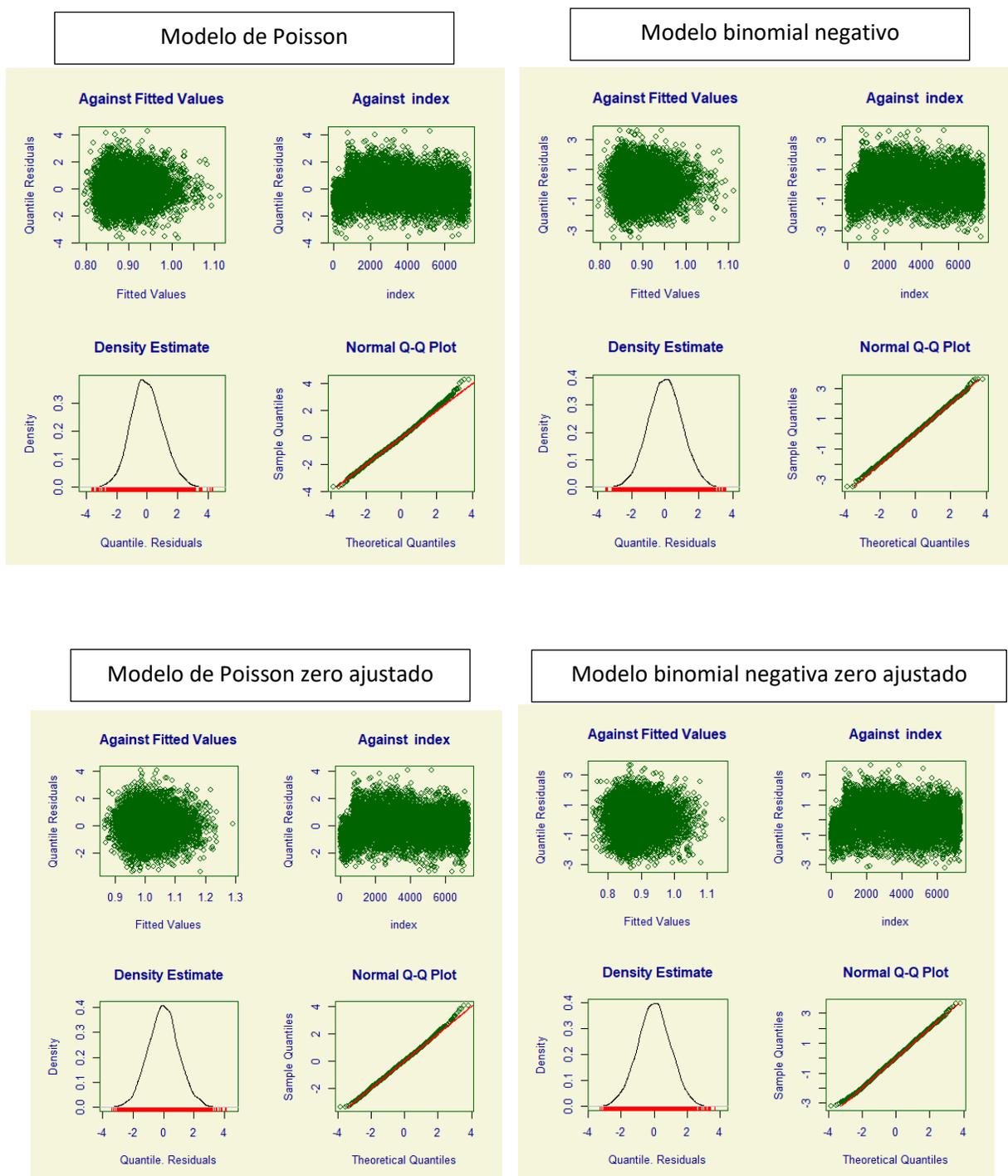
Fonte: Autoria própria, 2018.

Figura 15 – Gráficos de resíduos dos modelos testados para o grupo de homens da faixa etária a partir de 70 anos.



