

**Análise de sensação térmica no município de Barbalha, Ceará**  
**Thermal sensation analysis in the municipality of Barbalha, Ceará**  
**Análisis de sensaciones térmicas en el municipio de Barbalha, Ceará**

Recebido: 20/04/2020 | Revisado: 27/04/2020 | Aceito: 27/04/2020 | Publicado: 28/04/2020

**Eduarda Morais da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9463-8280>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

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

**Eliezio Nascimento Barboza**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8100-9389>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: [eliezio1999@outlook.com](mailto:eliezio1999@outlook.com)

**João Marcos Pereira de Morais**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8097-9607>

Universidade Regional do Cariri, Brasil

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

**Jefferson Heráclito Alves de Souza**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9682-7069>

Universidade Regional do Cariri, Brasil

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

**Bruno Barbosa de Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1279-1431>

Universidade Regional do Cariri, Brasil

E-mail: [bruno.barbosa@urca.br](mailto:bruno.barbosa@urca.br)

**Resumo**

As cidades brasileiras têm passados por profundas modificações na cobertura do solo pelo processo acelerado da urbanização nos últimos séculos. O processo de crescimento das cidades diminuiu as áreas vegetais, que atuam de forma essencial no conforto térmico e bem-estar da população, gerando mudanças nas sensações térmicas. É nesse contexto que esse artigo se insere, com o objetivo de analisar o Índice de Calor (IC), Índice de Desconforto Térmico (IDT), Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e as variáveis climatológicas que estão relacionados

com o conforto térmico humano. Esse estudo foi desenvolvido na cidade de Barbalha, situada na Região Metropolitana do Ceará. Foi utilizado dados históricos do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET para o período de 2016 a 2019. A partir da metodologia de Steadman (1979) e Thom (1959) foi calculado os índices de conforto térmico com utilização do *software* Excel. Os resultados evidenciaram que ao longo do período de estudo, que ocorreu altas temperaturas no município, além de valores elevados de IC, IDT e ITU, caracterizando o município como desconfortável termicamente.

**Palavras-chave:** Geografia Física; Climatologia Urbana; Conforto Ambiental e Bioclimatologia.

### **Abstract**

Brazilian cities have undergone profound changes in soil cover by the accelerated process of urbanization in recent centuries. The growth process of the cities decreased the plant areas, which act essentially in the thermal comfort and well-being of the population, generating changes in thermal sensations. It is in this context that this article is inserted, with the objective of analyzing the Heat Index (CI), Thermal Discomfort Index (RTD), Temperature and Humidity Index (UTI) and the climatological variables that are related to human thermal comfort. This study was carried out in the city of Barbalha, located in the Metropolitan Region of Ceará. Historical data from the National Institute of Meteorology - INMET were used for the period 2016 to 2019. From the methodology of Steadman (1979) and Thom (1959) the thermal comfort indexes were calculated using excel software. The results showed that throughout the study period, high temperatures occurred in the municipality, in addition to high values of HF, RTD and UTI, characterizing the municipality as thermally uncomfortable.

**Keywords:** Physical Geography; Urban Climatology; Environmental Comfort and Bioclimatology.

### **Resumen**

Las ciudades brasileñas han sufrido profundos cambios en la cobertura del suelo por el proceso acelerado de urbanización en los últimos siglos. El proceso de crecimiento de las ciudades disminuyó las áreas vegetales, que actúan esencialmente en el confort térmico y el bienestar de la población, generando cambios en las sensaciones térmicas. Es en este contexto que se inserta este artículo, con el objetivo de analizar el índice de calor (CI), el índice de malestar térmico (RTD), el índice de temperatura y humedad (UTI) y las variables climatológicas relacionadas con el confort térmico humano. Este estudio se llevó a cabo en la ciudad de Barbalha, ubicada

en la Región Metropolitana de Ceará. Los datos históricos del Instituto Nacional de Meteorología - INMET se utilizaron para el período 2016-2019. A partir de la metodología de Steadman (1979) y Thom (1959) los índices de confort térmico se calcularon utilizando software de Excel. Los resultados mostraron que a lo largo del período de estudio, se produjeron altas temperaturas en el municipio, además de altos valores de HF, RTD y UTI, caracterizando el municipio como térmicamente incómodo.

**Palabras clave:** Geografía Física; Climatología Urbana; Confort Ambiental y Bioclimatología.

## 1. Introdução

O processo de urbanização no Brasil iniciou no século XIX e foi intensificado no século XX e XXI, caracterizado como tardio e acelerado modificou o espaço geográfico e consequentemente o clima urbano através da retirada da cobertura vegetal e impermeabilização do solo. O processo de crescimento das cidades diminuiu as áreas vegetais, que atuam de forma essencial no conforto térmico e bem-estar da população, gerando mudanças nas sensações térmicas (Costa Saraiva, Vale & Zanella, 2017).

Esse crescimento acelerado das cidades brasileiras alterou as condições climáticas pelas modificações das propriedades da cobertura do solo (Santos, Cunha, Costa & Souza, 2012). Nas cidades, a cobertura vegetal tem como principal função diminuir o desconforto térmico, desempenhando também funções essenciais como elemento do espaço urbano, como: funções ornamentais, paisagísticas, controle de ruídos, o aumento da umidade do ar, a distribuição adequada dos ventos, filtragem da poluição atmosférica e modificação do microclima (Oliveira, 2013).

Lamberts et al. (1997) afirmam que a forma como se trata o meio ambiente está diretamente relacionada com a qualidade de vida da população. As atividades humanas, sociais, econômicas e culturais marcam os espaços físicos, consequentemente determinam também condições no meio ambiente (Franca, 2013). Essa interação é notada no decorrer dos anos quando, mesmo que lentamente, o meio ambiente começa a reagir causando desequilíbrios ambientais.

As sensações de conforto térmico em ambientes externos acontecem quando as trocas de calor entre o ambiente e os organismos se dão sem complicação, mas pode ser conturbado se as condições ambientais forem alteradas, sendo necessário esforço dos organismos, resultando em uma sobrecarga (Frota & Schiffer, 2003).

Para Matos et al. (2018) o bem-estar e a saúde social está intimamente ligado ao clima urbano, uma vez influenciada pelas variáveis climatológicas, tais como: temperatura, umidade relativa do ar, velocidades dos ventos e intensidade da radiação solar. A compreensão do conforto ambiental contribui com a qualidade de vida da população, agindo no comportamento das pessoas e em sua saúde. Logo, se faz necessário compreender o conforto térmico de uma cidade para um melhor planejamento ambiental e urbanístico, melhorando a qualidade de vida da população e amenização de diversos problemas de saúde que estão relacionados com o conforto ambiental, como: fadiga, esgotamento, insolação e AVC (Conceição & Bitencourt, 2006).

Existem alguns modelos matemáticos que corroboram no estudo do conforto térmico em espaços abertos, os mais eficientes nos trópicos são: Índice de Calor (IC), Índice de Desconforto Térmico (IDT) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU). O Índice de Calor (IC) foi desenvolvido por Steadman (1979), no qual representa a temperatura que os seres humanos sentem a partir da combinação da temperatura máxima com a umidade relativa média do ar.

