Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

ANÁLISE DE ASSOCIAÇÕES ENTRE INTERNAÇÕES DE DIABETES MELLITUS E CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS NO PERÍODO DE 2010 A 2020 NO MUNICÍPIO DE SANTARÉM, PARÁ.

Analysis of associations between diabetes mellitus hospitalizations and atmospheric conditions in the period from 2010 to 2020 in the municipality of Santarém, Pará.

Análisis de las asociaciones entre las hospitalizaciones por diabetes mellitus y las condiciones atmosféricas en el período de 2010 a 2020 en el municipio de Santarém, Pará.

Beatriz de Souza Freitas
Universidade Federal de Santa Maria-UFSM
beaszfreitas@gmail.com

Taiane Alves da Silva
Universidade Federal do Oeste do Pará-UFOPA
taianea88@gmail.com

Marco Antônio Godinho dos Reis
Universidade Federal de Santa Maria-UFSM
reis.marco.stm@gmail.com

Laura dos Santos Lima
Universidade Federal do Oeste do Pará-UFOPA
santoslima1083@gmail.com

Ana Carla dos Santos Gomes
Universidade Federal do Oeste do Pará-UFOPA
anacarlasg02@gmail.com

Resumo: O estudo da variabilidade do clima e sua interferência na saúde humana é de extrema importância e carece de mais informações, especialmente nos trópicos. O presente estudo investigou

para o município de Santarém-Pará, a associação entre internações por diabetes mellitus (DM) e variáveis meteorológicas de precipitação pluvial, insolação, umidade relativa e temperatura máxima e mínima no período de 2010 a 2020. Para tanto foram utilizadas as técnicas de correlação cruzada, análise e regressão de componente principal, assim como estatística descritiva. A correlação cruzada entre temperatura máxima e internações por DM demonstrou associação positiva no lag 2 e 3, já a RCP evidenciou associação positiva entre as internações por DM e atuação sinergética da precipitação, insolação e temperatura máxima com peso 0,834, 0,519 e 0,149 respectivamente.
Palavras-chave: Clima. Saúde. Doenças crônicas.

Abstract: The study of climate variability and its interference in human health is extremely important and lacks more information, especially in the tropics. The present study investigated for the municipality of Santarém-Pará, the association between hospitalizations for diabetes mellitus (DM) and meteorological variables of rainfall, heat stroke, relative humidity, and maximum and minimum temperature in the period from 2010 to 2020. For this purpose, cross-correlation, principal component analysis and regression techniques, as well as descriptive statistics were used. The cross-correlation between maximum temperature and DM hospitalizations showed a positive association in lag 2 and 3, while the PCR showed a positive association between hospitalizations for DM and synergistic performance of precipitation, heat stroke and maximum temperature with weight 0.834, 0.519 and 0.149 respectively.
Keywords: Weather. Health. Chronic Diseases.

Resumen: El estudio de la variabilidad climática y su interferencia en la salud humana es extremadamente importante y carece de más información, especialmente en los trópicos. El presente estudio investigó para el municipio de Santarém-Pará, la asociación entre las hospitalizaciones por diabetes mellitus (DM) y variables meteorológicas de precipitaciones, insolación, humedad relativa y temperatura máxima y mínima en el periodo de 2010 a 2020. Para ello se utilizaron técnicas de correlación cruzada, análisis de componentes principales y regresión, así como estadística descriptiva. La correlación cruzada entre la temperatura máxima y las hospitalizaciones por dm mostró una asociación positiva en el retraso 2 y 3, la RCP mostró una asociación positiva entre las hospitalizaciones por DM y el rendimiento sinérgico de precipitación, insolación y temperatura máxima con peso 0.834, 0.519 y 0.149 respectivamente.
Palabras clave: El clima. Salud. Enfermedades Crónicas.

Submetido em: 03/12/2021
Aceito para publicação em: 07/05/2022
Publicado em: 12/05/2022

1. INTRODUÇÃO

A interferência direta ou indireta do clima na saúde tem sido objeto de estudo de diversos pesquisadores nos últimos anos. É importante investigar os fatores ambientais que podem estar relacionados à saúde da população de uma localidade. A biometeorologia permite quantificar as relações existentes entre a incidência das doenças e suas relações com os elementos meteorológicos quanto às suas causas e efeitos (LII et al., 2015).

Intuitivamente verifica-se que as condições extremas de tempo em determinados meses do ano causam danos à saúde humana, sendo necessária a identificação de uma periodicidade para prover elementos para pesquisa de fatores ambientais e de respostas que subsidiem medidas preventivas (AMORIM et al.,2014).

Tanto a precipitação pluvial quanto a umidade relativa do ar e o vento são fatores meteorológicos que influenciam no conforto térmico. Interferem diretamente nos mecanismos de perda de água do corpo humano, no entanto, se o ar estiver saturado a evaporação não é possível. Em situações onde o ar está seco, a perda de calor ocorre mesmo em temperaturas altas (FONTANELLA, 2009).

Devido às alterações climáticas, a proporção de doenças crônicas, como a Diabetes Mellitus, é crescente, e ganha visibilidade no cenário internacional de meteorologistas e profissionais da saúde. Tal patologia alcança milhares de pessoas em todo o mundo, onde fatores sociais e climatológicos são determinantes para a sua incidência, e tornaram-se um preocupante problema de saúde pública (PEREIRA, 2012).

A diabetes mellitus (DM) refere-se a um distúrbio metabólico com base heterogênea, definida por hiperglicemia e agravamentos do metabolismo de carboidratos, proteínas e gorduras, tudo isso devido a defeitos na secreção e / ou ação da insulina (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1999). Devido o organismo humano ter o funcionamento da termorregulação complexa, no período de insolação mais intensa a pele fica mais seca, fazendo a transpiração e a troca de calor entre o corpo e a atmosfera mais difícil e dessa forma aumenta a taxa de metabolismo e depósito de gordura subcutânea, aumentando dessa forma o açúcar no sangue (HEALTH CANADA, 2011).

A Diabetes Mellitus tornou-se um dos mais importantes problemas de saúde pública dos tempos atuais, alcançando expressiva significância como causa de morbimortalidade, independentemente dos países ou raças consideradas (PEREIRA, 2012).

Sabe-se que condições extremas de temperatura tem influência no aumento de mortalidade de algumas doenças, como no caso da diabetes. Seposo, Dang e Honda (2017), observaram importantes correlações entre extremos de temperatura máxima e aumento da mortalidade por diabetes em cidades tropicais, indicando ainda como nos trópicos, ao contrário das zonas temperadas, extremos negativos de temperatura desempenham papel protetor para os indivíduos com diabetes.

O estudo de Schwartz (2005) mostrou que pacientes com diagnóstico de diabetes tipo 1 e 2 tem uma vulnerabilidade particular durante condicionantes extremos de temperatura, pois foi demonstrado serem responsáveis por um número incongruente de internações e mortalidade, segundo o autor as características sociodemográficas e condições médicas podem aumentar a probabilidade de morte associada a extremos de temperatura. Tais resultados corroboram com observações de estudos como os de Kenny, Sigal e Mcginn (2016) que já descreveram como indivíduos com diabetes são especialmente vulneráveis aos extremos de temperatura em função dos processos de termorregulação do organismo, ou seja, a diabetes está relacionado as deficiências na regulação da temperatura durante estresses térmicos. E também com estudos descritos por Vallianou et al., (2021), Xu et al., (2019), Bai et al., (2016), em que os autores mencionam que pacientes com DM são particularmente mais vulneráveis a ondas de calor devido a mecanismos termo regulatórios prejudicados, com respostas prejudicadas do sistema nervoso autônomo em altas temperaturas. Assim, pacientes com DM apresentam maior número de atendimentos de emergência durante ondas de calor e clima quente em geral.

