



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

IVANA AMORIM DA SILVA

**A Influência das Variáveis Meteorológicas sobre as Doenças Cardiovasculares no
Nordeste do Brasil**

MACEIÓ

2023

IVANA AMORIM DA SILVA

**A Influência das Variáveis Meteorológicas sobre as Doenças Cardiovasculares no
Nordeste do Brasil**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Ciências Atmosféricas da
Universidade Federal de Alagoas, como requisito
para a obtenção do Grau de Bacharel em
Meteorologia

Orientador: Prof. Dr. Helber Barros Gomes

MACEIÓ

2023

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária: Girlaine da Silva Santos – CRB-4 – 1127

S586a Silva, Ivana Amorim da

A influência das variáveis meteorológicas sobre as doenças cardiovasculares no Nordeste do Brasil / Ivana Amorim da Silva. – 2023.
51 f. : il. color.

Orientador: Helber Barros Gomes.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Meteorologia) –
Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas.
Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 47-51.

1. Bioclimatologia. 2. Sistema cardiovascular - Doenças. 3. Variáveis meteorológicas. 4. Software R. I. Título.

CDU: 551.586 : 616.1

FOLHA DE APROVAÇÃO

AUTOR: IVANA AMORIM DA SILVA

A Influência das Variáveis Meteorológicas sobre as Doenças Cardiovasculares no
Nordeste do Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Ciências Atmosféricas da
Universidade Federal de Alagoas como
requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel
em Meteorologia aprovado em 19 de outubro de
2023.

Documento assinado digitalmente
 HELBER BARROS GOMES
Data: 07/11/2023 11:38:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Helber Barros Gomes – ICAT (Orientador)

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 MARIA CRISTINA LEMOS DA SILVA
Data: 07/11/2023 18:15:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Maria Cristina Lemos da Silva, ICAT

Documento assinado digitalmente
 FABRICIO DANIEL DOS SANTOS SILVA
Data: 10/11/2023 12:10:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof Dr. Fabricio Daniel Dos Santos Silva, ICAT

Dedico a Deus, à minha família e amigos.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

Arthur Schopenhauer

RESUMO

A abordagem de questões sobre saúde e clima tornou-se uma temática relevante, pois diversas sintomatologias podem ser atribuídas às condições meteorológicas. Esse fato tem alavancado novas pesquisas por profissionais nacionais e internacionais com o objetivo de aprofundar mais o conhecimento dentro dessas áreas. O presente trabalho aborda sobre a influência das variáveis meteorológicas e sua relação com as doenças cardiovasculares em uma curta revisão da literatura, mostrando alguns trabalhos notáveis que foram desenvolvidos na área da ciência atmosférica e ciências biológicas. Logo após, foi abordado o método com os dados utilizados para a geração dos resultados em que demonstrou a correlação através do software R de uma análise mensal, anual e análise de boxplot entre os casos de internações hospitalares por doenças cardiovasculares através dos dados coletados no Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) e das variáveis meteorológicas obtidos através dos dados meteorológicos coletados na estação climatológica principal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referente ao período de janeiro de 1998 a dezembro de 2015. Desta forma, foi possível observar que os elementos meteorológicos indicam que as internações por DCV apresentam correlações estatisticamente significativas. No entanto, percebe-se que o clima em conjunto com outros fatores de risco (estilo de vida, nutricionais, genético, entre outros), podem contribuir e influenciar tanto no desencadeamento das morbidades quanto no agravamento delas.

Palavras-Chave: Variáveis Meteorológicas; Doenças Cardiovasculares; Software R.

ABSTRACT

The approach questions about health and climate has become a relevant topic, as several symptoms can be attributed to meteorological conditions. This fact has leveraged new research by national and international professionals with the aim of further deepening knowledge within these areas. The present work addresses the influence of meteorological variables and their relationship with cardiovascular diseases in a short review of the literature, showing some notable works that have been developed in the area of atmospheric science and biological sciences. Right after, the method with the data used for the generation of the results was approached and with that the results referring to the correlation through the R software of a monthly and annual analysis and boxplot analysis between the cases of hospitalizations for cardiovascular diseases through data collected at the Department of Informatics of the Unified Health System (DATASUS) and meteorological variables obtained through meteorological data collected at the main climatological station of the National Institute of Meteorology (INMET), referring to the period from January 1998 to December 2015. Thus, it was possible to observe that meteorological elements indicate that hospitalizations due to CVD present statistically significant correlations. However, it is clear that the climate together with other risk factors (lifestyle, nutrition, genetics, among others, can contribute and influence both the triggering of morbidities and their aggravation.

Key Word: Meteorological Variables; Cardiovascular Diseases; R Software.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Representa o coração e a anatomia do sistema cardiovascular.....	16
Figura 2: Doença sensível ao clima e associação com variáveis meteorológicas.....	19
Figura 3: Grau de Correlação do Coeficiente de Pearson (r).....	25
Figura 4: Distribuição anual e mensal dos casos de internação por doenças cardiovasculares em Aracaju.....	26
Figura 5: Distribuição anual e mensal dos casos de internação por doenças cardiovasculares em Fortaleza.....	28
Figura 6: Distribuição anual e mensal dos casos de internação por doenças cardiovasculares em João Pessoa.....	30
Figura 7: Distribuição anual e mensal dos casos de internação por doenças cardiovasculares em Maceió.....	32
Figura 8: Distribuição anual e mensal dos casos de internação por doenças cardiovasculares em Natal.....	34
Figura 9: Distribuição anual e mensal dos casos de internação por doenças cardiovasculares em Recife.....	36
Figura 10: Distribuição anual e mensal dos casos de internação por doenças cardiovasculares em Salvador.....	38
Figura 11: Distribuição anual e mensal dos casos de internação por doenças cardiovasculares em São Luis.....	39
Figura 12: Distribuição anual e mensal dos casos de internação por doenças cardiovasculares em Teresina.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Efeitos Fisiológicos do corpo humano de acordo com a variação térmica.....	17
Tabela 2: Código e as doenças do Aparelho Circulatório.....	18
Tabela 3: Classificação dos valores dos coeficientes de correlação de Pearson (r) e de determinação (r ²)	25
Tabela 4: Matriz de correlação entre as morbidades e as variáveis meteorológicas para a cidade de Aracaju.....	27
Tabela 5: Matriz de correlação entre as morbidades e as variáveis meteorológicas para a cidade de Fortaleza.....	29
Tabela 6: Matriz de correlação entre as morbidades e as variáveis meteorológicas para a cidade de João Pessoa.....	31
Tabela 7: Matriz de correlação entre as morbidades e as variáveis meteorológicas para a cidade de Maceió.....	32
Tabela 8: Matriz de correlação entre as morbidades e as variáveis meteorológicas para a cidade de Natal.....	35
Tabela 9: Matriz de correlação entre as morbidades e as variáveis meteorológicas para a cidade de Recife.....	37
Tabela 10: Matriz de correlação entre as morbidades e as variáveis meteorológicas para a cidade de Salvador.....	38
Tabela 11: Matriz de correlação entre as morbidades e as variáveis meteorológicas para a cidade de São Luís	40
Tabela 12: Matriz de correlação entre as morbidades e as variáveis meteorológicas para a cidade de Teresina.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AT – Aterosclerose

AVC – Acidente Vascular Cerebral

CID – Classificação Internacional de Doenças

DATASUS – Departamento De Informática Do Sistema Único de Saúde

DCV – Doenças Cardiovasculares

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Agropecuária

HP – Hipertensão Primária

IAM – Infarto Agudo do Miocárdio

IC – Insuficiência Cardíaca

INMET – Instituto Nacional De Meteorologia

OMS – Organização Mundial da Saúde

SC – Sistema Circulatório

SIH – Sistema de Informações Hospitalares

SUS – Sistema Único de Saúde

T_{máx} – Temperatura Máxima

T_{mín} – Temperatura Mínima

T_{med} – Temperatura Média

UR – Umidade Relativa

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3. METODOLOGIA.....	23
3.1 DADOS.....	23
3.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
5. CONCLUSÕES.....	46
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	48

1 INTRODUÇÃO

A relação entre clima e saúde vem desde a antiguidade, e ao longo dos anos observou-se um número cada vez maior de pesquisas dentro desta abordagem. Esta é uma área de crescente preocupação internacional por parte dos profissionais do clima e da saúde que concomitantemente trabalham em sinergia aprofundando mais a interdisciplinaridade entre a ciência atmosférica e a ciência biológica (CONSOANTE DE JESUS, 2010).

A saúde humana é fortemente influenciada pelo clima. Condições ambientais, condições térmicas envolvidas em dispersão (ventos e poluição) e umidade do ar são tipos de influências na manifestação de várias doenças. As condições ambientais e atmosféricas desempenham uma forte ação sobre a sociedade, e o estado de saúde ou doença do organismo humano se constituem em uma das várias manifestações desta interação (ARAÚJO, 2018). Pesquisas que correlacionam clima e saúde estão incluídas na Bioclimatologia Humana, e de acordo com Pitton (2004), esta é a ciência que se dedica ao estudo das influências do ambiente atmosférico ao ser humano. O autor destacou ainda que estas influências podem ser termiais, barométricas, hídricas, e causadas também pela composição do ar ambiente.

De acordo com Ferreira et al. (2019), as mudanças climáticas globais e a variabilidade climática durante o ano nas diferentes regiões do planeta afetam o estado de saúde da população, como exemplo, o Brasil, com suas dimensões continentais, engloba os distintos tipos de climas: equatorial/ tropical no norte e nordeste; tropical no sudeste e centro-oeste; e subtropical no sul, na qual essa variabilidade climática nas diferentes regiões caracteriza diferentes exposições ao calor/frio e o risco de doenças. O autor documentou também que é crucial uma melhor compreensão da relação entre temperatura e mortalidade para estabelecer estratégias de intervenção local para lidar com os efeitos da temperatura.

No contexto das mudanças climáticas, as alterações do padrão climático, o aumento da temperatura, a baixa umidade relativa do ar, os eventos extremos de seca e chuva, entre outros fatores, poderão acelerar algumas mudanças na situação de saúde relacionada a problemas agudos como o incremento de hospitalizações, a indução de morte prematura por doenças dos aparelhos circulatório e respiratório, bem como aumento de doenças mentais (BRASIL, 2016). Os efeitos das mudanças climáticas nas

doenças cardiovasculares (DCV), a principal causa de morte e hospitalização no mundo, é menos investigada do que doenças infecciosas. Apesar da importância da DCV na saúde pública, poucos estudos avaliam a variabilidade climática e seu impacto sobre essas doenças (FERREIRA et al., 2019). Segundo Pierin et al. (2019), a Organização Mundial da Saúde aponta que as DCV são responsáveis por cerca de 17 milhões de mortes por ano, e as complicações da hipertensão são responsáveis por 9,4 milhões desses óbitos. Em decorrência do exposto, esta pesquisa foi elaborada visando alcançar o seguinte objetivo: Avaliar a influência das variáveis meteorológicas e sua relação na ocorrência de morbidades por doenças cardiovasculares nas capitais do Nordeste brasileiro durante o período de 1998 a 2015.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com Blois et al. (2015), diversas exposições, riscos e efeitos à saúde estão associados às condições climáticas. Se uma condição de saúde for influenciada pelo clima, também poderá ser afetada pelas alterações climáticas em uma determinada região. As mudanças climáticas são uma ameaça crescente à saúde humana em todo o mundo (HAINES et al., 2009).

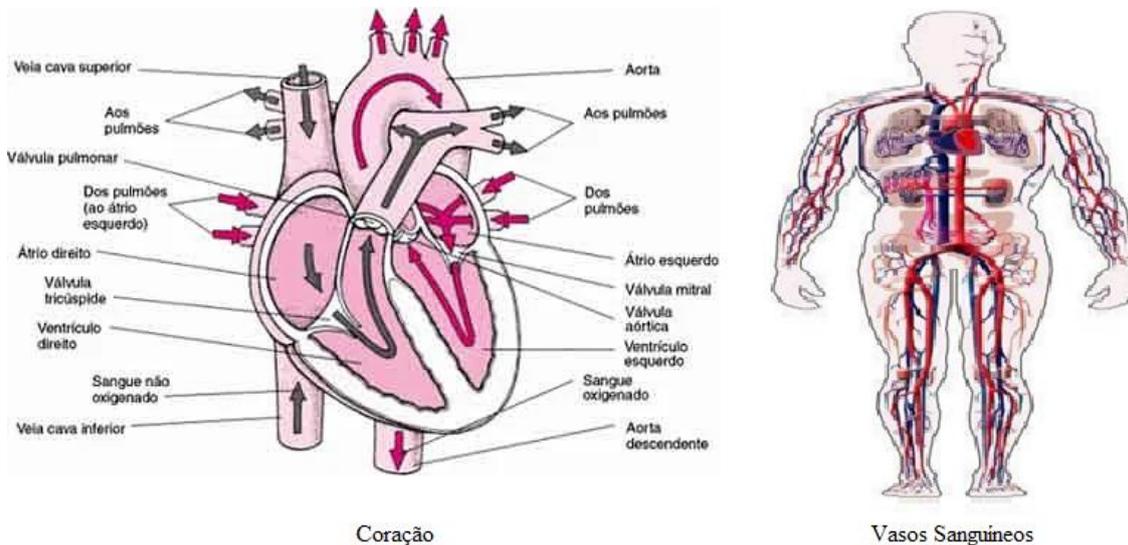
Costello et al. (2009) documentaram que as principais ameaças diretas e indiretas à saúde global devido ao clima são a mudança dos padrões de doenças, a insegurança hídrica e alimentar, abrigos vulneráveis e assentamentos, eventos climáticos extremos, crescimento populacional e migração. Os autores também observaram que o número de mortes causadas por ondas de calor aumentou, especialmente entre os idosos, o que poderia levar a que os efeitos indiretos das alterações climáticas tivessem um maior impacto na saúde global.

