ReGeo ISSN: 2177-3246

ESTIMATIVA DOS ÍNDICES DE CALOR (IC) E DE TEMPERATURA E UMIDADE (ITU) APLICADOS AO CONFORTO TÉRMICO HUMANO NO MUNICÍPIO DE BARRA-BA NO PERÍODO DE 1961 A 2024

ESTIMATION OF HEAT INDEX (HI) AND TEMPERATURE HUMIDITY INDEX (THI) APPLIED TO HUMAN THERMAL COMFORT IN THE MUNICIPALITY OF BARRA-BA FOR THE PERIOD FROM 1961 TO 2024

ESTIMACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CALOR (IC) E ÍNDICE DE TEMPERATURA Y HUMEDAD (ITU) APLICADOS AL CONFORT TÉRMICO HUMANO EN EL MUNICIPIO DE BARRA-BA EN EL PERÍODO DE 1961 A 2024

https://doi.org/10.56238/revgeov17n9-074

Data de submissão: 16/08/2026 **Data de publicação:** 16/09/2026

Luciana Bezerra de Lima
Mestranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental-PPGECEA
Instituição: Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
E-mail: lbdlimaengenharia@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0009-0008-6320-2888
Lattes: http://lattes.cnpq.br/0480788682743782

Rosangela Leal Santos
Doutora em Engenharia dos Transportes
Instituição: Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
E-mail: rosaleal@uefs.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-9165-2148
Lattes: http://lattes.cnpq.br/1808172026381201

Silas de Andrade Pinto
Doutor em Engenharia Civil
Instituição: Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
E-mail: sapinto@uefs.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-0445-1872
Lattes: http://lattes.cnpq.br/9835357828101626

Susane Eterna Leite Medeiros
Doutora em Física
Instituição: Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
E-mail: selmedeiros@uefs.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-8776-9343
Lattes: http://lattes.cnpq.br/1296329216240317

RESUMO
Nas últimas décadas, o processo acelerado de urbanização tem provocado profundas transformações nos espaços geográficos, resultando em alterações nos padrões das variáveis climáticas. É sob essa perspectiva que se insere o presente estudo, cujo objetivo é analisar o índice de calor (IC) e o índice de temperatura e umidade (ITU) no município de Barra, localizado no estado da Bahia, com o intuito de avaliar o conforto térmico humano em função das condições atmosféricas. A escolha da área se deve

à importância da cidade para a região e às suas condições geográficas e climáticas. Para isso, foram utilizados dados históricos médios mensais de temperatura do ar e umidade relativa do ar no período de 1961 a 2024, provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A metodologia empregada para o cálculo dos índices foi a de Steadman (1979) e Thom (1959). Os resultados evidenciam que, ao longo do período analisado, o município apresentou valores elevados de temperatura média do ar, refletindo-se nos índices, com valores superiores ao limite considerado adequado para a saúde humana. Essas análises reforçam a necessidade de políticas públicas voltadas à mitigação dos efeitos do desconforto térmico nas áreas urbanas.

Palavras-chave: Conforto Térmico. Mudanças Climáticas e Sensação Térmica.

ABSTRACT
In recent decades, the accelerated urbanization process has caused profound transformations in geographical spaces, resulting in changes in the patterns of climatic variables. It is from this perspective that the present study is framed, whose objective is to analyze the heat index (HI) and the temperature-humidity index (THI) in the municipality of Barra, located in the state of Bahia, with the aim of assessing human thermal comfort based on atmospheric conditions. The choice of the area is due to the importance of the city for the region and its geographical and climatic conditions. For this purpose, historical monthly average data of air temperature and relative air humidity for the period 1961 to 2024, obtained from the National Institute of Meteorology (INMET), were used. The methodology employed for calculating the indices was that of Steadman (1979) and Thom (1959). The results show that, throughout the analyzed period, the municipality presented high values of average air temperature, reflected in the indices, with values exceeding the limit considered adequate for human health. These analyses reinforce the need for public policies aimed at mitigating the effects of thermal discomfort in urban areas.

Keywords: Thermal Comfort. Climate Change. Thermal Sensation.

RESUMEN
En las últimas décadas, el proceso acelerado de urbanización ha provocado profundas transformaciones en los espacios geográficos, resultando en cambios en los patrones de las variables climáticas. Es desde esta perspectiva que se inserta el presente estudio, cuyo objetivo es analizar el índice de calor (IC) y el índice de temperatura y humedad (ITU) en el municipio de Barra, ubicado en el estado de Bahía, con el fin de evaluar el confort térmico humano en función de las condiciones atmosféricas. La elección del área se debe a la importancia de la ciudad para la región y sus condiciones geográficas y climáticas. Para esto, se utilizaron datos históricos promedios mensuales de temperatura del aire y humedad relativa del aire en el período de 1961 a 2024, provenientes del Instituto Nacional de Meteorología (INMET). La metodología empleada para el cálculo de los índices fue la de Steadman (1979) y Thom (1959). Los resultados evidencian que, a lo largo del período analizado, el municipio presentó valores elevados de temperatura promedio del aire, reflejándose en los índices, con valores superiores al límite considerado adecuado para la salud humana. Estos análisis refuerzan la necesidad de políticas públicas dirigidas a la mitigación de los efectos del disconfort térmico en las áreas urbanas.

Palabras clave: Confort Térmico. Cambio Climático. Sensación Térmica.

1 INTRODUÇÃO

A preocupação do homem com o conforto térmico é muito antiga. Um exemplo disso é a obra escrita por Walter Berman, em 1845, "*History and Art of Warming and Ventilation Rooms and Buildings*". Nela, o autor previa que a criação e o controle de ambientes climáticos assu-miriam a dimensão de uma ciência que contribuiria para o desenvolvimento da humanidade, para a preservação da saúde e longevidade dos seres humanos.

