

ANÁLISE RÍTMICA MICROCLIMÁTICA EM ESTUDOS DE CONFORTO TÉRMICO: PROPOSTA PARA SELEÇÃO DE PERÍODOS-PADRÃO

MICROCLIMATE RHYTHMIC ANALYSIS TO STUDIES ON THERMAL COMFORT: PROPOSAL OF SELECTING THE STANDARD-PERIODS

LILIANE FLÁVIA GUIMARÃES DA SILVA

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – IFTO, Campus Palmas
AE 310 Sul, Avenida LO 05, s/n, Plano Diretor Sul, Palmas – TO. CEP: 77.021-090

E-mail: lilianeg@ifto.edu.br

LUCAS BARBOSA E SOUZA

Universidade Federal do Tocantins – UFT, Campus Porto Nacional
Rua 03, Quadra 17, Lote 11, s/n, Setor Jardim dos Ipês, Porto Nacional – TO. CEP 77500-000

E-mail: lbsgeo@uft.edu.br

Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:

Novembro/2018

Data de Aprovação:

Dezembro/2018

Resumo

A presente pesquisa tem como objetivo propor um método de seleção dos períodos-padrão para análise rítmica microclimática, voltado a estudos em conforto térmico, a partir de índices, por meio de “Confortogramas”, classificando tais períodos como confortáveis, desconfortáveis para o frio ou desconfortáveis para o calor, assim como constantes ou inconstantes. Além disso, o estudo prioriza a característica absoluta do dado, coadunando com o conceito não mediano do clima. O procedimento proposto é exemplificado numa

aplicação prática, na cidade de Palmas, Tocantins. A metodologia apresentou-se eficiente, possibilitando realizar um recorte temporal para levantamento de dados microclimáticos.

Palavras-chave: Análise Rítmica, Índices de Conforto Térmico, *Discomfort Index*, Palmas (TO).

Abstract

The present paper aims to propose a method of selecting the standard-periods for microclimate rhythmic analysis, dedicated to studies on thermal comfort from indices, through "Comfort diagrams" to classify such periods into comfortable, uncomfortable for the cold or uncomfortable for the heat, and constant or inconstant. In addition, the study prioritizes the absolute characteristic of the data, in line with the non-median concept of climate. The proposed procedure exemplified in a practical application, in the city of Palmas, state of Tocantins, Brazil. The methodology was efficient, making it possible to develop a time selection for microclimatic data monitoring.

Keywords: Rhythmic analysis, Thermal Comfort Indices, *Discomfort Index*, Palmas (TO).

1. Introdução

Em oposição à definição de Julius Hann (HANN, 1908), em que o clima corresponde ao estado médio da atmosfera em um determinado lugar, a definição do geógrafo francês Maximilian Sorre (SORRE, 1951) traz maior relevância à noção de sucessão, definindo o clima como a “[...] série de estados atmosféricos sobre determinado lugar em sua sucessão habitual” (SORRE, 2006, p. 90). A partir desse conceito, o geógrafo brasileiro Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (MONTEIRO, 1971) construiu um novo paradigma de análise do clima, por meio da análise

rítmica, que além da noção de sucessão, inclui a noção dinâmica do clima, em que o complexo atmosférico é analisado a partir das massas de ar, assim como os mecanismos frontológicos (MONTEIRO, 1962).

Segundo Silva (2018), a técnica de análise rítmica desenvolvida por Monteiro (1971) é expressa pela representação gráfica diária (ou horária) e concomitante da sequência dos tipos de tempo e sua associação genética sobre um lugar, acompanhada de atributos atmosféricos mensuráveis, como temperatura, umidade, precipitação, direção e velocidade do vento. Uma das principais características consiste no uso de dados brutos, ao invés de usar medidas de tendência central e de dispersão (entre outros recursos estatísticos), o que torna a análise rítmica complementar à análise estatística convencional. Além disso, a análise rítmica é normalmente realizada em anos-padrão, tendo em vista que a utilização de dados brutos inviabiliza recortes temporais maiores que um ano. Dessa forma, também é possível a realização em episódios menores que um ano, denominados no caso deste trabalho de períodos-padrão, termo anteriormente utilizado por Zavattini e Boin (2013). Conforme Monteiro (1971), o importante é que a escala temporal de análise seja diária ou inferior, chegando por vezes a ser realizada em horas ou minutos. Como exemplos, Souza (2010) apresenta o gráfico de análise rítmica de um período de primavera/verão, considerando sete meses de análise (de setembro de 2009 a março de 2010), e Silva (2018), que apresenta gráficos de três semanas de análise entre os anos 2015 e 2016, representados com intervalo de cinco minutos. Tais variações na escala temporal de análise são definidas pelo pesquisador a depender do foco da pesquisa, como no caso do presente artigo, para aplicação em estudos de conforto térmico.