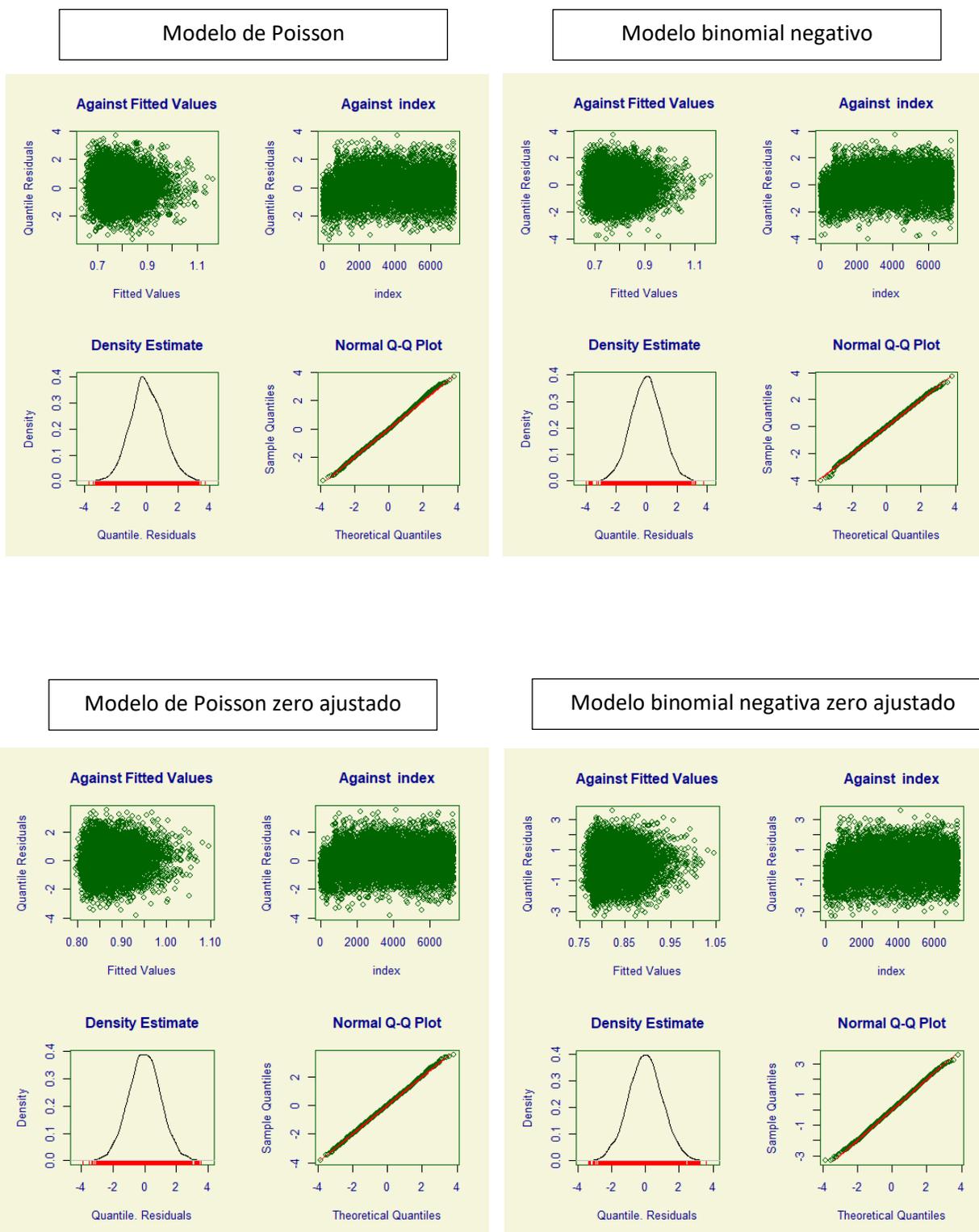
Fonte: Autoria própria, 2018.

Figura 16 – Gráficos de resíduos dos modelos testados para o grupo de mulheres da faixa etária de 40 a 70 anos.



