



Contrastes do desconforto térmico em Mato Grosso: uma análise comparativa das regiões de Tangará da Serra e de Alta Floresta

Reilly Pereira MELO ¹, Vanessa Raket de Moraes DIAS ^{*2}, Tássia Camila dos Santos OLIVEIRA ¹, Ana Cláudia Pereira Terças TRETTEL ¹, Vagner Ferreira do NASCIMENTO ³, Rivanildo DALLACORT ^{1,2}

¹ Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, MT, Brasil.

² Centro Tecnológico de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, MT, Brasil.

³ Departamento de Enfermagem, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, MT, Brasil.

*E-mail: vanessadias@unemat.br

Enviado: 19/05/2025; Aceito: 05/12/2025; Publicado: 29/12/2025.

RESUMO: Objetivou-se analisar os índices de conforto térmico, bem como os horários de maior desconforto, em dois municípios: um do bioma Amazônico e outro de fitofisionomia do Cerrado, em períodos específicos. Os dados meteorológicos analisados foram temperatura e umidade relativa do ar, obtidos do banco de dados do Centro Tecnológico de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, no período de 2013 a 2022. Os índices calculados foram o Índice de Calor (IC) e o Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Segundo os resultados, a média do Índice de Calor em Alta Floresta foi de 26,8 °C e em Tangará da Serra, de 26,6 °C. O ITU de Alta Floresta foi de 25,1 °C, já em Tangará da Serra, de 24,7 °C. No primeiro município, houve maior número de horas classificadas como desconfortáveis em todos os meses, quando as temperaturas foram cerca de 1 °C superiores, e os horários mais críticos ocorreram entre 11h e 17h em Alta Floresta e entre 12h e 16h em Tangará da Serra, especialmente entre 14h e 15h. No evento ENOS 2015/16 houve maior variabilidade e intensificação da temperatura e da umidade relativa do ar em Alta Floresta. A análise permitiu comparar os padrões de exposição ao calor e identificar as faixas horárias de maior risco para a população em geral.

Palavras-chave: clima; índices de calor; estresse térmico; cidade no Cerrado; cidade amazônica.

Contrasting thermal discomfort in Mato Grosso: a comparative analysis of the regions of Tangará da Serra and Alta Floresta

ABSTRACT: The objective was to analyze thermal comfort indices, as well as the hours of greatest discomfort, in two municipalities, one located in the Amazon biome and the other in the Cerrado phytophysiology, during specific periods. The meteorological variables analyzed were air temperature and relative humidity, obtained from the database of the Technological Center for Geoprocessing and Remote Sensing for the period from 2013 to 2022. The indices calculated were the Heat Index (HI) and the Temperature-Humidity Index (THI). According to the results, the mean Heat Index in Alta Floresta was 26.8 °C and in Tangará da Serra, 26.6 °C. The THI for Alta Floresta was 25.1 °C, while in Tangará da Serra it was 24.7 °C. In the first municipality, there was a greater number of hours classified as uncomfortable in all months, where temperatures were approximately 1°C higher. The most critical hours occurred between 11:00 and 17:00 in Alta Floresta, between 12:00 and 16:00 in Tangará da Serra, especially between 14:00 and 15:00. During the 2015/16 ENSO event, greater variability and intensification of air temperature and relative humidity were observed in Alta Floresta. The analysis allowed for the comparison of heat exposure patterns and the identification of time windows of higher risk for the general population.

Keywords: climate; heat indices; thermal stress; city in the Cerrado; Amazonian city.

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço das ocupações humanas em centros urbanos e rurais, houve um aumento das alterações dos ambientes naturais, frequentemente associado ao planejamento inadequado das cidades. Dessa forma, o conjunto de ações antrópicas provoca alterações ambientais e climáticas, prejudicando principalmente a qualidade de vida de toda a população (ZHANG et al., 2017).

Considerando que o meio ambiente e a saúde estão intimamente interligados, a degradação ambiental pode afetar

a saúde das pessoas de diversas maneiras. A escassez de saneamento básico, a poluição ambiental, o crescimento desordenado das áreas urbanas e a supressão da vegetação intensificam os desastres naturais e dificultam o controle da disseminação de doenças. Além disso, a variabilidade climática, que já está ocorrendo, também tem repercussões sobre a saúde da população em escala global.

Dentre os grupos mais vulneráveis aos efeitos da variabilidade climática, destaca-se a população residente em centros urbanos, especialmente a que vive em áreas de

adensamento populacional ou em urbanização desordenada, ficando sujeita a situações de desconforto térmico e a problemas de saúde (CAMELO; CARACRISTI, 2022). Essa exposição, frequentemente marcada por altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar em pontos críticos, gera riscos à saúde e ao bem-estar (OLIVEIRA et al., 2025). Dessa forma, a identificação dos horários de maior desconforto térmico pode subsidiar o desenvolvimento de estratégias e propostas de mitigação (BRASIL et al., 2024). Tais ações preventivas visam minimizar os prejuízos à qualidade de vida da população e auxiliar no planejamento ambiental e urbano sustentável, como a adoção de materiais de alto albedo e a ampliação de espaços verdes (ZHANG et al., 2017).