Conforme Silva e Souza (2017) e Silva (2018), a técnica de análise rítmica aplica-se a diversos estudos climáticos, incluindo estudos em conforto térmico, mas são raros os estudos que incluem índices de conforto. As duas áreas de estudo, do conforto térmico no campo da Biometeorologia, especificamente quanto aos índices de conforto térmico, e da análise rítmica no campo da Climatologia Geográfica, têm caminhado por vezes em direções distintas, não necessariamente opostas, faltando-lhes apenas o diálogo interdisciplinar. A maior parte dos trabalhos na Climatologia Geográfica busca aplicação do conforto térmico apenas enquanto um dos canais descritos por Monteiro (2015) no subsistema termodinâmico, inserido em seu conceito de Sistema Clima Urbano (SCU), mas não em conjunto com a análise rítmica. Um dos primeiros trabalhos a buscar essa conjunção foi a dissertação de mestrado de Gobo (2013), que apresenta proposta de zoneamento do conforto térmico no Estado do Rio Grande do Sul, buscando a aplicação os índices de conforto com a análise rítmica. Contudo, verifica-se que ainda há um vasto campo de possibilidades a ser explorado nessa conjunção, incluindo variações em diferentes espaços e tipos climáticos.

Comumente, os anos-padrão são escolhidos pelos totais pluviométricos sazonais e anuais, a partir de dados absolutos, mesmo com pesquisas com foco no conforto térmico, como no caso

de Gobo (2018). Já Silva e Souza (2017), de forma distinta, propuseram uma metodologia de seleção de anos-padrão para pesquisas nesse campo, utilizando índices de conforto térmico. A utilização de tais índices não é incomum, tendo em vista trabalho anterior de Moura e Zanella (2012), que também elaboraram metodologia para a escolha de anos-padrão para o estudo do conforto térmico, no entanto, utilizando medidas de tendência central e de dispersão, usando valores mensais e anuais do índice. Na sua proposta, Silva e Souza (2017) elaboraram uma metodologia por meio de análise de frequências, baseados em Confortogramas, priorizando a característica absoluta do dado, o que difere da proposta de Moura e Zanella (2012).

Entretanto, no caso de pesquisas em conforto térmico, é comum a necessidade de estudos de episódios de análise, que consideram alguns dias de levantamento de campo com dados microclimáticos e em escala temporal horária ou inferior, para diversas aplicações, como avaliação e calibração de índices de conforto térmico, por exemplo. Geralmente, estes levantamentos são selecionados de acordo com as estações do ano, mas acredita-se que, em conjunção com a análise rítmica, o ritmo pode ser determinado de outra forma que não pelas estações, sendo necessário avaliar tal sucessão para localidades diferentes, de acordo com suas características. Considerando esta necessidade, o presente artigo tem como objetivo propor um método de seleção de períodos-padrão para análise rítmica microclimática, com aplicação em estudos voltados ao conforto térmico, a partir dos Confortogramas propostos por Silva e Souza (2017). A proposta é exemplificada numa aplicação prática, na cidade de Palmas, Tocantins, pois deve-se em parte aos estudos da tese de doutorado da autora (SILVA, 2018), que se propõe a contribuir com a percepção climática e o conforto térmico na referida cidade. Importante esclarecer também que o presente trabalho é baseado em artigo de nossa autoria, publicado originalmente no XIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, com dados de 1997 a 2016 (SILVA; SOUZA, 2018), sendo atualizado neste com dados dos anos de 2017 e 2018.

3. Procedimento metodológico proposto

O procedimento proposto para seleção de períodos-padrão voltou-se à classificação de período menores que um ano, sendo proposto inicialmente a classificação dos meses, por entender que destes é possível realizar agrupamentos que indiquem os períodos-padrão existentes em determinada localidade. Tem classificação semelhante à classificação anual de Silva e Souza (2017), classificando os meses em confortáveis, desconfortáveis e transitórios, a partir de um índice de conforto térmico. No entanto, difere da classificação dos anos-padrão no que diz respeito à habitualidade, pois não seria possível tal classificação nos meses (como habitual), tendo em vista que cada mês possui uma característica específica que determina o ritmo anual.