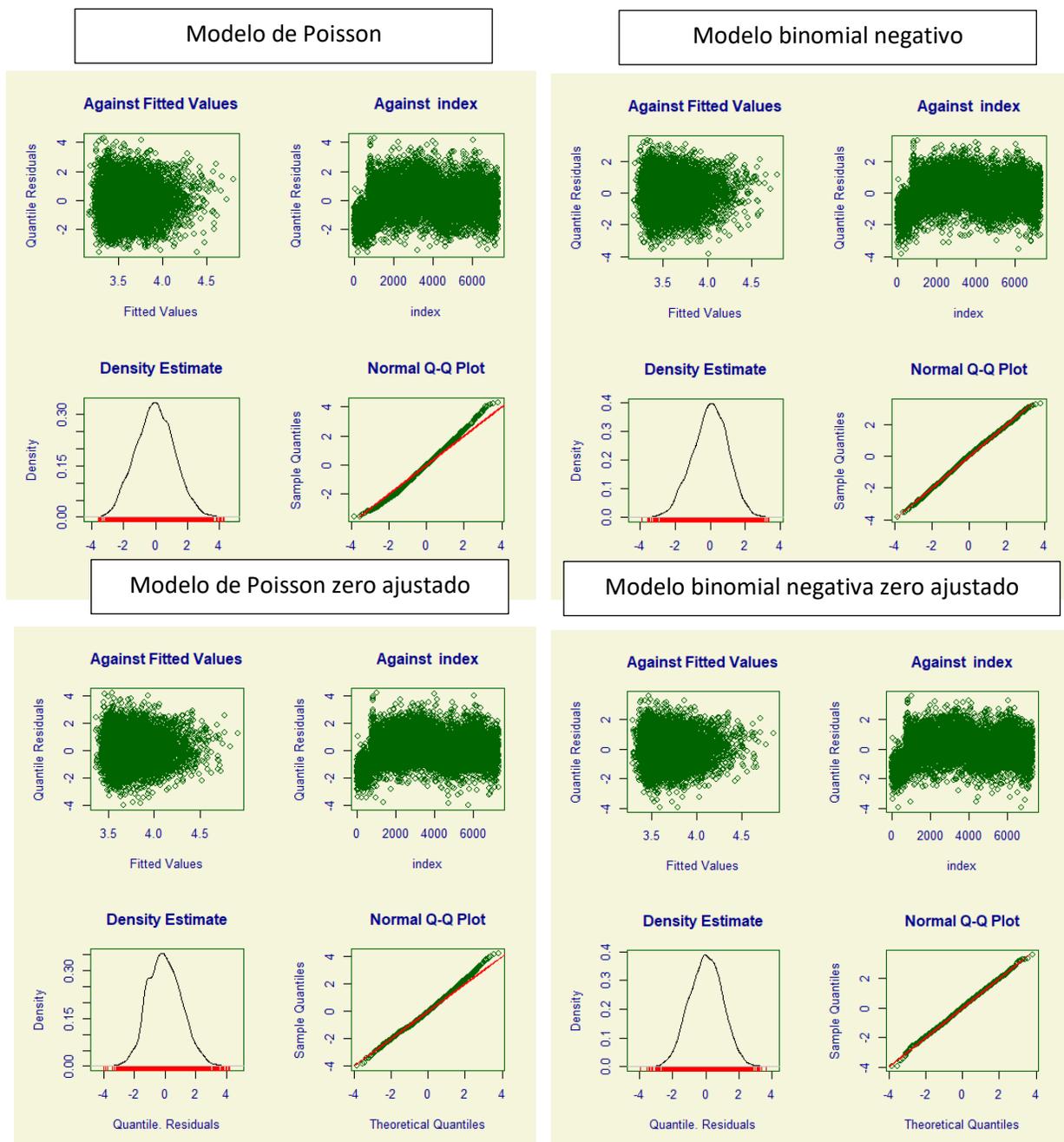
Fonte: Autoria própria, 2018.

Figura 17 – Gráficos de resíduos dos modelos testados para o grupo de mulheres da faixa etária a partir de 70 anos.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Figura 18 – Gráficos de resíduos dos modelos testados para o grupo total.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Na Tabela 14 é apresentado os valores dos parâmetros para cada modelo selecionado de acordo com o grupo. Todos os grupos de homens e mulheres tiveram o

modelo binomial negativo com zeros ajustados se apresentando como o modelo com melhor ajuste, pois o mesmo corrige a alta proporção de zeros no conjunto amostral. O primeiro grupo de homens tem uma proporção de zeros de 0,3484, ou seja, aproximadamente 35% dos homens na faixa de 40 a 70 anos não apresentaram casos de doenças cardiovasculares, enquanto que o segundo grupo chega quase ao valor de 50%. Os grupos de mulheres também apresentam valores de proporção de zeros bem próximos de 0,5; isto é, 50% das mulheres em ambas as faixas não apresentaram doenças cardiovasculares. Para a amostra total essa proporção é bem mais baixa, não necessitando de algum ajuste no modelo para corrigir esse detalhe. É importante lembrar, que foram selecionados na análise apenas os casos (internações e mortes) por doenças cardiovasculares, portanto, com há diversas outras doenças essa grande proporção de zeros é consistente.

