

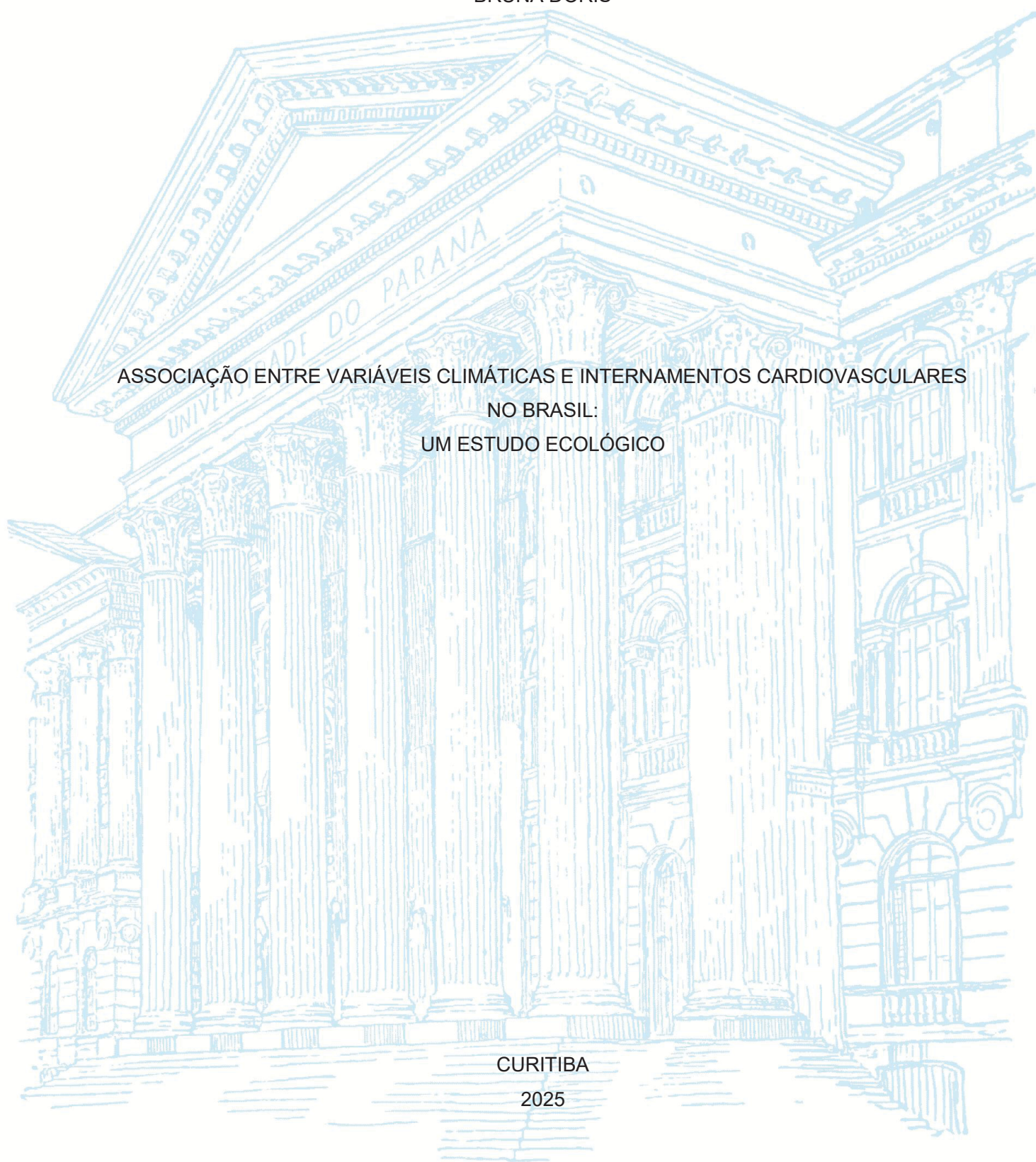
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRUNA DÓRIS

ASSOCIAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E INTERNAMENTOS CARDIOVASCULARES
NO BRASIL:
UM ESTUDO ECOLÓGICO

CURITIBA
2025

BRUNA DÓRIS



ASSOCIAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E INTERNAMENTOS CARDIOVASCULARES
NO BRASIL:
UM ESTUDO ECOLÓGICO

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Medicina interna e ciências da saúde, Setor de Clínica Médica, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Lenci Marques

CURITIBA
2025

D699 Dóris, Bruna

Associação entre variáveis climáticas e internamentos cardiovasculares no Brasil: um estudo ecológico [recurso eletrônico] / Bruna Dóris. – Curitiba, 2025.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação Medicina Interna e Ciências da Saúde, 2025.

Orientador: Gustavo Lenci Marques.

Bibliografia: p. 26-29.

1. Infarto do miocárdio. 2. Doenças cardiovasculares. 3. Conceitos meteorológicos. 4. Temperatura. 5. Hospitalização. 6. Meio ambiente. 7. Fatores de risco de doenças cardíacas. I. Universidade Federal do Paraná. II. Marques, Gustavo Lenci. III. Título.

NLMC: WG 210

Catálogo na fonte elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UFPR, Biblioteca de Ciências da Saúde – SD, com os dados fornecidos pelo autor.
Bibliotecário: Francisco José Cordeiro CRB9/1734.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MEDICINA INTERNA E
CIÊNCIAS DA SAÚDE - 40001016012P1

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação MEDICINA INTERNA E CIÊNCIAS DA SAÚDE da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **BRUNA DÓRIS** intitulada: **Associação entre variáveis climáticas e internamentos cardiovasculares no Brasil:**

Um Estudo Ecológico, sob orientação do Prof. Dr. GUSTAVO LENCI MARQUES, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

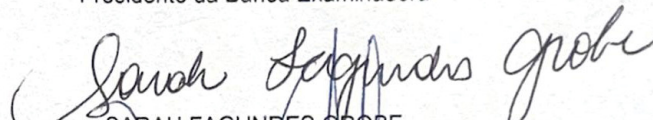
A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 14 de Fevereiro de 2025.



GUSTAVO LENCI MARQUES

Presidente da Banca Examinadora



SARAH FAGUNDES GROBE

Avaliador Externo (PIONTIFICIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUC/PR)



MAURICIO DE CARVALHO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

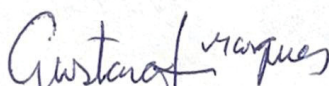
ATA Nº03/2025

ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE MESTRADO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRA EM MEDICINA INTERNA E CIÊNCIAS DA SAÚDE

No dia quatorze de fevereiro de dois mil e vinte e cinco às 07:30 horas, na sala Auditorio 11 Andar - Departamento de Clínica Médica, Departamento de Clínica Médica, foram instaladas as atividades pertinentes ao rito de defesa de dissertação da mestranda **BRUNA DÓRIS**, intitulada: **Associação entre variáveis climáticas e internamentos cardiovasculares no Brasil:**

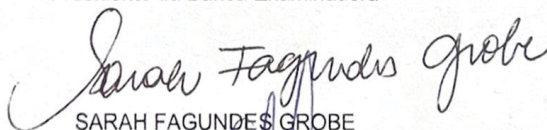
Um Estudo Ecológico, sob orientação do Prof. Dr. GUSTAVO LENCI MARQUES. A Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação MEDICINA INTERNA E CIÊNCIAS DA SAÚDE da Universidade Federal do Paraná, foi constituída pelos seguintes Membros: GUSTAVO LENCI MARQUES (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ), SARAH FAGUNDES GROBE (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUC/PR), MAURICIO DE CARVALHO (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ). A presidência iniciou os ritos definidos pelo Colegiado do Programa e, após exarados os pareceres dos membros do comitê examinador e da respectiva contra argumentação, ocorreu a leitura do parecer final da banca examinadora, que decidiu pela APROVAÇÃO. Este resultado deverá ser homologado pelo Colegiado do programa, mediante o atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca dentro dos prazos regimentais definidos pelo programa. A outorga de título de mestra está condicionada ao atendimento de todos os requisitos e prazos determinados no regimento do Programa de Pós-Graduação. Nada mais havendo a tratar a presidência deu por encerrada a sessão, da qual eu, GUSTAVO LENCI MARQUES, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos demais membros da Comissão Examinadora.

Curitiba, 14 de Fevereiro de 2025.



GUSTAVO LENCI MARQUES

Presidente da Banca Examinadora



SARAH FAGUNDES GROBE

Avaliador Externo (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUC/PR)



MAURICIO DE CARVALHO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, ao meu marido Felipe e à minha família, que são a minha fonte inesgotável de energia e motivação. Também quero expressar minha profunda gratidão ao meu primo e amigo Pedro, cujas habilidades em computação foram fundamentais para a extração dos dados deste trabalho. Além disso, agradeço ao meu orientador, que me deu a oportunidade de desenvolver este projeto e me apoiou, mesmo nos momentos mais desafiadores.

RESUMO

Doença cardiovascular é a principal causa de morte no mundo e fatores externos, como a temperatura ambiente, podem predispor eventos cardiovasculares. O Brasil, país de dimensões continentais e diferentes climas no mesmo território, não possui um estudo recente com dados atualizados e de todos os estados brasileiros que compare a incidência de internação cardiovascular com os dados climáticos. Este dado é de suma importância por ter potencial de promover medidas de prevenção cardiovascular e otimização de gastos públicos. Desta forma, o objetivo do presente trabalho é descrever a incidência de eventos cardiovasculares conforme a classificação CID-10, dentre elas: Infarto agudo do miocárdio, acidente vascular cerebral e insuficiência cardíaca, bem como relacionar a incidência destas doenças com dados climáticos. Os dados foram obtidos pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no período de 2010 a 2024. Registramos um total de 2.917.900 internações no Brasil por doenças cardiovasculares nas 103 cidades em que os dados climáticos estão disponibilizados de forma completa. Todas as capitais do país foram abrangidas no trabalho. A incidência para cada 100.000 habitantes variou de 0.007 no estado do Maranhão a 0.023 no estado do Rio Grande do Sul. No Brasil, observamos menor risco relativo de internação hospitalar por motivo cardiovascular quanto maior a temperatura ambiente, sendo a faixa de até 19 graus celsius com maior risco. Não houve diferença entre as regiões de clima temperado e tropical. Este trabalho mostra uma associação entre temperaturas menores de 19 graus celsius e eventos cardiovasculares e ressalta a importância de medidas públicas para prevenção de eventos cardiovasculares em períodos de menor temperatura no ano.