Tal procedimento só é possível após a seleção do índice, do intervalo de conforto e da estação meteorológica para obtenção dos dados, sendo utilizados os mesmos procedimentos de Silva e Souza (2017) nessas três etapas. O índice *Discomfort Index* (DI_T), criado por Thom (1959), foi selecionado por ser o mais usual dentre os estudos em Climatologia Geográfica, e de fácil aplicação com dados de estações climatológicas existentes. O índice também é conhecido como Temperatura Efetiva, porém, devido a diversos conflitos com índices de denominação semelhante, ocorrendo também por problemas de tradução para a língua portuguesa, optou-se por utilizar a denominação original em inglês, *Discomfort Index*, mas com a Sigla DI_T , adotada em catálogo desenvolvido por De Freitas e Grigorieva (2015; 2017), pela existência de mesma nomenclatura em outro índice de conforto criado posteriormente, o *Discomfort Index* de Ono e Kawamura (1991), desenvolvido a partir de uma modificação no *Discomfort Index* de Thom (1959). O DI_T foi calculado a partir das seguintes equações:

$$DI = 0,4 \cdot (T_d + T_w) + 4,8 \quad (1)$$

Fonte: Thom (1957; 1958) *apud* Landsberg (1972, p. 15).

$$DI = T_d - 0,55 \cdot (1 - 0,01 \cdot RH) \cdot (T_d - 14,5) \quad (2)$$

Fonte: Giles, Balafoutis e Maheras (1990, p. 102)

Onde:

DI → *Discomfort index*

T_d → temperatura de bulbo seco, ou simplesmente temperatura do ar (°C)

T_w → temperatura de bulbo úmido (°C)

RH → umidade relativa (%)

A Equação 1 foi utilizada quando estavam disponíveis dados de temperatura do ar e temperatura de bulbo úmido, e, em caso de ausência da temperatura de bulbo úmido, foi utilizada a Equação 2, com dados de temperatura do ar e umidade relativa, ambas as equações sempre com leituras simultâneas. Além disso, os resultados do índice nessa pesquisa foram representados em $^{\circ}C_{DIT}$, para evitar equívocos com as leituras de temperaturas do ar e temperatura de bulbo úmido, como também por entender que o índice resultante se assemelha a uma temperatura equivalente, coadunando com o entendimento de De Freitas e Grigorieva (2015; 2017).

O intervalo de conforto selecionado foi o proposto por Ayoade (1996), devido à ausência de estudos que tenham calibração do DI_T para a cidade de Palmas e para a região Norte do Brasil, e por ser uma faixa concordante em diversas pesquisas para diferentes zonas climáticas. Tal intervalo determina que o conforto térmico ocorre entre $18,9^{\circ}C_{DIT}$ e $25,6^{\circ}C_{DIT}$, ou seja, abaixo

de $18,9^{\circ}\text{C}_{\text{DIT}}$, localiza-se a faixa de desconforto para o frio, e acima de $25,6^{\circ}\text{C}_{\text{DIT}}$, a faixa de desconforto para o calor.

A estação meteorológica selecionada foi a estação convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Código OMM 83033, por ser a mais antiga localizada na área macroparcelada da cidade (Figura 1), sendo utilizados os dados nos horários-padrão, 00h, 12h e 18h UTC, 21h, 09h e 15h no horário local, respectivamente, sendo calculados os índices de 22 anos de dados, de 1997 a 2018. Apesar de serem disponíveis dados desde 1993, foram descartados da análise os anos 1993 a 1996, tendo em vista a grande ausência (falhas) de dados meteorológicos fornecidos pelo INMET.