A população urbana está mais suscetível a temperaturas elevadas devido a fenômenos como as Ilhas de Calor Urbano (ICU), decorrentes do uso de materiais que absorvem e retêm calor, da expansão de superfícies impermeáveis e da falta de ventilação (ZHANG et al., 2017; BRASIL et al., 2024). Historicamente, o calor é frequentemente percebido como um fenômeno natural, e os riscos de exposição não recebem a devida atenção em ambientes tropicais (KRISHNAMURTHY et al., 2017). Embora as implicações da exposição ao calor, como o estresse térmico ocupacional, já sejam reconhecidas como um risco significativo à saúde e à produtividade em ambientes de trabalho, a falta de atenção se estende à saúde pública em geral (NERBASS et al., 2017). O desconforto térmico é um fator de risco comprovado que afeta o bem-estar e a qualidade de vida geral dos cidadãos, especialmente em cidades com predominância de classificações termicamente desconfortáveis, conforme demonstram análises de índices (BRASIL et al., 2024; OLIVEIRA et al., 2025).

Fatores como a exposição direta à radiação solar em áreas abertas ou mal arborizadas, o tipo de material construtivo e o esforço físico inerente às atividades diárias impactam significativamente a população em geral (ZHANG et al., 2017; BRASIL et al., 2024). Em ambientes urbanos, a alta temperatura ambiente, combinada à produção de calor metabólico (esforço físico), mesmo em atividades cotidianas, exige que o corpo libere calor para evitar o estresse térmico (KRISHNAMURTHY et al., 2017). A rápida expansão de superfícies impermeáveis e a perda de espaços verdes, típicas da urbanização, contribuem para que a população esteja sujeita a desconforto térmico recorrente, o que aumenta a vulnerabilidade a problemas de saúde relacionados ao calor, como dor de cabeça, câibras e exaustão (NERBASS et al., 2017). Pesquisas sobre as relações entre o clima e a saúde têm aumentado consideravelmente, principalmente devido à crescente degradação ambiental e às consequentes alterações climáticas, com impactos negativos na qualidade de vida das pessoas que residem nessas áreas (CAMELO; CARACRISTI, 2022; OLIVEIRA et al., 2025).

O desconforto térmico é um indicador da combinação de variáveis meteorológicas fora da faixa adequada ao bem-estar humano. Ele é frequentemente estimado por meio de índices, como o Índice de Calor (IC), o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), o Índice de Desconforto Térmico (IDT), entre outros. Um exemplo é o estudo de Brasil et al. (2024) que investigou o conforto térmico no Estado do Pará entre 2022 e 2023, utilizando os índices de desconforto térmico e de temperatura e umidade, com resultados que indicaram condições levemente e parcialmente desconfortáveis.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a variabilidade horária da temperatura do ar, da

umidade relativa e dos índices de conforto térmico, a fim de identificar os horários mais críticos para a saúde da população que habita duas regiões distintas do Estado do Mato Grosso, em anos com e sem influência do fenômeno El Niño.

A identificação desses horários de maior risco térmico visa subsidiar ações de prevenção e adaptação, com foco na proteção da saúde, visando melhorar a qualidade de vida da população.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Tipo de Estudo

Trata-se de um estudo de abordagem quantitativa, com base em dados secundários provenientes do Centro Tecnológico de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (CETEGEO-SR). Em pesquisas quantitativas, o pesquisador utiliza dados numéricos e fórmulas matemáticas como principais ferramentas para analisar e interpretar a realidade. Estatísticas como porcentagens, coeficientes de correlação, médias e desvios-padrão, entre outros, são amplamente empregadas (ALMEIDA et al., 2021).

Os dados deste estudo foram analisados por meio de Análise de Variância de um fator (One-Way ANOVA), para comparar as médias horárias da Temperatura do Ar, da Umidade Relativa do Ar, do Índice de Calor e do Índice de Temperatura e Umidade, em Tangará da Serra e Alta Floresta, entre os meses de janeiro e setembro (período de 2013 a 2022) e, posteriormente, entre os anos específicos de 2013, 2015/16 e 2021.

2.2. Locais de Estudo

A pesquisa foi conduzida com dados de dois municípios de Mato Grosso (Figura 1), estado inserido na Amazônia Legal Brasileira e que abriga três dos seis biomas do País: Pantanal, Cerrado e Amazônia. O clima predominante em Mato Grosso é tropical superúmido de monção, caracterizado por temperatura média anual elevada (acima de 24 °C) e alta pluviosidade (em torno de 2.000 mm/ano), com chuvas concentradas no verão e estação seca no inverno.