As mudanças climáticas têm um impacto direto na saúde humana, afetando desde a qualidade do ar até a incidência de doenças transmitidas por vetores, como a dengue (Torres *et al.,* 2021). O aumento da temperatura em áreas específicas de centros urbanos está diretamente relacionado a uma série de fatores antrópicos e ambientais. Entre os principais, destacam-se a escassez de cobertura vegetal, que reduz a evapotranspiração e a capacidade de sombreamento, as modificações no uso e ocupação do solo, que substituem superfícies permeáveis por materiais de alta capacidade térmica como o concreto e o asfalto e a verticalização das cidades, que dificultam a circulação de massas de ar e comprometem a ventilação natural (De Cassi-miro, 2022).

Tais modificações influenciam diretamente o conforto térmico humano, que depende da interação entre parâmetros ambientais e características fisiológicas do corpo humano. Este impacto tem se tornado mais evidente com a intensificação de eventos extremos caracterizados por períodos prolongados com temperaturas elevadas, que vêm atingindo populações em escala global. Esses eventos ocorrem em um cenário de aquecimento global contínuo, em que as temperaturas médias globais aumentam progressivamente, impulsionadas principalmente pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE), como dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), entre outros, especialmente desde a Revolução Industrial (1750), promovendo desequilíbrios nos sistemas climáticos regionais e globais (Medeiros, 2019).

O Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) reforça que as alterações nos padrões das variáveis climáticas, como temperatura e precipitação, impactam os processos hidrológicos e, por consequência, interferem no desenvolvimento da sociedade. Eventos como ondas de calor, expansão de zonas de clima árido, períodos de secas e aumento na intensidade pluviométrica estão tornando-se cada vez mais frequentes e alarmantes (IPCC, 2021). As previsões sobre mudanças climáticas descritas nos últimos relatórios indicaram que a porção tropical da América do Sul, incluindo a maior parte do território brasileiro, seria a região mais afetada em termos de temperatura, com uma elevação de cerca de 2 a 6°C (IPCC, 2023). Os impactos já estão sendo sentidos e preocupam os estudiosos sobre o futuro e a conservação da biodiversidade brasileira.

De acordo com Ribeiro *et al.* (2023), é possível perceber um padrão bem característico no aumento da temperatura da terra. Com isso, há a necessidade de avaliar as alterações climáticas para melhorar as condições para o conforto térmico, principalmente nos grandes centros urbanos. O conforto bioclimático está relacionado ao bem-estar percebido em um ambiente. Portanto, variações nos padrões desses parâmetros climáticos podem afetar a qualidade ambiental (Silva *et al.,* 2023).

Franca (2015) relata que as atividades humanas (sociais e econômicas) marcam os espaços físicos e, consequentemente, influenciam as condições do meio ambiente. Logo, se faz necessário compreender as condições climáticas de uma região para um melhor planejamento urbano, corroborando com a qualidade de vida da população e diminuindo diversos problemas de saúde que estão relacionados com o tema. Existem alguns modelos matemáticos na literatura que relacionam o índice de calor e o conforto térmico. Esses modelos utilizam variáveis como temperatura do ar e umidade relativa do ar para estimar a sensação térmica percebida pelos indivíduos e em como impactam no bem-estar humano (Antonucci, 2024).

O índice de calor (IC) é um indicador que combina a temperatura do ar e a umidade relativa, com o intuito de determinar a temperatura equivalente percebida pelo homem. Foi desenvolvido em 1978 por George Winterling como o "*humiture*" e foi adotado pelo Serviço Nacional de Meteorologia dos Estados Unidos da América um ano depois, derivado do trabalho realizado por Robert G. Steadman.

O índice de temperatura e umidade (ITU), proposto por Thom em 1959, foi concebido como um instrumento para quantificar o desconforto térmico humano em ambientes quentes. Com o avanço dos estudos em bioclimatologia, o ITU passou a ser um indicador dos limiares fisiológicos associados à termorregulação, especialmente no que diz respeito à capacidade do corpo humano de dissipar calor por meio da evaporação do suor. O ITU considera a temperatura do ar e a umidade relativa como variáveis, uma vez que a umidade influencia diretamente a eficiência da sudorese como mecanismo de resfriamento evaporativo (Oliveira *et al*. 2021). Diferentemente do índice de calor, que prioriza a percepção subjetiva da sensação térmica, o ITU é utilizado como um indicador objetivo do risco fisiológico, em contextos de exposição ao calor (Figueiredo *et al*. 2024).

Estudar esses índices é crucial para o planejamento urbano, pois permite a criação de estratégias que mitigam os efeitos adversos das mudanças climáticas, promovendo ambientes mais saudáveis e confortáveis para a população urbana. Diante do exposto, o objetivo desse artigo é analisar o índice de calor (IC) e o índice de temperatura e umidade (ITU), para avaliar o conforto térmico no município de Barra no estado da Bahia. Este estudo busca fornecer dados essenciais para que engenheiros e urbanistas possam desenvolver projetos que atendam às especificações de conforto térmico,

promovendo a qualidade de vida e o bem-estar humano, além de contribuir para o desenvolvimento de edificações mais sustentáveis e energeticamente eficientes, principalmente em cidades com temperaturas elevadas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONFORTO TÉRMICO

O conceito de conforto térmico, amplamente debatido nas ciências ambientais e na engenharia, remonta à definição proposta por Fanger (1972), segundo a qual se trata de uma condição fisiológica na qual o indivíduo expressa um nível aceitável de satisfação com o ambiente térmico. Esta concepção, que associa o conforto térmico à percepção subjetiva de bem-estar corporal, é corroborada e expandida pela norma americana ANSI/ASHRAE 55 (2020), que o define como um estado mental que reflete o grau de contentamento do indivíduo em relação às condições térmicas do ambiente.