Palavras-chave: Infarto agudo do miocárdio. Doença cardiovascular. Temperatura ambiente. Internamento cardiovascular

ABSTRACT

Cardiovascular disease is the leading cause of death worldwide, and external factors such as ambient temperature can predispose cardiovascular events. Brazil, a country with continental dimensions and diverse climates within the same territory, lacks a recent study with updated data from all Brazilian states comparing cardiovascular hospitalization incidence with climatic data. This data is of paramount importance as it has the potential to promote cardiovascular prevention measures and optimize public spending. Therefore, the objective of this study is to describe the incidence of cardiovascular events according to the CID-10 classification, including acute myocardial infarction, stroke, and heart failure, as well as relate the incidence of these diseases to climatic data. Data were obtained from the Department of Informatics of the Unified Health System (DATASUS) and the National Meteorology Institute (INMET) from 2010 to 2024. We recorded a total of 2,917,900 hospitalizations for cardiovascular diseases in Brazil in the 103 cities where complete climatic data are available. All state capitals were included in the study. The incidence per 100,000 inhabitants ranged from 0.007 in the state of Maranhão to 0.023 in the state of Rio Grande do Sul. In Brazil, we observed a lower relative risk of hospitalization for cardiovascular reasons when the ambient temperature was higher, with the temperature range up to 19°C having the highest risk. There was no difference between temperate and tropical climate regions. This study shows an association between temperatures below 19°C and cardiovascular events and highlights the importance of public measures for cardiovascular event prevention during periods of lower temperature throughout the year.

Keywords: Acute Myocardial Infarction. Cardiovascular disease. Ambient temperature. Cardiovascular hospitalization

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01. Risco relativo de internação por doenças cardiovasculares de acordo com a temperatura média diária	21
Gráfico 02 Risco relativo de internações cardiovasculares comparando regiões de clima temperado e clima tropical	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Fluxograma da coleta de dados do DATASUS.	19
Figura 02. Mapa do Brasil da Incidência de internamentos.....	20
Figura 03. Comparação entre os mapas do clima e incidência de internação	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Lista de cidades abrangidas no trabalho com incidência estadual.	29
Tabela 02. Dados da região Sul	34
Tabela 03. Dados da região Sudeste	35
Tabela 04. Dados da região Centro-Oeste.....	37
Tabela 05. Dados da região Norte	38
Tabela 06. Dados da região Nordeste	39

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	JUSTIFICATIVA	14
2.	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Objetivos específicos	14
3	REFERENCIAIS TEÓRICOS	15
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	17
5	RESULTADOS	18
6	DISCUSSÃO	22
7	CONCLUSÃO.....	26
8	REFERÊNCIAS	26
9	MATERIAL SUPLEMENTAR	29

1. INTRODUÇÃO

Doença cardiovascular é a principal causa de morte no Brasil e no mundo, sendo que sua prevalência vem crescendo nas últimas décadas devido ao envelhecimento da população (1–3). Sabe-se que fatores externos podem ter influência sobre o sistema cardiovascular, tais como: níveis de poluição, estresse e clima. Este último tem sido amplamente estudado, sendo esperado que as taxas de mortalidade cardiovascular variem conforme a estação do ano e as temperaturas diárias. Os trabalhos publicados sobre o tema são discrepantes, alguns mostram maior risco associado a ondas de calor (4–6), outros mostram maior risco com a exposição a temperaturas menores (7–12).

A evidência é muito maior para a segunda linha de estudos. Sabe-se que a exposição a temperaturas menores induz uma hiperatividade simpática que aumenta o trabalho cardíaco. Ainda, observa-se maior ativação plaquetária e hemoconcentração, que acarreta maior risco de aterotrombose (7,10,13,14). Estudos mostram que esses efeitos podem durar até 4 semanas após a exposição ao frio (8,10).

Nesse contexto, pesquisadores realizaram um estudo ecológico na Alemanha em que foram comparadas as taxas diárias de infarto agudo do miocárdio (IAM) no período de 1987–2014 com a temperatura média ambiente. Nos 28 anos de observação, temperaturas menores do que 18,4°C tiveram um maior risco relativo de IAM (15). Gerber e colaboradores analisaram dados do período de 1979 a 2002 do estado norte americano de Minnesota e os resultados mostraram uma variação sazonal para morte súbita de origem cardíaca com pico no inverno e vale no verão (9). Outro estudo retrospectivo norte-americano demonstrou que no inverno não somente as taxas de infarto são maiores, como a extensão e gravidade desses eventos também (16). No Japão pesquisadores associaram temperaturas menores com maior risco de internamento de motivos cardiovasculares, principalmente em pessoas idosas (17). Há outra linha de pesquisa que aponta que a curva que relaciona mortalidade cardiovascular e temperatura ambiente seja em formato de “U”, sendo a faixa de temperatura entre 15 e 25°C aquela de menor taxa de óbitos (8,12,18,19).

Em um país com proporções continentais como o Brasil, pode ser difícil fazer essa correlação. Um trabalho brasileiro publicado em 2019 avaliou as temperaturas diárias e a mortalidade por infarto de 6 capitais (de região, clima e condições socioeconômicas diferentes) no período de 1996 a 2013. Os autores encontraram resultados semelhantes aos estudos internacionais, onde as taxas de IAM foram maiores no inverno de localizações com maior amplitude térmica. Nas cidades mais próximas da linha do Equador, a mortalidade por IAM não apresentou relação com a temperatura (12). Outro estudo nacional envolvendo capitais de regiões distintas mostrou que o risco de admissão hospitalar por motivo cardiovascular foi menor no verão (6). Apesar de serem estudos de grande impacto, o primeiro envolveu apenas mortalidade por IAM em capitais e o segundo avaliou somente períodos de maior temperatura.

1.1 JUSTIFICATIVA

Um dado nacional atualizado que relacione as médias diárias de temperatura com eventos cardiovasculares é de suma importância. Essa informação tem potencial de repercussão clínica a nível epidemiológico e populacional, uma vez que podemos promover medidas de prevenção cardiovascular e gerenciar gastos públicos de forma mais assertiva conforme a estação do ano.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Os dados que correlacionam temperatura e doenças cardiovasculares em literatura internacional são discrepantes. Podemos extrapolar essas informações para o Brasil com suas dimensões continentais e diferentes climas entre suas regiões? Ainda, os dados nacionais que correlacionam esses fatores estão desatualizados ou analisam apenas poucas regiões ou capitais. Um dado nacional atualizado seria de grande valia para a prática médica individual e populacional para prevenção de morbimortalidade cardiovasculares.

2. OBJETIVOS

O objetivo do trabalho é buscar uma associação entre admissões hospitalares por motivo cardiovascular com a temperatura média ambiente diária.

2.1 Objetivo geral

Descrever a incidência de eventos cardiovasculares conforme a classificação CID-10 (Classificação Internacional de Doenças) no período de 2010 a 2024 no Brasil:

- Infarto agudo do miocárdio (CID-10: i21, i22)
- Outras doenças isquêmicas do coração (CID-10: i20, i23-i25)
- Transtornos de condução e arritmias cardíacas (CID-10: i44-i49)
- Insuficiência cardíaca (CID-10: i50)
- Infarto cerebral (CID-10: i63)
- Acidente vascular cerebral (CID-10: i64)

2.2 Objetivos específicos

- Relacionar a incidência destas doenças cardiovasculares com os dados climáticos no período proposto.
- Comparar os dados entre as regiões de clima temperado e clima tropical.

3 REFERENCIAIS TEÓRICOS

O aquecimento global é um problema de saúde pública internacional preocupante e vem sendo amplamente discutido nas últimas décadas (20,21). O fenômeno corresponde ao aquecimento da superfície terrestre ocasionado pela queima de combustível fóssil, o que aumenta os níveis de gases de efeito estufa que retêm o calor na atmosfera da Terra. Isso tem sido observado desde o período pré-industrial (entre os anos de 1850 e 1900), mas tem se intensificado ano após ano (22).

A temperatura da superfície do planeta apresentou um aumento de 0.08°C por década desde 1880, porém, essa taxa mais do que duplicou desde 1981, sendo que atualmente encontra-se em um aumento de 0.18°C por década. Na América do Sul, nove entre os dez anos mais quentes ocorreram desde 2012. O grande problema relacionado ao aquecimento global é a desordem climática provocada por ele, com ondas de frio e de calor imprevisíveis que já têm sido observadas em todos os continentes (22,23).

Em 2020 as emissões de dióxido de carbono apresentaram uma queda atribuída pelos cientistas à pandemia de COVID-19. No entanto isso gerou um efeito rebote e em 2022 os níveis de emissão de gases do efeito estufa foram as mais altas já registradas. Ainda, o ano de 2022 foi o quinto ano com maior temperatura global desde o início dos registros (20,22).

Mudanças climáticas e poluição estão diretamente relacionadas com diversas patologias, principalmente doenças cardiovasculares (8,14,21,24,25). As doenças cardiovasculares englobam qualquer patologia que envolve o coração e os vasos sanguíneos, tais como: doença arterial coronariana, doença cerebrovascular, cardiopatia hipertensiva, cardiomiopatia, miocardite, fibrilação e flutter atrial, doença vascular periférica, cardiopatia reumática e endocardite (1,26). De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), a principal causa de óbito no mundo é a doença cardiovascular, sendo responsável por 17,9 milhões de óbitos em 2019 (26).

As doenças cardiovasculares não somente são a maior causa de óbito no mundo, como também sua incidência tem aumentado nos últimos anos. Ainda, correspondem a importante causa de morbidade (1,2,24). No Brasil estima-se que a prevalência de doença cardiovascular seja de 6,1% na população, sendo as principais causas de morte desde 1990: acidente vascular cerebral (AVC) e infarto agudo do miocárdio (1). Excepcionalmente durante a pandemia de COVID19 no Brasil, a mortalidade por COVID superou a mortalidade por doenças cardiovasculares (2).

Apesar de o AVC ser uma das principais causas de óbito no país, as taxas de mortalidade de AVC padronizadas por idade apresentaram uma diminuição desde 2009, chegando a 31,7 a cada 100.000 habitantes em 2021. Isso pode ser atribuído a uma melhor assistência de saúde. No entanto, ainda é uma doença que gera importante morbidade e custo à população: a prevalência de incapacidade por AVC no Brasil encontrada em 2013 é em torno de 29,5% para homens e 21,5% para mulheres (1,2).

Quanto à doença arterial coronariana (DAC), em 2019 foram registradas 171.246 mortes atribuídas a DAC no Brasil, o que corresponde a 43% de todas as mortes por doença

cardiovascular e 12% do total de mortes no país. Apesar de também ter sido observada uma redução na taxa de mortalidade ajustada por idade no período de 1990 a 2019, o número de hospitalizações por IAM no sistema público aumentou em 54% e o número de angioplastias coronarianas primárias aumentaram em 31% (1). Durante a pandemia houve uma mudança substancial da epidemiologia de DAC no Brasil: enquanto as internações caíram 12,8%, a mortalidade hospitalar e domiciliar por doença coronariana aumentaram (2).