Observando-se a dispersão dos dados nos gráficos anteriores de resíduos, em todos os grupos a dispersão ficou com valores entre 10 a 15.

Tabela 14 – Estimativas e erros padrões dos parâmetros do modelo final

(Continua).

Modelo	Parâmetros	Estimativa	Erro padrão	<i>p</i> -valor	
	Intercepto	0,3766	0,0696	<0,0001	
Homens 40 – 70	Binomial negativa zero ajustado	Temperatura mínima	-0,0127	0,0041	0,0018
		ϕ	11,5166	0,3385	<0,0001
		<i>P</i>	0,3484	0,0246	<0,0001
		Intercepto	0,0002	0,1467	0,9987
Homens 70+	Binomial negativa zero ajustado	Temp. máxima	0,0017	0,0068	0,8077
		Temp. mínima	-0,0140	0,0071	0,0517
		ϕ	13,8702	0,6601	<0,0001
		<i>P</i>	0,4771	0,0234	<0,0001
Mulheres 40 – 70	Intercepto	0,2667	0,1398	0,0565	

Tabela 14 – Estimativas e erros padrões dos parâmetros do modelo final. (Conclusão)

	Binomial	Temp. máxima	-0,0172	0,0064	0,0076
	negativa zero	Temp. mínima	0,0056	0,0069	0,4166
	ajustado	ϕ	4,9784	0,2666	<0,0001
		P	0,4376	0,0236	<0,0001
		Intercepto	0,0002	0,1467	0,9987
Mulheres 70+	Binomial	Temp. máxima	0,0016	0,0068	0,8077
	negativa zero	Temp. mínima	-0,0140	0,0072	0,0517
	ajustado	ϕ	13,8702	0,0234	<0,0001
		P	0,4771	0,6601	<0,0001
		Intercepto	1,4887	0,1114	<0,0001
Total	Binomial negativa	Temp. máxima	0,0029	0,0037	0,4440
		Temp. mínima	-0,0178	0,0037	<0,0001
		Umidade relativa	0,0004	0,0009	<0,0001
		ϕ	10,4989	0,0472	<0,0001

A Tabela 15 apresenta os resultados para o cálculo do risco relativo, bem como o intervalo com 95% de confiança, para o modelo final selecionado.

Para os homens com idades entre 40 a 70 anos a cada uma unidade de aumento da temperatura mínima tem-se 1,27% de redução no risco de ocorrência de doenças cardiovasculares. Enquanto que o segundo grupo de homens com idades acima de 70 anos essa redução do risco se dá em 1,39% para o aumento das mínimas, no entanto com o aumento das temperaturas máximas em uma unidade tem-se um aumento no risco de 0,17%.

O primeiro grupo de mulheres apresentou diminuição de 1,7% no risco relativo para o aumento de uma unidade da temperatura máxima, enquanto que para a mínima tem-se um aumento de 0,56%. Por outro lado, as mulheres acima de 70 demonstraram um aumento em 0,17% no risco com o aumento da temperatura máxima e uma diminuição de 1,39% para o aumento das mínimas.

Já o grupo total, sem distinção de idade ou gênero ambas as temperaturas apresentaram aumento no risco relativo de ocorrência da doença, de 0,29% e 1,76% para

as máximas e as mínimas, respectivamente. Já a umidade relativa demonstrou uma porcentagem bem baixa de aumento no risco, de 0,04%.

Tabela 15 – Valores calculados do risco relativo e do intervalo de confiança.

Grupos etários		RR*	IC (95%)**	Efeito
Homens 40 – 70	Temperatura mínima	0,9873	(0,9795; 0,9953)	↓ 1,27%
Homens 70+	Temp. máxima	1,0017	(0,9884; 1,0151)	↑ 0,17%
	Temp. mínima	0,9861	(0,9723; 1,0001)	↓ 1,39%
Mulheres 40 – 70	Temp. máxima	0,9830	(0,9707; 0,9954)	↓ 1,7%
	Temp. mínima	1,0056	(0,9921; 1,0192)	↑ 0,56%
Mulheres 70+	Temp. máxima	1,0017	(0,9884; 1,0151)	↑ 0,17%
	Temp. mínima	0,9861	(0,9723; 1,0001)	↓ 1,39%
Total	Temp. máxima	1,0029	(0,9955; 1,0102)	↑ 0,29%
	Temp. mínima	0,9824	(0,9753; 0,9895)	↓ 0,02%
	Umidade relativa	1,0004	(0,9987; 1,0022)	↑ 0,04%

*Risco relativo. **Intervalo de confiança. Fonte: Autoria própria, 2018.