A investigação científica do conforto térmico, especialmente por meio da formulação de índices específicos, consolidou-se a partir da segunda metade do século XX, em um contexto marcado pela intensificação dos processos produtivos durante a Revolução Industrial. Nesse período, o aprimoramento das condições térmicas nos ambientes laborais tornou-se estratégico para o aumento da produtividade industrial (Lima *et al.*, 2019). Os primeiros modelos analíticos desenvolvidos buscavam representar, ainda que de forma simplificada, as interações entre as variáveis meteorológicas e os processos de troca de calor entre o corpo humano e seu entorno. Tais modelos baseavam-se nos princípios fundamentais da termodinâmica, aplicando-os ao estudo da transferência de energia entre o organismo humano e o ambiente térmico imediato (Coccolo *et al.*, 2016).

No Brasil, os estudos pioneiros sobre conforto térmico datam da década de 1930, destacando-se, nesse contexto, o trabalho de Paulo Sá e Benjamim Ribeiro, que conduziram pesquisas de campo no Rio de Janeiro visando correlacionar distintos métodos de avaliação do conforto térmico em ambientes reais (Oliveira e Labaki, 2003; Sá, 1938; Ribeiro, 1945). Os dados empíricos oriundos desses estudos serviram de subsídio para pesquisas posteriores, como as conduzidas por Humphreys (1976), cujo trabalho teve papel fundamental na formulação de modelos preditivos de conforto térmico com adaptações referentes às condições climáticas específicas (Oliveira e Labaki, 2003; Humphreys, 1976).

Ao longo das últimas décadas, um conjunto expressivo de índices térmicos foi introduzido na literatura científica, refletindo diferentes abordagens metodológicas sobre o fenômeno térmico e sua interação com o corpo humano (Coccolo *et al*., 2016; De Freitas e Grigorieva, 2017; Potchter *et al.,* 2018). Tais índices foram desenvolvidos com foco em distintas finalidades: a avaliação da sensação

térmica, a quantificação do conforto e, especialmente, a mensuração do estresse térmico a que os indivíduos estão submetidos (De Freitas, 2015). Entre os mais utilizados, destacam-se o índice de calor (IC), concebido por Steadman (1979), particularmente eficaz para ambientes com temperaturas elevadas, bem como o índice de temperatura e umidade (ITU), proposto por Thom (1959), voltado para a identificação do potencial de estresse térmico. A formulação desses índices, em geral, baseia-se em variáveis meteorológicas fundamentais, como a temperatura do ar, e a umidade relativa do ar, elementos que, em interação, configuram as condições térmicas percebidas pelos indivíduos.

De acordo com Santos *et al.* (2020), o Brasil tem enfrentado um aumento significativo na ocorrência e duração de ondas de calor desde a década de 1990. Esses eventos extremos de temperatura têm se tornado mais intensos e persistentes, em consonância com os efeitos das mudanças climáticas globais, e apresentam implicações diretas para a saúde pública. O estudo revela uma correlação clara entre os períodos de calor extremo e o aumento nas taxas de mortalidade, especialmente em populações vulneráveis, como idosos, crianças, indivíduos com comorbidades, residentes em áreas densamente povoadas e comunidades de baixa renda, grupos frequentemente expostos a ambientes urbanos com pouca arborização, infraestrutura inadequada e baixa capacidade adaptativa (Alves *et al.*, 2025).

Diante dos desafios ambientais contemporâneos e do crescente consumo energético, pesquisadores têm adotado os índices como um indicador para avaliar o desconforto térmico (Cheng *et al*., 2012; Middel *et al*., 2016; Lau *et al*., 2019; Rossetti *et al*., 2017). Ghalhari e Pirposhted (2022) também destacam a aplicabilidade desses índices não apenas para seres humanos, mas também para animais, reforçando seu papel como ferramenta essencial no desenvolvimento de estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas em ambientes urbanos e rurais.

2.2 ÍNDICE DE CALOR

O índice de calor (IC) combina temperatura do ar e a umidade relativa do ar, para estimar a intensidade do calor percebida pelo ser humano (Deepak *et al.,* 2018). Muitos estudos têm se dedicado a avaliar a distribuição e os efeitos dessas mudanças através do cálculo do índice de calor (Mandu *et al.*, 2021; Lucena *et al.*, 2020; Lau *et al.*, 2019). Os critérios para comparar os níveis de alerta quanto aos efeitos na saúde humana do índice de calor podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Níveis de alerta do índice de calor (IC) e suas consequências à saúde humana.

Níveis de Alerta	Índice de calor	Sintomas
Não há alerta	Inferior a 27,0 ºC	Não há problemas;
Cautela	27,1º - 32,0 ºC	Possível fadiga em casos de exposições prolongadas e prática de atividades físicas;
Cautela Extrema	32,1º - 41,0 ºC	Insolação para exposições prolongadas e atividades físicas;
Perigo	41,1º - 54,0 ºC	Câimbras, insolação e provável esgotamento. Possibilidade de dano cerebral com risco de Acidente Vascular Cerebral (AVC) para exposições prolongadas com atividades físicas;
Perigo Extremo	Acima de 54,0 ºC	Insolação ou ação e risco de AVC iminente

Fonte: Adaptado de Nóbrega e Lemos (2011).

2.3 ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE

O índice de temperatura e umidade (ITU) é um indicador térmico que corresponde a um modelo matemático que analisa conforto térmico em ambientes urbanos. Foi desenvolvido por Thom (1959), para avaliar o conforto humano, baseado em condições ambientais, estabelecendo três níveis de conforto para o ambiente. Contudo, não apresenta uma classificação para valores inferiores a 21°C, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2. Níveis de conforto térmico em função do Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

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

Fonte: Adaptado de Nóbrega e Lemos (2011).

