

Tendência climática das temperaturas do ar no município de Bom Jesus do Piauí, Brasil
Climate trend of air temperatures in the municipality of Bom Jesus do Piauí, Brazil
Tendencia climática de temperaturas de aire en el municipio de Bom Jesus do Piauí,
Brasil

Recebido: 11/05/2020 | Revisado: 12/05/2020 | Aceito: 13/05/2020 | Publicado: 14/05/2020

Raimundo Mainar de Medeiros

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

Universidade Federal Rural de Pernambuco

E-mail: mainarmedeiros@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3354-89676>

Enilson Palmeira Cavalcanti

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5788-9486>

Universidade Federal de Campina Grande

E-mail: enilson.cavalcanti@ufcg.edu.br

Resumo

Várias pesquisas realizadas neste início do século XXI vêm mostrando intensas indicações de tendências climáticas, nas escalas global, regional e local. Neste contexto, tem-se como objetivo analisar as tendências térmicas climáticas, anuais das temperaturas máxima e mínima em Bom Jesus do Piauí, compreendido entre os anos (1960-2018), e discutir 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.

Palavras-chave: Flutuações térmicas; Eventos extremos; Sistemas climático Global e Regional.

Abstract

Several surveys carried out at the beginning of the 21st century have been showing intense indications of climate trends, on the global, regional and local scales. In this context, the objective is to analyze the thermal and annual thermal trends of maximum and minimum temperatures in Bom Jesus do Piauí, between the years (1960-2018), and to discuss their possible causes. Maximum and minimum air temperature (°C) data acquired from the National Institute of Meteorology were used. For the data series, monthly averages and annual and seasonal totals corresponding to the summer, autumn, winter and spring seasons were calculated. The results made it possible to delimit the climatic behavior in the studied area, providing delimitations of a hot and / or cold period, serving as an alert to the authorities and decision makers, for a better agricultural and agribusiness planning. The fluctuations in temperatures are due to the synoptic systems operating at the time of the rainy and dry periods, as well as the impacts on the environment and the actions of the large-scale transient synoptic systems and their local and regional scale. These climatic trends were observed on a regional and local scale and were observed in the studied municipality. The temporal characterization, on a monthly and annual scale, generated simulated values very close to the observed values, a fact confirmed by statistical indices of satisfactory performance.

Keywords: Thermal fluctuations; Extreme events; Global and Regional climate systems.

Resumen

Varias encuestas realizadas a principios del siglo XXI han mostrado intensas indicaciones de las tendencias climáticas, a escala global, regional y local. En este contexto, el objetivo es analizar las tendencias térmicas y térmicas anuales de las temperaturas máximas y mínimas en Bom Jesus do Piauí, entre los años (1960-2018), y discutir sus posibles causas. Se utilizaron los datos de temperatura máxima y mínima del aire (°C) adquiridos del Instituto Nacional de Meteorología. Para la serie de datos, se calcularon los promedios mensuales y los totales anuales y estacionales correspondientes a las temporadas de verano, otoño, invierno y primavera. Los resultados permitieron delimitar el comportamiento climático en el área

estudiada, proporcionando delimitaciones de un período caluroso y / o frío, sirviendo como alerta a las autoridades y tomadores de decisiones, para una mejor planificación agrícola y de agronegocios. Las fluctuaciones en las temperaturas se deben a los sistemas sinópticos que operan en el momento de los períodos lluviosos y secos, así como a los impactos sobre el medio ambiente y las acciones de los sistemas sinópticos transitorios a gran escala y su escala local y regional. Estas tendencias climáticas se observaron a escala regional y local y se observaron en el área estudiado. La caracterización temporal, en una escala mensual y anual, generó valores simulados muy cercanos a los valores observados, un hecho confirmado por índices estadísticos de desempeño satisfactorio.

Palabras clave: Fluctuaciones térmicas; Eventos extremos; Sistemas climáticos globales y regionales.

1. Introdução

A temperatura do ar influência na decisão sobre os locais mais adaptáveis e de melhores características para os desenvolvimentos, vegetais, animais, agroindústria, agropecuária e no agronegócio. Para as espécies vegetais, a informação sobre o desempenho da temperatura é fundamental, visto que seu metabolismo é dependente das suas flutuações. Nas atividades agrícolas, a temperatura pode ser decisiva para o conforto térmico dos animais, para a escolha do tipo de cultura a ser adotada, na propagação de vírus e fungos e no seu crescimento e desenvolvimento (Duarte et al., 2011). A amplitude térmica diária pode vim afetar de modo negativo as culturas agrícolas, pois são fatores críticos sobre a taxa de crescimento e desenvolvimento (Segovia et al., 1997; Hoch et al., 2008) e produtividade das plantas, visto como valores extremos, durante a fase reprodutiva podem ocasionar esterilidade de grãos (Buriol et al., 2000; Kuinchtner et al., 2007).

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 superfícies devido à sua maior capacidade de reter calor, favorece a redução das amplitudes térmicas diárias das áreas sob influência da circulação marítima” (Mendonça et al., 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 o diagnóstico da direção do vento predominante (Varejão-Silva, 2006).

Machado et al. (2017) expuseram que a climatologia regional é entendida a partir da descrição dos climas segundo as condições atmosféricas de determinada amostra do espaço ou de um elemento climático (Menezes et al., 2015; Ramos et al., 2017). 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.

Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC, as tendências observadas no passado recente exibiram alta probabilidade de sua continuidade no século XXI (IPCC, 2007; IPCC, 2014). Dois eventos de grandes magnitudes desta relação que interferem na precipitação do Nordeste do Brasil (NEB) são o El Niño e o Dipolo do Atlântico. O El Niño Oscilação Sul (ENSO) sobre o Pacífico Equatorial e, o gradiente meridional de anomalias de TSM sobre o Atlântico Tropical modulam conjuntamente grande parte da variância interanual do clima sobre o NEB.

Tem-se como objetivo analisar as tendências térmicas climáticas, anuais das temperaturas extremas (máxima, mínima) e média do ar no município de Bom Jesus do Piauí, no período compreendido entre os anos (1960-2018), e discutir suas possíveis causas. Acredita-se que esses conhecimentos possam ser utilizados e aplicados pelos tomadores de decisão governamental e civil nas diversas áreas das atividades do município em estudo.

2. Metodologia

Uma pesquisa em campo para Pereira et al. (2018) é mais complexa que a laboratorial uma vez que em campo não é possível se controlar as variáveis.

O presente estudo foi realizado no Município de Bom Jesus do Piauí. Este localiza-se a uma latitude 09°04' sul e a uma longitude 44°21' oeste, com uma altitude de 277 metros. Possui uma área de 5.469 km². (Figura 1). (CONDEPI, 2002).

Figura 1. Posicionamento do município de Bom Jesus - PI.



Fonte: Autor (2020).