Neste contexto, no presente trabalho realizou-se um estudo biometeorológico observacional, para o Município de Santarém, com o objetivo de analisar a influência das variáveis meteorológicas nos casos de internações por Diabetes *Mellitus.*

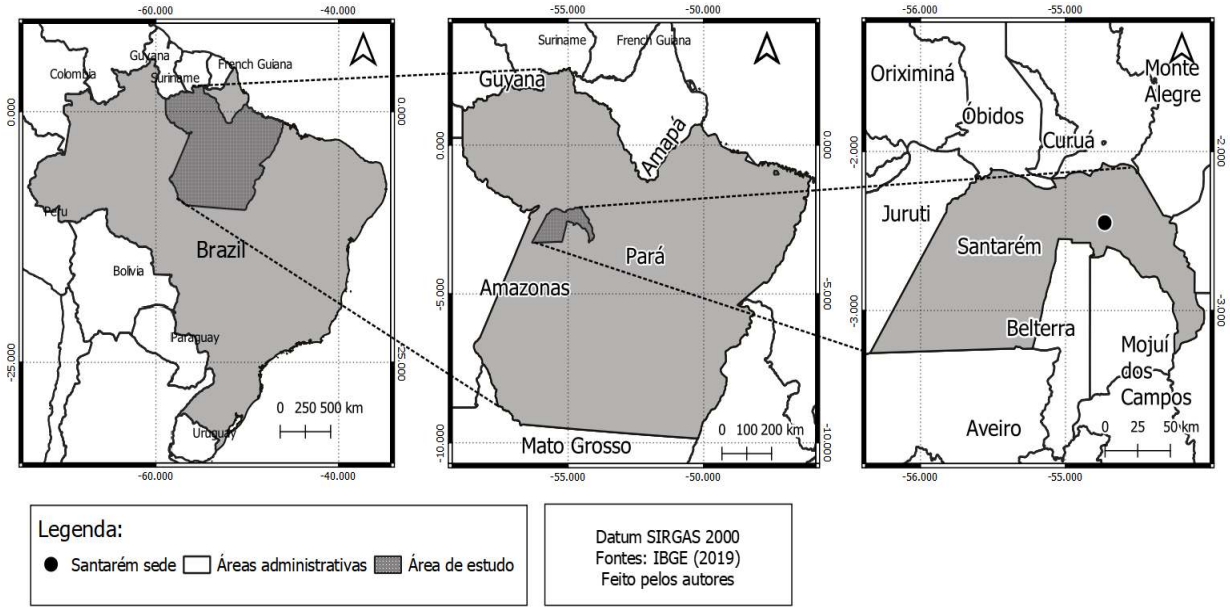
2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

A área de estudo compreende o município de Santarém, localizado no Oeste do Pará (Mapa 1) a aproximadamente 3649 km da capital Belém, na região da Amazônia Central (2° 26' 34" S; 54° 42' 28" O), com extensão territorial de 22. 887,080 km². Em 2021 o Instituto

Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) estimou a população em cerca de 308.339 habitantes, o terceiro município paraense mais populoso, com 97 km² concentrado em perímetro urbano (IBGE, 2021; SANTARÉM, 2021).

Mapa 1 - Posição Geográfica do estado do Pará e do município Santarém.



Fonte: Autores (2021).

O clima predominante da região é quente e úmido. A compensação de temperatura média anual é de 26 ° C e a umidade relativa média é de 86%. O índice pluviométrico é superior a 2.000 mm / ano, mais intenso durante o período denominado "inverno amazônico", que ocorre de dezembro a maio, e a precipitação média mensal varia de 120 mm a 380 mm (Jacinto et al., 2006). Junho a novembro é o período mais seco, correspondendo ao "verão" regional. Pelo método de Köppen (KOPPEN, 1936), o clima na região é classificado como tipo tropical monçônico (Am), apresentando uma estação seca moderada, com ocorrência de no mínimo um mês com valor de precipitação média inferior a 60mm (ROCHA et al., 2009).

2.2. Procedimentos Metodológicos

2.2.1. Métodos e dados

Foram utilizadas uma série histórica de dados mensais de precipitação, temperatura máxima (C°) e mínima (C°), umidade relativa (%) e insolação (W/m²), variáveis que são notórias

componentes dos fatores ambientais ligados ao estresse e desconforto térmico (EPSTEIN; MORAN, 2006). Devido à carência de mais estudos sobre as possíveis associações entre as variáveis meteorológicas e a comorbidade diabetes mellitus (DM), principalmente em climas mais quentes, foi realizado esta análise, com o intuito de adquirir resultados que indicassem ou rechaçassem possíveis associações relacionadas ao aumento de internações por DM, assim como identificar se há associação entre a variabilidade dos elementos meteorológicos analisados e a taxa de internações pela doença na população em estudo. Os dados meteorológicos foram obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), disponibilizados em seu Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP).

Foram analisados mensalmente as internações hospitalares de diabetes mellitus (CID-10), totalizando 2173 casos de internação. Esses dados são provenientes do Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS), induzido pelo Ministério da Saúde. As informações disponibilizadas em ambas as bases de dados referem-se ao período de 2010 a 2020 na cidade de Santarém-PA. As lacunas de dados das séries temporais foram contornadas por técnicas de imputação múltipla (ZHANG, 2016).

Os métodos e dados utilizados foram tratados e compilados através do software livre R 3.5.0. A linguagem computacional R tem seus modelos de forma estatística e gráfica, onde essas fornecem um aparato de técnicas como análise de séries temporais, métodos multivariados, modelos linear e não linear, e outros (FILIPA, 2020).

2.2.2. Correlação cruzada

É determinado como um agrupamento de correlações de amostra entre X*t+h* e Y*t* para h = 0, ± 1, ± 2, ± 3 e assim por diante. Um valor negativo para h é uma correlação entre a variável x em um momento antes *t* e a variável *y* no tempo *t* (COMIN et al., 2009).

A correlação cruzada mede a similaridade entre sinais de duas variáveis, dependendo do atraso sobreposto a uma delas. Esta técnica detecta o grau e o momento em que os dois termos se correlatam, permitindo assim discutir como esses procedimentos interagem entre si (GOMES et al., 2018). Para ponderar a função da correlação cruzada pode ser calculada através da equação (1):

(1) $$\hat{\rho}xy\ (h) = \frac{\sum_{t=1}^{n-h}(xt+h-\bar{x})(yt-\bar{y})}{n^{-1}\sum_{n=1}^{n}(xt-\bar{x})^2(\sum_{t=1}^{n} yt-\bar{y})^2}$$

Logo, *x* e *y* são as médias; *h* é o coeficiente de defasagem; *Xt* e *Yt* as séries temporais; e n é o número de observações (FREITAS et al., 2021). Esta técnica será a base para verificar se existe associação e tempo resposta entre as variáveis meteorológicas e o número de internações por Diabetes *Mellitus* em Santarém.