O índice de temperatura e umidade pode contribuir para a análise do nível do conforto térmico devido à variabilidade climática. Esse índice está sendo utilizado em várias pesquisas (Kurger *et al.,* 2021; Oliveira *et al.* 2018*;* Azevedo *et al.*, 2015).

A principal vantagem desses índices reside na sua aplicabilidade simplificada, uma vez que não requerem a coleta de variáveis fisiológicas humanas. Esses índices baseiam-se em classificações climáticas e são utilizados para a delimitação espacial das zonas de conforto térmico humano, permitindo análises ambientais com maior abrangência e menor complexidade metodológica.

A diferença entre o índice de calor (IC) e o índice de temperatura e umidade (ITU), no contexto da avaliação do conforto térmico humano, reside tanto na complexidade dos parâmetros considerados quanto nos objetivos específicos de cada índice. O IC, representa a temperatura aparente percebida pelo organismo humano, resultante da interação entre a temperatura do ar e a umidade relativa. Já o

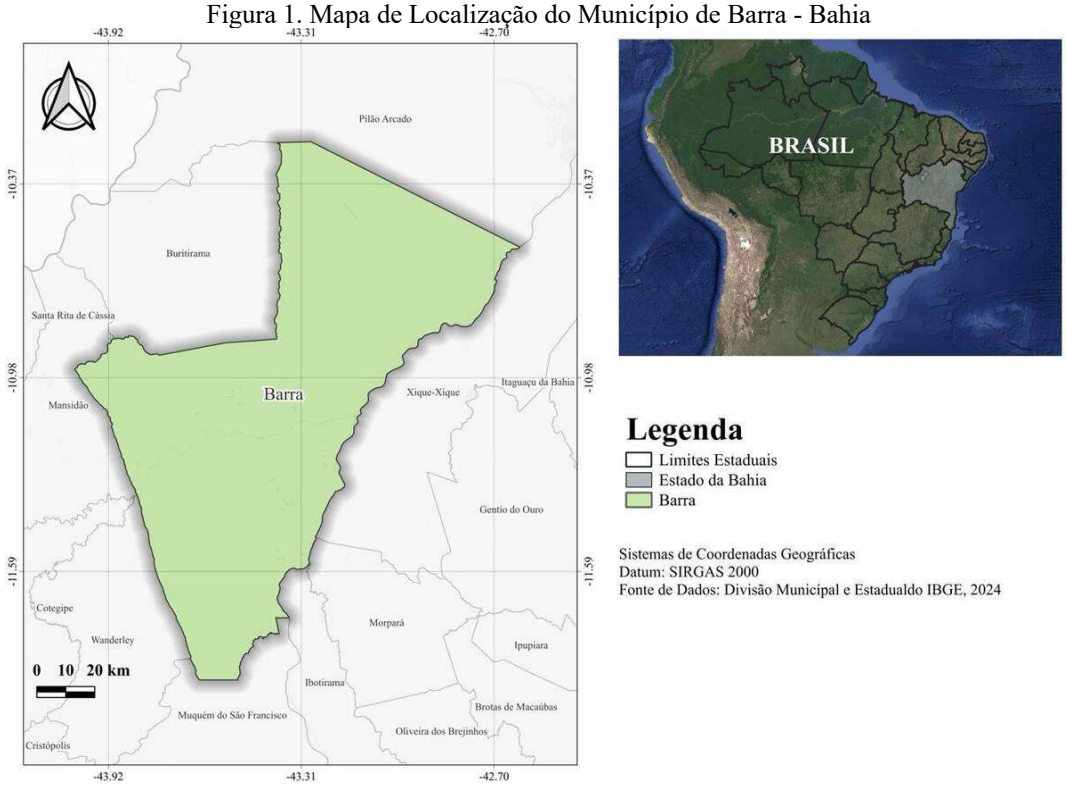
ITU, embora também derivado da combinação entre temperatura e umidade, tem origem na climatologia agrícola e foi concebido para mensurar o impacto do calor em diferentes contextos, apresentando limitações quando aplicado à análise do conforto térmico humano, sendo mais adequado para ambientes externos e situações de calor intenso, especialmente em regiões com altas temperaturas (Nóbrega e Lemos, 2011).

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Barra, situado no interior do estado da Bahia, Brasil, foi o recorte territorial adotado para este estudo (Figura 1). Fundado em 1764, integra a mesorregião do Vale do São Francisco e abrange uma área de 11.428,11 km², com uma população estimada em cerca de 52 mil habitantes (IBGE, 2022). A escolha da área de estudo justifica-se por sua importância estratégica para o estado e por estar localizado no Médio São Francisco, região de destaque ambiental. Suas características geográficas e climáticas, marcadas pela vegetação de caatinga, o tornam representativo do semiárido brasileiro. Com temperaturas variando entre 19 °C e 36 °C, o município exemplifica as dinâmicas ambientais do semiárido nordestino, sendo relevante para análises das influências das variáveis climáticas sobre o conforto térmico humano.

Figura 1. Mapa de Localização do Município de Barra - Bahia



Fonte: Os Autores, 2025

A configuração espacial do município é fortemente influenciada por sua localização estratégica no encontro dos rios Grande e São Francisco, o que tem implicações diretas na dinâmica econômica e na organização do território. Essa hidrografia privilegiada favorece a prática da agricultura irrigada, além de sustentar atividades como a pecuária e a pesca artesanal, compondo uma base econômica diversificada e fortemente dependente dos recursos hídricos. O clima é classificado como semiárido, segundo a classificação de Köppen (BSh), apresentando elevados índices de insolação, verões quentes e secos e invernos relativamente amenos (Alvares *et al*., 2013).