O Índice de Calor leva em consideração os valores subjetivos de quanto calor se sente quando submetidos a situações em que as temperaturas estão elevadas, com indivíduo à sombra e em condições de vento fraco, levando em consideração, na modelagem da equação, diversos fatores, como: dimensões humanas, área de radiação efetiva da pele, pressão de vapor, velocidade eficaz do vento e radiação (Steadman, 1979).

O Índice de Desconforto Térmico é um modelo matemático proposto por Thom (1959). Esse índice é um modelo matemático empírico que é calculado através da umidade relativa do ar e a temperatura, como também o IC e o ITU, levando em considerações as variáveis temperatura e a umidade relativa do ar (Din et al., 2014). Esses índices podem servir como parâmetros para determinar se um ambiente apresenta conforto térmico para a população (Cavalcante, Anjos, Figueredo, Souza & Nogueira, 2017).

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) é considerado um bom indicador, quando se busca analisar o conforto térmico, por associar a temperatura com a umidade relativa do ar (Azevedo et al., 2005). A grande utilização deste índice ocorre por envolver somente informações climáticas, facilmente encontradas em estações meteorológicas (Oliveira, Junior, Ferreira, Carvalho & Silva, 2006).

O município escolhido para esse estudo está localizado na Região Metropolitana do Cariri, mais especificamente no município de Barbalha, Ceará. Esse estudo tem como objetivo analisar o comportamento da temperatura (°C), umidade relativa do ar (%), Índice de Calor (IC), Índice de Desconforto Térmico (IDT) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) a partir de

dados históricos do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, disponibilizados pela Plataforma BDMEP.

## **2. Metodologia**

### **2.1 Tipo de pesquisa**

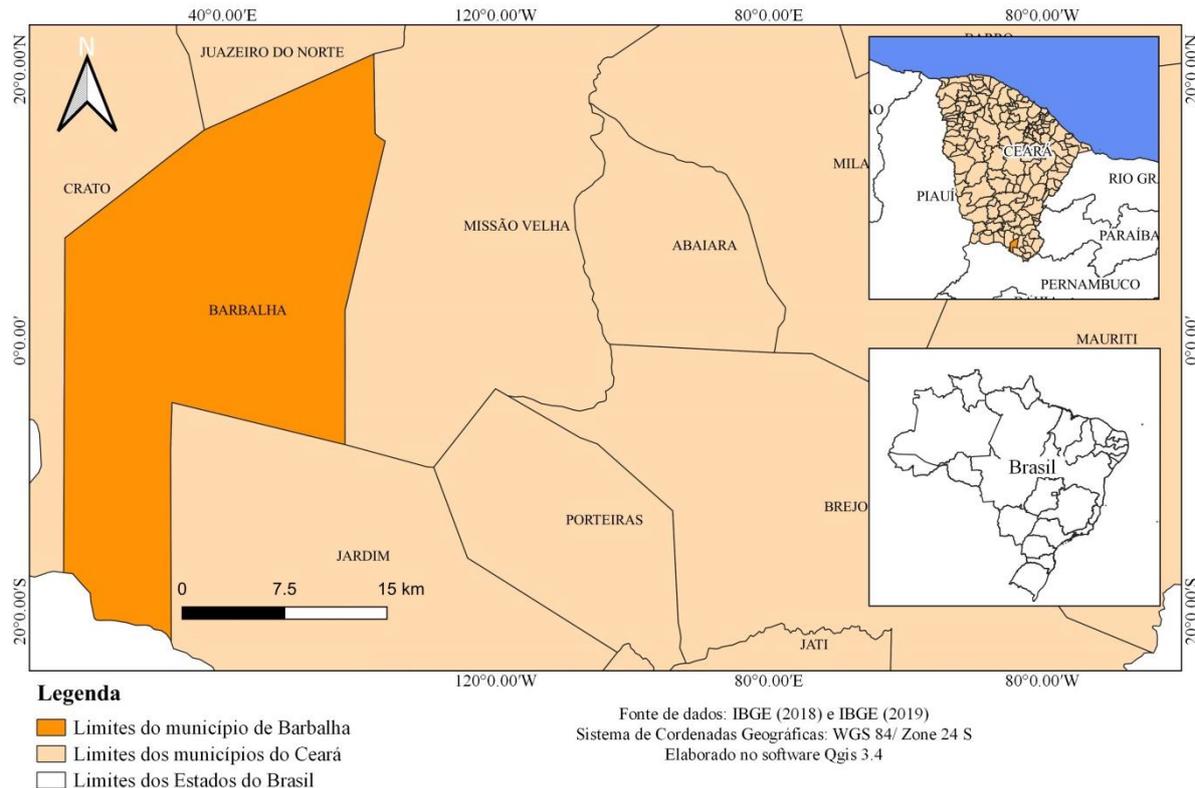
Conforme caracterizam Pereira, Shitsuka, Parreira e Shitsuka (2018) do ponto de vista da natureza, esse trabalho trata de uma pesquisa básica. Pela perspectiva de abordagem, é uma pesquisa quantitativa. Analisando os objetivos essa pesquisa é exploratória. Em relação aos procedimentos técnicos é do tipo estudo de caso.

### **2.2 Descrição da área de estudo**

O presente trabalho foi desenvolvido no município de Barbalha, Ceará (Figura 1) que possui as seguintes coordenadas geográficas 07° 18'40" de Latitude e 39° 18' 15" de Longitude. A altitude média da Região é de 414 metros e localiza-se na Região Metropolitana do Cariri - RMC, situada na mesorregião do sul cearense, ao lado sul da Chapada do Araripe.

O município está dividido em quatro distritos: Caldas, Arajara, Estrela e a sede municipal, com área de 569.508 km<sup>2</sup> e uma população de 60.781 habitantes (IBGE, 2019). O município é caracterizado pela presença de duas importantes unidades geomorfológicas: Chapada do Araripe e Depressão Sertaneja.