A doença cardiovascular responsável pela maior parte dos custos relacionados às hospitalizações clínicas foi a insuficiência cardíaca (IC). Entre os anos de 2008 e 2019 foram contabilizadas 2.085.359 hospitalizações por IC no país, e, apesar de ter sofrido redução uniforme ao longo do período, os gastos públicos aumentaram em quase 32%, chegando a R\$359.301.691,00 (1).

O impacto de saúde e financeiro das doenças cardiovasculares é inegável. Sabe-se que fatores externos não modificáveis como a temperatura ambiente podem influenciar sobre o sistema cardiovascular e com isso desencadear ou proteger de eventos cardiovasculares. Com as mudanças climáticas atuais, este tópico de estudo é crucial para formulação de estratégias de prevenção dos efeitos climáticos (8,12,27,28).

Alguns estudos mostram que a temperatura elevada está relacionada com maior mortalidade cardiovascular. O mecanismo fisiológico ainda não é muito bem definido, mas acredita-se que a mudança de viscosidade sanguínea, desidratação, distúrbios hidroeletrólíticos e redução da perfusão cerebral sejam mecanismos plausíveis que podem justificar essa relação (8,13,19). As pessoas idosas possuem uma alteração no sistema de adaptação cardiovascular, tornando-as mais suscetíveis a eventos cardiovasculares com a exposição ao calor. Enquanto um adulto jovem tem a capacidade de aumentar o fluxo sanguíneo cutâneo (responsável pelo controle térmico) para até 5800ml/min, o idoso já parte de um débito cardíaco reduzido e menor capacidade de vasoconstrição renal e esplênica, chegando a um fluxo sanguíneo cutâneo de apenas 2700ml/min. Isso torna-se ainda mais preocupante quando consideramos o envelhecimento da população (29).

Trabalhos mostram evidência de relação entre mortalidade cardiovascular e temperaturas menores desde a década de 40 (19). Existem diversos mecanismos que podem explicar as alterações hemodinâmicas observadas sob a exposição ao frio, dentre eles: aumento do nível sérico de catecolaminas, secundário a ativação do termo receptor cutâneo, vasoconstrição periférica e consequente aumento da pressão arterial, aumento da frequência cardíaca e aumento do trabalho cardíaco. Ainda, observamos hemoconcentração devido a menor ingestão de líquidos no inverno. Acredita-se que um decréscimo de 10°C em temperatura leva ao aumento da contagem de plaquetas e de fibrinogênio (18).

Outros cientistas defendem que a curva que relaciona mortalidade cardiovascular e temperatura ambiente seja em formato de “U”, sendo a faixa de temperatura entre 15 e 25°C aquela de menor taxa de óbitos e eventos (8,12,14,18).

O maior estudo brasileiro que encontramos sobre o tema que relaciona doenças cardiovasculares e temperatura ambiente foi publicado em 2019 e analisou dados de 1996 a 2013.

Apesar de ser um trabalho grande, envolvendo as 5 regiões do país, os dados foram obtidos apenas de 6 capitais e avaliado somente as taxas de mortalidade por infarto (12).

A temperatura ambiente é um fator de risco não modificável e que, com o aquecimento global, tende a evoluir com instabilidade para extremos de temperatura. Neste contexto, o planejamento de medidas públicas para proteger a população é crucial (28).

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Trata-se de um estudo ecológico baseado na análise de grandes registros nacionais que possuem dados abertos para consulta pública. De acordo com a resolução CNS 510/2016, por se tratar de uma pesquisa que usou bases de informações de acesso público - nos termos da Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011 – cujas informações agregadas não possibilitam a identificação individual, não sendo necessário a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa/Comitê Nacional de Ética em Pesquisa.

Os dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) foram extraídos diretamente do sistema nacional por meio do sistema TabWin® para obtenção dos dados epidemiológicos. Para essa análise foram incluídas todas as taxas de hospitalização por município de residência no período de janeiro de 2010 a junho de 2024 para as condições dos seguintes códigos CID-10:

- Infarto agudo do miocárdio (CID-10: i21, i22)
- Outras doenças isquêmicas do coração (CID-10: i20, i23-i25)
- Transtornos de condução e arritmias cardíacas (CID-10: i44-i49)
- Insuficiência cardíaca (CID-10: i50)
- Infarto cerebral (CID-10: i63)
- Acidente vascular cerebral (CID-10: i64)

Também foram extraídos de forma automatizada os dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram obtidos os dados de todas as estações meteorológicas do Brasil de 2010 a junho de 2024 contemplando os dados de temperatura média hora a hora.

Todos os dados extraídos tiveram sua formatação nativa convertida em formato de *comma-separated values* (Valores separados por vírgula), gerando um arquivo no formato .csv, para melhor interpretação e análise na linguagem R.

Primeiramente, foi realizado o processamento, limpeza e categorização dos dados obtidos publicamente através do sistema meteorológico e Data SUS. As variáveis quantitativas foram verificadas a distribuição através de histogramas e testes de normalidade como Shapiro-Wilk e os resultados foram reportados utilizando média (\pm desvio padrão) caso a distribuição fosse normal, ou

mediana (mínimo – máximo) caso não fossem. Já para as variáveis qualitativas os valores de cada grupo foram expressos através de número absoluto (% porcentagem do total).

Com objetivo de modelar a interação entre temperatura e incidência de internamento nas diferentes cidades do Brasil, foi aplicado uma modelagem de dados baseada em duas etapas: 1) cada cidade individual e após 2) uma meta-análise agregando em regiões e do Brasil todo. O número de internamentos foi a variável dependente do modelo. Para cada dia foi agregado as internações, assim como a média de temperatura do dia. Só foram selecionadas cidades que apresentavam pelo menos um caso para cada dia entre o intervalo de tempo definido no projeto. Para a construção de um modelo não linear com efeito de lag, utilizamos o pacote *dlmn* versão 2.4.7 para R. Para a distribuição do efeito de lag, optamos por 7 dias de efeito acumulado, com 3 nós adicionados de maneira logarítmica. Já para modelar a média de temperatura, optamos por também utilizar uma modelagem de 3 nós, igualmente distribuídos entre a mínimo da temperatura da cidade e o máximo registrado. A distribuição das contagens de internamento foi tratada como um modelo de quasi-poisson por permitir uma maior flexibilidade da distribuição das contagens. Como resultado da primeira etapa, cada cidade teve sua temperatura mínima de internamento e temperatura máxima de internamento definida. Para a segunda etapa, coletamos os betas e a matriz de variância para cada cidade, e realizamos uma meta-análise utilizando o pacote *mvmeta* versão 1.0.3 também para R. O método de estimação selecionado foi REML. Uma vez estabelecido, realizamos novamente a análise da primeira etapa utilizando o modelo agregado, e estimativas para cada região e para o Brasil toda foi calculada.

Todas as análises estatísticas, construção de gráficos e tabelas foram realizadas no software estatístico JAMOVl versão 2.5.0 e R versão 4.0.0.

5 RESULTADOS

Foram registradas um total de 2.917.900 internações no Brasil por doenças cardiovasculares no período de janeiro de 2010 a junho de 2024 nas 103 cidades em que os dados climáticos estão disponibilizados de forma completa. O número total de internações no Brasil foi significativamente maior do que isso (cerca de 20.000.000 de hospitalizações por motivos cardiovasculares), porém estes dados foram excluídos pois nem todas as cidades brasileiras possuem dados climáticos completos (conforme figura 01). Ainda, as cidades em que o número de internamentos cardiovasculares no período analisado era menor do que o número de dias de observação também foram excluídas. Todas as capitais do país foram abrangidas no trabalho.

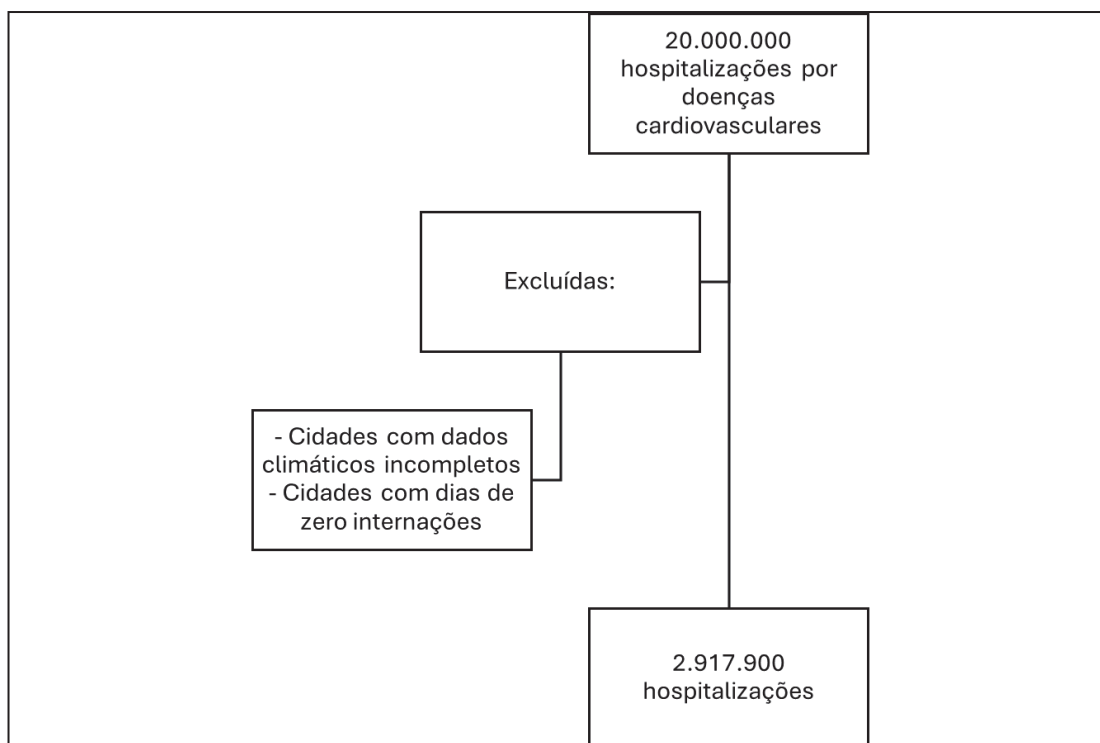


Figura 01. Fluxograma da coleta de dados do DATASUS. Fonte: O autor (2025)

Calculamos a incidência de hospitalizações cardiovasculares no período em cada estado, com base no número de internações e o número de habitantes do estado com base no registro atual do IBGE de 2024. A menor incidência foi na região Nordeste (0.007 no estado do Maranhão) e a maior foi na região sul (0.023 no estado do Rio Grande do Sul). A lista completa de incidência por estado pode ser acessada no material suplementar.