3.2 BASE DE DADOS E CONFORTO TÉRMICO

Foram utilizados dados históricos de temperatura média do ar (°C) e de umidade relativa do ar (%), obtidos por meio do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino (BDMEP), mantido pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O período de análise compreendeu os anos de 1961 a 2024. Esses dados passaram por um rigoroso processo de controle de qualidade, visando identificar e eliminar possíveis erros decorrentes de falhas técnicas nos equipamentos de medição e/ou na transmissão das informações. Após essa etapa, os parâmetros foram siste-matizados, contemplando dois tipos de séries temporais: mensais e trimestrais (dezembro, janeiro e fevereiro: DJF; março, abril e maio: MAM; junho, julho e agosto: JJA; setembro, outubro, novembro: SON).

A partir dessas variáveis climatológicas, foram calculados o IC e o ITU. A expressão matemática que representa o IC está descrita nas Equações a seguir:

$$\mathrm{IC} = \begin{cases} A, \text{se } T < 79\ °\mathrm{F}; & (1) \\ \mathrm{B} - \left(\frac{13-UR}{4}\right)\left(\frac{17-(T-95)}{17}\right)^{\frac{1}{2}}, \text{se } UR \leq 13\% \text{ e } 80°\mathrm{F} \leq \mathrm{T}; & (2) \\ \mathrm{B} + 0{,}02(\mathrm{UR}-85)(87-\mathrm{T}), \text{se } UR > 85\% \text{ e } 80°\mathrm{F} \leq \mathrm{T}; & (3) \\ B, \text{caso contrário.} & (4) \end{cases}$$

Sendo

$$A = -10{,}3 + 1{,}1\,(T) + 0{,}047\,(UR) \qquad (5)$$

e

$$\mathrm{B} = -42{,}379 + 2{,}04901523(\mathrm{T}) + 10{,}14333127(\mathrm{UR}) - 0{,}22475541\mathrm{T}\,(\mathrm{UR}) - 6{,}83783.10^{-3}(T^2) - 5{,}481717.10^{-2}(\mathrm{UR})^2 + 1{,}22874\,.10^{-3}(\mathrm{T})^2\,(\mathrm{UR}) + 8{,}5282.10^{-4}\,(\mathrm{T})(\mathrm{UR})^2 - 1{,}99.10^{-6}(T)^2(UR)^2 \qquad (6)$$

em que IC é o Indice de calor, T é a temperatura do ar (ºF) e UR, a umidade relativa do ar (%).

As equações de IC, propostas por Steadman (1979), fornecem valores originalmente em graus Fahrenheit (ºF). Entretanto, para padronização das unidades e adequação ao sistema internacional, todos os resultados calculados foram convertidos para graus Celsius (ºC) antes da interpretação e apresentação dos dados.

O ITU pode ser calculado a partir da Equação 7, dada por

$$\boldsymbol{ITU} = 0{,}8(T) + (UR)(T)/500 \qquad (7)$$

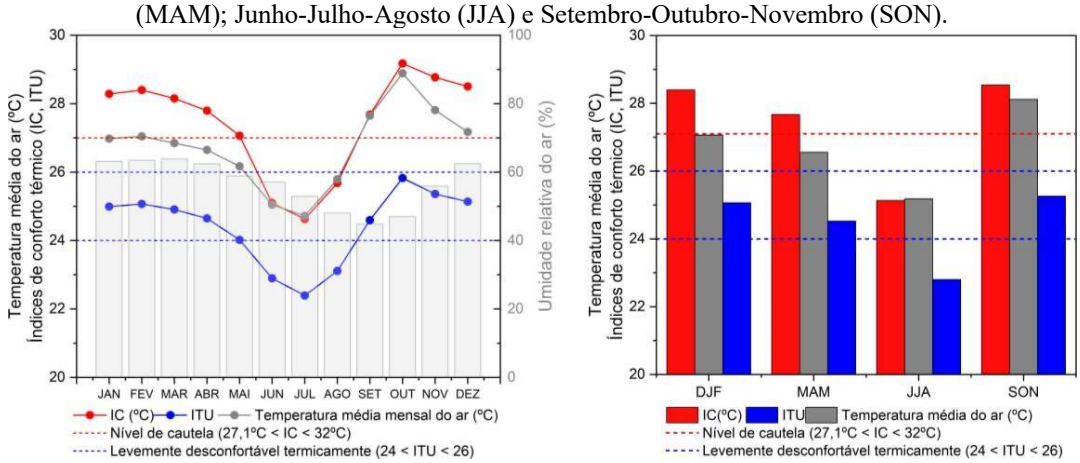
em que ITU é o índice de temperatura e umidade, T é a temperatura do ar (ºC) e UR, a umidade relativa do ar (%).

Posteriormente, analisou-se sistemicamente os dados obtidos, com o propósito de estimar o nível de conforto térmico na cidade de Barra, Bahia. O IC e o ITU foram quantificados e categorizados de acordo com os critérios descritos nas Tabelas 1 e 2, respectivamente, permitindo uma avaliação objetiva das condições térmicas locais, bem como suas implicações sobre o conforto térmico na região.

4 RESULTADOS

Os meses com as maiores médias de temperatura do ar foram outubro com 28,9 °C, seguido de novembro com 27,8 °C. As maiores médias de umidade relativa do ar ocorreram nos meses de fevereiro com 63,4 % e março com 63,8 % (Figura 2). Esses dados refletem a influência climática regional exercida pela estação chuvosa, que ocorre de setembro a março, de acordo com dados do INMET (2024), provocando alterações significativas nos valores da temperatura do ar e na umidade relativa do ar, evidenciando o impacto direto das condições climáticas sobre essas variáveis. Destaca-se, em particular, o mês de setembro, que apresentou um valor médio de umidade relativa do ar de 44,8% (Figura 2). Este valor encontra-se abaixo do valor recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que sugere níveis ideais de umidade entre 50% e 60% para o bem-estar humano, indicando condições favoráveis para a qualidade de vida.