**Figura 1:** Mapa de localização da cidade de Barbalha, Ceará.



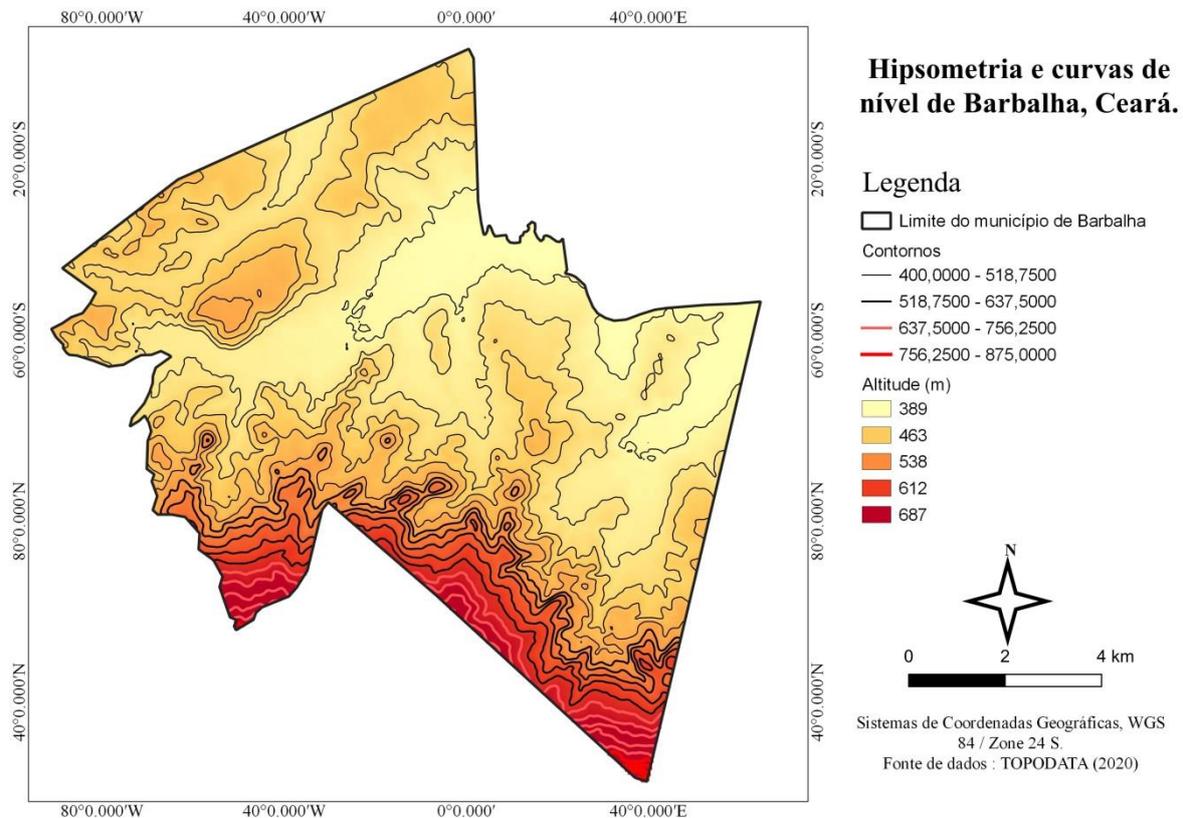
Fonte: Autores, 2020. Elaborado no *software* Qgis 4.3.

Nota-se na Figura 1 as cidades limítrofes de Barbalha: Crato, Juazeiro do Norte, Jardim e Missão Velha, além dos Estados limítrofes do Ceará: Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. De acordo com a classificação de Köppen, o tipo climático é seco semiárido, com predominância Aw, ou seja, tropical e chuvoso, sendo caracterizado pela estação seca no inverno, já que nesta região o período chuvoso coincide com a estação do verão (Matos et al., 2018).

O município está inserido na região fisiográfica do sertão nordestino, com características marcantes pela insuficiência das chuvas, com altas temperaturas, alta evaporação e pelas notórias estações climáticas bem definidas: uma chuvosa e outra seca (Nobre & Melo, 2001). A precipitação média anual do município é de 1047,9 mm, com 66,3% das chuvas entre os meses de janeiro a abril, temperatura média anual de 24,1 °C, oscilando de 22,1 °C em julho a 25,8 °C em novembro (Silva, Medeiros, Silva, Silva & Matos, 2013).

O mapa apresentado na Figura 2 representa a variação de altitude de Barbalha em relação ao nível do mar através de uma graduação de cores, no qual as cores mais claras representam as menores altitudes e as cores mais fortes, como vermelho, representa as maiores altitudes.

**Figura 2:** Hipsometria e curvas de nível do município de Barbalha, Ceará.



Fonte: Autores, 2020. Elaborado no *software* Qgis 4.3.

Através da Figura 2, verifica-se o relevo do município através das altitudes, apresentando as altas elevações, principalmente na Serra do Araripe. A altitude de Barbalha varia de 369 a 687 m de altitude. No Oeste, Sudoeste e Sul as altitudes apresentaram-se como mais elevadas, nas demais áreas as altitudes são mais baixas.

Em relação aos tipos de solo Barbalha possui dois tipos predominantes: latossolo e sedimentar, porém existem diversos tipos de solos secundários, como: os solos aluviais, podzólico vermelho amarelo equivalente eutrófico, solo Litólico, solos indiscriminados de mangues, terra roxa estrutura similar e o latossolo vermelho amarelo (Araújo et al., 2013).

A vegetação do município apresenta carrasco, floresta caducifólia espinhosa, floresta subcaducifólia tropical pluvial, floresta subcaducifólia xeromorfa e floresta subperenifólia tropical pluvio-nebular (Macedo & Pinheiro, 2014).

### 2.3 Procedimentos metodológicos

Para realização do estudo, foi utilizado dados históricos das variáveis climatológicas temperatura do ar e umidade relativa do ar, dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, por meio do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino – BDMEP, referente aos anos 2016 a 2019. Posteriormente a obtenção dos dados, foi realizado os cálculos dos índices por modelos preditivos matemáticos, mais especificamente o cálculo do índice de Calor (Equação 1), Índice de Desconforto Térmico (Equação 2) e Índice de Temperatura e Umidade (Equação 3).

Assim, utilizou-se a metodologia de Steadman (1979) para calcular o índice de calor (Equação 1), fórmula é descrita pela equação abaixo, onde IC é o índice de calor, o T é a temperatura em °C e UR é a umidade relativa do ar em %:

### **Equação 1:**

$$IC = -42,379 + 2,04901523 * T + 10,14333127 * UR - 0,22475541 * T * UR - 6,83783 * 10^{-3} * (T)^2 - 5,481717 * 10^{-2} * (UR)^2 + 1,22874 * 10^{-3} * (T)^2 * UR + 8,5282 * 10^{-4} * T * (UR)^2 - 1,99 * 10 * (T)^2 * (UR)^2$$

Para efetuar o cálculo do Índice de Desconforto Térmico – IDT (Equação 2), foi aplicado a metodologia de Thom (1959), onde o índice é em função da temperatura máxima e umidade relativa do ar. A fórmula é representada pela equação abaixo, no qual o IDT é o índice de desconforto térmico, onde T é a temperatura em °C e UR é a umidade relativa do ar em %:

### **Equação 2:**

$$IDT = T - (0,55 - 0,0055 * UR) * (T - 14,5)$$

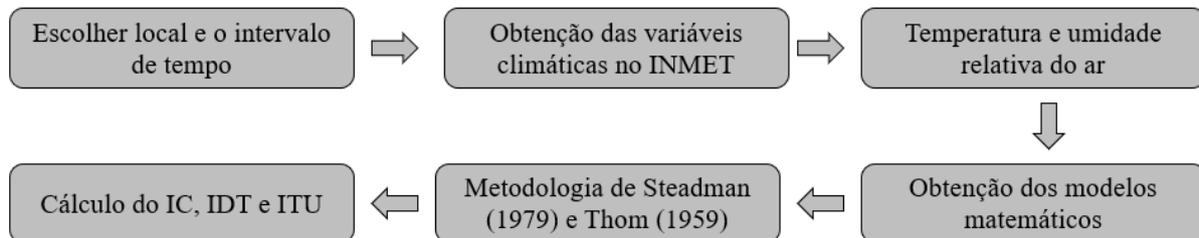
O Índice de Temperatura e Umidade (Equação 3) é aplicada para medir o “stress” em ambiente urbano (Barbirato, Souza & Torres, 2007). A formula é demonstrada pela seguinte equação:

### **Equação 3:**

$$ITU = 0,8 * T + (UR * T) / 500$$

ITU é o índice de desconforto térmico, T é a temperatura em °C e UR é a umidade relativa do ar em %. O esquema metodológico para a concretização dessa pesquisa está representado na Figura 3.

