

**Oscilações climáticas das temperaturas extremas, média e amplitude térmica do ar em  
Bom Jesus Piauí, Brasil**

**Climatic fluctuations of extreme temperatures, average and thermal amplitude of the air  
in Bom Jesus Piauí, Brazil**

**Fluctuaciones climáticas de temperaturas extremas, amplitud media y térmica del aire  
en Bom Jesus Piauí, Brasil**

Recebido: 06/06/2020 | Revisado: 12/06/2020 | Aceito: 22/06/2020 | Publicado: 02/07/2020

**Wagner Rodolfo de Araújo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7203-0338>

Universidade Estácio de Sá, Brasil

E-mail: [wagneraraujops@gmail.com](mailto:wagneraraujops@gmail.com)

**Raimundo Mainar de Medeiros**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3455-9876>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: [mainarmedeiros@gmail.com](mailto:mainarmedeiros@gmail.com)

**Manoel Viera de França**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4973-9327>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: [manoelvieira.ufrpe@gmail.com](mailto:manoelvieira.ufrpe@gmail.com)

**Romildo Morant de Holanda**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7945-3616>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: [romildomorant@gmail.com](mailto:romildomorant@gmail.com)

**Resumo**

A temperatura do ar é um elemento climático que ao longo do tempo e em regiões tropical e semiárida poderá afetar o sistema produtivo agrícola ocasionando significativas mudanças nos próximos anos em consequência ao aquecimento global. O objetivo foi caracterizar as diferenças existente no clima de Bom Jesus Piauí quanto às oscilações climáticas nas temperaturas extremas, média e amplitude térmica para o período de 1990-2018 e seu comparativo com a média histórica de 1960-2018. Os dados utilizados foram adquiridos da estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia para o período de

estudo, as informações dos dados térmicos extremos, médio e amplitude térmica auxiliaram aos tomadas de decisões no meio agropecuário, rural, urbano e em várias áreas do conhecimento científico. As médias das temperaturas mínimas tendem a aumentar e as médias das temperaturas máximas tendem a manterem-se inalteráveis. Desta forma a temperatura média e as amplitudes térmicas tendem a manter-se em elevações. A altitude e a latitude têm analogias inversamente proporcionais, enquanto a longitude teve uma relação proporcional com a temperatura. Das temperaturas em estudados, a temperatura mínima é, destacadamente, a que apresenta maior aumento e maior consistência espacial.

**Palavras-chaves:** Oscilações e variabilidades térmicas; Variáveis climáticas; Ciclo da cultura; Produções agropecuárias.

### **Abstract**

Air temperature is a climatic element that over time and in tropical and semi-arid regions may affect the agricultural production system, causing significant changes in the coming years as a result of global warming. The objective was to characterize the differences existing in the climate of Bom Jesus Piauí regarding climatic fluctuations in extreme temperatures, average and thermal amplitude for the period of 1990-2018 and its comparison with the historical average of 1960-2018. The data used were acquired from the conventional meteorological station of the National Institute of Meteorology for the study period, the information of the extreme thermal data, medium and thermal amplitude helped the decision making in the agricultural, rural, urban and in several areas of scientific knowledge. Average minimum temperatures tend to increase and average maximum temperatures tend to remain unchanged. In this way, the average temperature and thermal amplitudes tend to remain at elevations. Altitude and latitude have inversely proportional analogies, while longitude has a proportional relationship with temperature. Of the studied temperatures, the minimum temperature is, notably, the one that presents the greatest increase and the greatest spatial consistency.

**Keywords:** Thermal oscillations and variability; Climatic variables; Crop cycle; Agricultural production.

### **Resumen**

La temperatura del aire es un elemento climático que con el tiempo y en las regiones tropicales y semiáridas puede afectar el sistema de producción agrícola, causando cambios significativos en los próximos años como resultado del calentamiento global. El objetivo fue caracterizar las diferencias existentes en el clima de Bom Jesus Piauí con respecto a las

fluctuaciones climáticas en temperaturas extremas, amplitud media y térmica para el período 1990-2018 y su comparación con el promedio histórico de 1960-2018. Los datos utilizados se obtuvieron de la estación meteorológica convencional del Instituto Nacional de Meteorología para el período de estudio, la información de los datos térmicos extremos, la amplitud media y térmica ayudó a la toma de decisiones en las áreas de conocimiento científico agrícola, rural, urbano y en varias áreas. Las temperaturas mínimas promedio tienden a aumentar y las temperaturas máximas promedio tienden a permanecer sin cambios. De esta manera, la temperatura media y las amplitudes térmicas tienden a permanecer en las elevaciones. La altitud y la latitud tienen analogías inversamente proporcionales, mientras que la longitud tiene una relación proporcional con la temperatura. De las temperaturas estudiadas, la temperatura mínima es, en particular, la que presenta el mayor aumento y la mayor consistencia espacial.

**Palabras clave:** Oscilaciones térmicas y variabilidad; Variables climáticas; Ciclo de cultivo; Producción agrícola.

## 1. Introdução

Em região de clima de áreas próximas contrastantes (de um lado chuvoso do outro semiárido), como o Nordeste do Brasil (NEB) e em particular o Estado do Piauí, o monitoramento térmico é muito importante para tomada de decisões que tragam benefício para população e a agropecuária. O conhecimento histórico das condições climáticas é importante para efetuar o planejamento dos cultivos e o manejo a ser realizado durante o ciclo da cultura, observando-se cuidadosamente a variabilidade térmica e sua intensidade, o que pode ser evitado ao máximo à ocorrência da temperatura destaca-se na condução de estudos concernentes à ordenação agrícola, uso do solo, zoneamento ecológico e aptidão climática, época de semeadura, estimativa do ciclo das culturas e do bem estar da população, dentre outras atividades (Oliveira, Reis, reis, Leite & Costa, 2002).

Medeiros & Cavalcanti (2020) analisaram as tendências térmicas climáticas, anuais das temperaturas máxima e mínima em Bom Jesus Piauí, compreendido entre os anos (1960-2018), e discutiram suas possíveis causas. Utilizaram-se dados de temperaturas máxima e mínima do ar (°C) adquiridos do Instituto Nacional de Meteorologia. Para as séries dos dados calcularam-se as médias mensais e os totais anuais e estacionais correspondentes às estações verão, outono, inverno e primavera. Os resultados possibilitaram fazer uma delimitação do comportamento climático na área estudada, fornecendo delimitações de um período quente

e/ou frio servindo de alerta as autoridades e aos tomadores de decisões, para um melhor planejamento agropecuário e dos agronegócios. As flutuações das temperaturas decorrem dos sistemas sinóticos atuantes na época do período chuvoso e do período seco tal como dos impactos no meio ambiente e das atuações dos sistemas sinóticos transientes de larga escala e de sua escala local e regional. Estas Tendências climáticas foram observadas em escala regional e local foram constatadas na área estudada. A caracterização temporal, em escala mensal e anual, geraram valores simulados muito próximos aos valores observados, fato comprovado por índices estatísticos de desempenho satisfatório.

