



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO EM GEOGRAFIA**

ELAINE FARIAS TEIXEIRA

**ANÁLISES DA TEMPERATURA DO AR E DOS ÍNDICES DE CONFORTO
TÉRMICO HUMANO EM CAMPINA GRANDE, PB NO PERÍODO DE 1977 A 2021**

**JOÃO PESSOA – PB
2023**

ELAINE FARIAS TEIXEIRA

**ANÁLISES DA TEMPERATURA DO AR E DOS ÍNDICES DE CONFORTO
TÉRMICO HUMANO EM CAMPINA GRANDE, PB NO PERÍODO DE 1977 A 2021**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito total para obtenção do grau de Mestra em Geografia.

Área de concentração: Território, Trabalho e Ambiente

Orientadora: Profa. Dra. Daisy Beserra Lucena

Coorientador: Prof. Dr. Jório Bezerra Cabral Júnior

**JOÃO PESSOA-PB
2023**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

T266a Teixeira, Elaine Farias.

Análises da temperatura do ar e dos índices de conforto térmico humano em Campina Grande, PB no período de 1977 a 2021 / Elaine Farias Teixeira. - João Pessoa, 2023.

84 f. : il.

Orientação: Daisy Beserra Lucena.

Coorientação: Jório Bezerra Cabral Júnior.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Geografia - Temperatura do ar. 2. Análise de variância. 3. Conforto térmico humano. I. Lucena, Daisy Beserra. II. Cabral Júnior, Jório Bezerra. III. Título.

UFPB/BC

CDU 911:551.524(043)



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza
Programa de Pós-Graduação em Geografia

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DA ALUNA ELAINE FARIAS TEIXEIRA, CANDIDATA AO TÍTULO DE MESTRE EM GEOGRAFIA, NA ÁREA DE TERRITÓRIO, TRABALHO E AMBIENTE.

1 Aos 18 (dezoito) dias do mês de Abril de 2023 (dois mil e vinte e três), às
2 14:30 (quatorze e trinta) horas, na plataforma Google Meet, reuniram-se, em caráter
3 de solenidade pública, os membros da comissão designada para avaliar **Elaine Farias**
4 **Teixeira**, candidata ao grau de mestre em Geografia, na área de **Território, Trabalho e**
5 **Ambiente**. Foram componentes da banca examinadora os professores Daisy Beserra
6 Lucena (orientadora) – Doutora em Meteorologia; Jório Bezerra Cabral Júnior
7 (coorientador) – Doutor em Geografia; Richarde Marques da Silva (examinador
8 interno) – Doutor em Geografia; e João Paulo Assis Gobo (examinador externo) –
9 Doutor em Geografia; sendo a primeira e o terceiro integrantes do corpo docente da
10 UFPB, o segundo da UFAL e o quarto da UNIR. Dando início aos trabalhos, a
11 Presidente da banca, Profa. Daisy Beserra Lucena, após declarar os objetivos da
12 reunião, apresentou a candidata Elaine Farias Teixeira, a quem concedeu a palavra
13 para que defendesse, oral e sucintamente, sobre o tema apresentado, intitulado:
14 **“ANÁLISES DA TEMPERATURA DO AR E DOS ÍNDICES DE CONFORTO**
15 **TERMICO HUMANO EM CAMPINA GRANDE, PB NO PERÍODO DE 1977 A 2021”**.
16 Após discorrer sobre o referido tema, a candidata foi arguida pelos examinadores, na
17 forma regimental. Ato contínuo, passou a comissão em caráter secreto, a proceder à
18 avaliação e julgamento do trabalho, concluindo por atribuir-lhe o conceito **Aprovada**.
19 Face à aprovação, declarou a Presidente achar-se a avaliada legalmente habilitada a
20 receber o Grau de mestre em Geografia, cabendo à Universidade Federal da Paraíba,
21 providências, como de direito, à expedição do Diploma a que a mesma fez jus. Nada
22 mais havendo a tratar, foi lavrada a Ata, que segue assinada e aprovada pela
23 Comissão Examinadora.

24 Documento assinado digitalmente
25 gov.br
26 DAISY BESERRA LUCENA
27 Data: 20/04/2023 08:56:19 -0300
28 Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

Daisy Beserra Lucena

29 **Prof. Dr. Daisy Beserra Lucena**
30 Orientadora

31 Documento assinado digitalmente
32 gov.br
33 JORIO BEZERRA CABRAL JUNIOR
34 Data: 20/04/2023 08:54:43 -0300
35 Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

36 **Prof. Dr. Jorio Bezerra Cabral Júnior**
37 Coorientador

Richarde Marques da Silva

38 **Prof. Dr. Richarde Marques da Silva**
39 Examinador interno

João Paulo Assis Gobo

40
41 **Prof. Dr. João Paulo Assis Gobo**
42 Examinador externo
43

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, Ele é poderoso para nos dar bem mais do que pedimos ou pensamos, hoje realizo esse sonho por intermédio dEle, pela sabedoria concedida, mas, especialmente, pelas pessoas que estiveram comigo durante a caminhada e contribuíram para findar esse ciclo, pois, desconheço qualquer pesquisa que tenha apenas um autor, dito isto, agradecer a todos que contribuíram para este trabalho será uma tarefa árdua, diante mão, peço desculpa pelas omissões.

A Mainha, minha melhor amiga e maior incentivadora dos meus sonhos, tudo que conquistei e sou é graças ao seu incompreensível amor. Sou grata a Deus por tê-la ao meu lado e meu desejo é que Ele te faça eterna para que possamos desfrutar das coisas boas dessa vida, juntas. A meu irmão, Rafael, a grande alegria do nosso Lar, minha companhia diária e criança amável. Vocês são minha maior conquista. Amo vocês incondicionalmente.

A Tio Tarcísio e Tia Maíra que sempre me acolhem tão bem em Pombal, bem como, aos meus sobrinhos Bernardo, Théo e Martin que tornam os dias mais leves e doces. Obrigada por acreditarem nos meus sonhos e abrirem possibilidades para que possa realiza-los. Amo muito vocês.

A minha mãe acadêmica, Daisy Bezerra Lucena, não tenho palavras para definir a eterna gratidão que tenho por essa mulher incrível, acolhedora, compreensiva e profissional ímpar. A senhora é um ser de luz, que Ele conserve sempre seu coração e a faça infinitamente feliz. A ti, minha eterna admiração.

A Jório Bezerra Cabral Júnior, meu coorientador, que tanto contribuiu para a realização desta pesquisa e acreditou no meu potencial. Obrigada por tanto, especialmente, por ser esse professor exemplar, proativo e atencioso.

A minha banca, Richarde Marques e João Paulo Assis Gobo. Professor Richarde, foi uma imensa satisfação ser sua aluna, o senhor é um símbolo de humildade, sempre está disposto a sanar dúvidas e compartilhar seu vasto conhecimento geográfico. Professor João, tê-lo conosco foi uma experiência enriquecedora, é realmente incalculável a estima que tenho por ti, não apenas pelo profissional dedicado, mas sobretudo, pelo ser humano que és, sendo assim, minha gratidão é de cunho pessoal: desejo que Pedro tenha muita saúde e que a vida da sua família seja repleta de alegrias.

Aos Docentes do Programa de Pós Graduação de Geografia da Universidade Federal da Paraíba, pelo conhecimento construído nas disciplinas ministradas.

Ao Grupo de Estudos e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (Geofisa) – UFPB, por desenvolver e dissipar informações relevantes e reunir pesquisadores com propósitos em comum.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Algodão, sede Campina Grande, que disponibilizou os dados de temperatura da Estação Meteorológica Convencional para a realização desta pesquisa.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa.

A Jean Oliveira Campos, que contribuiu significativamente no processamento dos resultados, sempre humilde e solícito, sou muito grata pela amizade que construímos no curso de Geografia da UEPB.

A Inocência Oliveira, um ser humano ímpar ao qual foi meu monitor, esteve na minha banca da seleção de Mestrado e me incentivou a alçar voos maiores na carreira acadêmica, a minha admiração por ti é imensurável, por isso, faltam-me palavras para agradecer por tudo e por tanto, para mim, és um grande amigo, você merece muito e conquistará tudo que almeja.

Aos meus amigos do coração, Henrique Sabino e Kaline Oliveira, que mesmo com a distância geográfica são simplesmente presentes, encontra-los foi um privilégio, sorte grande de uma vez na vida.

Ao meu primo querido Alisson Nascimento e amigo querido Sezinando Vieira pelo apoio e amizade em absolutamente todas as fases acadêmicas que vivenciamos.

A Vitória Aragão e Ivonete Ramos, grandes amigas que conquistei no Crossfit e excelentes companhias para dias felizes ou tristes. Obrigada por acreditarem em mim e estarem ao meu lado independente da adversidade, vocês merecem toda felicidade que a vida as proporcionar.

A Teobaldoque disponibilizou seu tempo e foi extremamente empático, muito obrigada.

A todos que ao longo da jornada acreditaram em mim e torceram para a conquista deste título, agradeço.

Com amor, Elaine F. Teixeira.

RESUMO

O objetivo desse estudo é analisar a tendência na temperatura (média, máxima, mínima, 9h, 15h e 21h) e os padrões de conforto térmico humano em Campina Grande, PB para o recorte temporal de 1977 a 2021. Para isso, utilizou-se os dados de temperatura e umidade relativa do ar da Estação Meteorológica Convencional e Automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e instalada na Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA) Algodão. Com base nos dados dessa estação, analisou-se a variabilidade das temperaturas (mensal, sazonal, interanual e decenal) por meio de estatística descritiva, bem como, realizou-se os testes de Mann-Kendall, Sen, Pettitt e Análise de Variância (ANOVA). O conforto térmico humano foi avaliado a partir dos índices de Temperatura Efetiva (TE) e Temperatura e Umidade (ITU) para os dois anos que registraram as temperaturas mais elevadas, além disso, calculou-se a temperatura da superfície para o perímetro urbano de Campina Grande. Os resultados obtidos apontaram que: (i) houve um acréscimo de 0,6 °C na temperatura média do ar nas últimas quatro décadas. (ii) os testes de Mann-Kendall e Sen indicaram uma tendência crescente e significativa para a temperatura média, máxima, mínima, 9h, 15h e 21h, em conformidade a isto, os maiores acréscimos ocorreram na máxima (0,035°C) e as 15h (0,031 °C). (iii) o TE e ITU calculados em 1998 e 2021, indicaram “Estresse Térmico” e “Estado de Emergência” de acordo com as faixas de classificação de Terjung (1966), Matzarakis; Mayer (1991) respectivamente. (iv) a banda termal dos satélites Landsat 5 e 8 identificaram uma elevação da TS mínima na cidade de Campina Grande em 1984 (20,8°C), 2007 (23,3°C) e 2018 (24,0°C). Pode-se concluir que o conjunto de 45 anos de dados forneceram embasamento para compreender a tendência de temperatura e (des)conforto térmico encontrado através das faixas interpretativas do TE e ITU nas temperaturas a tarde.

Palavras-chave: Testes de Tendência. ANOVA. Conforto Térmico Humano.

ABSTRACT

The objective of this study is to analyze the trend in temperature (average, maximum, minimum, 9 am, 15 pm and 21pm) and the patterns of human thermal comfort in Campina Grande, PB for the time frame from 1977 to 2021. For this, we used data on temperature and relative humidity from the Conventional and Automatic Weather Station belonging to the National Institute of Meteorology (INMET) and installed in the Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA) Cotton. Based on data from this station, the variability of temperatures (monthly, seasonal, inter-annual and decennial) was analyzed through descriptive statistics, as well as the Mann-Kendall, Sen, Pettitt and Analysis of Variance (ANOVA) tests. The human thermal comfort was evaluated from the Effective Temperature (ET) and Temperature and Humidity (ITU) indexes for the two years that registered the highest temperatures, in addition, the surface temperature was calculated for the urban perimeter of Campina Grande. The results obtained indicated that: (i) there was an increase of 0.6°C in the average air temperature over the last four decades. (ii) the Mann-Kendall and Sen tests indicated an increasing and significant trend for the average temperature, maximum, minimum, 9h, 15h and 21h, accordingly, the largest increases occurred in the maximum (0.035°C) and 15h (0.031°C). (iii) the TE and UTI calculated in 1998 and 2021, indicated "Thermal Stress" and "State of Emergency" according to the classification ranges of Terjung (1966), Matzarakis; Mayer (1991) respectively. (iv) the thermal band of the Landsat 5 and 8 satellites identified an elevation of the minimum TS in the city of Campina Grande in 1984 (20.8°C), 2007 (23.3°C) and 2018 (24.0°C). It can be concluded that the set of 45 years of data provided a basis for understanding the temperature trend and thermal discomfort found through the interpretative ranges of TE and UTI in afternoon temperatures.

Keywords: Trend Tests. ANOVA. Human Thermal Comfort.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dados demográficos de Campina Grande, PB (1970 – 2021)	22
Figura 2 – Fluxograma Metodológico.....	25
Figura 3 – Localização da área de estudo, Município de Campina Grande, PB.....	26
Figura 4 – Expansão Urbana no entorno da Estação Meteorológica de Campina Grande, PB pertencente ao INMET em 2005 e 2023.....	35-36
Figura 5 – Ocupação e uso do solo urbano na Rua Prof. Carlos Francisco Medeiros de Almeida, Pedregal, Campina Grande, PB nos anos 2011 e 2019.....	37
Figura 6 – Variabilidade mensal das temperaturas média (a), máxima (b), mínima (c), 9h (d), 15h (e), 21h (f) do ar em Campina Grande, PB no período de 1977 a 2021.....	37-38
Figura 7 – Variabilidade sazonal das temperaturas média (a), máxima (b), mínima (c), 9h (d), 15h (e), 21h (f) do ar em Campina Grande, PB no período de 1977 a 2021.....	41- 42
Figura 8 – Variabilidade interanual das temperaturas média (a), máxima (b), mínima (c), 9h (d), 15h (e), 21h (f) do ar em Campina Grande, PB no período de 1977 a 2021.....	44
Figura 8g – Variabilidade anual da temperatura de Campina Grande, PB no período de 1977 a 2021.....	46
Figura 9 – Variabilidade decenal da temperatura média do ar em Campina Grande, no período de 1981 a 2020.....	47
Figura 10 - Espacialização da Temperatura de Superfície para o perímetro urbano de Campina Grande nos anos de 1984, 2007 e 2018.....	
Figura 11 – Tendência da Temperatura interanual média (a), máxima (b), mínima (c), 9h (d), 15h (e), 21h (f) do ar em Campina Grande, PB no período de 1977 a 2021.....	48 – 49
Figura 11	
Figura 12 – Tendência da temperatura mensal média (a), máxima (b), mínima (c), 9h (d), 15h (e), 21h (f) do ar em Campina Grande, PB no período de 1977 a 2021.....	54
Figura 13 –Intervalo de confiança de 95% para a diferença temporal das médias para as séries decenais de 1980 (D1), 1990 (D2), 2000 (D3) e 2010 (D4) para Campina Grande, PB.....	57
Figura 14 – Índice de Temperatura Efetiva (TE) para as temperaturas: média, máxima, mínima, 9h, 15h e 21h na cidade de Campina Grande, 1998.....	59

Figura 15 – Índice de Temperatura Efetiva (TE) para as temperaturas: média, máxima, mínima, 9h, 15h e 21h na cidade de Campina Grande, 2021.....	61
Figura 16 – Índice de Temperatura e Umidade Relativa (ITU) para as temperaturas: média, máxima, mínima, 9h, 15h e 21h na cidade de Campina Grande, 1998.....	63
Figura 17 – Índice de Temperatura e Umidade Relativa (ITU) para as temperaturas: média, máxima, mínima, 9h, 15h e 21h na cidade de Campina Grande, 2021.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação da Temperatura Efetiva, proposta por Terjung (1966)	32
Quadro 2 – Classificação da Temperatura Efetiva, proposta por Matzarakis e Mayer (1991)	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características de imagens Landsat utilizadas para calcular a Temperatura da Superfície (TS).....	34
Tabela 2 – Valores discrepantes das temperaturas média (a), máxima (b), mínima (c), 9h (d), 15h (e), 21h (f) do ar em Campina Grande, PB no período de 1977 a 2021	40
Tabela 3 – Estatística interanual da temperatura média, máxima, mínima, 9h, 15h e 21h em Campina Grande, PB	52
Tabela 4 – Estatística mensal da temperatura do ar média, máxima e mínima em Campina Grande, PB	55
Tabela 5 – Estatística mensal da temperatura às 9h, 15h e 21h em Campina Grande, PB.....	56
Tabela 6 – Estatística decenal de 1980, 1990, 2000 e 2010 em Campina Grande, PB.....	58

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	Geral	13
2.2	Específicos	13
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
3.1	Aquecimento Global e atual realidade climática	14
3.2	Climatologia aplicada a biometeorologia humana	17
3.3	Campina Grande: processo de formação e expansão urbana.....	20
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	25
4.1	Área de Estudo.....	25
4.2	Base de dados.....	27
4.2.1	Estatística Descritiva	27
4.2.2	Estatística de Mann-Kendall	27
4.2.3	Curvatura de Sen	29
4.2.4	Teste de Pettitt	29
4.2.5	Análise por Variância	30
4.2.6	Índices de Conforto Térmico Humano	31
4.2.7	Temperatura da Superfície	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
5.1.1	Variabilidade Mensal da Temperatura	37
5.1.2	Variabilidade Sazonal da Temperatura	41
5.1.3	Variabilidade Interanual da Temperatura	43
5.1.4	Variabilidade Decenal da Temperatura	47
5.1.5	Temperatura da Superfície.....	48
5.2	Análise de Tendência	51
5.2.1	Tendência Interanual da Temperatura	51
5.2.2	Tendência Mensal da Temperatura	53
5.3	Análise de Variância (ANOVA)	56
5.4	Índices de Conforto Térmico Humano para Campina Grande	58
5.4.1	Temperatura Efetiva 1998.....	58
5.4.2	Temperatura Efetiva 2021	61
5.4.3	Temperatura e Umidade 1998	63
5.4.4	Temperatura e Umidade 2021	65
6	CONCLUSÕES	68
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
8	ANEXOS	77

1 INTRODUÇÃO

A concentração de Gases do Efeito Estufa (GEE) antropogênico na atmosfera desencadeou um aquecimento global detectável desde meados do século XX, isto posto, é o resultado climático que experimentamos atualmente, por isso, apresenta grandes desafios ambientais. Sendo assim, a comunidade científica do *Intergovernmental Panel Climate Change* (IPCC¹) analisa, constrói e divulga relatórios sobre estudos do clima com ênfase no aumento dos (GEE) e os seus recorrentes impactos pós Revolução Industrial.

Por conseguinte, a *Alerta dos Cientistas Mundiais sobre a Emergência Climática*² evidencia a robustez do desafio de reduzir as emissões dos gases causadores do efeito estufa, ao passo que o nível recorde de concentração de dióxido de carbono (CO₂), GEE, atingiu no ano de 2021 um total de 419 Partes Por Milhão (PPM) na troposfera global (NOAA, 2021) desta forma, o planeta enfrenta uma crise que repercute numa Mudança Climática, especialmente, devido ao aumento médio da temperatura do ar, que afeta de modo desigual diversas ambiências.

Diante dessa realidade, é possível identificar intensos processos que alteraram o microclima do espaço urbano, lugar este onde ocorre a mais efetiva interação entre o homem e a natureza, e, conseqüentemente, sua expansão, impermeabilização do solo e verticalização de edifícios. Como bem destaca Madhuranga e Pereira, 2019; Wei *et al.*, 2016; Stewart & Oke (2010), a redução da vegetação para inserção de ambientes construídos que armazenam e liberam calor, alterando assim, a velocidade do vento, são, efetivamente, fatores que reverberam no aumento da temperatura do ar e decrescem a umidade relativa, elementos climáticos que afetam diretamente a sensação de Conforto Térmico Humano da população.

Cabe ainda salientar que não são apenas as metrópoles e os centros urbanos de grande expressividade que estão sujeitos a problemas de ordem social, estrutural e ambiental, destacando-se, a necessidade de “compreender as cidades médias e pequenas brasileiras não como um conhecimento a parte do processo de urbanização ou da totalidade, mas sim como particularidades e singularidades.” (MAIA, 2010, p. 18).

Sob está ótica, há uma lacuna de estudos na área de Conforto Térmico Humano em cidades médias no interior do Nordeste brasileiro, especialmente, na Paraíba, assim sendo, pode-se destacar Campina Grande, o segundo maior centro urbano paraibano, com uma

¹ Em português, Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima.

² RIPPLE, William J. *et al.* World Scientists' Warning of a Climate Emergency. *BioScience*, v. 70, n. 1, p. 8-12, jan. 2020

população estimada de 413.830 habitantes e uma área urbana de 54,14 km² de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diante disso, havendo uma carência de estudos que avaliem a tendência de temperatura do ar, sobretudo, em horários sinóticos, apresenta-se a seguinte questão: a expansão urbana de Campina Grande, PB propicia uma tendência estatisticamente significativa na temperatura do ar e conseqüentemente desconforto térmico na população?

Observado a indagação feita, formula-se a hipótese que a tendência da temperatura (média, máxima, mínima, 9h, 15h e 21h) está associada a clara expansão urbana que Campina Grande protagonizou entre 1977 a 2021, tendo em vista as profundas mudanças que houveram no entorno da Estação Meteorológica Convencional pertencente a Embrapa Algodão nas últimas quatro décadas.

Isto posto, a investigação aprofundada do comportamento da temperatura do ar subsidia uma compreensão sobre os possíveis riscos e vulnerabilidade ao desconforto térmico ao qual a população campinense, inserida numa Região naturalmente quente e submetida a um expansivo processo de urbanização está exposta, pois, ter ciência da problemática facilita o desenvolvimento de um ambiente termicamente confortável, especialmente, para a saúde e o bem-estar dos habitantes de Campina Grande, PB.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

- Analisar a variabilidade da temperatura do ar e o padrão de conforto térmico humano na cidade de Campina Grande – PB no período de 1977 a 2021.

2.2 Específicos

- Verificar se há tendência das temperaturas do ar (média, máxima, mínima, 9h, 15h e 21h), nas escalas mensal, sazonal e anual.
- Analisar as variações da temperatura do ar diurna, vespertina e noturna.
- Identificar se há diferenças significativas na temperatura do ar por década.
- Aplicar o Índice de Temperatura e Umidade Relativa (ITU) e Temperatura Efetiva (TE) para verificar o conforto térmico humano na cidade.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Aquecimento Global e atual realidade climática

Até o final do século XX a maioria da população brasileira residia no campo, entretanto, com o desenvolvimento industrial concentrando o capital na cidade, foi inevitável o êxodo rural que ocorreu em um ritmo bastante acelerado, especialmente, nos países subdesenvolvidos, promovendo um crescente aumento no contingente populacional urbano, com ausência de planejamento e conseqüentemente infraestrutura ideal para abrigar seus novos habitantes.

Assim sendo, Corrêa (1993) considera o espaço urbano a partir da percepção que seus habitantes têm em suas conexões com estrutura social, processos e funções. Por isso, a cidade irá ser palco da mais efetiva interação entre a sociedade e natureza em divergentes contextos: culturais, econômicos, políticos, sociais e ambientais. “Em verdade, obedecendo o caráter antropocêntrico da Geografia, a cidade é, cada vez mais a morada do Homem”. (MONTEIRO, 2003, p. 10).

Diante do exposto, foi a partir da Revolução Industrial que pôde-se verificar uma profunda transformação no âmbito atmosférico das cidades, na medida em que a ascensão do capitalismo intensificou as Emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) de origem antrópica, modificando, assim, a forma, funções e significados no cotidiano de um ambiente sobre a perspectiva de um homem urbano.

Por isso, o relatório especial do *Intergovernmental Panel Climate Change* (IPCC) 2018 “Aquecimento Global de 1,5 °C” apresenta evidências de uma considerável alteração no clima do planeta em escala global no último século, essa mudança deve-se, essencialmente, a elevada concentração de GEE relacionados a utilização intensificada de combustíveis fósseis, uso e cobertura do solo, construção de edificações e pavimentações com materiais de alto poder de armazenamento de energia térmica, influenciando diretamente a elevação da temperatura do ar.

Isto posto, nos últimos 150 anos a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento de florestas fizeram que a nossa espécie *Homo Sapiens* fosse responsável pela alteração da composição atmosférica, sobretudo, a urbana. De acordo com Artaxo (2020):

Aumentamos a concentração de muitos gases-chave na manutenção do balanço energético de nossa atmosfera, como o CO₂, metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), ozônio (O₃), entre outros. Esses gases absorvem a radiação infravermelha, que é o calor emitido pelo nosso planeta para o espaço. A atmosfera, ao interceptar esses

gases, armazena calor adicional e aumenta a temperatura da Terra. (ARTAXO, 2020, p. 55).