**Figura 3:** Esquema metodológico para os cálculos de conforto térmico.



Fonte: Autores, 2020. Elaborado no PowerPoint.

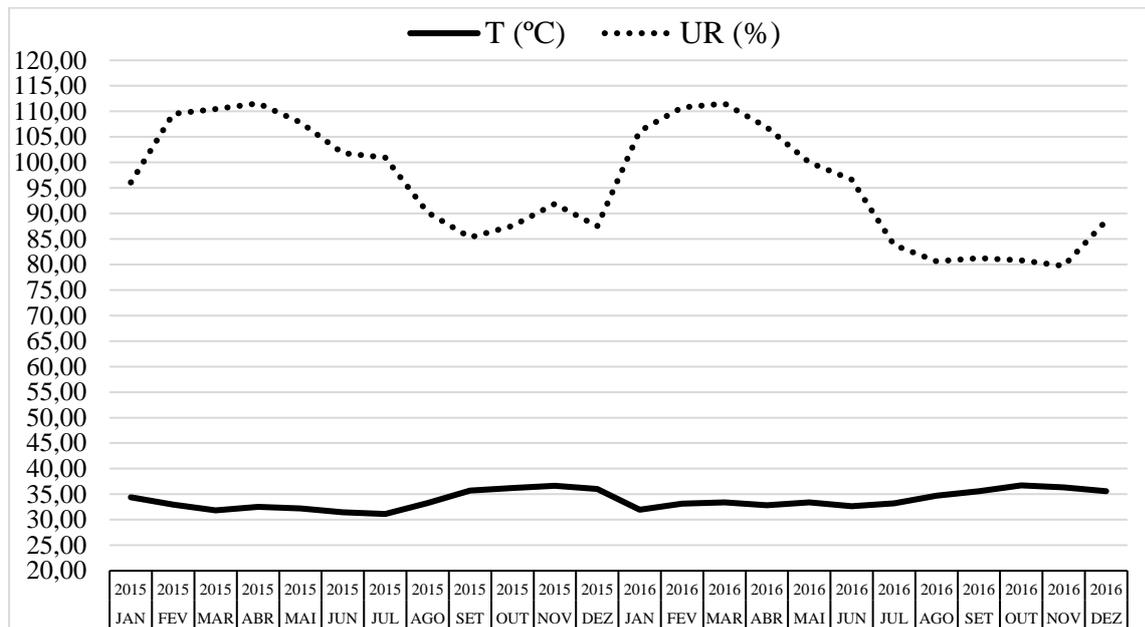
A Figura 3 representa as principais etapas para a quantificação do conforto térmico de um determinado município, podendo ser replicado em qualquer cidade, sendo mais eficiente quando aplicado nos trópicos.

### 3. Resultados e Discussão

A partir da análise dos resultados, verificou-se que os meses com maior temperatura na cidade de Barbalha foram os meses de setembro a dezembro, em 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019 (Gráfico 1, 2 e 3), como também foram os meses com menores valores de umidade relativa do ar no mesmo intervalo de tempo, tendo em vista que a temperatura é inversamente proporcional a umidade relativa do ar, isso acontece devido a umidade do ar ser inversamente proporcional a pressão de saturação de vapor que é diretamente proporcional ao aumento da temperatura.

O município apresentou média de temperatura de 33,56 °C e 71,73% umidade relativa do ar. Para facilitar a análise, os dados iniciais de temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR) foram agrupados em uma sequência de no máximo dois anos. O Gráfico 1 apresenta dos dados relativos aos anos de 2015 e 2016.

**Gráfico 1:** Variação da umidade relativa do ar e temperatura do intervalo de 2015 a 2016 da cidade de Barbalha, Ceará.



Fonte: Autores, 2020. Elaborado no *software* Excel.

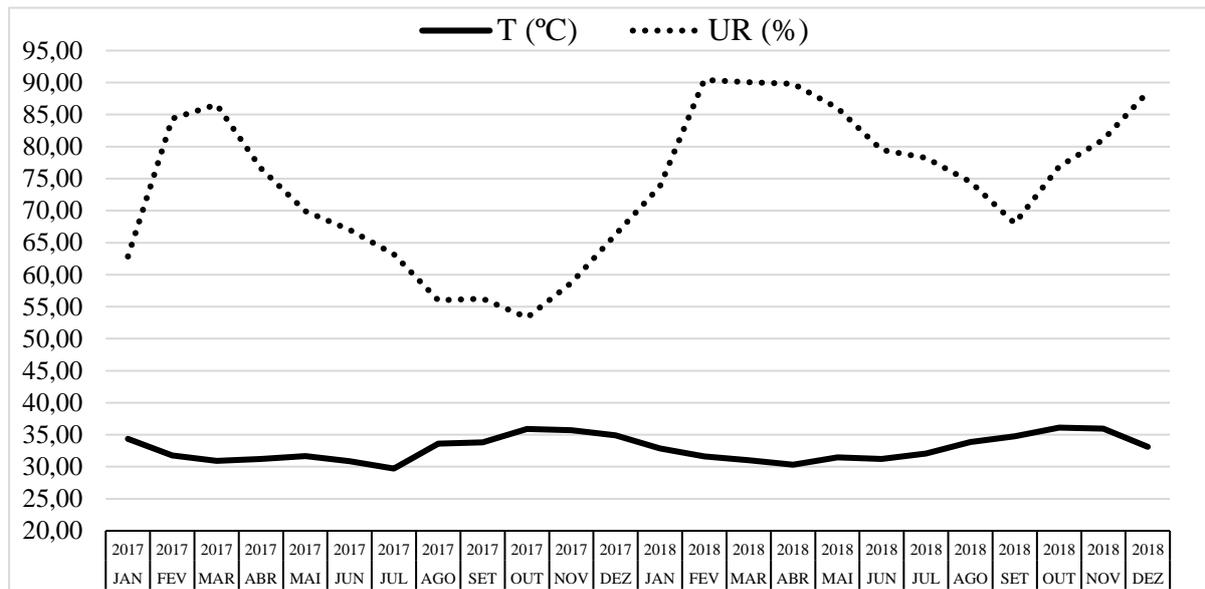
É possível perceber que nos anos de 2015 e 2016, as altas temperaturas estão concentradas entre os meses de setembro e dezembro, apresentando temperaturas acima de 35 °C e temperaturas médias de 33,69 °C e 34,13 °C, respectivamente. Nota-se também pelo Gráfico 1, que nos meses onde as temperaturas são mais elevadas a umidade relativa do ar é mais baixa, agravando o desconforto térmico.