Mapeamos a incidência de internações por doenças cardiovasculares para cada 100.000 habitantes em cada estado brasileiro, conforme ilustrado em figura 02.

Incidência de internações hospitalares cardiovasculares para cada 100.000 habitantes

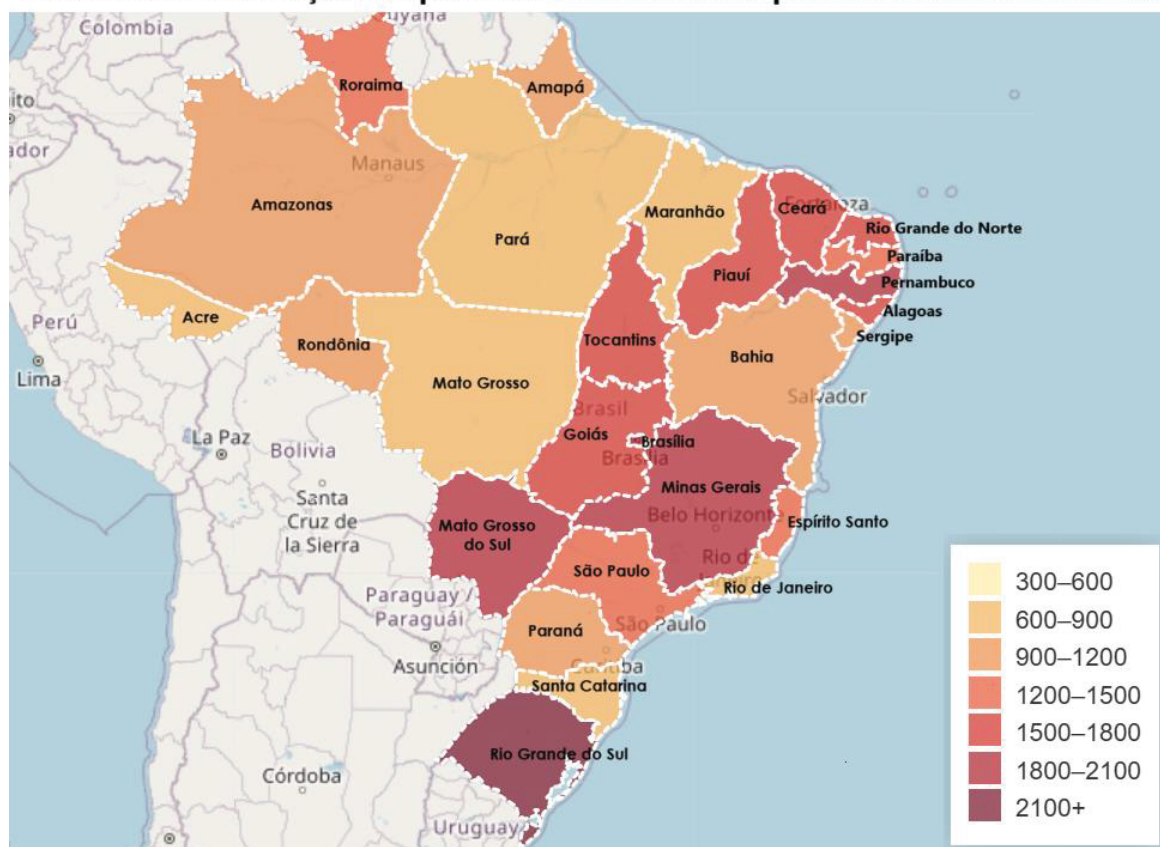


Figura 02. Mapa do Brasil da Incidência de internamentos por motivos cardiovasculares no período de 2010-2024 Fonte: O autor (2025).

Os dados foram colocados em um gráfico que compara a temperatura ambiente e o risco relativo de internamentos por doenças cardiovasculares, conforme gráfico 01.

Risco relativo de internação por doenças cardiovasculares de acordo com a temperatura ambiente

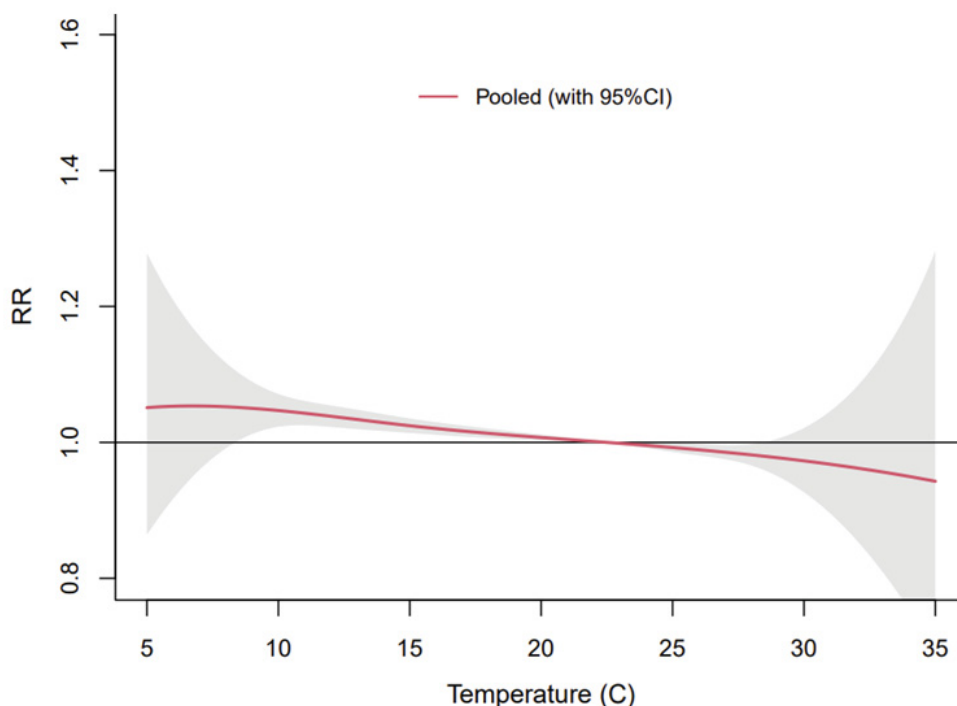


Gráfico 01. Risco relativo de internação por doenças cardiovasculares de acordo com a temperatura média diária no Brasil no período de 2010-2024. Fonte: O autor (2025).

Na menor faixa de temperatura (entre 5 e 8°C) houve uma tendência a maior incidência de internações. Como são poucas cidades brasileiras que atingem temperaturas mais baixas, o intervalo de confiança do risco relativo cruza a unidade. Nesta zona o risco relativo de internação é de 1,05, sendo que o intervalo de confiança reduz à medida que a temperatura aumenta (0,86-1,28 na temperatura de 5°C e de 0,99-1,12 na temperatura de 8°C).

Entre as temperaturas de 9 a 18°C observamos um risco relativo maior de internação hospitalar, sendo que quanto menor a temperatura, maior o risco: com 9 graus o risco relativo foi de 1,05 [1,01 – 1,09], com 14 graus de 1,03 [1,02 – 1,04] e com 18 graus de 1,01 [1,01 – 1,02].

De 19°C até 24°C observamos uma neutralidade em relação a incidência de internação e a temperatura ambiente. Alguns autores defendem uma faixa de temperatura ideal para o sistema cardiovascular, e de acordo com nosso trabalho, a partir desta temperatura poderia ser considerada a faixa de temperatura ideal no país.

A partir de 25 graus observamos uma tendência de efeito protetor do calor com relação às internações cardiovasculares. Quanto maior a temperatura, menor o risco relativo de internação: com 25 graus o risco é de 0,99 [0,99 – 1,0], com 30 graus de 0,97 [0,93 – 1,02] e com 35 graus de 0,94 [0,69 – 1,28]. Paralelamente aos extremos menores de temperatura, como são poucas as cidades com dados suficientes de temperatura maior que 25 graus, o intervalo de confiança cruzou a unidade.

Como o Brasil é um país de dimensões continentais e a maior parte dos trabalhos sobre o tema envolvem países de clima temperado, optamos por comparar as regiões do país de clima temperado com o clima tropical (gráfico 02).

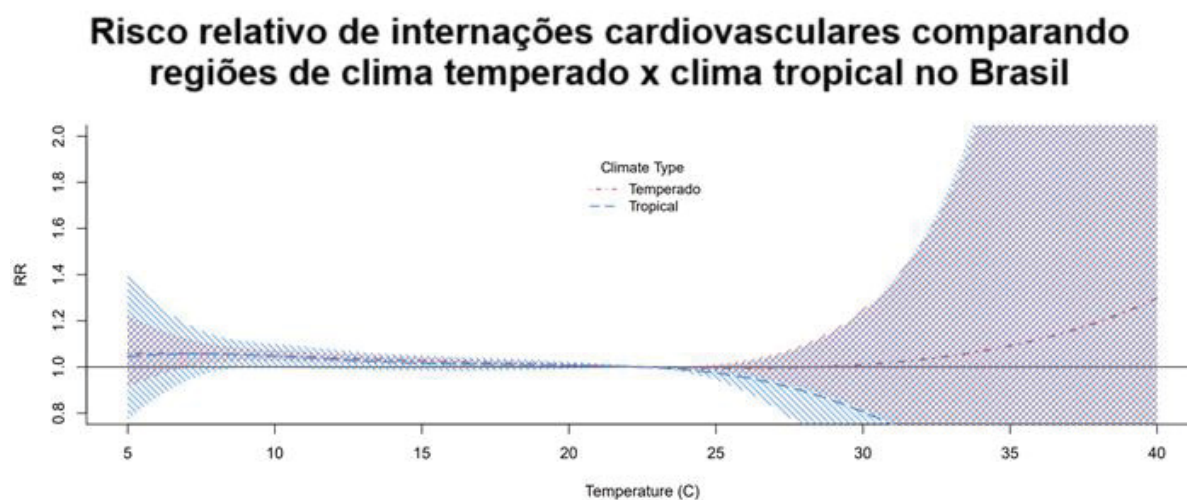


Gráfico 02 Risco relativo de internações cardiovasculares comparando regiões de clima temperado e clima tropical no Brasil no período de 2010 a 2024. Fonte: O autor (2025)

Não houve diferença significativa no comportamento dos internamentos por doenças cardiovasculares comparando as regiões de clima temperado com as de clima tropical. Pelo conhecimento dos autores, esta é a primeira publicação que fez esta análise no Brasil.