2.2.3. Análise de componentes principais

O efeito sinérgico entre as variáveis meteorológicas foi obtido por meio da técnica da estatística multivariada, análise de componentes principais (ACP) que consiste em transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão (KHATTREE; NAIK, 2000). Cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, são independentes entre si e estimadas com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo de informação, em termos da variação total contida nos dados. Procura-se redistribuir a variação observada nos eixos originais de forma a se obter um conjunto de eixos ortogonais não correlacionados (VARELLA, 2008). Esta técnica é apropriada para a produção de índices e agrupamento de indivíduos ou variáveis (HONGYU, 2015). Para verificar as associações utilizaram-se a regressão via componente principal.

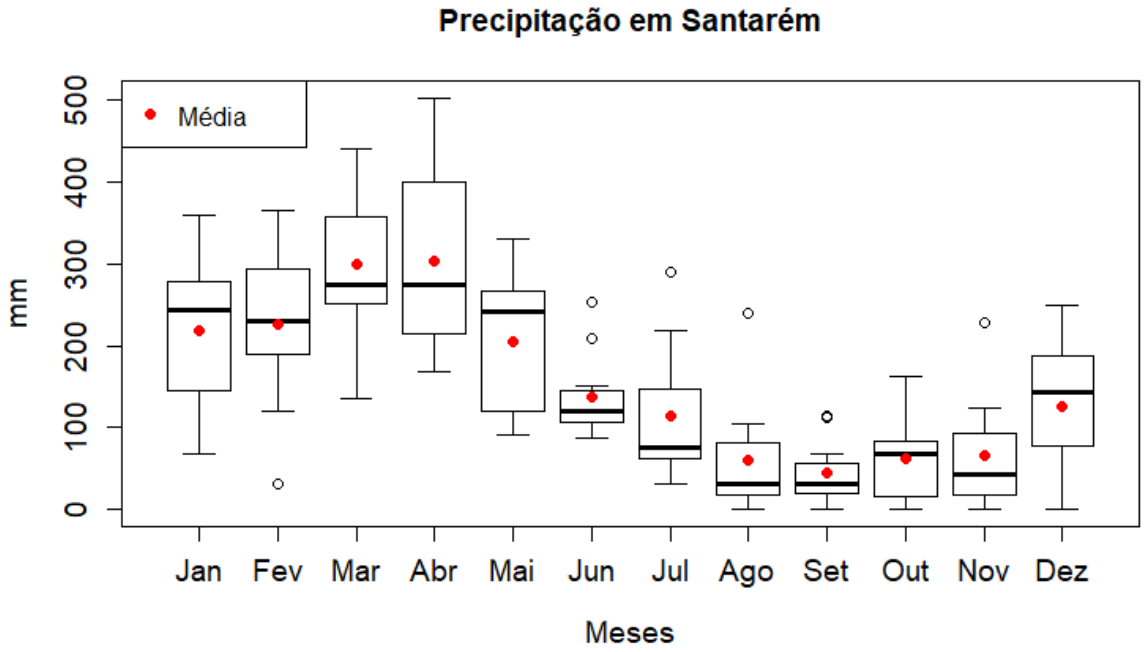
O método de regressão por componentes principais (RCP) ao invés de decompor as matrizes X (variáveis independentes) e Y (variáveis dependentes), decompõe apenas a matriz X. O algoritmo utilizado na RCP emprega etapas semelhantes à análise de componente principal (ACP) para decompor a matriz de dado X e, então, relacionar os resultados da ACP aos dados das propriedades de interesse (PASTI, 1998).

3. DESENVOLVIMENTO

A precipitação média para o período estudado (2010-2020) foi de 155 mm. Ao analisar o gráfico boxplot da figura 1, observa-se que a variável apresenta sazonalidade durante o ano, onde o período mais chuvoso ocorre entre os meses de dezembro a maio com acúmulos superiores a 150 mm e o período menos chuvoso, de junho a novembro, com acúmulo abaixo de 100 mm. Destacam-se os meses de fevereiro, março e abril que apresentam os maiores valores acumulados sendo 225 mm, 298 mm e 303 mm, respectivamente. Os meses secos, onde há menores valores, são agosto e setembro, com total de 59.3 mm e 44.06 mm

acumulados (figura 1). Os meses de picos seguem resultados semelhantes, encontrados por outros autores como Costa e colaboradores (2013) que constataram que existe uma irregularidade durante o ano no regime de chuvas e apresenta uma média anual de 2000 mm, e os meses chuvosos correspondem de dezembro a junho e os menos chuvosos de julho a novembro.

Figura 1 - Gráfico de precipitação em Santarém no período de 2010 a 2020.

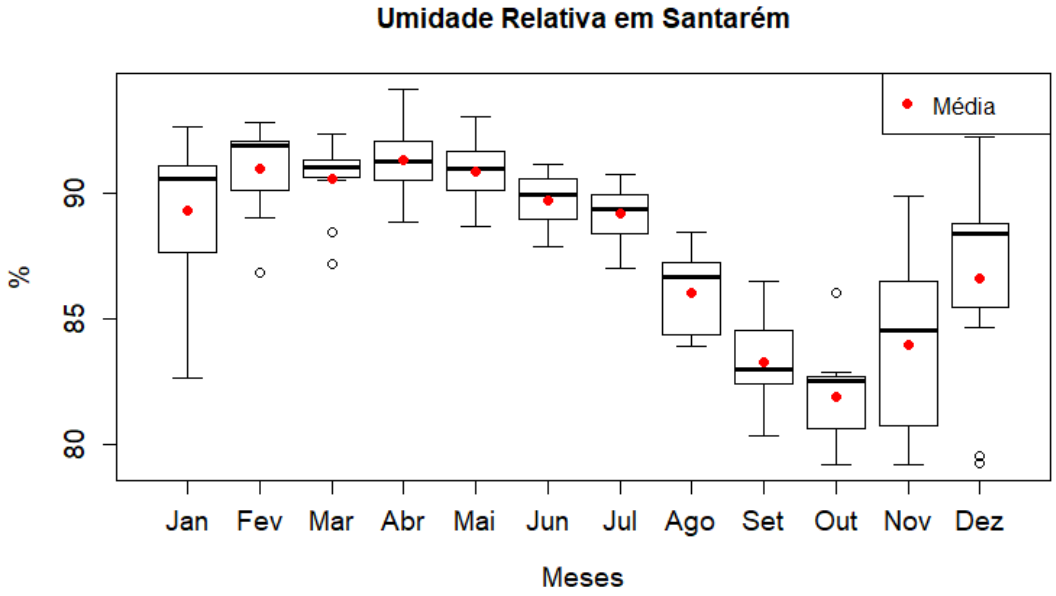


Fonte: autores (2021).

A umidade relativa média do período analisado (figura 2) foi de 87.7% e apresenta amplitude entre seus valores de aproximadamente 30%. No período mais úmido, com início em novembro e final em julho, a umidade relativa é superior aos 80%. Com os meses mais chuvosos do ano, os valores de umidade chegam a 91.3% no mês de maio. Junho e julho são os meses de transição para o período menos úmido. No período menos úmido há maior variação de amplitude, principalmente no mês de novembro. Outubro é o mês de menor umidade, com 81.8%. Nota-se a presença de outliers inferiores nos meses de outubro e dezembro, onde houve extremos de umidade menores e maiores do que a média do período menos úmido. Também houve outliers no período mais úmido (chuvoso), com umidade entre 85% e 88%. A umidade relativa para a região de Santarém apresenta um índice elevado devido ao regime de chuvas da região e a vegetação, por ser uma área que integra a Amazônia. A sua variabilidade é associada ao regime pluviométrico, ou seja, sempre será mais elevado nos

períodos de maior índice de precipitação. Esses resultados foram encontrados por outros autores (NASCIMENTO, 2017), onde foram abordados fatores únicos na região de Santarém como a alta taxa de umidade do ar.