Guo et al. (2018) definiram uma onda de calor como temperaturas externas quentes ou clima quente que dura vários dias e está fora da faixa normal de temperatura ambiente. Os pesquisadores também documentaram que as ondas de calor podem causar fadiga, inchaço, câibras, síncope e insolação, e podem ter graves impactos na saúde dos residentes, incluindo aumento da mortalidade e morbidade. Dessa forma, o meio ambiente impacta diretamente nos processos de doenças da saúde, havendo diversas doenças ligadas ao meio ambiente, especialmente ao clima, incluindo doenças de veiculação hídrica, doenças respiratórias e cardiovasculares relacionadas à poluição do ar e à variabilidade climática (XAVIER, 2019).

As doenças cardiovasculares (DCV) são uma categoria comum de doenças que afetam o coração e o sistema circulatório e são uma das principais causas de morte e hospitalização em todo o mundo (PARRY et al., 2019). As principais doenças deste sistema são a aterosclerose, a doença isquêmica do coração (angina, infarto agudo do miocárdio, doença isquêmica crônica do coração, morte súbita cardíaca) e a doença arterial coronariana. O sistema cardiovascular ou circulatório (SC) é composto por três componentes interligados: sangue, coração e vasos sanguíneos, conforme mostra a Figura 1 (TORTORA, 2017). Este sistema fornece sangue oxigenado a órgãos, tecidos e células através da circulação sistêmica onde o oxigênio inalado chega ao sangue e o dióxido de

carbono é liberado do sangue através da circulação pulmonar (PUBMED HEALTH, 2016; BOY, 2018).

Figura 1: Representação do coração e a anatomia do sistema cardiovascular.



Fonte: Netter (2000).

O sistema circulatório tem três funções principais: transporte de substâncias, defesa contra patógenos e regulação da homeostase do organismo, importantes para manter a regulação de diversas condições internas. Os vasos sanguíneos ajudam a manter uma temperatura corporal estável, regulando o fluxo sanguíneo para a superfície da pele. Esses vasos sanguíneos próximos à superfície da pele se abrem durante períodos de hipertermia (aquecimento) para permitir que o sangue quente libere calor no ambiente do corpo, mas durante a hipotermia (resfriamento) eles o contraem e o conservam. sangue no corpo. Ele flui para órgãos vitais no núcleo do corpo (BARCLAY, 2020).

A temperatura corporal central é um dos parâmetros fisiológicos mais rigorosamente regulados em humanos (KURZ, 2008). É um termostato que controla a diminuição ou aumento da perda de calor para permitir a adaptação adequada às mudanças na temperatura ambiente. Lee (1958) criou uma tabela (Tabela 1) que resume como o corpo humano pode responder às condições térmicas (quente/frio).

Tabela 1: Efeitos Fisiológicas do corpo humano de acordo com a variação térmica.

Efeitos do Frio	Efeitos do Calor
Constricção da pele e dos vasos sanguíneos	Dilatação da pele e dos vasos sanguíneos
Concentração de sangue	Diluição do sangue
Aumento do tônus muscular	Queda do tônus muscular
Estremecimento	Transpiração
Tendência ao aumento de atividade	Tendência à redução de atividade
Aumento do volume da urina	Queda do volume da urina
Risco de suprimento inadequado de sangue para dedos das mãos e pés e partes expostas	Dificuldade na manutenção de suprimento sanguíneo para o cérebro levando a tontura, náusea
Aumento da fome	Queda do apetite
Queda da temperatura do corpo sonolência	Aumento da temperatura do corpo
Sonolência	Danos ao centro regulador do calor

Fonte: Lee (1958), Apud Mendonça (2001).

Embora o corpo humano possua um sistema para regular e manter o equilíbrio térmico (homeostase), o calor extremo no verão e o frio no inverno podem contribuir para diversas categorias de doenças, incluindo doenças cardiovasculares (PITTON & DOMINGOS, 2004). Serrano Jr et al. (2009) estudaram doenças do aparelho circulatório designadas com códigos CID I00 a I99, e classificaram as doenças que afetam o coração, a circulação pulmonar, o sistema cerebrovascular, as artérias, as veias e os vasos linfáticos da seguinte forma, de acordo com a Tabela 2:

Tabela 2: Código e as doenças do Aparelho Circulatório.

Código	Descrição	Códigos da CID-10
143 -164	Doenças do aparelho circulatório	I00-I99
143	Febre reumática aguda	I00-I02
144	Doença reumática crônica do coração	I05-I09
145	Hipertensão essencial (primária)	I10
146	Outras doenças hipertensivas	I11-I15
147	Infarto agudo do miocárdio	I21-I22
148	Outras doenças isquêmicas do coração	I20, I23-I25
149	Embolia pulmonar	I26
150	Transtornos de condução e arritmias cardíacas	I44-I49
151	Insuficiência cardíaca	I50

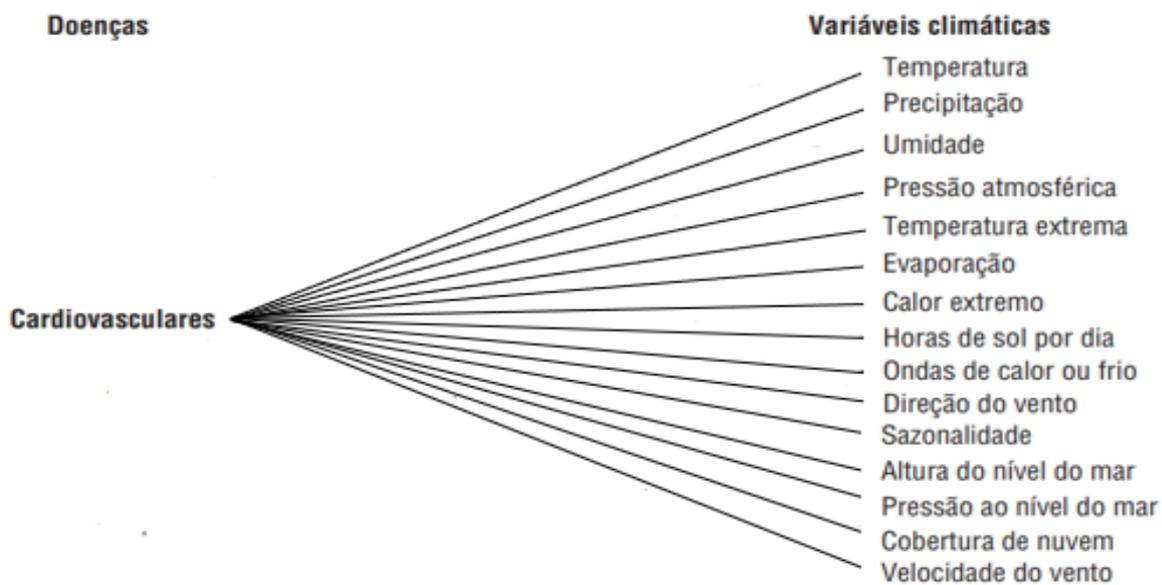
152	Outras doenças do coração	I27-I43, I51-I52
153	Hemorragia intracraniana	I60-I62
154	Infarto cerebral	I63
155	Acidente vascular cerebral, não especificado como hemorrágico ou isquêmico	I64
156	Outras doenças cerebrovasculares	I65-I69
157	Aterosclerose	I70
158	Outras doenças vasculares periféricas	I73
159	Embolia e trombose arteriais	I74
160	Outras doenças das artérias, arteríolas e capilares	I71-I72, I77-I79
161	Flebite, tromboflebite, embolia e trombose venosa	I80-I82
162	Veias varicosas das extremidades inferiores	I83
163	Hemorróidas	I84
164	Outras doenças do aparelho circulatório	I85-I99

Fonte: Morbidade Hospitalar do Sus CID – 10.

De acordo com o Ministério da Saúde, no Brasil em 2009, as mortes por doenças circulatórias representaram 48% de todas as mortes. A Organização Pan-Americana da Saúde (2017) estimou que 17 milhões de pessoas morreram de doenças cardiovasculares em 2015, representando 31% das mortes globais, das quais 7,4 milhões foram confirmadas como doenças cardiovasculares e 6,7 milhões foram devido a doenças cardiovasculares e confirmadas como sendo relacionado. Acidente Vascular Cerebral (AVC).

A maioria das doenças cardiovasculares é causada por estilos de vida pouco saudáveis e por fatores de risco evitáveis, como sedentarismo, tabagismo, diabetes, stress, colesterol elevado e obesidade (OMS, 2017). Contudo, alguns estudos demonstraram que variáveis meteorológicas estão associadas a um risco aumentado de hospitalização por doenças cardiovasculares gerais e doenças cardiovasculares específicas, incluindo cardiopatia isquêmica e arritmias cardíacas, conforme mostra a Figura 2 (PARRY et al., 2019).

Figura 2: Doença sensível ao clima e associação com variáveis meteorológicas.



Fonte: Autor (2023), adaptado de Souza et al. (2018).

Souza et al. (2018) discutiram que as doenças cardiovasculares têm uma carga global mais elevada nos países desenvolvidos e em alguns países em desenvolvimento. Os pesquisadores também descobriram que a doença cardíaca isquêmica e a doença cerebrovascular foram as duas principais causas de mortalidade em todo o mundo em 2015.

Natal (2015) em seu estudo realizou diversos estudos relacionando fatores ambientais e mudanças climáticas em alguns países ao aumento da mortalidade populacional por diversas doenças, principalmente em países onde os óbitos por doenças circulatórias estão se tornando mais proeminentes no estudo, como na Europa e na Ásia

Segundo Piton e Domingos (2004), a compreensão da relação de prevalência entre as condições atmosféricas e a patologia cardiovascular requer duas abordagens: climática e doença, a primeira tendo em conta o papel das alterações climáticas atmosféricas na produção de diferentes sintomas das doenças e a resposta do corpo humano às condições atmosféricas. Por outro lado, a segunda abordagem dá uma consideração importante aos parâmetros clínicos de morbidade (número de casos numa população específica em um momento específico) em vez de mortalidade (número de mortes registradas).

Cheng e Su (2010) observaram que temperaturas extremamente altas podem causar doenças cardiovasculares em populações expostas. Além disso, documentaram

que as mortalidades relacionadas com o frio são menos compreendidas do que as mortalidades relacionadas com o calor e consideraram que as alterações climáticas extremas estão associadas ao aumento da mortalidade diária em muitas partes do mundo.

Spencer et al. (1998) analisaram padrões sazonais e o seu impacto na distribuição dos casos de infarto agudo do miocárdio, chegando-se à constatação que 53% de 259.891 casos amostrados ocorreram mais no inverno do que no verão.

Um estudo de Koken et al. (2003) descobriram que as altas temperaturas em julho e agosto foram um fator significativo no aumento das taxas de hospitalização por infarto agudo do miocárdio e insuficiência cardíaca em Denver, Colorado, EUA, durante o verão de 1993-1997. Os autores sugeriram que uma possível resposta às suas descobertas é que as altas temperaturas aumentam a viscosidade do sangue e os níveis de colesterol, o que pode aumentar o número de ataques cardíacos. No entanto, foi demonstrado que temperaturas mais altas reduzem a incidência de doenças cardiopulmonares.

Lin et al. (2009) estudaram o efeito da temperatura nas hospitalizações por doenças cardiovasculares (DCV) na cidade de Nova York de 1991 a 2004 e relataram que para cada 1°C acima de 28,9°C, o número de hospitalizações aumentou de 1,4% para 3,6%. Foi hospitalizado por DCV. Basu e Ostro (2008) avaliaram causas específicas relacionadas à temperatura em um estudo realizado na Califórnia, EUA, durante os meses mais quentes de 1999 a 2003, incluindo 248.019 casos, dos quais 41% foram classificados como doenças cardiovasculares.

Bundesen e Falk (1926) documentaram sobre um observador casual, Dr. Percy Stocks da Universidade de Londres, que realizou um estudo estatístico simples relacionando a pressão barométrica média com o número semanal de mortes por doenças cardiovasculares nos anos 1900-1914 e 1919-1925. O Dr. constatou uma associação de mortes por insuficiência cardíaca com a pressão atmosférica.

Saez et al. (1995) observaram que a mortalidade aumenta durante períodos de alta temperatura por mais de 3 dias no verão ou no inverno, indicando que a variabilidade da temperatura é um importante determinante do impacto na saúde humana.

Stewart et al. (2002) registaram que entre 1990 e 1996, 75.452 homens e 81.269 mulheres foram hospitalizados por insuficiência cardíaca na Escócia, com uma taxa média de admissão de 8,4 a 8,5 por 100.000 habitantes por dia. Consideravelmente, como

houve mais internações no inverno do que no verão, concluiu-se que a hospitalização e a morte por insuficiência cardíaca são em grande parte sazonais, especialmente nos idosos.

Empana et al. (2009) abordaram uma associação entre ondas de calor e a incidência de parada cardíaca extra-hospitalar e infarto agudo do miocárdio pré-hospitalar em Paris, França, de 1º de janeiro de 2000 a 31 de dezembro de 2005, e encontraram os seguintes dados: As ondas de calor podem estar associadas a um risco aumentado de morte súbita na população.