Em síntese, as projeções do Quarto Relatório de Avaliação (AR4) do IPCC (2007) no tocante ao Aquecimento médio Global da superfície terrestre para o final do século XXI (2090-2099) indicou que um cenário de baixo nível de emissão de Gases do Efeito Estufa ainda elevaria a temperatura média para 1,8°C, podendo variar na faixa de 1,1°C a 2,9°C. Em contrapartida, mesmo diante a melhor estimativa para o cenário de alto nível de emissões constatou-se a possibilidade de registrar-se uma temperatura média de 4°C, variando-se na faixa de 2,4°C a 6,4°C. Sendo assim, torna-se importante mencionar que mesmo as concentrações de GEE mantendo-se constantes, ainda sim especula-se o aquecimento de 0,1°C por década na temperatura da terra (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Diante desse contexto, o (AR4) publicado em 2007 apontou o Brasil como um país em desenvolvimento que encontra-se extremamente vulnerável aos impactos associados a variabilidade climática, como secas, estiagens, cheias, inundações e deslizamentos de encostas, vulnerabilidade esta, associada justamente a naturalização da catástrofe social evidenciada por esses eventos naturais de grandes proporções, atingindo expressivamente a população urbana com menor poder aquisitivo.

Diante disso, novos relatórios de avaliação do IPCC foram publicados afim de melhorar significativamente a compreensão das projeções dos cientistas sobre o Aquecimento Global, principalmente na tomada de decisão para mitigar os impactos recorrentes, sendo assim, desde o aviso emitido pelo relatório especial “Aquecimento Global de 1,5°C” divulgado em outubro de 2018 pelo (IPCC) que O Acordo de Paris apresentou o ambicioso objetivo de limitar o aumento da temperatura a 1,5°C até o final do século, caso contrário, a nossa trajetória atual aponta que o planeta continuará aquecendo e a temperatura poderá chegar aos 4°C.

No Sexto Relatório de Avaliação (AR6) divulgado em abril de 2021 intitulado “Mudanças Climáticas 2021: a Base da Ciência Física” mostra que o território brasileiro, sobretudo, as cidades, continuam sendo apontadas como as áreas mais vulneráveis a ocorrência de eventos extremos devido à presença efetiva da população, destacando-se alterações na precipitação, e outros fatores de risco também, como o avanço da desertificação no Nordeste, danos na extensa área costeira e degradação da floresta amazônica. Decerto, a frequência desses eventos afeta diretamente os ecossistemas naturais, desencadeando, assim, a perda de biodiversidade e impactando significativamente a sociedade.

É sabido que as alterações climáticas são agora amplamente reconhecidas como a maior ameaça global do século XXI, por isso, Yin *et al.* (2019) ratifica a importância de avaliar os

efeitos da temperatura sob a égide das mudanças climáticas, pois, embora vários pesquisadores tenham previsto que o Aquecimento Global levará a um aumento da mortalidade relacionada ao calor, não se havia investigado qual a Temperatura Mínima de Mortalidade (TMM) para estimar o risco relativo no futuro, sendo assim, embora a (TMM) mude geograficamente, a pesquisa desenvolvida pelos autores em 420 locais e seis continentes estimou que a maior Temperatura Mínima de Mortalidade atingiu os 32°C, enquanto a menor foi de 12°C, isto posto, essa descoberta foi uma importante contribuição para a ciência do clima.

Na sequência de um relatório focado na ciência física das mudanças climáticas e seus impactos, o segundo, abrangeu ações de mitigação e foi lançado em abril de 2022. No entanto, o Secretário – Geral das Nações Unidas António Guterres foi incisivo em sua fala quanto afirmou que: “O júri chegou ao seu veredito e ele é condenatório. É um arquivo da vergonha. Estamos em um caminho rápido para o desastre climático”. Na atual conjuntura, as emissões globais de (GEE) atingirão o pico antes de 2025, exigindo, assim, ações imediatas que limitem o aquecimento a 1,5°C, em contrapartida, sem as atitudes necessárias, o aquecimento de 2°C será a realidade global em breve.

Segundo Krummenauer *et al.* (2021) além de uma tendência de aumento da temperatura, os eventos de calor se tornarão mais frequentes, intensos e duradouros, sendo assim, as populações humanas terão que adaptar-se as temperaturas mais altas para garantir sua sobrevivência, caso contrário, a ausência de adaptação ao calor, sobretudo, das populações urbanas, levará a um aumento substancial do excesso de mortalidade no futuro.

Logo, assim como é inequívoco que a influência antrópica aquece a atmosfera na escala de alguns séculos sem precedentes, do mesmo modo, segundo Kushick (2020), as mudanças climáticas que começaram a manifestar-se com o aumento da temperatura do ar e dos eventos extremos (IPCC 2014, 2018) são os principais fatores de risco que intensificam a ocorrência de mortalidade de um indivíduo exposto ao desconforto térmico.

Corroborando com o que foi dito anteriormente, Sera *et al.* (2019) ratifica que as pessoas que vivem em centros urbanos são particularmente vulneráveis a temperatura e a estrutura dessas áreas podem aumentar os riscos à saúde a depender dos indicadores socioeconômicos e demográficos. Portanto, cidades com maiores desigualdades, ou seja, com maior índice de Gini, registraram elevado impacto na mortalidade atribuível ao calor.

No entanto, outro cenário que o (AR6) evidência é a possibilidade das emissões globais líquidas zero de CO₂ serem alcançadas no início da década de 2050 em vias que limitem o aquecimento a 1,5 °C com uma porcentagem superior a 50%, mas, por volta de 2070, verifica-se uma probabilidade menor que 67% de que a terra terá aquecido 2° C. Diante desse contexto,

torna-se importante mencionar que esses cenários incluem profundas reduções nas emissões de (GEE), portanto, o nível do pico de aquecimento depende das emissões cumulativas de CO₂ até o momento do zero líquido.

Por conseguinte, mediante o que foi dito anteriormente, verifica-se avanços significativos nas propostas de mitigação no (AR6) em relação Quinto Relatório de Avaliação (AR5), principalmente no contexto da literatura, refletido, especialmente, nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que é uma agenda mundial adotada durante a cúpula das Nações Unidas em setembro de 2015, composta por 17 objetivos e 169 metas a serem atingidas até 2030. Torna-se importante ressaltar que nessa agenda estão previstas ações mundiais nos âmbitos: social, ambiental, econômico e institucional.

A esfera ambiental trata da preservação e conservação da natureza, com ações que vão desde a reversão do desmatamento, proteção das florestas e da biodiversidade em si, como o combate à desertificação e a adoção de medidas efetivas contra mudanças climáticas. Sendo assim, o Objetivo 13 consiste justamente na ação contra a mudança global do clima e uma de suas metas é melhorar a educação, aumentar a conscientização e capacidade humana sobre mitigação, adaptação, redução de impacto e alerta precoce quanto a essa alteração permanente.

O *Working Group III: Mitigation of Climate Change IPCC (2022)* teve como prioridade avaliar estratégias para reduzir emissões de gases do efeito estufa, dando maior relevância as ações mitigadoras dos estados, cidades, corporações e ONGs, propondo um custo decrescente das tecnologias de baixo carbono, sistemas de inovação e financiamento com uma maior cooperação internacional e uma atenção especial as soluções baseadas em mudanças de uso do solo urbano.

Portanto, conhecer o comportamento térmico de uma cidade média tropical do nordeste brasileiro em um crescente processo de urbanização é de fundamental importância para o estudo do clima urbano e conforto térmico humano, pois, como citado anteriormente, as estratégias para reduzir a problemática global evidenciadas pelos relatórios do IPCC devem começar por ações locais, contudo, para que sejam colocadas em prática necessita-se de uma investigação ambiental focada em aplicações práticas ao planejamento urbano.

3.2 Climatologia aplicada à Biometeorologia Humana

Desde meados do século XX é comum analisar os efeitos do tempo e do clima sobre os seres humanos com base em índices simples e também complexos no contexto do calor e do frio, portanto, existem muitos índices de conforto térmico humano e eles podem ser aplicados

para a análise de dados históricos, clima recente e também para fenômenos e casos específicos. O desenvolvimento e aplicação de novos métodos demonstram a necessidade e importância de pesquisas no âmbito de conforto térmico na cidade (MATZARAKIS et al. 2021)

De acordo com Fdez – Arroyabe e Robau (2017) a relação entre os processos atmosféricas e a saúde humana tornou-se um tópico científico repleto de discussões nos últimos anos, especialmente, após os recentes resultados do IPCC (2022) a respeito da crise climática global ao qual estamos enfrentando e os eventos extremos de grande magnitude em distintas regiões da terra.

Nesse contexto, Krüger et al. (2022) aponta que muitos países em desenvolvimento, como o Brasil, estão atrasados e precisarão de um impulso na pesquisa científica nas áreas relacionadas a Biometeorologia Humana, pois, as Mudanças Climáticas exacerbam as cargas de calor criando condições indesejáveis, ou até mesmo limitantes para o ser humano. Tratando-se de países quentes e úmidos do Sul Global, a população dos centros urbanos é inquestionavelmente mais vulnerável devido a questões sociais.

Sendo assim, torna-se importante mencionar que a atmosfera teve seus estudos voltados à perspectiva da Climatologia Geográfica só a partir de 1930. Anteriormente, conforme relataram Souza e Nery (2012), o estudo dos elementos meteorológicos ocorria de forma isolada e meramente através de abordagem estatística. No entanto, notou-se a partir da visão geográfica o impacto que as influências atmosféricas exercem sobre a saúde e qualidade de vida das populações, principalmente, no contexto urbano conforme Xavier (1999), na forma descrita:

A razão de criarem-se condições de conforto térmico está no desejo do homem sentir-se termicamente confortável. A sensação de conforto térmico é obtida através de trocas térmicas entre o ambiente e o ser vivo nele inserido. Isto depende do indivíduo, pois cada um possui uma maneira própria de acumular energia para sentir-se confortável. (XAVIER. 1999, p. 209).

Portanto, há evidências que os primeiros esforços para organizar os índices de conforto térmico foram realizados nos Estados Unidos, no período compreendido entre 1913 e 1923. Desde então, cerca de três dezenas de índices (biofísicos, fisiológicos e subjetivos) foram produzidos para aplicação (ALVES, 2009). Ocasionalmente, existem alguns desafios a serem superados, pois, embora venham sendo aprimorados estudos em diferentes partes do mundo, inclusive no Brasil, para compreender a sensação térmica em pequenas e médias cidades, a carência é de um índice de conforto térmico humano que abranja as condições tropicais (ARAÚJO, 2012).

Em 1970, a Sociedade Internacional de Biometeorologia (ISB) definiu que a Biometeorologia Humana trata-se do estudo da influência do tempo e do clima sobre os seres

humanos pra fins fisiológicos e medicinais e pode ser subdividida em diferentes abordagens, contudo, para esta pesquisa, priorizou-se a abordagem urbanística, especificamente o microclima dos ambientes externos e o conforto térmico humano.

Sendo assim, considera-se como conforto térmico, “a zona delimitada por valores térmicos em que o maior número de pessoas manifeste sentir-se bem” (GARCIA, 1996, p. 198). Com uma definição similar, a Ashrae (1981) definiu conforto térmico como um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente térmico que envolve um indivíduo, notando-se, desta forma, um conceito bastante subjetivo. Os seres humanos se adaptam ao clima de várias formas, como fisiológicas, comportamentais e tecnológicas. (YIN *et al.* 2019 p.3).

Segundo Mallick (1996) o estado de conforto é dado por diversos fatores, e entre eles há alguns que não podem ser mensurados, como o bem-estar psicológico. Nas características quantificáveis, o conforto é relacionado à temperatura do ar, umidade, velocidade do vento, radiação, entre outros. Somam-se a esses fatores características pessoais como a vestimenta e a atividade física.

Isto posto, corroborando com o que foi dito, Kumar e Sharma (2020) afirmam que a complexidade da avaliação de conforto térmico deriva da combinação de fatores quantitativos e qualitativos na percepção subjetiva. Os principais fatores qualitativos referem-se as características físicas da pessoa (metabolismo e vestimenta) já os quantitativos, indicam os elementos climáticos do meio ambiente.

Sendo assim, Liu et al (2020) apontam a temperatura do ar como o fator vital mais importante do parâmetro conforto térmico, ou seja, dentre a umidade relativa do ar e velocidade do vento, a temperatura determina diretamente a troca de calor por convecção do corpo humano com o ambiente, afetando os sistemas radioativo, evaporativo e respiratório, além disso, segundo os mesmos autores, a temperatura do ar exibiu o maior nível de associação com a sensação térmica do ambiente físico.

Ademais, o homem é homeotérmico, sendo assim, conserva temperatura constante permeando os 36°C - 37°C, no entanto, quando exposto a situações extremas, de acordo com Sette e Ribeiro (2011) e os valores de temperatura decrescem, há hipotermia e mecanismos do corpo são acionados, como a vaso contração, tiritar, arrepios e aumento da taxa metabólica. Contudo, o inverso também ocorre, o caso da hipertermia, quando a temperatura corporal está acima de 37°C, podendo causar diversas complicações, como convulsões, suor e vasodilatações, conforme estabeleceu Pitton e Domingos (2004):

Devido à desidratação, o sangue fica mais viscoso, aumentando a possibilidade de derrame e infarto. A 41, 5°C já há danos cerebrais e pode conduzir o indivíduo ao

óbito. O processo que conduz à morte devido ao calor excessivo é mais acelerado entre aqueles com problemas cardiovasculares, respiratórios ou com doenças mais graves. (PITTON E DOMINGOS, 2004, p. 80).

De acordo com Shoostarian (2015) o conforto térmico é um dos indicadores que determinam a percepção de bem estar geral (acústico, visual e olfativo) além da sensação de segurança, por isso, conforme afirma o autor, impactos físicos e emocionais numa população são determinantes para escolha de espaços onde maximize a percepção de satisfação, logo, o conforto térmico torna-se também um indicador para valor da propriedade.

Além disso, conforme aponta Santos (2022) a dimensão do território brasileiro faz com que as condições climáticas sejam variadas e, desta forma, não é surpreendente que existem diferenças relativas ao conforto térmico. Por exemplo, a análise feita por Lima *et al.*, (2019) mostrou que na região nordeste, o intervalo de conforto térmico pode variar de 26°C a 31°C. Como bem destaca Gobo (2018):

Para se estabelecer as faixas de sensação térmica de um determinado ambiente, diversos trabalhos buscam identificar a interação entre os elementos climáticos predominantes no meio físico e a sensação térmica dos indivíduos inseridos nesse meio. (GOBO, p. 57, 2018).

Portanto, segundo Binarti *et al.* (2020) a criação de um ambiente termicamente confortável engloba várias dimensões, desde a mitigação do fenômeno das ilhas de calor urbana até a saúde e o bem-estar dos habitantes como objetivo final, portanto, uma abordagem metodológica centrada no ser humano deve limitar, modificar e direcionar os fatores climáticos (temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento) dentro do contexto urbano, para a zona de conforto térmico.

Por fim, é importante destacar a necessidade de se conhecer as problemáticas desencadeadas pela apropriação do homem no espaço geográfico, pois, torna-se imprescindível que medidas mitigadoras, como a arborização, possam ser efetivadas para amenizar a sensação de desconforto térmico nos centros urbanos.

3.3 Campina Grande: Processo de formação e expansão urbana

Em 1883, Campina Grande tinha cerca de quatro mil habitantes, sendo, provavelmente a mais populosa e próspera localidade do interior paraibano, “visto que por ali passava a principal estrada que ligava os sertões da Paraíba e Rio Grande do Norte às outras cidades da Paraíba e também à cidade do Recife” (ARAÚJO, 2015, p. 15). Segundo Cardoso (2000):

Sua fixação não foi acidental, mas fruto do trabalho humano, materializado pelas atividades dos tropeiros, boiadeiros, tangerinos e mascates, na busca de encontrar um sítio³ que tivesse condições de alimentação, água e pouso, além de ligar-se estrategicamente o litoral com o sertão. (CARDOSO, 2000, p. 34).

Por conseguinte, Campina Grande eleva-se a categoria de cidade no ano de 1864, a abertura de armazéns e fábricas nas proximidades da estação Ferroviária no início do século XX redefiniu em termos de espaço-tempo a vida urbana que agora aderira aos hábitos e ritmo de embarque e transporte do algodão, isto posto, além de um ambiente de sociabilidade por excelência, o trem, e os proprietários do ouro branco (algodão), promoveram alterações no centro tradicional da Rainha da Borborema. Conforme Araujo (2015):

O comércio do algodão, também chamado de “Ouro Branco” foi um dos fatores que influenciou o crescimento populacional da cidade, que passou de vinte mil habitantes em 1907, para cento e trinta mil, em 1939, um crescimento de cerca de 320% em pouco mais de 30 anos. Esse número de habitantes só foi atingido pela capital paraibana, João Pessoa, na década de 1950. (ARAUJO, 2015, p. 16).

Sintetizando o apogeu do algodão, chega-se ao ano de 1933, quando Campina Grande é contemplada com o plano de urbanização das grandes cidades brasileiras. Com euforia, as perspectivas permeavam contribuições para tornar o espaço moderno, acolhedor e atrativo para o turismo, aumentando assim, o ritmo das atividades econômicas. Portanto, pode-se dizer que houve uma reconfiguração da área urbana entre 1940 e 1950 e uma saída de tudo que considerava-se indesejado para ocupar as ruas centrais. De maneira geral, de acordo com Costa (2013):

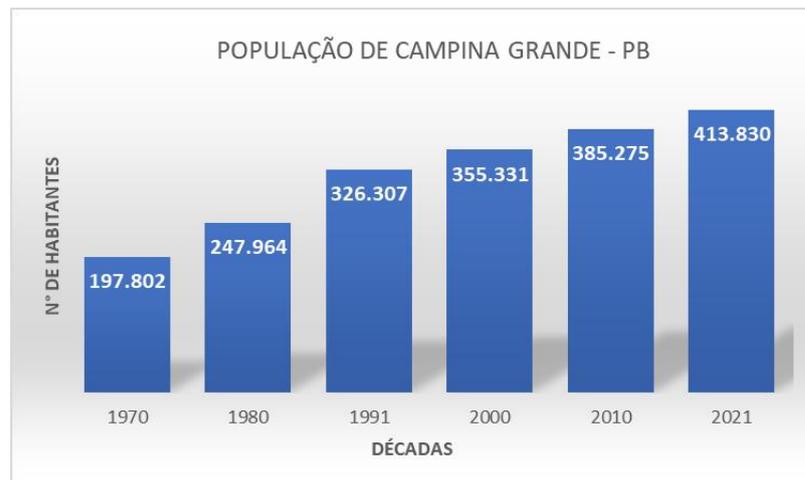
Os principais avanços, em termos de crescimento econômico e de modernização levados para o espaço urbano de Campina Grande foram realizadas de maneira mais contundente antes do período militar, como a instalação da Escola Politécnica de Campina Grande, a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e os Distritos Industriais. (COSTA, 2013, p. 52).

De acordo com os dados demográficos do (IBGE) observados na (Figura 1) o município protagonizou uma clara expansão populacional entre 1970 e 2021, tendo em vista que, houve um acréscimo de 216.000 habitantes em 50 anos e uma taxa de crescimento urbano de aproximadamente 18% entre 1991 e 2010 (IBGE, 2010). Esse crescimento levou ainda a verticalização da cidade, principalmente em bairros como o Centro, o Catolé e a Prata, cujo adensamento resultante provoca grandes impactos sobre a infraestrutura urbana (ARAUJO, 2013). Conforme nos mostra Costa (2013):

³ Local onde ocorre a urbanização, geralmente associado a localização topográfica da construção da cidade

Embora a expansão da malha e o crescimento populacional sejam dados relevantes, é necessária uma reformulação para se delimitar a área urbana, ou seja, a cidade e por conseguinte, definir a cidade em local, regional, média e metrópole. Considerando a análise do processo de urbanização de Campina Grande, á luz de aspectos quantitativos ou qualitativo, podemos considera-la como uma importante cidade média do interior do Nordeste. (COSTA, 2013, p. 56).

Figura 1 - Dados demográficos de Campina Grande – PB (1970 – 2021).



Fonte: IBGE (2010).

Segundo Porto (2007) a área urbana de Campina Grande passou de 45,3 km² no ano de 1980, para 100 km² em 2005, havendo assim, um acréscimo de 54,7 km² na malha urbana em 25 anos. Atualmente, de acordo com Silva *et al.* (2018) a zona urbana de Campina Grande equivale a 98 km² e ela exerce grande influência política e econômica sobre outros 57 municípios do Estado da Paraíba. Como bem destaca Costa (2013):

As cidades apresentam semelhanças e diferenças em relação aos padrões de expansão; algumas crescem seguindo os principais eixos viários, aproveitando-se da diminuição do tempo gasto para chegar às áreas centrais; outras crescem em “saltos” incorporando na malha urbana espaços rurais descontínuos à sua aglomeração. É claro que ambos os fatores tendem a ocorrer para algumas cidades médias, mas, devido a dinâmica do crescimento urbano de Campina Grande, observa-se um crescimento contínuo e sem muitas interrupções entre a malha da cidade e a área rural. (COSTA, 2013, p. 26).

Sendo assim, todo processo de urbanização, seja ele mais lento ou acelerado, deve compreender a qualidade ambiental no contexto da cidade, considerando uma análise climatológica como um importante instrumento para o planejamento em si, como também a busca por estratégias de amenização dos problemas existentes. É sabido, de acordo com (MONTEIRO E MENDONÇA, 2003, p. 94) “As cidades dos países não desenvolvidas, principalmente as das áreas tropicais, notadamente as de médio e pequeno porte, só muito recentemente começaram a despertar a elaboração de estudos de seus ambientes climáticos”.

Seguindo a mesma linha de raciocínio, o processo de urbanização é o mais expressivo resultado da interação entre a sociedade e o ambiente físico, desencadeando um clima artificialmente construindo que reverbera na saúde humana. Costa *et al.* (2020) afirmou que o Nordeste Brasileiro (NEB) apresentou uma tendência positiva tanto para as temperaturas máximas, ou seja, normalmente mais elevadas, quanto para as mínimas. Sabe-se que esse aquecimento pode se dar por fatores naturais, em contrapartida, com as atuais características dos espaços urbanos, os fatores antropogênicos tornaram-se imprescindíveis para as variações térmicas, logo, das situações de conforto e desconforto térmico humano em relação ao ambiente ao qual os citados estão inseridos.

Como bem destaca Lucena, (CABRAL JÚNIOR; STEINKE, 2020, p. 3288) “Em se tratando do campo térmico nos estudos de clima urbano, para as cidades localizadas nas zonas intertropicais, tais estudos se tornam ainda mais relevantes, uma vez que essas áreas concentram a maior quantidade de energia comparada as regiões de latitudes médias e altas”, pois, Campina Grande – PB, localizada na parte setentrional do Nordeste Brasileiro é uma das cidades que recebe elevado quantitativo de irradiância solar, além disso, é importante ressaltar que o clima urbano não deve ser encarado como único produto do espaço construído, pois, os fatores geográficos, ou seja, relevo, altitude e latitude também desempenham um papel essencial na determinação do microclima (LANDSBERG, 2006).

Diante desse contexto, a elevação da temperatura é bem documentada nas escalas global, continental e regional, no entanto, na escala local existem poucos estudos e investigações desenvolvidas. (DANTAS; SANTOS; OLINDA, 2015). Por isso, Sanderson *et al.* (2011) apontam que partes isoladas dos continentes apresentam aquecimento três vezes maior que a média global e entre os muitos fatores que podem estar associados a esse aquecimento destaca-se, sobretudo, a mudança do uso do solo.

Conforme D. Lai *et al.* (2019) o ambiente térmico urbano enfrenta dois grandes desafios: o Aquecimento Global e as Ilhas de Calor Urbana, pois, existem evidências científicas concretas que o sistema climático mundial está aquecendo, além disso, as (ICU) pioram significativamente o ambiente térmico de uma cidade ao passo que reduz o conforto térmico dos espaços abertos. Segundo os autores, é provável que a associação do Aquecimento Global e Ilhas de Calor Urbana resulte na mortalidade relacionada ao calor.

A Temperatura da Superfície Terrestre é um parâmetro fundamental para compreensão e monitoramento ambiental, especialmente no contexto climático urbano. Segundo Phan e Kappas (2018) os dados de imagem de sensoriamento remoto são uma das fontes mais

adequadas de (TS) em alta resolução espacial e temporal para analisar tendências e fazer previsões.

A alteração térmica da superfície urbana está intrinsecamente articulada ao crescimento populacional, ou seja, como resultado da rápida urbanização no último meio século, a estimativa é que a população urbana mundial passe de 56% em 2021 para 68% em 2050 (ONU, 2022), por isso, à medida que a cobertura natural do solo é substituída por materiais de baixa refletância como pavimentação, asfalto e concreto é favorecido a ocorrência das Ilhas de Calor Urbana (ICU), desta forma, a diminuição da velocidade dos ventos e umidade relativa do ar trarão consequências negativas a sociedade.