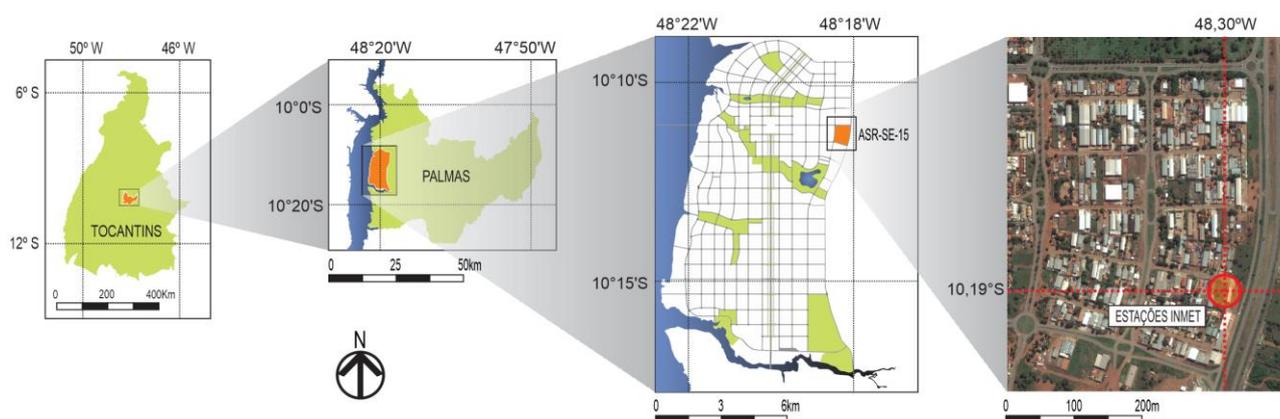


FIGURA 1: Localização da Estação Meteorológica do INMET na cidade de Palmas. Fonte: Palmas (2017); Google (2017), organizado pelos autores (2018).

Além da classificação inicial dos meses em confortáveis, desconfortáveis e transitórios, deve ser verificado o padrão de repetição nos respectivos meses ao longo dos anos, como também, os extremos em cada tipo de classificação. Da mesma forma que nos anos-padrão, os meses são classificados como desconfortáveis para o frio ou para o calor, devendo ser analisados separadamente, resultando em dois Confortogramas, um para o calor e um para o frio. No entanto, o Confortograma para classificação dos períodos-padrão difere do Confortograma de Silva e Souza (2017) apenas pela transposição entre os meses e os anos, tendo em vista o objetivo da classificação mensal e não anual. Seguindo as orientações de Silva e Souza (2017), o procedimento inicia com o cálculo do índice com uso de uma planilha eletrônica, seguidos do cálculo dos totais de desconforto para frio, com DI_T abaixo de $18,9^{\circ}\text{C}_{\text{DIT}}$; de conforto, com DI_T entre 18,9 e $25,6^{\circ}\text{C}_{\text{DIT}}$; e desconforto para calor, com DI_T acima de $25,6^{\circ}\text{C}_{\text{DIT}}$, para todos os anos, e para todos os meses em cada ano de toda a série de anos selecionada, com sua respectiva frequência relativa.

Posteriormente, são calculadas as diferenças entre as frequências relativas de intervalo de conforto e intervalo de desconforto para frio, assim como as diferenças entre os intervalos de conforto e desconforto para calor, gerando os dois Confortogramas (sempre com a frequência de

conforto subtraída da frequência de desconforto, gerando sempre valores positivos para maiores frequências de conforto, e valores negativos para maiores frequências de desconforto).

Sobre o padrão de repetição, Silva e Souza (2017) já haviam mencionado a possibilidade de identificação em cada mês ou agrupamento de meses, dos padrões de repetição, no caso, preocupados com o que determinasse a habitualidade, mas aqui, a preocupação é a classificação do mês em si, para identificação dos períodos-padrão. A sugestão dos autores de utilizar intervalos de cinco a seis faixas, distinguindo-as por cores ou texturas, assim como a identificação do mês de maior percentual de conforto, indicado com a letra “C” e o mês com maior percentual de desconforto, indicado pela letra “D”, também foram utilizadas na presente proposta.

Em resumo, o proposto para a classificação dos meses foi determinado pelas seguintes orientações:

De acordo com a ocorrência de conforto ou desconforto (classificação 1):

- Confortável – quando um determinado mês é classificado como confortável em mais de 50% dos anos, tanto no Confortograma para frio, como no Confortograma para calor;
- Desconfortável – quando um determinado mês é classificado como desconfortável em mais de 50% dos anos, sendo desconfortável para calor, se for no Confortograma para calor, e desconfortável para frio, se for no Confortograma para frio;
- Transitório – um determinado mês deve ser considerado transitório quando obtiver classificação confortável e desconfortável em igual proporção (50%) na série de anos analisada, tanto no Confortograma para frio, como no Confortograma para calor;
- Extremos – meses com maiores frequências de desconforto e meses com maiores frequências de conforto.

De acordo com padrão de repetição (classificação 2):

- Constante – meses que mantêm o mesmo padrão (confortável ou desconfortável) em 100% dos anos;
- Pouco inconstante – meses que mantêm o mesmo padrão (confortável ou desconfortável) entre 75% e 100% dos anos;
- Inconstante – meses que mantêm o mesmo padrão (confortável ou desconfortável) entre 50% e 75% dos anos;
- Extremos – meses com maior estabilidade no padrão de repetição “constante”, quanto ao tipo de ocorrência (conforto ou desconforto), e quanto à intensidade da frequência.