Huang et al. (2012) realizaram observações diárias sobre clima e mortalidade por DCV em Brisbane, Austrália, de 1996 a 2004. Os autores avaliaram a associação entre a temperatura média diária e os anos perdidos por DCV e descobriram que um aumento nos anos perdidos por DCV estava associado as temperaturas frias e quentes.

Marti-Soler et al. (2014) realizaram um estudo ecológico observacional utilizando taxas nacionais de mortalidade específicas de casos para 19 países, de 2000 a 2010, em diferentes localizações geográficas, incluindo diferentes latitudes, mostrando que as taxas de mortalidade por DCV seguem padrões sazonais em países com mortalidade mais alta no inverno do que no verão.

Baaguideh e Mayvaneh (2017) analisaram a correlação entre a mortalidade por DCV e temperaturas máxima e mínima durante o período (2004-2013). Os pesquisadores relataram que ao aumentar a temperatura e o número de dias quentes, a mortalidade por DCV aumentava e esses aumentos seriam intensificados nas próximas décadas.

Zeng et al. (2017) observaram os efeitos da temperatura e da umidade na mortalidade por DCV na província de Zhejiang, China, de 2010 a 2013, e obtiveram que a combinação de baixa temperatura e alta umidade teve o maior impacto na carga de morte cardiovascular, resultando em importantes implicações para o desenvolvimento de intervenções de DCV.

Pourshaikhian et al. (2019) investigaram a associação entre as variáveis meteorológicas e atendimento em ambulância nos casos de doenças cardiovasculares por meio de análises temporais de 2010 a 2015. Os resultados mostraram que a demanda por ambulância foi maior no frio e que a umidade pode aumentar essa demanda nas estações quentes.

Alamed et al. (2020) relataram que no Kuwait, país conhecido pelo seu clima quente, o número de mortes por doenças cardiovasculares pode duplicar ou triplicar quando as temperaturas atingem uma média diária extrema de 109 graus Fahrenheit. Os pesquisadores também observaram que áreas tradicionalmente quentes podem estar propensas a mortes cardiovasculares relacionadas ao calor.

Santoulton et al. (2020) utilizaram três índices biometeorológicos de cinco regiões da Península Ibérica para avaliar o impacto do ambiente térmico de inverno na hospitalização por doenças circulatórias e concluíram que, independentemente do índice calculado, as baixas temperaturas são um importante fator de risco para hospitalização por doenças cardiovasculares.

A maior parte da literatura científica apresenta estudos e resultados que correlacionam DCV com variáveis meteorológicas foram realizados no hemisfério norte, tendo evidenciado, em sua maior parte, aumento na incidência de eventos cardiovasculares durante o inverno. Entretanto, em áreas do mesmo hemisfério verificaram-se alguns resultados conflitantes por possuírem latitudes e climas diferentes (BOY, 2018).

3 METODOLOGIA

Este estudo realizou uma análise de série temporal do impacto das variáveis meteorológicas nas internações por doenças cardiovasculares como aterosclerose (AT), infarto agudo do miocárdio (IAM), hipertensão primária (HP), acidente vascular encefálico (AVC) e insuficiência cardíaca (IC) e outras DCV utilizando a correlação estatística de Pearson (r) nas capitais nordestinas para o período de janeiro a dezembro (1998-2015).

3.1 Dados

Os dados das variáveis meteorológicas utilizadas neste trabalho foram obtidos do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), órgão administrativo federal do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (EMBRAPA). Foram consideradas as variáveis temperatura (mínima, média e máxima), precipitação, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, insolação, velocidade do vento e evaporação com base nas médias mensais e anuais

Os dados referentes às internações hospitalares por Doenças Cardiovasculares foram obtidos por meio do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), e foram adquiridos através do Sistema de Informações Hospitalares (SIH/SUS), gerenciados pelo Ministério da Saúde, por meio da Secretaria de Assistência à Saúde, em conjunto com as secretarias de Saúde das capitais do nordeste, ou seja, unidades hospitalares participantes do SUS (públicas e particulares conveniadas). O SIH/SUS utiliza a 10ª Revisão de Classificação Internacional de Doenças (CID 10). O código da CID – 10 são classificados de I00 – I99 para descrever as doenças cardiovasculares.

Estes dados foram organizados em planilhas e utilizados no desenvolvimento de gráficos, tabelas e demais estatísticas, possibilitando uma análise conjunta da ocorrência das doenças e das variáveis climáticas.

3.2 Análise Estatística

Para analisar a relação entre as morbidades com as variáveis meteorológicas, aplicou-se as técnicas estatísticas através do processamento dos dados mediante a utilização da linguagem de programação R, ambiente de software livre para computação

e gráficos estatísticos, ou seja, ferramenta excelente para armazenar e manipular dados, realizar cálculos, testes estatísticos, análises exploratórias e produzir gráficos.

Dessa forma, para determinar o grau de correlação entre as variáveis meteorológicas e as internações por doenças cardiovasculares, foi realizada análise estatística por meio do coeficiente de correlação linear de Pearson e elaborada uma tabela para cada região metropolitana do Nordeste. Este coeficiente é um expoente adimensional com valores entre -1,0 e 1,0 que indica a força da relação linear entre dois conjuntos de dados, denotado pela letra r e derivado da seguinte equação:

$$r = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \sum_i (y_i - \bar{y})^2}}$$

Onde,

r – Representa o coeficiente de correlação linear;

N – Representa o número de pares de dados presentes;

Σ – Somatório

x e y – São as variáveis independente e dependente e suas médias.

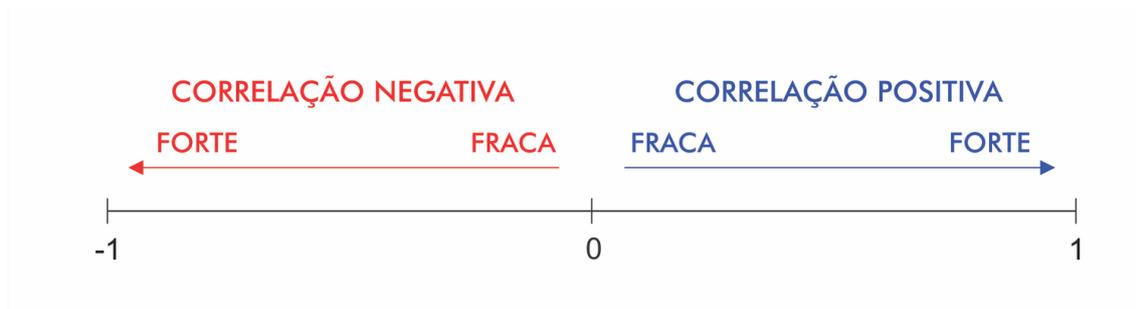
$r = 1$ Significa uma correlação perfeita positiva entre as duas variáveis e nota-se um aumento no valor de uma variável quando a outra aumenta.

$r = -1$ Significa uma correlação negativa perfeita entre as duas variáveis - Isto é, se uma aumenta, a outra sempre diminui.

$r = 0$ Significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra. No entanto, pode existir uma outra dependência que seja "não linear". Assim, o resultado $r = 0$ deve ser investigado por outros meios.

Pode-se verificar o grau de correlação entre -1 e 1 através da figura 3.

Figura 3: Grau de Correlação do Coeficiente de Pearson (r)



Fonte: Autor (2023).

Para as análises dos valores das correlações, recorreu-se aos valores de r^2 processados por Cavalcante (2003), conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Classificação dos valores dos coeficientes de correlação de Pearson (r) e de determinação (r^2)

r	r^2	Classificação
0	0	Nula
0,00 ----- 0,30	0,00 ----- 0,09	Fraca
0,30 ----- 0,60	0,09 ----- 0,36	Média
0,60 ----- 0,90	0,36 ----- 0,81	Forte
0,90 ----- 0,99	0,81 ----- 0,99	Fortíssima
1	1	Perfeita

Fonte: Cavalcante (2003).

Além de tabelas matriciais que mostram as relações entre taxas de incidência e variáveis meteorológicas, foram utilizados boxplots, também conhecidos como boxplots, representações gráficas que mostram a distribuição de conjuntos de dados estatísticos.

Boxplots são uma ferramenta útil para visualizar a dispersão e simetria dos dados, bem como identificar valores extremos, fornecer informações sobre medianas, quartis, valores mínimos e máximos e identificar possíveis outliers em um conjunto de dados. É, portanto, utilizado para identificar valores discrepantes e comparar distribuições para avaliar se os erros são aleatórios ou sistemáticos nos ciclos anuais e mensais.

Portanto, para a elaboração de um boxplot, os quartis são definidos por meio de componentes principais e cálculos, incluindo a identificação dos valores mínimo e

máximo, e o intervalo interquartil externo (IQR), ou seja, identificando a diferença entre o terceiro quartil (Q3) e o primeiro quartil (Q1): $IQR = Q3 - Q1$.

À vista disso, foi calculado os limites superior e inferior para identificar possíveis outliers:

$$\text{Limite Inferior} = Q1 - 1,5 * IQR \text{ e } \text{Limite Superior} = Q3 + 1,5 * IQR$$

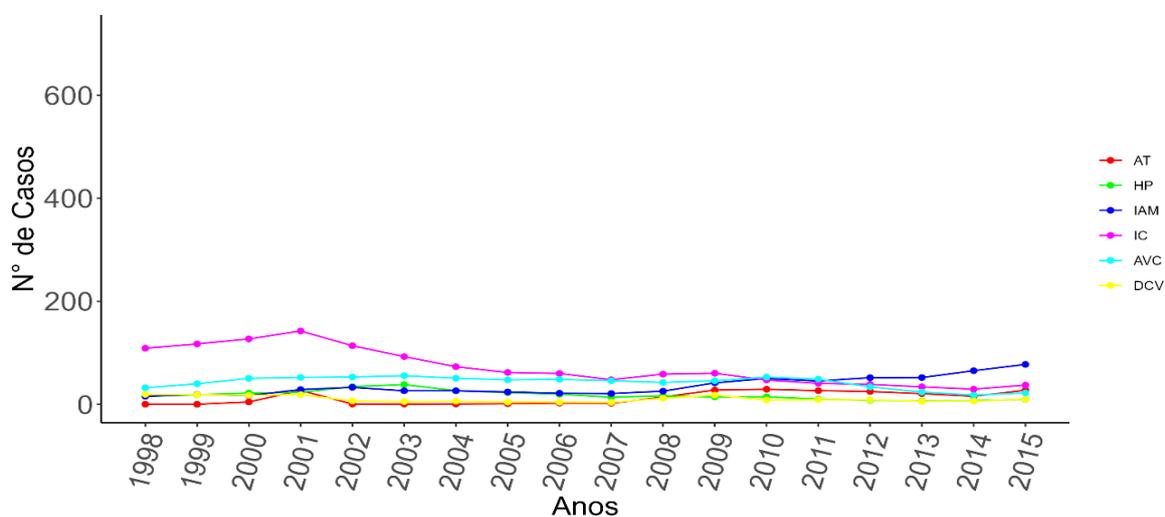
Valores abaixo do limite inferior ou acima do limite superior são considerados outliers.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

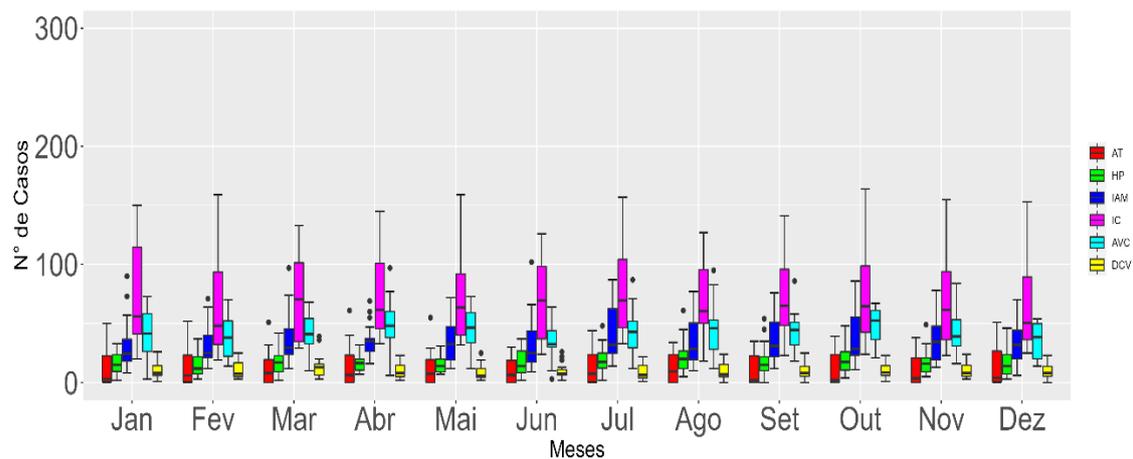
Nesta seção são apresentados os resultados de correlação entre variáveis meteorológicas como temperatura média, máxima e mínima, umidade relativa, pressão barométrica, insolação, vento, precipitação e evaporação descritas na análise estatística dos dados.

A Figura 4 mostra o número de casos de doenças do aparelho circulatório residentes no município de Aracaju – SE, sendo a Figura 4a anual e 4b mensal.

Figura 4: Distribuição anual (a) e mensal (b) dos casos de internação por doenças cardiovasculares em Aracaju.