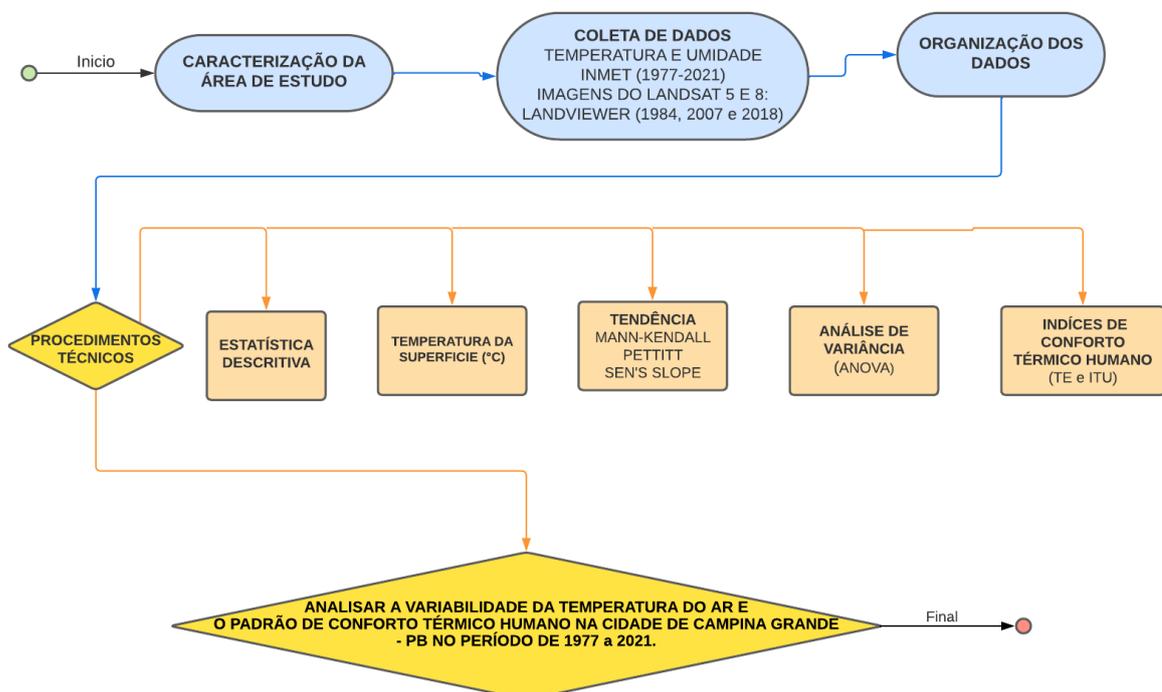
Por isso, as modificações na paisagem dos elementos naturais segundo o interesse da sociedade na ocupação e uso do solo nos centros urbanos geram implicações significativas. Para (MENDONÇA, 2003, p. 93), “Neste ambiente socialmente construído, o balanço de energia precedente sofre profundas mudanças, sendo que os elementos climáticos mais observados têm sido a temperatura e umidade relativa do ar (ilha de calor, ilha de frescor, conforto/ desconforto térmico etc.)”

Portanto, a cidade por ser um ambiente artificialmente modificado, introduz alterações, especialmente, no balanço de energia que influenciam em praticamente todos os elementos do clima (temperatura do ar, umidade atmosférica, ventos, precipitação pluvial, dentre outros). Esses indicadores ambientais influenciam não somente a qualidade ambiental, mas há uma série de evidências de efeitos do clima urbano na saúde (RIBEIRO; PESQUERO; COELHO, 201

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Na Figura 2 verifica-se o fluxograma com as etapas sequenciadas de realização da pesquisa, de forma a alcançar este objetivo e confirmar ou refutar a hipótese, que será detalhado em seguida.

Figura 2 - Fluxograma Metodológico.

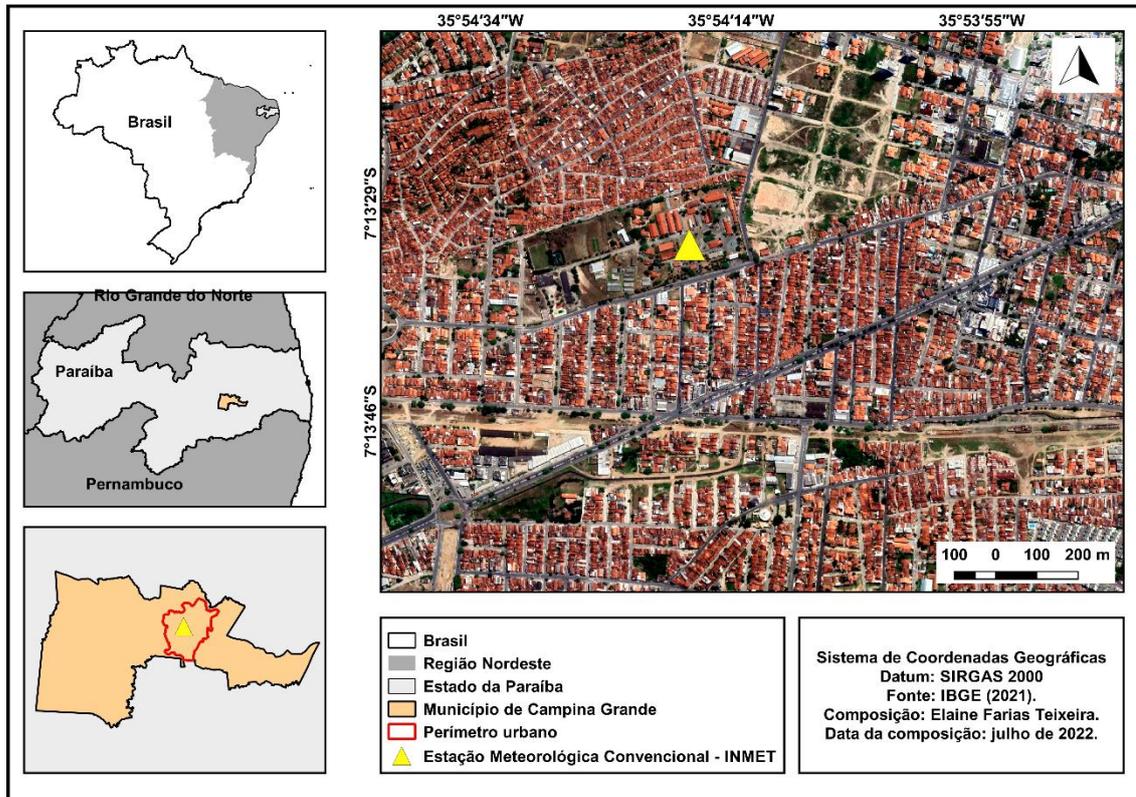


Fonte: Elaborado pela autora (2022)

4.1 Área de Estudo

A área de estudo desta pesquisa corresponde ao recorte urbano do Município de Campina Grande nas coordenadas geográficas de Latitude: 7°12'S; 7°13'S, Longitude: 35°51'; 35°52'W e altitude de 550 m, localizado no Estado da Paraíba e distante 126 km da Capital João Pessoa. De acordo com o (IBGE, 2017) o município está situado na Região Geográfica Imediata e Intermediária de Campina Grande (Figura 3), possui uma extensão territorial de 591,658 km², apresentava uma população de 385.213 habitantes segundo o censo demográfico de (2010) e atualmente compreende cerca de 413.830 habitantes (IBGE, 2023).

Figura 3 - Localização da área de estudo, Município de Campina Grande, PB.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

De acordo com a classificação climática de Köppen o clima de Campina Grande é Tropical chuvoso, cuja fórmula é representada por “As”, ou seja, a temperatura média do ar no mês mais frio é superior a 18,0 °C e o acumulado anual de precipitação média supera 700 mm (ALVARES *et al.*, 2013). Outros estudos identificaram que a temperatura do ar média anual, para a referida localidade, é de 23,3°C, com período mais chuvoso registrado entre o outono-inverno (CABRAL JÚNIOR *et al.*, 2013; ALMEIDA; CABRAL JÚNIOR, 2014).

Inserida na unidade agroambiental do Planalto da Borborema, Campina Grande, PB, como bem destaca a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2014) apresenta predominância de Neossolos, solos minerais pouco desenvolvidos com ausência do horizonte B diagnóstico, podendo-se encontrar Luvisolos, Argissolos e Planossolo em território campinense.

4.2 Base de dados

Para realização desta pesquisa foram utilizados dados meteorológicos de temperatura do ar e umidade relativa de 01.01.1977 a 31.12.2021 da Estação Meteorológica do tipo Convencional, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e instaladas no Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (Embrapa/CNPA), em Campina Grande, PB, disponível no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)⁴, do INMET.

Todavia, a Estação do tipo Convencional apresentou falhas e ausência de dados em 29 dos 528 meses estudados, portanto, optou-se por preenche-las com o banco da Estação Meteorológica Automática (EMA) que está localizada no mesmo endereço. Isto posto, torna-se relevante mencionar que a porcentagem de falhas corresponde a apenas 5,49%, não comprometendo, assim, a veracidade dos resultados desta pesquisa.

Ademais, os dados diários da temperatura média, máxima, mínima, 09h, 15h e 21h, bem como os dados da umidade relativa do ar foram inseridos e tratados através da planilha *Excel*, com a finalidade de organiza-los mensal, sazonal e anualmente. As análises estatísticas e geração dos respectivos gráficos foram realizados através do *software R*.

4.2.1 Estatística Descritiva

Para observar o comportamento e analisar a variabilidade da temperatura do ar média, máxima, mínima, como também nos horários sinóticos da manhã (09h00), tarde (15h00) e noite (21h00) para o período de 45 anos, especialmente, nas escalas mensal, sazonal e decenal optou-se por utilizar Box Plot como ferramenta gráfica de estatística descritiva que permite visualizar e compreender a posição, dispersão, simetria e valores discrepantes (*outliers*) do conjunto de dados de temperatura do ar na cidade. Por conseguinte, os gráficos estatísticos e os parâmetros descritivos como a média, mediana, o 1° e 3° Quartil, valores mínimos e máximos, além dos extremos positivos e negativos dos dados nas escalas citadas anteriormente foram gerados através do *Software R Studio*.

4.2.2 Estatística de Mann-Kendall

Para analisar se há tendências significativas na temperatura do ar (média, máxima, mínima, 9h, 15h e 21h) nas escalas mensal e anual utilizou-se o teste estatístico não paramétrico

⁴ Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>

de Mann-Kendall, sendo proposto inicialmente por Mann (1945) e posteriormente por Kendall (1975), esse teste é recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para a verificação de tendência em séries temporais de elementos climáticos, uma vez que, a hipótese de estabilidade de uma série e a respectiva sucessão de valores ocorrerá de forma independente, sendo assim, a sua distribuição de probabilidade permanecerá a mesma. Portanto, o teste estatístico de Mann-Kendall possibilitou averiguar se há tendência da temperatura do ar na cidade de Campina Grande, PB.

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{ sinal } (x_j - x_i) \quad (1)$$

S é o resultado da somatória de $(x_j - x_i)$; x_j é o valor primário; x_i é o seguinte, sendo n -ésimo valor da série temporal de dados. Para cada par de dados de temperatura serão atribuídos os seguintes valores:

$$\text{SINAL} = \begin{cases} +1 \text{ se } (x_j - x_i) > 0 \\ 0 \text{ se } (x_j - x_i) = 0 \\ -1 \text{ se } (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Inicialmente, a estatística S é considerada zero, mas, se um valor de dados em períodos de tempos subsequentes for maior que um valor de dados do período anterior, S é incrementado em 1 e *vice-versa*. O resultado dá o valor final de S .

A variância de S , com repetições de dados é definida por:

$$\text{VAR}(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)] \quad (3)$$

t_p é o número de dados no mesmo grupo; q é o número de grupos com valores iguais da série de dados. Logo, S e $\text{VAR}(S)$ são utilizados para o cálculo estatístico Z_{MK} :

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}}, \text{ se } S > 0 \\ 0, \text{ se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}}, \text{ se } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Portanto, um valor positivo de $Z_{MK} > 0$ refere-se a uma tendência crescente e um valor negativo $Z_{MK} < 0$, uma tendência decrescente. O nível de significância α adotado no Teste de Mann Kendall é de $\alpha = 0,05 = 5\%$, se a probabilidade de p for menor que o nível α , $p < \alpha$, uma tendência estatisticamente significativa existe, no entanto, se p for maior de α , $p > \alpha$, rejeita-se a significância estatística.

4.2.3 Curvatura de Sen

Para estimar a magnitude da tendência da série foi utilizado o método da Curvatura de Sen, ou Sen's Slope (SEN, 1968). Esse é um teste não-paramétrico utilizado para calcular a magnitude da curvatura das tendências, no cálculo, computam-se todos os pares de valores apresentados na série $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$. A inclinação de Sen's é estimada como a mediana de todas as inclinações de pares entre cada par de pontos no conjunto de dados de temperatura (THIEL, 1950; SEN, 1968; HELSEL e HIRSCH, 2002). Conforme a equação a seguir:

$$S_e = \frac{x_j - x_i}{j - i} \quad (5)$$

S_e corresponde o valor estimado da inclinação de Sen's, sendo assim, o acréscimo ou decréscimo em função do tempo é dado pela equação:

$$f(t) = S_e t + B \quad (6)$$

4.2.4 Teste de Pettitt

O teste não paramétrico de Pettitt (1979) verifica se duas amostras Y_1, \dots, Y_t e Y_{t+1}, \dots, Y_T são da mesma população ou não. A estatística $U_{t,T}$ faz uma contagem do número de vezes que um membro da primeira amostra é maior que o membro da segunda, e pode ser escrita:

$$U_{t,T} = U_{t-1,T} + \sum_j^T \text{sng}(y_i - y_j) \quad (7)$$

A estatística conta o número de vezes que o valor da primeira amostra excede o valor da segunda amostra. A hipótese nula do teste de Pettitt admite ausência de um ponto de mudança (*change point*) na série. A estatística K_t representa o ponto de mudança t significativo no qual o valor de $|U_{t,T}|$ é máximo e está associado a um nível de significância (P). (ULIANA *et al.* 2014)

$$K_T = \frac{\max_{1 < i < T}}{|U_{t,T}|} \quad (8)$$

Sendo assim, esta estatística localiza o ponto onde houve uma mudança brusca na média da temperatura de uma série temporal, e a sua significância pode ser calculada aproximadamente pela equação:

$$p \simeq \frac{2 \exp\{-6k_t^2\}}{T^3 + T^2} \quad (9)$$

4.2.5 Análise de Variância (ANOVA)

Com o intuito de identificar se há diferenças significativas nas temperaturas médias do ar (das médias, máxima e mínima,) e nos horários das 9h, 15h e 21h, por década, em Campina Grande, optou-se pela Análise de Variância (ANOVA), um procedimento estatístico para comparar a distribuição de três ou mais grupos em amostras independentes. Nesta pesquisa subdividiu-se quatro grupos com exatamente 10 anos de dados, a citar: as décadas de 1980, 1990, 2000 e 2010. Para garantir a eficácia e os pressupostos de normalidade, homoscedasticidade (variância constante) e independência do modelo ANOVA, realizou-se a análise por meio dos testes estatísticos de Kolmogorov—Smirnov, Bartlett e Durbin-Watson, respectivamente, além disso, em todos os testes aplicados considerou-se um nível de significância estatística equivalente a 5%. Sendo assim, verificou-se se há diferença significativa em pelo menos uma das médias para cada grupo de temperaturas do ar por décadas. Sendo assim, verificou-se as seguintes hipóteses:

H₀: não há diferença estatisticamente significativa entre as médias das temperaturas do ar por década em Campina Grande;

H₁: há diferença significativa de temperatura do ar em pelo menos uma entre as médias por décadas;

As análises e construções gráficas foram realizadas utilizando-se o *Software R Studio*.

4.2.6 Índices de Conforto Térmico Humano

Optou-se por trabalhar com índices de Conforto Térmico Humano cientificamente reconhecidos, ou seja, o Índice de Temperatura Efetiva (TE) desenvolvido por Houghton e Yaglou (1923) adaptado por Missenard (1948) e o Índice de Temperatura e Umidade Relativa do ar (ITU) utilizado por Lucena, Cabral Júnior e Steinke (2020) para estudar condições tropicais. Diante desse contexto, optou-se calcular índices de Conforto Térmico Humano em ocasiões em que as temperaturas estivessem acima da média (média, máxima, mínima, 9h, 15h e 21h).

Embora não tenham sido desenvolvidos índices de conforto térmico que representem fielmente as condições tropicais, logo, da área de estudo em questão, e por vezes, a reprodução destas equações em ambientes distintos do qual foi elaborada seja de ordem questionável, o (TE) e (ITU) são comumente utilizados em estudos no Brasil, atendendo, assim, os pressupostos de avaliar qual dentre esses caracteriza aproximadamente a sensação térmica da população de uma cidade de médio porte no interior da Paraíba em constante processo de crescimento e urbanização. Além disso, adotou-se como referência os critérios de classificação propostos por Terjung (1966), Matzarakis; Mayer (1991) para fins comparativos. De acordo com as seguintes equações:

$$TE = T - 0,4(1 - 10) \left(1 - \frac{UR}{100}\right) \quad (10)$$

Em que:

TE – Temperatura Efetiva em °C

T – Temperatura do ar em °C;

UR – Umidade Relativa em %;

$$ITU = 0,8T + \left(UR - \frac{T}{500}\right) \quad (11)$$

Sendo:

ITU – Temperatura e Umidade em °C;

T – Temperatura do ar em °C;

UR – Umidade Relativa em %;

Aplicou-se os Índices de (TE) e (ITU) nos anos de 1998 e 2021, por indicarem justamente as maiores médias de temperatura anual do período analisado, sendo assim, foram adotadas como referência os critérios de classificação propostos por Terjung (1966), Matzarakis; Mayer (1991). Conforme descritos nos Quadros 1, 2 respectivamente:

Quadro 1 - Classificação da Temperatura Efetiva, proposta por Terjung (1966).

ID (°C)	Níveis de Desconforto térmico
> 30 °C	Estresse térmico
27 a 30 °C	Desconforto por aquecimento
24 a 27 °C	Leve Desconforto
20 a 24 °C	Zona de conforto
18 a 20 °C	Leve Desconforto
15 a 18 °C	Desconforto por Resfriamento
12 a 15 °C	Resfriamento Efetivo

Quadro 2 - Classificação da Temperatura Efetiva, proposta por Matzarakis e Mayer (1991).

ID (°C)	Níveis de Desconforto térmico
< 21 °C	Não há desconforto
21 ≤ ID < 24°C	Menos de 50% da população sente desconforto
24 ≤ ID < 27°C	Cerca de 50% da população sente desconforto
27 ≤ ID < 29°C	A maioria da população sofre desconforto
29 ≤ ID < 32°C	Todas as pessoas sentem desconforto
ID ≥ 32 °C	Estado de emergência média

4.2.7 Temperatura da Superfície (TS)

Para compreender o aumento da temperatura do ar e consequentemente o conforto térmico humano na cidade de Campina Grande utilizou-se imagens dos satélites Landsat-5, operante a partir de 1984 e Landsat-8 disponível desde 2013, com o intuito de gerar a TS.

As imagens de satélite das cenas de Campina Grande foram coletadas no site *Land Viewer*⁵, representando as décadas de 1980, 2000 e 2010. O Landsat – 5 foi lançado em 1984 e ficou operante até 2013, contudo, para a área de estudo em questão, verificou-se cenas disponíveis até 2011, o Landsat-5 possui 30 m de resolução espacial e 7 bandas, cada uma representando um espectro eletromagnético captado pelo satélite, destacando-se a Banda 6

⁵ Disponível em: <https://eos.com/landviewer/>

(*Thematic Mapper*) que apresenta sensibilidade aos contrastes térmicos das rochas, solos, vegetação e etc (USGS, 2016). O Landsat-8 TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) opera na órbita desde 2013, possui 11 bandas, sendo a Banda 10 aquela que mede temperatura do infravermelho usando o sensor TIRS com resoluções de 15 a 30m usadas para medir a refletância dos objetos da superfície terrestre através de fórmulas matemáticas que são capazes de informar a temperatura do alvo em °C.

Após a obtenção das imagens, converteu-se números digitais de imagens para radiância espectral atmosférica, para o Landsat-5, especialmente, os valores de pixel foram convertidos da seguinte forma:

$$L_{\lambda} = \left(\frac{L_{\max \lambda} - L_{\min \lambda}}{Q_{cal \max} - Q_{cal \min}} \right) (Q_{cal} - Q_{cal \min}) + L_{\min \lambda} \quad (12)$$

Em que:

L_{λ} é a radiância espectral ($W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$), Q_{cal} é o valor do pixel calibrado com base em DN, $Q_{cal \min}$ é o valor mínimo do pixel em níveis de cinza (DN=1), $Q_{cal \max}$ é o valor máximo do pixel em níveis de cinza (DN=255), $L_{\min \lambda}$ é a radiância espectral mínima ($3.2 W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$), e $L_{\max \lambda}$ é a radiância espectral máxima ($12.65 W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$). Para a imagem do Landsat – 8 a Temperatura da Superfície foi determinada pela equação 13:

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + \Delta_L \quad (13)$$

Sendo:

M_L é o fator multiplicativo de redimensionamento de cada banda (3.3420×10^{-4}) e Δ_L é o fator aditivo de redimensionamento de cada banda (0.1000). Sendo a radiância espectral utilizando a equação 14:

$$L = L_{\min} + (L_{\max} - L_{\min}) \times \frac{DN}{255} \quad (14)$$

Em que:

L é a radiância espectral, L_{\min} é 1,238, L_{\max} é 15,600 e DN é o número digital. Depois, a radiância foi convertida em temperatura de brilho com base na equação 15:

$$T_B = \frac{K_2}{1 + \ln\left(\frac{K_1}{L}\right)} \quad (15)$$

Sendo:

T_B é a temperatura de brilho, K_1 é uma constante de calibração (equivalente a 607,76) e K_2 é outra constante de calibração (equivalente a 1260,56). Sendo assim, o modelo de radiância espectral foi utilizada para calcular a Temperatura de Superfície do Landsat-5 e 8. A Tabela 1 contém as informações das imagens de satélite utilizadas para calcular a TS:

Tabela 1 – Características de imagens Landsat utilizadas para calcular a Temperatura da Superfície (TS).

IMAGENS	DATA	COBERTURA DE NUVENS	ELEVAÇÃO SOLAR
Landsat 5 TM	10/06/1984	16%	44°
Landsat 5 TM	29/08/2007	24%	56°
Landsat 8 TIRS	11/08/2018	35%	53°

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Torna-se importante ressaltar que procurou-se adotar um critério metodológico para obtenção de uma imagem de satélite no mesmo mês há exatamente cada 10 anos, no entanto, verificou-se que a área de estudo em questão, localizada na órbita 214 e ponto 065 apresenta intensa nebulosidade, notou-se ainda, que a passagem dos satélites na linha do Equador ocorre há cada 16 dias, próximo as 10h00, limitando, assim, há apenas duas cenas por mês

Salienta-se também que na busca por imagens viáveis para calcular a TS nesta pesquisa notou-se ocorrência de nebulosidade inclusive nos meses mais quentes de verão e primavera, desta forma, o único critério possível de ser adotado foi a ausência de cobertura de nuvens no período chuvoso, permitindo a visualização límpida no perímetro urbano de Campina Grande.

Figura 5 - Ocupação e uso do solo urbano na Rua Prof. Carlos Francisco Medeiros de Almeida, Pedregal, Campina Grande, PB nos anos 2011 e 2019.



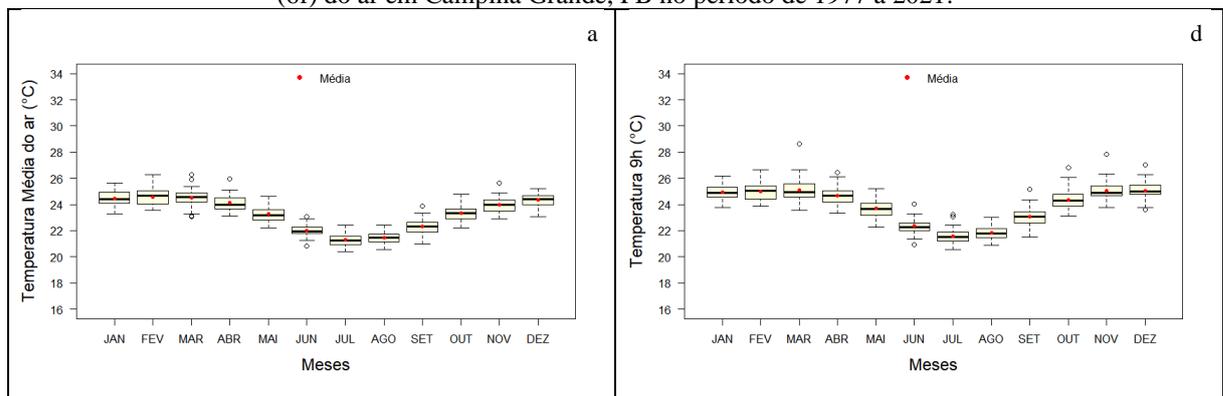
Fonte: Street View – Google Earth (2022).

