



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE BACHARELADO EM GEOGRAFIA

**VARIAÇÃO TEMPORAL DO ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO (ID)
NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA/PB, 2002 A 2018**

CLYSTEFEN LOPES BEZERRA

JOÃO PESSOA, PARAÍBA
SETEMBRO DE 2019

CLYSTEFEN LOPES BEZERRA

VARIAÇÃO TEMPORAL DO ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO (ID) NO
MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA/PB, 2002 A 2018

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Geografia da Universidade Federal da Paraíba,
como parte dos requisitos para obtenção do grau
de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Moura

João Pessoa – PB

Setembro de 2019

Catálogo na publicação Seção de Catalogação e Classificação

B574v Bezerra, Clystefen Lopes.

Variação Temporal do índice de Desconforto Térmico (ID) no Município de João Pessoa/PB, 2002 a 2018 / Clystefen Lopes Bezerra. - João Pessoa, 2019.
20 f. : il.

Orientação: Marcelo Oliveira Moura.
Monografia (Graduação) -
UFPB/CCEN.

1. Índice de Desconforto Térmico. I. Moura, Marcelo Oliveira. II. Título.

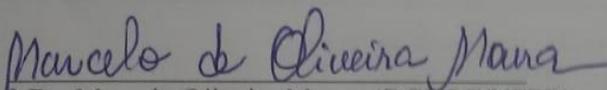
UFPB/CCEN

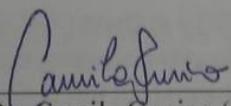
CLYSTEFEN LOPES BEZERRA

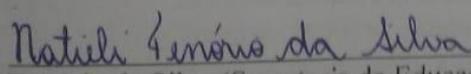
VARIAÇÃO TEMPORAL DO ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO (ID) NO
MUNICÍPIO DE JOÃO PESSO/PB, 2002 A 2018

Aprovada em: 20/09/2019

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Marcelo Oliveira Moura (DGEOC/UEPB)
Orientador


Prof. Dr. Camila Cunico (DGEOC/UEPB)
Examinadora Interna


Prof.ª. Me. Natíeli Tenório da Silva (Secretaria de Educação do Estado da Paraíba)
Examinadora Externa

VARIAÇÃO TEMPORAL DO ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO (ID) NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA/ PB, 2002 A 2018

Clystefen Lopes Bezerra
Universidade Federal da Paraíba

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo analisar a variação das médias anuais, mensais e dos valores diários do Índice de Desconforto Térmico (ID) para o município de João Pessoa, Paraíba, entre o período de 2002 a 2018. Para esse fim, foi necessário criar a série de dados do ID para o município. A série do ID foi criada em ambiente de planilha eletrônica utilizando-se de valores horários (9, 15 e 21 horas) da temperatura do bulbo seco e da umidade relativa do ar disponibilizados pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP/INMET) oriundos da Estação Meteorológica de João Pessoa. Posteriormente, aplicaram-se os valores da temperatura do bulbo seco e da umidade relativa do ar à equação proposta por Giles et al (1990) para obtenção dos índices de desconforto. Os índices gerados foram categorizados em zonas de conforto relatadas por Ayoade (2010), são elas com seus respectivos intervalos de ID: Desconforto para o frio ($ID \leq 18,9 \text{ } ^\circ\text{C}$), Confortável ($18,9 \text{ } ^\circ\text{C} < ID \leq 25,6 \text{ } ^\circ\text{C}$) e Desconforto para o calor ($ID > 25,6^\circ\text{C}$). Constatou-se que nenhum valor da série do ID estava inserido na Zona de Desconforto para o frio. O valor médio do ID para o município é de $25,9^\circ\text{C}$, valor correspondente a Zona de Desconforto para o calor, já os meses de maior desconforto para o calor são fevereiro, março e abril, meses correspondentes ao período da pré-estação chuvosa de João Pessoa. Em linhas gerais, constatou-se uma estreita relação entre a precipitação pluviométrica, a velocidade dos ventos e a umidade do ar na variação média e diária dos índices.

Palavras-chaves: Índice de Desconforto Térmico. Zonas de Conforto Térmico. Variabilidade.

Abstract

The present work aims to analyze the variation of the annual, monthly and daily values of the Thermal Discomfort Index (ID) for the municipality of João Pessoa, Paraíba, from 2002 to 2018. To this end, it was necessary to create the ID data series for the municipality. The ID series was created in a spreadsheet environment using hourly values (9, 15 and 21 hours) of dry bulb temperature and relative humidity provided by the National Institute of Education Meteorological Research Database. Meteorology (BDMEP / INMET) from the João Pessoa Meteorological Station. Subsequently, dry bulb temperature and relative humidity values were applied to the equation proposed by Giles et al (1990) to obtain discomfort indices. The indices generated were categorized into comfort zones reported by Ayoade (2010), they are with their respective ID ranges: Cold Discomfort ($ID \leq 18.9 \text{ } ^\circ\text{C}$), Comfortable ($18.9 \text{ } ^\circ\text{C} < ID \leq 25.6 \text{ } ^\circ\text{C}$) and Discomfort to heat ($ID > 25.6^\circ\text{C}$). No ID series value was found to be in the Cold Discomfort Zone. The average ID for the municipality is 25.9°C , corresponding to the Heat Discomfort Zone, while the months of greatest heat discomfort are February, March and April, months corresponding to the rainy pre-season. João Pessoa. In general, there was a close relationship between rainfall, wind speed and air humidity in the average and daily variation of the indices.

Keywords: Thermal Discomfort Index. Thermal Confort Zones. Variability.

INTRODUÇÃO

A climatologia urbana é uma área significativa para a compreensão da problemática socioambiental nos espaços urbanos. Há grande influência do clima na vida humana, como também, as atividades do homem interferem nas condições atmosféricas. De acordo com Ayoade (2010), o clima perturba mais a energia, a saúde e o conforto dos seres humanos em relação a qualquer outro fator do meio ambiente. Em relação a interferência humana ao clima, Frota (2001) expõe que as construções dos espaços internos e externos provocam modificações climáticas locais, onde depende a resposta térmica das estruturas.

Segundo Andrade (2005), a alteração do clima pela cidade pode atingir a saúde e o bem-estar da população, e algumas variáveis são determinantes, como a do complexo térmico, formada pela temperatura e a umidade do ar, temperatura radiativa e velocidade dos ventos. As alterações do clima local nas cidades do Nordeste brasileiro geram situações de desconforto térmico ao calor para a população, conforme afirma Moura, Zanella & Sales (2010) e Zanella & Moura (2013). Segundo esses autores, o aumento positivo do desconforto térmico influencia negativamente no bem-estar coletivo e individual podendo gerar problemas de saúde, principalmente para os trabalhadores da construção civil, trabalhadores ambulantes, entregadores, entre outros que exercem funções em ambientes externos na cidade.

No município de João Pessoa o acentuado aumento da mancha urbana/massa edificada, processo que inclui o desmatamento de áreas verdes e o aumento de áreas impermeáveis, corrobora com alterações climáticas relacionadas ao aumento da temperatura do ar, conforme demonstrou Santos (2011) ao identificar ilhas de calor urbano com intensidades positivas entre 3,3°C a 5,3°C nos bairros de maior massa edificada da cidade. Diante dessa situação, os estudos sobre as alterações climáticas em João Pessoa precisam ser mais evidenciados, em especial, estudos que tratem sobre a investigação das condições de desconforto térmico humano. Nessa perspectiva, a presente pesquisa propõe contribuir com o maior entendimento da variação temporal das condições de desconforto térmico através do uso de um índice elaborado através dos valores de temperatura e umidade relativa do ar.