Segundo a classificação climática pelo método de Köppen-geiger (1928, 1931) a área estudada tem o clima “Aw”, (clima tropical com estação seca de Inverno), estudos elaborados por Medeiros (2016) e Alvares et al. (2014) vem a confirmar o respectivo tipo de clima.

Devido ao acréscimo do efeito estufa, Bom Jesus do Piauí 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 das temperaturas. Geralmente quando da ocorrência desse fenômeno tem-se período chuvoso de novembro a abril. (Medeiros, 2018).

Dadas às informações climatológicas e dinâmicas do NEB a área em estudo tem seu clima controlado pelas oscilações espaço temporal da Zona de Convergência do Atlântico Sul, e dos vestígios das frentes frias, contribuição dos vórtices ciclônicos de altos níveis, às formações e intensificações das linhas de instabilidade, aglomerados convectivos, auxiliado pelos ventos alísios de sudeste, a convergência de umidade e a troca de calor sensível por latente, a orografia a contribuição dos efeitos locais, fatores que aumentam a cobertura de nuvens, a umidade relativa do ar e provocam chuvas de intensidades moderadas. (Medeiros, 2016).

Utilizou-se da série de dados de temperaturas máxima, média e mínima do ar (°C) compreendido entre os anos de 1960-2018, esses dados foram adquiridos da estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia. Para as séries dos dados: calcularam-se as médias mensais totais anuais e sazonais. Tais médias corresponderam às estações do ano: verão (dezembro, janeiro, fevereiro), outono (março, abril e maio), inverno (junho, julho e agosto) e primavera (correspondente aos meses de setembro a novembro).

As séries de dados meteorológicos foram avaliadas verificando-se sua consistência e homogeneização no intuito de eliminar possível discrepância, assim como, efetuada o preenchimento de falhas. Caso ocorram falhas de medidas, por problemas nos equipamentos ou por impedimento do observador, resultando em dias sem observação ou mesmo intervalo de tempos maiores, os dados falhos foram preenchidos com base nos dados de três postos vizinhos, localizados o mais próximo possível, onde se aplicou a seguinte equação:

$$P_x = \frac{1}{3} \left(\frac{N_x}{N_a} P_a + \frac{N_x}{N_b} P_b + \frac{N_x}{N_c} P_c \right)$$

em que:

P_x é o valor da temperatura que se deseja determinar;

N_x é a temperatura diária do posto x ;

N_a , N_b e N_c são, respectivamente, as temperaturas diárias observadas dos postos vizinhos A, B e C;

P_a , P_b e P_c são, respectivamente, as temperaturas observadas no instante que o posto x falhou.

A tendência temporal das séries de dados térmicos anuais das variáveis meteorológicas em estudo foi trabalhada pelo método dos mínimos quadrados para o ajuste da regressão linear (Wilks, 1995), avaliando-se a tendência com o teste de hipótese, para o coeficiente de regressão β_1 ($\beta_1=0$, não existe tendência; $\beta_1 \neq 0$, existe tendência, nos níveis de significância de 5% e 1%.

Calculou-se a média móvel para cinco e dez anos para as variáveis das temperaturas estudadas. A média móvel amortece as oscilações dos dados, advertindo para as flutuações das sazonalidades e tendências, quando constatadas. Na classificação das tendências foram gerados seus gráficos anuais e estacionais, visando identificar as possíveis tendências das variáveis térmicas em estudo, visando detectar as que poderão ser mais intensas.

As discussões dos efeitos unificados aos fenômenos de larga escala ENOS nas tendências climáticas registradas no município de Bom Jesus do Piauí, foram obtidos da série

de classificação/intensidades dos referidos eventos entre os anos de 1950 a 2018, em suas fases quentes e frias El Niño e, La Niña, nos seus respectivos gráficos de tendência temporal para as estações verão e primavera. A assimilação dos eventos ENOS foi baseada na classificação e na sua intensidade através do National Weather Service/Climate Prediction Center da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2018), utilizando-se das médias móveis dos três meses de anomalia na região do Niño 3.4, por no mínimo quinze meses consecutivos.

3. Resultados e Discussão

Tendência da temperatura máxima do ar no período de 1960-2018

A distinção da flutuação da temperatura é uma importante etapa do zoneamento agroclimático. Deve-se determinar seu comportamento probabilístico no espaço, para inferir sobre o parâmetro, em regiões desprovidas de estação meteorológica, e no tempo, para determinar sua variação ao longo do ciclo da cultura estudada. Para a agricultura, a temperatura influencia na tomada de decisão sobre as regiões igualmente adaptáveis e com melhores características de desenvolvimento e sustentabilidade, tanto para vegetais, animais, agropecuário, agroindústria e no agronegócio.

A temperatura máxima anual no município estudado durante os anos de 1960 a 2018 registrou tendência de aumento (Figura 2), de 0,23°C em 59 anos de observações contínuas estatisticamente significativa ao nível de 0,1%. Suas oscilações anuais fluíram entre 31,2°C a 36,5°C, com temperatura máxima anual de 3,5°C e sua mediana registrando 35,5°C.

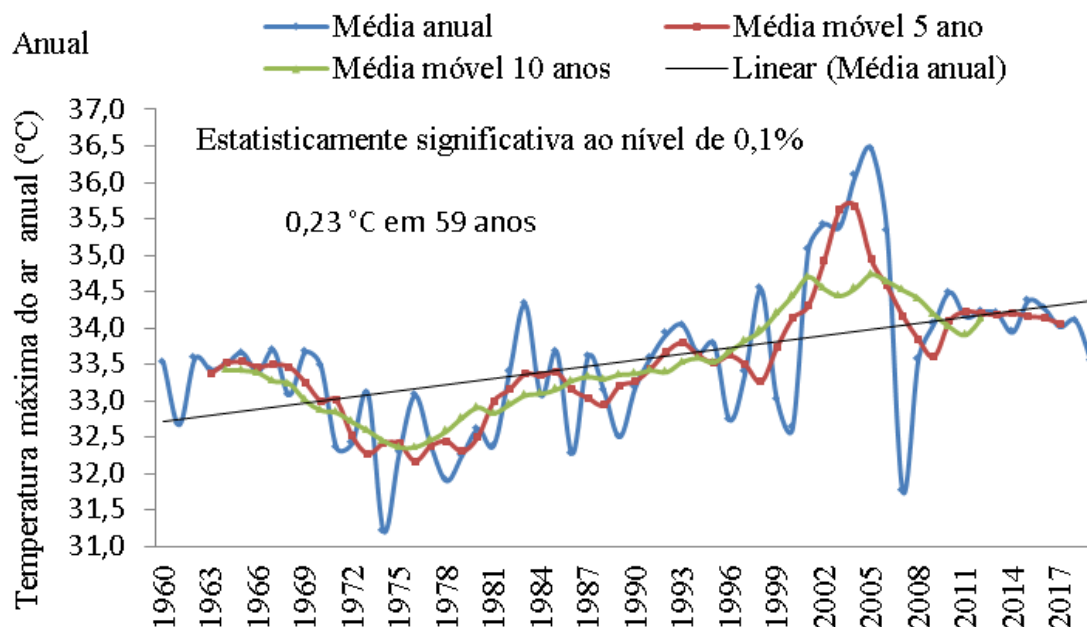
No período de 1960-1990 as oscilações da temperatura máxima do ar registradas fluíram entre 31, °C a 33, °C. Destacam-se os anos de 1974 (31,1°C); 1978 (32,1°C); 1983 (34,4°C); 1986 (32,3°C) e 1989 (32,7°C).