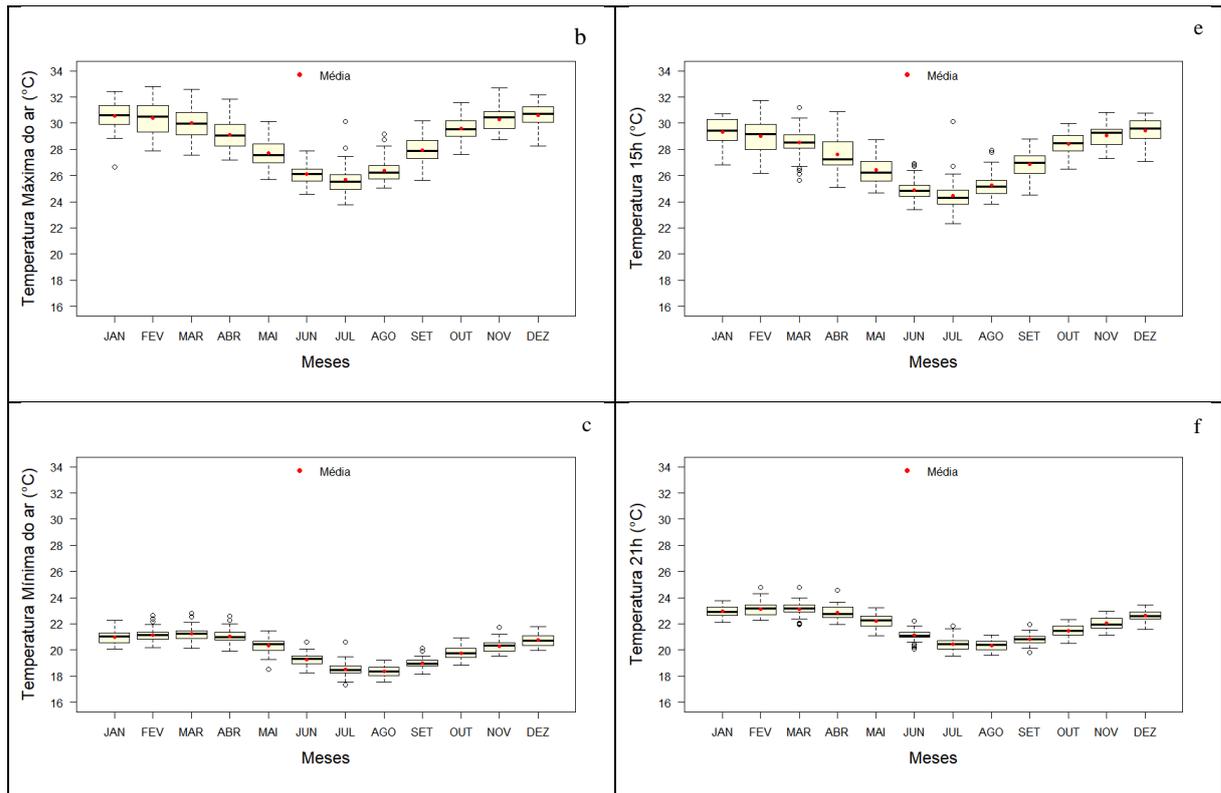
Sendo assim, esses elementos destacados acima revelam questões de geração e fluxo de calor na cidade que podem ter sido influenciada por inúmeros fatores, especialmente, pela impermeabilização e ocupação do solo urbano com materiais de alto armazenamento térmico e pela substituição do calçamento pelo asfalto, gerando uma maior inércia térmica em Campina Grande, PB. 15h e 21h

5.1 Variabilidade Mensal da temperatura

Observa-se (Figura 6) a variabilidade mensal da temperatura: (média, máxima e mínima) bem como o comportamento nos horários sinóticos (manhã, tarde e noite) no período de 1977 a 2021 na cidade de Campina Grande, PB.

Figura 6 - Variabilidade mensal das temperaturas média (6a), máxima (6b), mínima (6c), 9h (6d), 15h (6e) e 21h (6f) do ar em Campina Grande, PB no período de 1977 a 2021.





Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Visualiza-se uma amplitude térmica de 3,3 °C para a média (6a), de 4,9 °C para a máxima (6b) e de 2,7 °C (6c) para a mínima, por conseguinte, a amplitude das 9h (6d), 15h (6e) e 21h (6f) são de 3,5 °C, 5,1 °C e 2,8 °C, respectivamente, como observado, há dispersão para as seis variáveis de temperatura, especialmente, à tarde,

Sendo assim, verifica-se que a maior temperatura média mensal ocorre no mês de fevereiro (24,6°C) e a menor em julho (21,3°C), além disso, os meses de março, abril, junho, setembro e novembro apresentaram valores discrepantes em alguns anos, onde, as temperaturas abaixo do valor mínimo foram identificadas em março de 1978/1980 (23,1 °C) e junho de 1979 (20,8 °C) e as temperaturas acima do valor máximo foram registradas primordialmente nos anos de 1998, 2010 e 2021.

Registra-se uma notável dispersão na temperatura máxima (6b) ao longo dos meses, principalmente em fevereiro, março e abril, além disso, a maior temperatura média máxima mensal ocorre em dezembro (30,6°C) e a menor em julho (25,7°C), em contrapartida, torna-se relevante mencionar que os meses com os maiores valores discrepantes positivos foram identificados em julho e agosto, ou seja, mesmo sendo meses com temperaturas mais amenas em termos sazonais por representar o inverno em Campina Grande, em julho de 2015 registrou-se um valor discrepante positivo de 30,1°C na temperatura máxima.

Corroborando com os resultados expostos anteriormente, Medeiros et al. (2011) identificou que na década de 1990 e 2000 a temperatura média de Campina Grande comportou-se acima das normais climatológicas, além do mais, os autores notaram uma elevação da amplitude térmica na temperatura máxima para o mês de dezembro de 2,4 °C, apontando, assim, um acréscimo da temperatura média nas últimas décadas e destacando o mês de dezembro com os maiores registros de temperatura máxima.

Ao analisar a temperatura média mínima (6c), mensal o maior registro ocorreu em março (21,2°C) e o menor em agosto (18,4°C). Além disso, nota-se episódios significativos de valores discrepantes acima do valor máximo, sobretudo, nos meses de fevereiro, março, abril, junho, julho, setembro e novembro, registrados especialmente nos anos de 1998, 2010, 2020 e 2021. Os *outliers* com temperaturas abaixo do mínimo ocorreram em 1981 (17,3°C) e 1985 (18,5°C).

Com a finalidade de analisar as variações da temperatura do ar diurna, vespertina e noturna, isto é, o seu comportamento mensal as 9h, 15h e 21h em Campina Grande, PB, observe na devida ordem (6d), (6e) e (6f).

A temperatura mensal às 9h (6d) é bastante semelhante à média (6a) em relação ao comportamento e variabilidade, no entanto, a maior média da temperatura as 9h ocorre em março e dezembro, ambas com 25,1 °C, e a menor, em julho (21,6 °C). Quanto aos *outliers*, é importante ressaltar que os dois valores discrepantes abaixo do mínimo foram verificados em 1979 (20,9 °C) e 1981 (23,6° C) e acima da máxima ocorreram em 1998, 2010 e expressivamente no ano de 2021, com registro em 7 dos 12 meses da série histórica.

A temperatura mensal às 15h (6e) possui a maior dispersão em todos os meses do ano, exceto junho, julho e agosto. A média da maior temperatura ocorre em dezembro (29,4 °C) e a menor em julho (24,5°C). Um ponto importante a discutir-se é a frequência de valores abaixo da mínima no mês de março, na temperatura a tarde, pois, observa-se (Figura 6) que o mesmo não ocorre com a média (6a), máxima (6b), mínima (6c) e as 9h (6d), desta forma, essas temperaturas atípicas foram registradas respectivamente nos anos de 1978, 1980, 1981 e 1992, quanto aos *outliers* acima da máxima, há uma notória ocorrência no mês de junho, desse modo, exceto o maior valor discrepante de temperatura registrado as 15h em março de 1998 (31,2°C), os demais ocorreram na última década, nos anos de 2015, 2016 e 2018.

O maior registro da temperatura média mensal as 21h (7f) ocorre em fevereiro e março (23,1°C) e a menor em agosto (20,3°C). Observa-se que assim como na temperatura as 15h (e) há uma frequência maior de *outliers* abaixo do valor mínimo a noite e torna-se relevante mencionar que os pontos acima da máxima dos meses de fevereiro, março, abril, junho e julho foram registrados todos no ano de 1998, quanto ao de setembro, em 2021.

Ao comparar as seis variáveis (Figura 6), nota-se que são os meses de solstício de verão (dezembro, janeiro e fevereiro), além do mês de transição para o equinócio de outono (março) apresentam as maiores dispersões, logo, os mais elevados registros de temperatura. Junho, julho e agosto, meses de solstício de inverno, indicam uma menor variabilidade de temperatura.

Verifica-se detalhadamente na Tabela 2 todos os valores discrepantes máximos e mínimos da Temperatura média (6a), máxima (6b), mínima (6c), 9h (6d), 15h (6e) e 21h (6f) do ar mensalmente na cidade de Campina Grande obtidos por meio da estatística descritiva:

Tabela 2 - Valores discrepantes das temperaturas média (a), máxima (b), mínima (c), 9h (d), 15h (e), 21h (f) do ar em Campina Grande, PB no período de 1977 a 2021.

MÊS/TEMPERATURA	MÉDIA (°C)	MÁXIMA (°C)	MÍNIMA (°C)	9h (°C)	15h (°C)	21h (°C)
JANEIRO	-	1977 (26,7)	-	-	-	-
FEVEREIRO	-	-	1998 (22,6) 2010 (22,2) 2020 (22,4)	-	-	1998 (24,7)
MARÇO	1978 (23,1) 1980 (23,1) 1998 (26,3) 2010 (25,9)	-	1998 (22,8) 2010 (22,5)	2021 (28,6)	1978 (26,4) 1980 (26,6) 1981 (26,8) 1992 (26,1) 1998 (31,2)	1980 (22,0) 1981 (22,0) 1986 (22,0) 1998 (24,8)
ABRIL	1998 (26,0)	-	1998 (22,6) 2010 (22,3)	1998 (26,4)	-	1998 (24,5)
MAIO	-	-	1985 (18,5)	-	-	-
JUNHO	1978 (20,8) 1998 (23,0)	-	2010 (20,6)	1979 (20,9) 2021 (24,0)	1998 (26,7) 1999 (26,9) 2016 (26,8)	1979 (20,1) 1981 (20,4) 1982 (20,5) 1986 (20,2) 1998 (22,2)
JULHO	-	2015 (30,1) 2016 (28,1) 2016 (29,2)	1981 (17,3) 2010 (20,6)	2010 (23,0) 2021 (23,1)	2015 (30,1) 2016 (26,7) 2016 (28,0)	1998 (21,6)
AGOSTO	-	2018 (28,7)	-	-	2018 (27,8)	-
SETEMBRO	2021 (23,9)	-	2021 (20,1)	2021 (25,2)	-	1978 (19,8) 2021 (22,0)
OUTUBRO	-	-	-	2021 (26,8)	-	-
NOVEMBRO	2021 (25,6)	-	2021 (21,7)	2021 (27,8)	-	-
DEZEMBRO	-	-	-	1981 (23,6) 2021 (27,0)	-	-

- Não possui valores discrepantes

Elaborado pela autora (2022).

Em suma, a finalidade de articular a Tabela 2 com a Figura 6 é facilitar a compreensão das discussões referente aos valores discrepantes, mas sobretudo, como uma evidência de uma elevação da temperatura do ar em Campina Grande entre 1977 e 2021, pois, nota-se que os valores discrepantes abaixo do valor mínimo ocorreram predominantemente no século XX, entre as décadas de 70 e 80, especialmente, as 15h e 21h nos meses de março e junho,

respectivamente, em contrapartida, a frequência de *outliers* acima da máxima são identificadas a partir do ano de 1998, além do mais, há uma ocorrência significativa de valores discrepantes na década de 2010, destacando-se 2021, que iniciou a terceira década do século XXI registrando temperaturas mensais elevadas e pode ser o indicativo de uma década mais quente.

5.1.2 Variabilidade Sazonal da Temperatura

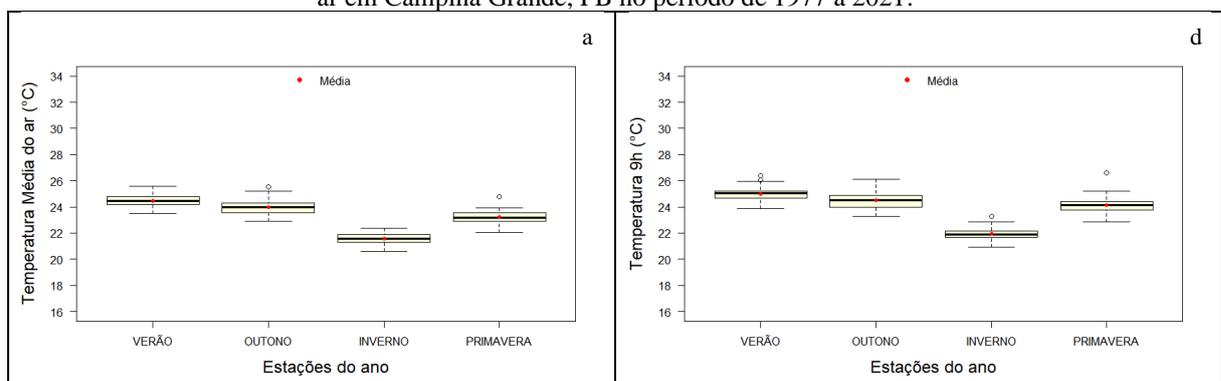
A Figura 7 mostra a variabilidade sazonal: média (7a), máxima (7b), mínima (7c), 9h (7d), 15h (7e) e 21h (7f) em Campina Grande, PB. A série de temperatura da cidade foi estabelecida em quatro amostras sazonais denominadas: verão (dezembro a fevereiro), outono (março a maio), inverno (junho a agosto) e primavera (setembro a novembro).

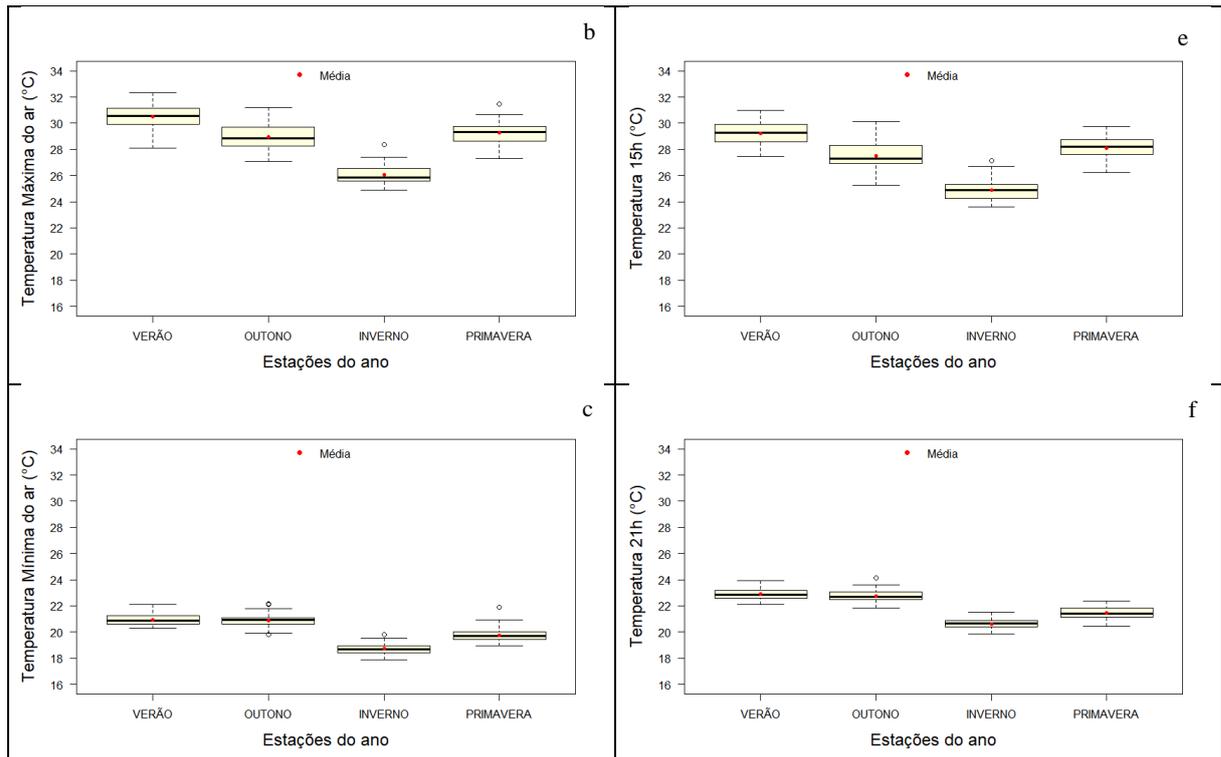
Verificou-se as maiores temperaturas médias sazonais (8a) no verão (24,5 °C) e outono (24,0 °C) e as menores no inverno (21,6 °C) e primavera (23,2 °C), além disso, os valores discrepantes acima da máxima foram identificados no equinócio de outono e primavera do ano de 1998 (25,5° C) e 2021 (24,8 °C) respectivamente.

A temperatura máxima (8b) sazonal, apontou o verão (30,5 °C) e a primavera (29,3°C) com as maiores médias térmicas, consequentemente, as menores ocorreram no inverno (26,1 °C) e outono (28,9 °C). Os *outliers* acima da máxima foram registrados no inverno de 2016 (24,4 °C) e primavera de 2021 (31,5°).

Identifica-se na temperatura mínima (8c) sazonal que os maiores valores ocorrem no verão (21,0 °C) e outono (20,9 °C) e os menores no inverno (18,7°C) e primavera (19,7 °C), por conseguinte, o valor discrepante abaixo da mínima observado ocorreu no equinócio de outono de 1980 (19,8 °C) e o valor acima da máxima em 1998 (22,2 °C), ademais, os outros *outliers* positivos ocorreram no inverno de 2010 (19,8 °C) e na primavera de 2021 (20,9° C).

Figura 7 - Variabilidade sazonal das temperaturas média (a), máxima (b), mínima (c), 9h (d), 15h (e), 21h (f) do ar em Campina Grande, PB no período de 1977 a 2021.





Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Na temperatura sazonal as 9h (7d), nota-se que o verão (25,0 °C) e o outono (24,5 °C) possuem as maiores médias dentre as estações, seguida da primavera (24,2 °C) e inverno (21,9 °C). Os valores discrepantes acima da máxima ocorreram, especialmente, no verão de 1998 (26,1 °C) e 2020 (26,4 °C) e os abaixo da mínima, no inverno (23,3 °C) e primavera (24,2 °C) de 2021.

Assim como na temperatura máxima (7b) verifica-se uma pequena dispersão no equinócio de outono na temperatura sazonal as 15h (7e) em Campina Grande, PB, desta forma, as estações do ano no horário correspondente apresentaram as maiores temperaturas no verão (29,2 °C) e primavera (28,5 °C), e as menores, no inverno (24,9 °C) e outono (27,5 °C), ademais, o valor discrepante acima da máxima identificado ocorreu no solstício de inverno de 2016 (27,2 °C), salientando-se, assim, que mesmo sendo a estação do ano com temperaturas mais amenas na cidade de Campina Grande, registrou-se um *outlier* positivo as 15h.

Observou-se na temperatura sazonal as 21h (7f) assim como na média (7a), mínima (7c) e 9h (7d) que o equinócio de outono possui uma média de temperatura mais elevada que a primavera, portanto, as estações do ano que registraram os maiores valores a noite foram o verão (22,9 °C) e o outono (22,7 °C), conseqüentemente, notou-se que o inverno (20,6 °C) e a primavera (21,4 °C) apresentaram as menores médias, acrescido a isto, o valor discrepante acima da máxima identificada no equinócio de outono ocorreu em 1998 (24,1 °C).

Assim sendo, exceto a temperatura máxima (7b) e 15h (7e) onde as maiores médias foram registradas no verão e primavera, ou seja, as estações que normalmente registram as maiores temperaturas, as demais, ou seja, média (7a), mínima (7b), 9h (7d) e 21h (7f) ocorrem no verão e outono, essa variabilidade sazonal entre os equinócios de primavera e outono, de acordo com Miranda e Araújo (2014) ocorre independentemente das ações antrópicas, isso porque, antes mesmo do homem transformar a natureza, a intensidade da radiação solar é significativa para o clima, portanto, as estações do ano não apresentam as mesmas temperaturas, principalmente, sob a atual magnitude da emissão de gases de efeito estufa e aquecimento global.

Além disso, Dantas, Santos e Olinda (2015) ao investigarem a magnitude das tendências da temperatura mínima apontaram um acréscimo de 0,043 °C/ano, 0,053 °C, 0,057 °C/ ano e 0,025 °C/ ano para as estações da primavera, verão, outono e inverno, respectivamente, corroborando, assim, com os dados desta pesquisa, em que o outono registrou temperaturas mais elevadas que a primavera para média, mínima, 9h e 21h, desta forma, ainda de acordo com os autores, essas tendências ajudam a confirmar a elevação sazonal e, conseqüentemente, anual da temperatura em Campina Grande.

Corroborando com o que foi dito anteriormente, Cabral Júnior e Lucena (2021) ao analisarem estatísticas da temperatura do ar de 1980 a 2014 em Campina Grande, PB observaram que para as quatro estações do ano os valores discrepantes abaixo da média foram mais frequentes até 1990, no entanto, a partir desse ano os valores discrepantes positivos foram significativamente expressivos, indicando em alguns anos temperaturas superiores ao valor médio + o desvio padrão, sendo assim, os autores verificaram que os anos mais recentes da série temporal analisada foram sazonalmente mais quentes, indicando, assim, uma tendência da temperatura do ar, podendo desencadear desconforto térmico no futuro.

5.1.3 Variabilidade Interanual da Temperatura

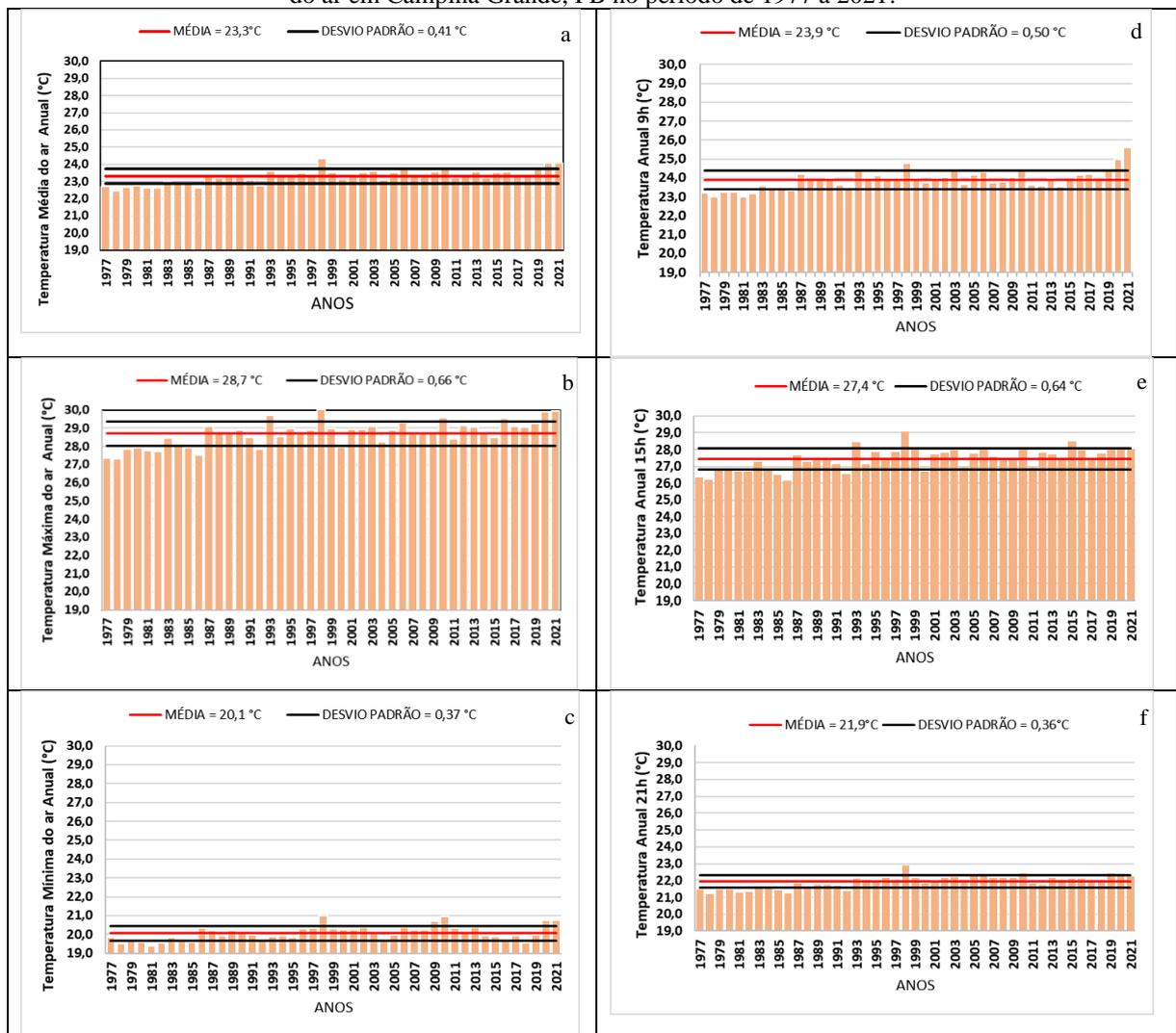
A Figura 8 demonstra a variabilidade interanual da temperatura média (8a), máxima (8b), mínima (8c), 9h (8d), 15h (8e) e 21h (8f) em Campina Grande, PB.