A temperatura do ar influencia na tomada de decisão sobre os locais mais adaptáveis e com melhores características de desenvolvimento agrícola, tanto para os vegetais, animais e a agroindústria. Nas atividades agrícolas, a temperatura pode ser decisiva para o conforto térmico e para a escolha do tipo de cultura a ser adotada, propagação de patógenos e no crescimento e desenvolvimento das plantas (Duarte et al., 2011). A amplitude térmica diária afetar a taxa de crescimento de modo negativo nas culturas agrícolas, visto que são fatores críticos sobre seu desenvolvimento (Segovia et al., 1997; Hoch & Kornes, 2008) e produtividade das plantas, na fase reprodutiva os valores extremos poderá ocasionar esterilidade de grãos (Buriol et al., 2000; Kuinchtner, Simões & Buriol, 2007).

Medeiros et al. (2020) analisaram a variabilidade das temperaturas médias do ar e seu comportamento espaço temporal para a área de Mata Pernambucana composta por 44 municípios do período 1950-2017. Verificaram que a série temporal apresentou tendência de redução e um componente sazonal com periodicidade de 0,7 a 1,4 meses. Os autores obtivemos um bom ajuste para os modelos das séries das médias móveis para 5 e 10 anos, com valores esperados dentro do intervalo de confiança, resultado satisfatório, considerando as incertezas do erro padrão e o clima que podem alterar os resultados esperados. Na parte agrícola, os riscos de maiores tensões são apresentados com o aumento da evapotranspiração e evaporação, a recorrência do uso d'água irrigada não é descartada. Altitude e latitude são as variáveis fisiográficas que melhor explicam a variação da temperatura média do ar na área estudada.

As informações sobre as flutuabilidades climáticas de uma determinada área são de fundamentais conhecimentos para uma melhoria na produção agrícola familiar e agropecuária sustentável, ajudando na prevenção de fenômenos adversos atmosféricos (Folhes & Fische, 2006). Essas informações auxilia na escolha de espécies cultivarem com maiores adaptações à região, além de ser fator terminante na redução de desenvolvimento de patógenos.

A espacialização dos dados térmicos é importante para a caracterização da sua variação no tempo. Nos modelos matemáticos de quantificação aplicado ao desenvolvimento e na previsão da época de semeadura mais adequada, a temperatura média diária é um parâmetro importante tanto na produção (10°C a 30°C), como na inibição do aumento e desenvolvimento das culturas (Aspiazu, 1971; Sierra & Murphy, 1973).

A repartição térmica global terrestre é ocasionada por diversos fatores como a influência entre corpos hídricos, radiação incidente no local, orografia, ventos predominantes e as correntes oceânicas (Ayoade, 2004). O ENOS (El Niño oscilação Sul) com as fases quentes (El Niño) e fria (La Niña) da temperatura da superfície do Oceano Pacífico Oriental e Central e ao extenso da costa da América do Sul (Glantz, 2000), os quais possuem expressiva influência nas oscilações globais das temperaturas do ar (Cavalcanti & Silva, 1994; Cavalcanti, Silva & Souza, 2006). Pesquisas mostram que as condições climáticas futuras, em especial o aumento da temperatura do ar, poderão resultar impactos importantes em diferentes atividades agrícolas, tais como a fruticultura e a produção de grãos (Luo et al., 2005; Zhang & Liu, 2005; Machado, 2009). O sistema de produtividade agrícola brasileiro poderá passar por significativas mudanças nos anos futuros em decorrência do aquecimento global. A região Sul poderá tornar-se imprópria às plantas de clima temperado, modificando a ordem geográfica produtiva do Brasil (Assad & Pinto, 2008).

A natureza oceânica ou continental é exemplo de variação espacial que explica a amplitude térmica nos dois tipos de superfície, que se distinguem, entre outros aspectos, pelo calor específico. “O aquecimento diferenciado das águas oceânicas e das superfícies dos continentes, mais lento nas primeiras devido à sua maior capacidade de reter calor, favorece a redução das amplitudes térmicas diárias das áreas sob influência da circulação marítima” (Mendonça & Danni-Oliveira, 2007). Localidades distantes da costa, mesmo que se situem à mesma latitude, podem ostentar gradientes térmicos bem maiores que das áreas litorâneas, e a este efeito se denomina continentalidade. Em algumas circunstâncias, a expressão da continentalidade pode ser substituída pela latitude ou pela longitude, conforme a posição relativa do mar e a análise da direção do vento predominante (Varejão-Silva, 2006).

Na faixa latitudinal entre 17,5° e 23,5° onde os raios solares chegam verticalmente, por aproximadamente três meses consecutivos durante o solstício de verão de ambos os hemisférios, permitindo grande acúmulo de calor e temperaturas elevadas na superfície. Logo, as zonas de aquecimento máximo ocorrem mais próximas dos trópicos que ao equador (Barry & Chorley, 2013), e a distribuição espacial da temperatura assume padrões distintos nos meses representativos, sobretudo do verão e inverno (Mendonça & Danni-Oliveira, 2007).

Quanto à altitude e aos efeitos topográficos, a troposfera possui Gradiente adiabático médio de redução vertical da temperatura de  $6,5^{\circ}\text{C}/\text{km}$ , que não se mantém constante, seja pela variação da altura, como pela sazonalidade ou localização da área (Barry & Chorley, 2013).

Tem-se como objetivo caracterizar o clima de Bom Jesus Piauí quanto às oscilações climáticas das temperaturas extremas, média e amplitude térmica do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) para o período de 1990-2018 e seu comparativo com a média histórica de 1960-2018.

## 2. Metodologia

O município de Bom Jesus do Piauí localiza-se em latitude  $09^{\circ}04'$  sul e em longitude  $44^{\circ}21'$  oeste, com uma altitude média em relação ao nível do mar de 277 metros. Segundo o censo 2010 sua população é de 22.629 habitantes. Possui uma área de  $5.469 \text{ km}^2$ . (Figura 1).

**Figura 1.** Localização do município de Bom Jesus – PI.



Fonte: Medeiros (2016).