(a)



(b)

Observa-se na Figura 4a, distribuição anual, que as doenças que apresentaram maior incidência foram, IC, IAM e AVC, dentre essas doenças averiguou que houve maiores casos de internações por IC até o ano de 2009, após isso o IAM foi a doença que

mais teve casos. Contudo, a figura 4b que apresenta uma distribuição mensal verificou-se uma maior predominância nos casos de internações por IC.

De acordo com os dados, foi realizado a estatística (Tabela 4), na qual apresenta os resultados dos coeficientes de correlação linear de Pearson (r) referente à correlação entre as doenças cardiovasculares e as variáveis meteorológicas para o município de Aracaju.

Tabela 4: Matriz de correlação entre as morbidades e as variáveis meteorológicas para a cidade de Aracaju.

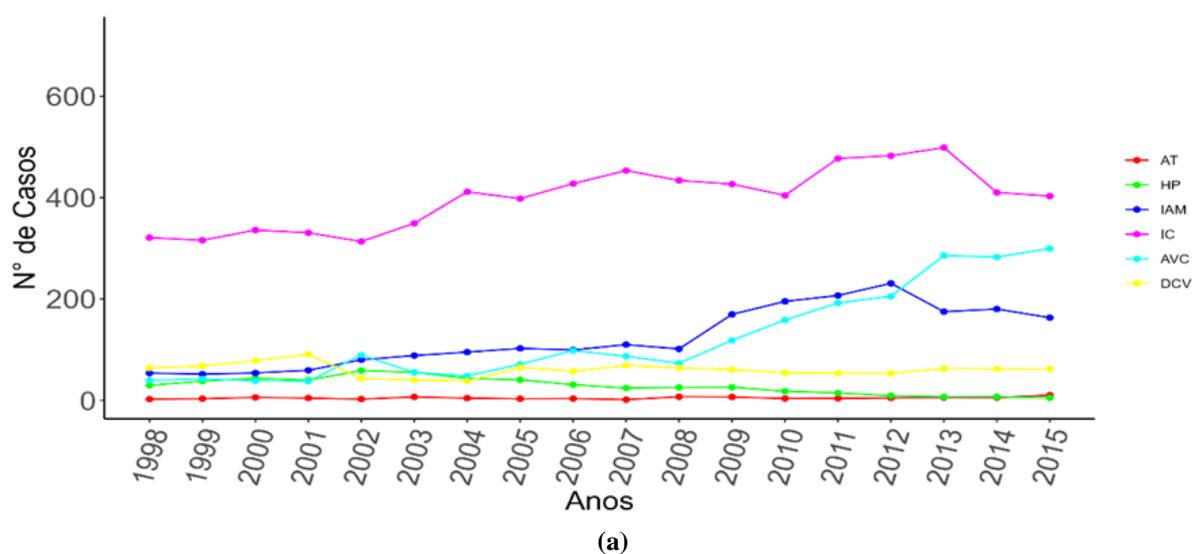
	Casos At	Casos HP	Casos IAM	Casos IC	Casos AVC	Outras DCV
Tmed	0,151	-0,245	0,110	-0,243	-0,113	-0,009
Tmáx	0,178	-0,277	0,139	-0,271	-0,129	-0,20
Tmín	0,131	-0,165	0,179	-0,413	-0,82	-0,199
UR	-0,313	0,158	-0,334	0,213	0,205	-0,25
Pressão	0,002	0,166	0,152	-0,31	0,008	-0,176
Insolação	0,068	-0,071	0,041	-0,022	-0,063	0,067
Velocidade Do vento	-0,282	0,226	-0,366	0,344	0,74	0,164
Precipitação	-0,058	0,032	-0,101	0,155	0,166	0,060
Evaporação	-0,184	0,193	-0,307	0,506	-0,001	0,344

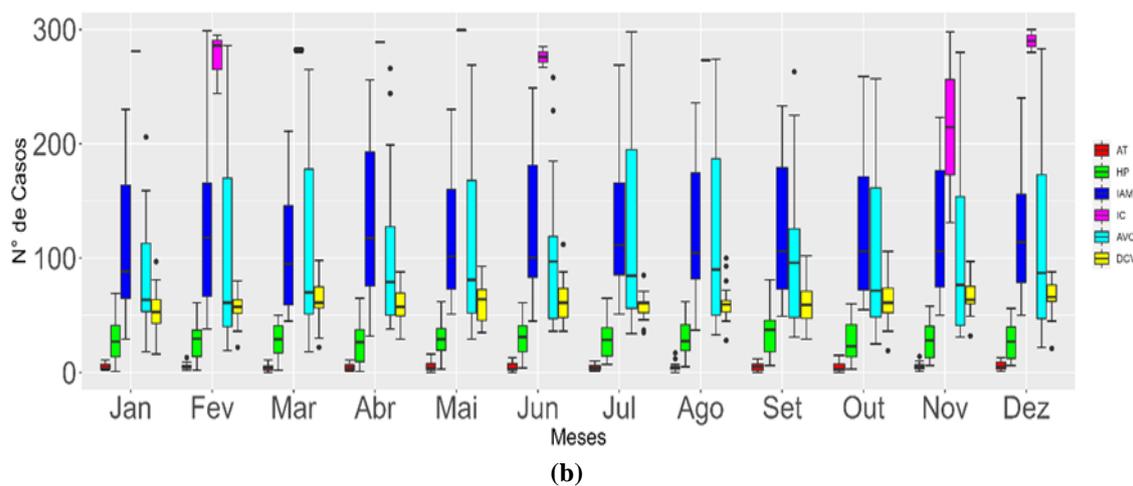
De acordo com os resultados de correlação, observou-se que os valores destacados em azul e vermelho – correlações positivas e negativas, foram os valores mais correlacionados e com significância estatística de 0,05% e 0,01% na cidade de Aracaju, dessa forma, as temperaturas (média, máxima e mínima), apresentou uma predominância em valores das correlações positivas para os casos de aterosclerose e infarto agudo do miocárdio, no entanto, para os casos de hipertensão primária, insuficiência cardíaca e outras doenças cardiovasculares, averiguou uma predominância de correlações negativas, na qual, são inversamente proporcionais, ou seja, quando uma variável aumenta a outra

diminui, analisando a variável umidade verificou uma correlação positiva para as morbidades de hipertensão primária, insuficiência cardíaca e acidente vascular cerebral, enquanto, os casos de aterosclerose e infarto agudo do miocárdio apresentaram correlações negativas. Observando a variável pressão, percebe-se uma correlação diretamente proporcional nos casos de hipertensão primária e infarto agudo do miocárdio, enquanto nas outras DCV há uma correlação inversamente proporcional, quando uma variável aumenta a outra diminui, já a variável insolação não apresentou correlação com nenhum caso de internação. Todavia, analisando a variável de velocidade do vento averiguou uma correlação positiva de média a forte para os casos de hipertensão primária, insuficiência cardíaca e outras DCV, porém apresentou uma correlação negativa para as internações de aterosclerose e infarto agudo do miocárdio, já a variável de precipitação observa-se uma correlação positiva nos casos de insuficiência cardíaca e acidente vascular cerebral, enquanto a variável de evaporação mostrou uma correlação positiva para os casos de hipertensão primária, insuficiência cardíaca e outras DCV, no entanto, para os casos de aterosclerose e infarto agudo do miocárdio houve correlação negativa.

Figura 5: Distribuição anual (a) e mensal (b) dos casos de internação por doenças cardiovasculares em Fortaleza

As Figuras 5a e 5b apresentam o número de internações de casos de doenças do aparelho circulatório residentes no município de Fortaleza – CE, no período referido tanto anualmente quanto mensalmente.





Os resultados com relação as Figuras 5a e 5b mostraram que a doença que mais teve incidência em todos os anos com aumentos e quedas nos números de casos foi IC, seguido de AVC com aumento durante o passar dos anos e IAM com variações nos números de internação.

Com esses mesmos resultados foi feito a estatística (Tabela 5), no qual apresenta a correlação das variáveis descritas anteriormente.

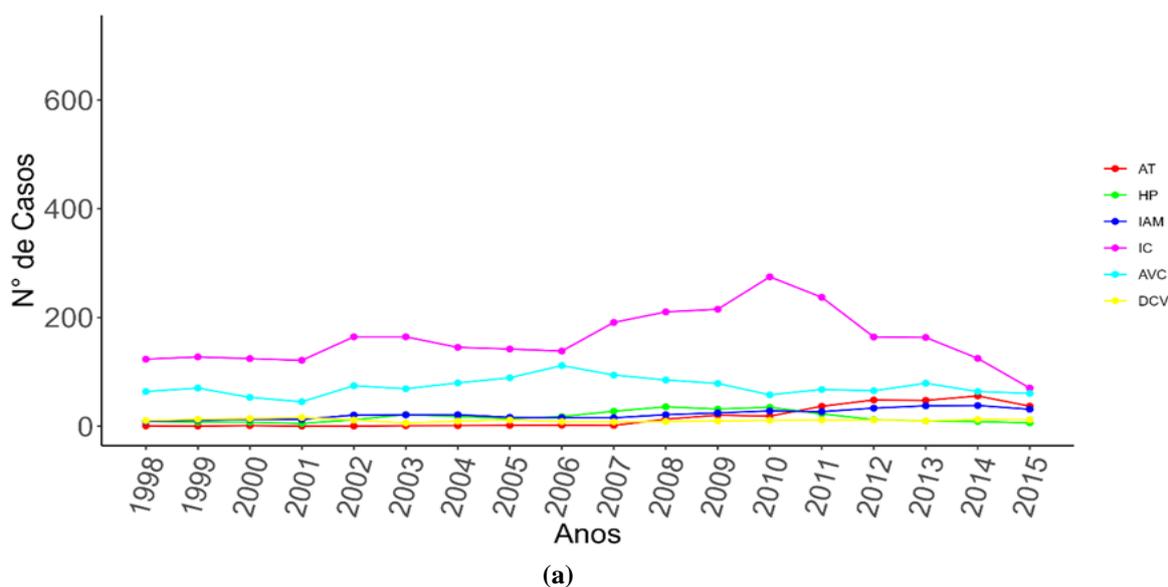
Tabela 5: Matriz de correlação entre as morbidades e as variáveis meteorológicas para a cidade de Fortaleza

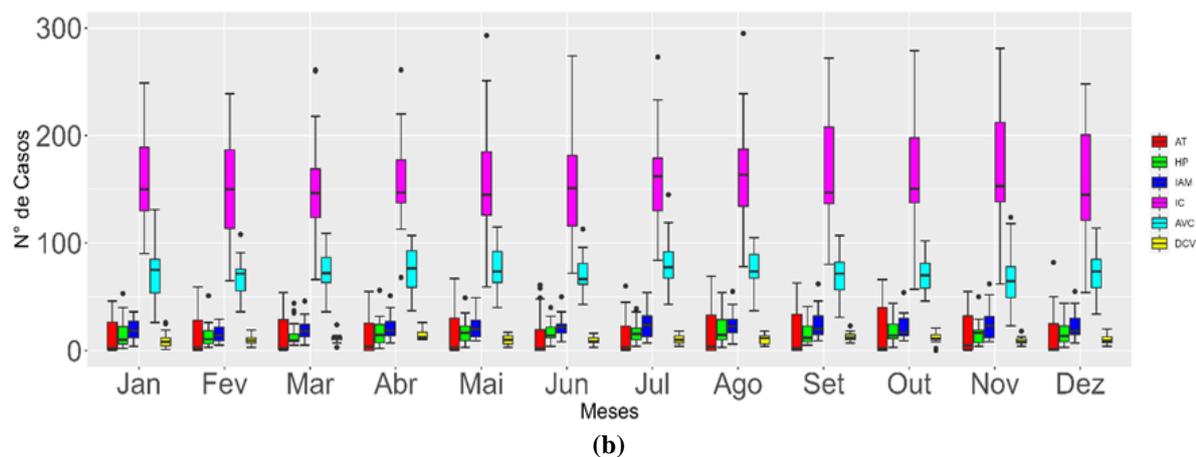
	Casos At	Casos HP	Casos IAM	Casos IC	Casos AVC	Outras DCV
Tmed	0,067	-0,207	0,110	-0,017	0,146	0,021
Tmáx	0,077	-0,352	0,293	0,154	0,321	0,020
Tmín	0,019	-0,050	-0,027	-0,074	-0,020	0,037
UR	-0,004	0,052	-0,065	-0,100	-0,107	-0,052
Pressão	0,050	0,079	0,148	0,153	0,207	-0,134
Insolação	0,034	-0,011	0,071	0,065	0,130	0,074
Velocidade Do vento	-0,021	0,082	-0,066	-0,003	0,006	0,127
Precipitação	-0,064	0,054	-0,095	-0,035	-0,138	-0,078
Evaporação	-0,080	0,147	-0,160	-0,086	-0,118	0,086

Observando a tabela acima, nota-se os valores das variáveis que mais se correlacionam entre si, interferindo de forma direta e indireta.

Para as temperaturas média e máxima, as correlações negativas, embora não significativas estatisticamente, influenciam indiretamente nos casos de hipertensão arterial, todavia nos casos de acidente vascular cerebral influenciam de forma direta, já os casos de infarto agudo do miocárdio e insuficiência cardíaca só tem correlação positiva com a temperatura máxima. Outra variável é a pressão que se correlaciona positivamente com os casos de infarto agudo, AVC, insuficiência cardíaca, já a precipitação só correlaciona de forma indireta com os casos de acidente vascular cerebral e a evaporação se correlaciona de forma positiva com os casos de hipertensão arterial e de forma inversa com os casos de infarto agudo do miocárdio. Resultado semelhante foi encontrado no estudo de Saez et al. (1995), Cheng e Su (2010) e Huang et al. (2012), no qual observou-se que os casos de internações hospitalares e a mortalidade por doenças cardíacas aumentaram em temperaturas extremas de calor e frio.