Verifica-se que a média da temperatura anual (8a) corresponde a 23,3 °C, com ocorrência do maior valor no ano de 1998 (24,3°C), além disso, torna-se importante destacar os anos de 2020 e 2021 que assinalaram consecutivamente uma média anual de 24,1°C, pois, desde 1977, ou seja, início da análise histórica dos dados de temperatura desta pesquisa e com exceção de 1998, não houveram registros anteriores de temperaturas superiores a 24,0 °C, sendo assim,

esses apontamentos podem ser o indicativo de uma elevação da temperatura média do ar na cidade de Campina Grande ao longo desta década.

A média da temperatura máxima anual (8b) equivale a 27,8 °C, contudo, salienta-se que os anos de 1993, 1998, 2010, 2016, 2020 e 2021 ultrapassaram o valor da média e do desvio padrão, além disso, registrou-se a máxima de 30,0 °C nos anos de 1998 e 2021. A média da temperatura mínima anual (8c) corresponde a 20,1 °C, e, assim como na média (8a) e na máxima (8b) anual a maior temperatura mínima da série histórica ocorreu no ano de 1998.

Figura 8 - Variabilidade interanual das temperaturas média (a), máxima (b), mínima (c), 9h (d), 15h (e), 21h (f) do ar em Campina Grande, PB no período de 1977 a 2021.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Com a finalidade de analisar o comportamento da temperatura interanual de Campina Grande, PB, Medeiros et al. (2021) afirma que não raramente são registradas oscilações que podem alterar os elementos climáticos (temperatura, umidade, precipitação) de uma região, seja sazonal ou até mesmo anualmente, pois, essas flutuações originárias da circulação atmosférica

e dos gradientes de pressão são responsáveis por fenômenos de escala global, como, o El Niño e La Niña.

Sendo assim, torna-se importante apontar que entre 1977 a 2021 segundo o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE registrou-se a ocorrência de El Niño em dezenove anos, com intensidades que variaram de fraca, moderada a forte, além disso, corroborando com as análises anteriores, constatou-se que a temperatura média de Campina Grande equivalente a 23,3°C obteve um notável aumento em exatos onze anos de El Niño, sendo relevante mencionar que, destes, apenas três episódios foram verificados na década de 80 e 90, os demais, foram identificados nas duas primeiras décadas do século XXI.

Em suma, destaca-se o ano de 1998, “O El Niño de 1997/98 foi considerado o evento mais forte do século, esse fenômeno provocou, no nordeste brasileiro, grandes impactos sociais, econômicos e ambientais” (Freire; Lima; Cavalcanti, 2011 p. 431). O ano de 1998 foi o mais seco do Nordeste Brasileiro nos últimos 20 anos, devido a intensificação do fenômeno El Niño que desencadeou um aumento drástico nas temperaturas (TEIXEIRA; SATYAMURTY, 2011)

Diante disso, verifica-se que a temperatura média anual as 9h (8d) corresponde a 23,9°C e como os episódios de El Niño foram explicados outrora, 1998 (24,2°C), 2020 (25,0 °C) e principalmente 2021 (25,6°C) indicaram os maiores registros de toda série histórica analisada neste horário.

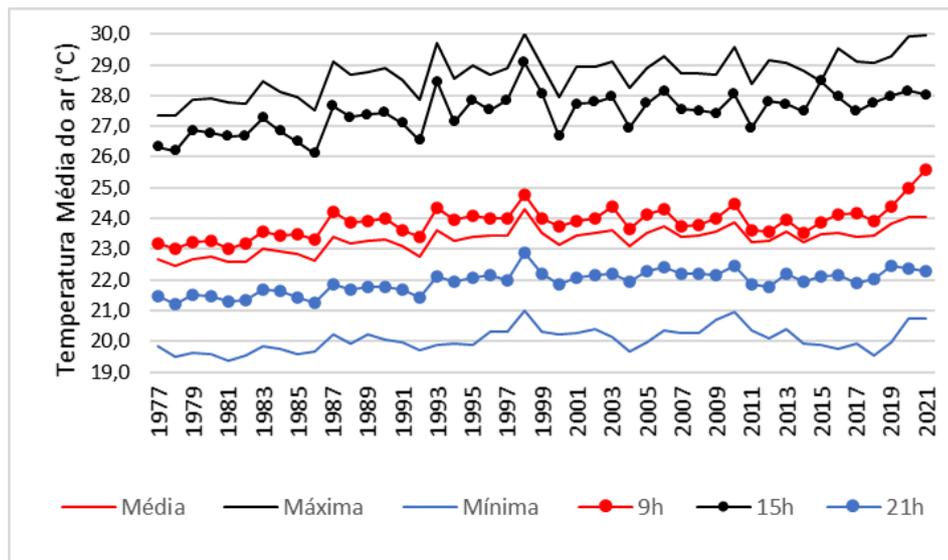
Logo, embora torne-se importante mencionar que 2020 e 2021 foram anos episódicos de La Niña, de acordo com a Organização Meteorológica Mundial (2021) os eventos climáticos naturais acontecem atualmente no contexto delicado das Mudanças Climáticas e há um aumento substancial de episódios extremos de temperatura acoplado ao acelerado processo de urbanização ao qual as médias cidades brasileiras enfrentam.

Nesse sentido, a média da temperatura anual as 15h (8e) equivale a 27,4 °C, com efeito, os anos de El Niño (1987, 1993, 1998, 2002, 2003, 2006, 2007, 2010, 2015 e 2016) eventualmente citados também indicaram temperaturas superiores à média, nesse sentido, 1998, registrou 29,1 °C a tarde. A média da temperatura anual as 21h (8f) corresponde a 21,3°C e o maior registro, do mesmo modo, foi apontado em 1998 (22,9 °C).

Analisando a Figura 8 é notável o aumento da temperatura: média (8a), máxima (8b), mínima (8c), 9h (8d), 15h (8e) e 21h (8f) em Campina Grande, PB, fazendo-se necessário apenas observar as médias térmicas anuais nas décadas de 70, 80 e 90 em que as temperaturas encontram-se abaixo da linha do desvio padrão ao contrário das duas primeiras décadas do século XXI, registrando temperaturas frequentemente acima da linha média.

Diante desse contexto, a Figura 8g mostra a oscilação interanual das seis variáveis de temperatura do ar investigadas nesta pesquisa, em síntese, nota-se uma amplitude térmica que, deve-se, sobretudo, ao balanço de energia, sendo os valores diurnos sempre maiores que os noturnos, modificando-se ao longo do dia conforme o aquecimento do solo e apresentando alternâncias ao longo do ano devido a sazonalidade.

Figura 8g - Variabilidade anual da temperatura de Campina Grande, PB no período de 1977 a 2021.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Logo, o período da manhã caracteriza-se pelo aquecimento gradual, portanto, mesmo que o Sol esteja mais elevado no horizonte as 12h é por volta das 14h que ocorre a temperatura máxima (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). No entanto, a situação inverte-se na transição da tarde para a noite, pois, a perda de energia resulta em um decréscimo da temperatura do ar, desencadeando assim, o resfriamento do solo, em virtude disto, a temperatura mínima ocorre momentos antes do nascer do Sol. Esse padrão pode ser alterado pela nebulosidade, pelo vento ou pela chegada de uma frente fria (VAREJÃO-SILVA, 2002; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007)

Como resultado, há uma notável amplitude térmica (Figura 8g) entre as seis variáveis analisadas nesta pesquisa, assim, a maior média da temperatura ocorre na máxima (b) igual a 28,7 °C e a menor, na mínima (20,1 °C), verificando-se uma variabilidade média de temperatura interanual em Campina Grande, PB igual a 8,6 °C.

Em virtude disso, deve-se considerar a evidente influência que o fator geográfico altitude exerce sobre a amplitude térmica da cidade que está a 550 m acima do nível do mar,

não atuando, assim, conforme afirma Almeida (2016) o oceano como efeito regulador responsável por suavizar as flutuações e reduzir a amplitude térmica anual existente em Campina Grande, PB.

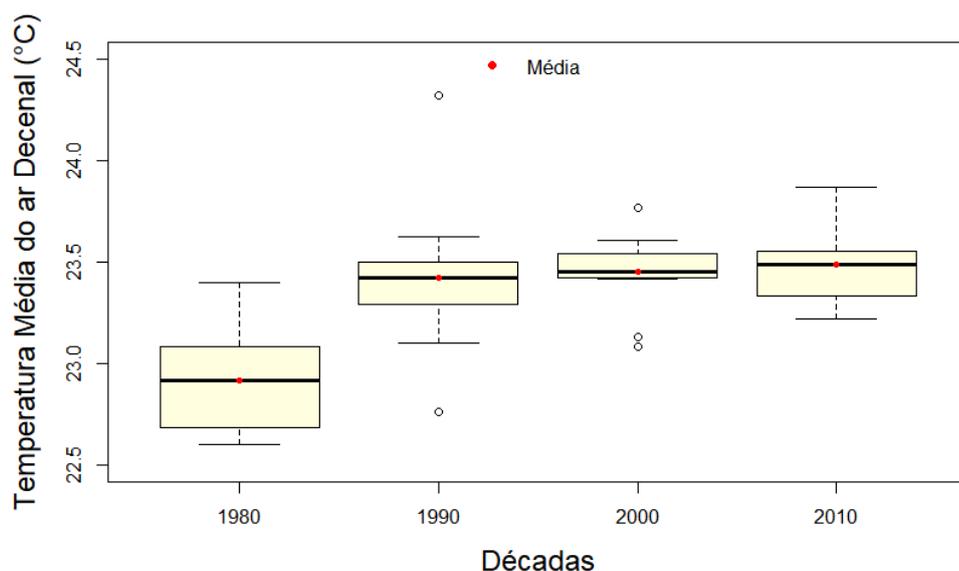
5.1.4 Variabilidade Decenal da Temperatura

Ainda segundo o IPCC AR6 (2021) nestes últimos 50 anos, a temperatura da superfície global aumentou a uma taxa sem precedentes e é muito provável que essa década seja a mais quente nos últimos 125 mil anos. Sendo assim, observa-se na Figura 9 a variabilidade decenal da temperatura média do ar em Campina Grande, PB, na amostra que compreende as décadas: 1980, 1990, 2000 e 2010.

A média da temperatura da década de 1980 correspondeu a 22,9 °C. Neste primeiro momento não houveram valores discrepantes, em contrapartida, há uma notável dispersão na temperatura decenal de 1990, havendo, assim, um acréscimo de 0,5 °C, portanto, registrou-se uma temperatura de 23,4°C na década na última década do século XX em Campina Grande, acrescido a isto, o valor discrepante máximo ocorreu no ano de 1998 e o mínimo em 1992.

Além disso, durante o século XX, a temperatura média da superfície global teve um acréscimo de 0,6 ($\pm 0,2$) °C, tendo o maior aumento ocorrido entre 1967 e 2000, ressaltando, que, a década de 90 foi a mais quente do último milênio (KERR, 2005; IPCC, 2007)

Figura 9 - Variabilidade decenal da temperatura média do ar em Campina Grande, no período de 1981 a 2020.



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

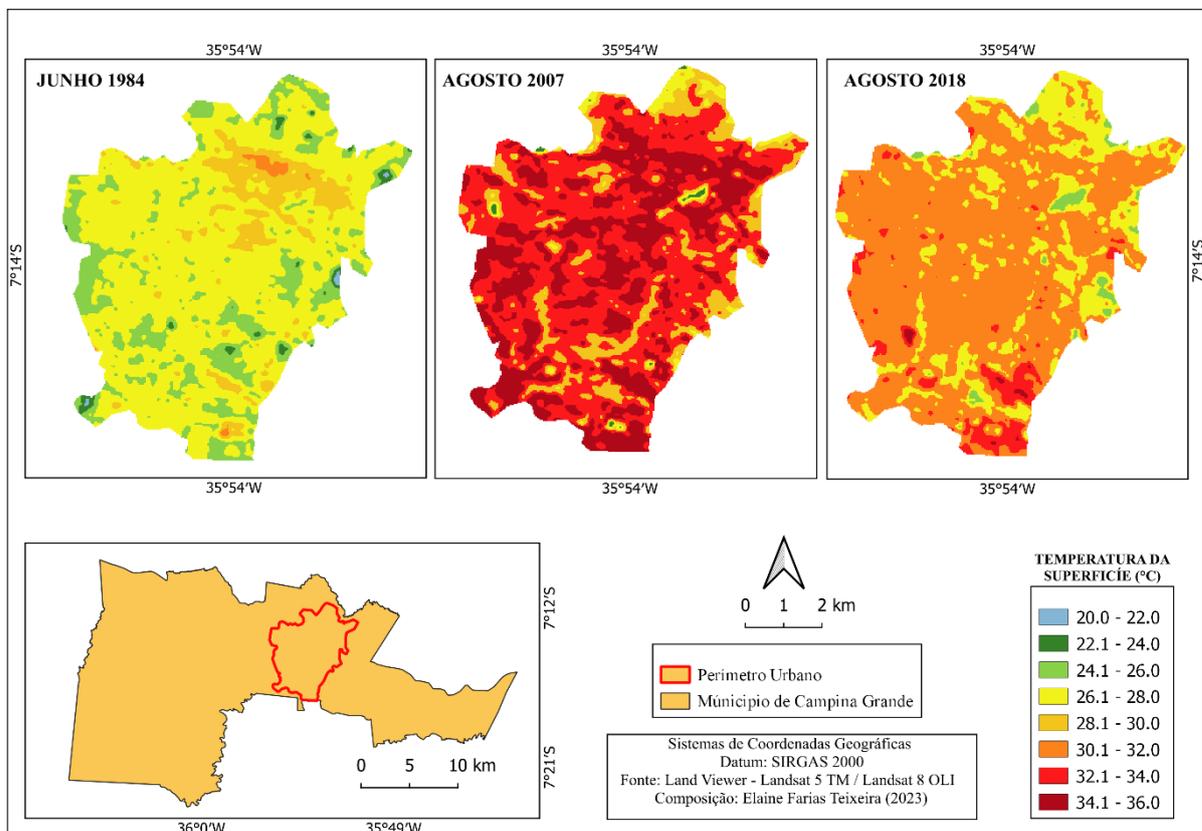
A primeira década do século XXI apresentou baixa dispersão e a temperatura média manteve-se a mesma em relação à década anterior (23,4 °C). Os valores discrepantes mínimos ocorreram no ano 2000 e 2004, ambos, registraram médias de 23,1°C. Quanto a última década analisada, ou seja, 2010, há uma baixa dispersão, mas, houve um acréscimo de 0,1°C, registrando a atual temperatura decenal de 23,5°C.

Após a análise da série de dados estudada, exceto 1998, nenhum outro ano registrou uma temperatura média anual acima de 24,0 °C, de modo que, finaliza-se a segunda e inicia-se a terceira década deste século (2020 e 2021), consecutivamente, com uma temperatura média anual igual a 24,1 °C em Campina Grande, PB.

5.1.5 Temperatura da Superfície (°C)

Perante o exposto, para corroborar com os resultados obtidos por meio da variabilidade decenal da temperatura optou-se por calcular a Temperatura de Superfície (TS) do perímetro urbano de Campina Grande por décadas. Observe a Figura 10:

Figura 10. Espacialização da Temperatura de Superfície para o perímetro urbano de Campina Grande nos anos de 1984, 2007 e 2018.



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Em 1984 a TS em Campina Grande variou de 20,8 a 31,5 °C. Ainda na década de 1980, o perímetro urbano da cidade correspondia a 45,3 km² (PORTO, 2007) e a população, de acordo com o IBGE (2010) totalizava um pouco menos de 250 mil habitantes. Nota-se que a TS entre 20 e 22°C ocorreu com pouca predominância e especialmente nas áreas periféricas, ou seja, afastadas do centro, em contrapartida, os maiores registros observados neste ano manifestaram-se efetivamente na área central, inferindo-se que houve uma modificação na paisagem articulada a construção civil. Indica-se ainda, que a TS na cidade de Campina Grande em 1984 variou majoritariamente entre 26,1 a 28°C.

No início do século XXI, em 2007, o menor valor de TS correspondeu a 23,3°C e o maior 35,8°C, indicando, desde 1984, um acréscimo de 2,5 e 4,3°C respectivamente. Concomitante a isso, é importante ressaltar que a área urbana duplicou sua abrangência para 100 km² (PORTO, 2007) e a população superou os 350 mil habitantes IBGE (2010), sendo assim, leva-se a crer que a própria expansão urbana de Campina Grande pode ter influenciado para o aumento da temperatura do ar, até mesmo em seu entorno, onde anteriormente registraram-se TS menores, concluindo-se desta forma que a TS está mais distribuída, ou seja, as atividades centrais da cidade espalharam-se para outras áreas como a Zona Oeste. A TS em 2007 foi predominantemente superior a 30°C no perímetro urbano.

Em 2018 a TS variou entre 24,0 e 35,7 °C, por conseguinte, houve um acréscimo de 0,7 °C para a TS mínima e decréscimo de 0,1 para a TS máxima entre 2007 e 2018. Quando comparam-se estas temperaturas as de 1984, ou seja, 34 anos atrás, esse aumento é de 3,2 °C para TS mínima. Em 2010, o último registro oficial do IBGE totalizou 385.275 mil habitantes, em 2018, certamente houve um acréscimo populacional relevante, mas, como não ocorreu uma expansão urbana em termos de área territorial, o aumento da TS mínima deve-se possivelmente ao processo de verticalização da cidade demonstrando que as atividades antrópicas foram acentuadas, especialmente, na Zona Sul.

Embora a TS máxima de 2007 (35,8 °C) e 2018 (35,7°C) sejam equivalentes, observando-se espacialmente a TS de 2007 nota-se que as temperaturas foram frequentemente superiores a 32 °C no perímetro urbano, logo, visualmente (Figura 10) mais elevadas que as de 2018, no entanto, de acordo com Silva et al. (2022) esses valores de TS são influenciados em parte por condições mesoclimáticas, sendo assim, segundo a (OMM) houve a ocorrência de El Niño com intensidade moderada no ano de 2007, em contrapartida, houve La Niña em 2018, desta forma, as flutuações dos diferentes sistemas de teleconexões impactam o Nordeste Brasileiro de maneira distinta.

Além disso, espaços urbanos são caracterizados por várias geometrias, sendo assim, a principal consequência da geometria urbana é modificar a troca de calor por radiação e convecção. Na prática, o ambiente térmico em espaços urbanos é influenciado por uma combinação de fatores, ou seja, os níveis de radiação, velocidade do vento e temperatura do ar, por isso, torna-se importante ressaltar que uma morfologia alta e densa muitas vezes bloqueia a radiação solar e a velocidade do vento gerando a sensação de desconforto térmico na população. (D. Lai et al., 2019)

Corroborando com o que foi dito, os aspectos da morfologia e estrutura urbana que contribuem para o impacto na temperatura são: uso do solo, densidade, largura e altura dos edifícios, articulado a extensa radiação solar, alta umidade relativa e baixa velocidade do vento que impactam significativamente a percepção térmica das populações vulneráveis, em particular crianças e idosos, em que a exposição a ambientes termicamente desconfortáveis é extremamente prejudicial à saúde. (PARAMITA; KUSUMA; MATZARAKIS, 2022)

Desta forma, o fator primordial para o aumento da TS na segunda década do século XXI na Zona Sul pode ter sido a construção do Complexo Multimodal Aluizio Campos. Em 2018, as temperaturas mais elevadas que outrora foram identificadas especialmente na área central, manifestaram-se com bastante expressividade no conjunto habitacional construído pela Prefeitura Municipal de Campina Grande (PMCG) com 3012 casas e 1088 apartamentos. Esta área inicialmente voltada para criação de gado e agricultura familiar foi abruptamente modificada, sendo assim, como pode-se observar, além da alteração do modelado da paisagem e toda problemática envolvida, registrou-se Temperaturas da Superfície acima de 35 °C.

Salienta-se, ainda, que o deslocamento e concentração da TS elevada para área periférica da cidade, atualmente, deve-se pela saturação do solo urbano, ou seja, a intensa edificação e fluxo de veículos na área central não dispõe mais possibilidade de utilização do solo, diferentemente da periferia, onde é passível de modificação e o uso tem sido preponderante e exacerbado, desta forma, o processo de urbanização na cidade de Campina Grande, PB apresentou uma intensificação no período estudado, e essa expansão seguiu os padrões de outras cidades brasileiras, resultado de diretrizes e políticas governamentais para expandir os conjuntos habitacionais.

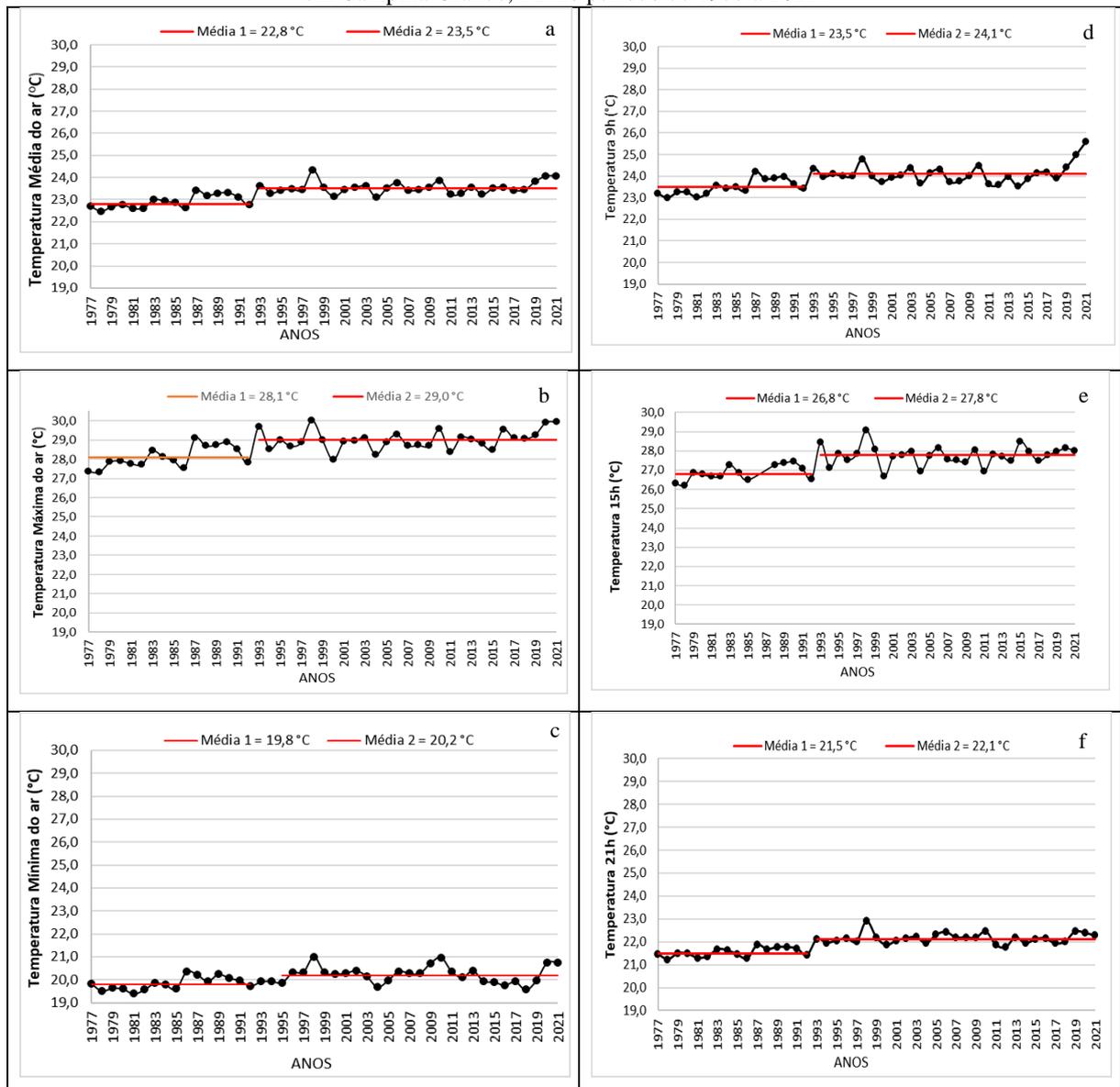
Diante desse contexto, Gartland (2010) afirma que a substituição da cobertura vegetal do solo por ambientes artificiais possuem um baixo albedo, logo, muita energia é absorvida e concentrada, desta forma, além da expansão urbana limitar a circulação do vento que é um fator de dispersão de calor, pode ocasionar desconforto térmico para as pessoas e degradar a qualidade de vida na cidade.

5.2 Análise da Tendência na Temperatura do ar

5.2.1 Tendência Interanual da Temperatura

Os testes de Mann-Kendall, Sen's e Pettitt para a temperatura média (11a), máxima (11b), mínima (11c), 9h (11d), 15h (11f) e 21h (11e) indicaram uma tendência crescente e significativa em Campina Grande, posto que o Z_{MK} registrou-se positivo e o p-valor calculado é 0,05 e o nível de significância α de 95%, em conformidade a esse fato, é possível observar duas médias de temperatura, isto é, antes e após a ruptura indicada pelo teste de Pettitt, como resultado, averiguou-se elevação na média das seis variáveis de temperatura, ratificada posteriormente pela curvatura de Sen que quantificou esse acréscimo $^{\circ}\text{C}/\text{ano}$. Observe a Figura 11:

Figura 11 - Tendência da temperatura interanual média (a), máxima (b), mínima (c), 9h (d), 15h (e), 21h (f) do ar em Campina Grande, PB no período de 1977 a 2021.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Campina Grande detinha durante o primeiro período (1977 – 1991) uma temperatura média (11a) igual a 22,8 °C, após o ponto de mudança detectado em 1992, o segundo período (1993 – 2021) passou a ter 23,5 °C. Por meio da curvatura de Sen visualizou-se que a temperatura média aumenta 0,024 °C/ano na cidade.