O objetivo central da pesquisa é analisar a variação temporal (anual, mensal e diária) de um índice de desconforto térmico humano, o Índice de Desconforto Térmico (ID), entre os anos de 2002 a 2018 no município de João Pessoa – PB. Quanto aos objetivos específicos destacam-se: 1) Classificar os valores dos índices através de zonas de conforto; 2) Quantificar o número de dias de conforto e de desconforto térmico e 3) Classificar os maiores valores diários do ID quanto às zonas de conforto.

ÁREA DE ESTUDO

O município de João Pessoa (Figura 1), localizado no litoral do estado da Paraíba na região Nordeste do Brasil, universo de análise desta pesquisa, foi fundada em 1585, dispondo uma história de 434 anos, sendo a terceira cidade mais antiga do país, onde sua população é a maior entre todos os municípios do estado, com 809.015 habitantes. A cidade encontra-se entre a linha do Equador e o Trópico de Capricórnio, com coordenadas geográficas: 07°02'30" a 07°19'00" de Latitude Sul e 34°48'00" a 34°59'00" de Longitude Oeste, e nasceu as margens do rio Sanhauá, crescendo em direção ao mar, onde desfruta de belas praias, incluindo um marco importante geograficamente, O Ponto Extremo Oriental das Américas, situado na praia do Seixas.

Figura 1. Localização do município de João Pessoa.

Localização do município de João Pessoa - PB



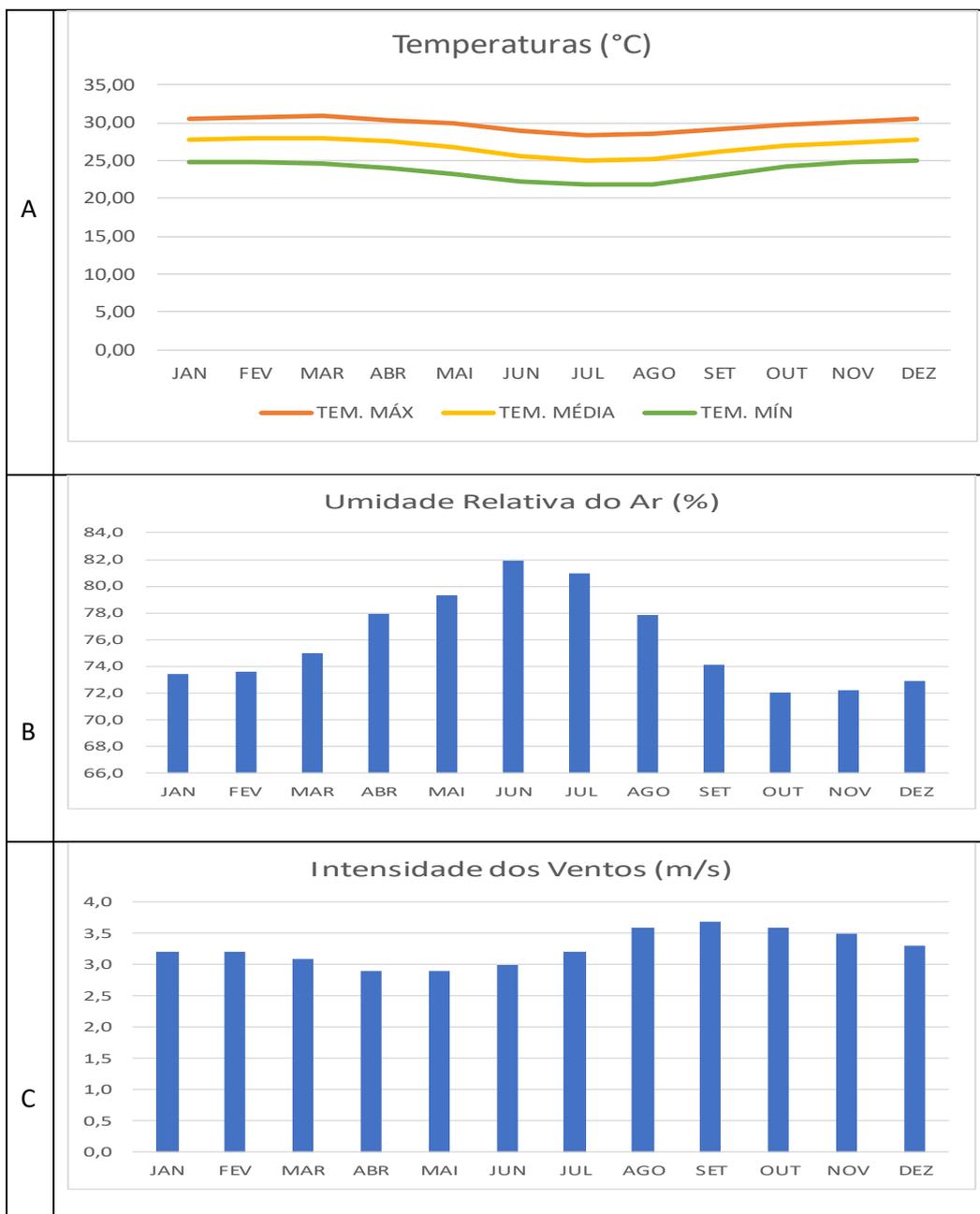
Fonte: Silva (2018).

O município de João Pessoa, por estar situado em área Equatorial de baixas latitudes, possui um sistema atmosférico com habitual estabilidade no final do inverno e na estação da primavera e com instabilidade atmosférica no período sazonal do verão, outono e início do inverno. Os sistemas atmosféricos atuantes na área de estudo são provenientes do oceano Atlântico, originando o clima Tropical Litorâneo do Nordeste Oriental, caracterizando-se como clima úmido e quente (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007). A atuação dos sistemas atmosféricos estabelecem dois regimes pluviométricos na cidade de João Pessoa: estação e pré-estação chuvosas e um período seco.

Sintetizando os principais elementos climáticos relacionados com o Conforto Térmico, analisou-se as Normais Climatológicas de três parâmetros (Temperatura, Umidade Relativa e

Velocidade dos Ventos) da série 1981-2010 da Estação Meteorológica do INMET na cidade de João Pessoa, exibido na prancha 1.

Prancha 1. Normais Climatológicas da Temperatura do Ar, Umidade Relativa do Ar e dos Ventos em João Pessoa de 1981 a 2010.



Fonte: INMET, 2019. Organização: Clystefen Lopes Bezerra

A prancha 1, gráfico A, mostra as temperaturas Máximas, Médias e Mínimas as quais apresentam valores elevados, sendo justificado pela localização geográfica da cidade de João Pessoa, situada em baixa latitude, onde recebe um alto nível de radiação solar durante o ano, propiciando temperaturas elevadas. A normal climatológica para as temperaturas são: máxima de 29,8 °C, Média de 26,8 °C e Mínima de 23,7 °C. Analisa-se também a baixa amplitude-térmica, que pelo município estar numa área litorânea, é influenciado pelo oceano, onde o

efeito da maritimidade não permite uma alta variação da temperatura. As maiores temperaturas encontram-se nos meses de Janeiro a Abril, Outubro a Dezembro. Já as menores temperaturas estão entre os meses de Maio a Setembro.

No gráfico B a umidade relativa do ar apresenta uma normal climatológica de 75,9 (%). Os valores de umidade do ar começam a aumentar na pré-estação chuvosa, mês de Março e Abril, chegando ao seu ápice no mês de Junho, estação chuvosa, que vai até o mês de Agosto. No Gráfico C a velocidade do vento apresenta normal climatológica de 3,3 m/s, e sua intensidade aumenta a partir do mês de julho, chegando a sua maior velocidade no mês de setembro com 3,57 m/s. Os menores valores ocorrem nos meses de Março a Junho.