Figura 6: Distribuição anual (a) e mensal (b) dos casos de internação por doenças cardiovasculares em João Pessoa





Observando as Figuras 6a e 6b, percebe-se que a doença com muita frequência durante os anos foi a IC com variações de aumentos e quedas no número de internações, seguido da outra doença AVC que apresentou a mesma tendência.

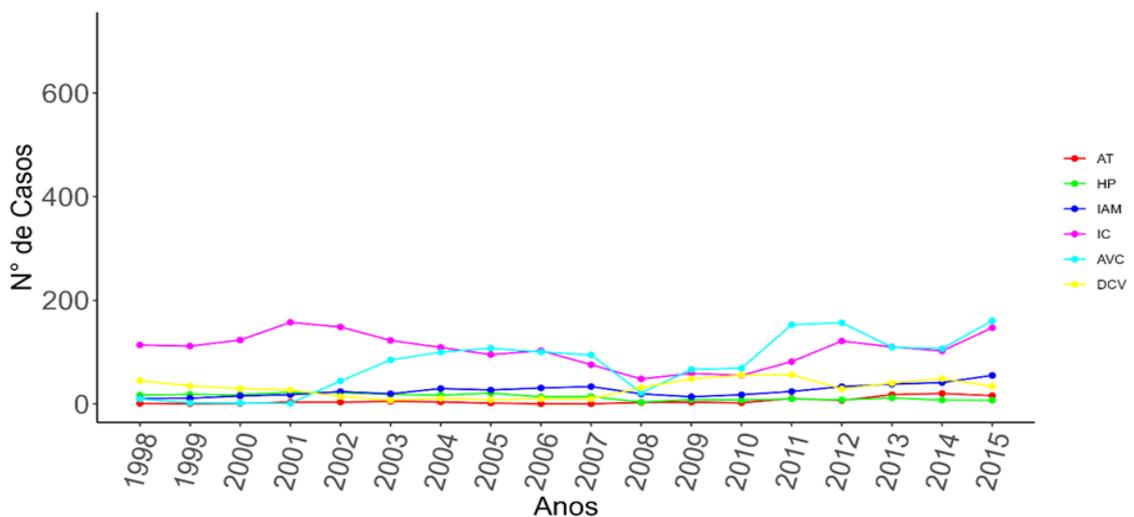
Através dessas variáveis foi feita a Tabela 6 com os resultados da estatística de Pearson para verificar a correlação existente entre as variáveis da região de João Pessoa.

Tabela 6: Matriz de correlação entre as morbidades e as variáveis meteorológicas para a cidade de João Pessoa

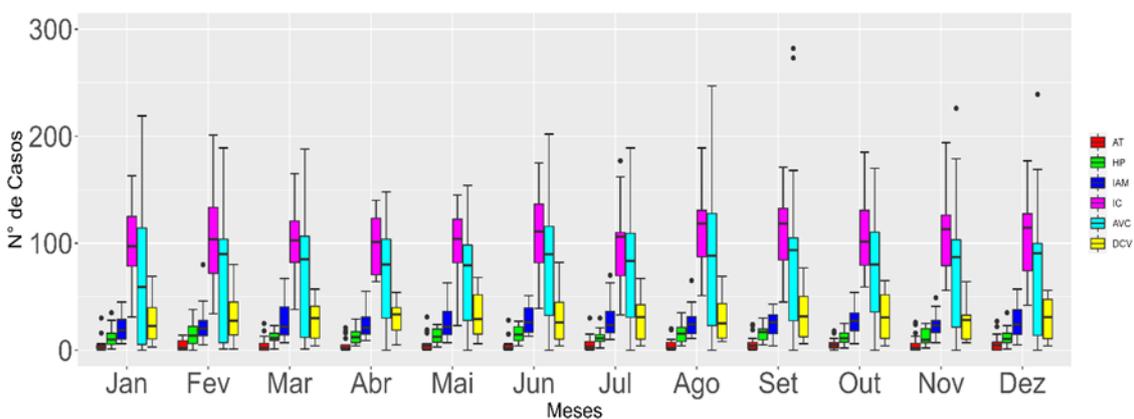
	Casos At	Casos HP	Casos IAM	Casos IC	Casos AVC	Outras DCV
Tmed	-0,011	-0,083	-0,108	-0,092	-0,074	-0,002
Tmáx	0,103	-0,011	-0,009	-0,001	-0,083	-0,006
Tmín	0,019	-0,180	-0,083	-0,166	-0,040	-0,023
UR	-0,147	0,058	-0,041	0,008	0,188	-0,35
Pressão	0,133	-0,062	0,158	-0,021	-0,056	0,073
Insolação	-0,070	-0,221	-0,124	-0,162	-0,191	0,046
Velocidade Do vento	-0,384	-0,079	-0,270	-0,064	0,040	-0,040
Precipitação	-0,021	0,132	0,044	0,081	0,116	-0,082
Evaporação	-0,238	-0,230	-0,268	-0,187	-0,247	0,088

Observando a Tabela 6, percebe-se que a variável temperatura mínima está indiretamente associada aos casos de hipertensão e insuficiência cardíaca. A variável de umidade relativa tem relação indireta com os casos de aterosclerose e se relaciona diretamente com os casos de AVC, enquanto a variável pressão tem correlação apenas com os casos de IAM, a variável insolação interfere indiretamente nos casos de hipertensão primária, insuficiência cardíaca e AVC, a variável meteorológica velocidade do vento se correlaciona negativamente com os casos de AT e IAM, no entanto, a variável precipitação se correlaciona positivamente com os casos de IC e AVC e a evaporação só não tem ligação negativamente com os casos de outras DCV. Em um estudo de Koken et al. (2003), Basu e Ostro (2008), Lin et al. (2009), Baaguideh e Mayvaneh (2017) e Alahmad et al. (2020), resultados semelhantes foram observados para a variável temperatura máxima, com maiores internações e óbitos por doenças cardíacas no verão.

Figura 7: Distribuição anual (a) e mensal (b) dos casos de internação por doenças cardiovasculares em Maceió



(a)



(b)

A Figura 7a apresenta uma distribuição anual, na qual os casos de internações por IC e AVC mostram uma variação bem significativa de aumentos e diminuições, além disso, observando a Figura 7b, percebe-se que obteve mais internações de casos de AVC no mês de janeiro e entre os meses de março a agostos, todavia, nos meses de fevereiro, setembro, outubro e novembro tiveram mais casos de internações por IC.

Tabela 7: Matriz de correlação entre as morbidades e as variáveis meteorológicas para a cidade de Maceió

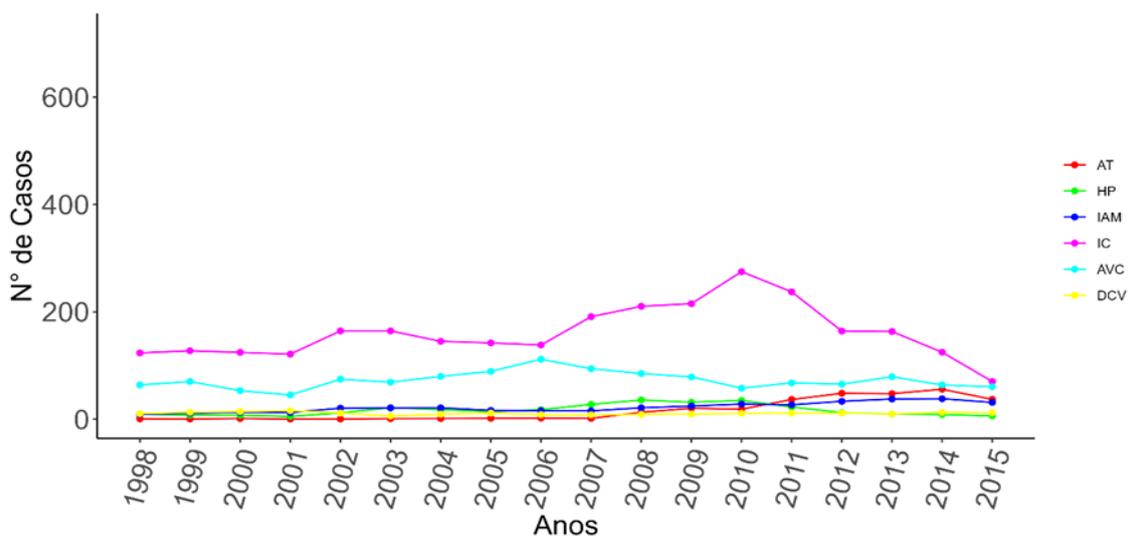
	Casos At	Casos HP	Casos IAM	Casos IC	Casos AVC	Outras DCV
Tmed	0,168	-0,307	0,049	-0,168	0,135	0,165
Tmáx	0,011	-0,165	-0,092	-0,127	-0,057	0,018
Tmín	0,340	-0,478	0,213	-0,260	0,300	0,398
UR	0,259	-0,153	0,286	-0,053	0,221	0,184
Pressão	0,214	0,033	0,245	0,192	0,196	0,091
Insolação	-0,017	-0,001	-0,066	0,047	-0,078	0,127
Velocidade Do vento	-0,372	0,284	-0,271	0,121	-0,138	-0,291
Precipitação	-0,059	-0,027	0,044	-0,145	0,004	0,102
Evaporação	-0,057	-0,113	-0,234	-0,056	-0,253	0,187

De acordo com os resultados dos coeficientes de correlação Linear de Pearson (r), observou-se que as temperaturas (média, máxima e mínima) apresentou uma predominância em valores das correlações positivas para os casos de internações de aterosclerose, infarto agudo do miocárdio, acidente vascular cerebral e outras doenças cardiovasculares. Essa correlação positiva indica que houve um leve aumento nos casos de internações dessas doenças. Em contrapartida, verificou-se que os casos de hipertensão primária e insuficiência cardíaca apresentou uma correlação negativa indicando que à

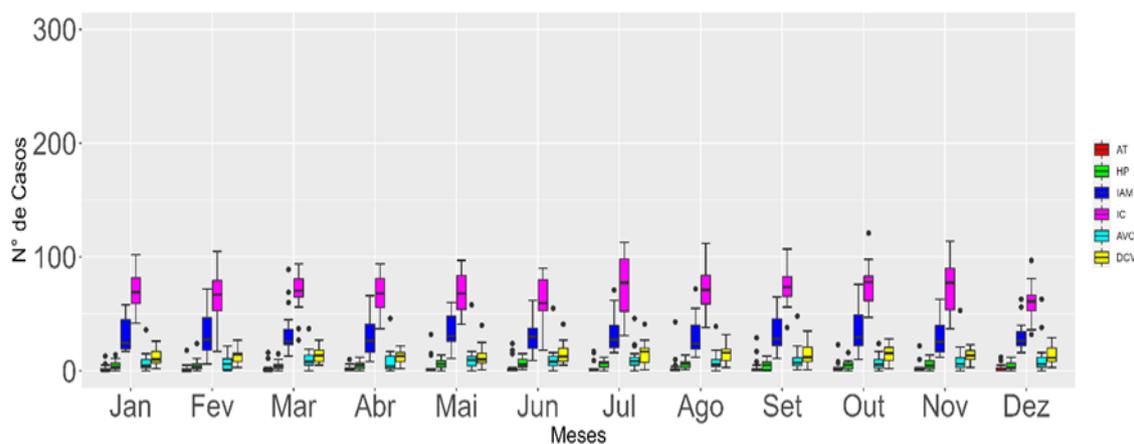
medida que os valores da temperatura aumentam, há uma tendência em diminuir os valores nos números de internações nesses casos.

A variável de umidade relativa do ar apresentou uma correlação positiva nos casos de AT, IAM, AVC e DCV, entretanto para os casos de HP observou uma correlação negativa, já a variável de pressão apresenta correlação positiva para os casos de aterosclerose, infarto agudo do miocárdio, insuficiência cardíaca e acidente vascular cerebral. Por outro lado, a variável de velocidade do vento apresenta correlação positiva apenas para o caso de hipertensão primária, no entanto, para os casos de aterosclerose, infarto agudo do miocárdio, acidente vascular cerebral e outras doenças cardiovasculares há uma predominância em valores negativo. A precipitação apresenta valores negativos para os casos de aterosclerose e insuficiência cardíaca, enquanto a variável de evaporação mostra valores negativos para os casos de infarto agudo do miocárdio e acidente vascular cerebral e valor positivo no caso de outras doenças cardiovasculares.

Figura 8: Distribuição anual (a) e mensal (b) dos casos de internação por doenças cardiovasculares em Natal



(a)



(b)

Verifica-se que as figuras 8a e 8b apresentaram na cidade de Natal uma tendência nos casos de IC. Além desse resultado, foi realizado uma análise estatística através de correlações entre as variáveis (Tabela 8).