6 CONCLUSÃO

Através da análise realizada pode-se observar que a variação das variáveis climáticas influencia de alguma forma a ocorrência de doenças cardiovasculares. Com relação a estratificação em faixas etárias, apesar de o primeiro grupo de cada sexo ser composto por indivíduos que estão em uma fase de mudança fisiológica por conta da idade, não demonstrou ser o grupo mais sensível, sendo, portanto, o grupo de indivíduos acima de 70 anos o mais afetado tanto para os homens quanto para as mulheres.

No que diz respeito à estratificação por sexo não se pode concluir que homens ou mulheres são mais sensíveis aos efeitos climáticos, já que os valores de risco relativo se mostram bem próximos para ambos.

No entanto, pode-se concluir que a variação das temperaturas é mais efetiva na ocorrência da doença do que a variação da umidade, representando os maiores riscos.

Nem sempre o aumento da temperatura representa um fator de risco, para a temperatura mínima por exemplo, o aumento da mesma em quase todos os grupos apresentou um fator protetor, demonstrando um decréscimo do risco e não aumento.

A temperatura máxima por outro lado apresentou risco para a parcela majoritária de indivíduos estudados, sendo assim, pode-se estabelecer uma relação com os extremos de temperatura no aumento dos casos. Se as máximas registram valores muito altos e as mínimas valores muito baixos há aumento do risco relativo. No entanto, se a sensação térmica não apresenta grandes ou bruscas variações os indivíduos tendem a se acostumar e não sofrerem tanto com as características climáticas.

Deve-se ainda observar que há um efeito de interação entre as variáveis meteorológicas, bem como efeito de uma série temporal, esse detalhe deverá ser analisado em trabalhos futuros por meio de modelos de séries temporais para dados de contagem com efeito de interação. Assim, a correção da alta variância nos erros é uma proposta futura a ser observada.

Por fim, o modelo binomial negativo com ajuste de zeros demonstrou ser o mais adequado ao conjunto de dados estudados, já que leva em consideração a proporção de zeros pertencentes ao conjunto.

REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification, **IEEE Transactions on Automatic Control**, v. 19, n. 6, p. 716-723, 1974.

AZEVEDO, A. L. S. de et al. Chronic diseases and quality of life in primary health care. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 29, n. 9, p. 1774-1782, 2013.

BACCINI, M. et al. Impact of heat on mortality in 15 European cities: attributable deaths under different weather scenarios, **Journal of Epidemiology and Community Health**, v. 65, n. 1, p. 64-70, 2011.

BASU, R, High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008, **Environmental Health**, v. 8, n. 1, p. 40, 2009.

BASU, R.; SAMET, J. M. Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence, **Epidemiologic Reviews**, v. 24, n. 2, p. 190-202, 2002.

BIAS, E. De S.; BAPTISTA, G. M. De M.; LOMBARDO, M. A. Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados Landsat e Ikonos, **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 11, p. 1741-1748, 2003.

BIERMANN, F. et al., Navigating the anthropocene: improving earth system governance, **Science**, v. 335, n. 6074, p. 1306-1307, 2012.

BRAGA, A. et al. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil, **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, n. 4, p. S570-S578, 2007.

CALADO, S. dos S.; FERREIRA, S. C. dos R. Análise de documentos: método de recolha e análise de dados, **Disciplina Metodologia da Investigação I—Mestrado em Educação/Universidade de Lisboa, Retirado em**, v. 23, n, 05, p, 2009, 2004.

CAMARANO, A. A. **Envelhecimento da população brasileira**: uma contribuição demográfica, Rio de Janeiro: IPEA, 2002.

CARSON, C. et al. Declining vulnerability to temperature-related mortality in London over the 20th century, **American journal of epidemiology**, v. 164, n. 1, p. 77-84, 2006.

CARVALHAIS, C. A. A. **Contribuição para o estudo da tolerância humana a ambientes térmicos extremos**: Ensaio de validação de câmara climática, 2011, 144 f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Trabalho e Higiene Ocupacionais) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.

CARVALHO, A. I. Da Saúde Pública às Políticas Saudáveis—Saúde e Cidadania na Pós-modernidade, **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 1, n. 1, p. 104-121, 1996.