Após a classificação mensal inicial (classificação 1), os períodos são identificados por semelhança entre os padrões em meses sucessivos (classificação 2). Tais classificações devem ser efetuadas no Confortograma para o calor, e no Confortograma para o frio, separadamente,

para depois ser realizada a comparação e realizada a classificação final. Por exemplo, um mês pode ser considerado confortável no Confortograma para calor e ser considerado desconfortável no Confortograma para Frio, obtendo a classificação final de desconfortável para o frio. A observação final deverá, pois, considerar os dois Confortogramas. Lembrando que é uma classificação quali-quantitativa, ou seja, leva em consideração a observação criteriosa do pesquisador.

4. Resultados

Seguindo o procedimento proposto, foram calculados os índices para cada horário padrão em cada dia da série de 1997 a 2018, totalizando 23996 índices calculados (apenas 106 horários não obtiveram seus índices calculados, por falta de dados). Posteriormente, foram totalizados os percentuais de frequência relativa em cada mês nos três intervalos de conforto do DI_T , resultando no total de 57,697% no intervalo de conforto e 42,303% no intervalo de desconforto para o calor, ou seja, não foram registrados índices DI_T no intervalo de desconforto para o frio na cidade de Palmas. Foi elaborado, portanto, apenas o Confortograma para o calor, sendo este determinante para a classificação final. Conforme procedimento, o Confortograma foi montado com a transposição entre os meses e os anos, resultando no Quadro 1 a seguir.

QUADRO 1
 Confortograma para o calor em Palmas-TO (1997-2018)

MESES	ANO																						
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
J						C										C	C						
F				C	C			C			C		C					C			D	C	C
M	C		C				C			C													
A		D													D								
M																							
J																							
J		C							C											C	C		
A																							
S			D	D	D			D						D		D		D	D				D
O	D						D		D	D	D	D				D				D		D	
N						D																	
D																							

Legenda:

	-80%	┆	-60%		Mês com maior percentual de conforto no ano
	-60%	┆	-40%		Mês com maior percentual de desconforto no ano
	-40%	┆	-20%		



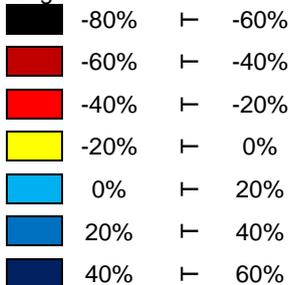
Fonte: INMET (2019), organizado pelos autores (2019).

Baseando-se nas orientações descritas na metodologia, os meses foram classificados em confortáveis e desconfortáveis para o calor – classificação 1, com padrão de repetição constante, pouco inconstante e inconstante – classificação 2. Em cada classificação, também foram identificados os extremos mais confortáveis, mais desconfortáveis para o calor e mais estáveis (constantes), como demonstrado no Quadro 2.

QUADRO 2
Classificação mensal no Confortograma para o calor em Palmas–TO (1997-2018)

MESES	ANO																		CLASSIFICAÇÃO MENSAL					
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		2015	2016	2017	2018	
J						C										C	C							CONFORTÁVEL (CONSTANTE)
F				C	C			C					C					C		D	C	C		CONFORTÁVEL (POUCO INCONSTANTE) – MAIS CONFORTÁVEL
M	C		C				C				C													CONFORTÁVEL (POUCO INCONSTANTE)
A		D												D										CONFORTÁVEL (POUCO INCONSTANTE)
M																								CONFORTÁVEL (POUCO INCONSTANTE)
J																								CONFORTÁVEL (CONSTANTE)
J		C						C						C					C	C				CONFORTÁVEL (CONSTANTE) – MAIS CONSTANTE
A																								CONFORTÁVEL (CONSTANTE)
S			D	D	D			D					D		D		D	D					D	DESCONF. PARA O CALOR (INCONSTANTE)
O	D						D		D	D	D				D				D			D		DESCONF. PARA O CALOR (INCONSTANTE) – MAIS DESCONFORTÁVEL
N						D																		DESCONF. PARA O CALOR (INCONSTANTE)
D																								CONFORTÁVEL (POUCO INCONSTANTE)

Legenda:



C Mês com maior percentual de conforto no ano

D Mês com maior percentual de desconforto para o calor no ano

Fonte: INMET (2019), organizado pelos autores (2019).