Tabela 8: Matriz de correlação entre as morbidades e as variáveis meteorológicas para a cidade de Natal

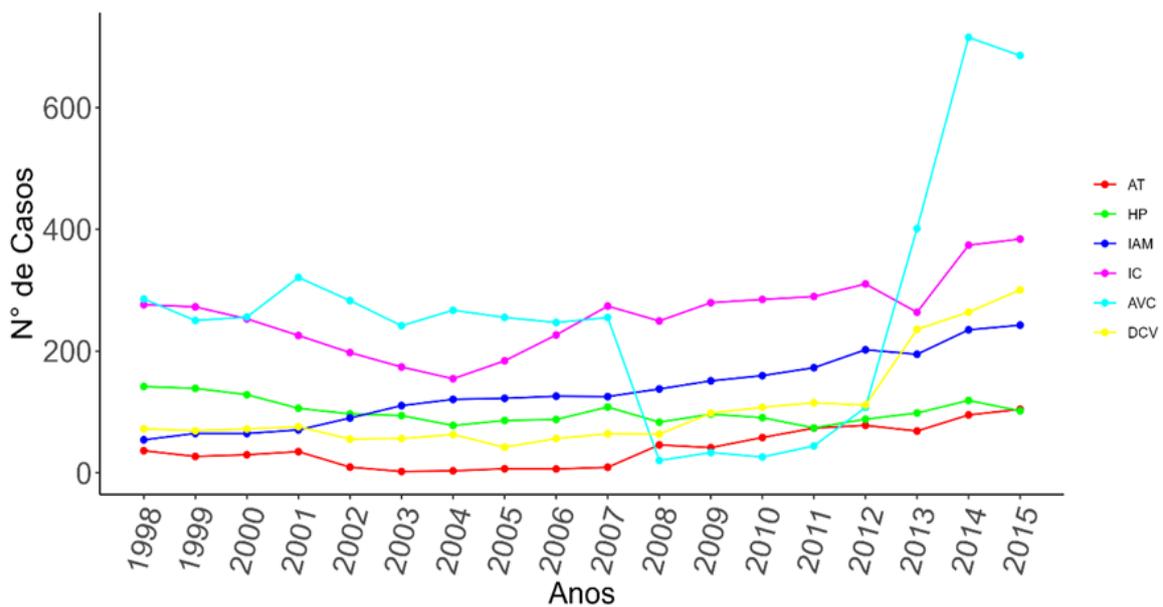
	Casos At	Casos HP	Casos IAM	Casos IC	Casos AVC	Outras DCV
Tmed	-0,009	-0,142	0,066	-0,206	-0,035	-0,097
Tmáx	-0,096	-0,070	-0,035	-0,146	-0,080	-0,135
Tmín	0,126	-0,177	0,219	-0,288	0,031	-0,10
UR	-0,082	-0,009	0,024	0,202	0,139	-0,070
Pressão	0,180	0,026	0,117	0,072	-0,047	0,102
Insolação	0,052	-0,036	0,059	-0,029	-0,102	-0,048
Velocidade Do vento	-0,129	0,172	-0,152	0,204	-0,075	-0,101
Precipitação	0,004	0,065	0,011	-0,057	0,073	0,055
Evaporação	-0,158	0,011	-0,309	0,286	-0,094	-0,096

Analisando os resultados da correlação para a cidade de Natal pode-se perceber que a variável de temperatura média e mínima apresentaram valores negativos nos casos

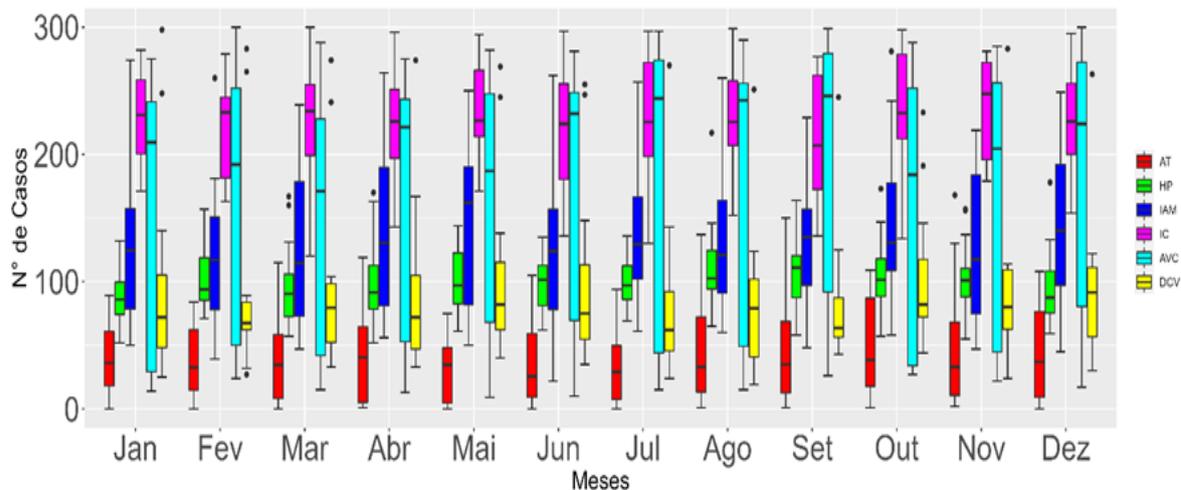
de hipertensão primária e insuficiência cardíaca, porém, a temperatura mínima apresenta ainda um valor positivo nos casos de infarto agudo do miocárdio, já a temperatura máxima apresenta valor negativo nos casos de insuficiência cardíaca e valor negativo nos casos de outras doenças cardiovasculares. A variável de umidade relativa do ar mostrou correlação diretamente proporcional nos casos de insuficiência cardíaca e acidente vascular cerebral, já a variável de pressão só apresenta correlação positiva com o caso de aterosclerose.

Por outro lado, a variável velocidade do vento apresenta valores positivos nos casos de hipertensão primária e insuficiência cardíaca, enquanto no caso de infarto agudo do miocárdio mostrou um valor negativo, já a variável evaporação apresenta correlação negativa para os casos de aterosclerose e infarto agudo do miocárdio, no entanto, no caso de insuficiência cardíaca mostrou um valor negativo.

Figura 9: Distribuição anual (a) e mensal (b) dos casos de internação por doenças cardiovasculares em Recife



(a)



(b)

Observa-se que a Figura 9a, mostrou que a doença AVC teve um predomínio maior, porém em meados do ano 1999 e entre os anos de 2007 a 2012 a doença que influenciou diretamente nos casos de internações foi a IC. Contudo, verificando os casos mensalmente (Figura 9b), internações por IC teve um predomínio maior nos meses de janeiro, março, abril, maio, junho, agosto e outubro, no entanto, nos meses fevereiro, setembro e dezembro os casos de internações por AVC que obteve uma maior significância. A partir disso, foi gerado a tabela (Tabela 9) para verificar a correlação estatística dessas variáveis.

Tabela 9: Matriz de correlação entre as morbidades e as variáveis meteorológicas para a cidade de Recife

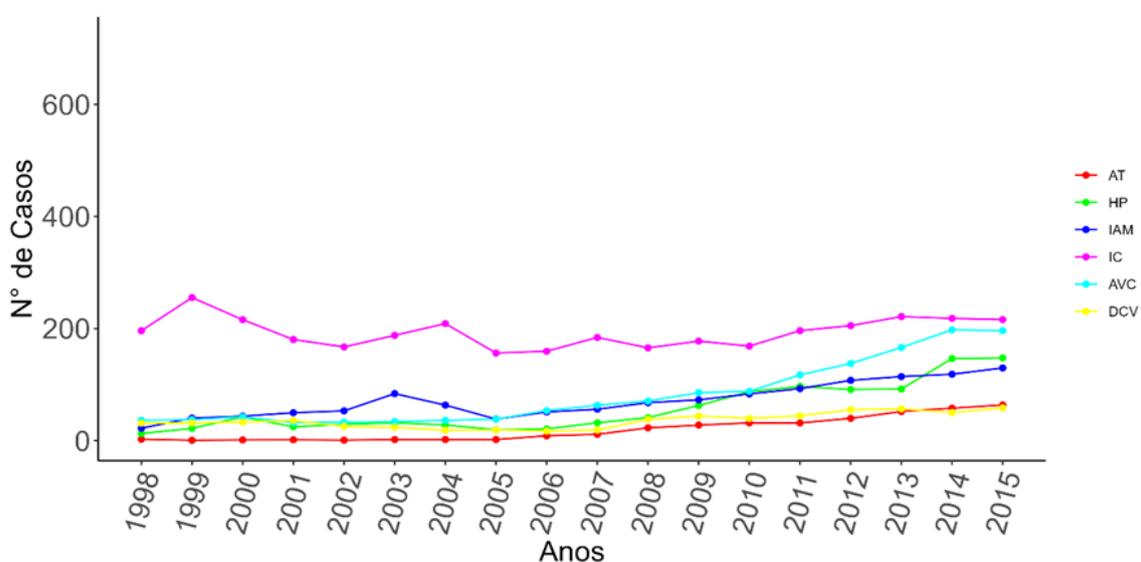
	Casos At	Casos HP	Casos IAM	Casos IC	Casos AVC	Outras DCV
Tmed	0,001	-0,055	-0,106	-0,093	-0,046	-0,051
Tmáx	0,076	-0,123	0,041	-0,034	-0,009	0,032
Tmín	-0,090	-0,023	-0,175	-0,136	-0,031	-0,061
UR	-0,166	0,008	-0,007	-0,077	-0,008	-0,037
Pressão	0,060	0,062	0,175	0,130	0,218	0,149
Insolação	-0,108	0,062	-0,138	-0,055	-0,035	-0,171
Velocidade Do vento	-0,281	0,301	-0,606	-0,224	-0,072	-0,356

Precipitação	-0,075	-0,052	0,037	-0,017	-0,062	-0,002
Evaporação	-0,144	0,197	-0,413	-0,124	-0,026	-0,234

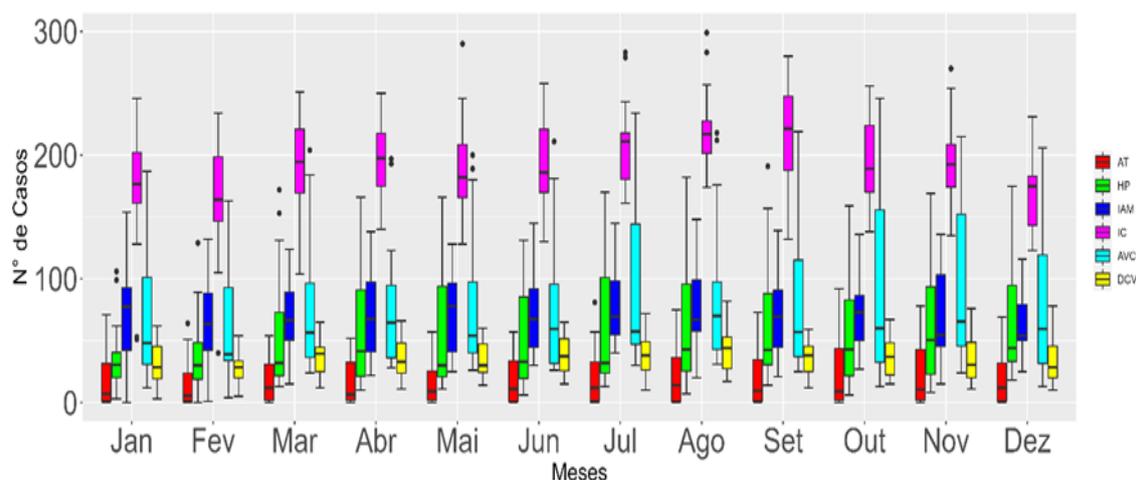
Verificando as relações entre as variáveis meteorológicas e os casos de internações na Tabela 9, identifica-se que a temperatura mínima se correlaciona de forma indireta com os casos de infarto agudo do miocárdio e insuficiência cardíaca, já a umidade relativa do ar só se correlaciona de forma indireta com os casos de aterosclerose. A variável pressão se correlaciona de forma direta nos casos de acidente vascular cerebral e outras doenças cardiovasculares, todavia, a variável insolação se correlaciona de forma indireta com os casos de infarto agudo do miocárdio e outras doenças cardiovasculares.

As variáveis velocidade do vento e evaporação apresentam valores negativos nos casos de aterosclerose, infarto agudo do miocárdio, insuficiência cardíaca – com exceção a evaporação que não apresenta relação, e outras doenças cardiovasculares, enquanto, o caso de hipertensão primária apresenta uma correlação positiva com essas variáveis. Resultado semelhante foi encontrado no estudo de Saez et al. (1995), Cheng e Su (2010) e Huang et al. (2012), no qual observou-se que os casos de internações hospitalares e a mortalidade por doenças cardíacas aumentaram em temperaturas extremas de calor e frio.

Figura 10: Distribuição anual (a) e mensal (b) dos casos de internação por doenças cardiovasculares em Salvador



(a)



(b)

Observando as Figuras 10a e 10b que a doença que teve mais incidência no município de Salvador durante todo o período descrito foi insuficiência cardíaca, além da mesma, houve variações entre esses anos nos casos de IAM, HP e AVC, segunda doença que cresceu ao longo dos anos de 2011 a 2015. De acordo com esse resultado, verificou-se o nível de influência entre as morbidades e as variáveis meteorológicas (Tabela 10).