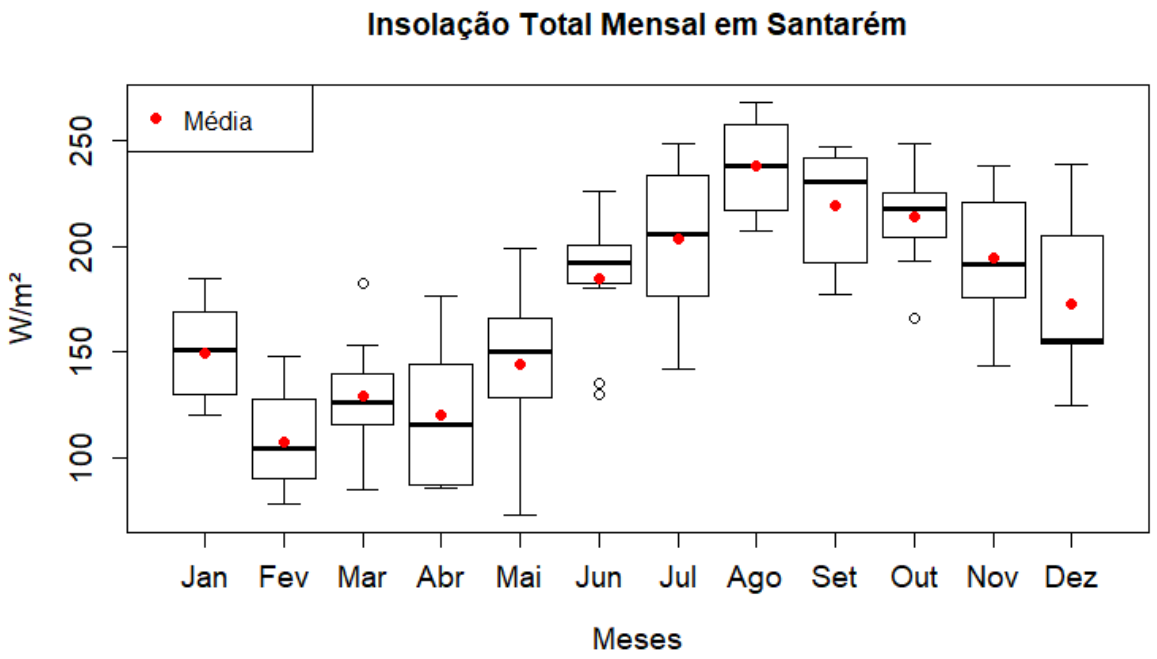
Figura 2 - Gráfico de umidade relativa média em Santarém no período de 2010 a 2020.



Fonte: autores (2021).

A insolação média em Santarém varia de 100 a 250 W/m², com valor médio de 173.20 W/m². O gráfico da figura 3 mostra um comportamento sazonal com insolação menos intensa nos meses de janeiro a junho, que coincidem com os meses mais chuvosos. Fevereiro é o mês de menor insolação, com 107.4 W/m². De julho a dezembro há maior intensidade de insolação, que coincide com os períodos de maiores temperaturas, menos chuvas, menores valores de umidade e aumento de temperatura mínima. De julho a outubro há a maior curva de insolação com os maiores valores, com destaque no mês de agosto, onde a insolação máxima chega a 238 W/m². A figura também apresenta outliers no mês de março, junho e outubro.

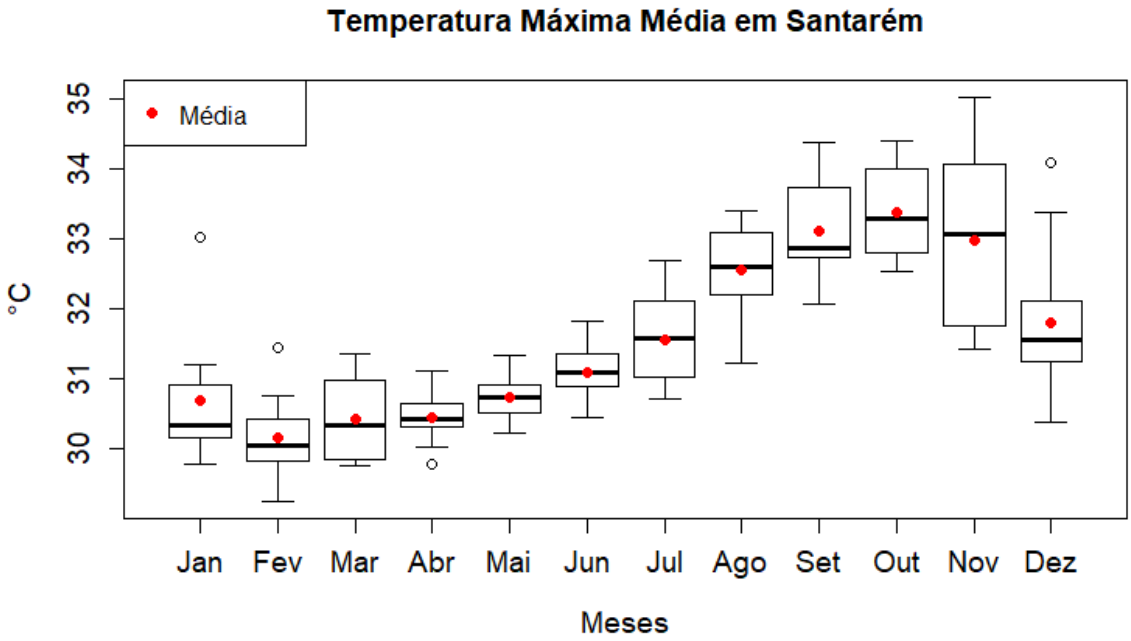
Figura 3 - Gráfico de insolação total mensal em Santarém no período de 2010 a 2020.



Fonte: autores (2021).

Observa-se em Santarém que os valores da temperatura máxima média (figura 4) são elevados ao longo de todo ano, onde apresenta um ciclo anual bem definido. O valor médio de todo o período analisado foi de 31.57°C, onde os menores valores ocorrem de janeiro a maio, meses marcados pelo período chuvoso, onde há pouca variação de amplitude e média de 30°C. Nos meses de junho e julho acontece o período de transição da época menos quente para a mais quente, e o inverso em dezembro. Os maiores valores são observados nos meses de agosto a novembro, onde a temperatura varia de 32.5° C a 33.3°C, nessa época o mês de outubro destaca-se por ser o mês mais quente do ano. Novembro é o mês com maior variação de amplitude e abril o de menor. Nota-se nos meses de dezembro a fevereiro a existência de outliers superiores, onde a temperatura ultrapassou os 33°C. Tanto estudos observacionais (LOLA et al., 2013) como estimados (DE PÁDUA ANDRADE et al., 2013) se alinham aos valores médios neste trabalho obtidos para temperatura máxima em Santarém.