CASTRO, H. A.; GONÇALVES, K. S.; HACON, S, S, Trend of mortality from respiratory disease in elderly and the forest fires in the state of Rondônia/Brazil: period between 1998 and 2005. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 14, n. 6, p. 2083-2090, 2009.

COLLINS, K, J, et al. Effects of age on body temperature and blood pressure in cold environments, **Clinical Science**, v. 69, n. 4, p. 465-470, 1985.

CONCEIÇÃO, G. M. S.; SALDIVA, P. H. N.; SINGER, J. M. 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. 3, p. 206-219, 2001.

CONCEIÇÃO, K. S.; ANDRADE, M, G.; LOUZADA, F, Zero-modified Poisson model: Bayesian approach, influence diagnostic, and an application to a Brazilian leptospirosis notification data, **Biometrical Journal**, v. 55, n. 5, p. 661-678, 2013.

CONFALONIERI, U. E. C. et al. Mudanças globais e desenvolvimento: importância para a saúde, **Informe Epidemiológico do SUS**, v. 11, n. 3, p. 139-154, 2002.

CONFALONIERI, U. E. C. Mudança climática global e saúde humana no Brasil, **Parcerias estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 323-350, 2010.

CONFALONIERI, U. E. C.; MARINHO, D. P. Mudança climática global e saúde: perspectivas para o Brasil, **Revista Multiciência**, v. 8, p. 48-64, 2007.

CONTI, J. B. Considerações sobre as mudanças climáticas globais, **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 70-75, 2011.

CONTI, S. et al. Epidemiologic study of mortality during the Summer 2003 heat wave in Italy, **Environmental research**, v. 98, n. 3, p. 390-399, 2005.

Conway, R. W.; Maxwell, W. A queuing model with state dependent service rates, **Journal of Industrial Engineering**, 12, 132–136, 1962.

DA SILVA, E. N.; RIBEIRO, H.; SANTANA, P, Clima e saúde em contextos urbanos: uma revisão da literatura, **Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, Barcelona: Universidad de Barcelona**, v. 19, n. 1092, 2014.

DE BARROS, A. M. R. Modelos matemáticos de equações diferenciais ordinárias aplicados à epidemiologia, **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, v. 2, n. 2, p. 62-67, 2015.

DE SIQUEIRA, R. L.; BOTELHO, M. I. V.; COELHO, F. M. G. A velhice: algumas considerações teóricas e conceituais, **Ciência & saúde coletiva**, v, 7, n, 4, p, 899-906, 2002.

D'IPPOLITI, D. et al. The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project, **Environmental Health**, v. 9, n. 1, p. 37, 2010.

EBI, K. L.; KOVATS, R. S.; MENNE, B. An approach for assessing human health vulnerability and public health interventions to adapt to climate change, **Environmental health perspectives**, v. 114, n. 12, p. 1930, 2006.

FONSECA, A. M. **Desenvolvimento humano e envelhecimento**, 2005.

FREUND, R. J.; WILSON, W. J.; SA. P. Regression analysis – Statistical Modeling of a response variable, **Elsevier**, Inc. San Diego, 459p, 2006.

FRUMKIN, H. et al. Climate change: the public health response, **American Journal of Public Health**, v. 98, n. 3, p. 435-445, 2008.

GLECKLER, P. J. et al., Human-induced global ocean warming on multidecadal timescales, **Nature Climate Change**, v. 2, n. 6, p. 1-6, 2012.

GLOBALIS DO IPCC, Mudanças na circulação atmosférica sobre a América do Sul para cenários futuros de clima projetados pelos modelos globais do IPCC AR4.

GOUVÊIA, M. L.; FREITAS, E, D.; BRANCO, F, V, Estudo do conforto térmico humano na região metropolitana de São Paulo e sua relação com propriedades da superfície urbana, In: **XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2006.

GRIZE, L. et al. Heat wave 2003 and mortality in Switzerland, **Swiss Medical Weekly**, v. 135, n. 13-14, p. 200-205, 2005.

HAIR JR. J. F. et al. Tradução: Adonai Schlup Sant Anna, Anselmo Chaves Neto, **Análise Multivariada de Dados**. 6° ed. Porto Alegre: Bookman, 2009, 688 p.

HURVICH, C. M.; TSAI, C. Regression and time series model selection in small samples. **Biometrika**. v. 76, n. 2, p. 297-307, 1989.