Os valores altos de temperatura do ar podem acarretar em problemas graves de saúde pelo o aumento do metabolismo celular do organismo, como também a produção de calor, fazendo com que o organismo comece a apresentar problemas de saúde, como exemplo alteração na respiração e frequência cardíaca (Santos, Amorim & Barros, 2015).

No mês de setembro de 2015 e nos meses de agosto a novembro de 2016 a umidade relativa do ar, na cidade de Barbalha, esteve abaixo dos 50%, apresentando menor índice (43,41%) no mês de novembro de 2016. Segundo a Organização Mundial de Saúde (WHO, 1996) a umidade relativa do ar, ideal, deve variar entre 50% e 80%, devendo entrar em estado de alerta, quando este valor for inferior a 30%.

Em relação aos anos de 2017 e 2018, percebe-se uma temperatura inferior as apresentadas nos anos anteriores (Gráfico 2).

**Gráfico 2:** Variação da umidade relativa do ar e temperatura do intervalo de 2017 a 2018 da cidade de Barbalha, Ceará.



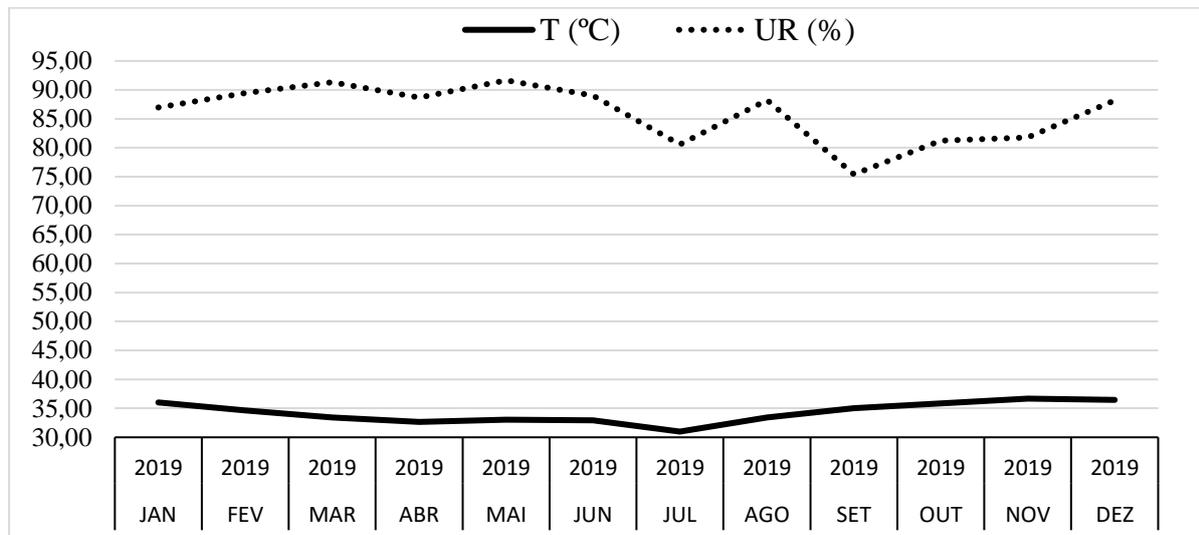
Fonte: Autores, 2020. Elaborado no *software* Excel.

No Gráfico 2 verifica-se que as temperaturas médias foram de 32,88 °C em 2017 e 32,86 °C no ano de 2018. Comparando com os anos de 2015 e 2016, somente os meses de outubro e novembro apresentaram temperaturas acima de 35°C. Em contrapartida, a menor temperatura, 29,72°C no mês de julho de 2017, apresentou uma redução de 4,5% comparada ao mesmo período de 2015.

Em relação à umidade relativa do ar, um fator relevante nos anos de 2017 e 2018 é a frequência acima de UR acima de 80%. No ano de 2017, a UR esteve acima de 80% nos meses de fevereiro e março e no ano de 2018 nos meses de fevereiro, março, abril, maio, novembro e dezembro, chegando ao máximo de 90,42% no mês de fevereiro de 2018, gerando um alto desconforto térmico para os habitantes de Barbalha, pois esses valores não são recomendados pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 1996).

Segundo Nedel e Gonçalves (2008) a umidade relativa do ar muito elevada não gera conforto térmico humano e pode ser fator agravador de doenças respiratórias, visto o maior surgimento de fungos em ambientes úmidos. O Gráfico 3 apresenta os dados referentes ao ano de 2019, em relação à média mensal de temperatura e umidade relativa do ar.

**Gráfico 3:** Variação da umidade relativa do ar e temperatura do ano de 2019 da cidade de Barbalha, Ceará.



Fonte: Autores, 2020. Elaborado no *software* Excel.

Pela análise do Gráfico 3, verifica-se que as temperaturas mais elevadas foram concentradas nos meses de janeiro e setembro a dezembro de 2019, com pico de 36,68 °C no mês de novembro, com média anual de 34,26°C. Um fato que chama atenção é o aumento da umidade relativa do ar que apresentou média anual de 86,04%. Apenas o mês de setembro obteve uma UR abaixo de 80% e o mês de maio atingiu UR máxima de 91,66%. É possível observar, na Tabela 1, a média dos resultados mensais da cidade de Barbalha em relação à T (°C), UR (%), IC (°C), IDT (°C) e ITU (°C).

**Tabela 1:** Média dos resultados mensais do município de Barbalha, Ceará.

ANO	T (°C)	UR (%)	IC (°C)	IDT	ITU
2015	33,69	64,71	42,92	29,92	31,27
2016	34,13	59,77	42,33	29,42	31,35
2017	32,88	66,75	41,67	29,26	30,67
2018	32,86	81,40	48,33	30,7	31,62
2019	34,26	86,04	57,42	31,7	33,3