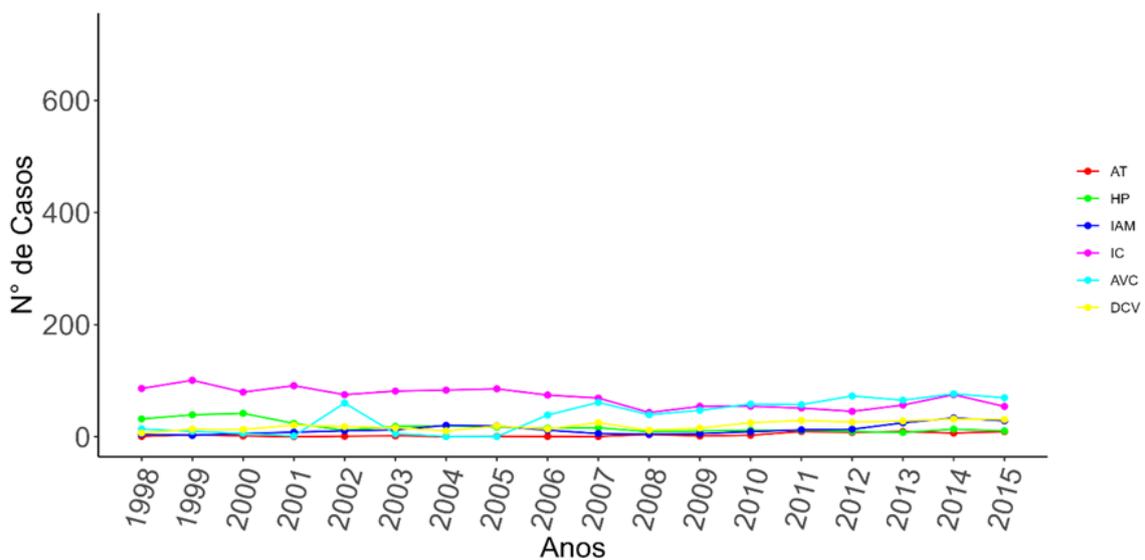
Tabela 10: Matriz de correlação entre as morbidades e as variáveis meteorológicas para a cidade de Salvador

	Casos At	Casos HP	Casos IAM	Casos IC	Casos AVC	Outras DCV
Tmed	-0,185	-0,213	-0,248	-0,380	-0,217	-0,237
Tmáx	-0,096	-0,140	-0,159	-0,392	-0,139	-0,193
Tmín	-0,341	-0,331	-0,394	-0,279	-0,341	-0,319
UR	0,296	0,352	0,333	0,132	0,328	0,291
Pressão	0,165	0,162	0,236	0,312	0,192	0,202
Insolação	-0,169	-0,177	-0,213	-0,192	-0,208	-0,221
Velocidade Do vento	-0,674	-0,666	-0,668	-0,017	-0,684	-0,355
Precipitação	-0,106	-0,034	-0,036	0,103	-0,065	0,021
Evaporação	-0,322	-0,328	-0,406	0,012	-0,334	-0,254

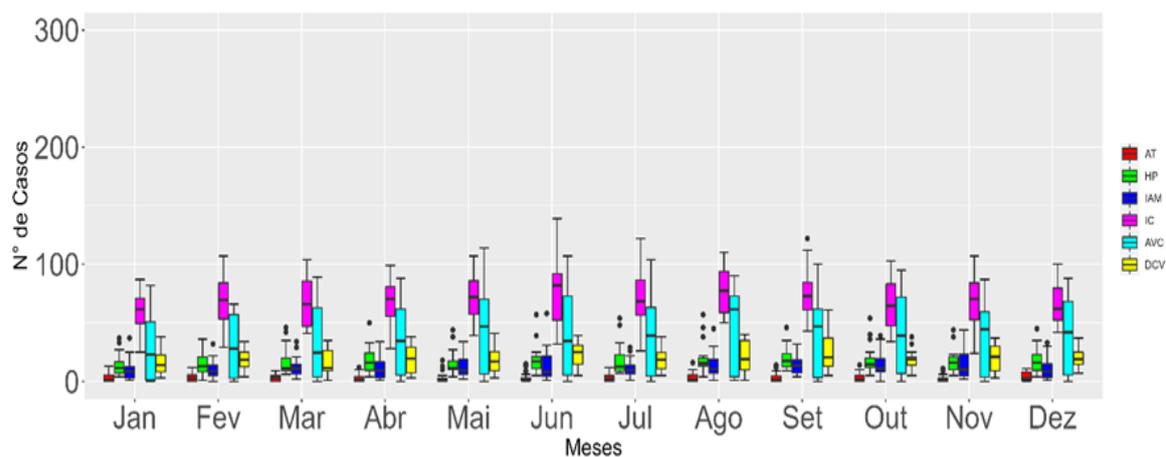
Observando os valores de correlação para a cidade de Salvador percebe-se que as variáveis como temperatura, insolação, evaporação e velocidade do vento apresentaram relação indireta com os casos de internações por doenças cardiovasculares, indicando que à medida que os valores das variáveis aumentam, há uma tendência em diminuir os casos de internações hospitalares, enquanto, as variáveis umidade relativa e pressão apresentam valores positivos demonstrando que à medida os números da variáveis aumentam, há uma tendência dos casos por internações também crescerem.

Estudo semelhante foi encontrado em Bundesen e Falken (1926), resultados semelhantes foram observados para a variável pressão atmosférica, com maiores internações e óbitos por doenças cardíacas aumentando à medida que esta variável aumentava.

Figura 11: Distribuição anual (a) e mensal (b) dos casos de internação por doenças cardiovasculares em São Luis



(a)



(b)

A Figura 11a mostrou que o município de São Luís apresentou uma tendência nos casos de IC entre os anos de 1998 a 2009, logo após, a morbidade que mostrou incidência de crescimento foi o AVC, contudo, verificando a Figura 11b o mês de maio foi o que mais obteve casos por AVC. Sendo assim, foi construído a Tabela 11 para averiguar a correlação entre as variáveis existentes.

Tabela 11: Matriz de correlação entre as morbidades e as variáveis meteorológicas para a cidade de São Luís

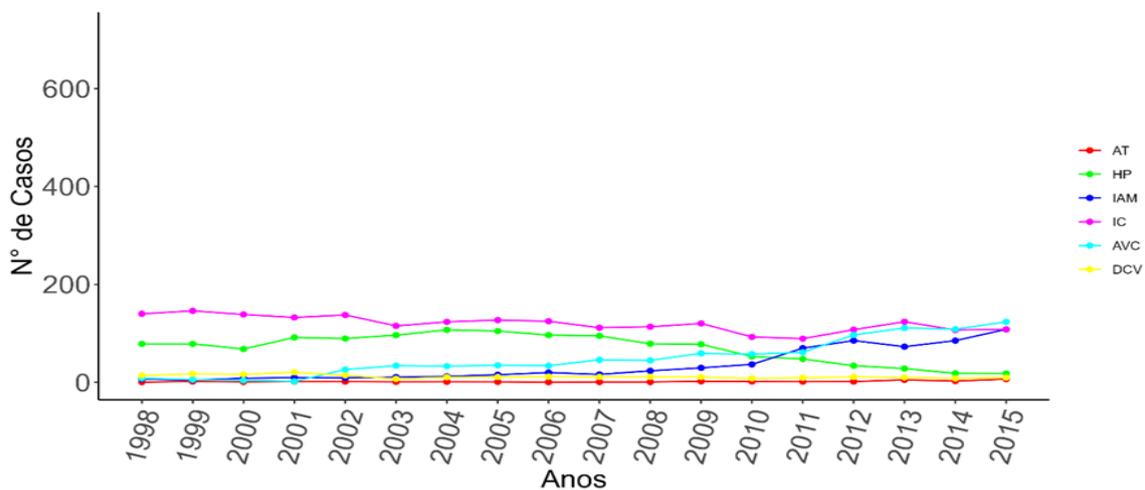
	Casos At	Casos HP	Casos IAM	Casos IC	Casos AVC	Outras DCV
Tmed	0,157	-0,204	0,219	-0,213	0,259	0,184
Tmáx	0,154	-0,180	0,339	-0,087	0,291	0,265
Tmín	0,306	-0,300	0,189	-0,433	0,401	0,232
UR	-0,124	0,037	-0,168	0,087	-0,159	-0,135
Pressão	0,048	-0,118	0,224	0,105	0,193	0,155
Insolação	0,066	0,017	0,222	0,070	0,167	0,222
Velocidade Do vento	0,063	0,087	0,163	0,013	0,040	0,057
Precipitação	-0,061	-0,001	-0,175	-0,038	-0,143	-0,149
Evaporação	0,106	-0,109	0,100	-0,204	0,242	0,164

Analisando a tabela acima percebe-se que a variável temperatura apresenta valores positivos para os casos de AT, IAM, AVC e DCV, ou seja, mostra uma correlação diretamente proporcional, no entanto, apresenta uma correlação negativa para os casos de HP e IC. A variável de umidade tem correlação negativa com os casos de IAM, AVC e DCV.

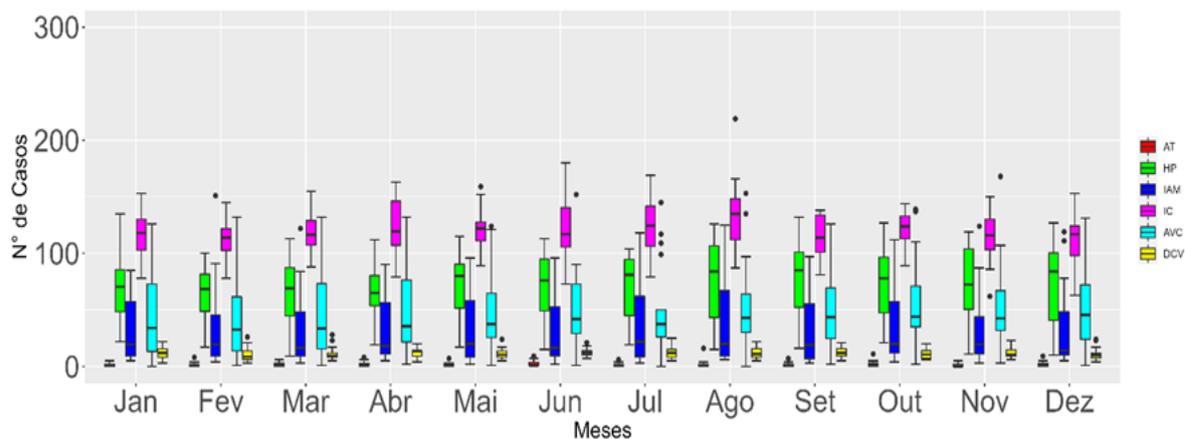
Por outro lado, as variáveis de pressão e insolação apresentam valores positivos para os casos de IAM, AVC e DCV, já a variável velocidade do vento só se correlaciona de forma positiva com os casos de IAM. A variável precipitação tem ligação indiretamente com os casos de IAM, AVC e DCV, em contrapartida a evaporação apresenta correlação positiva com os casos de AVC e DCV, enquanto, com os casos de IC mostram uma correlação negativa.

Resultado semelhante foi encontrado no estudo de Spencer et al. (1998), Empana et al. (2009), Zeng et al. (2017) e Marti-Soler (2019), no qual observou-se que os casos de internações hospitalares e a mortalidade por doenças cardíacas ocorreram mais no inverno.

Figura 12: Distribuição anual (a) e mensal (b) dos casos de internação por doenças cardiovasculares em Teresina



(a)



(b)

O município de Teresina apresentou uma enorme tendência nos casos de IC entre os anos de 1998 a 2013, seguindo com o crescimento da morbidade HP entre os anos de 1998 a 2009, e após isso, a doença que mostrou crescimento foi o AVC. Entretanto, a Figura 12b mostrou uma variabilidade entre os casos de IC, IAM, HP, AVC, com aumentos e baixas nas quantidades de internações. A partir desses dados, elaborou-se a Tabela 12 para a verificação da correlação da influência delas.

Tabela 12: Matriz de correlação entre as morbidades e as variáveis meteorológicas para a cidade de Teresina

	Casos At	Casos HP	Casos IAM	Casos IC	Casos AVC	Outras DCV
Tmed	0,079	0,008	0,102	-0,032	0,135	-0,027
Tmáx	0,122	-0,035	0,189	-0,066	0,226	-0,065
Tmín	-0,041	0,074	-0,092	-0,064	-0,086	-0,020
UR	-0,038	-0,047	-0,084	-0,001	-0,113	-0,037
Pressão	0,194	-0,030	0,183	0,062	0,207	-0,081
Insolação	0,079	0,089	0,066	0,109	0,088	0,009
Velocidade Do vento	-0,131	0,294	-0,263	0,219	-0,231	0,131
Precipitação	-0,072	-0,050	-0,057	-0,066	-0,062	-0,054
Evaporação	0,019	0,075	0,087	-0,099	0,157	-0,075

Observando a tabela acima, a variável temperatura apresenta correlação positiva com IAM e AVC, a variável pressão apresenta valores positivos para os casos de AT, IAM e AVC, já a variável velocidade do vento mostra uma correlação positiva para os casos de HP, IC, enquanto, para os casos de IAM e AVC apresenta valores negativos e a variável de evaporação só se correlaciona positivamente com os casos de AVC. Em um estudo de Spencer et al. (1998), Empana et al. (2009), Zeng et al. (2017) e Marti-Soler (2019), o mesmo resultado foi observado na variável temperatura mínima, pois as internações e óbitos por doenças cardíacas foram mais frequentes no inverno.

Portanto, na análise comparativa entre capitais, a análise boxplot mensal e anual mostrou que as cidades de Recife e Fortaleza tiveram casos de internações significativamente maiores por acidente vascular cerebral, insuficiência cardíaca e infarto do miocárdio em temperaturas extremas altas e baixas, enquanto, as capitais São Luís e Teresina tiveram mais casos no inverno. A capital de Salvador mostrou uma correlação positiva significativa entre todas as DCV e a pressão atmosférica, tendo altos casos de internações hospitalares. No entanto, as capitais Maceió, João Pessoa, Natal e Aracaju são cidades que pontuaram significativamente no número de casos de internações por DCV de leves a moderados.