Notavelmente, os aumentos bruscos após o ano de 1992 também foram identificados na temperatura máxima (11b), elevando, assim, de 28,1°C para 29,0 °C entre os períodos, ademais, o crescimento da máxima ocorre a uma taxa de 0,035 °C/ano.

Contudo, notou-se na temperatura mínima (11c) que o ponto de mudança ocorreu no ano de 1995, sendo assim, entre 1977 a 1994, Campina Grande possuía a mínima de 19,8 °C, passando a 20,2 °C de 1996 a 2021, além disso, a curvatura de Sen aponta um acréscimo de 0,016 °C/ ano.

Diante desse contexto, segundo a estatística da Tabela 3 e como citado anteriormente, ressalta-se uma tendência crescente e positiva na temperatura média, máxima e mínima em Campina Grande, também apontadas por Silva *et al.* (2018), sendo assim, os resultados do teste dos autores apresentaram p – valor < 0,05 evidenciando-se que houve elevação na temperatura do ar na camada superficial da atmosfera, possivelmente, relacionada a alterações realizadas no uso e cobertura do solo, ocasionando, portanto, uma alteração nas variáveis meteorológicas.

Tabela 3 - Estatística interanual da temperatura média, máxima, mínima, 9h, 15h e 21h em Campina Grande, PB.

TEMPERATURA	Z _{MK}	SEN'S	PETTITT
Média	5,18***	0,024	1992
Máxima	4,80***	0,035	1992
Mínima	3,59***	0,016	1995
9h	4,31***	0,022	1992
15h	4,37***	0,031	1992
21h	5,23***	0,020	1992

Significância: *** 0,001

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Quanto aos horários sinóticos da manhã, tarde e noite, as tendências também mostraram-se crescentes e significativas, os pontos de mudanças detectados no teste de Pettitt as 9h, 15h e 21h foram apontados no ano de 1992, desta forma, antes da quebra, a temperatura as 9h correspondia a 23,5 °C, atualmente, equivale a 24,6 °C. As 15h, a temperatura elevou-se de 26,8°C para 27,8°C, ademais, observou-se uma temperatura de 21,5° durante o primeiro

período as 21h, posteriormente, 22,1 °C. A curvatura de Sen apontou um acréscimo na temperatura as 9h, 15h e 21h, respectivamente: 0,022 °C, 0,031 °C e 0,020 °C/ ano.

As rupturas observadas no teste de Pettitt indicando um aumento para as seis variáveis da temperatura do ar em Campina Grande, PB, podem estar associada ao armazenamento de calor resultante da mudança da cobertura do solo em áreas urbanizadas, pois, de acordo com Oke (1987) a interação entre os materiais da cidade e as radiações de onda longa provenientes do Sol além de apresentarem um baixo fluxo de calor latente pela rara presença de corpos hídricos e vegetação desencadeiam uma elevação significativa na temperatura.

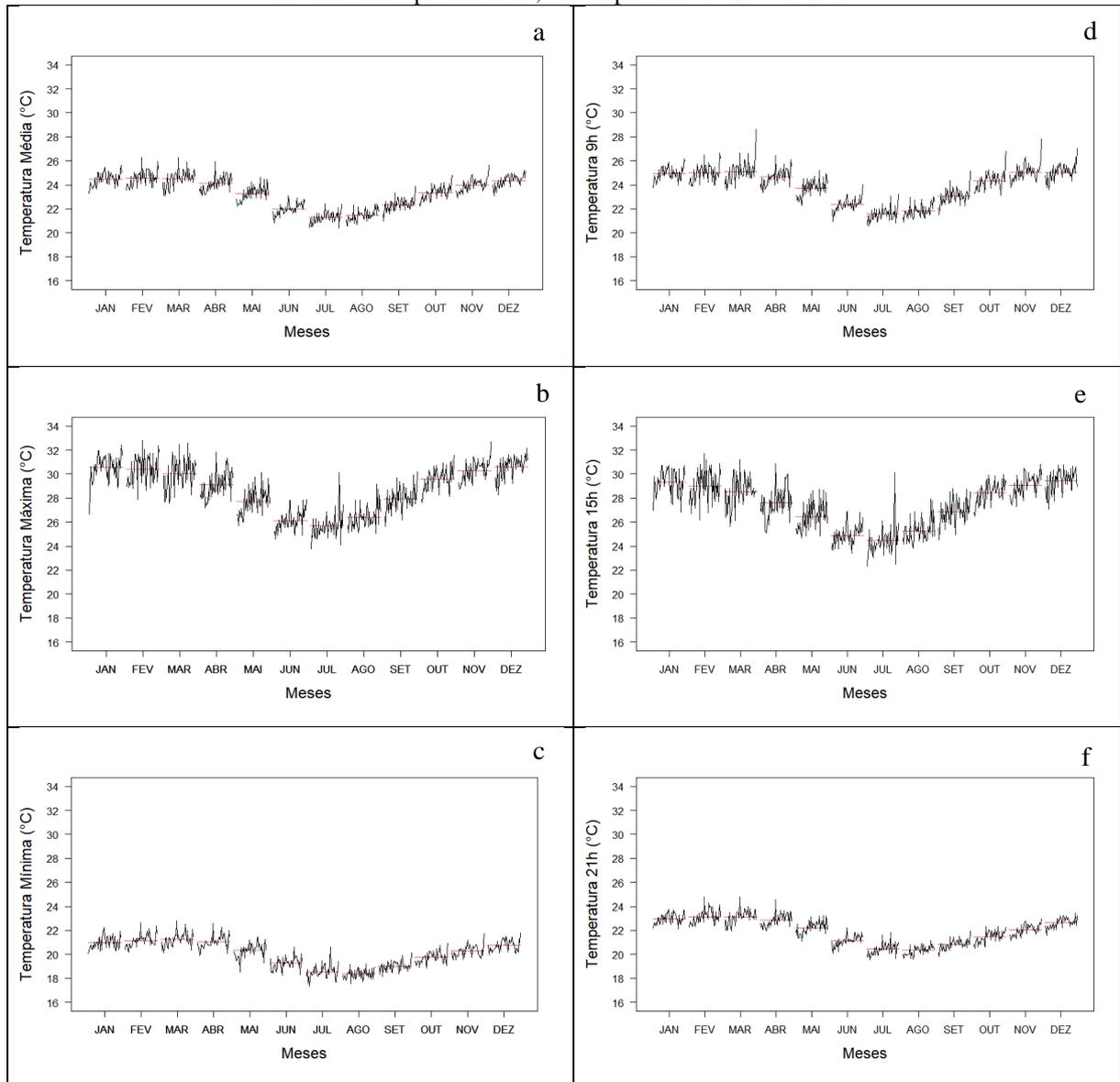
Skansi *et al.* (2013) debruçou-se em analisar a temperatura de algumas estações meteorológicas da Região Nordeste Brasileira, verificando, assim, uma diminuição das noites frias e conseqüentemente um aumento das noites quentes, o estudo dos autores corrobora com os resultados desta pesquisa para a cidade de Campina Grande, PB, constatando-se não apenas um aquecimento crescente e significativo as 21h com o decorrer das décadas, como também, uma elevação para todas as demais variáveis de temperatura, destacando-se, sobretudo, a máxima e 15h que apontam por meio da curvatura de Sen as maiores taxas de aquecimento mensal e anual.

Uma análise regional e sub-regional elaborada por Costa (2017) aponta que a Região Nordeste tem experimentado reduções significativas na quantidade de dias e noites frias, logo, aumentos expressivos no percentual de dias e noites quentes anuais e decenais, sendo assim, embora o Nordeste seja naturalmente quente e registre temperaturas máximas e mínimas elevadas, deve-se ainda notar a contribuição que a própria dinâmica urbana exerce nos elementos climáticos imprescindíveis para o conforto térmico humano dos cidadãos, portanto, a tendência crescente e significativa de temperatura verificada nesta pesquisa aponta um forte indicativo de desconforto térmico nos habitantes de Campina Grande em alguns meses e estações do ano.

5.2.2 Tendência Mensal da Temperatura

A temperatura mensal entre 1977 a 2021 (Figura 12) apontou uma tendência crescente e significativa em todos os meses da média (12a), 9h (12d) e 21h (12f), no entanto, na temperatura máxima (12b), mínima (12c) e 15h (12e) não se identificou significância estatística em alguns meses.

Figura 12 - Tendência da temperatura mensal média (a), máxima (b), mínima (c), 9h (d), 15h (e), 21h (f) do ar em Campina Grande, PB no período de 1977 a 2021.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Verifica-se (Tabela 4) por meio da curvatura de Sen que o maior acréscimo da temperatura média (12a) em Campina Grande, PB ocorre nos meses de maio (0,031 °C), abril (0,030 °C) e novembro (0,028°C), nota-se que o Z_{MK} também indica os maiores valores de tendência para estes meses, além disso, as mudanças detectadas no teste de Pettitt ocorreram frequentemente nos anos de 1987, 1992 e 1996.

Logo, observa-se o mesmo comportamento na máxima mensal (12b), em que os maiores acréscimos de temperatura também ocorrem nos meses de abril (0,048 °C), novembro (0,045 °C) e maio (0,042 °C), porém, com a elevação da máxima bem mais expressiva que a média, tendo ocorrido as quebras, de acordo com o teste de Pettitt em 1997, 1996 e 1991

respectivamente. É relevante mencionar que não foram identificadas tendências significativas em janeiro e fevereiro.

A temperatura mínima mensal (12c) indicou na curvatura de Sen um aumento menos substancial que a média e a máxima, sendo assim, os maiores acréscimos de temperatura continuam sendo em abril (0,022 °C), maio (0,021 °C) seguido do mês de outubro (0,017 °C), ademais, os pontos de mudanças ocorreram em 1995, 1994 e 1992. Não se verificou tendência significativa nos meses de julho, agosto e setembro.

Nos horários sinóticos, identifica-se as maiores elevações da temperatura mensal as 9h (12d) em abril (0,034 °C), março/maio, ambas com (0,028 °C) e dezembro (0,025 °C), além disso, os anos de ruptura regularmente observados foram 1986 e 1992. Por conseguinte, assim como na média e máxima a temperatura as 15h em Campina Grande, PB apresentou um acréscimo nos meses de novembro (0,044 °C), abril (0,042 °C) e maio (0,038 °C), as mudanças foram detectadas em 1992, 1997 e 1991, respectivamente, além disso, não houve significância estatística em fevereiro e março. Verificou-se o mesmo na mensal as 21h, isto posto, maio (0,027 °C), abril (0,026 °C) e novembro (0,023 °C) exibem as maiores elevações da temperatura a noite. As rupturas ocorreram em 1992 e 1995.

Tabela 4 - Estatística mensal da temperatura do ar média, máxima e mínima em Campina Grande, PB.

MESES	MÉDIA			MÁXIMA			MÍNIMA		
	Z _{MK}	SEN'S SLOPE	PETTITT	Z _{MK}	SEN'S SLOPE	PETTITT	Z _{MK}	SEN'S SLOPE	PETTITT
JAN	2,74*	0,017	1987	1,72(NS)	0,023	1987	2,19*	0,014	1995
FEV	3,14*	0,023	1987	1,92(NS)	0,025	1987	3,78***	0,021	1993
MAR	3,02*	0,022	1987	2,53*	0,038	1987	3,10**	0,020	1993
ABR	4,92***	0,030	1997	3,72***	0,048	1997	4,23***	0,022	1995
MAI	4,29***	0,031	1992	3,62***	0,042	1991	3,62***	0,021	1994
JUN	4,86***	0,025	1996	3,82***	0,034	2008	2,65*	0,016	1986
JUL	3,88***	0,020	1996	3,16**	0,034	1996	1,69(NS)	0,011	1997
AGO	3,94***	0,021	1992	2,61*	0,023	1992	1,34(NS)	0,007	1995
SET	3,39***	0,019	1992	2,43*	0,030	1992	1,61(NS)	0,008	1995
OUT	4,01***	0,026	1992	2,96**	0,036	1992	2,90**	0,017	1992
NOV	4,53***	0,028	1996	4,39***	0,045	1996	2,28*	0,013	1995
DEZ	4,03***	0,022	1992	3,15**	0,032	1989	2,35*	0,015	1994

Significância: * 0,05 / ** 0,01/ *** 0,001 NS: Nenhuma significância estatística

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 5 - Estatística mensal da temperatura às 9h, 15h e 21h em Campina Grande, PB.

MESES	9H			15H			21H		
	Z _{MK}	SEN'S SLOPE	PETTITT	Z _{MK}	SEN'S SLOPE	PETTITT	Z _{MK}	SEN'S SLOPE	PETTITT
JAN	2,22*	0,014	1986	0,70*	0,008	1987	2,42*	0,012	1987
FEV	2,16*	0,019	1987	1,83(NS)	0,026	1987	3,14**	0,021	1993
MAR	2,84**	0,028	1986	1,73(NS)	0,027	1987	3,50***	0,020	1993
ABR	4,69***	0,034	1992	2,98**	0,042	1997	4,80***	0,026	1992
MAI	3,57***	0,028	1986	3,05**	0,038	1994	4,31***	0,027	1992
JUN	4,03***	0,022	1986	3,04**	0,024	2009	4,71***	0,022	1997
JUL	2,93**	0,018	1992	3,16**	0,037	1996	4,29***	0,020	1997
AGO	2,86**	0,019	1992	2,40*	0,022	1992	3,86***	0,018	1992
SET	2,57*	0,019	1986	2,12*	0,027	1992	3,64***	0,017	1992
OUT	3,14**	0,025	1992	2,94**	0,037	1992	4,10***	0,022	1992
NOV	3,41***	0,023	1996	4,45***	0,044	1996	4,40***	0,023	1995
DEZ	3,04**	0,025	1989	2,28*	0,023	1989	3,49***	0,017	1992

Significância: * 0,05 / ** 0,01/ *** 0,001 NS: Nenhuma significância estatística

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Desta forma, os meses que apresentam as maiores tendências de temperatura em Campina Grande são no outono, (março, abril e maio), primavera (outubro e novembro) e verão (apenas dezembro), sendo possível, assim, compreender o comportamento sazonal na cidade em que o outono, por vezes, aponta temperaturas mais elevadas que a primavera.

Portanto, muitas tendências de aquecimento observadas nos registros meteorológicos expressam bem mais os efeitos urbanos locais que o próprio aquecimento global, como o caso de Campina Grande, onde a Estação Meteorológica pertencente a EMBRAPA Algodão foi envolta pelo processo de urbanização, em contrapartida, salienta-se que o crescimento populacional está intrinsecamente relacionado com as mudanças nos usos da terra e a emissão de gases do efeito estufa, fatores primordiais para a modificação do clima local até global (SOUZA; ALVALÁ, 2012).

5.3 Análise de Variância (ANOVA)

Ao aplicar o teste da Análise da Variância observou-se que houve diferença significativa na temperatura (p -valor $< 0,01$) em pelo menos uma das décadas. Consequentemente, o teste da ANOVA atende os pressupostos de normalidade (Kolmogorov-Smirnov), independência (Durbin – Watson) e homoscedasticidade (Bartlett).

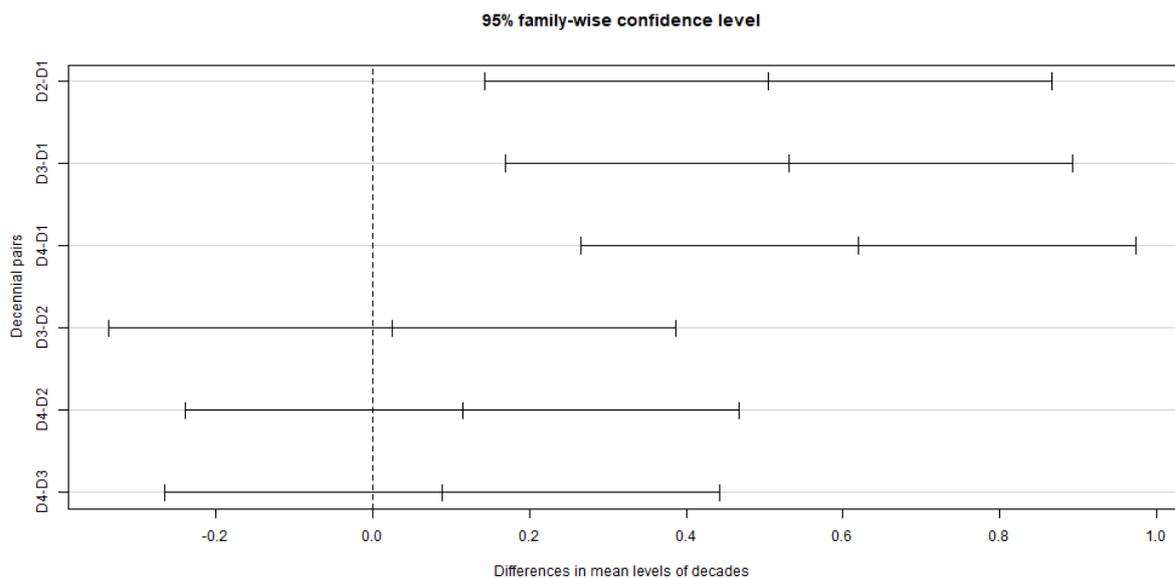
Neste trabalho, pode-se concluir que não há evidências para rejeitar-se a hipótese nula de que as décadas possuem uma distribuição normal, independente e com variância constante, pois, o p-valor foi superior ao nível de significância estatística de 5%.

Sendo assim, como a ANOVA não detecta valores médios por grupos que diferem entre si, o teste de comparações múltiplas preconizado por Tukey (1949) é utilizado para comparar todo e qualquer contraste entre duas médias de tratamento, portanto, quando ocorre comparações múltiplas entre amostras de tamanho iguais, por exemplo, há cada dez anos, o teste de Tukey é exato.

Desta forma, partindo do pressuposto de que as diferenças medianas de temperatura dentro dos grupos são significativas, formou-se quatro grupos representando o período de 1980 – 2020. Os grupos analisados referem-se aos 40 anos mais recentes de temperatura na cidade de Campina Grande, a citar: D1 (1980), D2 (1990), D3 (2000) e D4 (2010).

Na Figura 13 verifica-se as respectivas diferenças nas últimas quatro décadas por meio do intervalo de confiança de 95%, em que houve diferença significativa na temperatura (p – valor > 0,05) entre as décadas 90 e 80 (D2-D1); 2000 e 80 (D4-D1), 2010 e 80 (D4-D1), concluiu-se, assim, que a temperatura média do ar em Campina Grande elevou-se quando compara-se uma década a outra.

Figura 13: Intervalo de confiança de 95% para a diferença temporal das médias para as séries decenais de 1980 (D1), 1990 (D2), 2000 (D3) e 2010 (D4) para Campina Grande, PB.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Tabela 6: Estatística decenal do teste Tukey em 1980, 1990, 2000 e 2010 em Campina Grande, PB.

DÉCADAS	P – VALOR	DÉCADAS	P – VALOR
1990 – 1980 (D2 – D1)	0,0031953***	2000 – 1990 (D3 – D2)	0,9974931 (NS)
2000 – 1980 (D3 – D1)	0,0018602***	2010 – 1990 (D4 – D2)	0,8192249 (NS)
2010 – 1980 (D4 – D1)	0,0001914***	2010 – 2000 (D4 – D3)	0,9052521 (NS)

Significância: *** 0,001 NS: Nenhuma significância estatística

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Diante desse contexto, as seqüências de aumento da temperatura média do ar também foram apontadas por Cabral Júnior e Lucena (2021), embora os autores tenham observado as diferenças significativas por quinquênio, corrobora-se com os resultados desta pesquisa quando verifica-se que a menor média observada na década de 1980 (D1), possui uma diferença estatisticamente significativa com as subseqüentes, ou seja, 1990, 2000 e 2010.

Em contrapartida, as décadas de 2000 e 90 (D3-D2); 2010 e 90 (D4-D2); 2010 e 2000 (D4-D3) não manifestaram diferença estatisticamente significativa, pois, o intervalo de confiança contempla o valor zero da diferença, demonstrando, assim, que a temperatura de uma década assemelhasse a década passada.

Uma justificativa do comportamento elevado da temperatura do ar apontadas por e (CABRAL JÚNIOR *et al.*, 2013) (SILVA, 2018) atribui-se a localização da estação meteorológica de Campina Grande, PB, pois, segundo os autores, houve uma intensificação do processo de urbanização com o tempo, o que possivelmente contribuiu para o aumento da temperatura média do ar nas décadas subseqüentes.

O aumento da temperatura é uma condição determinante para o fluxo de energia entre as substâncias, o meio ambiente e os corpos, sendo assim, leva-se a crer que a percepção do conforto térmico pela população campinense também tenha sido alterada com o decorrer das décadas, pois, essa tendência crescente do campo térmico pode ter sido corroborada pelo fator urbanização e redução de áreas verdes. (AYOADE, 1996; SANTOS, 2012)

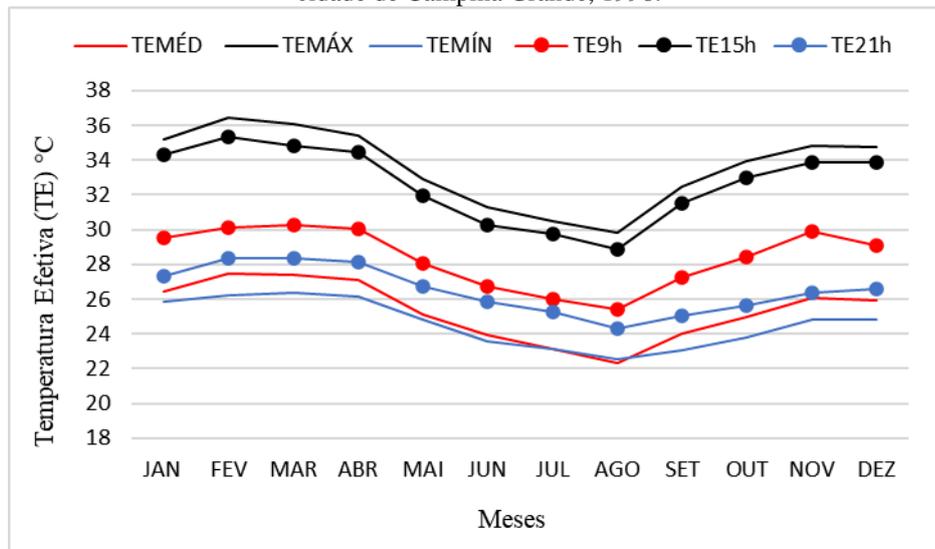
5.4 Índices de Conforto Térmico Humano para Campina Grande, PB

5.4.1 Temperatura Efetiva (TE) para o ano de 1998

O índice de Temperatura Efetiva TE variou de 22,3 °C a 36,4 °C em 1998 na cidade de Campina Grande. O maior registro de temperatura média do ar de toda série histórica estudada nesta pesquisa ocorreu no ano de 1998, equivalente a 24,3 °C, notou-se, (Figura 14) que a maior temperatura média foi registrada no mês de fevereiro (27,5°C), sendo assim, de acordo com a tabela de classificação de Terjung (1966), fevereiro, março e abril indicaram “Desconforto por

Aquecimento”, e exceto os meses de inverno, ou seja, junho, julho e agosto que indicaram “Zona de Conforto” por compreenderem temperaturas na faixa de 20°C a 24°C, todos os demais apontaram um “Leve Desconforto por Aquecimento”. Ademais, a classificação de Matzarakis; Mayer (1991) mostrou que “A maioria da população sofreu desconforto” nos meses de fevereiro, março e abril de 1998.

Figura 14. Índice de Temperatura Efetiva (TE) para as temperaturas: média, máxima, mínima, 9h, 15h e 21h na cidade de Campina Grande, 1998.



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Stress térmico é o estado psicológico ao qual um indivíduo está submetido a condições ambientais de severo frio ou calor. Por conseguinte, nota-se “Estresse Térmico” na temperatura máxima da cidade de Campina Grande, PB em onze meses de 1998. Segundo Terjung (1966) classifica-se nessa faixa temperaturas superiores a 30°C, ocorrendo severamente em fevereiro (36,4°C) e excepcionalmente no mês de agosto (29,8°C) que indicou “Desconforto por Aquecimento”. As faixas de Classificação de Matzarakis; Mayer (1991) consideram “Estado de Emergência” temperaturas acima de 32°C, desta forma, essa ocorrência abrangeu-se de setembro a maio, quanto aos meses de inverno, incluíram-se na faixa “Todas as pessoas sentem desconforto” com temperaturas entre 29°C a 32°C.