De acordo com a classificação de Köppen (1928, 1931) o clima da área de estudo é do tipo “Aw”, (clima tropical com estação seca de inverno), resultados análogos foram

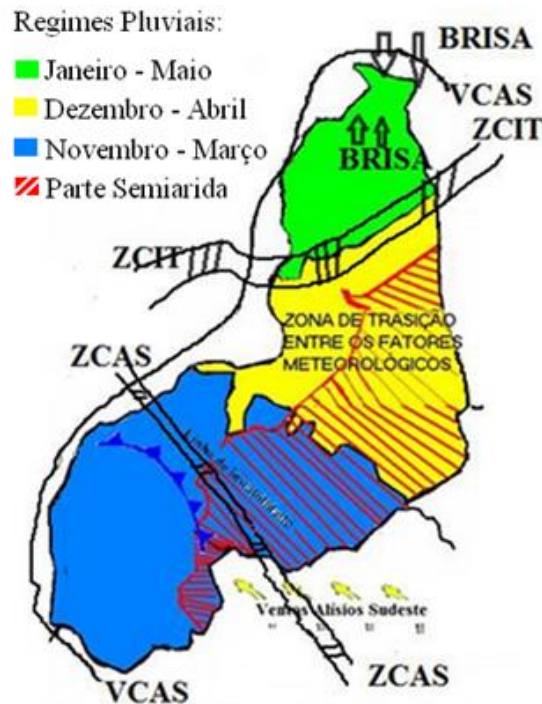
encontrados pelos autores Medeiros (2016); Alvarez, Stape, Sentelhas, Gonçalves & Sparovek, (2014). Devido ao aumento do efeito estufa, Bom Jesus tem sofrido mudanças em seu clima, pois em anos em que ocorre o fenômeno El Niño, a sua temperatura tende a aumentar e assim também a sensação térmica sendo superior aos 38°C, além de concentrar os dias com chuvas extremas para os meses de janeiro e fevereiro. O fenômeno La Niña ao contrário, provoca maior alívio para a cidade, pois os efeitos são de aumento de incidência das chuvas e redução dos índices térmicos. Geralmente quando da ocorrência desse fenômeno têm-se período chuvoso de outubro a março. (Medeiros, 2016).

Dadas às informações climatológicas e dinâmicas da região Nordeste do Brasil (NEB), o município de Bom Jesus Piauí tem seu clima controlado pela variabilidade espacial e temporal da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), e pelos vestígios das frentes frias (VFF), contribuição dos vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN), deste que seu centro esteja no oceano, às formações e intensificações das linhas de instabilidade (FILI) e dos aglomerados convectivos (AC), auxiliado pelos ventos alísios de sudeste (ASE), convergência de umidade (CU) e a troca de calor sensível por latente e vice-versa, a contribuição da orografia e seus efeitos locais. (Medeiros, 2016)

As contribuições dos efeitos locais, fatores que aumentam a cobertura de nuvens, a umidade relativa do ar e provocam chuvas de intensidades moderadas as fracas em quase todos os meses do ano, sendo as Zonas de Convergências do Atlântico Sul (ZCAS), vestígios de frentes frias e as linhas de instabilidade e os aglomerados convectivos os principais fatores para ocorrência de chuvas acima da média histórica provocando inundações, alagamento, enchentes, enxurradas e desmoronamento. (Figura 2).



**Figura 2.** Regimes pluviais e principais fatores provocadores de chuva no estado do Piauí.



Fonte: Autores.

Utilizou-se dos dados de temperaturas extremas (máximas-mínimas), média e da amplitude térmica do ar (°C) para o município de Bom Jesus Piauí no período de 1990-2018 e seu comparativo com a média histórica de 1960-2018 totalizando cinquenta e nove anos (59) de observações, fornecidos pela estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019). Analisou-se as temperaturas extremas, média e amplitudes térmicas mensais e anuais, além das temperaturas médias sazonais, temperaturas mínimas e máximas absolutas e a amplitude térmica, calculada pela diferença entre a temperatura máxima e mínima diária. Sobre os dados obtidos, realizou-se uma comparação com a Normal Climatológica de 1960 a 2018 (INMET, 2019).

### 3. Resultados e Discussão

Na Figura 3 têm-se as oscilações das temperaturas máximas, médias, mínimas e das amplitudes térmicas do ar para o período de 1990 a 2018 e seu comparativo com a normal climatológica do INMET (1960-2018) para o município de Bom Jesus Piauí.

As flutuações das temperaturas máximas do período de 1990-2018 oscilaram entre 32,1°C em março a 36,2°C no mês de setembro com média anual de 33,5°C. A temperatura



histórica (1960-2018) fluiu entre 32,8°C em janeiro a 36,2°C em setembro com temperatura média anual de 34,1°C. As diferenças entre suas respectivas médias oscilaram de 0,1°C nos meses de agosto e setembro a 0,9°C em fevereiro com aumento de 0,6°C nos valores anuais. Observa-se que a temperatura histórica oscilou acima da temperatura máxima nos meses de janeiro a agosto e de outubro a dezembro (Figura 3).

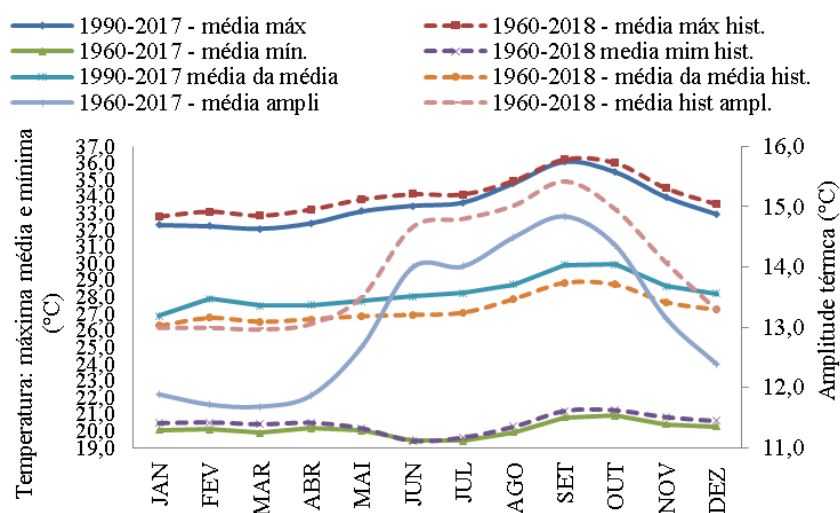
Com temperatura média anual de 28,3°C e 27,3°C respectivamente e suas oscilações fluindo entre 0,6°C em janeiro a 1,2°C nos meses de julho e outubro. Nos meses de março, maio, agosto e dezembro registraram-se 0,9°C de aumento na temperatura média observa-se que a temperatura média do período 1990-2017 foi mais elevada que a sua média histórica.

Destaca-se que a média histórica (1960-2018) superou os valores da temperatura mínima entre os meses de janeiro a abril e de agosto a dezembro, nos meses de maio a julho, ambos as temperaturas mínimas em estudo equiparou-se.

As variabilidades das amplitudes térmicas registram aumento na série histórica de 0,5°C no mês de julho a 1,3°C nos meses de fevereiro e março.

Segundo Vincent et al. (2005), existe a tendência significativa de aumento da temperatura mínima, seguidamente de aumento de noites quentes e redução da amplitude diária em toda a América do Sul o que corrobora com os resultados deste estudo.