CONFORTO TÉRMICO: ASPECTOS CONCEITUAIS

O conforto Térmico, segundo Xavier (1999), pode ser avaliado pela concepção pessoal ou do ambiente. Na perspectiva ambiental, vai ser relevante os estados físicos de conforto, como a temperatura e umidade do ar, temperatura radiante e velocidade do vento. Já no âmbito pessoal, subjetivo, considera-se a satisfação térmica da população.

Considerado um estado de espírito refletindo a satisfação térmica do ambiente, o conforto térmico é uma sensação subjetiva, definição mais aceita pelo *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers- ASHRAE*, baseando-se em estudos desenvolvidos por Houghten & Yaglou no ano de 1923 e Vernon & Warner em 1932 (RUAS, 1999). O conceito de Neutralidade Térmica, proposto por Fanger, na década de 1970, complementa os estudos de conforto térmico, onde utiliza-se normatizações internacionais para determinar a sensação térmica, o desconforto e condições térmicas propícias de conforto (ISO 7730/1994 e sua versão atual ISO 7730/2005). Brasil (1995) e Ruas (1999) expõem a Neutralidade Térmica quando uma pessoa, em um ambiente, não tem preferência por mais calor e nem mais frio, portanto, satisfeita com a situação térmica atual ao seu redor.

O equilíbrio térmico do corpo ocorre de forma homotérmica. O corpo humano possui um sistema termorregulador, interferindo em trocas de temperaturas com o ambiente. Quanto maior for o trabalho desse sistema para manter o equilíbrio da temperatura corporal, maior será o desconforto térmico. Então, o conforto térmico dependerá de fatores relacionados no sistema termorregulador, envolvendo o metabolismo, vestimentas, velocidade do ar, temperatura e umidade relativa (RUAS 1999).

Os elementos mais importantes do clima, na área de conforto térmico, são a temperatura, umidade, radiação solar incidente e velocidade do ar. Essas características podem relacionar-se com atributos mais locais, que sofrem modificações pela ação do homem, como os solos, águas superficiais e subterrâneas, regime de chuvas, topografias, entre outros (FROTA, 2000).

MATERIAIS E MÉTODOS

Realizou-se um estudo exploratório de séries temporais de variáveis meteorológicas, período de 2002 a 2018, com o intuito de analisar o conforto térmico na concepção ambiental, avaliando o Índice de Desconforto Térmico (ID) no município de João Pessoa-PB. A série do ID foi criada em ambiente de planilha eletrônica utilizando-se de valores horários (9, 15 e 21 horas) da temperatura do bulbo seco e da umidade relativa do ar disponibilizados pelo Banco

de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP/INMET) oriundos da Estação Meteorológica de João Pessoa no seguinte endereço: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>.

Em seguida, calculou-se o Índice de Desconforto Térmico (ID), segundo a equação proposta por Giles et al (1990), resultando nas médias mensais, anuais, desvios anuais do ID, como também na distribuição horária do ID. A escolha dos anos de 2002 a 2018 foi devido a ocorrências de falhas dos dados diários em anos anteriores disponibilizados pelo BDMEP/INMET.

Desenvolvida por Thom em 1950, o ID foi originalmente proposto com a seguinte equação: $Te=0,4x(Td+Tw)+4,8$, onde Td e Tw são, respectivamente, a temperatura de bulbo seco e a temperatura de bulbo úmido em °C (AYOADE, 2010). Porém, buscando utilizar um viés diferente, com a inserção da umidade relativa do ar, o presente estudo empregará a fórmula de Giles et al (1990), o qual alterou a equação de Thom, com a supressão da temperatura de bulbo úmido, conforme mostra a equação seguinte:

$$DI = Td - 0,55 \cdot (1 - 0,01 \cdot RH) \cdot (Td - 14,5)$$

Onde,

DI= Índice de Desconforto

Td (°C) = temperatura do ar

RH (%) = umidade relativa do ar

Com o propósito de classificar os índices gerados utilizaram-se as zonas de conforto relatadas por Ayoade (2010). Cabe informar que essas zonas são originalmente os limiares estabelecidos pela equação de Thom. O quadro 1 mostra as faixas com os respectivos limiares do ID em °C e as zonas de conforto equivalentes.

Quadro 1- Faixas, limiares e zonas do Índice de Desconforto

Faixas	DIt (°C)	Zonas de Conforto
1	$DIt \leq 18,9^{\circ}\text{C}$	Desconforto para o Frio
2	$18,9^{\circ}\text{C} < DIt \leq 25,6^{\circ}\text{C}$	Confortável
3	$DIt > 25,6^{\circ}\text{C}$	Desconforto para o Calor

RESULTADOS E DISCUSSÃO

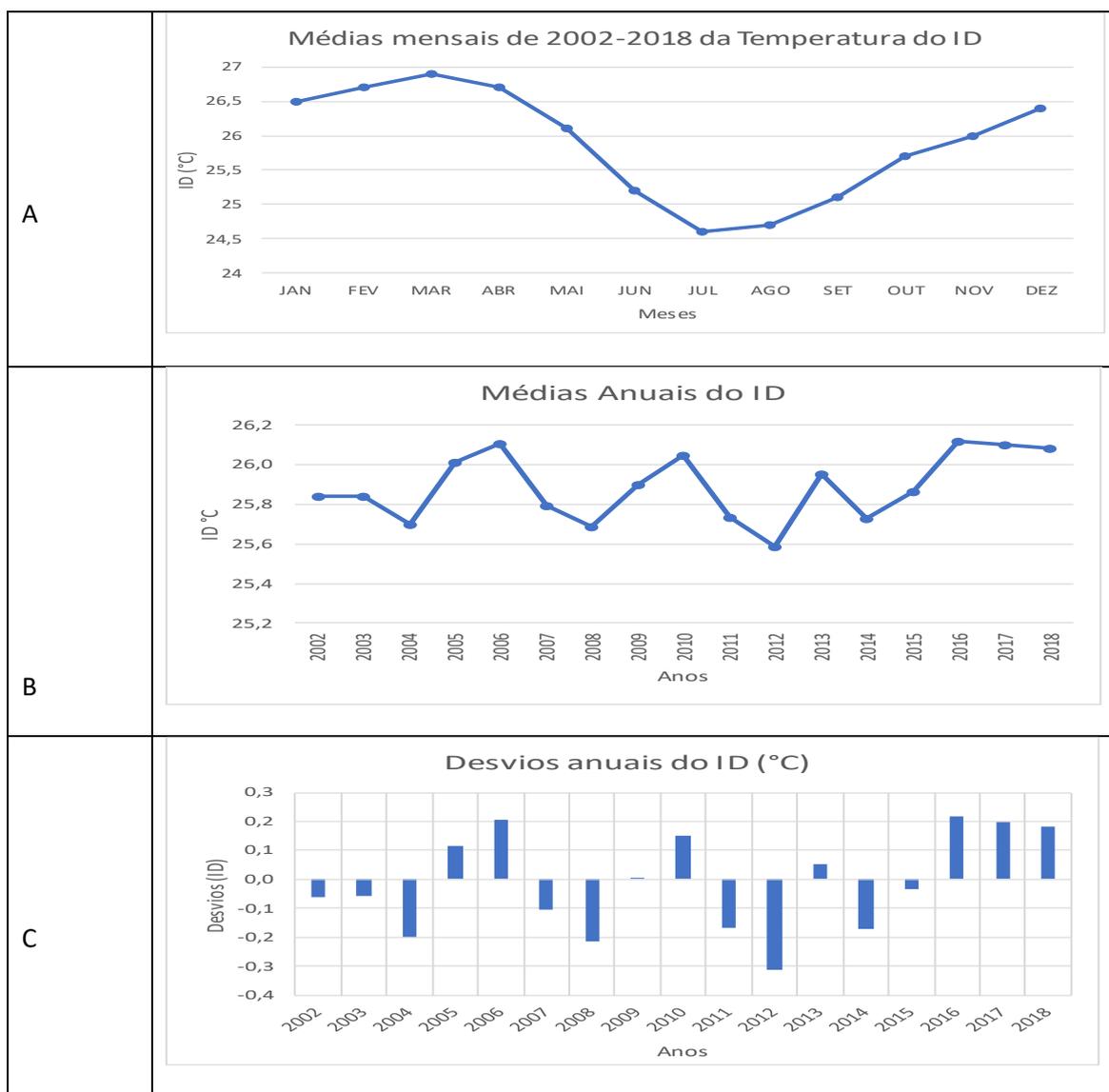
A Prancha 2 mostra a distribuição das médias mensais, das médias anuais e dos desvios médios absolutos anuais do Índice de Desconforto Térmico para o município de João Pessoa, período de 2002 a 2018.