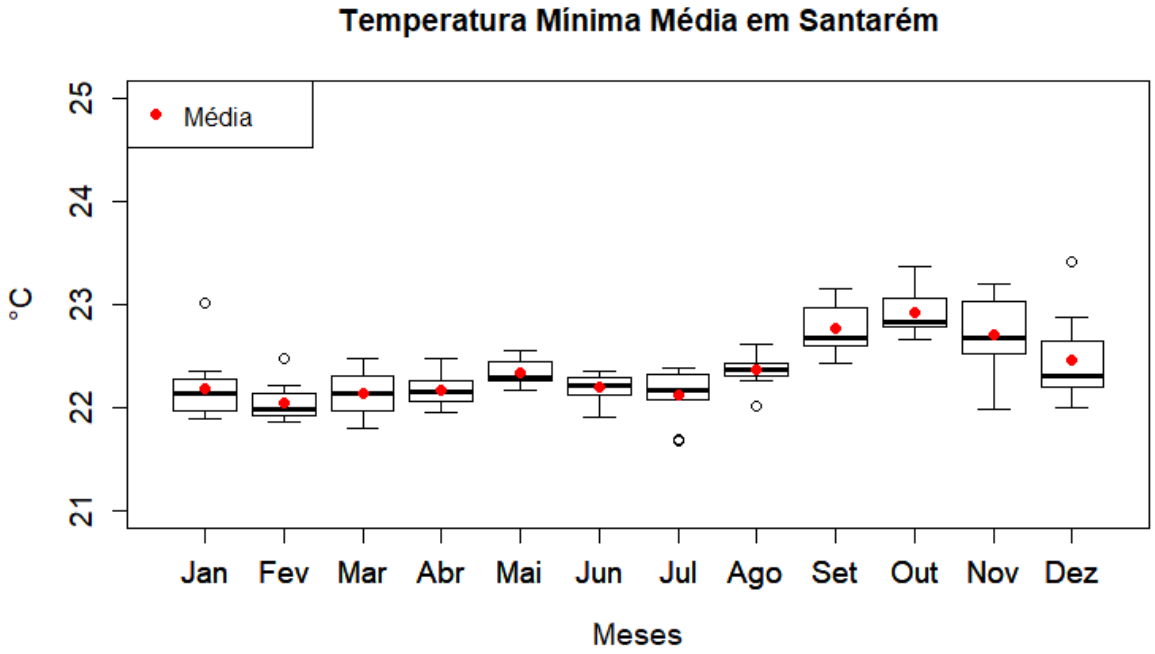
Figura 4 - Gráfico de temperatura máxima média em Santarém no período de 2010 a 2020.



Fonte: autores (2021).

Verifica-se menor variabilidade nos valores de temperatura mínima (figura 5), comparado com os valores da máxima, mencionados anteriormente, e um ciclo semianual definido. O mês de maior variabilidade foi novembro, e o de menor foi em agosto. A média da variável para o período total analisado foi de 22.37°C. Durante os meses de janeiro a abril, há pouca variação de amplitude e os valores da temperatura são em torno de 22°C. Os valores mais elevados ocorreram de setembro a novembro, sendo outubro, com 22.9°C o mês de maior temperatura mínima. Destacam-se os meses de maio e dezembro como os inícios do período de transição, a presença de um outliers superiores em dezembro e janeiro, onde a temperatura mínima chegou a 23°C e 23.2°C, respectivamente. Em julho e agosto também houve outliers inferiores, onde a temperatura mínima esteve abaixo dos 22°C (figura 5). Lola et al. (2013) utilizando dados em diferentes localidades do município de Santarém obtiveram valores médios de temperatura mínima que oscilam entre 22,3 e 26,7 °C, não se afastando da média e amplitude observada.

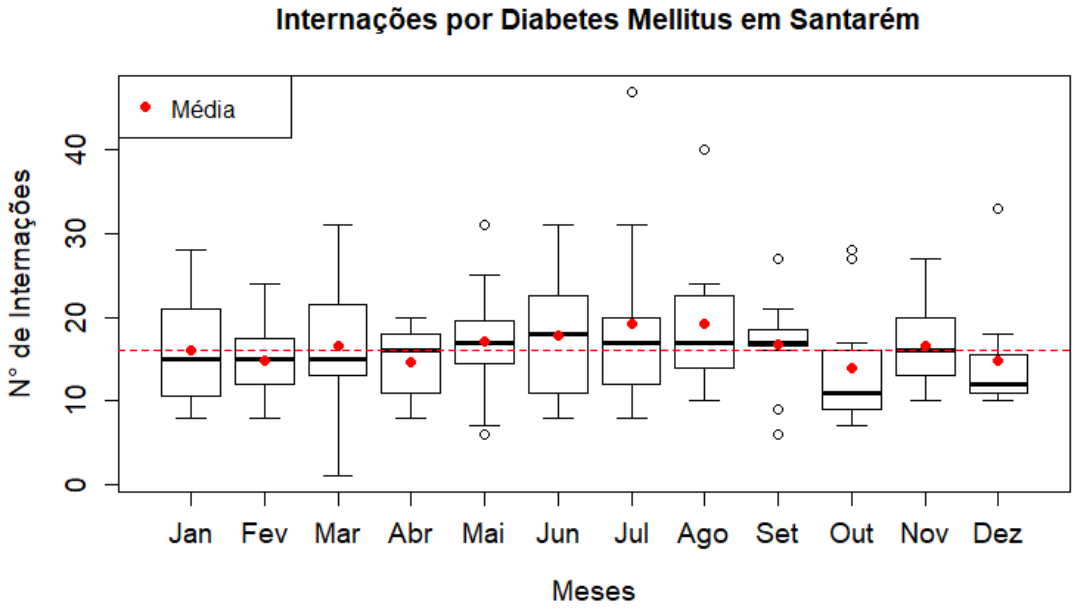
Figura 5 - Gráfico de temperatura mínima média em Santarém no período de 2010 a 2020.



Fonte: autores (2021).

O gráfico da figura 6 mostra as internações por diabetes mellitus no período estudado, com média de 16 internações mensais. Geralmente, há pouca variabilidade e os valores ficam entre 14 a 17 internações ao mês. Os meses de maio, junho e julho se destacam com os maiores valores em média do período, onde ocorreram 17 internações mensais. Pode-se salientar que os altos números mensais de internações podem ocorrer devido à transição do período chuvoso para o período seco, apresentando altas temperaturas e forte incidência de insolação, fatores que contribuem na intensificação das internações por DM, dado que o aumento da temperatura do ar e ocorrência de ondas de calor faz com que o organismo desses indivíduos fique mais vulnerável devido à termorregulação. Com altos índices de insolação, a transpiração é dificultada, isso faz com que haja o aumento de glicose sanguínea, através do aumento da taxa de metabolismo e gordura subcutânea.

Figura 6 - Gráfico de internações por diabetes mensal em Santarém no período de 2010 a 2020.