IPCC, **Understanding Climate Changes 22 years of IPCC assessment**, Geneva, 2010.

JOHNSON, N.; KOTZ, S. Distributions in Statistics: Discrete Distributions, Boston: Houghton Mifflin, Wiley/Houghton-Mifflin, 1969. 328 p.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. 6° ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2007.

JOLY, C. A. Biodiversidade e mudanças climáticas: contexto evolutivo, histórico e político, **Ambiente & sociedade**, v. 10, n. 1, p. 169-172, 2007.

KALACHE, A.; VERAS, R. P.; RAMOS, L. R. O envelhecimento da população mundial: um desafio novo, **Revista de Saúde Pública**, v. 21, p. 200-210, 1987.

KHAMKONG, M. Comparing Models for Fitting Zero-inflated Data. 6th IMT-GT International Conference on Mathematics, Statistics and their Applications. **Kuala Lumpur: 6th IMT-GT International Conference on Mathematics, Statistics and their Applications**, 2010.

KLENK, J.; BECKER, C.; RAPP, K, Heat-related mortality in residents of nursing homes, **Age and Ageing**, v. 39, n. 2, p. 245-252, 2010.

KOVATS, R. S.; EBI, K. L. Heatwaves and public health in Europe, **The European Journal of Public Health**, v. 16, n. 6, p. 592-599, 2006.

LAURENTI, R. et al. **Estatísticas de Saúde**, 2º ed. São Paulo: EPU, 214 p. 2005.

LAWLESS, J. F. Negative binomial and mixed Poisson regression. **The Canadian Journal of Statistics**, v. 15, n. 3, p. 209-225, 1987.

LORENZETTI, J. et al. Tecnologia, inovação tecnológica e saúde: uma reflexão necessária, **Texto & Contexto Enfermagem**, v. 21, n. 2, p. 432-439, 2012.

MARCIANO, F. W. P. **Principais tipos de resíduos utilizados na análise de diagnóstico em MLG com aplicações para os modelos: Poisson, ZIP e ZINB**, 2009, 62 f, Trabalho de Iniciação Científica - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Ceará.

MARENCO, J. A.; SOARES, W, R, Impacto das Mudanças Climáticas no Brasil e Possíveis Futuros Cenários Climáticos: Síntese do Terceiro Relatório do IPCC 2001, **Condições climáticas e recursos hídricos no Norte do Brasil**, p. 209-233, 2003.

MARQUES, J. M.; MARQUES, M. A. M. As componentes principais no descarte de variáveis em um modelo de regressão múltipla, **Revista da FAE**, v. 8, n. 1, 2005.

MARTINS, L. C. **Relação entre poluição atmosférica e algumas doenças respiratórias em idosos**: avaliação do rodízio de veículos no município de São Paulo, 2000, 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MARTO, N. Ondas de calor, Impacto sobre a saúde, **Acta Médica Portuguesa**, v. 18, p. 467-474, 2005.

MATOS, H. J. et al. Leprosy epidemiology in a cohort of household contacts in Rio de Janeiro (1987-1991), **Cadernos de Saúde Pública**, v. 15, n. 3, p. 533-542, 1999.

McCULLAGH, P.; NELDER, J. A, **Generalized linear models**, 2º ed. Flórida: Chapman & Hall, 1989.

MEDEIROS, S. de, S.; CECÍLIO, R. A.; MELO JUNIOR, J. C. F. de; SILVA

JUNIOR, J. L. C. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9 n. 2, p. 247-255, 2005.

MENDES, C. S.; COELHO, A. B.; FÊRES, J. G. Impacto das mudanças climáticas sobre a leishmaniose no Brasil, **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, n. 1, p. 263-272, 2016.

MENDONÇA, F. Aspectos da interação clima-ambiente-saúde humana: da relação sociedade-natureza à (in) sustentabilidade ambiental, *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, n. 4, p. 85-99, 2000.

MICHELOZZI, P. et al. Assessment and prevention of acute health effects of weather conditions in Europe, the PHEWE project: background, objectives, design, **Environmental Health**, v. 6, n. 1, p. 12, 2007.

MITCHELL, R.; POPHAM, F. Effect of exposure to natural environment on health inequalities: an observational population study, **The Lancet**, v. 372, n. 9650, p. 1655-1660, 2008.

MOLION, L. C. B. **Mitos do aquecimento global**, 2008.