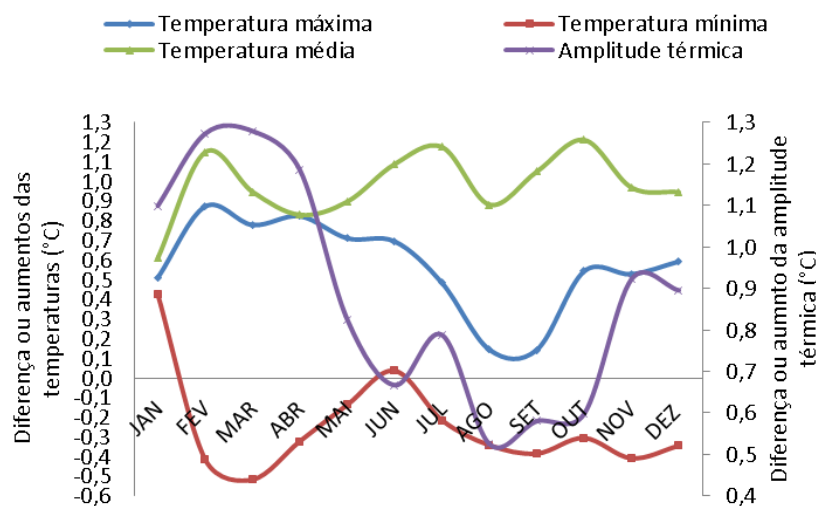
**Figura 3.** Temperatura média, mínima, máxima e da amplitude térmica do ar para o período de 1990 a 2017 e seu comparativo com a normal climatológica do INMET (1960-2018) para o município de Bom Jesus Piauí.



Fonte: Medeiros, (2019).

Na Figura 4 observam-se as diferença ou aumento das temperaturas média, mínima, máxima e da amplitude térmica do ar anual do período de 1960-2018 para o município de Bom Jesus Piauí. Destacam-se as oscilações das variabilidades da temperatura mínimas com flutuação de  $-0,5^{\circ}\text{C}$  no mês de março a  $0,4^{\circ}\text{C}$  no mês de janeiro e no mês de junho a temperatura mínima não sofreu alterações. A temperatura média segue o comportamento de acréscimo ou decréscimos das temperaturas máximas e mínimas. Registram-se aumentos nas variabilidades das amplitudes térmicas de  $0,6^{\circ}\text{C}$  a  $1,3^{\circ}\text{C}$ . Tais resultados foram encontrados por Marengo, Lincoln, Alves, Valverde, Laborde & Rocha (2007); Marengo, Alves, Beserra & Lacerda, (2011) o que corroboram com o estudo

**Figura 4.** Diferença ou aumento das temperaturas média, mínima, máxima e da amplitude térmica do ar anual do período de 1960-2018 para o município de Bom Jesus Piauí.



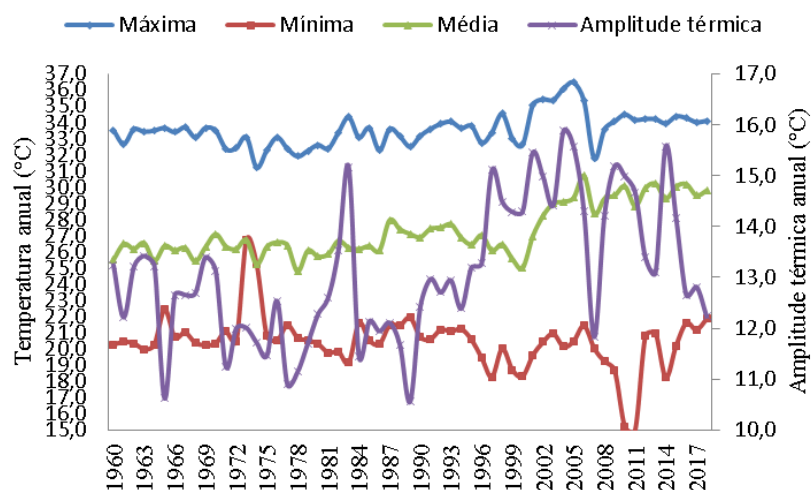
Fonte: Medeiros (2019).

Na Figura 5 têm-se as flutuações das temperaturas máxima, média, mínima e da amplitude térmica do ar anual do período de 1960-2018 para o município de Bom Jesus Piauí. A temperatura máxima anual oscila entre  $31,2^{\circ}\text{C}$  a  $36,5^{\circ}\text{C}$ , com temperatura média anual de  $33,5^{\circ}\text{C}$ . Destacam-se os anos de 1975 e 2008 com temperaturas máximas mais baixas e entre os anos de 2002 a 2005 com altos valores de temperatura máxima. Com média anual de  $19,7^{\circ}\text{C}$  e suas oscilações fluindo entre  $15,5^{\circ}\text{C}$  a  $24,4^{\circ}\text{C}$ . Destacam-se o ano de 2011 com temperatura mínima anual de  $15^{\circ}\text{C}$  e os anos de 1966 e 1974 com seus respectivos valores de  $21,7^{\circ}\text{C}$  e  $26,2^{\circ}\text{C}$ . O comportamento da temperatura média mínima está relacionado com as flutuações das temperaturas máxima e mínima em estudo. As variabilidades das oscilações térmicas anuais fluem entre  $10,6^{\circ}\text{C}$  e  $18,8^{\circ}\text{C}$  destacam-se o ano de 1983, 1997 a 2005, 2010 e

2015 como de altas oscilações térmicas, os anos de 1965, 1989 e 2007 como os de registros de baixas flutuações térmicas. Estas flutuações de altos e baixos estão interligadas aos sistemas de larga e meso escala local além das contribuições locais que auxiliaram nestas flutuações. Estudos que corroboram com os resultados devem ser revisto no trabalho de Medeiros (2018).

Esta flutuação de altas e baixas oscilações na amplitude térmica vem acarretando aumentos de doenças e internações hospitalares nos recém-nascido e na terceira idade, na parte agrícola vêm aumentando o acréscimo de insetos, dormências na germinação e nas aberturas das flores, deficiências térmicas nas plantas (Ometto, 1971). Os estudos de Aspiazu, (1971); Sierra & Murphy, (1973) corroboram com os resultados encontrados.

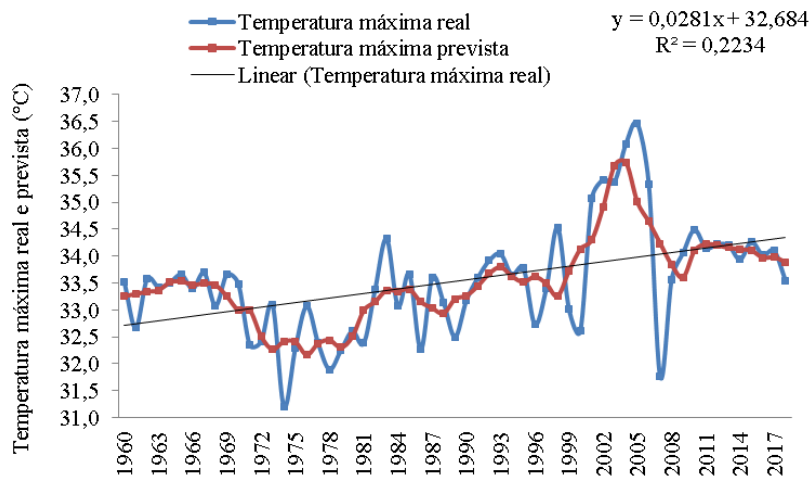
**Figura 5.** Temperatura máxima, média, mínima e amplitude térmica do ar anual do período de 1960-2018 para o município de Bom Jesus Piauí.