Ao total, foram classificados quatro meses constantemente confortáveis (janeiro, junho, julho e agosto), cinco meses confortáveis um pouco inconstante (fevereiro, março, abril, maio e dezembro), três meses desconfortáveis para o calor de forma inconstante (setembro, outubro e

novembro). A partir dessa classificação mensal, três períodos significativos foram caracterizados durante o ano: a) o semestre de dezembro a maio; b) o trimestre de junho a agosto; e c) o trimestre de setembro a novembro. As seguintes características foram identificadas para cada período-padrão citado:

- Período-padrão A: SEMESTRE DE DEZEMBRO A MAIO: há predominância de meses confortáveis pouco inconstantes, apenas janeiro foi constantemente confortável. Entre os meses de janeiro a março estão geralmente os maiores percentuais de diferenças positivas entre o calor e o desconforto para o calor, e os meses mais confortáveis do ano em 17 dos 22 anos da série, sendo nove em fevereiro, três em janeiro e cinco em março. Compreende todo o verão e a maior parte do outono;
- Período-padrão B: TRIMESTRE DE JUNHO A AGOSTO: predominaram os meses constantemente confortáveis, ou seja, que sempre apresentaram diferença positiva entre o conforto e o desconforto para o calor, mesmo que não tenham sido os maiores percentuais de diferenças positivas. Mesmo assim, ainda apresentou os meses mais confortáveis do ano em 5 dos 22 anos da série, sempre no mês de julho. É o período que se apresentou mais estável da série analisada. Esse período compreende sua maior parte no inverno;
- Período-padrão C: TRIMESTRE DE SETEMBRO A NOVEMBRO: neste período concentram-se os meses desconfortáveis para o calor, de forma inconstante. Os meses de setembro e outubro apresentam geralmente os maiores percentuais de diferenças negativas entre o calor e o desconforto para o calor. Esse período, em que predomina a primavera, apresenta também os meses mais desconfortáveis do ano em 19 dos 22 anos da série, sendo nove em setembro, nove em outubro, e um deles em novembro;

Com a identificação dos três períodos-padrão mais significativos durante o ano, foi possível estabelecer os meses mais representativos em cada um deles para realização do levantamento microclimático.

No período-padrão A, os meses de janeiro a março apresentam uma distribuição mais semelhante nas frequências de conforto, e no padrão de repetição, enquanto os meses de dezembro, abril e maio apresentam algumas variações, indicando uma certa transição do período anterior e seguinte. Dentre esses três meses, o mês de fevereiro foi um dos mais confortáveis, e mesmo quando não foi o mais confortável do ano, apresentou as maiores frequências de conforto (no ano de 2008), apesar de também ter apresentado maior frequência de desconforto em quatro anos, em 1998, 2005, 2010 e 2016. Todos estes foram anos de ocorrência do El Niño, sendo dois deles, 1998 e 2016, com ocorrência de El Niño severo (CPTEC/INPE, 2019; NOAA/NWS/CPC,

2019), possivelmente ocasionando estas implicações no conforto. Mesmo assim, o mês de fevereiro foi considerado o mais representativo do período-padrão A, pois apresenta tanto extremos quanto frequências intermediárias, como também foi considerado o extremo mais confortável, mesmo que pouco inconstante, característica desse período. Essa inconstância também é decorrente do ritmo pluvial neste período do ano, podendo haver veranicos prolongados, implicando em maior desconforto para o calor devido à altura solar (sol perto do zênite). No entanto, pela aproximação dos dados, também é considerado o mês de março como possível representante, de forma secundária. Esses meses (fevereiro e março) compõem o verão no hemisfério sul e, mais especificamente, em fevereiro, o sol se encontra mais próximo do zênite (máxima altura solar) sobre Palmas. Segundo cálculos com uso das equações constantes em Iqbal (1983), na latitude de Palmas (10,19° Sul), a altura solar mais próxima de 90° (ao meio-dia solar), no primeiro semestre do ano, ocorre no verão, no dia 24 de fevereiro, com 89,86° de altura solar.

Dentro do período-padrão B, os meses de junho e julho apresentam percentuais nas classes de conforto de forma constante, principalmente o mês de julho, classificado como o mais constantemente confortável da série, e que também foi o mês mais confortável em cinco anos (1998, 2005, 2010, 2015 e 2016). O mês de julho permaneceu sempre com percentuais intermediários de conforto, e um percentual positivo alto (no ano de 1997), portanto, foi considerado o mais representativo para o período-padrão B, seguido do mês de junho, que também possui alta constância em conforto, com percentuais intermediários e apenas um ano com percentual um pouco menor de conforto (no ano de 2016). Agosto pode ser caracterizado como um mês de certa transição para o período seguinte, pois apesar de ainda ter mantido o padrão de conforto, apresentou em alguns anos frequências menores de conforto térmico. Junho e julho também são os meses que determinam o final do outono e início do inverno no hemisfério sul, com a altura solar no nível mais baixo sobre Palmas, e com baixos níveis ou, por vezes, ausência de precipitação. A menor altura solar (ao meio-dia solar), na cidade de Palmas, ocorre no início do inverno, entre 21 e 22 de junho, com 56,36°, segundo cálculos com uso das equações constantes em Iqbal (1983).