O valor médio histórico do Índice de Desconforto Térmico corresponde a 25,9 °C, valor esse que se enquadra dentre da zona de desconforto para o calor, já que os valores limitantes são de 18,9°C a 25,6°C. Na prancha 2, gráfico A, mostra que entre os meses de janeiro e março, ocorre uma elevação na temperatura do ar, saindo de 25,5 °C para 26,9 °C, o seu ápice, registrando-se nesses meses baixo nível de umidade do ar e moderada intensidade dos ventos que favorecem ao desconfortável ao calor. A partir do mês de abril, período da pré-estação chuvosa, observa-se a redução da temperatura, chegando ao seu menor número em julho 24,6

°C, época onde ocorre bastante chuva, e elevando-se novamente entre os meses de agosto a dezembro, meses visto com mais secos.

As médias anuais do índice de Desconforto térmico ID presente no gráfico B revelam que a maioria dos valores se apresentam dentro da zona de desconforto térmico para o calor, com a exceção do ano de 2012, onde se mostra o ID de 25,6 °C, estando em zona confortável, ano com grande número de chuvas. Nos anos 2002 a 2003 não há grande variação no ID, ficando em cerca de 25,8 °C. No entanto, a partir do ano de 2004 a 2015, ocorre grande oscilações no ID, chegando ao seu valor máximo no ano de 2016, com 26,1 °C.

Prancha 2. Distribuição dos valores médios do Índice de Desconforto em João Pessoa, 2002 a 2018.



Fonte: INMET, 2019. Elaboração: Clystefen Lopes Bezerra

Ao analisar o gráfico C ficam evidentes os anos que apresentaram valores extremos de dispersão em torno da média histórica. Apresentam-se como anos com desvios negativos extremos: 2008 (-0,2 °C) e 2012 (-0,3°C), anos esses com baixa umidade relativa e temperatura do ar. Já com desvios positivos extremos: 2006 e 2017 (0,2°C) e 2016 (0,22°C), anos com elevados níveis de temperatura e umidade relativa do ar. Os anos de 2012 e 2016 são os que

apresentaram os maiores extremos para o período em análise. Vale destacar o ano de 2009 registrando baixa dispersão, estando mais próximo a média. Entre os anos 2002 a 2003, os desvios se mantiveram negativos e uniformes. Os três últimos anos, 2016, 2017 e 2018 apresentaram desvios positivos bastante elevados.

O quadro 2 mostra a distribuição mensal dos Índices de Desconforto do município de João Pessoa-PB por ano da série 2002 a 2018.

ID	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2002	26,6	26,8	26,7	26,3	26,1	24,9	24,8	24,7	25,2	25,6	25,8	26,6
2003	26,8	26,3	26,8	26,7	26,3	24,8	24,5	24,9	25,2	25,5	26,0	26,3
2004	26,3	26,6	26,6	26,5	25,8	24,9	24,5	24,7	25,1	25,5	25,9	26,2
2005	26,7	27,1	27,4	27,0	26,3	25,2	24,8	24,6	25,1	25,7	26,0	26,3
2006	26,4	26,9	27,3	27,0	26,3	25,4	24,9	24,9	25,4	26,0	26,3	26,5
2007	27,0	27,1	26,9	26,8	26,1	25,0	24,8	24,4	24,8	25,2	25,5	26,0
2008	26,3	26,8	26,6	26,4	25,9	24,8	24,2	24,5	25,1	25,5	25,9	26,1
2009	26,3	26,3	26,8	26,6	26,0	25,2	24,8	25,2	25,6	25,7	25,9	26,4
2010	26,6	27,1	27,3	27,2	26,7	25,6	24,7	24,2	24,8	25,9	26,1	26,4
2011	26,3	26,8	27,1	26,4	25,8	25,1	24,3	24,6	24,9	25,6	25,9	26,1
2012	26,0	26,2	26,5	26,4	25,9	25,1	24,7	24,3	24,7	25,2	25,8	26,2
2013	26,5	26,7	27,0	26,7	26,3	25,4	24,6	24,9	25,3	25,9	26,1	26,2
2014	26,1	26,2	26,6	26,9	26,0	25,3	24,7	24,5	24,9	25,5	25,8	26,2
2015	26,1	26,7	26,5	26,9	26,6	25,4	24,8	24,8	25,2	25,3	25,9	26,2
2016	26,7	26,8	27,1	26,8	26,0	25,4	24,9	25,0	25,3	26,0	26,7	26,8
2017	26,8	27,1	27,3	27,0	26,4	25,7	24,1	25,0	25,0	25,7	26,2	26,9
2018	26,7	26,8	26,9	26,4	26,0	25,3	24,8	25,1	25,4	26,3	26,7	26,8