Diante desse contexto, Pitton e Domingos (2004) apontam que o homem é homeotérmico, ou seja, conserva uma temperatura constante permeando 36 °C – 37°C, no entanto, quando exposto a situações de estresse térmico e os valores de temperatura elevam-se, há hipertermia e mecanismos do corpo são acionados causando diversas complicações, como convulsões, suor e vasodilatações, além disso, os autores afirmam que devido a eminente desidratação, o sangue fica mais viscoso aumentando a possibilidade de derrame e infarto,

consoante a isso, há riscos de danos cerebrais tornando significativas as chances do indivíduo vir a óbito, pois, o processo que conduz à morte devido ao calor excessivo é mais acelerado, especialmente, entre aqueles com problemas cardiovasculares, respiratórios ou com doenças mais graves. Desta forma, a Temperatura Efetiva máxima apontando “Estresse Térmico” e “Estado de Emergência” em onze meses de 1998 pode ter causado efeitos adversos à saúde humana na população campinense.

O Índice indicou que a maior TE mínima em 1998 foi março (26,4°C), sendo assim, as faixas que compõe 24°C a 27°C na classificação de Terjung (1966) sugerem “Leve Desconforto por Aquecimento” de janeiro a maio, novembro e dezembro, em contrapartida, temperaturas observadas de junho a outubro indicaram “Zona de Conforto”. Nota-se que para Matzarakis; Mayer (1991), de janeiro a maio, novembro e dezembro, “Cerca de 50% da população sentiu desconforto”.

Verifica-se que as linhas da temperatura média e mínima se intersectam nos meses de julho e agosto, por isso, ambas têm a mesma faixa de classificação de conforto térmico humano conforme Terjung (1966), Matzarakis; Mayer (1991) nos meses de inverno, no entanto, os meses de verão e outono indicam para a temperatura mínima um “Leve Desconforto por Aquecimento”

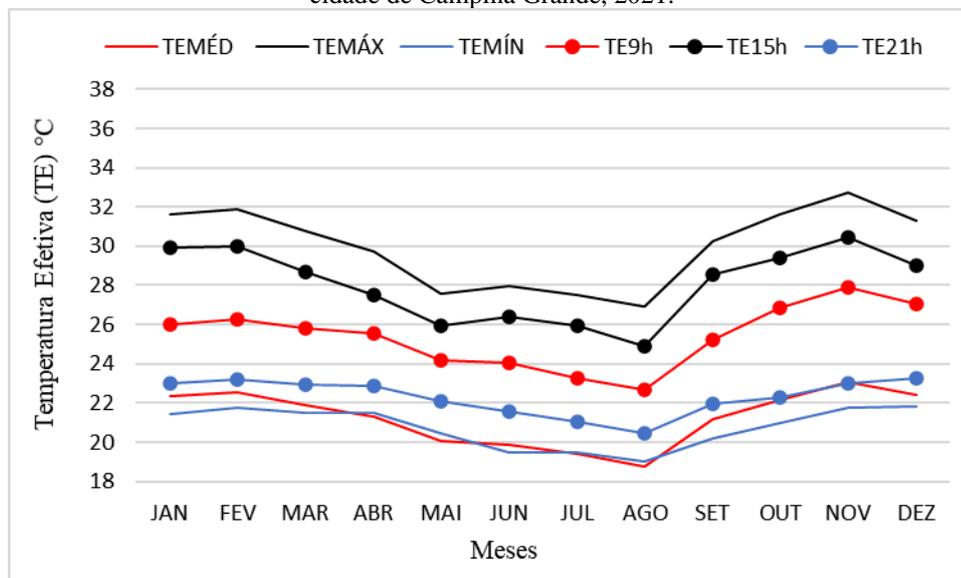
A maior TE as 9h ocorreu em março (30,3°C) de 1998, por conseguinte, janeiro, fevereiro e março estiveram sob “Estresse Térmico” conforme Terjung (1966), no entanto, segundo Matzarakis; Mayer (1991) de janeiro a abril, outubro, novembro e dezembro “Todas as pessoas estiveram sob desconforto”. A TE as 15h é equivalente as curvas da temperatura máxima, o mês mais aquecido foi registrado em fevereiro (35,3 °C) e com exceção de julho e agosto, os demais indicaram “Estresse Térmico”. As 21h, as maiores Temperaturas Efetivas ocorreram em fevereiro e março (28,4°C), sendo assim, verificou-se “Desconforto por Aquecimento” de janeiro abril.

Salienta-se que apenas a TE média e mínima para a cidade de Campina Grande em 1998 estiveram alguns meses sob a “Zona de Conforto”, destacando-se a temperatura máxima e 15h que exibiram o maior desconforto térmico segundo Terjung (1966). Em contrapartida, de acordo com a classificação de Matzarakis; Mayer (1991), em nenhum momento os campinenses estiveram confortáveis termicamente no final dos anos 90.

5.4.2 Temperatura Efetiva (TE) para o ano de 2021

O ano de 2021 findou registrando temperaturas acima da média, embora um pouco menos expressivas que 1998, a temperatura média, máxima, mínima, 9h, 15h e 21h por meio do índice de TE aponta indicativos da possível vulnerabilidade ao desconforto térmico ao qual a população campinense pode está exposta. A TE variou de 18,8 a 32,7 °C em 2021 na cidade de Campina Grande, PB.

Figura 15. Índice de Temperatura Efetiva (TE) para as temperaturas: média, máxima, mínima, 9h, 15h e 21h na cidade de Campina Grande, 2021.



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

A maior TE média ocorreu em fevereiro (22,6°C), além disso, Terjung (1966) aponta “Zona de Conforto” durante nove meses de 2021, no entanto, como o inverno campinense registrou TE abaixo de 20°C, com destaque para o mês de agosto (18,8°C) mudou-se a faixa de classificação para “Leve Desconforto por Resfriamento”, em contrapartida, para Matzarakis; Mayer (1991) temperaturas que abrangem essa mesma faixa indicam que “Não houve desconforto”,

O mês com a maior TE máxima ocorreu em novembro (32,7°C), juntamente com este, outros seis meses de 2021 indicaram “Estresse Térmico” segundo Terjung (1966), para Matzarakis; Mayer (1991) apenas novembro indicou “Estado de Emergência”, contudo, torna-se relevante mencionar que para o Índice TE todos os meses de 2021 exibiram algum grau de desconforto térmico para as máximas.

As linhas da TE média e mínima se intersectam em alguns meses (Figura 15), por isso, o comportamento da mínima mostrou-se igual a média segundo a Classificação de Terjung (1966), para Matzarkis; Mayer (1991) o mesmo ocorre, com uma excepcional exceção da temperatura mínima para o mês de setembro, que diferente da média, apontando a ausência de desconforto.

Analisando a Temperatura Efetiva as 9h, novembro (27,9 °C) foi o mês mais quente em 2021, indicando “Desconforto por Aquecimento”. Julho e agosto indicaram “Zona de Conforto”, os demais nove meses apontaram a faixa de “Leve Desconforto por Aquecimento” de acordo com Terjung (1966). “A maioria da população sentiu Desconforto” em novembro para Matzarakis; Mayer (1991).

Novembro continua apresentando temperaturas elevadas em 2021, particularmente as 15h (30,4°C), indicou “Estresse Térmico” e “Todas as pessoas sentem Desconforto” para Terjung (1966), Matzarakis; Mayer (1991), respectivamente. As 21h todos os meses estiverem sob a “Zona de Conforto” conforme Terjung (1966) e apenas em agosto “Não houve desconforto” para Matzarakis; Mayer (1991).

Nota-se que a Classificação de Matzarakis; Mayer (1991) compreende temperaturas acima de 32°C para considerar “Estado de Emergência” e abaixo de 21°C para “Não há desconforto”, por isso, ocasionalmente nos meses de inverno a população campinense sente-se termicamente confortável, ademais, frequentemente aponta-se desconforto para as seis variáveis de Temperatura Efetiva calculada. Além disso, um ponto negativo a citar-se sobre as faixas de classificação de Matzarakis; Mayer (1991) é que não possuem classificações para sensações com valores de temperaturas abaixo de 21°C, descartando, assim, o indicativo de desconforto térmico relacionado ao frio.

Quanto a classificação de Terjung (1966), “Estresse Térmico” é a faixa que exhibe temperaturas acima de 30°C, desta forma, nas máximas e as 15h, visualiza-se uma ocorrência habitual de Temperatura Efetiva indicando o maior nível de estresse térmico, em contrapartida, a “Zona de Conforto” com temperaturas entre 20°C e 24°C são consideravelmente maleáveis quando comparada à classificação de Matzarakis; Mayer (1991), indicando, assim, conforto térmico com mais frequência.

Desta forma, contata-se que a TE na cidade de Campina Grande em 2021 apontou que: as temperaturas média e mínima, especialmente, nos meses de inverno, exibiram apenas “Desconforto por Resfriamento”, todavia, as máximas e 15h estiveram sob “Estresse Térmico”, “Estado de Emergência” e “Desconforto por Aquecimento” em onze meses de 2021, exceto agosto. A TE as 9h esteve apenas sob a “Zona de Conforto” térmico no inverno e desconfortável

por aquecimento no restante do ano. Nota-se que nas mínimas há “Desconforto por Resfriamento” no inverno, mas, as 21h, Campina Grande esteve todos os meses de 2021 termicamente confortável.

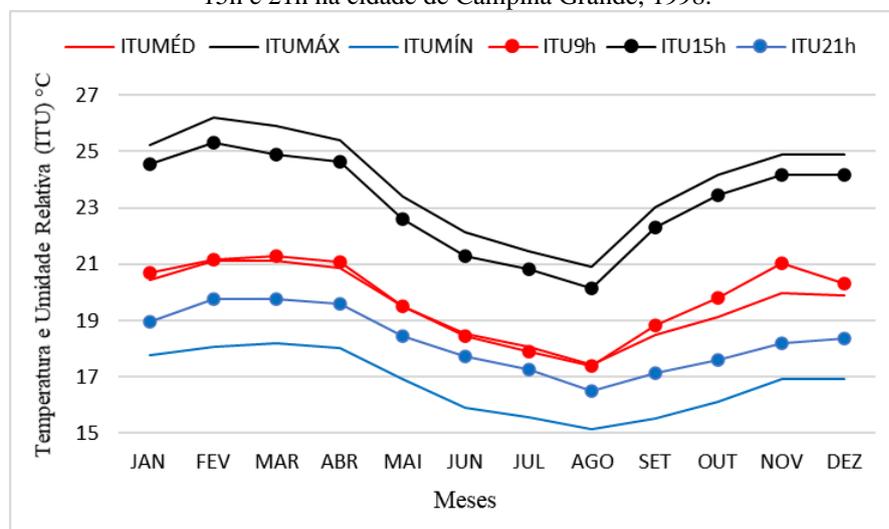
5.4.3 Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para o ano de 1998

O índice de Temperatura e Umidade Relativa ITU, assim como o TE utiliza em sua fórmula os elementos climáticos temperatura e umidade relativa do ar para estimar a sensação térmica. Nota-se na Figura 16 que o ITU variou de 15,1 a 26,2 °C em 1998 na cidade de Campina Grande, PB.

O ITU para a temperatura média apontou que houve “Leve Desconforto por Resfriamento” em onze meses de 1998 segundo Terjung (1966), apenas agosto (17,4°C) indicou “Desconforto por Resfriamento”. Sendo assim, como fevereiro e março (21,1°C) foram os meses mais aquecidos, para Matzarakis; Mayer (1991), “Menos de 50% da população sentiu desconforto”, no restante do ano “Não houve desconforto”.

Como citado, a classificação de Matzarakis; Mayer (1991) determina que todas as sensações térmicas que estiverem abaixo de 21°C não apontam desconforto, não considerando, assim, o desconforto por resfriamento. Tratando-se particularmente de Campina Grande, seria equivocado, especialmente, após os resultados obtidos através do ITU que temperaturas abaixo de 17°C não indiquem desconforto por frio. Desta forma, salienta-se que diferentemente de Terjung (1966) que apresenta níveis de estresse térmico para baixas temperaturas, Matzarakis; Mayer (1991) não o faz.

Figura 16. Índice de Temperatura e Umidade Relativa (ITU) para as temperaturas: média, máxima, mínima, 9h, 15h e 21h na cidade de Campina Grande, 1998.



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Portanto, as faixas de conforto térmico se modificam não apenas para as seis variáveis de temperatura, mas sobretudo, sazonalmente, pois, a parte Setentrional do Nordeste Brasileiro ratifica o elevado quantitativo da irradiância solar na referida cidade, desta forma, o clima urbano não deve ser encarado como único produto do espaço construído, pois, os fatores geográficos, ou seja, relevo, altitude e latitude desempenham um papel essencial na determinação do microclima, logo, no conforto térmico humano. (LANDSBERG, 2006).

A temperatura máxima esteve sob a “Zona de Conforto” de maio a agosto, contudo, houve “Leve desconforto por Aquecimento” nos demais 8 meses de 1998 de acordo com a Classificação de Terjung (1966). Excepcionalmente em agosto, ou seja, o mês mais frio em Campina Grande, PB “Não houve desconforto” segundo a classificação de Matzarakis e Mayer, o restante do ano oscilou entre “Menos e Cerca de 50% da população sente desconforto”.

De acordo com Terjung (1966), houve “Leve Desconforto por Resfriamento” em fevereiro e março para a temperatura mínima, sendo assim, houve “Desconforto por Resfriamento” em janeiro, e de abril a dezembro. Como as temperaturas mínimas para ITU foram inferiores a 21°C, destacando-se agosto (15,1°C) “Não houve desconforto” segundo a classificação de Matzarakis; Mayer (1991) no ano de 1998.

A fisiologia humana pode suportar a maiorias das variações meteorológicas dentro de certos limites, no entanto, de acordo com Sette e Ribeiro (2011) quando os valores de temperatura decrescem, há hipotermia e mecanismos do corpo são acionados, levando o indivíduo a ter vaso contração, tiritar, arrepios e aumento da taxa metabólica, sendo assim, como o ITU registrou 15,1°C para as mínimas, leva-se a crer que a população campinense, principalmente no inverno esteve sob desconforto térmico articulado ao frio.

O ITU as 9h aponta “Zona de Conforto” de janeiro a abril, novembro e dezembro, os meses de inverno, especialmente, julho e agosto estiveram na faixa de classificação de “Desconforto por Resfriamento” para Terjung (1966). Nota-se que de fevereiro a abril e novembro “Menos de 50% da população sentiu desconforto”, sendo assim, não houve desconforto nos demais meses segundo Matzarakis; Mayer (1991).

A Classificação das faixas de conforto térmico as 15h é proporcional a máxima, pois, apresentam temperaturas bastante similares, desta forma, a única distinção entre ambas é que houve “Zona de Conforto” nos meses de setembro e outubro as 15h de 1998 como aponta Terjung (1966). Alternando-se entre “Menos de 50% da população sentiu desconforto” nos meses de inverno e “Cerca de 50% da população sentiu desconforto” no restante do ano de acordo com Matzarakis; Mayer (1991).

As 21h, houve “Desconforto por Resfriamento” nos meses de inverno, pois, registrou-se 15,1°C em agosto, mas, no restante do ano, ocorreu “Leve Desconforto por Resfriamento” para Terjung (1966). Segundo Matzarakis; Mayer, assim, como na mínima, “Não houve desconforto”

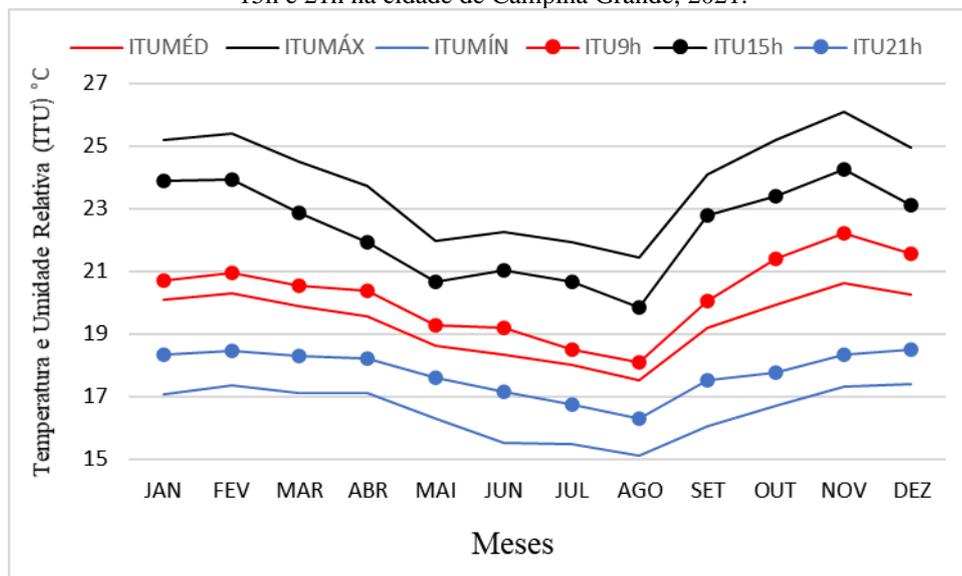
Embora o TE e o ITU articulem os mesmos elementos climáticos, como as equações são distintas, o ITU, suavizou, sobremaneira, a faixa de classificação dos resultados quando comparadas a TE conforme as tabelas de classificação de Terjung (1966), Matzarakis; Mayer (1991).

Por conseguinte, constata-se uma frequência de episódios de desconforto por resfriamento no UTI no ano de 1998, principalmente na temperatura média, mínima, 9h e 21h, sendo assim, notou-se desconforto por aquecimento na temperatura máxima e 15h.

5.4.4 Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para o ano de 2021

O ITU variou de 15,1 a 26,1°C em 2021 na cidade de Campina Grande, PB. A Figura 17 aponta que as temperaturas média, máxima e mínima mostraram-se equivalentes a 9h, 15h e 21h, respectivamente, além disso, constata-se que “Não houve desconforto” na temperatura média segundo Matzarakis; Mayer (1991), no entanto, para Terjung (1966) estiveram sob “Zona de Conforto” janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, quanto ao restante do ano, notou-se “Leve Desconforto por Resfriamento”.

Figura 17. Índice de Temperatura e Umidade Relativa (ITU) para as temperaturas: média, máxima, mínima, 9h, 15h e 21h na cidade de Campina Grande, 2021.



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

A temperatura máxima registrou “Leve Desconforto por Aquecimento” de janeiro a março, setembro a dezembro, portanto, registrou-se “Zona de Conforto” de abril a agosto de acordo com a classificação de Terjung (1966). Nota-se que nas máximas, especialmente, para Matzarakis; Mayer (1991) “Cerca de 50% da população esteve sob desconforto” nos meses de verão/primavera e “Menos de 50% da população esteve sob desconforto” entre o outono/inverno.

Verifica-se que o ITU para as temperaturas mínimas de 2021 indicou “Desconforto por Resfriamento” e “Não houve desconforto” de janeiro a dezembro, conforme Terjung (1966), Matzarakis; Mayer (1991) respectivamente.

As 9h, o ITU apontou “Leve Desconforto por Resfriamento” em maio, junho, julho e agosto, os demais meses de 2021 estiveram sob “Zona de Conforto” de acordo com a classificação de Terjung (1966). Segundo Matzarakis; Mayer (1991) ‘Não houve Desconforto’ de janeiro a setembro, contudo, em outubro, novembro e dezembro “Menos de 50% da população sofreu desconforto”.

De acordo com a classificação de Terjung (1966), houve “Zona de Conforto” as 15h de janeiro a julho, setembro, outubro e dezembro, como agosto é o mês mais frio em Campina Grande, o mesmo, esteve na faixa “Leve Desconforto por Resfriamento”, quanto ao mês de novembro, tratando-se especialmente do ano de 2021, ocorreram temperaturas mais elevadas que os meses habitualmente mais aquecidos (fevereiro e março), desta forma, verificou-se um “Leve Desconforto por Aquecimento”. Para Matzarakis; Mayer (1991) “Não houve desconforto” apenas de maio a agosto.

As 21h, seguindo o nível de conforto térmico da tabela de classificação proposta por Terjung (1966) de maio a outubro houve “Desconforto por Resfriamento”, nos demais meses “Leve Desconforto por Resfriamento”, contudo, Matzarakis; Mayer (1991) apontaram que “Não houve Desconforto” as 21h em 2021.

Optar pelos índices de conforto térmico humano TE e ITU na busca de resultados satisfatórios para o contexto da cidade de Campina Grande foi um dos grandes desafios desta pesquisa, justamente por existirem lacunas na ausência de uma calibração de faixas específicas para áreas tropicais, sobretudo, no Semiárido nordestino.

Além disso, ao passo que existem importantes contribuições discutindo a temática de conforto térmico em âmbito nacional e internacional também se encontram divergências, sobretudo, devido aos métodos utilizados para obtenção de dados e análise de resultado, sendo

assim, esta pesquisa baseou-se em referências interpretativas distintas, no entanto, de acordo com Lai et al. (2020) diferentes métodos podem agregar compreensão na complexidade do conforto térmico.

Desta forma, salienta-se que a Biometeorologia Humana preocupa-se com o planejamento de contingência regional e urbana, proteção e promoção da saúde, bem como investigando e alertando os problemas ambientais frequentemente identificados por índices térmicos (STAIGER; LASCHEWSKI; MATZARAKIS, 2019).

Isto posto, embora tenha-se aberto margem para interpretações distintas com a aplicação de índices de conforto térmico e tabelas de classificação diferentes para avaliar a vulnerabilidade da população campinense a curto e a longo prazo, os resultados apontam que a temperatura máxima e as 15h indicaram frequentemente desconforto térmico por calor.

6 CONCLUSÕES

A hipótese desta pesquisa desenvolveu-se no âmbito de analisar se há tendência na temperatura do ar (média, máxima, mínima, 9h, 15h e 21h) na cidade de Campina Grande no período de 1977 a 2021. Essa pesquisa avaliou a variação das temperaturas em escala mensal, sazonal, anual e decenal, além disso, calculou-se a Temperatura de Superfície e investigou-se os padrões de conforto térmico humano por meio dos índices TE e ITU. Os aspectos mais relevantes, as dificuldades, assim como os apontamentos para estudos futuros estão descritos a seguir.

- I. Os valores discrepantes abaixo do valor mínimo ocorreram predominantemente nas décadas de 70 e 80, especialmente, nas temperaturas às 15h e 21h, em contrapartida, uma frequência expressiva de valores discrepantes acima do valor máximo foram observadas em 1998, ano marcado pelo mais severo El Niño do século XX.
- II. Apenas a temperatura máxima e 15h registraram as maiores médias sazonais no verão e primavera, sendo assim, a média, mínima, 9h e 21h correram no verão e outono devido as tendências mensais expressivas nos meses de março, abril e maio.
- III. Houve acréscimo de 0,6 °C na temperatura média do ar decenal entre 1980 (22,9 °C) e 2010 (23,5 °C) na cidade de Campina Grande.
- IV. Observou-se um acréscimo na TS mínima de 3,2 °C entre 1984 (20,8 °C) e 2018 (24,0 °C).
- V. O teste de Man-Kendall confirma uma tendência crescente, positiva e significativa (5%) para a temperatura média, máxima, mínima, 9h, 15h e 21h.
- VI. De acordo com o teste de Sen's Slope os maiores acréscimos na temperatura do ar na cidade de Campina Grande ocorreram na máxima (0,035°C/ano) e 15h (0,031 °C/ano)
- VII. Segundo o teste de Pettitt, o ponto de mudança para o aumento da temperatura do ar na cidade foi detectado no ano de 1992 para cinco variáveis de temperatura, com exceção da mínima, verificada em 1995.
- VIII. Os meses que apresentaram as maiores tendências de temperatura em Campina Grande foram no outono, (março, abril e maio), primavera (outubro e novembro) e verão (apenas dezembro).

- IX. De acordo com a Análise de Variância houve diferença significativa na temperatura do ar em pelo menos uma das décadas e comprovou-se por meio do teste de Tukey que esta diferença ocorreu entre as décadas 90 e 80, 2000 e 80, 2010 e 80.
- X. No âmbito dos índices de conforto térmico humano, notou-se que a Temperatura Efetiva de 1998 foi significativamente mais quente que a TE de 2021, em contrapartida, verificou-se temperaturas equivalentes para o Índice de Temperatura e Umidade ITU de 1998 e 2021.
- XI. Constata-se que as interpretações de acordo com as tabelas de classificação segundo Terjung (1966); Matzarakis, Mayer (1991) foram distintas, pois, os índices de conforto térmico humano TE e ITU apontaram resultados discrepantes para o mesmo ano, no entanto, salienta-se que ambos os índices concordaram que há desconforto térmico por calor em Campina Grande para a temperatura máximas e 15h.

Diante o contexto, conclui-se que a distribuição da TS analisada em 1984, 2007 e 2018 apresentaram uma nítida tendência de aumento da temperatura do ar em Campina Grande, PB, tendência inicialmente destacada através das imagens orbitais e confirmada posteriormente por meio dos testes estatísticos de Mann-Kendall, Sen's, Pettitt e (ANOVA).

Embora o aquecimento da superfície seja uma realidade cientificamente inquestionável, salienta-se que existem estratégias a serem incorporadas para melhorar-se o ambiente térmico urbano e oferecer benefícios aos cidadãos, uma dessas seria a mudança da geometria urbana, contudo, como seria uma proposta utópica, alguns estudiosos sugerem um planejamento consciente para ambientes termicamente confortáveis, como ruas com orientação Norte - Sul que oferecem um período de sombreamento mais longo e ruas paralelas à direção do vento para aumentar a velocidade do vento e promover a ventilação urbana. (D. LIU et al., 2019)

À vista disso, nos últimos anos cresceu-se exponencialmente pesquisas no âmbito do conforto término humano em espaços abertos de cidades médias brasileiras, neste sentido, visando aprimorar os resultados científicos na perspectiva da climatologia, indica-se como estudos futuros a calibração das faixas de conforto térmico para Campina Grande, incluindo-se a percepção subjetiva da população através de questionários e coleta de dados primários.