Fonte: Medeiros (2019).

A temperatura máxima real (Figura 6) tem suas flutuações fluindo entre 31,4°C a 36,7°C destacam-se os anos 1974, 1978 e 2007 com registros de temperatura máxima menores de 32,5°C, entre os anos de 2002 a 2007 notar-se as maiores oscilações térmicas do período em estudo, entre o período de ano 2011 a 2017 observa-se que a temperatura máxima registrou reduções. Com reta de tendência e coeficiente angular positivo e  $R^2$  com significância. A temperatura máxima prevista tem um comportamento melhor que da temperatura real, resultados que corroboram com o estudo podem ser visto em Marengo, Alves & Lacerda, (2004); Marengo, Lincoln, Alves, Valverde, Laborde & Rocha (2007).

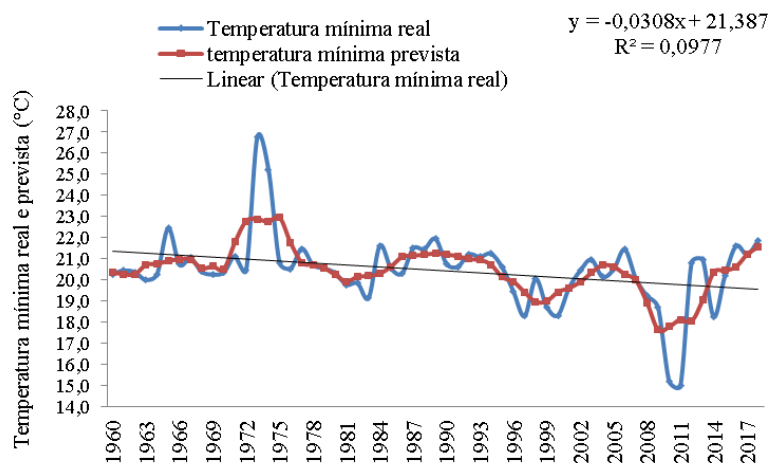
**Figura 6.** Oscilações da Temperatura máxima real e máxima prevista, seguidamente de sua reta de tendência anual do período de 1960-2018 para o município de Bom Jesus Piauí.



Fonte: Medeiros (2019).

Com reta de tendência e coeficiente angular negativo e  $R^2$  com baixa significância é a representatividade da temperatura mínima real entre o período de 1960-2018 na área de Bom Jesus Piauí. A temperatura prevista tem as maiores probabilidades de ocorrências de vir acontecer do que a temperatura registrada. Estas flutuabilidades vêm deixando as noites mais quentes em conformidade com o IPCC (2007; 2014). Os resultados são coerentes com o estudo de Medeiros (2018) que analisando as tendências das amplitudes térmicas do período 1962-2015 para a metrópole Recife apontou para um acréscimo do referido parâmetro. (Figura 7).

**Figura 7.** Oscilações da Temperatura mínima real e mínima prevista seguidamente de sua reta de tendência anual do período de 1960-2018 para o município de Bom Jesus Piauí.

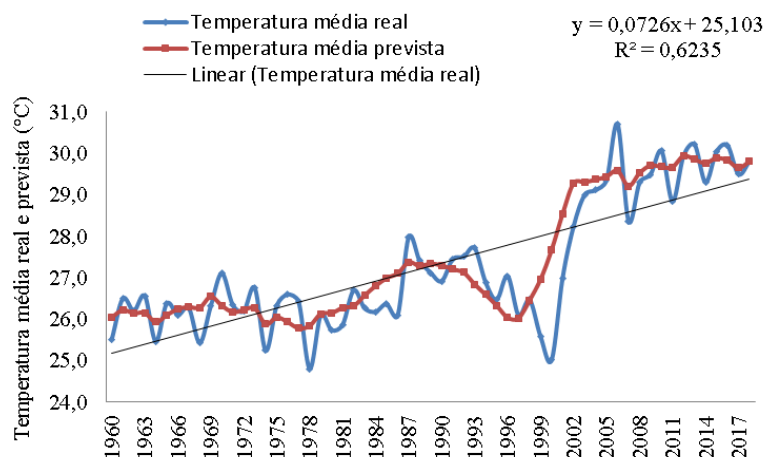


Fonte: Medeiros (2019).

Na Figura 8 observam-se as oscilações da temperatura média real e média prevista (média histórica) e sua reta de tendência anual do período de 1960-2018 para o município de Bom Jesus Piauí. Com uma reta de tendência de coeficiente angular positivo e com  $R^2$  de moderada significância demonstrando que a tendência da temperatura média é elevar-se. Entre os anos de 1960 a 1986 a temperatura média fluiu dentre  $24,7^{\circ}\text{C}$  a  $27,1^{\circ}\text{C}$ , destacando-se os anos de 1961, 1962, 1963, 1965, 1971, 1974, 1977 com temperatura média superiores a  $26^{\circ}\text{C}$ , os anos de 1960, 1964, 1968, 1974 com registros de temperatura média inferiores a  $26^{\circ}\text{C}$ . Destacam-se os anos 1988, 2001 e 2007 como os de maiores e menores oscilações. Entre os anos de 2007 a 2018 registraram-se aumentos significativos acima dos  $27^{\circ}\text{C}$ . Estas oscilações na temperatura média são decorrentes das flutuabilidades das temperaturas extremas (máxima e mínima). Os resultados apresentados têm similaridades com os estudos de Marengo, Alves, Beserra & Lacerda, (2011); Marengo, Schaeffer, Zee & Pinto, (2015); Kuinchtner, Simões & Burriol, (2007).

Estas oscilações se devem ao potencial energético da região, de acordo com as estações do ano, como explicam Medeiros et al. (2015), Medeiros & Cavalcanti (2020) ao afirmarem que as maiores médias térmicas de temperatura do ar na superfície ocorrem durante o verão, e as menores, durante o inverno, mesmo as que se encontram em baixas latitudes.

**Figura 8.** Oscilações da temperatura média real e média prevista seguidamente de sua reta de tendência anual do período de 1960-2018 para o município de Bom Jesus Piauí.