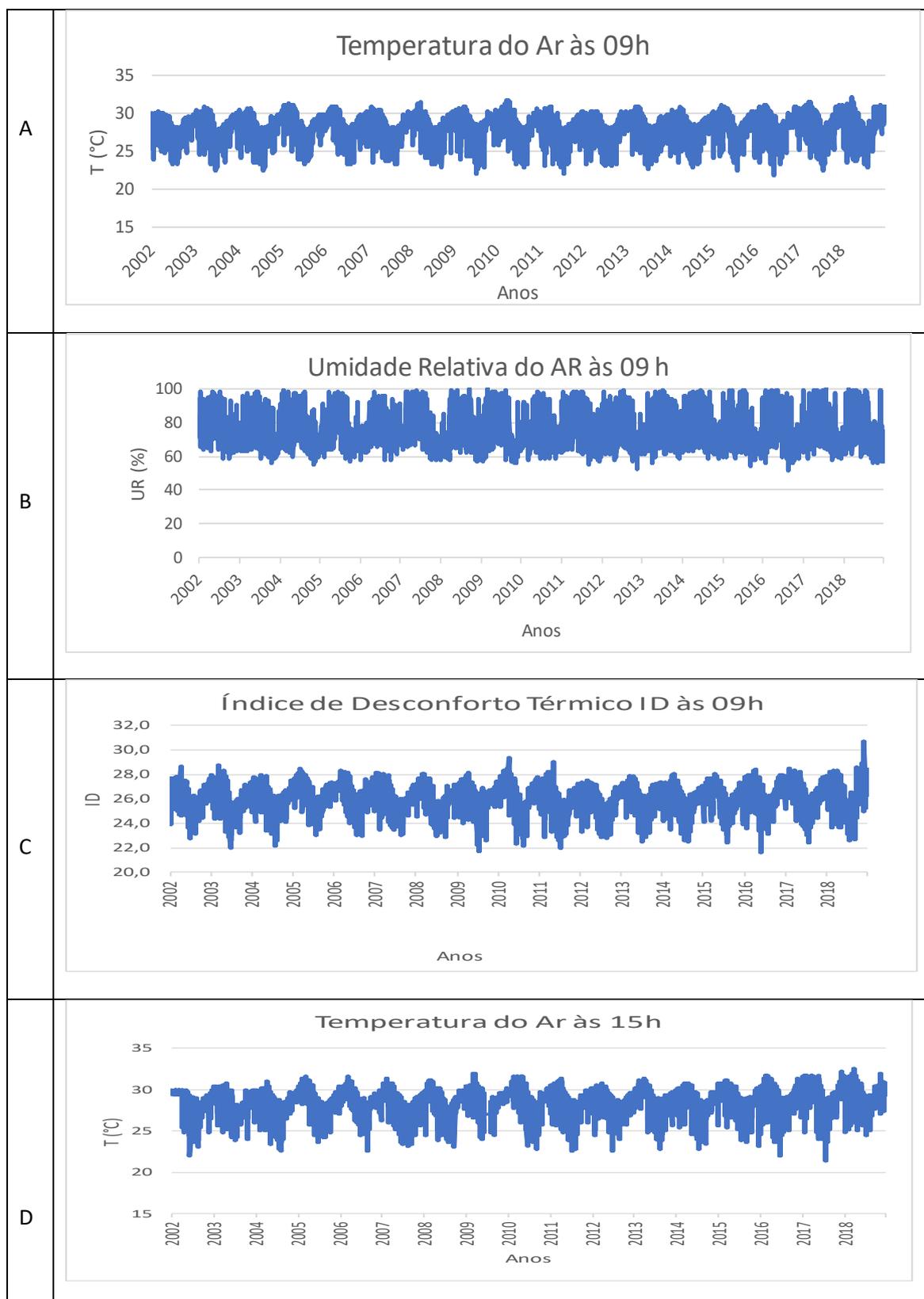
	Confortável		Desconforto para o Calor
--	-------------	--	--------------------------

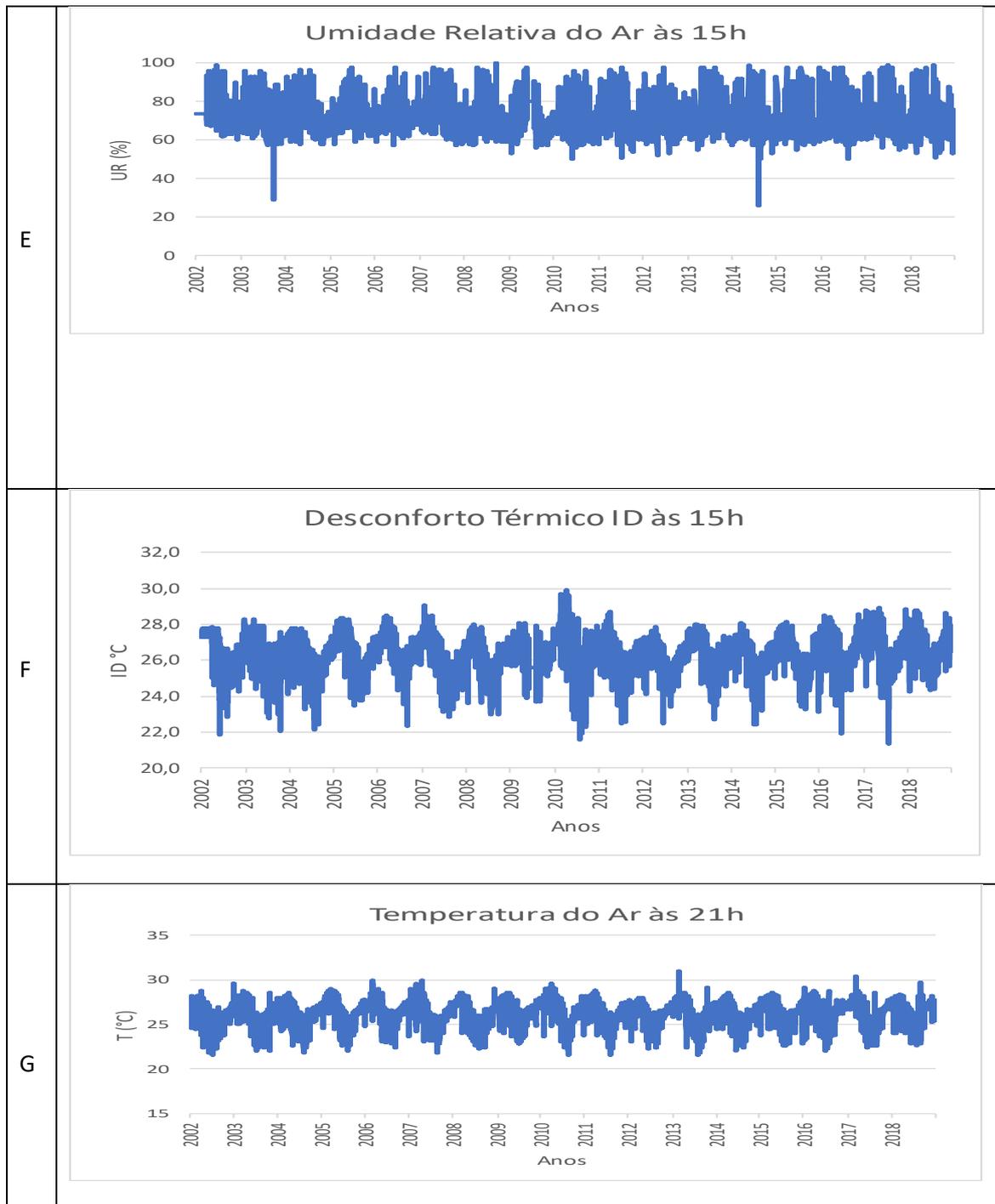
Fonte: INMET, 2019. Elaboração: Clystefen Lopes Bezerra