Em relação ao período-padrão C, os meses de setembro e outubro apresentam maiores percentuais negativos, ou seja, de desconforto para o calor, sendo ainda maiores no mês de outubro que no mês de setembro. Outubro ainda apresentou o maior percentual de desconforto de toda a série, no ano de 2017, chegando a praticamente 70% do período em desconforto para calor. Por esse motivo, o mês de outubro pode ser considerado o mês mais representativo para o período-padrão C, seguido do mês de setembro, e novembro configura-se como um mês de transição para o período seguinte. Além disso, setembro e outubro marcam o final do inverno e início da primavera no hemisfério sul, com altura solar crescente sobre Palmas. Nesses meses, o sol novamente encontra-se perto do zênite, porém, o ritmo pluvial é determinado por menor

volume de chuvas que no início do ano, ocorrendo de forma mais isolada (sem continuidade, com maior intervalo de dias sem chuva). Novamente, nos cálculos com uso das equações constantes em Iqbal (1983), a altura solar mais próxima de 90° (ao meio-dia solar), no segundo semestre do ano, na cidade de Palmas, ocorre na primavera, no dia 19 de outubro, com 89,86° de altura solar.

5. Considerações Finais

A metodologia proposta apresentou-se eficiente, considerando a necessidade de correlacionar a análise rítmica aos estudos em conforto térmico, e determinar os possíveis períodos-padrão, ou seja, os períodos significativos para levantamento de campo de dados microclimáticos. No entanto, deve-se atentar para o fato de que alguns meses apresentaram muitas variações, decorrentes tanto da variabilidade da nebulosidade, insolação e precipitação, habitual nos meses chuvosos e transitórios no Tocantins, como devido às peculiaridades próprias de cada ano, que também podem ser habituais, confortáveis e desconfortáveis, e que podem determinar características distintas das desejadas para os levantamentos. Por exemplo, os anos de 2015 e 2016 apresentaram tanto o mês de fevereiro quanto o mês de abril, representativos do período-padrão A, como desconfortáveis, e com alta frequência negativa. Isso aconteceu possivelmente pela ocorrência do El Niño entre os anos de 2015 e 2016, um dos mais severos desde que iniciaram os registros (CPTEC/INPE, 2019; NOAA/NWS/CPC, 2019). Por isso, antes da seleção dos dias de levantamento de campo, é importante complementar tal seleção com dados de previsão do tempo dos institutos de pesquisa, como o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), por exemplo, para garantir que as condições vigentes sejam de fato representativas do padrão para aquele mês.

A metodologia foi realizada com o índice DI_T , mas é adequada para outros índices de conforto térmico, caso o pesquisador identifique como mais adequado para a área de estudo. No entanto, quando ocorrerem maiores intervalos de conforto, com sete ou nove níveis por exemplo, recomenda-se que os intervalos de calor e de frio sejam agrupados, de forma a simplificar o cálculo, reduzindo a três intervalos (desconforto para frio, conforto e desconforto para calor).

Agradecimentos

A autora agradece ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO) pelos recursos financeiros aplicados à pesquisa.