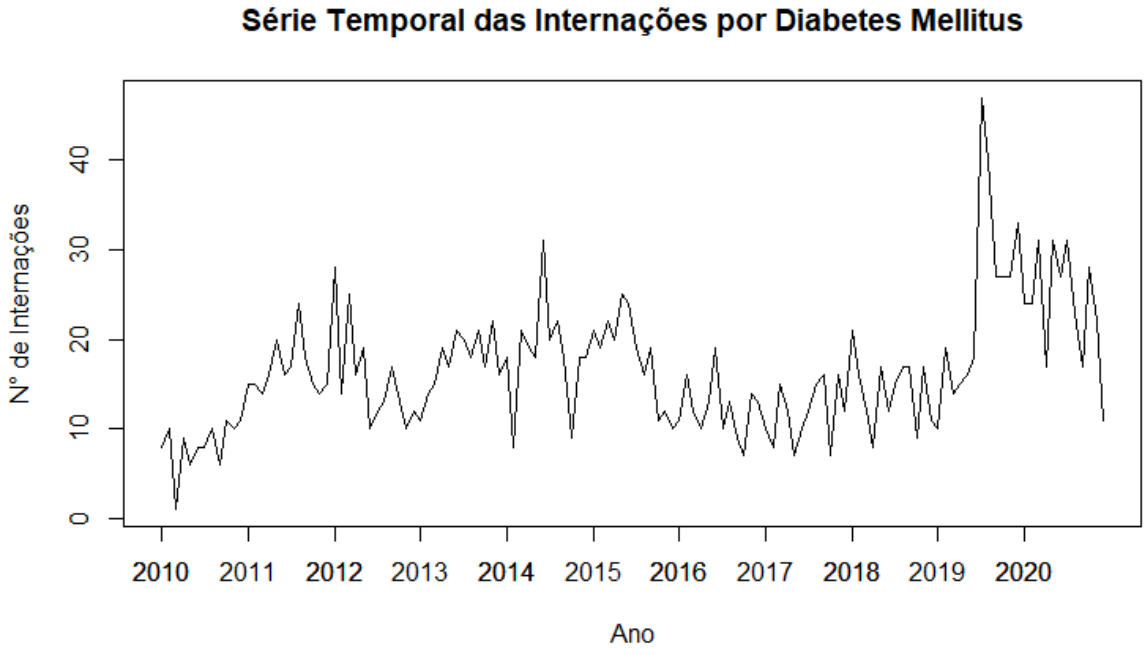
Fonte: autores (2021).

A série temporal de internações por diabetes mellitus (figura 7) indica que houve crescimento dos casos nos últimos 10 anos.

É possível observar 3 picos elevados de internações, o primeiro ocorreu em janeiro de 2012 com o registro de 28 casos, o segundo em junho 2014 com 31 casos e o maior pico da série ocorreu em julho 2019 com um total mensal de 47 casos, seguido por 40 casos notificados em agosto deste mesmo ano. Segundo a Sociedade Brasileira de Diabetes (2019), no Brasil 50% dos diabéticos não sabem que têm a doença, isso pode possibilitar que os dados coletados podem estar abaixo da realidade da população. O aumento súbito de internações por DM observado no maior pico de 2019 e os valores relativamente altos de internações nos meses subsequentes carecem de maiores investigações para determinar suas causas. No entanto, conforme observado na distribuição anual de internações na figura (7), os meses de 2019 onde ocorre tal pico estão no período do ano em que ocorrem as maiores médias e aumento nas internações ao longo da série temporal. O patamar relativamente elevado dos valores de internação no ano de 2020 podem estar associados com as transformações decorrentes da crise sanitária de covid-19, que aumentaram os fatores de risco de doenças crônicas como a DM (BARBOSA et al., 2020).

Ao decorrer dos anos, o aumento nas internações da patologia pode ter sido influenciado por diversos fatores, como o estilo de vida, mudanças no consumo de alimentos e também pelas mudanças climáticas. Alguns estudos (TAN, 2015; SORIA et. al., 2019) encontraram associações ligadas às alterações no clima em outras áreas do globo. As mudanças climáticas aumentam a incidência e persistência de eventos extremos, logo, aumentam as condições de temperaturas extremas. Devido à incidência desses extremos ter aumentado, os casos registrados de diabetes mellitus também aumentaram (DAIN et. al., 2012). No gráfico da figura 7, no entanto, não é possível enxergar possíveis sazonalidades, somente o número de internação por ano, que, como descrito brevemente, pode ter ocorrido por muitos motivos diferentes e combinados.

Figura 7 -Gráfico de internações por diabetes mensal em Santarém no período de 2010 a 2020.

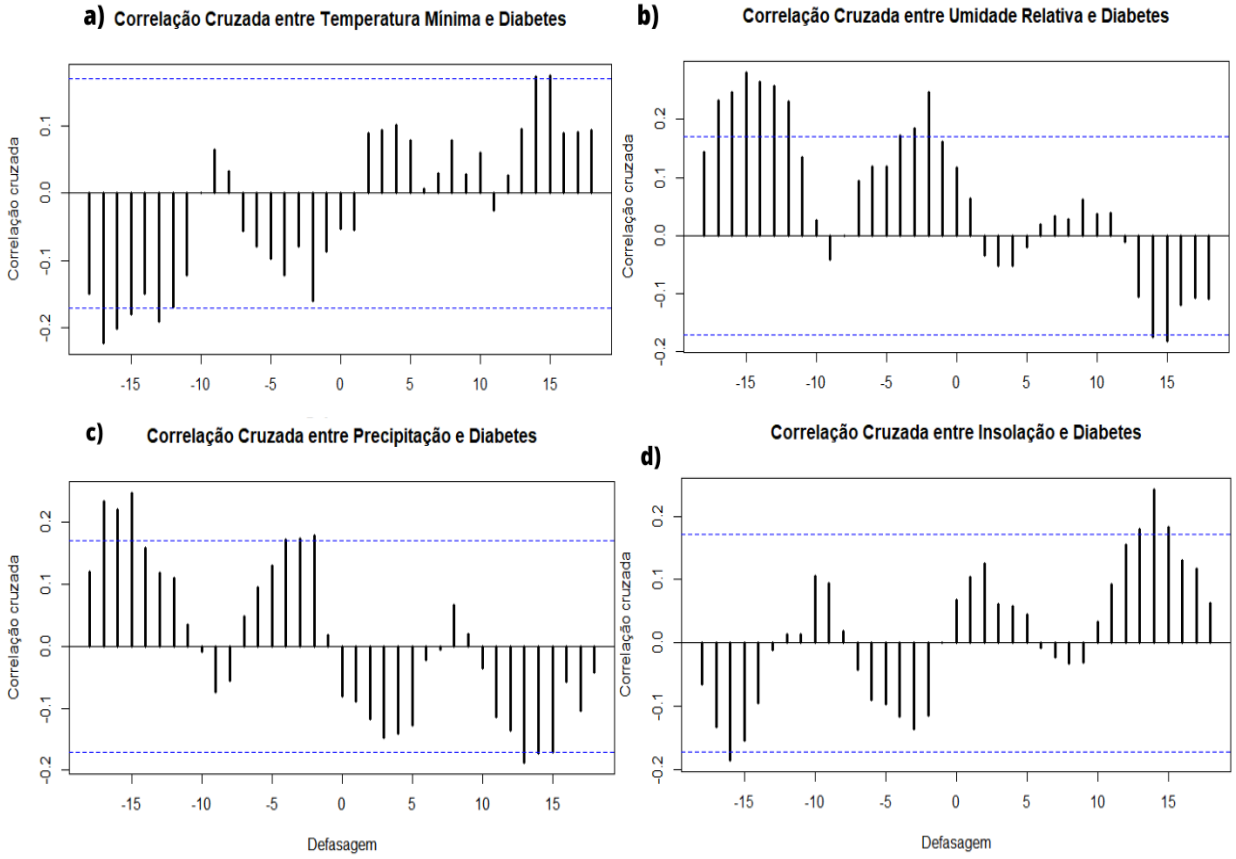


Fonte: autores (2021).