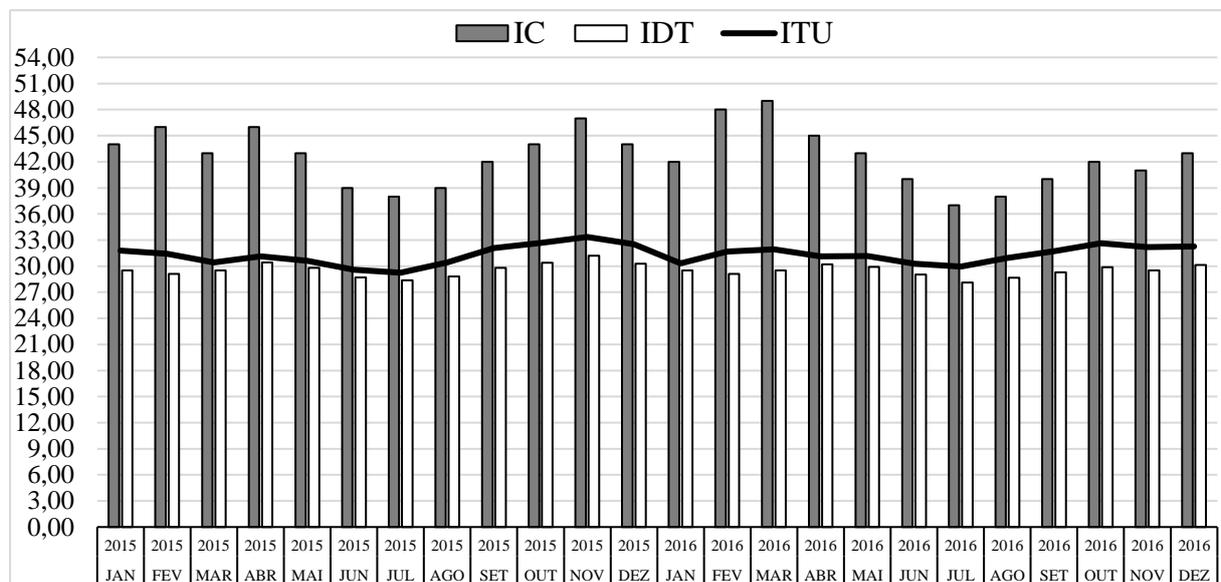
Fonte: Autores, 2020. Elaborado no *software* Excel.

Analisando a Tabela 1, nota-se que os anos com maiores valores de temperatura do ar foram em 2016 e 2019, já os menores valores de umidade relativa do ar foi nos anos de 2015 e

2016. A cidade indicou média de temperatura de 33,56 °C e 71,73% de umidade relativa do ar, 46,53 de IC, 30,2 de IDT e 31,64 de ITU.

O ano de 2019 foi o que apresentou os maiores índices, podendo ser apontado como o ano com maior desconforto térmico para os habitantes de Barbalha, quando analisados os últimos 5 anos. Em relação ao IC, IDT e ITU é possível identificar nos Gráficos 4, 5 e 6, sua variação em relação aos anos de 2015 a 2019.

**Gráfico 4:** Variação do IC, IDT e ITU para o intervalo de 2015 a 2016 da cidade de Barbalha, Ceará.

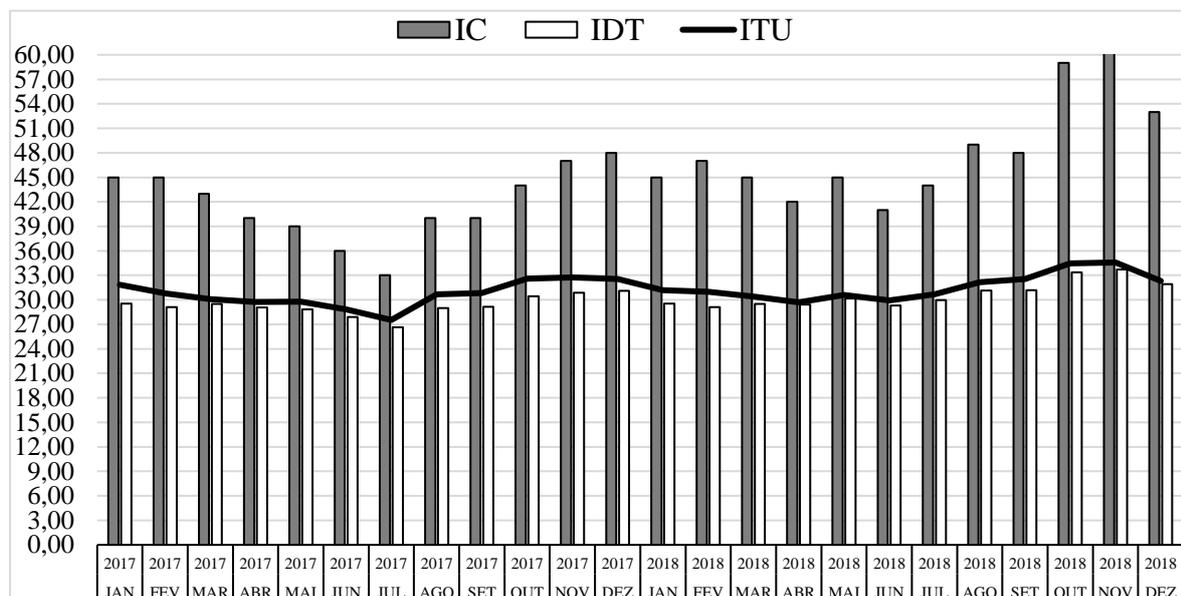


Fonte: Autores, 2020. Elaborado no *software* Excel.

Pela análise do Gráfico 4, percebe-se que os índices se manifestam em formato comportamental matemático de forma distinta. O IC apresenta valores mais elevados, já o IDT e ITU valores próximos a 30 °C. Em 2015, os valores de IC mais elevados foram encontrados nos meses de janeiro a maio e de setembro a novembro, o IDT de abril a maio e de outubro a novembro e o ITU de setembro a dezembro. Nos três índices analisados, os meses de outubro e novembro coincide com os meses mais desconfortáveis termicamente. O resultado é coincidente com as características climatológica das regiões semiáridas, no qual o desconforto térmico está presente em todo o ano e intensificado no segundo semestre.

No ano de 2016, o comportamento foi similar ao ano de 2015, com valores elevados de fevereiro a maio e de agosto a dezembro. O IDT foi elevado de março a maio e de setembro a novembro, igualmente o ITU. O Gráfico 5 apresenta o comportamento dos índices relacionados com o conforto térmico para os anos de 2017 e 2018.