Referências

- AYOADE, Johnson Olaniyi. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4. ed. Tradução Maria Juraci Zani dos Santos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- CPTEC/INPE – CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **El niño e la niña**. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>, Acesso em: 25 fev. 2019.
- DE FREITAS, Christopher R.; GRIGORIEVA, Elena A. A comprehensive catalogue and classification of human thermal climate indices. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 1, p. 109–120, jan. 2015.
- DE FREITAS, Christopher R.; GRIGORIEVA, Elena A. A comparison and appraisal of a comprehensive range of human thermal climate indices. **International Journal of Biometeorology**, v. 61, n. 3, p. 487–512, mar. 2017.
- GILES, Brian D.; BALAFOUTIS, Christos; MAHERAS, Panyotis. Too hot for comfort: The heatwaves in Greece in 1987 and 1988. **International Journal of Biometeorology**, v. 34, n. 2, p. 98-104, jun. 1990.
- GOBO, João Paulo Assis. **Regionalização climática do Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico humano**. 2013. 184 p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- _____. **Bioclimatologia subtropical e modelização do conforto humano**: da escala local à regional. 2018. 395 f. Tese (Doutorado em Ciências – Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- GOOGLE. **Google Earth**. Version 7.3.0.3832 (64-bits). 2017. Palmas, TO. Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>, Acesso em: 17 jul. 2017.
- HANN, Julius. **Handbuch der Klimatologie**. 3. ed. v. 1, Allgemeine Klimalehre. Stuttgart: Verlag Von J. Engelhorn, 1908.
- INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>, Acesso em: 28 jan. 2019.
- IQBAL, Muhammad. **An introduction to solar radiation**. Nova Iorque: Academic Press, 1983.
- LANDSBERG, Helmut Erich. **The assessment of human bioclimate**: a limited review of physical parameters. World Meteorological Organization, Technical Note n. 123. Genebra: WMO, 1972.
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática: algumas considerações metodológicas a propósito do estudo do Brasil Meridional. **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro: Instituto Pan-Americano de Geografia e História, v. 31, n. 57, p. 29-44, 1962.
- _____. **Análise rítmica em climatologia**: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1971.
- _____. A climatologia geográfica no Brasil e a proposta de um novo paradigma. In: MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo (Org.); SANT'ANNA NETO, João Lima; MENDONÇA, Francisco de Assis; ZAVATTINI, João Afonso. **A construção da climatologia geográfica no Brasil**. Campinas, SP: Editora Alínea, 2015. p. 61-153.
- MOURA, Marcelo de Oliveira; ZANELLA, Maria Elisa. Escolha de anos-padrão para o estudo do conforto térmico em Fortaleza, CE: verificação de critérios. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 1, n. 5, edição Especial 2, p. 547–560, 2012.
- NOAA/NWS/CPC – NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. National Weather Service. Climate Prediction Center. **Cold & Warm Episodes by Season**. Disponível em: http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php, Acesso em: 20 fev. 2019.
- ONO, Hye-Suok Park; KAWAMURA, Takeshi. Sensible climates in monsoon Asia. **International Journal of Biometeorology**, v. 35, n. 1, p. 39–47, mar. 1991.

PALMAS. **Sistema de informações geográficas de Palmas**. Disponível em: <http://geo.palmas.to.gov.br/>, Acesso em: 10 dez. 2017.

SILVA, Liliane Flávia Guimarães da. **Percepção climática e conforto térmico**: contribuição ao estudo interdisciplinar dos aspectos objetivos e subjetivos do clima em Palmas, TO. 2018. 550 f. Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins – UFT, Palmas, 2018.

SILVA, Liliane Flávia Guimarães da; SOUZA, Lucas Barbosa e. Seleção de anos-padrão para análise rítmica em estudos de conforto térmico: uma proposta de “Confortogramas” a partir de índices. **Revista Brasileira de Climatologia**, Associação Brasileira de Climatologia Geográfica, ano 13, v. 20, p. 52-70, 2017.

SILVA, Liliane Flávia Guimarães da; SOUZA, Lucas Barbosa e. Seleção de períodos-padrão para análise rítmica microclimática em estudos de conforto térmico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 13., nov. 2018, Juiz de Fora, MG. **Anais [...]** Juiz de Fora, MG: ABClima, 2018. p. 41–50.

SOUZA, Lucas Barbosa e. Novas cidades, velhas querelas: episódios pluviais e seus impactos na área urbana de Palmas (TO), primavera-verão 2009/2010. **Mercator**, Fortaleza, v. 9, número especial 1, p. 165–177, dez. 2010.

SORRE, Maximilien. Le Climat. In:_____. **Les fondements de la Géographie Humaine**. Tomo I: Les fondements biologiques: Essai d'une écologie de l'homme. Livro I: Le climat et l'homme. 3. ed. Paris: Librairie Armand Colin, 1951. cap. 1, p. 13-43.

_____. Objeto e método da climatologia. Tradução José Bueno Conti. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, Universidade de São Paulo, v. 18, p. 89-94, 2006.

THOM, Earl Crabill. The Discomfort Index. **Weatherwise**, v. 12, n. 2, p. 57-61, abr. 1959.

ZAVATTINI, João Afonso; BOIN, Marcos Norberto. **Climatologia geográfica**: teoria e prática de pesquisa. Campinas, SP: Editora Alínea, 2013.