Entre os anos de 1990 a 2018 registraram-se flutuações aleatórias na temperatura máxima do ar oscilando entre 31,6°C (em 2007) a 36,5°C no ano de 2006. Entre 2002 a 2005 observa-se aumento gradativo no parâmetro estudado, estes aumentos gradativos estão relacionados à ausência de cobertura de solo após a colheita, redução da arborização, focos de incêndios e queimadas além dos baixos índices pluviiais ocasionados pela falta de cobertura de nuvem, baixa umidade relativa do ar e alta incidência de radiação solar diretamente à superfície do solo, Medeiros (2016).

Os acréscimos na temperatura máxima foram bem menores quando comparada aos aumentos ocorridos na temperatura mínima do ar neste estudo. Isto indica que o impacto de El Niño La Niña sobre a temperatura mínima é superior ao das temperaturas máximas, resultados inversos foram registrados no estado do Rio Grande.

As médias móveis das temperaturas máximas do ar do período de 1960-2018, para 5 e 10 anos estão representada na Figura 2 em discussão, observam-se que a média móvel de cinco anos tem uma melhor distribuição com significância para a série estudada. Estatisticamente estas oscilações são significativas ao nível de 5%.

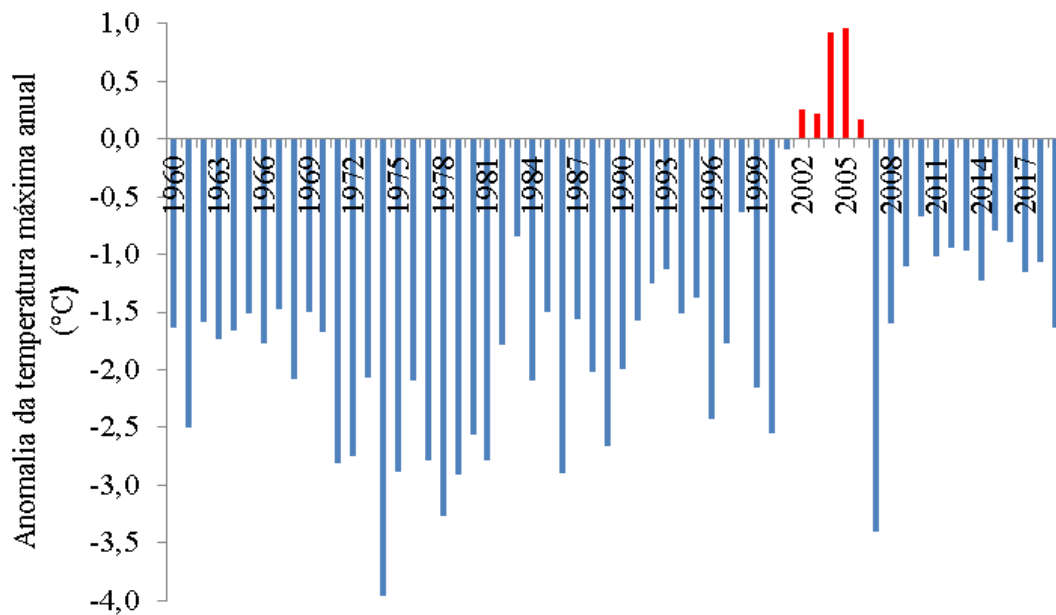
Figura 2. Perfil da temperatura máxima do ar anual e estacional, seguidamente das médias móveis de 5 e 10 anos no município de Bom Jesus do Piauí no período 1960-2018.



Fonte: Medeiros (2020).

As anomalias da temperatura máxima do ar (T_x) anual e estacional, no município de Bom Jesus do Piauí no período 1960-2018 estão representadas na Figura 3.

Figura 3. Variabilidade da anomalia da temperatura máxima do ar anual e estacional, no município de Bom Jesus do Piauí no período 1960-2018.

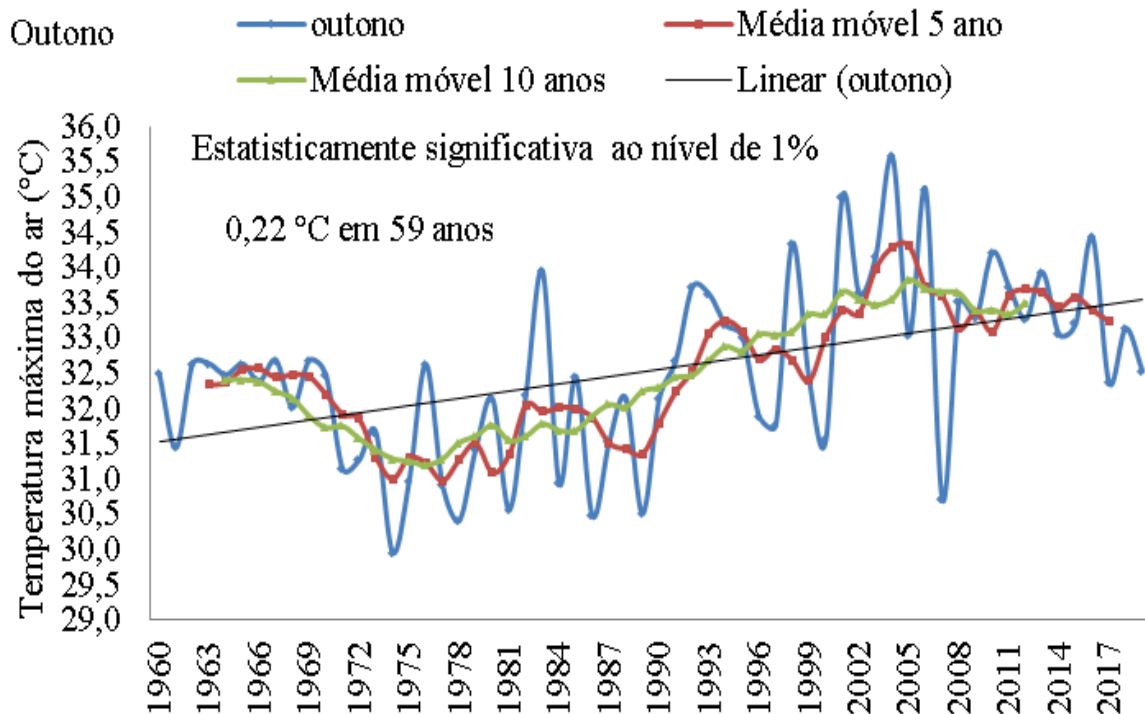


Fonte: Medeiros (2020),

As flutuações das anomalias da T_x fluem entre $-3,8^{\circ}\text{C}$ no ano de 1974 a 2005 com 1°C . Destacam-se os anos de menores anomalias negativas 1967, 1969, 1983, 1998, 2001, 2010 e 2015 com oscilações de $-0,1^{\circ}\text{C}$ a $-1,5^{\circ}\text{C}$. A anomalia positiva registrou-se entre os anos de 2002 a 2006 com oscilações fluindo entre $0,3^{\circ}\text{C}$ a 1°C .