Figura 2. Temperatura média do ar (ºC), umidade relativa do ar (%), Índice de Calor (IC, em ºC) e Índice de temperatura e umidade (ITU) nos períodos mensais (a) e trimestrais (b): Dezembro-Janeiro-Fevereiro (DJF); Março-Abril-Maio (MAM); Junho-Julho-Agosto (JJA) e Setembro-Outubro-Novembro (SON).



Fonte: Os Autores, 2025

Ao analisar conjuntamente os dados mensais de temperatura média do ar, umidade relativa e os índices de conforto térmico, percebe-se que tanto a curva referente ao IC quanto à do ITU seguem o padrão da temperatura, indicando maior sensibilidade dos modelos a este parâmetro do que à umidade. Além disso, a sensação térmica indicada pelo IC está mais próxima da temperatura média, em comparação aos valores apresentados pelo ITU, tanto para os períodos mensais quanto trimestrais.

Observou-se que entre setembro e maio, o IC apresentou valores pertencentes à faixa de cautela, ou seja, acima de 27ºC (Figura 2), indicando possíveis efeitos adversos à saúde, com potencial risco de fadiga, especialmente em situações de exposição prolongada ou prática de atividades físicas, sendo o mês de outubro o mais crítico (IC = 29,2 ºC). As maiores diferenças entre a média histórica e o IC ocorreram para os meses de fevereiro, janeiro e março, respectivamente. A umidade relativa do ar durante esses meses variou entre 63,2% e 63,5%, valores que, embora moderados, contribuíram com a sensação térmica devido à limitação da eficiência do resfriamento evaporativo do corpo humano (Cramer *et al*., 2022). Essa elevação na sensação térmica está associada à atuação de sistemas atmosféricos típicos, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a presença de massas de ar tropicais quentes e úmidas, que favorecem a manutenção de altas temperaturas e níveis relativamente elevados de umidade (Monteiro, 2022). Tais condições são características do verão em regiões tropicais e subtropi-cais do hemisfério sul, em que a combinação de calor e umidade intensifica o desconforto térmico, conforme representado pelo índice de calor (Monteiro *et al.*, 2022).

Conforme os critérios da metodologia estabelecida por Thom (1959) e adaptada por Nóbrega e Lemos (2011), a sensação térmica indicada pelo ITU, de modo similar ao IC, apresentou valores considerados dentro da faixa levemente desconfortável (24 < ITU < 26), também para os meses de setembro a maio (Figura 2). Em contrapartida, o intervalo de junho a agosto apresentou valores

considerados bons para a promoção do bem-estar físico e mental da população, tanto para o IC (inferiores a 27 °C), quanto para o ITU (21 < ITU < 24), conforme Tabelas 1 e 2.

Estes índices, ao integrar os efeitos combinados da temperatura do ar e da umidade relativa, têm se mostrado uma ferramenta relevante para a caracterização do estresse térmico em populações humanas e sua relação com fenômenos climáticos. Entre os diversos componentes do ambiente, as condições climáticas exercem a influência mais direta e substancial sobre a saúde, o consumo energético e o bem-estar humano (Mandú *et al.,* 2021).

Durante o período trimestral, o IC variou entre 27,1°C e 29,8°C (Figura 2), nos trimestres de SON, DJF e MAM, posicionando-se na faixa de cautela, a mesma do período mensal, conforme os critérios estabelecidos pela metodologia de avaliação térmica aplicada. Essa faixa indica condições em que o desconforto térmico começa a se manifestar, exigindo atenção especial, principalmente em ambientes urbanos. Analogamente, esses mesmos trimestres apresentaram indicativos de desconforto térmico pelo ITU, com valores médios que reforçam a exposição contínua da população local a um ambiente climático adverso. A cidade de Barra, situada no estado da Bahia e inserida no semiárido brasileiro, revelou-se particularmente vulnerável a tais condições. Esta exposição reiterada ao estresse térmico, pode ter implicações significativas sobre a saúde pública, especialmente entre populações vulneráveis, como crianças, idosos e indivíduos com comorbidades, como indicado na literatura (Requia *et al*., 2024; Ferrari *et al.*, 2025 e Singh *et al.*, 2019).

Estudos conduzidos por Falcão *et al.* (2020), Costa *et al.* (2021), Medeiros *et al.* (2020) e Faria, Lucena e Souza (2022), abordaram o conforto térmico em áreas do semiárido brasileiro, evidenciando que grande parte da população local vivência desconforto térmico durante a maior parte do ano. Essa condição é atribuída à exposição prolongada a temperaturas elevadas, frequentemente superiores aos limites de conforto estabelecidos, o que pode resultar em estresse térmico e impactos na saúde e bem-estar. Os achados desses autores corroboram com os resultados obtidos no presente estudo, especialmente no que se refere à sazonalidade do desconforto térmico. Observa-se que os trimestres SON, DJF e MAM apresentaram os maiores índices de desconforto, enquanto uma condição térmica relativamente mais favorável ocorre apenas no trimestre JJA.

Para uma avaliação mais robusta dos impactos do desconforto térmico humano, é essencial considerar as flutuações extremas de temperatura e umidade relativa. A simples média mensal do ITU e IC podem mascarar episódios de calor extremo ou secura intensa, que são indicadores de morbidade relacionada ao estresse térmico. Além disso, variáveis ambientais complementares, como precipitação, densidade e distribuição da cobertura vegetal, características morfometrias urbanas (altura e espaçamento das edificações, materiais de cobertura), e padrões de uso e ocupação do solo, devem ser

integradas à análise para uma compreensão mais precisa das dinâmicas do microclima urbano e de seus efeitos sobre a saúde e o bem-estar da população.