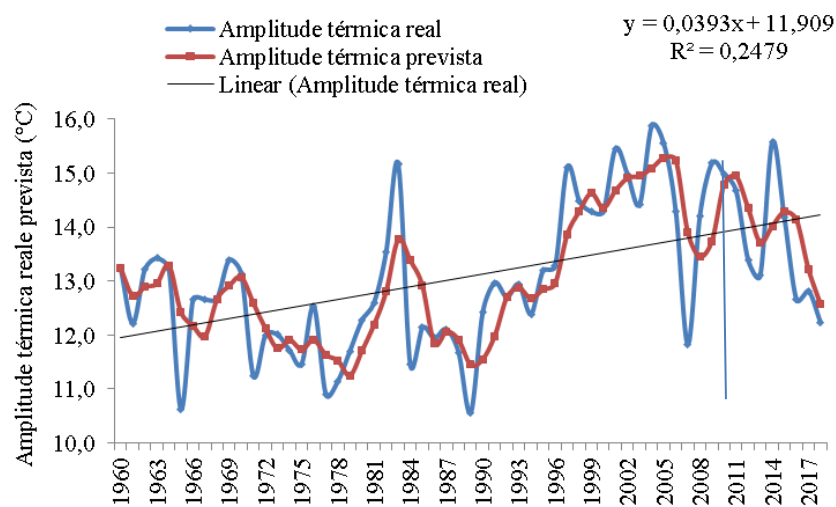


Fonte: Medeiros (2019).

Na Figura 9 observam-se as oscilações da amplitude térmica real e amplitude térmica prevista e sua reta de tendência anual do período de 1960-2018 para o município de Bom Jesus Piauí. Com reta de tendência com coeficiente angular positivo e  $R^2$  com moderada

significância, destaca-se as maiores flutuações da amplitude térmica nos anos de 1963, 1971, 1983, 1998 a 2005, 2009, 2010 e 2014. Os anos de 1965, 1989, 2007 e 2018 como os de menores amplitudes térmicas registradas. Estas flutuabilidades estão interligadas aos efeitos locais, as variabilidades das temperaturas extremas (máxima-mínima), aos regimes pluviais, e as contribuições ou não da nebulosidade e velocidade do vento.

**Figura 9.** Oscilações da amplitude térmica real e da amplitude térmica prevista seguidamente de sua reta de tendência anual do período de 1960-2018 para o município de Bom Jesus Piauí.



Fonte: Medeiros (2019).

Os valores máximos e mínimos absolutos podem ser repetidos entre 0,4 a 1,1 anos, os coeficientes de variâncias são de baixas intensidades exceto o mês de fevereiro. Os valores dos desvios padrões podem ser acrescidos ou reduzidos dos valores da média por ser a média mais significativa de ocorrer que a mediana. (Tabela 1).

**Tabela 1.** Variabilidade estatística do parâmetro da temperatura máxima do ar (°C) em Bom Jesus – PI no período 1960-2018.

Meses	Média(mm)	Mediana(mm)	DP(mm)	CV(mm)	Máximo abs.	Mínimo abs.
Jan	32,3	32,1	1,0	0,0314	34,3	29,8
Fev	32,2	30,9	1,7	0,0529	39,6	29,1
Mar	32,1	30,4	1,5	0,0473	39,3	29,6
Abr	32,4	30,8	1,4	0,0439	35,9	28,5
Mai	33,1	30,3	1,3	0,0408	36,4	30,3
Jun	33,4	31,7	1,5	0,0458	38,3	29,2
Jul	33,6	32,9	1,3	0,0389	37,5	30,3
Ago	34,8	34,8	1,1	0,0323	39,3	30,7
Set	36,1	36,2	1,2	0,0322	39,9	31,8
Out	35,5	35,2	1,4	0,0398	40,5	33,1
Nov	34,0	32,6	1,5	0,0451	40,4	31,3
Dez	32,9	32,1	1,5	0,0452	38,9	29,9
Anual	33,5	32,5	1,0	0,0306	36,5	31,2

Legenda: DP = Desvio padrão; CV = Coeficiente de variância; abs = absoluto. Fonte: Medeiros (2019).

Kuinchtner, Simões & Buriol, (2007) analisando a variabilidade das temperaturas do ar (máxima, média e mínima) na região do planalto meridional rio-grandense, concluíram que houve tendência temporal significativa de aumento da temperatura mínima (0,02 °C/ano) para o período de 1938-2004. Este incremento linear no período de 67 anos totaliza acréscimo de 1,3°C. Os autores encontraram, em todas as séries temporais avaliadas, associação com o fenômeno El Nino. E, no caso da temperatura mínima encontraram associação com o ciclo das manchas solares, que corresponde a 11 anos.



Machado, Neves, Seabra Junior & Neves (2017) mostraram que a climatologia regional é entendida a partir da descrição dos climas segundo as condições atmosféricas de uma determinada porção do espaço ou de um elemento climático. Portanto, os estudos da climatologia regional se caracterizam com o objetivo inicial de diferenciação de áreas ou, ainda, comparação entre áreas. Seja o estudo do clima ou de um de seus elementos constituintes, uma climatologia regional caracteriza determinada porção do espaço e possibilita ao investigador compreender desde a variabilidade espaço-climática até como a distribuição de seus elementos se organizam para uma região.

Na Tabela 2 têm-se as variabilidades estatísticas temperatura mínima do ar (°C) em Bom Jesus – PI do período 1960-2018. O valor mais provável de ocorrência é a média quando comparado à mediana, já que a mediana diverge da média. Os valores dos desvios padrão podem ser acrescidos ou reduzidos dos valores da média, os coeficientes de variância tem baixa significância e podem não contribuir para as possíveis ocorrências dos valores. Os valores máximos e mínimos absolutos podem ser repetidos entre 0,7 e 1,4 anos.

**Tabela 2.** Variabilidade estatística temperatura mínima do ar (°C) em Bom Jesus – PI no período 1960-2018.

Meses	Média(mm)	Mediana(mm)	DP(mm)	CV(mm)	Máximo abs.	Mínimo abs.
Jan	20,5	23,0	1,2	0,056	23,0	16,7
Fev	20,5	22,9	1,1	0,055	22,9	16,5
Mar	20,4	22,8	1,3	0,064	22,8	16,6
Abr	20,5	22,5	1,3	0,062	22,5	15,7
Mai	20,2	22,4	1,3	0,062	22,9	15,9
Jun	19,4	22,1	1,4	0,071	22,1	13,5
Jul	19,6	21,9	1,9	0,095	29,7	16,9
Ago	20,3	21,2	1,7	0,083	29,8	17,7
Set	21,2	21,5	1,0	0,047	24,3	18,0
Out	21,2	21,1	1,1	0,051	23,8	18,2
Nov	20,8	21,0	1,1	0,055	23,1	17,6
Dez	20,6	21,1	1,2	0,060	23,4	16,4
Anual	20,5	22,0	1,7	0,083	26,7	15,0

Legenda: DP = Desvio padrão; CV = Coeficiente de variância; abs = absoluto. Fonte: Medeiros (2019).

Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC), essas tendências de Mudanças Climáticas observadas no passado recente apresentam alta probabilidade de continuarem no mesmo sentido no século XXI (IPCC, 2007; IPCC, 2014).

Segundo Galvani (2011) o desvio padrão é importante para terem-se informações do “grau de dispersão dos valores em relação ao valor médio”. O coeficiente de variância que é utilizado para fazer comparações em termos relativos e expressa “a variabilidade de cada conjunto de dados normalizada em relação à média, em porcentagem”.