Observa-se (Figura 4) a tendência linear da temperatura máxima anual e estacional, seguidamente das suas médias móveis de 5 e 10 anos para a estação outono no município de Bom Jesus do Piauí entre os anos de 1960-2018.

Figura 4. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional, seguidamente das médias móveis de 5 e 10 anos da estação outono no município de Bom Jesus do Piauí no período 1960-2018.

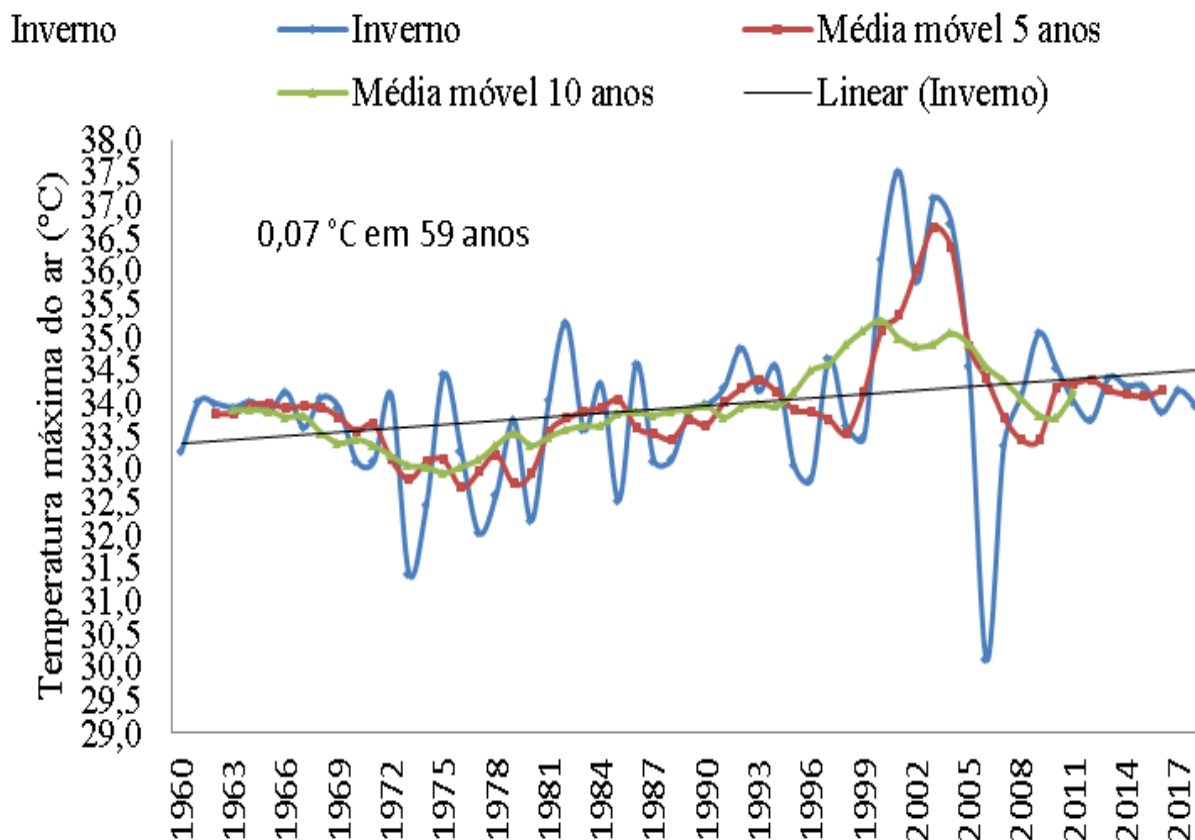


Fonte: Medeiros (2020),

Verifica-se por meio da Figura 4, uma tendência crescente ao longo do tempo e, registrando-se aumento de 0,22°C nos 59 anos de registros ao nível de significância de 1%, na estação outono a média móvel de 5 anos é mais representativa do que a de 10 anos. A reta de tendência informa que nos próximos períodos a temperatura máxima irá registrar tendência de elevações.

Na Figura 5 observam-se as variabilidades da tendência da T_X anual e estacional, seguidamente das médias móveis de 5 e 10 anos da estação inverno para Bom Jesus do Piauí compreendido entre os anos de 1960-2018.

Figura 5. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional, seguidamente das médias móveis de 5 e 10 anos da estação inverno no município de Bom Jesus do Piauí no período 1960-2018.



Fonte: Medeiros (2020),

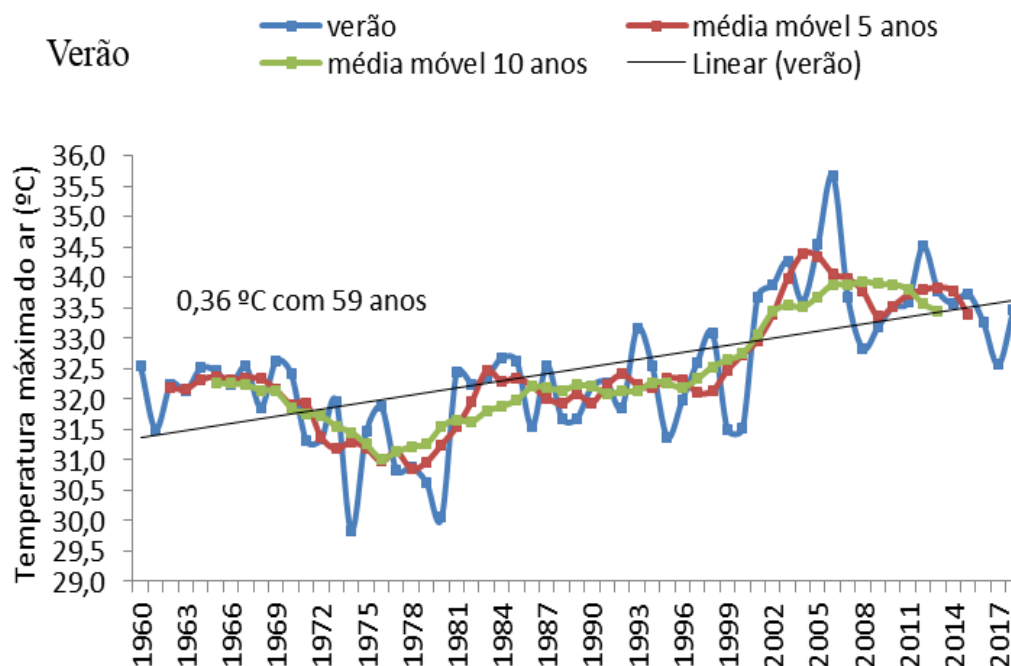
Para o nível de significância de 1% registrou-se um acréscimo $0,07^{\circ}\text{C}$ na área estudada. A reta de tendência é crescente e as flutuações da média móvel para 5 anos é mais representativa de ocorrência. Estatisticamente estas oscilações são significativas ao nível de 5%.