Por fim, torna-se importante mencionar algumas dificuldades enfrentadas na fase de desenvolvimento desta pesquisa, sendo assim, calculou-se o índice de Temperatura Efetiva com o Vento (TEv), no entanto, os resultados obtidos considerando o elemento climático vento apresentaram uma distinção expressiva em relação ao TE e ITU que não condiziam aos padrões

de conforto térmico humano da cidade de Campina Grande, optando-se, desta forma, por retirá-lo das análises. Além disso, imagens de satélite sem nebulosidade, ou seja, que correspondessem ao período chuvoso ou seco, no perímetro urbano, para calcular a TS e verificar o acréscimo nas quatro décadas que esta pesquisa se propôs a investigar foi um dos grandes desafios, justificando-se, assim, a ausência de TS na década de 90 e a lacuna, por isso, existente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇAVES, J. L de M. SPAROVEK, G. Kopeen's climate classification map for Brazil, **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n.6, 711-728. Gebrüder Borntraeger, 2013.
- ALVES, E. D. L.; SPECIAN, V. Contribuição aos estudos do clima urbano: variação térmica e higrótérmica em espaços intra-urbanos. **Mercator**, v. 8, n.17, p. 181-191, 2009.
- ARAÚJO, E. L. Estimativa e análise do crescimento da demanda de água considerando cenários de uso e ocupação do solo. 2013. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande, 2013.
- ARAÚJO, R.R. O conforto térmico e as implicações na saúde: uma abordagem preliminar sobre os seus efeitos na população urbana de São Luís – Maranhão. **Cad. Pesq.**, São Luís, v.19, n. 3, set./dez 2012.
- ARAÚJO, V de F, C. A tematização do espaço público e a economia criativa local: estudo de caso a partir do “Maior São João do Mundo”, em Campina Grande/ PB. 2015, 117 f. Dissertação de Mestrado. Rio Grande do Norte: PPGEUR/ UFRN, 2015.
- ARTAXO, P. As três emergências climáticas que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. Scielo Brasil. Impactos da pandemia. **Estd,av.** v. 34, n. 100. set./dec, 2020.
- ASHRAE. Handbook of fundamentals. Atlanta, GA: **American Society of Heating, Ventilating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers - ASHRAE**, 1981. 967 p.
- BACK, A. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 717-726, maio 2001.
- BINARTI, F; KOERNIAWAN, D. M; TRIYADI, S; UTAMI, S. S; MATZARAKIS, A. A review of outdoor thermal comfort indices and neutral ranges for hot – humid regions. *Urban Climate* 31, 2020.
- CABRAL, E. Análise das alterações climáticas da cidade de São Paulo (1887-1995) no contexto da expansão de sua mancha urbana. Dissertação (Mestrado em Geografia Física), FFLCH, Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, USP, 1996.
- CABRAL JÚNIOR, J. B.; ALMEIDA, H. A.; SILVA, C. M. S. Análise Comparativa da Temperatura Média do Ar em Campina Grande, PB, Obtida pelo Método dos Extremos e pelo Método Padrão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, p. 888-902, 2013.
- CABRAL JÚNIOR, J.B.; LUCENA, R.L. Análises Estatísticas da Precipitação e Temperatura do ar em Ambientes Semiáridos. **ENTRELUGAR - Revista do Programa de Pós Graduação em Geografia da UFGD**. V.13, n.24, 2021.
- CARDOSO, C, A de A. A cidade e a festa. Cultura e identidade na festa da Micarande na cidade de Campina Grande -PB. Tese de Doutorado em Geografia Humana, USP/ São Paulo, 2000.

CORRÊA, R. L. **O Espaço Urbano**. São Paulo. Editora Ática S.A. 1993. 94 p.

CORREIA FILHO, W. L. F., SANTIAGO, D. de B., OLIVEIRA-JUNIOR, J. F. de JUNIOR, C. A. da S. Impact of Urban Decadal Advance on Land Use and Land Cover and Surface Temperature in the City of Maceió, Brazil. **Land Use Policy**, 87, 2019.

COSTA, L, B da. Estruturação da cidade de Campina Grande: As estratégias e intencionalidades do mercado imobiliário. Dissertação de Mestrado. João Pessoa: PPGG/UFPB, 2013, 194.

COSTA, R. L; BAPTISTA, G. M. M; GOMES, H. B; SILVA, F. D. S; ROCHA-JÚNIOR, R. L; SALVADOR, M.A.; HERDIES, D.L. Analysis of climate extremes indices over northeast Brazil from 1961 to 2014. **Weather and Climate Extremes**, v. 28, 100254, 2020.

DAYI LAI, A; ZHIWEI LIAN, A; WEIWEI LIU, B; CHAOROAN GUO,C; WEI LIU, D; KUIXING LIU, C; QINGYAN CHEN, E. A comprehensive review os thermal comfort studies in urban open spaces. **Science of The Total Environment**. Volume , 10 November 2020.

DANTAS, L. G; SANTOS, C. A, C dos; OLINDA, R. A de. Tendências anuais e sazonais de temperatura do ar e precipitação em Campina Grande – PB. *Revista Brasileira de Meteorologia* 30 (40). Oct – Dec 2015.

DAYI LAI, A; WENYU LIU, B; TINGTING GAN, B; KUIXING LIU, B; QINGYAN CHEN, C. A review of mitigating strategies to improve the thermal environment and thermal comfort in urban outdoor spaces. **Science of The Total Environment**. Volume 661, 15 April 2019, pages 337 – 353.

FANGER, P. O. Assessment of man's thermal comfort in practice. **British Journal of , Industrial Medicine**, 30, pp. 313-324, 1973.

FANTE, K. P; DUBREUIL, V; SANT'ANNA NETO, J.L. Avaliação comparativa entre metodologias de identificação de situações de conforto térmico humano aplicado ao contexto tropical, Presidente Prudente/ Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 13, v. 21, jul./dez. 2017.

FIALHO, E. S. **Análise temporoespacial do campo térmico na Ilha do Governador-RJ em situações sazonais de verão e inverno**. 2002. Dissertação (Mestrado em Geografia), Centro de Ciências matemáticas e da natureza-Instituto de Geociências da UFRJ, Rio de Janeiro, 2002.

FDEZ-ARROYABE, P; ROBAU, D.T. Past, presente and future of the climate and human health comission. *Internacional Jouranl of Biometeoroly* 61, 115-125 (2017).

GARCÍA, F. F. **Manual de climatologia aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. Madrid: Editorial síntesis, S.A., 1996, 285 p.

GARTLAND, Lisa. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 248 p.

HELSEL, DR; HIRSCH, RM. “Statistical methods in water resources”, US Geological Survey Technique of Water Resources Investigations, livro 4, capítulo A3, p. 524, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 4 jun. 2021.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/>. Acesso em: 12 jun. 2021.

KERR, R. A. Millennium’s hottest decade retains its title, for now. **Science**, v. 307, p. 828-829, 2005.

KUCHIK, M. Mortality and thermal environment (UTCI) in Poland – long – term, multi – city study. *Internacional Journal of Biometeorology*, 2020.

KUMAR, P.; & SHARMA, A. Study on importance, procedure, and scope of outdoor thermal comfort: A review. **Sustainable Cities and Society**, 61, Article 102297, 2020.

KRUGER, E.L; GOMES, A. C. S dos; LUCIO, P.S; GOBO, J. P. A; NEDEL, A. S; GONÇALVES, F. L. T; PIACENTI-SILVA, C; DI NAPOLI, C; CHARLIE LAM, C. K. Summary of the first Brazilian Symposium on Human Biometeorology. *International Journal of Biometeorology*. 01 November (2022)

KRUMMENAUER, L; COSTA, L; PRAHL, B. F; KROPP, J. P. **Future heat adaptation and exposure among urban populations and why a prospering economy alone won’t save us**. *Scientific Reports*, 2021.

LIU, Z; ALEXANDER, M. **Atmospheric bridge, oceanic tunnel, and global climatic teleconnections**. [s. l.]. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com>. Acesso em: 6 mar. 2022.

LIMA, R dos S. **Os desafios da responsabilidade social empresarial na relação com o empowerment comunitário: um estudo de caso da favela do Jardim Colombo, na cidade de São Paulo**. 2008, 150 f. Dissertação de mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, SP, 2008.

LUCENA, R. L; JÚNIOR, J. C.B; STEINKE, R.T. Índices de (des)conforto em um município de clima semiárido. **Revista Brasileira de Geografia Física** v. 13, n. 07, p. 3287- 3303, 2020.

MADHURANGA, D., & PERERA, N. Urban heat island minimisation, local climate zones and parametric optimisation: A “Grasshopper” based model. In *Proceedings of the 5th international conference on counter measures to urban heat islands (IC2UHI)*, 2019.

MALLICK, F.H. Thermal comfort and building design in the tropical climates. **Energy and Buildings**, v. 23, n. 3, p. 161-167, 1996.

MARQUES, F. A; FILHO, J.C de A. NASCIMENTO, A. F do. NETO, M. B de; RIBEIRO, M.R. **Solos do Nordeste**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2014. Disponível em: www.embrapa.br/solos Acesso em: 1 de nov. 2021.

- MATZARAKIS, A; MAYER, H. The extreme heat wave in Athens in July 1987 from the point of view of human biometeorology. **Atmospheric environment**. v.25. p. 203-211. 1991.
- MATZARKIS, A; CHEVAL, S; LIN T-P; POTCHTER, ODED. Challenges in Applied Human Bioneteorology. **Atmosphere** 2021, 12(3), 296.
- MEDEIROS, A. M. T.; SILVA, M. P.; MEDEIROS, R. M.; LIMA, R. C. C.; Mudanças Climáticas em Campina Grande - PB - Um Estudo Sobre o Aquecimento Urbano. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 3, n. 2, p. 278-285, 2011.
- MEDEIROS, R. M de; FRANÇA, M. V de; HOLANDA, R. M de; PEREIRA, M L. F; ARAÚJO, W R de; SABOYA, L M. F. O El Niño e a La Niña e suas influências no clima de Bom Jesus, Piauí – Brasil. **Revista Científica Multidisciplinar**. v. 2, n. 6, 2021.
- MENDONÇA, F. O Estudo do Clima Urbano no Brasil: Evolução, tendências e desafios. *In: MONTEIRO, C.A.F & MENDONÇA, F. (org.) Clima Urbano*. São Paulo: Editora Contexto, 2003. 192 p.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia – Noções Básicas e Climas do Brasil**. Oficina de Textos, 2007.
- MIRANDA L. A; ARAÚJO R. S. **Mudanças Climáticas: Análise de dois pontos de vista**. *Perp. Online: Hum.&sociais aplicadas, Campos dos Goytacazes*, 94, 47-55, 2014.
- MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: Universidade de São Paulo/ Instituto de Geografia, 1976. 181 p.
- MONTEIRO, C.A. F.; MENDONÇA, F. O Clima Urbano na Cidade do Rio de Janeiro. *eta BRANDÃO, A. M. de P. Clima Urbano*. São Paulo: Editora Contexto, cap. 4, p. 94-121. 2003.
- NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. Disponível em: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide> [Acessado em 12.11.2021].
- NICOL, J. F.; ROAF, S. Rethinking Thermal Comfort. **Building Research & Information**, 45, pp.711-716, 2017. ISSN: 0961-3218. DOI: 10.1080/09613218.2017.1301698.
- OKE, T.R. *Climas da Camada Limite*. Routledge, Abingdon, Reino Unido. 2002
- PARAMITA, B; KUSUMA, H. E; MATZARAKIS, A. **Urban performace based on biometerology index in high-density, hot, and humid cities**. *Sustainable Cities and Society* 80 (2022) 10367.
- PORTO, F. E. O mapa da cidade: O papel das políticas públicas e suas relações com o crescimento urbano na cidade de Campina Grande – PB. Dissertação de Mestrado interdisciplinar em ciências da sociedade, Uviversidade Estadual da Paraíba, 2007.
- PRADO, L.B; FIALHO, E. S; SANTOS, L.G. G. O sensoriamento Remoto e o clima urbano: uma perspectiva de ivestigação através do campo térmico de superfície, na área central do

muninipio de Viçosa – MG. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 16, v.27, p. 919 – 946, 2020.

PHAN, T.N; KAPPAS, M. Application of MODIS land surface temperature data: a systematic literature review ans analysis. **Journal of Applied Remote Sensing**, Vol.12, Issue 4, 041501, 2018.

RIBEIRO, H, PESQUERO, C. R. , COELHO, M. S. Z. S. **Clima urbano e saúde: uma revisão sistematizada da literatura recente**. ESTUDOS AVANÇADOS 30 (86), p. 67- 82, 2016.

SANTOS, JS; Campo térmico urbano e a sua relação com o uso e cobertura do solo em cidade de clima tropical úmido. Ph.D. Thesis in Natural Resources, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brazil, 2012.

SEN, PK. “Estimativas do coeficiente de regressão baseado em Kendall's”, J. Am. Estado. Assoc., 63, 1379-1389, 1968.

SERA, F *et al.* How urban chacaracteristics affect vulnerability to heat and cold: a multi – country analysis. **International Journal of Epidemiology**, 1101 – 1112, 2019.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. Disponível em:
<http://www.cprm.gov.br/publique/?tpl=home>. Acesso em: 9 jul. 2021.

SETTE, D. M; RIBEIRO, H. Interações entre o Clima e a Saúde Humana. **Revista Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade (INTERFACES)**. volume 6, n° 2, artigo, p. 37-51. agosto 2011.

SOUSA, F.A.S. *et al.* Influência da Urbanização no clima da cidade de Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**. 01, p. 134-145, 2011.

SOUZA, D. M de; NERY, J. T. O conforto térmico na perspectiva da Climatologia Geográfica. *Geografia (Londrina)*, v. 21, n. 2, p. 65-83, maio/ago. 2012.

SOUZA, D. O; ALVALÁ, R. C. S, NASCIMENTO, M. G. **Urbanization effects on the microclimate of Manaus: A modeling study**. *Atmospheric Research (Print)* 167: 237-248, 2015.

SILVA, B. F.; DINIZ, J.; BORTOLUZZI, M. A. Minicurso de Estatística Básica: Introdução ao Software R. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009.

SILVA, R de S e; SILVA, R. M da. FREITAS, A. F. de; SANTOS, J. SILVA. dos. SANTOS, C. A. G. LIMA, E. R. V de. Thermal comfort conditions at microclimate scale and surface urban heat island. in a tropical city: A study on João Pessoa city, Brazil. **International Journal of Biometeorology** 66:1079-1093. 2022

SHOOSHTARIAN, S. Socio-economic factors for the perception of outdoor thermal environments: Towards climate-sensitive urban Design. **Global Built Environment Review**, 9(3), 39–53, 2015

SKANSI, M; BRUNET M et al. Warming and wetting signals emerging from analysis of changes in climate extreme indices over South America. *Global and Planetary Change* 100: 295-307, 2013.

STEWART, I. D., & OKE, T. R. Thermal differentiation of local climate zones using temperature observations from urban and rural areas. In Proceedings of the 9th symposium on the urban environment. **American Meteorological Society (AMS)**, 2010.

TEIXEIRA, M. S; SATYAMURTY P. Trends in the frequency of intense precipitation events in southern and southeastern Brazil during 1960– 2004. **Journal of climate**, v. 24, n. 7, p. 1913-1921, 2011.

THIEL, H. "A rank-invariant method of linear and polynomial regressão analysis", Parte 3, Proceedings of Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen A., 53, p. 1397-1412, 1950.

ULIANA, E. M; SILVA, D. D da; ULIANA, E. M. RODRIGUES, B.S; CORREDO, L de P. Tendências em séries históricas de vazão e precipitação: uso de teste estatístico não paramétrico. **Revista Ambiente e Água**, v. 10, n. 1 Taubaté – jan /mar., 2015.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. Brasília: INMET, 2002. (INMET – Instituto Nacional de Meteorologia/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento).

WEI, R., SONG, D., WONG, N. H., & MARTIN, M. Impact of urban morphology parameters on microclimate. **Procedia Engineering**, 169, p. 142–149, 2016.

XAVIER, A. A. P. Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis. 1999. 209 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

YIN, Q; WANG, J; REN, Z; LI, J; GUO, Y. Mapping the increased minimum mortality temperatures in the context of global climate change. **Nature Communications**, 2019.

YUE, P. S.; YANG, T. C.; WU, C. K. Impact of climate change on water resources in Southern Taiwan. **Journal of Hydrology**. v. 260, p. 161-175, 200.

ANEXO

Anexo A. Faixas de Classificação de Temperatura Efetiva (TE), segundo Terjung (1966), Matzarakis; Mayer (1991) para a temperatura média, máxima e mínima para Campina Grande, 1998.

MESES	MÉDIA		MÁXIMA		MÍNIMA	
	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)
JAN	Desconforto por Aquecimento	Menos de 50% da população sofre desconforto	Estresse Térmico	Estado de Emergência	Leve Desconfo, por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto
FEV	Desconforto por Aquecimento	A maioria da população sofre desconforto	Estresse Térmico	Estado de Emergência	Leve Desconfo, por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto
MAR	Desconforto por Aquecimento	A maioria da população sofre desconforto	Estresse Térmico	Estado de Emergência	Leve Desconfo, por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto
ABR	Desconforto por Aquecimento	A maioria da população sofre desconforto	Estresse Térmico	Estado de Emergência	Leve Desconfo, por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto
MAI	Desconforto por Aquecimento	Menos de 50% da população sofre desconforto	Estresse Térmico	Estado de Emergência	Leve Desconfo, por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto
JUN	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Estresse Térmico	Todas as pessoas sentem desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
JUL	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Estresse Térmico	Todas as pessoas sentem desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
AGO	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Aquecimento	Todas as pessoas sentem desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
SET	Desconforto por Aquecimento	Menos de 50% da população sofre desconforto	Estresse Térmico	Estado de Emergência	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
OUT	Desconforto por Aquecimento	Menos de 50% da população sofre desconforto	Estresse Térmico	Estado de Emergência	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
NOV	Desconforto por Aquecimento	Menos de 50% da população sofre desconforto	Estresse Térmico	Estado de Emergência	Leve Desconfo, por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto
DEZ	Desconforto por Aquecimento	Menos de 50% da população sofre desconforto	Estresse Térmico	Estado de Emergência	Leve Desconfo, por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Anexo B. Faixas de Classificação de Temperatura Efetiva (TE), segundo Terjung (1966), Matzarakis; Mayer (1991) para a temperatura 9h, 15h e 21h para Campina Grande, 1998.

MESES	9h		15h		21h	
	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)
JAN	Desconforto por Aquecimento	Todas as pessoas sentem desconforto	Estresse Térmico	Estado de Emergência	Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto
FEV	Estresse Térmico	Todas as pessoas sentem desconforto	Estresse Térmico	Estado de Emergência	Desconforto por Aquecimento	A maioria da população sente desconforto
MAR	Estresse Térmico	Todas as pessoas sentem desconforto	Estresse Térmico	Estado de Emergência	Desconforto por Aquecimento	A maioria da população sente desconforto
ABR	Estresse Térmico	Todas as pessoas sentem desconforto	Estresse Térmico	Estado de Emergência	Desconforto por Aquecimento	A maioria da população sente desconforto
MAI	Desconforto por Aquecimento	Menos de 50% da população sofre desconforto	Estresse Térmico	Todas as pessoas sentem desconforto	Leve Desconfo, por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto
JUN	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Estresse Térmico	Todas as pessoas sentem desconforto	Leve Desconfo, por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto
JUL	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Aquecimento	Todas as pessoas sentem desconforto	Leve Desconfo, por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto
AGO	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Aquecimento	Todas as pessoas sentem desconforto	Leve Desconfo, por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto
SET	Desconforto por Aquecimento	A maioria da população sente desconforto	Estresse Térmico	Todas as pessoas sentem desconforto	Leve Desconfo, por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto
OUT	Desconforto por Aquecimento	Todas as pessoas sentem desconforto	Estresse Térmico	Estado de Emergência	Leve Desconfo, por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto
NOV	Desconforto por Aquecimento	Todas as pessoas sentem desconforto	Estresse Térmico	Estado de Emergência	Leve Desconfo, por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto
DEZ	Desconforto por Aquecimento	Todas as pessoas sentem desconforto	Estresse Térmico	Estado de Emergência	Leve Desconfo, por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Anexo C. Faixas de Classificação de Temperatura Efetiva (TE), segundo Terjung (1966), Matzarakis; Mayer (1991) para a temperatura média, máxima e mínima para Campina Grande, 2021.

MESES	MÉDIA		MÁXIMA		MÍNIMA	
	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)
JAN	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Estresse Térmico	Todas as pessoas sentem desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
FEV	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Estresse Térmico	Todas as pessoas sentem desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
MAR	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Estresse Térmico	Todas as pessoas sentem desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
ABR	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Aquecimento	Todas as pessoas sentem desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
MAI	Zona de Conforto	Não há Desconforto	Desconforto por Aquecimento	A maioria da população sente desconforto	Zona de Conforto	Não há Desconforto
JUN	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Desconforto por Aquecimento	A maioria da população sente desconforto	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
JUL	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Desconforto por Aquecimento	A maioria da população sente desconforto	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
AGO	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Leve Desconforto por Resfriamento	A maioria da população sente desconforto	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
SET	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Estresse Térmico	Todas as pessoas sentem desconforto	Zona de Conforto	Não há Desconforto
OUT	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Estresse Térmico	Todas as pessoas sentem desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
NOV	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Estresse Térmico	Estado de Emergência	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
DEZ	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Estresse Térmico	Todas as pessoas sentem desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Anexo D. Faixas de Classificação de Temperatura Efetiva (TE), segundo Terjung (1966), Matzarakis; Mayer (1991) para a temperatura 9h, 15h e 21h para Campina Grande, 2021.

MESES	9h		15h		21h	
	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)
JAN	Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Aquecimento	Todas as pessoas sentem desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
FEV	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Aquecimento	Todas as pessoas sentem desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
MAR	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Aquecimento	A maioria da população sente desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
ABR	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Aquecimento	A maioria da população sente desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
MAI	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
JUN	Zona de Conforto	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
JUL	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
AGO	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Zona de Conforto	Não há Desconforto
SET	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Aquecimento	A maioria da população sente desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
OUT	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Aquecimento	Todas as pessoas sentem desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
NOV	Desconforto por Aquecimento	A maioria da população sente desconforto	Estresse Térmico	Todas as pessoas sentem desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto
DEZ	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Aquecimento	Todas as pessoas sentem desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Anexo E. Faixas de Classificação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), segundo Terjung (1966), Matzarakis; Mayer (1991) para a temperatura média, máxima e mínima para Campina Grande, 1998.

MESES	MÉDIA		MÁXIMA		MÍNIMA	
	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)
JAN	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
FEV	Leve Desconforto por Resfriamento	Menos de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
MAR	Leve Desconforto por Resfriamento	Menos de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
ABR	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
MAI	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
JUN	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
JUL	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
AGO	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Não há Desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
SET	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Menos de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
OUT	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
NOV	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
DEZ	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

ANEXO F. Faixas de Classificação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU, segundo Terjung (1966), Matzarakis; Mayer (1991) para a temperatura 9h, 15h e 21h para Campina Grande, 1998.

MESES	9h		15h		21h	
	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)
JAN	Zona de Conforto	Não há Desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
FEV	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
MAR	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
ABR	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
MAI	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
JUN	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
JUL	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
AGO	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
SET	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
OUT	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
NOV	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
DEZ	Zona de Conforto	Não há Desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

ANEXO G. Faixas de Classificação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), segundo Terjung (1966), Matzarakis; Mayer (1991) para a temperatura média, máxima e mínima para Campina Grande, 1998.

MESES	MÉDIA		MÁXIMA		MÍNIMA	
	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)
JAN	Zona de Conforto	Não há Desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
FEV	Zona de Conforto	Não há Desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
MAR	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
ABR	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
MAI	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
JUN	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
JUL	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
AGO	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
SET	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
OUT	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
NOV	Zona de Conforto	Não há Desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
DEZ	Zona de Conforto	Não há Desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

ANEXO H. Faixas de Classificação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU, segundo Terjung (1966), Matzarakis; Mayer (1991) para a temperatura 9h, 15h e 21h para Campina Grande, 2021.

MESES	9h		15h		21h	
	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)	TERJUNG (1966)	MATZARAKIS; MAYER (1991)
JAN	Zona de Conforto	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
FEV	Zona de Conforto	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
MAR	Zona de Conforto	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
ABR	Zona de Conforto	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
MAI	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Não há Desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
JUN	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Não há Desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
JUL	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Não há Desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
AGO	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
SET	Zona de Conforto	Não há Desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
OUT	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
NOV	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Aquecimento	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto
DEZ	Zona de Conforto	Menos de 50% da população sofre desconforto	Zona de Conforto	Cerca de 50% da população sofre desconforto	Leve Desconforto por Resfriamento	Não há Desconforto

Fonte: Elaborado pela autora (2022)