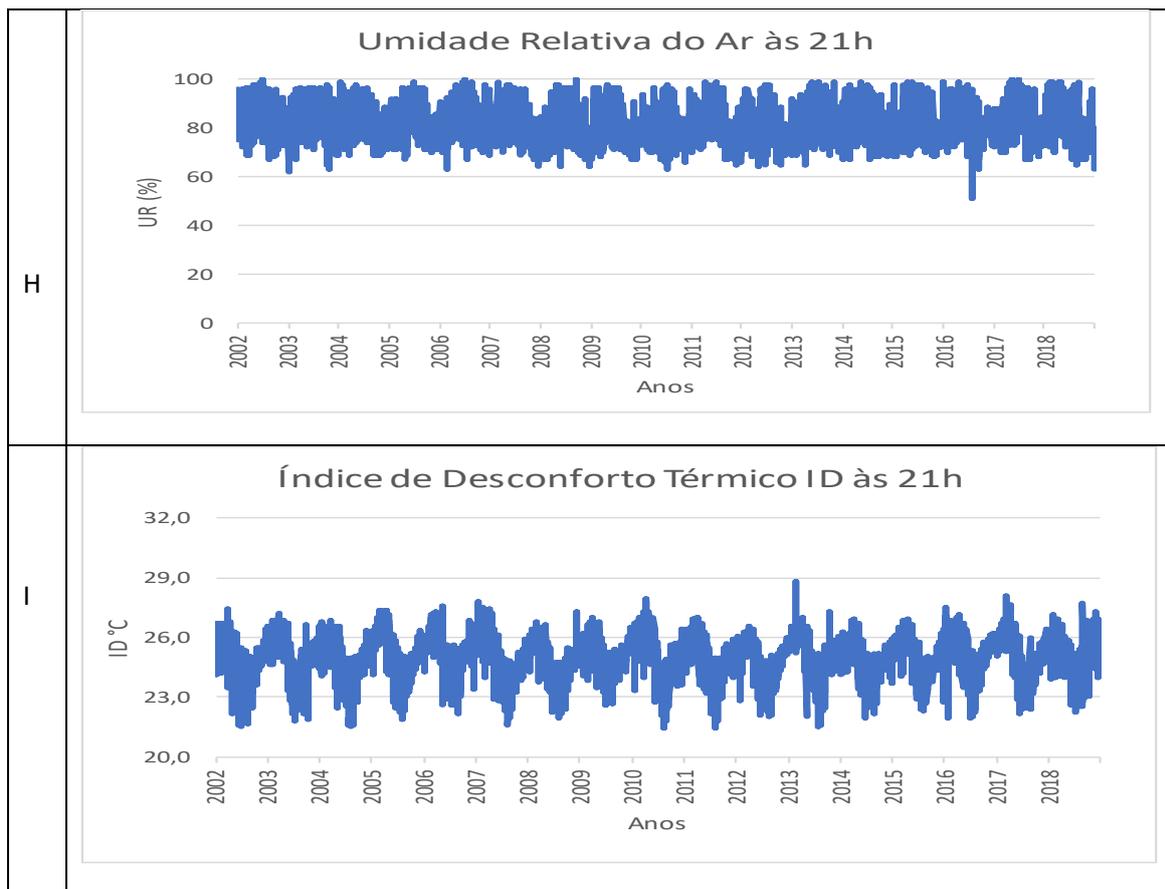
Os valores médios mensais do ID nos meses de junho a setembro, meses da estação chuvosa e o primeiro mês da estação seca (mês de setembro), se enquadram predominantemente na categoria confortável. Essa situação está relacionada com o regime da temperatura do ar e da intensidade do vento durante esses meses, como também o regime da umidade relativa do ar e o maior volume de chuvas nesse período. Para esses meses os valores dos índices de desconforto térmico se enquadraram entre 18,9 °C e menor ou igual a 25,6°C, exceto em junho/2017, exibindo um ID de 25,7 °C, sendo assim desconfortável ao calor. O mês de outubro, apesar de situar-se no período seco, apresenta alguns anos na categoria confortável. O mês de novembro/2007, fugiu da característica dos outros anos, apresentando o ID de 25,5 °C, ou seja, confortável, indicando que este ano foi bastante chuvoso.

Na zona de Desconforto Térmico para o Calor, registram-se valores nos meses de novembro a maio, com domínio do período seco, com ID superiores a 25,6 °C, com exceção do mês de novembro/2007, como já relatado anteriormente. O mês de outubro, constituído pela mescla de anos confortáveis e desconfortáveis ao calor, mostra os anos de 2005, 2006, 2009, 2010, 2013, 2016 e 2018 com ID superiores a 25,6 °C, desconforto para o calor, padrão da época de poucas chuvas. Vale ressaltar que foram examinados os dados em relação ao índice de desconforto para o frio, ID menor ou igual a 18,9 °C, porém não se encontrou nenhum valor decorrente a esse valor.

A Prancha 3 mostra a distribuição horária (9, 15 e 21 horas) da temperatura do ar, da umidade relativa do ar e do Índice de Desconforto, para o período de 2002 a 2018.







Fonte: INMET, 2019. Elaboração: Clystefen Lopes Bezerra

Prancha 3, Gráficos das 09 horas: O gráfico A, temperatura do ar, apresenta valores entre 32 e 21 °C durante os anos da série, sendo um padrão elevado, onde o maior valor térmico encontrou-se no dia 21 de março do ano 2018, onde obteve 32°C. Já a menor medida térmica deu-se em 03 de junho de 2016, com 21,8°C.

Assim como a temperatura, a umidade relativa do ar, gráfico B apresenta padrões bastante elevados, variando entre 52% e 100%, onde o menor valor mostra-se no dia 13 Agosto de 2016 com 52 %, e a maior umidade nos dias 21 de setembro do ano 2008; 22 de fevereiro de 2009; 28 de julho de 2017 e 14 de fevereiro de 2018.

Ao índice de desconforto térmico ID, gráfico C, observamos uma oscilação dos valores entre 21 °C e 28°C, com alguns ápices de menor ID em 03 de junho de 2016 com 21,6°C, e 14 de junho de 2009, 21,7°C, dias esses com menor temperatura do ar, bastante confortáveis e chuvosos. Nos padrões mais elevados, apresentando ID com resultados superiores que saem do padrão, destacam-se os dias 03 e 07 de dezembro de 2018, com ID de 30,7°C e 30,3 °C, e 02 de abril de 2010 com ID 29,4 °C, dias com níveis elevados de temperatura do ar e superiores porcentagens de umidade relativa.

Prancha 3, Gráficos das 15 horas: No gráfico D, a temperatura do ar varia em torno de 22 °C a 32 °C, apresentando valores extremos para o calor fugindo dos padrões como, por exemplo, no dia 19 de março de 2018, onde exibe uma quantia de 32,6 °C, sendo assim, bastante elevada. Já nas menores temperaturas, destaca-se a data 28 de julho de 2017, com 21,4 °C.

A umidade relativa do ar, gráfico E, expõe predominantemente, uma variação de 57% a 100 % entre os anos. Porém, chama bastante atenção dois valores extremamente fora dos padrões,

na data 01 de outubro de 2003 com UR de 29 %, e 01 de agosto de 2014, exibindo resultado de 26% (menor valor da UR das 15h, como também entre os horários 09 e 21h).

Observa-se no gráfico F que o ID oscila durante os anos, principalmente, em torno de 22 °C e 28,2°C. Porém, mostra-se valores menores extremos, saindo dos índices modelos, apresentando na data 05 de agosto de 2010 ID de 21,6 °C e em 28 de julho de 2017 ID de 21,3 °C (menor valor de ID às 15h), sendo dias bastante confortáveis, com forte intensidade de ventos, presença de chuva, deixando um maior “frescor”, e baixos níveis de temperatura do ar. Diferentemente dos dias com índices mais elevados de forma extrema, relatados na data 07 de abril de 2010, com o maior ID apresentado às 15h de 29,9°C, dia esse bastante desconfortável com elevada temperatura e umidade relativa do ar.