Notamos uma tendência a maior risco de internamento em ambos os climas com menores temperaturas. Entre 20 e 24 graus a temperatura ambiente teve um efeito neutro na incidência de internamentos. Já a partir de 25 graus houve uma tendência a menor risco de internamentos. Os intervalos de confiança aumentaram com as temperaturas maiores, provavelmente devido ao menor número de dados em temperaturas extremas.

6 DISCUSSÃO

Este é o maior trabalho realizado no Brasil que associa internamentos por doenças cardiovasculares e a temperatura ambiente. Os trabalhos prévios nacionais relacionam dados climáticos com a mortalidade cardiovascular ou apresentam limitações como por exemplo restrição a alguma doença cardiovascular específica, períodos restritos ou abrangência de capitais apenas.

A relação entre eventos cardiovasculares com temperatura ambiente é mais bem estabelecida com temperaturas menores, e o que encontramos no nosso trabalho vai de encontro com esta literatura. A queda da temperatura corporal leva à vasoconstrição, elevação da pressão arterial e do tônus da musculatura esquelética para conservação do calor e aumento da

concentração de peptídeos vasoconstritores. Com isso, há aumento do trabalho cardíaco. Ainda, pode haver maior cristalização de placas ateroscleróticas, aumentando o risco de ruptura de placa (4,5,18,30–32).

Nosso estudo englobou diversas doenças cardiovasculares e evidenciou a associação entre internamento por doença cardiovascular e temperaturas menores de 19°C. Este achado é semelhante ao que Chen e colaboradores encontraram na Alemanha, onde o risco de internamentos por infarto foi maior até a temperatura de 18.4°C (15). Katayama e colaboradores avaliaram as características tomográficas das placas coronarianas culpadas pelo infarto de 202 pacientes no Japão e encontraram maiores incidências de ruptura de placa em temperaturas menores. Neste estudo a temperatura média do pico de infartos foi 16,5°C, sendo um maior risco de infarto do miocárdio entre 10 e 20°C (30).

Já a associação entre a temperatura ambiente e outras doenças cardiovasculares na literatura é importante, porém menos expressiva do que do infarto coronariano (31). Um estudo ecológico realizado em Taiwan analisou dados de 2012 a 2019 e constatou maiores taxas de primodescompensação por insuficiência cardíaca nos meses de inverno, principalmente em pacientes com mais de 60 anos e pelo menos uma comorbidade (33). Alahmad e colaboradores desenvolveram um estudo multinacional em busca da associação entre mortalidade eventos cardiovasculares e temperatura ambiente em 27 países num período de 40 anos. Neste trabalho foi encontrada maior mortalidade por insuficiência cardíaca nos extremos de temperatura. As taxas de internação por descompensação de insuficiência cardíaca são maiores no inverno, mas também isso ocorre juntamente com maiores taxas de infecção de vias aéreas (34,35). Um estudo ecológico multinacional estimou que para cada 1000 mortes por AVC, 9 são atribuídas ao frio extremo e 1,6 ao calor extremo, respectivamente (34). Quanto à etiologia do AVC, os estudos são discrepantes, mas de uma maneira geral observa-se maior risco de eventos de ambas as etiologias (isquêmica e hemorrágica) nos extremos de temperatura (32,36–38). Como arritmia cardíaca é um termo amplo e envolve diversas patologias, os trabalhos sobre o tema são divergentes (31,34). Alahmad e colaboradores encontraram associação entre mortalidade por arritmias e temperaturas menores, mas não encontraram associação com temperaturas maiores. Os próprios cientistas relatam que isso pode ser atribuído a uma falha de classificação, uma vez que uma arritmia ventricular pode ser o resultado de uma isquemia cardíaca (34,39). Alguns trabalhos mostram associação entre fibrilação atrial e temperaturas menores, mas a evidência é fraca (40,41).

Acreditamos que no nosso trabalho os internamentos cardiovasculares como um todo foram puxados às custas de eventos coronarianos. Como nosso objetivo era avaliar doenças cardiovasculares, não foi realizada a análise com cada CID individualmente.

Pesquisadores avaliaram o número de eventos coronarianos num período de 28 anos na Alemanha e separou em dois períodos: 1987-2000 e 2001-2014. Assim como nosso estudo, os autores constataram que em ambos os períodos o frio está associado a maior taxa de infartos. Um dado interessante foi de que no período mais recente houve mais influência do calor nestes

internamentos e que um clima mais quente poderia ser considerado um trigger potencialmente prevenível de infarto (15).

O aumento da temperatura corporal leva a desidratação e depleção volêmica, com ativação do sistema simpático, taquicardia e conseqüentemente maior trabalho cardíaco. A hemoconcentração também contribui para um estado de hipercoagulabilidade, o que aumenta o risco de trombozes e infartos (18,31).

Hundessa e colaboradores encontraram que do total de mortes cardiovasculares no mundo no período de 2000 a 2019, 8,86% tiveram como fator causal uma temperatura ambiente não ótima (temperaturas altas ou baixas). Apesar de, destas, somente 0,66% estarem relacionadas ao calor excessivo, com as mudanças climáticas, acredita-se que o clima mais quente poderia vir a interferir cada vez mais nos eventos cardiovasculares (15,17,27,31).

No nosso trabalho não encontramos isso. O número de internamentos hospitalares por doenças cardiovasculares no Brasil é menor quanto maior a temperatura ambiente, tendo o calor um possível efeito protetor quanto a temperatura ultrapassa 20 graus.

Quando comparamos os dados entre cidades de clima tropical com as de clima temperado, não houve uma diferença estatística significativa. Porém, observamos no gráfico 02 que as regiões de clima temperado tiveram uma tendência a uma curva em “U”, semelhante a observada no estudo da Alemanha no período após o ano de 2000 e outros trabalhos com mortalidade cardiovascular (8,12,14,18,31,42).

Este é o primeiro trabalho realizado no país que compara as regiões de climas tropical com as de clima temperado. Como podemos observar na figura 02, as regiões de clima equatorial (que é um subtipo de clima tropical), são os estados de menor incidência de hospitalizações por doença cardiovascular. Podemos formular uma hipótese com relação a umidade da floresta amazônica, porém, o dado da umidade não foi avaliado no estudo. No Sul, a única região temperada do país, o estado com maior incidência de internação cardiovascular foi o Rio Grande do Sul. Os hábitos alimentares desta região envolvem dieta rica em gordura, mas como o nosso trabalho não avaliou esse tipo de exposição, não podemos atribuir isso como causa de mais eventos cardiovasculares.

Comparação entre os mapas do clima e da incidência de internação por doenças cardiovasculares a cada 100.000 habitantes

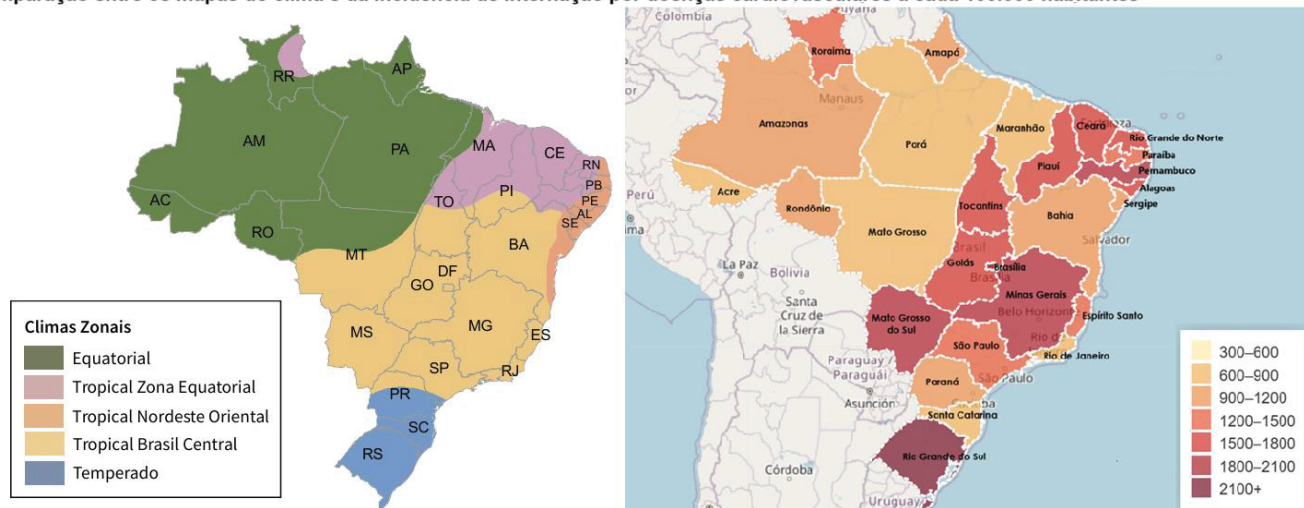


Figura 03. Comparação entre os mapas do clima * e da incidência de internação por doenças cardiovasculares a cada 100.000 habitantes no Brasil. Fonte: O autor (2025). *Fonte: IBGE (44)

Os efeitos da temperatura no sistema cardiovascular podem variar conforme a condição socioeconômica. Sabe-se que populações com piores condições socioeconômicas estão mais expostas aos efeitos da temperatura ambiente quando comparadas a populações com melhores condições (19,31,42). Isso ressalta a importância de medidas públicas para reduzir o risco de internamentos cardiovasculares.

O efeito da temperatura sobre o sistema cardiovascular não implica necessariamente em repercussões imediatas, podendo ter um tempo de exposição a determinada temperatura para culminar em um evento cardiovascular. Estima-se que a exposição ao calor pode ter consequências no sistema cardiovascular em até 3 dias, já o frio pode exercer efeito sobre o sistema cardiovascular de uma forma mais tardia, de 7 a 21 dias (8,18,19). No nosso trabalho calculamos com um intervalo de exposição a temperaturas de 7 dias (altas e baixas), porém o lag de 7 dias não influenciou diretamente sobre os internamentos de forma significativa.

Reconhecemos algumas limitações no nosso trabalho. Por se tratar de um estudo ecológico, não podemos afirmar uma relação de causalidade entre internamentos por doenças cardiovasculares e temperaturas menores. Existem diversos outros fatores já bem estabelecidos que podem afetar o sistema cardiovascular, tais como umidade, poluição e alimentação (43). A coleta de dados de internamentos foi feita a partir de uma base de dados nacional, em que o preenchimento foi realizado no momento da internação de cada paciente, sendo assim, o CID pode ter sido preenchido de forma incorreta pelo médico assistente. O objetivo inicial da pesquisa era avaliar todas as cidades do Brasil, no entanto, os dados climáticos de cidades pequenas são incompletos ou o número de internamentos pelos CIDs avaliados era menor do que o número de dias avaliados. Por isso, a maioria das cidades brasileiras foram excluídas da análise.