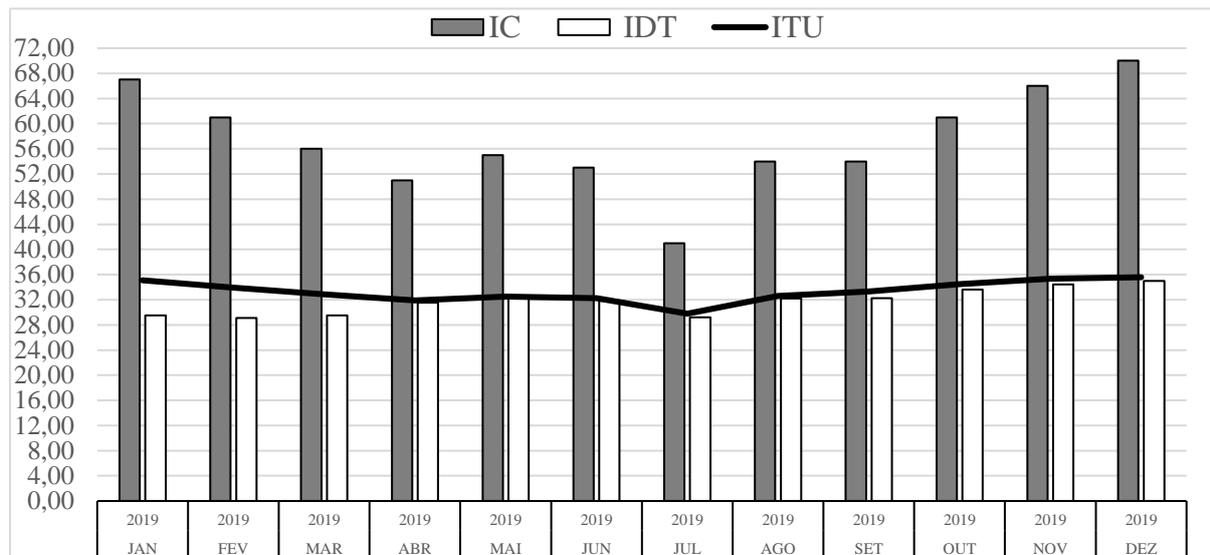
**Gráfico 5:** Variação do IC, IDT e ITU para o intervalo de 2017 a 2018 da cidade de Barbalha/CE.



Fonte: Autores, 2020. Elaborado no *software* Excel.

No Gráfico 5, verifica-se que os índices para os anos de 2017 e 2018 se manifestam em formato comportamental semelhante aos anos interiores, com valores de IC mais elevados no início do ano e no final, o IDT é mais elevado de abril a maio e de outubro a novembro e o ITU de setembro a dezembro. Nos três índices analisados, os meses de outubro e novembro coincide com os meses mais desconfortáveis termicamente. Os índices para o ano de 2019 está apresentado no Gráfico 6.

**Gráfico 6:** Variação do IC, IDT e ITU para o ano 2019 da cidade de Barbalha, Ceará.



Fonte: Autores, 2020. Elaborado no *software* Excel.

O índice de calor (IC) está ligado ao conforto térmico, assim, um alto valor desse índice é capaz de ocasionar inúmeros danos para a população. Comprovou-se, com base nos valores das médias das variáveis climatológicas e dos índices de 2015 a 2019 (Gráfico 4), (Gráfico 5) e (Gráfico 6), que durante todos esses anos os valores de IC foi superior a 40 °C, obtendo valores considerados como extremos perigo (Tabela 2) nos meses de outubro e novembro de 2018 e nos meses de janeiro, fevereiro, março, maio, outubro, novembro e dezembro de 2019, atingindo um pico (IC = 70) no mês de dezembro de 2019. A Tabela 2 apresenta a relação do índice de Calor com possíveis sintomas fisiológicos em altas temperaturas e em extremos de umidade relativa do ar.

**Tabela 2:** Relação do IC com possíveis sintomas fisiológicos a população.

IC	Nível de perigo	Síndrome de calor
< 27 °C	Ausência	Ausência
27 - 32 °C	Atenção	Fadiga
32 - 41 °C	Muito cuidado	Esgotamento e insolação
41 - 54 °C	Perigo	Esgotamento, insolação, possibilidade de AVC
> 54 °C	Extremo perigo	Insolação e AVC eminente

Fonte: Queiroga (2019). Elaborado no *software* Excel.

É importante visualizar na Tabela 2 os riscos causados pelo desconforto térmico humano, valores extremos de temperatura e umidade do ar podem acarretar em diversos riscos a qualidade de vida. No período analisado, 18% dos meses estavam em um nível que exigia muito cuidado; 67% apresentava um nível de perigo; e 15% um nível de extremo perigo, em relação ao IC, sendo capaz de provocar grandes riscos à saúde da população como fraqueza, tonturas, náuseas, dor de cabeça, câimbras, acidente vascular cerebral e entre outros.

IDT por sua vez, apontou valores muito elevados, com valores superiores a 29 °C nos cinco anos. A Tabela 3 apresenta os valores de IDT que estão relacionados com níveis de desconforto térmico.

**Tabela 3:** Nível de desconforto térmico.

IDT	Nível de desconforto térmico
<14.9 °C	Desconfortável
15 - 19.9 °C	Confortável
20 - 26.4 °C	Conforto parcial
> 26.5 °C	Desconfortável

Fonte: Cavalcante et al. (2017). Adaptados pelos autores, 2020.

De acordo com a Tabela 3, possui desconforto térmico quando os valores são superiores a 26,5 °C. O ITU proporciona quantificar o “stress” do ambiente (Barbirato, Souza & Torres, 2007). Nota-se que, com base no cálculo do ITU da cidade de Barbalha (Gráfico 4), (Gráfico 5) e (Gráfico 6), que o município indica extremo desconforto térmico (Tabela 4) nos anos analisados.

**Tabela 4:** Nível de conforto térmico em função do ITU.

ITU	Nível de Conforto
21 < ITU < 24	Confortável
24 < ITU < 26	Levemente desconfortável
ITU > 26	Extremamente desconfortável

Fonte: Nóbrega e Verçosa (2011). Elaborado no *software* Excel.

Nota-se que a população da cidade de Barbalha, Ceará no período de estudo encontrou-se exposta ao desconforto térmico, provocando riscos para a saúde da população. De acordo com Cavalcante et al. (2017) o índice de calor está correlacionado com níveis de alerta inúmeros

sintomas fisiológicos, com o IC inferior a 27 °C, não existiram riscos; com o IC de 27 a 32 °C, possui risco de atenção; com o IC de 32 a 41,1 °C, muito cuidado; com o IC de 41,1 a 54 °C existe perigo; com o IC superior a 54 °C possui extremo perigo. Existe uma relação do índice de desconforto térmico (IDT) com o nível de conforto térmico. Segundo os autores,  $IDT < 14,9$  é desconfortável;  $15,0 < IDT < 19,9$  é confortável;  $20,0 < IDT > 26,4$  é parcialmente confortável e  $IDT > 26,5$  é desconfortável.

Durante todo período que foi realizado o estudo, os índices apresentaram valores não favoráveis à qualidade de vida da população. Desse modo, a arborização urbana é um importante atenuante dessa problemática podendo contribuir com o conforto térmico, exercendo um papel fundamental na qualidade de vida da população, atuando na diminuição da temperatura das cidades, baixando o Índice de Calor (IC), o Índice de Desconforto Térmico (IDT) e o Índice de Temperatura e Umidade (ITU).

#### **4. Considerações Finais**

O município de Barbalha indicou temperatura de 33,56 °C, 71,73% de umidade relativa do ar, 46,53 °C no índice de calor, 30,2 de índice de desconforto térmico e 31,64 de índice de temperatura e umidade. Os valores apresentados são apontados pela literatura como altos, sendo responsável por ocasionar efeitos prejudiciais para toda a população, podendo listar o mês de agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro como os meses que representaram os valores mais altos. Sendo assim, baseados nas análises dos resultados obtidos, nota-se que no decorrer do período de estudo da cidade de Barbalha/CE, atingiu elevadas temperaturas, os valores de IC, IDT e ITU muito alto, sendo determinado com desconforto térmico, estando ligada a vários problemas de saúde.