Na figura 8 constam os resultados da técnica de correlação cruzada (cc) entre os casos de internação e as séries temporais, respectivamente, de temperatura mínima (a), umidade relativa (b), precipitação (c) e insolação (d). Nos gráficos de umidade relativa (c) e precipitação (e) vs internações foram observadas correlações estatisticamente significativas com valores negativos. A correlação negativa sugere que mínimos e máximos de precipitação e umidade se correlacionam inversamente com o comportamento da série de internações. Já nos gráficos

de temperatura mínima (a) e insolação (d) foram observadas correlações significativas com valores positivos, que sugerem associação direta entre essas variáveis e os números de internações. Porém, em todas as cinco análises os *lags* temporais foram maiores que 10 meses, defasagens de valores muito elevados que afastam possivelmente a constatação, através desta técnica, de uma associação consistente com número de internações por diabetes.

Figura 8 - Gráfico de correlação cruzada entre precipitação e internações por diabetes no município de Santarém.

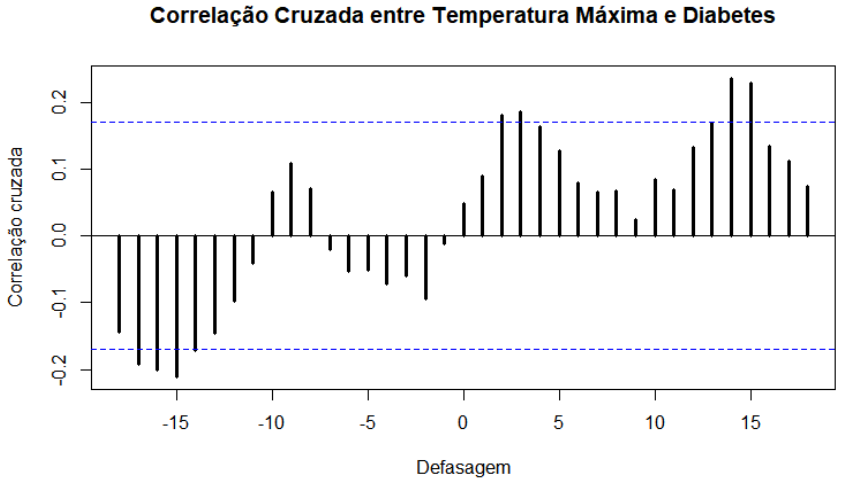


Fonte: autores (2021).

Já o gráfico de correlação cruzada entre a série temporal de temperatura máxima e internações (figura 9) apontam uma correlação estatisticamente significativa e positiva no lag 2 e 3. Tal correlação sugere, com uma defasagem de dois a três meses, que um aumento ou diminuição dos valores de temperatura máxima induzem, respectivamente, aumento ou diminuição dos valores de internação por diabetes. O lag temporal de dois e três meses aponta

para possíveis efeitos prolongados da temperatura, que como descrito anteriormente, são elevados durante todo o ano na área de estudo.

Figura 9 - Gráfico de correlação cruzada entre temperatura máxima e internações por diabetes no município de Santarém.



Fonte: autores (2021).

Para validação dos dados foi utilizada a técnica de ACP e RCP. Sendo assim, na tabela 1 é possível verificar o desvio padrão, a proporção de variância e proporção acumulada de cada componente. Analisando os resultados obtidos de proporção acumulada, é possível explicar 96% da variação existente nos dados até a terceira componente.

Tabela 1 - Variação existente nos dados; desvio padrão; proporção da variância total e proporção acumulada.

	Comp. 1	**Comp. 2**	**Comp. 3**	**Comp. 4**	**Comp. 5**
Desvio-padrão	2,01303	0,7078	0,5324	0,3019	0,2687
Proporção de variação	0,81045	0,1002	0,0567	0,0182	0,0144
Proporção acumulada	0,81045	0,9106	0,9673	0,9856	1

Fonte: autores (2021)

Através da ACP foram obtidos os pesos de cada variável em cada componente, conforme exposto na tabela 2. A componente 1 contém informações da insolação,

precipitação, temperatura máxima, temperatura mínima e umidade relativa com pesos similares. Já na componente 2 a insolação foi a variável que mais contribuiu, na terceira componente a precipitação, na quarta a umidade relativa e na quinta a temperatura.

Tabela 2 - Pesos das variáveis meteorológicas em cada componente principal.

	Comp. 1	**Comp. 2**	**Comp. 3**	**Comp. 4**	**Comp.5**
INS	0,411	0,679	0,519	0,172	0,267
PREC	-0,429	-0,334	0,834		
TMM	0,481		0,149		-0,858
TMIN	0,439	-0,596		0,569	0,352
UR	-0,472	0,257		0,799	-0,252

Fontes: autores (2021).

Posterior à utilização da RCP foi possível encontrar significância entre as variáveis na 3ª componente, conforme a tabela 3. Na regressão verificou-se significância estatística quando o efeito sinérgico ocorre entre a insolação, a precipitação e a temperatura máxima, contribuindo para o agravamento das internações por *Diabetes Mellitus.*

Tabela 3 -Regressão via componente principal.

	Estimativa	**Erro padrão**	**P-valor**	**Pr (>|t|)**
Intercepto	-216,045	76,4739	-2,825	0,00511**
comp. 1	0,8964	0,9664	0,927	0,35458
comp. 2	-0,1722	15382	-0,112	0,91097
comp. 3	**0,2994**	**0,1422**	**2,105**	**0,03629***
comp. 4	1,6873	1,6551	1,019	0,30899
comp. 5	-2,5755	1,5329	-1,68	0,09419

Fontes: autores (2021)

Analisando os resultados encontrados positivamente na RCP entre insolação e DM, observa-se que esses resultados já foram encontrados anteriormente por autores como Pereira (2012) para localidades no Brasil.

A variabilidade da precipitação pode influenciar e ser associada a vários tipos de doenças respiratórias e também crônicas, como a diabetes. Encontrou-se associação entre a precipitação e as internações por DM, sabe-se que a precipitação está intimamente ligada a temperatura, quanto menor a taxa de precipitação maior as taxas temperaturas, ou seja, há o aumento do calor, nesse sentido, diversos trabalhos, como Westphal (2010), fizeram estudos que relacionam o calor ao aumento de internações por diabetes mellitus.

A região de estudo localiza-se nos trópicos, onde há uma intensa incidência de radiação e características regionais como altas taxas de insolação e de temperatura durante todo o ano, além de um regime de chuvas intenso, que através dos resultados encontrados na RCP revelaram-se associadas de forma conjunta com ocorrência de diabetes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foi possível encontrar correlação entre as variáveis meteorológicas e *Diabetes Mellitus,* que podem influenciar o número de internações no município de Santarém. A correlação cruzada demonstrou lag temporal de dois e três meses que sugerem possíveis efeitos prolongados da temperatura máxima e sua associação com o aumento de internações da DM, não houve associação significativa na temperatura mínima, insolação, precipitação e umidade, devido os meses respostas serem muito distantes.