As análises de tendências nas temperaturas máximas e mínimas para a região Sul do Brasil durante os anos de 1960-2002 registrou um aumento térmico sistemático nesta região (Marengo et al., 2008).

Os autores detectaram tendências: positiva anual e sazonal dos elementos em estudo. Contradizendo-se com os resultados apresentados no estudo aonde a temperatura máxima vem passando por reduções e a temperatura mínima por aumentos.

Figura 6 observa-se as variabilidades da tendência da temperatura máxima do ar anual e estacional, seguidamente das médias móveis de 5 e 10 anos na estação verão no município de Bom Jesus do Piauí no período 1960-2018.

Figura 6. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional, seguidamente das médias móveis de 5 e 10 anos da estação verão no município de Bom Jesus do Piauí no período 1960-2018.

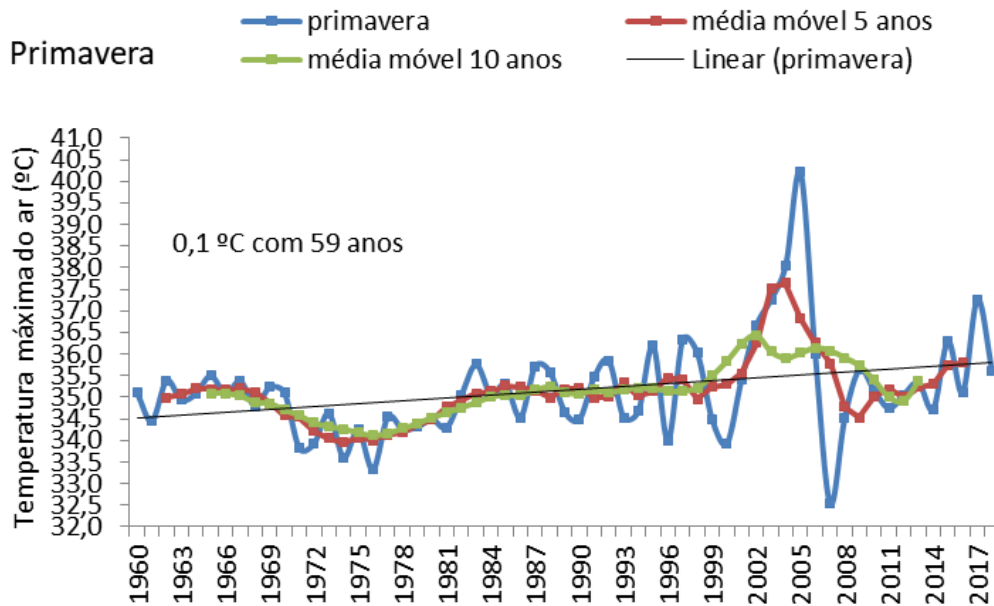


Fonte: Medeiros (2020),

Com reta de tendência positiva e registrando aumento de 0,36°C nos 59 anos de observações. As oscilações das temperaturas ocorrem entre 29,7°C no ano de 1974 e 30°C em 1980 a 35,9°C em 2006 e 34,7°C em 2012, as demais flutuações estão em conformidade com os estudos de Marengo et al. (2011 e 2015). As oscilações das médias móveis para 5 anos é mais representativa de ocorrência. Estatisticamente estas oscilações são significativas ao nível de 5%.

Na estação primavera (Figura 7) observam-se as oscilações da temperatura máxima fluindo de 32,5°C no ano de 2007 a 40,6°C no ano de 2005.

Figura 7. Tendência linear da temperatura máxima do ar anual e estacional, seguidamente das médias móveis de 5 e 10 anos da estação primavera no município de Bom Jesus do Piauí no período 1960-2018.



Fonte: Medeiros (2020).

Com reta de tendência positiva registrando aumento de 0,1°C e que nos próximos períodos a temperatura máxima irá registrar tendência de elevações.

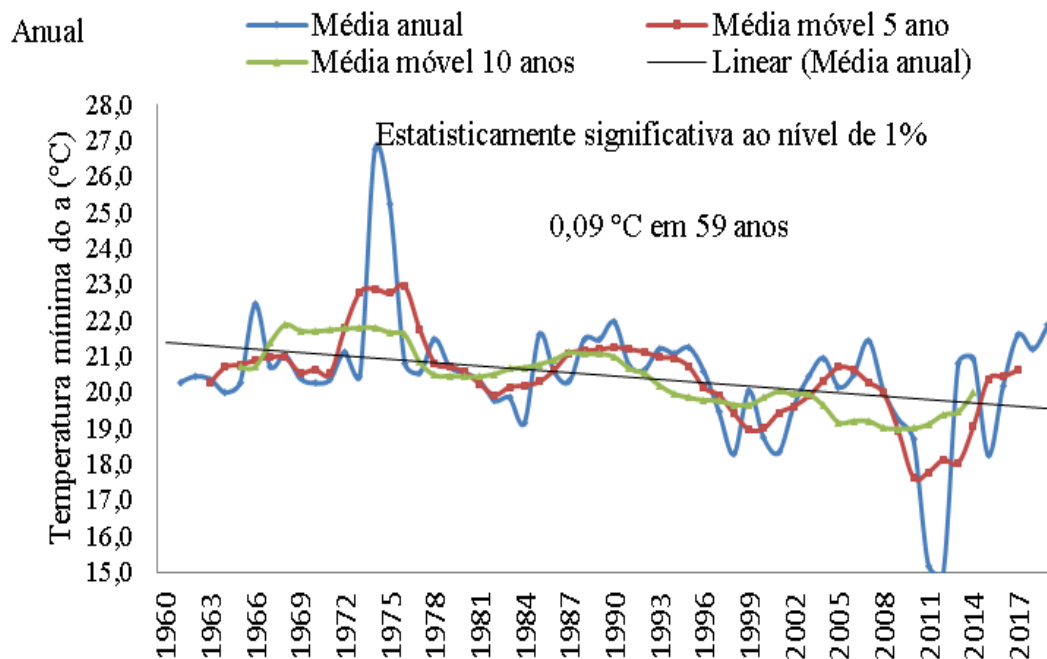
A troca de calor sensível por latente aumenta os poderes evaporativos e ocasionam eventos de chuva extremas de curta duração e alta magnitude. As flutuações da média móvel para 5 e 10 anos são representativa de ocorrência.