Um dos principais pontos positivos do nosso estudo é que ele é o primeiro trabalho brasileiro que faz a associação entre temperatura ambiente com internações por doenças cardiovasculares em mais de 100 cidades em todo o território nacional, com dados atualizados dos

últimos 14 anos. Ainda, é o único trabalho nacional que compara os dados de cidades de clima temperado versus clima tropical.

7 CONCLUSÃO

No período de janeiro de 2010 a junho de 2024 temperaturas ambientes menores do que 19 graus no Brasil estão associadas a maior incidência de internamento por doenças cardiovasculares. Não houve diferença na comparação entre cidades de clima tropical e temperado. Esta associação pode sofrer alterações com as mudanças climáticas e medidas públicas devem ser tomadas visando reduzir o risco de internamento por causa cardiovascular.

8 REFERÊNCIAS

1. de Oliveira GMM, Brant LCC, Polanczyk CA, Malta DC, Biolo A, Nascimento BR, et al. Cardiovascular Statistics - Brazil 2021. *Arq Bras Cardiol.* 2022;118(1):115.
2. de Oliveira GMM, Brant LCC, Polanczyk CA, Malta DC, Biolo A, Nascimento BR, et al. Cardiovascular Statistics - Brazil 2023. *Arq Bras Cardiol.* 2024;121(2).
3. Institute for Health Metrics and Evaluation Population Health. <https://www.healthdata.org/brazil>. 2022.
4. Sen T, Astarcioglu MA, Asarcikli LD, Kilit C, Kafes H, Parspur A, et al. The effects of air pollution and weather conditions on the incidence of acute myocardial infarction. *American Journal of Emergency Medicine.* 2016 Mar 1;34(3):449–54.
5. Sun Z, Chen C, Xu D, Li T. Effects of ambient temperature on myocardial infarction: A systematic review and meta-analysis. Vol. 241, *Environmental Pollution.* Elsevier Ltd; 2018. p. 1106–14.
6. Zhao Q, Li S, Coelho MSZS, Saldiva PHN, Hu K, Abramson MJ, et al. Assessment of Intraseasonal Variation in Hospitalization Associated with Heat Exposure in Brazil. *JAMA Netw Open.* 2019 Feb 1;2(2).
7. Keatinge WR. Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe. *Lancet.* 1997 May 10;349(9062):1341–6.
8. Gasparrini A, Guo Y, Hashizume M, Lavigne E, Zanobetti A, Schwartz J, et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: A multicountry observational study. *The Lancet.* 2015 Jul 25;386(9991):369–75.

9. Gerber Y, Jacobsen SJ, Killian JM, Weston SA, Roger VL. Seasonality and Daily Weather Conditions in Relation to Myocardial Infarction and Sudden Cardiac Death in Olmsted County, Minnesota, 1979 to 2002. *J Am Coll Cardiol*. 2006 Jul 18;48(2):287–92.
10. Claeys MJ, Rajagopalan S, Nawrot TS, Brook RD. Climate and environmental triggers of acute myocardial infarction. Vol. 38, *European Heart Journal*. Oxford University Press; 2017. p. 955–60.
11. Barnett AG, Dobson AJ, McElduff P, Salomaa V, Kuulasmaa K, Sans S. Cold periods and coronary events: An analysis of populations worldwide. *J Epidemiol Community Health* (1978). 2005 Jul;59(7):551–7.
12. Ferreira L de CM, Nogueira MC, Pereira RV de B, de Farias WCM, Rodrigues MM de S, Teixeira MTB, et al. Ambient temperature and mortality due to acute myocardial infarction in Brazil: an ecological study of time-series analyses. *Sci Rep*. 2019 Dec 1;9(1).
13. Keatinge WR, Susan Coleshaw MR, Easton JC, Cotter F, Martin Mattock MB, Chelliah R. Increased Platelet and Red Cell Counts, Blood Viscosity, and Plasma Cholesterol Levels during Heat Stress, and Mortality from Coronary and Cerebral Thrombosis. 1986;
14. Paulo S, Sharovsky R, César L, Ramires J. Temperature, air pollution, and mortality in São Paulo Brazilian. Vol. 37, *Journal of Medical and Biological Research*. 2004.
15. Chen K, Breitner S, Wolf K, Hampel R, Meisinger C, Heier M, et al. Temporal variations in the triggering of myocardial infarction by air temperature in Augsburg, Germany, 1987–2014. *Eur Heart J*. 2019 May 1;40(20):1600–8.
16. Kloner RA, Das S, Kenneth Poole W, Perrit R, Muller J, Cannon CP, et al. Seasonal Variation of Myocardial Infarct Size.
17. Rui Pan, Akira Okada, Hayato Yamana, Hideo Yasunaga, Ryosuke Kumazawa. Association between ambient temperature and cause-specific cardiovascular disease admissions in Japan: A nationwide study. *Environ Res [Internet]*. 2023 [cited 2025 Jan 25];225. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115610>.
18. Abrignani MG, Lombardo A, Braschi A, Renda N, Abrignani V. Climatic influences on cardiovascular diseases. Vol. 14, *World Journal of Cardiology*. Baishideng Publishing Group Inc; 2022. p. 152–69.
19. Liu C, Yavar Z, Sun Q. Cardiovascular response to thermoregulatory challenges. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2015;309:1793–812.
20. Delpla I, Diallo TA, Keeling M, Bellefleur O. Tools and methods to include health in climate change adaptation and mitigation strategies and policies: A scoping review. Vol. 18, *International Journal of Environmental Research and Public Health*. MDPI AG; 2021.
21. Watts N, Adger WN, Agnolucci P, Blackstock J, Byass P, Cai W, et al. Health and climate change: Policy responses to protect public health. Vol. 386, *The Lancet*. Lancet Publishing Group; 2015. p. 1861–914.

22. Climate Change. [Internet]. 2024. [Acesso em 22 jul. 2024]. Disponível em: <https://climate.nasa.gov>.
23. Weather and Climate [Internet]. 2024. [Acesso em 22 jul. 2024]. Disponível em: <https://www.ncei.noaa.gov>.
24. Roth GA, Mensah GA, Johnson CO, Addolorato G, Ammirati E, Baddour LM, et al. Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors, 1990-2019: Update From the GBD 2019 Study. Vol. 76, *Journal of the American College of Cardiology*. Elsevier Inc.; 2020. p. 2982–3021.
25. Claeys MJ, Coenen S, Colpaert C, Bilcke J, Beutels P, Wouters K, et al. Environmental triggers of acute myocardial infarction: Results of a nationwide multiple-factorial population study. *Acta Cardiol*. 2015;70(6):693–701.
26. Cardiovascular diseases. [Internet]. 2024. [Acesso em 01 jun. 2024] Disponível em: <https://www.who.int/>.
27. Hundessa S, Huang W, Zhao Q, Wu Y, Wen B, Alahmad B, et al. Global and Regional Cardiovascular Mortality Attributable to Nonoptimal Temperatures Over Time. *J Am Coll Cardiol*. 2024 Jun 11;83(23):2276–87.
28. Zhao Q, Guo Y, Ye T, Li S, Zhao Q, Guo Y, et al. Global, regional, and national burden of mortality associated with non-optimal ambient temperatures from 2000 to 2019: a three-stage modelling study [Internet]. Vol. 5, *Articles Lancet Planet Health*. 2021. Available from: www.thelancet.com/
29. Kenney WL, Craighead DH, Alexander LM. Heat waves aging and human cardiovascular health. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46(10):1891–9.
30. Katayama Y, Tanaka A, Taruya A, Kashiwagi M, Nishiguchi T, Ozaki Y, et al. Increased plaque rupture forms peak incidence of acute myocardial infarction in winter. *Int J Cardiol*. 2020 Dec 1;320:18–22.
31. Khraishah H, Alahmad B, Ostergard RL, AlAshqar A, Albaghdadi M, Vellanki N, et al. Climate change and cardiovascular disease: implications for global health. Vol. 19, *Nature Reviews Cardiology*. Nature Research; 2022. p. 798–812.
32. Cheng X, Su H. Effects of climatic temperature stress on cardiovascular diseases. Vol. 21, *European Journal of Internal Medicine*. 2010. p. 164–7.
33. Chen DY, Chang SH, Huang WK, Hsieh IC, See LC. The cold temperature associated with new-onset heart failure after incorporating dynamic status of multimorbidity: nationwide cohort, Taiwan 2012–2019. *Eur J Prev Cardiol*. 2024 Dec 4;31(17):2026–35.
34. Alahmad B, Khraishah H, Royé D, Vicedo-Cabrera AM, Guo Y, Papatheodorou SI, et al. Associations Between Extreme Temperatures and Cardiovascular Cause-Specific Mortality: Results From 27 Countries. *Circulation*. 2023 Jan 3;147(1):35–46.
35. Stewart S, McIntyre K, Capewell S, McMurray JJV. Heart failure in a cold climate: seasonal variation in heart failure-related morbidity and mortality. *ACC Curr J Rev*. 2002 Jul;11(4):60.

36. Chen J hua, Jiang H, Wu L, Liao X, Lu Y, Tao XQ, et al. Association of ischemic and hemorrhagic strokes hospital admission with extreme temperature in Nanchang, China—A case-crossover study. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2017 Sep 1;43:89–93.
37. Feigin VL, Stark BA, Johnson CO, Roth GA, Bisignano C, Abady GG, et al. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet Neurol* . 2021 Oct;20(10):795–820.
38. Lavados PM, Olavarría V V., Hoffmeister L. Ambient temperature and stroke risk: Evidence supporting a short-term effect at a population level from acute environmental exposures. Vol. 49, *Stroke*. Lippincott Williams and Wilkins; 2018. p. 255–61.
39. Pimentel M, Grüdtner L, Zimmerman LI. Seasonal Variation of Ventricular Tachycardia Assessed by 24-Hour Holter Monitoring.
40. Nguyen JL, Link MS, Luttmann-Gibson H, Laden F, Schwartz J, Wessler BS, et al. Drier air, lower temperatures, and triggering of paroxysmal atrial fibrillation. *Epidemiology*. 2015 May 1;26(3):374–80.
41. Zhu X, Chen R, Zhang Y, Hu J, Jiang Y, Huang K, et al. Low ambient temperature increases the risk and burden of atrial fibrillation episodes: A nationwide case-crossover study in 322 Chinese cities. *Sci Total Environ*. 2023 Jul 6;
42. Al-Kindi S, Motairek I, Khraishah H, Rajagopalan S. Cardiovascular disease burden attributable to non-optimal temperature: analysis of the 1990-2019 global burden of disease. *Eur J Prev Cardiol*. 2023 Oct 1;30(15):1623–31.
43. Murray CJL, Aravkin AY, Zheng P, Abbafati C, Abbas KM, Abbasi-Kangevari M, et al. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet [Internet]*. 2020 Oct;396(10258):1223–49.
44. IBGE. Mapa de clima do Brasil. Rio de Janeiro, 2002. 1 mapa. Escala 1:5 000 000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15817-clima.html?edicao=15887&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: jun. 2022.