Os resultados sinérgicos entre temperatura máxima, precipitação e insolação obtidos pela RCP demonstram contribuição para o agravamento das internações por DM, com peso 0,834 na precipitação, peso 0,519 na insolação, e peso 0,149 na temperatura máxima, onde a precipitação é a que mais contribuiu para o efeito das variáveis em conjunto.

De acordo com esses resultados sugere-se a criação de programas complementares efetuados junto aos órgãos de saúde pública para a prevenção de internação por diabetes mellitus em função das variáveis meteorológicas. Espera-se que os resultados encontrados possam servir de base para demais esforços investigativos da comunidade científica sobre o tema.

REFERÊNCIAS

AMORIM, J *et al*. Associação entre variáveis ambientais e doenças respiratórias (asma e bronquite) em crianças na cidade Macapá-AP no período de 2008 a 2012. Planeta Amazônia: **Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas,** Macapá, n. 5, p. 141-153, 2014.

ARTAXO, P.; CORREIA, A. L.; MAENHAUT, W. **"Measurements of Atmospheric Aerosols in the Antarctic Península Fron 1985 to 1996".** Melbourne. 1997.

BAI L. *et al*. **Hospitalizations from Hypertensive Diseases, Diabetes, and Arrhythmia in Relation to Low and High Temperatures: Population-Based Study.** Scientific Reports. July, 2016.

COMIN, T. T.; POZZA, S. A.; COURY, J. R. **Correlação entre Internações por problemas respiratórios e a emissão de material particulado na cidade de São Carlos - SP.** Congresso brasileiro de sistemas particulados. Campinas -SP. 2009.

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; FILHO, J.; M. D. **Análise Multivariada: para os cursos de administração, ciências contábeis e economia.** Ed. Atlas. São Paulo, 2007.

COSTA, A. C. L. *et al*. Índices de conforto térmico e suas variações sazonais em cidades de diferentes dimensões na Região Amazônica. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V. 06 N. 03. 478-487. 2013.

DAIN, K.; HADLEY, L. **Diabetes e mudanças climáticas - dois desafios globais interconectados.** Diabetes Res. Clin. Prato. 2012, *97*, 337-339.

DE PÁDUA ANDRADE, S. C. *et al.* **Estimativa de albedo, NDVI e Temperatura de Superfície no município de Santarém-PA**.

FILIPA. S. **O que é Linguagem R?** Artigos, materiais e tutoriais de Business Intelligence, Big Data, Data Warehouse e ETL. Cursos de BI e BigData. 2020.

FONTANELLA M.S. **Percepção do ambiente térmico: preferências subjetivas e conforto térmico.** 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto,2009.

FREITAS, B. S. *et al*. Análise da associação entre variáveis meteorológicas e as internações hospitalares por dengue no município de Rio branco/AC. **Revista de Geociências do Nordeste.** v. 7, nº 2 (2021).

GOMES, A. C. S.; CONSTANTINO, S. M. H.; LUCIO, P. S. Dynamic Regression Model for Evaluating the Association Between Atmospheric Conditions and Deaths due to respiratory diseases in São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia,** v. 33, n. 1, 1-10, 2018.

HEALTH CANADA. **Extreme Heat Events Guidelines: Technical Guide for Health Care Workers.** Water, Air and Climate Change Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada. Ottawa, Ontario, 149. (Catalogue No. H128-1/11-642E)

HONGYU K.; SANDANIELO V.L.M.; JUNIOR G. J. O.V. **Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação.** Engineering and Science 2015, 5:1

IBGE, **Estimativas da população residente no Brasil e Unidades da Federação com data de referência em 1º de julho de 2021**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Consultado em 2 de outubro de 2021.

JACINTO, A. I. *et al.* **Aspectos físicoterritoriais e atrações turísticas do município de Santarém, Pará.** 2006. Acesso: 19 out. 2021.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. Madison: Prentice Hall International, 1998. 816p.

KENNY, G. P.; SIGAL, R. J.; MCGINN, R. **Body temperature regulation in diabetes**. Temperature, v. 3, n. 1, p. 119-145, 2016.

KHATTREE, R.; NAIK, D.N. **Multivariate data reduction and discrimination with SAS software.** Cary, NC, USA: SAS Institute Inc., 558 p., 2000.

KOPPEN, Wladimir. Das geographische system der klimat. **Handbuch der klimatologie**, p. 46, 1936.

LII, W. G. *et al.* **Fatores de risco meteorológicos para internações hospitalares entre pacientes com diabetes mellitus em uma cidade subtropical**. Environmental Health Perspectives. 2015.

LOLA, A. C.; et al. V**ariações termo-higrométricas e influências de processo de expansão urbana em cidade equatorial de médio porte**. Brazilian Geographical Journal: geosciences and humanities research medium, v. 4, n. 2, 2013.

NASCIMENTO, J. A. P. **Classificação climatológica relacionando a variabilidade de índices de instabilidade da energia potencial convectiva disponível (CAPE), índice K (K) e precipitação na região de Santarém - PA.** 72 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2017.

PASTI, L. **Application of Fourier transform to multivariate calibration of near-infrared data.** Analytica Chimica Acta, p. 253-263. maio 1998. Acesso em: 24 nov. 2021.

PEREIRA, H. S. **Influência e correlação de variáveis meteorológicas com infarto agudo do miocárdio e diabetes mellitus.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande, 2012.

ROCHA, E. J. P. **Zoneamento climático: relatório preliminar ZEE-PA.** Belém: SIPAM. 31P. 2009.

SBD – Sociedade Brasileira de Diabetes. **Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes 2019-2020.** Clannad, 2019. *In* SEPOSO, X. T.; DANG, T. N.; HONDA, Y. **How does ambient air temperature affect diabetes mortality in tropical cities?** International journal of environmental research and public health, v. 14, n. 4, p. 385, 2017.

SCHWARTZ J. **Quem é sensível a extremos de temperatura?: Uma análise apenas de caso.** Epidemiology 2005; 16: 67–72.

SORIA, M. L *et al***. A incidência de diabetes mellitus tipo 2 nas Filipinas: um estudo de caso de 9 anos.** Diabetes Res.Clin. Prato. **2009**. *86*, 130–133.

TAN, G. H. **Diabetes Care nas Filipinas.** Ann. Glob. Health**. 2015**, 81, 863–869.

VALLIANOU, Natalia G. *et al*. **Diabetes mellitus in the era of climate change.** Diabetes & Metabolism. v. 47, n. 4, p. 101205, jul. 2021.

VARELLA, C. A. A. **Análise de Componentes Principais.** Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica - RJ. 2008

WESTPHAL, S. A., CHILDS, R. D., SEIFERT, K. M. **Managing Diabetes in the Heat: Potential Issues and Concerns.** Endocr. Pract., 16, 506-511. 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus**. Geneva: WHO, 1999.

XU, R. *et al*. **Association between Heat Exposure and Hospitalization for Diabetes in Brazil during 2000–2015: a nationwide case-crossover study.** Environmental Health Perspectives. v. 127, n. 11, p. 117005, nov. 2019.

ZHANG, Z. **Multiple imputations with multivariate imputation by chained equation (MICE) package**. Annals of translational medicine, v. 4, n. 2, 2016.