Na Tabela 3 observam-se as variabilidades dos parâmetros estatísticos como: média, mediana, desvio padrão (DP), coeficiente de variância (CV), máximos e mínimos absolutos da temperatura média do ar do período de 1960 a 2018 para Bom Jesus Piauí. Têm-se as variabilidades estatísticas dos parâmetros médios da temperatura média do ar da área em estudo. A mediana apresenta um comportamento diferenciado da temperatura média, portanto os valores médios são mais significativos de ocorrências. As maiores flutuações do desvio padrão ocorrem nos meses de janeiro a julho e entre outubro a dezembro. Estatisticamente, os coeficientes de variâncias não têm índices expressivos de mudanças mensais, quanto ao parâmetro variância, as suas flutuações mensais apresentam valores com baixas significâncias de ocorrências mensais. Os valores máximos e mínimos absolutos podem ser repetidos com uma variabilidade de 0,4 a 1,8 meses.

**Tabela 3.** Variabilidade estatística do parâmetro da temperatura média do ar (°C) em Bom Jesus – PI no período 1960-2018.

Meses	Média(mm)	Mediana(mm)	DP(mm)	CV(mm)	Máximo abs.	Mínimo abs.
Jan	26,3	27,6	2,1	0,0811	33,6	18,3
Fev	26,8	26,9	2,1	0,0793	32,6	23,9
Mar	26,5	26,6	1,8	0,0668	32,9	23,8
Abr	26,7	26,7	1,8	0,0688	30,7	20,2
Mai	26,9	26,3	1,7	0,0620	31,2	24,2
Jun	26,9	26,9	1,9	0,0705	31,0	23,3
Jul	27,1	27,0	1,9	0,0709	32,9	23,8
Ago	27,9	28,2	1,5	0,0526	31,0	25,3
Set	28,8	28,1	1,5	0,0532	32,8	26,0
Out	28,7	27,9	1,7	0,0603	33,1	25,9
Nov	27,7	26,8	1,9	0,0696	32,3	24,2
Dez	27,2	26,4	2,0	0,0722	32,6	23,6
Anual	27,3	27,1	1,6	0,0579	30,7	24,8

Legenda: DP = Desvio padrão; CV = Coeficiente de variância; abs = absoluto. Fonte: Medeiros (2019).

Na Tabela 4 observam-se as variabilidades dos parâmetros estatísticos como: média, mediana, desvio padrão (DP), coeficiente de variância (CV), máximos e mínimos valores absolutos da amplitude térmica do ar do período de 1960 a 2018 para Bom Jesus Piauí.

Na Tabela 4 tem-se as variabilidades estatísticas dos parâmetros médios da amplitude térmica do ar da área em estudo. A mediana apresenta um comportamento diferenciado da temperatura média, portanto os valores médios são mais significativos de ocorrências. As maiores flutuações do desvio padrão ocorrem nos meses de janeiro a julho. Estatisticamente, os coeficientes de variâncias não têm índices expressivos de mudanças mensais, quanto ao

parâmetro variância, as suas flutuações mensais apresentam valores com baixas significâncias de ocorrências mensais. Os valores máximos e mínimos absolutos podem ser repetidos com uma variabilidade de 0,6 a 1,2 meses.

**Tabela 4.** Variabilidade estatística do parâmetro amplitude térmica do ar (°C) em Bom Jesus – PI no período 1960-2018.

Meses	Média(mm)	Mediana(mm)	DP(mm)	CV(mm)	Máximo abs.	Mínimo abs.
Jan	11,9	9,1	2,0	0,1677	20,5	9,0
Fev	11,7	8,0	2,1	0,1777	16,9	8,0
Mar	11,7	7,6	2,0	0,1692	16,5	7,6
Abr	11,9	8,3	2,1	0,1786	16,7	8,3
Mai	12,7	7,9	2,2	0,1739	19,7	3,6
Jun	14,0	9,6	1,9	0,1336	21,7	9,6
Jul	14,0	11,0	2,0	0,1444	17,3	4,1
Ago	14,5	13,6	1,9	0,1279	19,1	4,9
Set	14,8	14,7	1,4	0,0919	19,1	11,6
Out	14,4	14,1	1,8	0,1244	21,7	11,4
Nov	13,2	11,6	1,6	0,1249	19,1	10,1
Dez	12,4	11,2	1,7	0,1354	17,8	8,9
Anual	13,1	10,6	1,9	0,1458	18,8	10,6

Legenda: DP = Desvio padrão; CV = Coeficiente de variância; abs = absoluto. Fonte: Medeiros (2019).

Os resultados são coerentes com o estudo de Medeiros (2018) que analisando as tendências das amplitudes térmicas do período 1962-20015 para a metrópole Recife apontou para uma elevação do referido parâmetro.

Foi demonstrado por Katz (1991) e Katz & Brown (1992) que a frequência relativa de eventos extremos depende das mudanças no desvio padrão e não apenas da média. Katz (1991) supõe que uma mudança em uma variável climática que possua distribuição de probabilidade poderá resultar em uma mudança na forma de sua distribuição.

Na América do Sul, os estudos de eventos extremos através da análise das tendências de índices de temperatura (Vincent et al., 2005) indicaram aumento da temperatura mínima e de noites quentes, redução de noites frias e da amplitude térmica.

#### **4. Considerações Finais**

As médias das temperaturas mínimas tendem a aumentar e as médias das temperaturas máximas tendem a manterem-se inalteráveis. Desta forma a temperatura média e as amplitudes térmicas tendem a manter-se em elevações.

A altitude e a latitude têm analogias inversamente proporcionais, enquanto a longitude teve uma relação proporcional com a temperatura.

A temperatura mínima é, destacadamente, a que apresenta maior aumento e maior consistência espacial.

Para uma melhor variabilidade ou oscilação térmica recomenda-se a implantação de reflorestamento nas áreas dos entornos dos lagos, lagoas, rios, açudes, riachos e em áreas das propriedades de grão para que se amenize a sensação térmica e proteja o solo reduzindo os índices térmicos.

Este estudo pode ser ferramenta para planejamentos e ações que visem a melhor forma de gerenciar os índices térmicos a serem utilizados na agropecuária, saúde, no conforto térmico das cidades entre outras aplicações.

#### **Referências**

Alvares, C. A, Stape, J. L, Sentelhas, P. C, Gonçalves, J. L. M, Sparovek, G, (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. 22, 711–728.

Assad, E, Pinto, H. S, (2008). *Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil*. São Paulo: EMBRAPA/UNICAMP, 2008.

Aspiazu, C, (1971). Prognósticos de fases em cultivos de raiz dentado mediante sumas de temperaturas. Revista de La Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires. Buenos Aires, 19(1-2), 61-69.

Ayoade, J. O, (2004). Introdução à Climatologia para os Trópicos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil,

Barry, R. G, Chorley, R. J, (2013). Atmosfera, tempo e clima. 9. ed. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2013.

Buriol, G. A, et al. (2000), Disponibilidade de horas de frio na região central do rio grande do sul: 2 - distribuição geográfica. Ciência Rural, Santa Maria, 30,(5), 755-759.