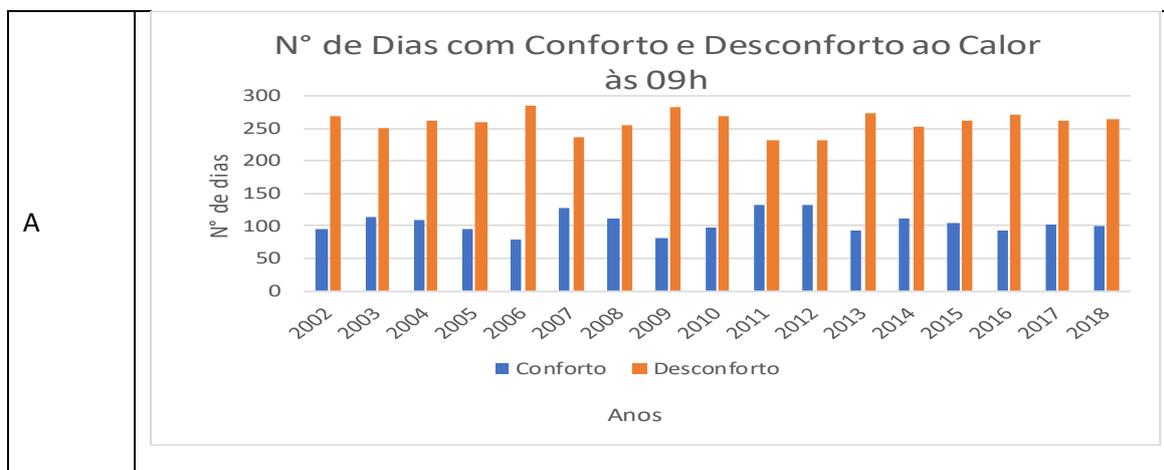
Prancha 3, gráficos das 21 horas: A temperatura do ar no gráfico G apresenta a menor oscilação dos valores em relação aos horários 09 e 15h, com resultados entre 21,6 °C e 30 °C. Devido ao horário de 21h ser a noite, com a ausência da radiação solar, a temperatura tende a ser menor. Vale destacar o dia 03 de março de 2013, onde apresentou temperatura bastante elevada e fora dos padrões normais, sendo essa de 31°C.

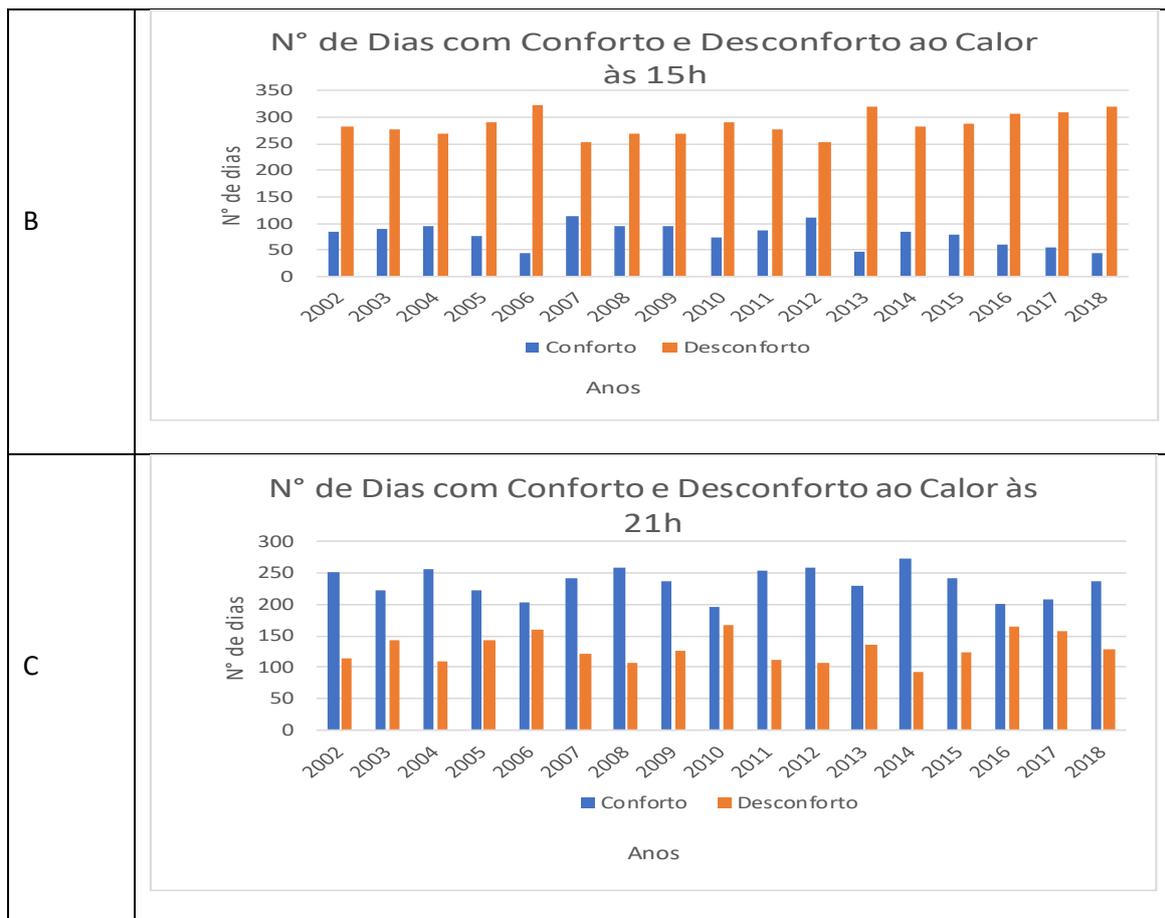
A umidade relativa do ar, gráfico H, revela uma oscilação na maior parte dos anos entre 68% e 100 %. Mas, com resultado extremamente menor, destaca-se o dia 26 de julho de 2016, exibindo o menor valor da UR às 21h de 51%.

Em relação ao gráfico I, o ID oscila entre 21,4 °C e 26°C, apresentando um valor elevado extremo de 28,8 °C no dia 03 de março de 2013, saindo do modelo padrão dos resultados do ID apresentados nos demais anos. As 21h, com a ausência da radiação solar, turno da noite, a temperatura fica mais amena, ou seja, agradável.

Com a finalidade de quantificar o número de dias com Índices de Desconforto Térmico inseridos nas categorias de Conforto e de Desconforto Térmico ao calor elaborou-se a Prancha 4, a qual mostra a distribuição horária (9, 15 e 21 horas) do número de dias inseridos nessas categorias por ano da série 2002 a 2018.

Prancha 4. Distribuição horária do número de dias com conforto e desconforto térmico ao calor em João Pessoa, 2002 a 2018.





Fonte: INMET, 2019. Elaboração: Clystefen Lopes Bezerra

Na prancha 4, gráfico A observa-se que o número de dias com Desconforto térmico é predominante em todos os anos, com ênfase para o ano 2006 que possui 285 dias com desconforto, maior valor registrado no horário das 09h. A presença intensa da radiação devido a baixa localização latitudinal da cidade em estudo, influencia bastante ao aumento da temperatura e umidade relativa do ar, deixando o ambiente mais desconfortável. Em relação ao índice superior em conforto apresenta-se o ano de 2011, com 133 dias de conforto térmico, ano este de muita chuva e elevada intensidade dos ventos, propiciando um clima mais agradável. Entre os anos 2002-2018, o total de dias com conforto somou-se 1785, e com desconforto igual a 4420 dias.

Relacionando o gráfico B com o gráfico A, prancha 4, percebe-se que o número de dias com conforto térmico presentes no horário das 15h é inferior ao das 09h, contendo apenas 1333 dias. O horário das 15h fica próximo do ápice da radiação solar incidente sobre a superfície terrestre, às 12h, quando o sol estar a pino em ângulo de 90 °, provocando o aumento da temperatura do ar, elevando assim o desconforto ao calor. Destaca-se o ano de 2006, calculando 321 dias de desconforto térmico. Entre 2002-2018, resultou-se 4872 dias apresentando índice de desconforto térmico. Já no ano de 2007, relata-se o maior valor de dias de conforto, com 113 dias, ano este bastante chuvoso.