MONTEIRO, L. M. **Modelos Preditivos de Conforto Térmico**: quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos, 2008, 376 f. Tese de Doutorado (Doutor em Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A.; VINING, G. G. Introduction to linear regression analysis, John, Wiley and Sons, Inc. New York, 612p, 2006.

MURARA, P, G.; COELHO, M, S, Z, S.; AMORIM, M, C, C, T, Análise da influência meteorológica nas internações por doenças cardiovasculares, **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 32, n. 1, p. 53-65, 2010.

NORDHAUS, W. D. **Managing the global commons: the economics of climate change**, Cambridge, MA: MIT press, 1994.

PASCOALINO, A. Variações atmosféricas e saúde: Influências da sazonalidade e dos tipos de tempo de inverno na mortalidade por doenças cardiovasculares na cidade Limeira/SP (Atmospheric variations and health: influences of seasonality), **Acta Geográfica**, p. 239-256, 2012.

PIGNATTI, M. G. Saúde e ambiente: as doenças emergentes no Brasil, **Ambiente & sociedade**, v. 7, n. 1, p. 133-144, 2004.

REGIS FILHO, G.; LOPES, M. C. Estudo de clima organizacional em serviços ambulatoriais de saúde pública, da secretaria de saúde de itajaí-(SC). Segunda parte: perfil dos servidores e nível de satisfação, **Revista ciência e saúde**, v. 15, n. 1, p. 163-190, 1996.

RIBEIRO, H.; SILVA, E. N.; OLIVEIRA, M. A. Ritmo climático e geografia da saúde, **Revista de Geografia**, v. 33, n. 4, p. 297-321, 2016.

SANTOS, C. A. C. **Estimativa e Tendências de Índices de Detecção de Mudanças Climáticas com base na precipitação diária no Rio Grande do Norte e na Paraíba**, 2006, 98 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira**, 5° ed. São Paulo: Edusp, p. 176, 2005.

SCHMIDT, C. M. C. **Modelo de regressão de Poisson aplicado à área da saúde**, 2003, 98 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática), Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul.

SCHUMAN, S. H. Patterns of urban heat-wave deaths and implications for prevention: data from New York and St. Louis during July, 1966. **Environmental Research**, v. 5, n. 1, p. 59-75, 1971.

SCHWARZ, G. E. Estimating the dimension of a model. **Annals of Statistics**, v. 6, n. 2, p. 461-464, 1978.

SILVA, R. O. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SOUZA, W. M. Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco, **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 579-589, 2017.

SILVESTRE, A. L. Análise de dados e estatística descritiva. Escolar editora, 2007.

SOCESP – **Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo**, Pesquisa realizada em 2011. Disponível em: <http://www.socesp.org.br/blogdocoracao/2012/01/09/calor-aumento-em-11-orisco-de-infarto-na-cidade-de-sao-paulo/>.

SOUZA, W. M. de; AZEVEDO, P. V. de. Avaliação de tendências das temperaturas em Recife-PE: mudanças climáticas ou variabilidade? **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 462-472, 2009.

TADANO, Y. S.; UGAYA, C. M. L.; FRANCO, A, T, Análise estatística do impacto da poluição atmosférica na saúde populacional, **In: RIO OIL & GAS 2006 EXPO AND CONFERENCE**. 2006, Rio de Janeiro, Anais, Rio de Janeiro: Editora IBP, 2006.

TADANO, Y. S.; UGAYA, C. M. L.; FRANCO, A. T. Método de regressão de Poisson: metodologia para avaliação do impacto da poluição atmosférica na saúde populacional, **Ambiente & Sociedade**, v. 12, n. 2, p. 241-255, 2009.

TAMBELLINI, A. T.; CÂMARA, V. M. A temática saúde e ambiente no processo de desenvolvimento do campo da saúde coletiva: aspectos históricos, conceituais e metodológicos, **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 3, n. 2, p. 47-59, 1998.

TARIFA, J. R. et al. Climas na cidade de São Paulo: teoria e pratica, In: Climas na cidade de São Paulo: teoria e pratica, USP, 2001.

WAGNER, M. B.; CALLEGARI-JACQUES, S, M, Medidas de associação em estudos epidemiológicos: risco relativo e odds ratio, **Jornal de pediatria**, v. 74, n. 3, p. 247-251, 1998.

WHO WORLD HEATH ORGANIZATION, Environmental Impacts on Health.

Disponível em:

http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/PHEprevention-diseases-infographic-EN.pdf último acesso em 20/06/2016,