9 MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela 01. Lista de cidades abrangidas no trabalho com incidência estadual

REGIAO SUL	Nº de internamentos	Incidência	Ajustado X 100.000 habitantes
PARANA	População: 11.824.665		
Curitiba	79.306		
Foz do Iguaçu	10.269		
Maringá	23.133		

TOTAL	112.708	0.0095316	953,16
SANTA CATARINA	População: 8.058.411		
Florianópolis	18.013		
Itajaí	23.729		
Lages	7.800		
Xanxerê	18.682		
TOTAL	68.224	0.00846	846
RIO GRANDE DO SUL	População: 11.229.915		
Bage	7.584		
Passo Fundo	56.499		
Pelotas	7.210		
Porto Alegre	148.337		
Rio Grande	22.049		
Santa Maria	9.688		
Uruguaiana	5.324		
Tramandaí	7.175		
TOTAL	263.866	0.02349671	2.349,67
REGIAO SUDESTE	Nº de internamentos	Incidência	Ajustado X 100.000 habitantes
MINAS GERAIS	População: 21.322.691		
BARBACENA	20.033		
Belo Horizonte	118.067		
Curvelo	5.788		
Diamantina	9.252		
Divinópolis	7.102		
Formiga	5.305		
Governador Valadares	19.954		
Juiz de Fora	44.169		
Montes Claros	46.167		
Muriae	23.236		
Passos	13.017		
Patos de Minas	2.903		
Sete Lagoas	9.060		
São Joao Del Rei	6.048		
São Sebastiao do Paraiso	5.776		
Teófilo Otoni	7.194		
Uberaba	10.922		
Uberlândia	31.690		
Varginha	17.743		
TOTAL	403.426	0.01892003	1.892
SAO PAULO	População: 46.000.000		
Barretos	9.077		
Bauru	22.006		
Franca	15.455		
Itapeva	6.524		
Jales	6.069		
Marilia	9.117		
Ourinhos	6.680		
Piracicaba	16.493		

Presidente Prudente	27.239		
Sorocaba	34.631		
São Carlos	16.000		
São Mateus	6.779		
São Paulo	450.734		
Taubaté	15.956		
Tupã	3.159		
Votuporanga	9.619		
TOTAL	655.538	0.01425083	1.425
RIO DE JANEIRO	População: 16.055.174		
Duque de Caxias	13.921		
Macaé	7.505		
Niterói	5.578		
Nova Friburgo	14.295		
Rio de Janeiro	69.119		
São Gonçalo	22.210		
TOTAL	132.628	0.00826076	826
ESPÍRITO SANTO	População: 3.833.712		
Linhares	14.371		
Vila Velha	13.986		
Vitoria	22.898		
TOTAL	51.255	0.01336955	1336
REGIAO NORDESTE	Nº de internamenteos	Incidência	Ajustado X 100.000 habitantes
SERGIPE	População: 2.291.077		
Aracaju	24.453	0.01067315	1067
ALAGOAS	População: 3.220.104		
Arapiraca	9.944		
Maceió	47.693		
TOTAL	57.637	0.01789911	1789
CEARA	População: 9.233.656		
Barbalha	7.307		
Fortaleza	132.794		
Sobral	25.009		
TOTAL	165.110	0.01788132	1788
MARANHÃO	População: 6.775.152		
Imperatriz	10.778		
São Luis	37.004		
TOTAL	47.782	0.00705254	705
BAHIA	População: 14.850.513		
Barreiras	6.401		
Feira de Santana	13.732		
Ilheus	6.865		
Salvador	101.484		
Vitoria da Conquista	18.247		
TOTAL	146.729	0.0098804	988
RORAIMA	População: 716.793		
Boa Vista	8.916	0.01243874	1243
PARAIBA	População: 4.145.000		

Campina Grande	17.872		
João Pessoa	35.625		
Patos	4.771		
TOTAL	58.268	0.01402696	1402
PERNAMBUCO	População: 9.058.931		
Caruaru	18.149		
Petrolina	9.311		
Recife	154.498		
TOTAL	181.958	0.02008603	2008
RIO GRANDE DO NORTE	População: 3.446.071		
Mossoró	16.536		
Natal	41.966		
TOTAL	58.502	0.01697643	1697
PIAUI	População: 3.375.646		
Parnaíba	6.067		
Picos	5.056		
Teresina	46.830		
TOTAL	57.953	0.01716797	1716
REGIAO NORTE	Nº de internamentos	Incidência	Ajustado X 100.000 habitantes
TOCANTINS	População: 1.511.460		
Araguaína	9.714		
Palmas	14.606		
TOTAL	24.320	0.0160904	1609
RORAIMA	População: 716.793		
Boa Vista	8.916	0.01243874	1243
RONDONIA	População: 1.581.196		
Cacoal	4.421		
Porto Velho	11.097		
TOTAL	15.518	0.00981409	981
AMAPA	População: 802.837		
Macapá	7.908	0.00985007	985
AMAZONAS	População: 4.281.209		
Manaus	47.130	0.01100857	1100
ACRE	População: 880.631		
Rio Branco	7.884	0.00895267	895
PARA	População: 8.120.131		
Santarém	6.354		
Belém	50.853		
TOTAL	57.207	0.00704508	704
REGIAO CENTRO-OESTE	Nº de internamentos	Incidência	Ajustado X 100.000 habitantes
Brasília	População: 2.817.381		
	58.276	0.02068446	2068
MATO GROSSO DO SUL	População: 2.901.895		
Campo Grande	46.272		
Dourados	10.961		
TOTAL	57.233	0.01972263	1972
GOIAS	População: 7.056.495		
Catalão	6.853		

Goiânia	118.238		
TOTAL	125.091	0.01772707	1772
MATO GROSSO	População: 3.836.399		
Cuiabá	22.591		
Rondópolis	11.366		
TOTAL	33.957	0.00885127	885

Tabela 02. Dados da região Sul

Cidade	N° Int.	Média Temp	Min. mort. temp.	Est. Min.M.T.	Max. mort. temp.	Est. Max.M.T.
BAGE	7,584	18.00	12°C	0.97 (0.88 - 1.06)	31°C	1.18 (0.56 - 2.49)
CURITIBA	79,306	18.30	24°C	0.94 (0.87 - 1.01)	6°C	1.58 (0.79 - 3.17)
FLORIANOPOLIS	18,013	21.35	13°C	0.96 (0.8 - 1.14)	30°C	1.1 (0.77 - 1.56)
FOZ DO IGUACU	10,269	22.07	34°C	0.59 (0.32 - 1.09)	28°C	1.05 (0.93 - 1.2)
ITAJAI	23,729	20.61	8°C	0.48 (0.24 - 0.97)	26°C	1.11 (0.95 - 1.28)
LAGES	7,800	16.66	27°C	0.38 (0.12 - 1.21)	7°C	1.4 (1.06 - 1.86)
MARINGA	23,133	22.99	7°C	0.39 (0.13 - 1.13)	12°C	1.28 (1.03 - 1.58)
PASSO FUNDO	56,499	18.06	28°C	0.73 (0.52 -	22°C	1.02 (0.93 -
PELOTAS	7,210	18.58	29°C	0.77 (0.35 - 1.68)	22°C	1.12 (0.94 - 1.34)
PORTO ALEGRE	148,337	20.10	32°C	0.89 (0.64 - 1.22)	6°C	1.2 (0.87 - 1.65)
RIO GRANDE	22,049	18.78	25°C	0.91 (0.8 - 1.03)	30°C	1.23 (0.74 - 2.04)
SANTA MARIA	9,688	19.47	35°C	0.57 (0.08 - 4.24)	28°C	1.07 (0.9 - 1.27)
TRAMANDAI	7,175	19.98	22°C	0.99 (0.94 - 1.04)	31°C	2.04 (0.44 - 9.4)
URUGUAIANA	5,324	19.92	34°C	0.7 (0.15 - 3.4)	5°C	1.43 (0.82 - 2.47)
XANXERE	18,682	18.80	28°C	0.87 (0.57 - 1.34)	2°C	1.86 (0.75 - 4.6)

Tabela 03. Dados da região Sudeste

Cidade	Nº Int.	Média Temp	Min. mort. temp.	Est. Min.M.T.	Max. mort. temp.	Est. Max.M.T.
BARBACENA	20,033	18.66	23°C	0.9 (0.81 - 1)	27°C	1.06 (0.54 - 2.05)
BARRETOS	9,077	23.11	14°C	0.96 (0.74 - 1.25)	32°C	1.62 (0.96 - 2.72)
BAURU	22,006	22.01	32°C	0.67 (0.38 - 1.19)	13°C	1.14 (0.95 - 1.36)
BELO HORIZONTE	118,067	19.95	25°C	0.96 (0.88 - 1.05)	10°C	1.18 (0.52 - 2.68)
CURVELO	5,788	23.19	29°C	0.95 (0.78 - 1.15)	34°C	1.33 (0.28 - 6.27)
DIAMANTINA	9,252	18.62	23°C	0.87 (0.75 - 1)	13°C	1.12 (0.94 - 1.32)
DIVINOPOLIS	7,102	22.09	12°C	0.66 (0.22 - 1.98)	30°C	1.63 (0.73 - 3.64)
DUQUE DE CAXIAS	13,921	23.05	28°C	0.97 (0.79 - 1.18)	14°C	1.47 (0.55 - 3.92)
FORMIGA	5,305	21.71	29°C	0.81 (0.56 - 1.18)	12°C	1.25 (0.59 - 2.67)
FRANCA	15,455	21.73	10°C	0.86 (0.3 - 2.45)	14°C	1.17 (0.89 - 1.53)
GOVERNADOR VALADARES	19,954	24.44	35°C	0.28 (0.05 - 1.55)	31°C	1.09 (0.86 - 1.39)
ITAPEVA	6,524	19.98	6°C	0.31 (0.04 - 2.3)	30°C	1.47 (0.76 - 2.86)
JALES	6,069	24.74	10°C	0.75 (0.24 - 2.34)	16°C	1.02 (0.78 - 1.34)
JUIZ DE FORA	44,169	19.37	29°C	0.79 (0.36 - 1.73)	9°C	1.57 (0.65 - 3.75)
LINHARES	14,371	24.36	28°C	0.96 (0.83 - 1.12)	18°C	1.28 (0.75 - 2.17)
MACAE	7,505	23.55	33°C	0.7 (0.34 - 1.42)	17°C	1.16 (0.76 - 1.76)
MARILIA	9,117	22.79	18°C	0.99 (0.93 - 1.05)	33°C	2.24 (1.13 - 4.46)
MONTES CLAROS	46,167	24.03	28°C	0.96 (0.87 - 1.06)	16°C	1.31 (0.55 - 3.13)
MURIAE	23,236	23.28	29°C	0.92 (0.79 - 1.06)	15°C	1.88 (1.11 - 3.19)
NITEROI	5,578	24.83	17°C	0.61 (0.27 - 1.37)	33°C	1.52 (0.6 - 3.84)
NOVA FRIBURGO	14,295	17.08	8°C	0.47 (0.24 - 0.91)	27°C	2.03 (0.79 - 5.22)
OURINHOS	6,680	22.24	8°C	0.17 (0.04 - 0.67)	13°C	1.28 (0.97 - 1.7)