A vegetação contribui diretamente para a redução dos índices de calor (IC) e dos valores de ITU, promovendo maior conforto térmico e, consequentemente, melhores condições de saúde e bem-estar para os habitantes. Portanto, estratégias de planejamento urbano que integrem infraestrutura verde e ações de adaptação climática são fundamentais para a construção de cidades mais resilientes, especialmente em regiões semiáridas como o interior baiano.

5 CONCLUSÕES

Este município apresentou os maiores valores de temperatura média mensal no mês de outubro, atingindo 28,9 °C. A umidade relativa do ar registrou seu pico em março, com 63,8%. O índice de calor (IC) alcançou 28,9 °C em outubro, enquanto o índice de temperatura e umidade (ITU) atingiu 25,8 no mesmo mês. Esses indicadores são considerados elevados segundo a metodologia aplicada, e estão associados a potenciais impactos negativos sobre a saúde humana, incluindo aumento da incidência de doenças relacionadas ao estresse térmico.

A análise dos dados ao longo do período estudado evidencia a ocorrência de temperaturas elevadas, bem como índices de conforto térmico (IC e ITU) significativamente altos na maior parte dos períodos mensais e trimestrais estudados, contribuindo para condições de desconforto térmico, reforçando a necessidade de estratégias de mitigação e adaptação para proteção da saúde pública frente às mudanças climáticas regionais. Tais condições são reconhecidas como fatores de risco para o bem-estar fisiológico e psicológico da população exposta, especialmente em grupos vulneráveis, como idosos, crianças e indivíduos com comorbidades. Ressalta-se, que os valores mais elevados dos índices se concentraram predominantemente entre os meses de setembro a maio e todos os trimestres, exceto JJA. Importante destacar que este estudo se baseou em médias mensais, embora o limite da resolução temporal das análises permita concluir que a sensação térmica ultrapassou os limites de conforto, implicando em potenciais impactos negativos à saúde e ao bem-estar humano.

Projetos de arborização no município são necessários para promover o conforto térmico de forma natural e amenizar as consequências negativas das alterações ambientais na qualidade de vida da população.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pelo incentivo das pesquisas desenvolvidas pela aluna no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECEA).

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

ALVES, K. L. DE L.; SANTOS, C. F. D. Vulnerabilidade ao estresse térmico em assentamentos informais. **Ambiente Construído**, v. 25, p. e143035, 2025.

ANTONUCCI, B. et al., Efeitos da Urbanização e a Relação com o Conforto Térmico em Observações de Superfície no Sul da Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 39, p. e39240063, 2024.

ASHRAE (2020). **ANSI/ASHARE Standard 55-2020: Thermal environmental conditions for human occupancy**. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Condition Engi-neers, Inc. Atlanta, EUA. ISSN 1041-2336.

AZEVEDO, P. V. DE. *et al*. Characterization of human thermal comfort in urban areas of bra-zilian semiarid. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 4, p. 371–380, out. 2015.

CHENG, V., NG, E., CHAN, C., GIVONI, B. **Outdoor thermal comfort study in a subtrop-ical climate: a longitudinal study based in Hong Kong**. Int. J. Biometeorol. V. 56, p. 43–56, 2012.

COCCOLO, S.; KÄMPF, J.; SCARTEZZINI, J. L.; PEARLMUTTER, D.**Outdoor human comfort and thermal stress: A comprehensive review on models and standards**. Urban Climate, New York, v. 18, p. 33-57, 2016.

COSTA, M. V.; OLIVEIRA, R. V.; NASCIMENTO, J.; TORRES, S. Morfologia urbana e qualidade ambiental: avaliação do potencial de adequação climática de tecidos urbanos no semiárido do nordeste brasileiro. **Engenharia Urbana em Debate**, *[S. l.]*, v. 2, n. 1, p. 201–214, 2021. DOI: 10.59550/engurbdebate.v2i1.16.

CRAMER, M. N., Gagnon, D., Laitano, O., & Crandall, C. G. (2022). Regulação da temperatura humana sob estresse térmico na saúde, doença e lesão. ***Revisões fisiológicas*****,** *102*(4), 1907–1989. https://doi.org/10.1152/physrev.00047.2021.

DE CASIMIRO, L. M. S. M.; JEREISSATI, L. C. Smart cities e mudanças climáticas no Brasil: debates e tensões no âmbito da gestão urbana contemporânea. **A&C - Revista de Direito Administrativo & Constitucional**, Belo Horizonte, v. 22, n. 88, p. 201–232, 2022. DOI: 10.21056/aec.v22i88.1609.Acesso em: 8 set. 2025.

DE FREITAS, C. R.; GRIGORIEVA, E. A. A comprehensive catalogue and classification of human thermal climate indices. **International journal of biometeorology**, Alemanha, v.59, n.1, p.109-120, 2015.

FALCÃO, S. M. P.; GONDRA, A. P. X.; GABRIEL, F. A.; HOLANDA, R. M. Percepção do conforto térmico no Semiárido pernambucano: Estudo piloto nos municípios de Petrolina e Serra Talhada. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.11, n.7, p.775-786, 2020. DOI: http://doi.org/10.6008/CBPC2179 6858.2020.007.0059.