CONCLUSÕES

A influência das variáveis meteorológicas nas doenças cardiovasculares no Nordeste do Brasil é A influência das variáveis meteorológicas sobre as doenças cardiovasculares no Nordeste do Brasil é um tema de grande relevância, pois as regiões enfrentam condições climáticas que podem afetar a saúde cardiovascular da população. um tema de grande relevância, pois as regiões enfrentam condições climáticas que podem afetar a saúde cardiovascular da população.

Com base na análise dos dados e informações disponíveis, pode-se concluir que através das análises estatísticas de Pearson que há correlação entre as variáveis climáticas e internações por doenças cardiovasculares. As correlações identificadas com esses fatores meteorológicos indicaram uma correlação fraca a moderada com as internações por DCV e mostraram que a temperatura (máxima, média, mínima) e a umidade relativa têm maior influência no comportamento desta doença. No entanto, existem algumas outras variáveis que interferem nas DCV. Pode-se concluir também que as cidades mais associadas ao calor e ao frio elevados são Recife e Fortaleza, no inverno é Teresina e São Luis com a menor temperatura, e no verão é João Pessoa com a maior temperatura e com a pressão atmosférica Salvador.

Além disso, a análise das distribuições mensais e anuais mostrou que as doenças com maiores e menores taxas de incidência na maioria das capitais foram IC, IAM, AVC. Entretanto, o clima como fator ambiental somado a outros fatores de risco como hábitos alimentares (dieta e obesidade), estilo de vida (sedentarismo, exercícios físicos, tabagismo), podem contribuir no desencadeamento das morbidades e influenciar no agravamento delas. Logo, alguns fatores contribuem para a influência das variáveis meteorológicas sobre esses casos de internações, como:

1. **Impacto da Temperatura e Umidade:** O clima quente e úmido do Nordeste pode ter um impacto significativo nas doenças cardiovasculares. Altas temperaturas e umidade podem aumentar o estresse térmico, levando a um maior risco de eventos cardiovasculares, como infarto do miocárdio e acidente vascular cerebral.
2. **Sazonalidade:** É possível observar uma relação sazonal entre as variáveis meteorológicas e as doenças cardiovasculares. Durante as estações mais quentes e úmidas, há um aumento na incidência de eventos cardiovasculares, possivelmente devido à sobrecarga no sistema cardiovascular devido ao calor.

3. **Prevenção e Adaptação:** Considerando a influência do clima na saúde cardiovascular, medidas preventivas e estratégias de adaptação são fundamentais. Isso inclui a educação pública sobre a importância da hidratação, moderação na atividade física durante os períodos mais quentes e o uso de roupas adequadas.
4. **Monitoramento Contínuo:** O monitoramento constante das condições meteorológicas e a análise de dados de saúde podem ajudar na identificação de padrões e tendências. Isso permite a implementação de estratégias de saúde pública direcionadas para reduzir o impacto das variáveis meteorológicas sobre as doenças cardiovasculares.
5. **Atenção a Grupos de Risco:** Certos grupos, como idosos e pessoas com condições médicas pré-existentes, podem ser mais vulneráveis aos efeitos adversos do clima. Portanto, é crucial que eles recebam atenção especial e cuidados preventivos durante os períodos climáticos mais desafiadores.
6. **Pesquisa Contínua:** Para entender completamente a relação entre as variáveis meteorológicas e as doenças cardiovasculares no Nordeste do Brasil, é importante continuar realizando pesquisas e estudos epidemiológicos. Isso ajudará a aprofundar nosso conhecimento e desenvolver estratégias mais eficazes de prevenção e tratamento.

Em conclusão, as variáveis meteorológicas desempenharam um papel significativo nas doenças cardiovasculares na região do Nordeste do Brasil. A compreensão desses efeitos e a implementação de medidas de prevenção e adaptação são essenciais para proteger a saúde cardiovascular da população, especialmente em face das mudanças climáticas em curso. Além disso, a pesquisa contínua nessa área é fundamental para aprimorar nossos esforços na gestão e prevenção dessas condições de saúde.

REFERÊNCIAS

- ALAHMAD, B., KHRAISHAH, H., SHAKARCHI, A. F., ALBAGHDADI, M., RAJAGOPALAN, S., KOUTRAKIS, P., & JAFFER, F. A. Cardiovascular mortality and exposure to heat in an inherently hot region: Implications for climate change. *Circulation*, v. 141, n. 15, p. 1271-1273, 2020.
- ARAUJO, R. R. Thermal Comfort Conditions and Health Risks to São Luís (Ma) Urban Population. *Journal of Geospatial Modelling*, v. 2, n. 4, p. 54-61, 2018.
- BAAGHIDEH, M., & MAYVANEH, F. Climate change and simulation of cardiovascular disease mortality: A case study of Mashhad, Iran. *Iranian journal of public health*, v. 46, n. 3, p. 396, 2017.
- BARCLAY, T. Cardiovascular System. Innerbody research, 2020.
- BASU, R; OSTRO, B.D; A Multicounty Analysis Identifying the Populations Vulnerable to Mortality Associated with High Ambient Temperature in California. *American Journal of Epidemiology*.; v. 168, n6, p.632-7. Sep 15. 2008.
- BUNDESEN, H. N., & Falk, I. S. Low temperature, high barometer and sudden death. *Journal of the American Medical Association*, v. 87, n. 24, p. 1987-1989, 1926.
- BOY, N. Influência das variáveis meteorológicas nos óbitos por doenças cardiovasculares no município do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. 2018.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise de Situação de Saúde. Plano de ações estratégicas para o enfrentamento das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) no Brasil 2011-2022 – Brasília, 2011.
- CHENG, X.; SU, H. Effects of climatic temperature stress on cardiovascular diseases. *European Journal of Internal Medicine*, v. 21, n. 3, p. 164-167, 2010.
- CAVALCANTE, J. C. Mortalidade em menores de um ano: utilização de novos indicadores para avaliação. Dissertação de mestrado em Saúde da criança, Centro de Ciências da Saúde. Departamento de Tocoginecologia. Universidade Federal de Alagoas. 2003.

COSTELLO, A., ABBAS, M., ALLEN, A., BALL, S., BELL, S., BELLAMY, R., & LEE, M. Managing the health effects of climate change: lancet and University College London Institute for Global Health Commission. *The Lancet*, v. 373, n. 9676, p. 1693-1733, 2009.

DE BLOIS, J., KJELLSTROM, T., AGEWALL, S., EZEKOWITZ, J. A., ARMSTRONG, P. W., & ATAR, D. The effects of climate change on cardiac health. *Cardiology*, v. 131, n. 4, p. 209-217, 2015.

DE JESUS, E. F. R. Interface entre a Climatologia e a Epidemiologia: uma abordagem geográfica. *GeoTextos*, v. 6, n. 2, 2010.

EMPANA, J. P., SAUVAL, P., DUCIMETIERE, P., TAFFLET, M., CARLI, P., & JOUVEN, X. Increase in out-of-hospital cardiac arrest attended by the medical mobile intensive care units, but not myocardial infarction, during the 2003 heat wave in Paris, France. *Critical care medicine*, v. 37, n. 12, p. 3079-3084, 2009.

FERREIRA, L. D. C. M., NOGUEIRA, M. C., DE BRITTO PEREIRA, R. V., DE FARIAS, W. C. M., DE SOUZA RODRIGUES, M. M., TEIXEIRA, M. T. B., & CARVALHO, M. S. Ambient temperature and mortality due to acute myocardial infarction in Brazil: an ecological study of time-series analyses. *Scientific reports*, v. 9, n. 1, p. 1-10, 2019.

GUO, Y., GASPARRINI, A., LI, S., SERA, F., VICEDO-CABRERA, A. M., COELHO, M. D. S. Z. S., ... & OVERCENCO, A. Quantifying excess deaths related to heatwaves under climate change scenarios: A multicountry time series modelling study. *PLoS medicine*, v. 15, n. 7, p. e1002629, 2018.

HAINES, A., MCMICHAEL, A. J., SMITH, K. R., ROBERTS, I., WOODCOCK, J., MARKANDYA, A. & BRUCE, N. Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: overview and implications for policy makers. *The Lancet*, v. 374, n. 9707, p. 2104-2114, 2009.

HUANG, C., BARNETT, A. G., WANG, X., & TONG, S. Effects of extreme temperatures on years of life lost for cardiovascular deaths: a time series study in Brisbane, Australia. *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*, v. 5, n. 5, p. 609-614, 2012.

KOKEN, P. J., PIVER, W. T., YE, F., ELIXHAUSER, A., OLSEN, L. M., & PORTIER, C. J. Temperature, air pollution, and hospitalization for cardiovascular diseases among elderly people in Denver. *Environmental health perspectives*, v. 111, n. 10, p. 1312-1317, 2003.

KURZ, A. Physiology of thermoregulation. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, v. 22, n. 4, p. 627-644, 2008.

LIN, S., LUO, M., WALKER, R. J., LIU, X., HWANG, S. A., & CHINERY, R. Extreme High Temperatures and Hospital Admissions for Respiratory and Cardiovascular Diseases. *Epidemiology*. V. 20, N. 5, September, 2009.

MARTI-SOLER, H., GONSETH, S., GUBELMANN, C., STRINGHINI, S., BOVET, P., CHEN, P. C., ... & MARQUES-VIDAL, P. Seasonal variation of overall and cardiovascular mortality: a study in 19 countries from different geographic locations. *PLoS One*, v. 9, n. 11, 2014.

NATAL, E. F. Análise da influência das variáveis climáticas na mortalidade por doenças do aparelho circulatório no Distrito Federal, 2015.

NETTER, F. H. Atlas de Anatomia Humana. 2ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

NO BRASIL, M. D. C. Modelagem Climática e Vulnerabilidades Setoriais à Mudança do Clima no Brasil / Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016.

OPAS. Organização Pan-Americana de Saúde. Organização Mundial da Saúde. Doenças Cardiovasculares – OPAS/OMS Brasil. Brasília, 2017.

PARRY, M., GREEN, D., ZHANG, Y., & HAYEN, A. Does Particulate Matter Modify the Short-Term Association between Heat Waves and Hospital Admissions for Cardiovascular Diseases in Greater Sydney, Australia?. *International journal of environmental research and public health*, v. 16, n. 18, p. 3270, 2019.

PIERIN, A. M. G., FLÓRIDO, C. F., & SANTOS, J. D. Hypertensive crisis: clinical characteristics of patients with hypertensive urgency, emergency and pseudocrisis at a public emergency department. *Einstein (São Paulo)*, v. 17, n. 4, 2019.

PITTON, S. E. C., & DOMINGOS, A. É. Tempo e doenças: efeitos dos parâmetros climáticos nas crises hipertensivas nos moradores de Santa Gertrudes–SP. *Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia*, v. 2, n. 1, p. 75-86, 2004.

POURSHAIKHIAN, M., MOGHADAMNIA, M. T., YEKANINEJAD, M. S., GHANBARI, A., & RASHTI, A. S. The effects of meteorological variables on ambulance attendance for cardiovascular diseases in Rasht, Iran. *Journal of thermal biology*, v. 83, p. 150-156, 2019.

R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2014.

SÁEZ, M., SUNYER, J., CASTELLSAGUE, J., MURILLO, C., & ANTO, J. M. Relationship between weather temperature and mortality: a time series analysis approach in Barcelona. *International Journal of Epidemiology*, v. 24, n. 3, p. 576-582, 1995.

SERRANO Jr, C.V.; TIMERMAN, A.; STEFANINI, E. *Tratado de cardiologia SOCESP – 2. ed.* São Paulo: Manole, 2835 p., 2009.

SPENCER, F. A., GOLDBERG, R. J., BECKER, R. C., & GORE, J. M. Seasonal distribution of acute myocardial infarction in the second National Registry of Myocardial Infarction. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 31, n. 6, p. 1226-1233, 1998.

STEWART, S., MCINTYRE, K., CAPEWELL, S., & MCMURRAY, J. J. Heart failure in a cold climate: Seasonal variation in heart failure-related morbidity and mortality. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 39, n. 5, p. 760-766, 2002.

SANTURTÚN, A., ALMENDRA, R., FDEZ-ARROYABE, P., SANCHEZ-LORENZO, A., ROYÉ, D., ZARRABEITIA, M. T., & SANTANA, P. Predictive value of three thermal comfort indices in low temperatures on cardiovascular morbidity in the Iberian Peninsula. *Science of The Total Environment*, p. 138969, 2020.

SOUSA, T. C. M. D., AMANCIO, F., HACON, S. D. S., & BARCELLOS, C. Doenças sensíveis ao clima no Brasil e no mundo: revisão sistemática. *Revista Panamericana de Salud Pública*, v. 42, p. e85, 2018.

TORTORA, G. J. *Corpo humano: fundamentos de anatomia e fisiologia – 10. ed.* – Porto Alegre: Artmed, 2017.

XAVIER, J. M. V. Influência das variáveis meteorológicas nas morbidades respiratórias prevalentes em crianças hospitalizadas no município de Campina Grande (PB). Tese Doutorado em Recursos Naturais – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2019.

ZENG, J., ZHANG, X., YANG, J., BAO, J., XIANG, H., DEAR, K., ... & HUANG, C. Humidity may modify the relationship between temperature and cardiovascular mortality in Zhejiang Province, China. *International journal of environmental research and public health*, v. 14, n. 11, p. 1383, 2017.