Tendência da temperatura mínima do ar no período de 1960-2018

Em meio às atividades produtivas, a agricultura é a mais condicionada às variabilidades climáticas de tal forma que estas são responsáveis por até 70% da variabilidade final da produção (ORTOLANI et al., 1987). Essa dependência está relacionada principalmente à variação sazonal dos fatores climáticos, que determinam as estações do ano e as épocas em que ocorrem as melhores condições e os menores riscos para o desenvolvimento das culturas. A média móvel de maior representatividade é a de 10 anos. Destacam-se dois picos (máximo e mínimo) na série da média anual, no ano de 1975 e 2012, respectivamente. O nível de significância e representativo ao nível de 1% para as oscilações das temperaturas mínimas.

Na Figura 8 tem-se a representação da temperatura mínima do ar anual e estacional, seguidamente das médias móveis de 5 e 10 anos no município de Bom Jesus do Piauí no período 1960-2018.

Figura 8. Representação da temperatura mínima do ar anual e estacional, seguidamente das médias móveis de 5 e 10 anos no município de Bom Jesus do Piauí no período 1960-2018.

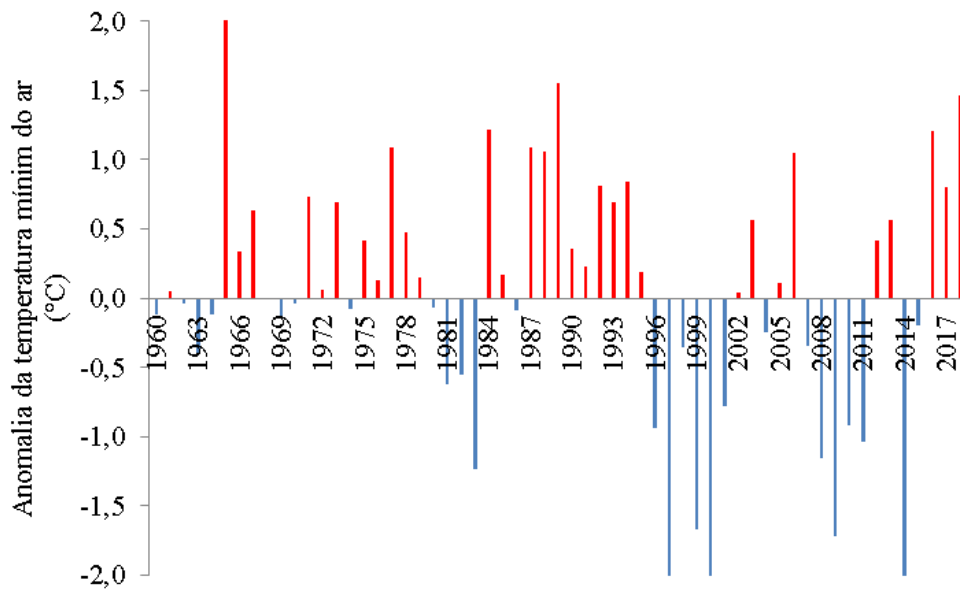


Fonte: Medeiros (2020).

Com tendência em acréscimo de 0,09°C e com nível de significância de 1%. As temperaturas anuais fluíram entre 15,0°C a 27,2°C com média de 27,0 °C. As maiores temperatura média anual foram registradas nos anos de 1967 (22,8°C); 1975 (26,9 °C) e 2017 (22,7°C) e sua menor temperatura anual foi de 15 °C no ano de 2012.

Na Figura 9 observam-se as variabilidades da anomalia da temperatura mínima do ar anual e estacional, no município de Bom Jesus do Piauí no período 1960-2018. As referidas variabilidades oscilam entre $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ a $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Estudos como o de Medeiros (2017); IPCC (2014); Rossato (2011) e Horokoshi et al. (2007) corroboram com os resultados aqui apresentados.

Figura 9. Variabilidade da anomalia da temperatura mínima do ar anual e estacional, no município de Bom Jesus do Piauí no período 1960-2018.

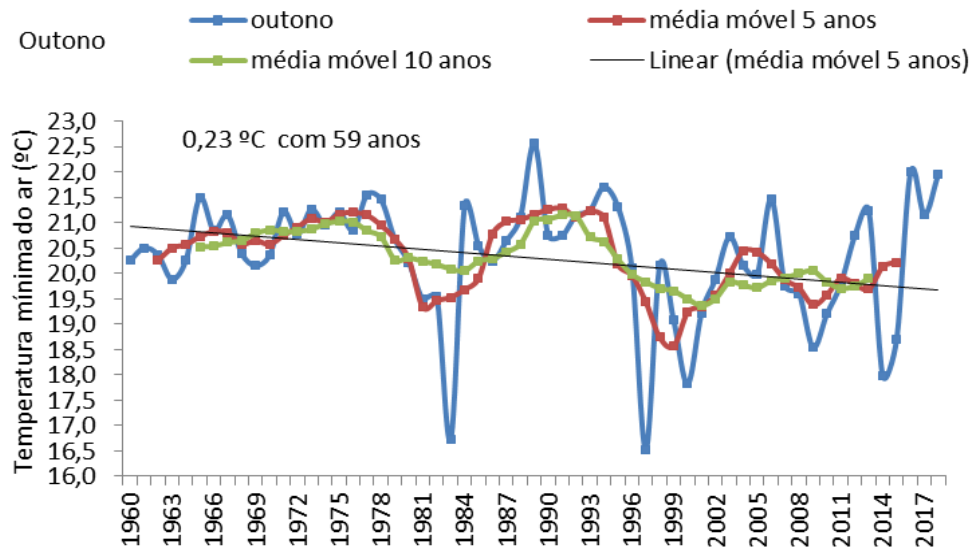


Fonte: Medeiros (2020).

A estação outono (Figura 10) apresenta tendência negativa com redução de temperatura mínima (T_x) de $0,23^\circ\text{C}$. As oscilações das temperaturas mínimas fluíram de $16,5^\circ\text{C}$ no ano de 1968 a $22,6^\circ\text{C}$ em 1990. Destaca-se o período de 1966 a 1980 com aumento da temperatura mínima exceto os anos 1995 – 1997.

O aumento da T_x entre os anos de 1984 a 1995 e entre 2004 – 2007 e nos anos 2012; 2013; 2015; 2016 2017 e 2018. As amplitudes máximas registradas nos índices térmicos foram decorrentes dos efeitos locais e sinóticos da região acarretando em redução térmica de $0,23^\circ\text{C}$. A média mais provável de acontecimento é a de 5 anos.