PASSOS	13,017	21.58	33°C	0.5 (0.09 - 2.58)	11°C	1.04 (0.56 - 1.93)
PATOS DE MINAS	2,903	22.06	30°C	0.69 (0.33 - 1.48)	23°C	1 (0.98 - 1.03)
PIRACICABA	16,493	22.01	10°C	0.56 (0.22 - 1.39)	31°C	1.38 (0.75 - 2.54)
PRESIDENTE PRUDENTE	27,239	23.97	34°C	0.58 (0.34 - 0.97)	14°C	1.15 (0.94 - 1.41)
RIO DE JANEIRO	69,119	23.23	28°C	0.92 (0.81 - 1.05)	15°C	1.13 (0.63 - 2.04)
SETE LAGOAS	9,060	22.00	12°C	0.39 (0.15 - 1)	17°C	1.42 (1.12 - 1.8)
SOROCABA	34,631	20.91	25°C	0.95 (0.88 - 1.02)	8°C	1.97 (0.7 - 5.56)
SAO CARLOS	16,000	21.19	30°C	0.67 (0.41 - 1.09)	12°C	1.3 (1.03 - 1.65)
SAO GONCALO	22,210	27.54	33°C	0.13 (0.01 - 2.1)	22°C	1.81 (0.26 - 12.42)
SAO JOAO DEL REI	6,048	19.82	14°C	0.92 (0.75 - 1.12)	11°C	1.34 (0.68 - 2.64)
SAO MATEUS	6,779	24.00	28°C	0.91 (0.74 - 1.11)	32°C	3.15 (0.39 - 25.67)
SAO PAULO	450,734	20.56	24°C	0.98 (0.95 - 1.01)	8°C	1.11 (0.63 - 1.95)
SAO SEBASTIAO DO PARAISO	5,776	21.21	9°C	0.58 (0.07 - 4.58)	14°C	1.2 (0.84 - 1.72)
TAUBATE	15,956	21.10	20°C	1 (1 - 1)	10°C	2.02 (0.75 - 5.44)
TEOFILO OTONI	7,194	23.30	16°C	0.71 (0.3 - 1.66)	31°C	1.24 (0.63 - 2.42)
TUPA	3,159	24.02	10°C	0.47 (0.09 - 2.33)	15°C	1.25 (0.74 - 2.11)
UBERABA	10,922	22.79	34°C	0.42 (0.15 - 1.2)	8°C	2.67 (0.26 - 27.55)
UBERLANDIA	31,690	23.53	16°C	0.95 (0.74 - 1.22)	11°C	1.11 (0.36 - 3.42)
VARGINHA	17,743	20.40	25°C	0.97 (0.86 - 1.08)	10°C	1.55 (0.55 - 4.39)
VILA VELHA	13,986	23.92	32°C	0.34 (0.09 - 1.23)	29°C	1.12 (0.81 - 1.56)
VITORIA	22,898	24.51	18°C	0.91 (0.65 - 1.28)	32°C	1.23 (0.85 - 1.79)
VOTUPORANGA	9,619	24.50	11°C	0.66 (0.16 - 2.71)	33°C	1.09 (0.67 - 1.76)

Tabela 04. Dados da região Centro-Oeste

Cidade	N° Int.	Média Temp	Min. mort. temp.	Est. Min.M.T.	Max. mort. temp.	Est. Max.M.T.
BRASILIA	58,276	21.56	29°C	0.68 (0.4 - 1.13)	12°C	1.31 (0.55 - 3.1)
CAMPO GRANDE	46,272	24.12	28°C	0.91 (0.84 - 0.99)	8°C	1.93 (1.03 - 3.61)
CATALAO	6,853	23.31	11°C	0.23 (0.04 - 1.31)	16°C	1.47 (0.93 - 2.31)
CUIABA	22,591	27.19	12°C	0.5 (0.22 - 1.14)	17°C	1.28 (0.95 - 1.73)
DOURADOS	10,961	23.38	28°C	0.93 (0.82 - 1.07)	34°C	1.76 (0.99 - 3.13)
GOIANIA	118,238	23.85	12°C	0.38 (0.09 - 1.63)	16°C	1.39 (1.01 - 1.9)
RIO BRANCO	7,884	25.72	15°C	0.39 (0.19 - 0.83)	29°C	1.13 (0.97 - 1.32)
RONDONOPOLIS	11,366	25.70	34°C	0.89 (0.71 - 1.12)	15°C	1.57 (1.21 - 2.04)

Tabela 05. Dados da região Norte

Cidade	Nº Int.	Média Temp	Min. mort. temp.	Est. Min.M.T.	Max. mort. temp.	Est. Max.M.T.
ARAGUAINA	9,714	25.92	34°C	0.5 (0.14 - 1.81)	22°C	1.41 (0.71 - 2.81)
BOA VISTA	8,916	27.57	35°C	0.18 (0.03 - 1.01)	26°C	1.07 (0.99 - 1.15)
CACOAL	4,421	26.68	37°C	0.61 (0.22 - 1.71)	13°C	4.88 (0.22 - 106.85)
MACAPA	7,908	27.37	25°C	0.91 (0.71 - 1.17)	33°C	1.37 (0.27 - 7)
MANAUS	47,130	27.78	33°C	0.81 (0.63 - 1.05)	25°C	1.07 (0.95 - 1.2)
PALMAS	14,606	27.55	22°C	0.57 (0.26 - 1.24)	36°C	1.04 (0.17 - 6.51)
PORTO VELHO	11,097	26.67	22°C	0.87 (0.65 - 1.16)	19°C	2.2 (0.96 - 5.09)
RIO BRANCO	7,884	25.72	15°C	0.39 (0.19 - 0.83)	29°C	1.13 (0.97 - 1.32)
SANTAREM	6,354	26.70	30°C	0.78 (0.49 - 1.26)	29°C	1.14 (0.93 - 1.4)

Tabela 06. Dados da região Nordeste

Cidade	Nº Int.	Média Temp	Min. mort. temp.	Est. Min.M.T.	Max. mort. temp.	Est. Max.M.T.
ARACAJU	24,453	26.71	23°C	0.89 (0.52 - 1.5)	24°C	1.13 (0.95 - 1.34)
ARAPIRACA	9,944	24.88	23°C	0.78 (0.66 - 0.92)	31°C	1.26 (0.56 - 2.82)
BARBALHA	7,307	26.36	19°C	0.54 (0.06 - 4.9)	22°C	1.24 (0.87 - 1.77)
BARREIRAS	6,401	25.81	30°C	0.98 (0.85 - 1.14)	18°C	1.43 (0.13 - 15.4)
BOA VISTA	8,916	27.57	35°C	0.18 (0.03 - 1.01)	26°C	1.07 (0.99 - 1.15)
CAMPINA GRANDE	17,872	23.81	29°C	0.78 (0.29 - 2.14)	28°C	1.1 (0.69 - 1.76)
CARUARU	18,149	22.51	27°C	0.76 (0.53 - 1.08)	19°C	1.21 (1.04 - 1.42)
FEIRA DE SANTANA	13,732	24.78	33°C	0.52 (0.27 - 1)	19°C	1.44 (0.82 - 2.54)
FORTALEZA	132,794	27.45	30°C	0.97 (0.9 - 1.05)	32°C	1.08 (0.82 - 1.44)
ILHEUS	6,865	23.71	29°C	0.27 (0.06 - 1.33)	19°C	1.14 (0.65 - 2.03)
IMPERATRIZ	10,778	27.36	33°C	0.79 (0.56 - 1.11)	35°C	1.52 (0.66 - 3.51)
JOAO PESSOA	35,625	26.67	31°C	0.7 (0.42 - 1.17)	29°C	1.07 (0.93 - 1.23)
MACEIO	47,693	25.54	22°C	0.87 (0.64 - 1.18)	29°C	1.16 (0.82 - 1.63)
MOSSORO	16,536	27.51	31°C	0.67 (0.47 - 0.96)	24°C	1.09 (0.54 - 2.23)
NATAL	41,966	26.79	27°C	1 (1 - 1)	23°C	1.24 (0.75 - 2.04)
PARNAIBA	6,067	27.33	36°C	0.34 (0.02 - 5.08)	24°C	1.21 (0.69 - 2.12)

PATOS	4,771	28.44	38°C	0.74 (0.23 - 2.33)	35°C	1.26 (0.83 - 1.91)
PETROLINA	9,311	27.31	27°C	0.98 (0.93 - 1.03)	34°C	2.67 (0.84 - 8.53)
PICOS	5,056	28.72	32°C	0.92 (0.83 - 1.02)	37°C	3.03 (0.45 - 20.18)
RECIFE	154,498	25.86	30°C	0.77 (0.54 - 1.09)	28°C	1.04 (0.97 - 1.12)
SALVADOR	101,484	25.81	22°C	0.85 (0.68 - 1.07)	23°C	1.06 (0.97 - 1.17)
SANTAREM	6,354	26.70	30°C	0.78 (0.49 - 1.26)	29°C	1.14 (0.93 - 1.4)
SOBRAL	25,009	27.82	35°C	0.6 (0.19 - 1.97)	25°C	1.02 (0.9 - 1.17)
SAO LUIS	37,004	26.91	31°C	0.48 (0.17 - 1.32)	24°C	1.05 (0.87 - 1.28)
TERESINA	46,830	28.07	22°C	0.74 (0.21 - 2.69)	35°C	1.67 (1 - 2.78)
VITORIA DA CONQUISTA	18,247	20.61	30°C	0.74 (0.23 - 2.36)	14°C	1.4 (0.83 - 2.37)