Cavalcanti, E. P, Silva, V. P. R, Souza, F. A. S, (2006). Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, 10(1),140–147.

Cavalcanti, E. P, Silva, E. D. V (1994). Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, Anais...Belo Horizonte: S. B. M. E. T, 1, p.154-157.

Duarte, L. A et al. (2011). Alterações na temperatura do ar mediante telas nas laterais de ambientes protegidos cultivados com tomateiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, 15(2), 148–153.

Folhes, M. T, Fisch, G. (2006). Caracterização climática e estudo de tendências nas séries temporais de temperatura do ar e precipitação em Taubaté (SP). Revista Ambi-Água, Taubaté, 1(1), 61-71.

Galvani, E. (2011). Estatística descritiva em sala de aula. In: venturi, l. a.b. geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula. são paulo: editora sarandi.

Gomes, P. C. C, (2006). O conceito de região e sua discussão. In: Castro, I.E.; Gomes, P.C.C.; Corrêa, R.L. (Org.) Geografia: conceitos e temas. 9ªed. – Rio de Janeiro; Bertrand.



Hoch, G, Körner, C, (2008). Growth and carbon relations of tree line forming conifers at constant vs. variable low temperatures. *Journal of Ecology*, Oxford, 97, 57-66.

IPCC. (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis (Summary for Policymakers)*. Cambridge.

IPCC. (2014). Intergovernmental Panel on Climate Change. *Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

Katz, R. W, (1991). Towards a statistical paradigm for climate change. Preprints, 7TH Conference on Applied climatology, American Meteorological Society, Boston.

Katz, R. W, Brown, B. G, (1992). Extreme Events in a Changing Climate: Variability is more important than averages. *Climate Change*. 21(3),289-302.

Köppen, W, Geiger, R, (1928). *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes.

Köppen, W. *Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science*. Berlin: Walter de Gruyter, 1931. 388p.

Kuinctner, A, Simões, JC, Buriol, G. A, (2007). Variabilidade da temperatura do ar próximo à superfície no Planalto Meridional-Riograndense. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Piracicaba, 15(3), 232-240. 2007.

INMET. Normas climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia. Brasília – DF. 2019.

Luo, Q, et al. (2005). Potential impact of climate change on wheat yield in South Australia. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 132, n. 3-4, p. 273-285.

Machado, T. S, Neves, S. M. A. S, Seabra Júnior, S, Neves, R. J, (2017). Zoneamento agroclimático do melão na região sudoeste de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Climatologia*. Ano 13 – Vol. 20.

Machado, L. N (2009). Estimativa dos impactos gerados pelas mudanças climáticas na potencialidade da cultura da videira europeia (*Vitis vinifera* L.) no Estado de Santa Catarina. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina. 2009.

Marengo, J. A, Schaeffer, R, Zee, D, Pinto, H. S, (2015). Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. Disponível em: [http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS\\_MudancasClimaticas.pdf](http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf). Acessado 2020

Marengo, J. A, Alves, L. M, Beserra, E. A, Lacerda, F. F, (2011). Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. I. S. B. N 978-85-64265-01-1. INSA. Pag. 303 – 422. Campina Grande-PB.

Marengo, J. A, Lincoln, M, Alves, L. M, Valverde, M. C, Laborbe, R, Rocha, R.P, (2007). Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais. Relatório 5, Ministério do Meio Ambiente – M. M. A, Secretaria de Biodiversidade e Florestas – S. B. F, Diretoria de Conservação da Biodiversidade – DCBio Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade – Subprojeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília, 2007.

Medeiros, R. M, Cavalcanti, EP, (2020). Tendência climática das temperaturas do ar no município de Bom Jesus do Piauí, Brasil. *Research, Society and Development*, 9(7):1-23, e315973882.

Medeiros, R. M, Holanda, R. M, França, M. V, Filho, M. C, Piscocoy, V. C, Cunha, A. L. X, Moreira, G. R, Freitas, J. F, Araújo Filho, R. N, (2020). Floating of the Average Temperature in the Area of Mata Pernambucana, Brazil. *Ijsrm.Human*, 2020; Vol. 15 (3), 63-83.

Medeiros, R. M, (2018). Amplitudes térmicas e sua oscilação mensal na grande metrópole Recife-PE, Brasil. *Paisagens & Geografias, Revista da Unidade Acadêmica de Geografia Centro de Humanidades – UFCG*. Volume 2, número 1, p.31-45. 2018.

Medeiros, R. M. (2016). Estudo agrometeorológico para o Estado do Piauí. p.138. Distribuição avulsa.

Medeiros, R. M, (2016). Análise de aspectos climático, socioeconômico e ambiental e seus efeitos na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto e entorno. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande – PB. P.171.

Medeiros, R. M, et al. (2015). Variabilidade da temperatura média do ar no Estado da Paraíba-Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física. 08(01).128-135.

Mendonça, F, Danni-Oliveira, I. M, (2007). Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos.

Menezes, F. P, Fernandes, L. L, Rocha, E. J. P, (2015). O uso da estatística para regionalização da precipitação no estado do Pará, Brasil. Revista Brasileira de Climatologia. Ano 11 – Vol. 16.

Oliveira Neto, S. N., Reis, G. G., Reis, M. G. F., Leite, H. G., Costa, J. M. N. Estimativa de temperaturas mínima, média e máxima do território brasileiro situado entre 16 e 24° latitude sul e 48 e 60° longitude oeste. Engenharia na Agricultura, Viçosa, M. G, 10(1-4),.57-61, 2002.

Ramos, H. C, Dallacort, R, Neves, S. M. A. S, DalchiaVon, F. C Santi, A, Vieira, F. F, (2017). Precipitação e temperatura do ar para o estado de Mato Grosso utilizando krigagem ordinária. Revista Brasileira de Climatologia. Ano 13 – Vol. 20.

Sierra, E. M, Murphy, G. M, (1973). Aspectos bioclimáticos del cultivo del sorgo. Viedna: IDEVI. p. 28-54. (Série Técnica, 3).

Segovia, F. O, et al. (1997). Comparação do crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) no interior e no exterior de uma estufa de polietileno em Santa Maria, RS. Ciência Rural, Santa Maria, 27(1), 37-41.

Varejão-Silva, M. A, (2006). Meteorologia e Climatologia. Versão digital 2. Recife. P.480.

Viana, S. S. M, Amorim, M. C. C. T, (2012). Variações de conforto e/ou desconforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente/S. P. In: Geografia em questão, 5(01).

Vincent, L. A, et al. (2005). Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960-2000. Journal of Climate, Boston, v. 18, p. 5011-5023.

Zhang, X. C Liu, W. Z, (2005). Simulating potential response of hydrology, soil erosion, and cropproductivity to climate change in Changwu tableland region on the Loess 165 Plateau of China. Agricultural and Forest Meteorology, 131(3-4), 127-142.

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Wagner Rodolfo de Araújo – 25%

Raimundo Mainar de Medeiros – 25%

Manoel Vieira de França – 25%

Romildo Morant de Holanda – 25%