Figura 10. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional, seguidamente das médias móveis de 5 e 10 anos da estação outono no município de Bom Jesus do Piauí no período 1960-2018.

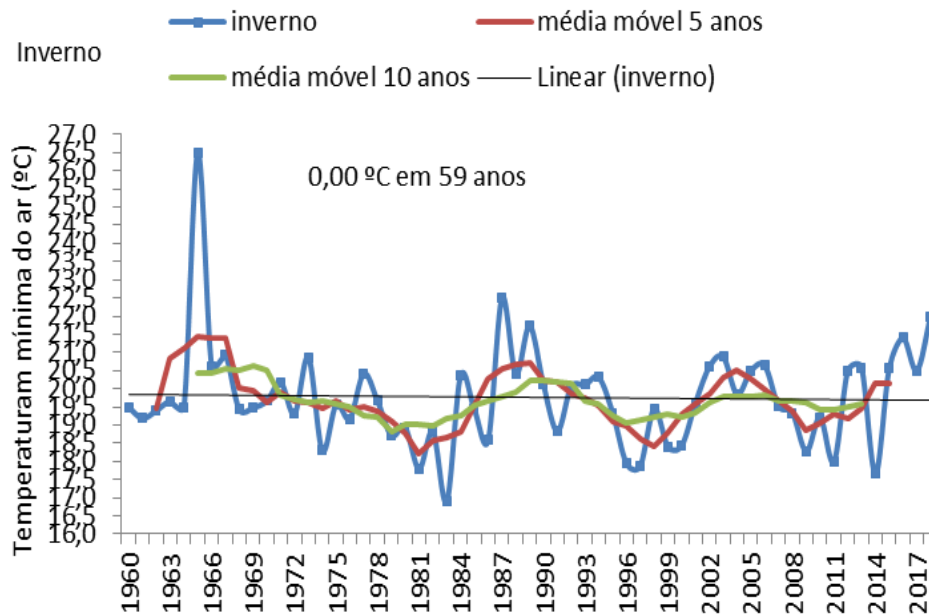


Fonte: Medeiros (2020),

Na estação inverno para a temperatura mínima (Figura 11) registrou-se um equilíbrio térmico. As flutuações fluíram de 16,7 °C no ano de 1984 a 26,6 °C no ano de 1965.

A predominância de reduções da temperatura mínima na série estuda e bem visível, estas oscilações estão em conformidades com os estudos dos autores Medeiros (2017; 2016); IPCC (2014); Rossato (2011); Horokoshi et al. (2007); Marengo et al. (2008) e Nobre et al. (2005) corroboram com os resultados aqui apresentados.

Figura 11. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional, seguidamente das médias móveis de 5 e 10 anos da estação inverno no município de Bom Jesus do Piauí no período 1960-2018.

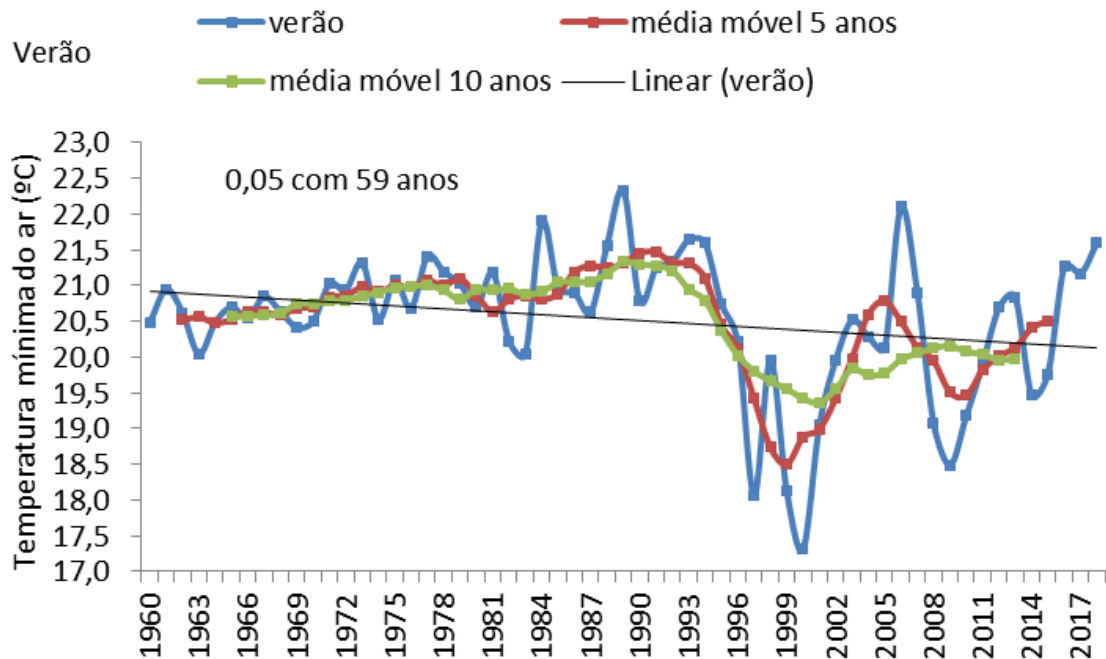


Fonte: Medeiros (2020),

Na estação verão (Figura 12) a qual coincide com o trimestre mais chuvoso da área de estudo registra-se tendência térmica negativa com redução de 0,05°C. No período de 1971 a 1995 registrou-se aumento de até 2,4°C. Entre 1996 a 2018 ocorreram reduções na Tx em até 3,2°C, excetos nos anos de 2006, 2007, 2012, 2013 e de 2015 a 2018.

Estas variabilidades térmicas são decorrentes dos efeitos regionais e da atuação dos sistemas sinóticos de meso e micro escala atuantes conforme IPCC (2014) e Marengo et al. (2011; 2015).

Figura 12. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional, seguidamente das médias móveis de 5 e 10 anos da estação verão no município de Bom Jesus do Piauí no período 1960-2018.



Fonte: Medeiros (2020).