Recomenda-se que sejam implementados projetos de arborização no município de Barbalha - CE, para melhoria da qualidade de vida da sua população. A arborização é uma forma natural de amenizar as consequências negativas destas alterações ambientais, tendo em vista que a cobertura vegetal corrobora na melhoria das variáveis climatológicas que influenciam o conforto térmico, especialmente com espécies nativas pois poderão se transformar em corredores ecológicos e atrair fauna local, contribuindo a manutenção da biodiversidade.

Sugere-se para futuros trabalhos um estudo do campo térmico no município de Barbalha com utilização de Geotecnologias para avaliação do processo de urbanização na cidade e os efeitos ligados ao campo térmico e a presença das ilhas de calor urbano.

## Referências

Araújo, A. O., Mendonça, L. A. R., Lima, M. G. D. S., Feitosa, J. V., Silva, F. J. A. D., Ness, R. L. L., & Kerntopf, M. R. (2013). Modificações nas propriedades dos solos de uma área de manejo florestal na Chapada do Araripe. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37(3), 754-762.

Azevedo, M. D., Pires, M. D. F. Á., Saturnino, H. M., Lana, Â. M. Q., Sampaio, I. B. M., Monteiro, J. B. N., & Morato, L. E. (2005). Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras  $1/2$ ,  $3/4$  e  $7/8$  Holandês-Zebu em lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(6), 2000-2008.

Barbirato, G. M., de Souza, L. C. L., & Torres, S. C. (2007). *Clima e cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos*. UFAL.

Cavalcante, F. M. S., dos Anjos, I. B. M., Figueredo, M. L., de Souza, V. A., Nogueira, V. F. B. (2017). Análise do Índice de Calor e Desconforto Térmico na cidade de Caicó-RN. *II Congresso Internacional da diversidade do semiárido, Campina Grande, PB, Brasil*.

Conceição, R. A. F., & Bitencourt, D. P. (2006). Análise de um período quente no estado de Santa Catarina através do cálculo do Índice de Calor. In *Congresso Brasileiro de Meteorologia* (Vol. 14).

Costa Saraiva, A. L. B., do Vale, C. C., & Zanella, M. E. (2017). Comportamento dos Elementos Climáticos no Município de Mossoró (RN) e os Impactos na Saúde Humana. *Revista GeoInterações*, 1(1), 87-105.

Din, M. F. M., Lee, Y. Y., Ponraj, M., Ossen, D. R., Iwao, K., & Chelliapan, S. (2014). Thermal comfort of various building layouts with a proposed discomfort index range for tropical climate. *Journal of thermal biology*, 41, 6-15.

Franca, G. L. (2016). Condições climáticas em Juazeiro do Norte-CE: A Formação de Ilha de Calor. *Id on Line Revista Multidisciplinar e de Psicologia*, 10(31), 259-278.

Frota, A. B., & Schiffer, S. R. (1995). *Manual de conforto térmico*. Studio Nobel.

IBGE. (2019). *Panorama da cidade de Barbalha*. Acesso em 19 março, em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/barbalha/panorama>.

INMET. (2019). *Banco de dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa*. Acesso em 19 março, em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>.

Lamberts, R., Goulart, S., Dutra, L., de Andrade, S., Pereira, F., & Barbosa, M. (1997). Building Bioclimatology in Brazil. In *14 th International Conference on Passive and Low Energy Architecture. PLEA* (Vol. 97, pp. 203-208).

Macedo, J. A., & de Carvalho Pinheiro, D. R. (2014). O Geoparque Araripe e o seu impacto no desenvolvimento local: Barbalha, Brasil. *Geografia Ensino & Pesquisa*, 18(2), 145-162.

Matos, R. M., da Silva, P. F., Borges, V. E., Sobrinho, T. G., Saboya, L. M. F., & Neto, J. D. (2018). Uso de sistemas de classificação climática para o município de Barbalha-CE (Use of climate classification systems for the municipality of Barbalha–CE). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11(3), 877-885.

Monteiro, L., & Alucci, M. (2005). Procedimentos para quantificação de variáveis para análise termofisiológica. *Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído*, 8.

Nedel, A. S., & Gonçalves, F. L. T. (2008). Condições meteorológicas favoráveis à ocorrência de doenças respiratórias em crianças da cidade de São Paulo.

Nobre, P., & Melo, A. D. (2001). Variabilidade climática intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. *Revista Climanálise*, ano, 2.

Nóbrega, R. S., & Verçosa, T. (2011). O microclima e o (des) conforto térmico em ambientes abertos na cidade do Recife. *Revista de Geografia*, 28(1), 93-109.

Oliveira, L. M., Yanagi Junior, T., Ferreira, E., Carvalho, L. G. D., & Silva, M. P. D. (2006). Zoneamento bioclimático da região sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano. *Engenharia Agrícola*, 26(3), 823-831.

Oliveira, T. H. (2013). Evolução espaço-temporal da cobertura vegetal e do processo de urbanização no município do Recife-PE utilizando o Índice de Vegetação Ajustado. *XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil*.

Pereira, A.S., Shitsuka, D.M., Parreira, F.J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Acesso em 5 março, em [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic\\_Computacao\\_MetodologiaPesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_MetodologiaPesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1).

Queiroga, D. Q. (2019). Índice de calor e desconforto térmico humano nas condições de ambiente natural em Patos, PB, Brasil.

Santos, J. B., de Amorim, R. F. C., & Barros, H. (2015). Análise temporal da sensação térmica nas cidades de patos e São gonçalo (Sousa), Paraíba, Brasil.

Santos, K. P. C., da Cunha, A. C., da Costa, A. C. L., & de Souza, E. B. (2012). Índices de tendências climáticas associados à “ilha de calor” em Macapá-AP (1968-2010). *Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)*, (23), 1-16.

Silva, J. A. S., Medeiros, R. M., Silva, A. O., Silva, J. W. O. S., & Matos, R. M. (2013). Oscilações no regime da precipitação pluvial no município de Barbalha-CE. *I Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido-SBRNS*, 22.

Steadman, R. G. (1979). The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. *Journal of applied meteorology*, 18(7), 861-873.

Thom, E. C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, 12(2), 57-61.

World Health Organization. (1996). Updating and revision of the Air Quality Guidelines for Europe. *Report on a WHO Working Group on Volatile Organic Compounds. Brussels, Belgium, 2-6.*

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

Eduarda Morais da Silva – 25 %

Eliezio Nascimento Barboza – 20%

João Marcos Pereira de Morais – 20 %

Jefferson Heráclito Alves de Souza – 20%

Bruno Barbosa de Oliveira – 15%