FERRARI, G. N., dos Santos, G. C., Ossani, P. C., Leal, G. C. L., & Galdamez, E. V. C. (2025). Análise do impacto climático na saúde e segurança ocupacional usando índices de estresse térmico. ***Revista Internacional de Pesquisa Ambiental e Saúde Pública***, *22*(1), 130. https://doi.org/10.3390/ijerph22010130

FIGUEIREDO, W. V. R.; REIS, J. L. O.; DANELICHEN, V. H. M.; NOVAIS, J. W. Z.; SOUZA, M. D. Índice de Calor (IC), Índice de Desconforto Térmico (IDT) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) na Cidade de Diamantino, Mato Grosso, para o Período de 2018 a 2021. **Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, *[S. l.]*, v. 28, n. 4, p. 445–450, 2024.

FRANÇA, M. S. Estimativa de índices de conforto térmico na cidade de Cuiabá-MT**. Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 16, n. 55, p.141-151, set. 2015

HUMPHREYS, M. Field studies of thermal comfort compared and applied. **Building Research Station**, v. 44, p. 5–27, 1976.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Working Group VII- Mitigation of Climate Change. 2023. Disponível em: Sétimo Relatório de Avaliação — PIAC

KRÜGER, E. L. et al. Calibração do índice de conforto para espaços externos *Physiological Equivalent Temperature* (PET) para Curitiba. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 3, p. 135–148, jul. 2018.

KRÜGER, E.L., Silva, T.J.V., da Silveira Hirashima, S.Q. *et al.* Calibração da escala de avaliação de conforto da UTCI para três cidades brasileiras com diferentes condições climáticas. *Int J Biometeorol* **65**, 1463–1472 (2021). https://doi.org/10.1007/s00484-020-01897-x

LAU, K. K.-L., CHUNG, S. C., & REN, C. (2019). Outdoor thermal comfort in different urban settings of sub-tropical highdensity cities: an approach of adopting local climate zone (LCZ) classification. Building and Environment.

LIMA, L. DE C. *et al*. Conforto térmica em espaços abertos no clima quente e úmido: estudo de caso em um parque urbano no Bioma Mata Atlântica. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 2, p. 109–127, abr. 2019.

MANDÚ et al. Impacto das ondas de calor no conforto térmico humano na região da floresta nacional do Tapajós, oeste do Pará. **Biodiversidade Brasileira,** Brasília, Brasil, v. 11, n. 4, p. 98–108, 2021. DOI: 10.37002/biodiversidade brasileira. v11i4.1775.

MEDEIROS, J. I.; CAMPOS, C. G. C.; DE JESUS, R. M. Aplicação de Sensoriamento Remoto para a Identificação das Ilhas de Calor Urbanas e Avaliação do Conforto Térmico Humano nas Capitais dos Estados do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, *[S. l.]*, v. 13, n. 07, p. 3518–3553, 2020. DOI: 10.26848/rbgf.v13.07.p3518-3553

MONTEIRO, J. et al. A influência de teleconexões e sistemas meteorológicos produtores de precipitação no semiárido nordestino. **Revista brasileira de Geografia Física**, v. 15, p. 312-332, 2022.

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration.What is the heat index? Disponível em: <http://www.srh.noaa.gov/ama/?n=heatindex>. Acesso em: 10 set. 2025.

NÓBREGA, R. S.; LEMOS, T. V. S. O microclima e o (des)conforto térmico em ambientes abertos na cidade do recife. **Revista de Geografia**, *[S. l.]*, v. 28, n. 1, p. 93–109, 2011. Acesso em: 20 out. 2024.

OLIVEIRA, M. C. A. DE; LABAKI, L. C. Avaliação de conforto térmico no Brasil: a pesquisa de Paulo Sá no Rio de Janeiro, nas décadas de 1930 a 1950. Uma aproximação com o método adaptativo. ENCAC 2003 - **VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído**. Anais. Curitiba: 2003.

OLIVEIRA, M. M.; CARLO, J. C. Avaliação do conforto térmico e renovação de ar em ambientes com chaminés solares. **Ambiente Construído**, v. 21, n. 1, p. 293–314, jan. 2021.

REQUIA, W. J., Damasceno da Silva, R. M., Hoinaski, L., & Amini, H. (2024). Condições de conforto térmico e mortalidade no Brasil. *Revista Internacional de Pesquisa Ambiental e Saúde Pública*, *21*(9), 1248. https://doi.org/10.3390/ijerph21091248

RIBEIRO, A.P., Bollmann, H.A., de Oliveira, A. *et al.* O papel da paisagem arbórea na redução dos efeitos das ilhas de calor urbanas: um estudo em duas cidades brasileiras. *Árvores* **37**, 17–30 (2023). https://doi.org/10.1007/s00468-021-02230-8

RIBEIRO, B. A. Contribuição ao estudo térmico. Boletim nº 86, **Instituto de Higiene de São Paulo**, *[S. l.]*, n. 86, p. 3–14, 1945. DOI: 10.11606/issn.2359-537X.v0i86p3-14. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/bihsp/article/view/89554.

SANTOS, T. L.; PORTO, F. H. F. DOS S.; SILVA, A. S. Análise da correlação entre conforto e desempenho térmico em habitações de interesse social por simulação computacional. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 2, p. 211–229, abr. 2020

SILVA, E. M.; BARBOZA, E. N.; MORAIS, J. M. P. de; SOUZA, J. H. A. de; OLIVEIRA, B. B. de. Thermal sensation analysis in the municipality of Barbalha, Ceará. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. 1-21, 2020. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3795.

SINGH, R. *et al* **Heatwave Guide for Cities** The Hague: Red Cross Red Crescent Climate Centre, 2019.

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

THOM E.C. The Discomfort Index. **Weatherwise,** 12(2),.57-61 Washington: Eatherwise; 1959.

TORRES, P. H. C. et al. Justiça climática e as estratégias de adaptação às mudanças climáticas no Brasil e em Portugal. **Estudos Avançados**, v. 35, n. 102, p. 159–176, maio 2021.