Em relação ao gráfico C, prancha 4, constatou-se o domínio de dias apresentando conforto térmico, principalmente no ano de 2014, onde calculou-se 273 dias de conforto. Diante ao movimento de rotação feito pelo planeta Terra, determinando os dias e noites, faz com que durante o turno da noite o planeta não receba a radiação solar e, conseqüentemente diminua sua temperatura do ar, encontrando-se mais agradável no horário noturno, justificando o alto

número de dias com conforto térmico às 21h. Vale ressaltar que em 2010, apresentou-se 168 dias de Desconforto térmico, sendo assim o maior valor entre os demais anos. Para o conforto térmico somou-se, entre 2002-2018, 3994 dias. Ao desconforto resultou-se em 2211 dias.

O quadro 2 mostra a classificação dos dias mais confortáveis e de maior desconforto ao calor, segundo o Índice de Desconforto Térmico. Observa-se que na coluna de maiores ID de desconforto não há valores nos horários de 21 horas, dispondo maioria nos horários de 15h, com 07 classificados. Porém, é no horário das 09h que está o maior valor de desconforto, em 30,7 °C.

Quadro 2. *Ranking* dos 10 maiores valores do ID nas categorias “Conforto” e “Desconforto ao calor” em João Pessoa, 2002 a 2018.

RANKING DOS 10 VALORES DA CATEGORIA DE CONFORTO E DESCONFORTO TÉRMICO						
Posição	Hora	Data	Maior ID confortável	Hora	Data	Maior ID Desconfortável
1°	15h	28/07/2017	21,3	09h	03/12/2018	30,7
2°	21h	12/08/2010	21,4	09h	07/12/2018	30,3
3°	21h	09/08/2011	21,4	15h	07/04/2010	29,9
4°	21h	28/07/2004	21,5	15h	15/04/2010	29,7
5°	21h	04/07/2002	21,5	15h	19/02/2010	29,7
6°	21h	31/07/2013	21,5	15h	19/04/2010	29,6
7°	21h	07/06/2002	21,6	15h	18/03/2010	29,4
8°	21h	16/08/2007	21,6	09h	02/04/2010	29,4
9°	15h	05/08/2010	21,6	15h	15/01/2007	29,1
10°	21h	26/07/2004	21,6	15h	24/03/2010	29,1

Fonte: INMET, 2019. Elaboração: Clystefen Lopes Bezerra

Vale ressaltar que na coluna de menor ID confortável não apresenta nenhum número ao horário das 09h, revelando uma predominância no horário das 21 h, contendo 08 classificados. Porém o maior ID de conforto encontra-se no horário das 15h, dia 28 de julho de 2017, com ID de 21,3°C, fato este diferente do padrão, pois no horário das 15h, a radiação solar é bastante elevada, com temperatura do ar superiores. Essa anomalia pode ser justificada com um dia chuvoso e nível intenso de ventos, baixando assim a temperatura do ar e deixando o clima satisfatoriamente confortável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na presente pesquisa, concluímos que a cidade de João Pessoa, na escala temporal de estudo, de acordo com as zonas de conforto relatadas por Ayoade (2010), não se enquadra no desconforto para o frio, pois não possui nenhum valor de índice de desconforto térmico menor ou igual a 18,9 °C. Ao localizar-se em baixas latitudes, o município de João Pessoa recebe intensa radiação solar durante todo o ano, elevando assim a temperatura e umidade relativa do ar. Nos dias que a umidade chega a 100%, ocorrendo assim a chuva, e com grande influência dos ventos, a temperatura do ar diminui, ficando mais agradável, aumentando o

conforto térmico. Vale ressaltar que a média mensal do índice de desconforto térmico encontra-se dentro da zona de desconforto térmico para o calor, com valor de 25,9 °C.

As médias anuais do índice de desconforto térmico ID estão contidas na zona de desconforto, exceto no ano de 2012. Ao averiguar os dados de temperatura, umidade relativa do ar e índices de desconforto térmicos ID, constatamos que os valores permanecem nos padrões elevados, com alguns dados extremos, fora da média padrão e característica habituais. Em relação ao número de dias confortáveis e desconfortáveis, entre 2002 a 2018, viu-se que os dias mais desconfortáveis estão presentes nos horários das 15h, onde a radiação solar incidente na superfície terrestre é mais intensa, elevando o calor. Já os dias mais confortáveis achar-se nos horários das 21 horas, turno da noite, na ausência da radiação solar propiciando um ambiente térmico mais agradável.

No ranking dos 10 valores principais da categoria do desconforto e conforto térmico, descobriu-se que o horário com mais desconforto térmico é revelado na data 03 de dezembro de 2018, às 09h, com ID de 30,7 °C. Já no dia 28 de julho de 2017, horário das 15h, consta-se a hora de maior conforto, em 21,3°C, dia esse com bastante chuva e ventos intensos.

O estudo apresentado foi de natureza quantitativa e descritiva, com ausência de técnicas estatísticas de tendência para melhor aferir o comportamento temporal dos índices de desconforto térmico gerados. Há necessidade em aprofundar a análise dos dias mais desconfortáveis (desconforto ao calor) com o incremento de fontes que comprovem os impactos e riscos vivenciados pela população, a exemplo de fontes jornalísticas e de dados de saúde pública. A importância desta pesquisa faz-se devido ao fato de ofertar o regime temporal de índice de desconforto térmico para o município de João Pessoa-PB.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, H. O. **Clima urbano-natureza, escalas de análise e aplicabilidade**. Finisterra, Revista Portuguesa de Geografia, 2005.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). **ANSI/ASHRAE Standard 55: Thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta, GA, 2013.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 14 ed. São Paulo: DIFEL, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Assistência à Saúde. **Série Saúde & Tecnologia - Textos de Apoio à Programação Física dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde -Sistemas de Controle das Condições Ambientais de Conforto**. Brasília, 1995.

FANGER,P.O. **Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering**. United States: McGraw-Hill Book Company, 1970.

FROTA, A. B; SCHIFFER, S.R. **Manual do conforto térmico**. 5ª Ed. São Paulo: Nobel, 2001.

GILES, Brian D.; BALAFOUTIS, Christos; MAHERAS, Panyotis. Too hot for comfort: The heatwaves in Greece in 1987 and 1988. **International Journal of Biometeorology**, 1990.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil (1981-2010)**. Brasília/DF: INMET, 2018.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.206p.

MOURA, M. O., ZANELLA, M. E., SALES, M. C. L. Conforto Térmico em Fortaleza - CE. **Revista da ANPEGE**. , v.6, p.177 - 189, 2010.

ZANELLA, M. E.; MOURA, M. O. O clima das cidades do Nordeste brasileiro: contribuições no planejamento e gestão urbana. **Revista da ANPEGE**, v. 9, p. 75-89, 2013. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/viewFile/6493/3474> Acesso em: 14 jun. 2019.

RUAS, A.C. **Avaliação do conforto térmico- contribuição à aplicação prática das normais internacionais** (Dissertação de Mestrado). Campinas/SP: UNICAMP/ Programa de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, 1999.78p. Disponível em <http://www.siarq.unicamp.br>. Acesso em: 01/09/2019.

SANTOS, J. S. **Campo térmico urbano e sua relação com o uso e cobertura do solo em João Pessoa**. (Tese de Doutorado). Campina Grande/PB: Programa de Pós- Graduação em Recursos Naturais/UFCG, 2011.

SILVA, N. T. **As Chuvas no município de João Pessoa: impactos, riscos e a vulnerabilidade socioambiental**. (Dissertação de Mestrado). João Pessoa/PB: Programa de Pós - Graduação em Geografia/UFPB, 2018.

XAVIER, A. A. P. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na Região de Florianópolis**. (Dissertação de Mestrado). Florianópolis/SC: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil/UFSC, 1999. 198p. Disponível em <http://www.labee.ufsc.br>. Acesso em: 04/09/2019.