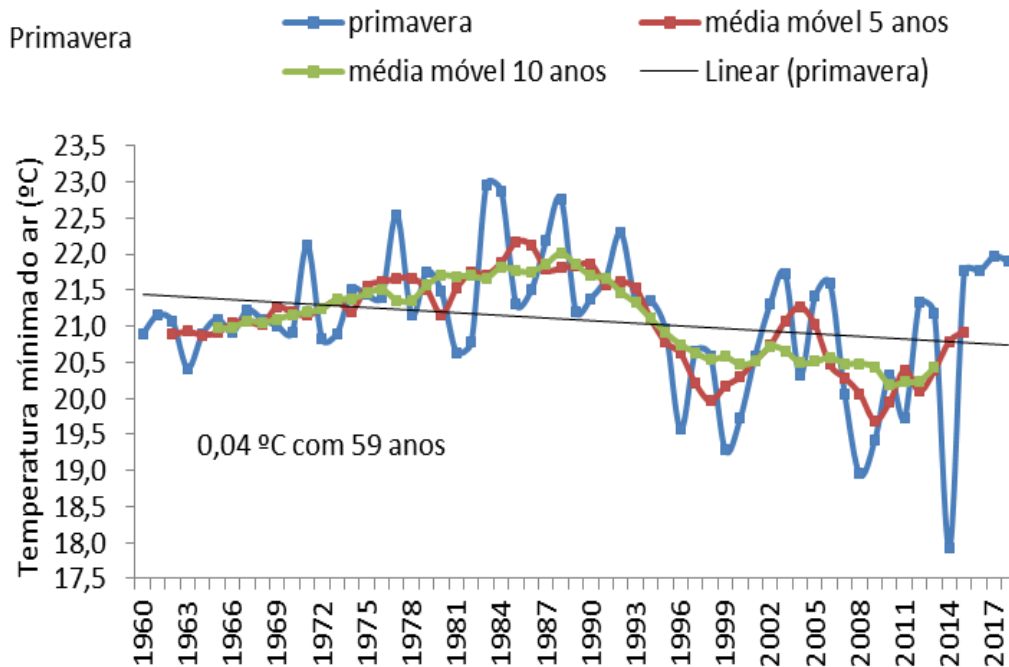
Com reta de tendência negativa e registrando redução de $0,04^{\circ}\text{C}$, estatisticamente estas oscilações são significativas ao nível de 5% para a estação primavera no município de Bom Jesus do Piauí no período 1960-2018. (Figura 13).

As temperaturas mínimas oscilaram entre $17,9^{\circ}\text{C}$ no ano de 2014 a $23,2^{\circ}\text{C}$ em 1985. Destacam o período compreendido entre os anos de 1983 a 1993 onde os valores da temperatura mínima foram mais elevados.

Salienta-se que na estação primavera correspondente aos meses de setembro a novembro na área de estudo estas flutuações são registradas demonstrando noites mais frias e dias mais quentes. A curva de média móvel mais provável de ocorrência é a de 5 anos.

Estudos como o de Medeiros (2017; 2016); IPCC (2014); Rossato (2011); Horokoshi et al. (2007); Marengo et al. (2008) e Nobre et al. (2005) mostraram que os índices térmicos tem semelhanças com os descritos neste artigo.

Figura 13. Tendência linear da temperatura mínima do ar anual e estacional, seguidamente das médias móveis de 5 e 10 anos da estação primavera no município de Bom Jesus do Piauí no período 1960-2018.



Fonte: Medeiros (2020).

O trabalho tem por finalidade mostrar aos projetistas e as comunidades agrícolas assim como aos tomadores de decisões dados que irá contribuir para futuros elaborações de projetos e aos pesquisadores em geral informações de altas confiabilidades.

4. Considerações Finais

Os resultados mostram que é possível fazer-se uma delimitação do comportamento climático na área estudada, usando dados de temperaturas máximas, média e mínimas e fornecendo as suas delimitações de um período quente e/ou frio servindo de alerta às autoridades e aos tomadores de decisões, para um melhor planejamento agropecuário e dos agronegócios.

Ocorreram reduções de temperatura em conformidade com o deslocamento do período chuvoso e as atuações e/ou contribuições dos efeitos regionais e locais.

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 no município de Bom Jesus do Piauí no período estudado (1960-2018).

A caracterização temporal, em escala mensal e anual, geraram valores simulados muito próximos aos valores observados, fato comprovado por índices estatísticos de desempenho satisfatório.

As variabilidades positivas e negativas nas anomalias da tendência linear da temperatura média compensada do ar no município de Bom Jesus do Piauí apresentou consistência espacial idêntica à da temperatura mínima, exatamente pela forte tendência nesta variável, no ano e nas suas estações.

Referências

Alvares, CA, Stape, JL, Sentelhas, PC, Gonçalves, JLM, Sparovek, G. (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. 22, 711–728.

Buriol, GA, Simões, JC. (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,

COMDEPI. Companhia de desenvolvimento do Piauí. Estudo de viabilidade para aproveitamento hidroagrícola do vale do rio Uruçuí Preto. Teresina, 2002.

Duarte, LA. (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.

INM. (2019). *Normais climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia*. Brasília – DF.

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

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

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

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

Horikoshi, AS & Fisch, G. (2007). Balanço Hídrico Atual e Simulações para Cenários Climáticos Futuros no Município de Taubaté, SP, Brasil. *Revista Ambiente e Água. An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 2(2).

Kuinchtner, A, Simões, JC, Buriol, GA. (2007). Variabilidade da temperatura do ar próximo à superfície no Planalto Meridional-Rio Grandense. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Piracicaba, 15(3): 232-240.

Machado, TS, Neves, SMAS, Seabra Jr, S, Neves, RJ. (2017). Zoneamento agroclimático do melão na região sudoeste de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Climatologia*. 13(20).

Marengo, JÁ, Alves, LM, Beserra, EA, Lacerda, FF. (2011). Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. ISBN 978-85-64265-01-1. INSA. Pag. 303 – 422. Campina Grande - PB.

Marengo, JA, Camargo, CC. (2008). Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960 - 2002. *International Journal of Climatology*. 28, p.893-904.

Medeiros, RM. (2017). Amplitudes térmicas e sua oscilação mensal na grande metrópole Recife-PE, Brasil. *Revista Paisagens & Geografias*. 2(1): 31-45.

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

Medeiros, RM. (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.

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

Menezes, FP, Fernandes, LL, Rocha, EJP. (2015). O uso da estatística para regionalização da precipitação no estado do Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*. 11(16).

Nobre, CA, Assad, ED. (2005). O aquecimento global e o impacto na Amazônia e na agricultura brasileira. INPE e Print, São José dos Campos, v. 1, Disponível em: <<http://eprint.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/ePrint@80/2005/09.12.12.51/doc/v1./doc/v1.pdf>>. Acesso em: 2020.

Ortolani, AA, Camargo, MBP. (1987). Influência dos fatores climáticos na produção. in: Castro, PRC, Ferreira, SO, Yamada, T. (ed.) *Ecofisiologia da produção agrícola*. Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Cap.4, p.7 1-79.

Ramos, HC, Dallacort, R, Neves, SMAS, Dalchiavon, FC, SantI, A, Vieira, FF. (2017). Precipitação e temperatura do ar para o estado de Mato Grosso utilizando krigagem ordinária. *Revista Brasileira de Climatologia*. 13(20).

Rossato, MS. (2011). *Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia*. 240f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS-BR.

Segovia, FO 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, MA. (2006). *Meteorologia e Climatologia*. Versão digital 2. Recife, p.487.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Raimundo Mainar de Medeiros – 50%

Enilson Palmeiras Cavalcanti – 50%