Alta Floresta está localizada no extremo norte do estado (09° 51' 43" S e 56° 04' 06" O, altitude de 284 m), a aproximadamente 830 km de Cuiabá, capital do estado, e está inserida no bioma Amazônico. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o município tem uma população de 52.105 habitantes e área territorial de 8.955,410 km² (IBGE, 2024a). De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima de Alta Floresta é classificado como Am, clima tropical monçônico (KÖPPEN BRASIL, 2025), com temperaturas médias anuais elevadas (~ 26 °C), chuvas concentradas no verão e no início do outono e uma estação seca no inverno. A vegetação é composta por diferentes unidades fitofisionômicas típicas da Amazônia, com destaque para a Floresta Ombrófila Aberta Submontana com cipó, que representa cerca de 55% da cobertura vegetal natural da região, embora já se observe substituição dessa vegetação por áreas de uso agropecuário (OLIVEIRA et al., 2019).

Tangará da Serra, por sua vez, está localizada na região sudeste do estado (14° 39' 00" S e 57° 25' 53,5" O, altitude de 440 m), a 241 km de Cuiabá, e inserida numa região de fitofisionomia de Cerrado. Possui uma área territorial de 11.636,976 km² e uma população de 107.631 habitantes (IBGE, 2024b). O município apresenta clima tropical típico do Brasil central, quente e semiúmido, e de acordo com a classificação de Köppen, o clima de Tangará da Serra é Aw,

clima tropical de savana com estação seca (KÖPPEN BRASIL, 2025), com temperaturas médias superiores a 18 °C ao longo de todo o ano e um período seco de quatro a cinco meses (VIANA et al., 2025). Sua vegetação é composta por vegetação secundária, cerrado típico e campos de cerrado (OLIVEIRA et al., 2025).

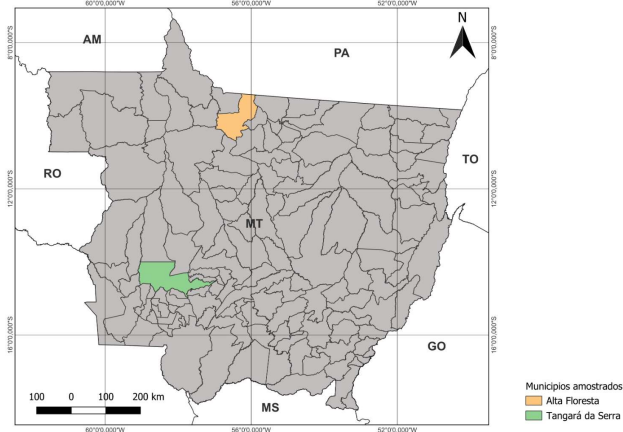


Figura 1. Alta Floresta e Tangará da Serra: localização dos municípios no contexto do estado de Mato Grosso, 2024.
 Figure 1. Alta Floresta and Tangará da Serra: location of the municipalities within the state of Mato Grosso, 2024.

2.3. Dados Meteorológicos

Os dados meteorológicos foram tabulados e organizados para o período de 2013 a 2022 para as duas cidades. Especificamente para a análise de variância, foram selecionados três anos (2013, 2015/16 e 2021) e, por fim, dois meses, analisados separadamente para representar as duas estações: seca e chuvosa, ou seja, setembro e janeiro, respectivamente.

A escolha dos anos baseou-se na ocorrência do fenômeno El Niño entre o segundo semestre de 2015 e o primeiro semestre de 2016, pois o mesmo pode ser sentido no segundo semestre de um ano, estendendo-se habitualmente até a primeira metade do segundo ano, o que se divide em duas fases (PEREIRA et al., 2017). Os outros dois anos selecionados abrangem períodos anteriores e posteriores ao evento.

Os dados foram coletados por sensores instalados em estações meteorológicas automáticas em cada município. As estações, pertencentes ao Centro Tecnológico de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (CETEGEOSR), são equipadas com sensores da Campbell Scientific Inc. e dataloggers (modelo CR1000), programados para coletar dados a cada 30 segundos e armazenar a média a cada 15 minutos. As variáveis medidas incluíram temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%), medidas por sensores CS215.

2.4. Índices de Conforto Térmico

Para classificar o nível de desconforto térmico nos dois municípios, foram utilizados o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e o Índice de Calor (IC) (MOREIRA et al., 2023; BRASIL et al., 2024).

O primeiro foi desenvolvido por Thom em 1958 (BRASIL et al., 2024), conforme a Equação 1:

$$ITU = 0,8 \cdot T_{ar} + \left(\frac{UR \times T_{ar}}{500} \right) \quad (01)$$

em que: ITU é o Índice de Temperatura e Umidade (°C), T_{ar} é a Temperatura do Ar (°C) e UR é a Umidade Relativa do Ar (%).

Este índice estabelece três faixas de conforto térmico para ambientes externos (Tabela 1). A utilização deste índice é oportuna em locais com elevada insolação, permitindo avaliar o “estresse térmico” ambiental. No entanto, não classifica valores de ITU inferiores a 21 °C.

Tabela 1. Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e faixas de conforto.

Table 1. Temperature and Humidity Index and comfort level ranges.

Faixas	ITU (°C)	Níveis de conforto
1	21 < ITU < 24	Confortável
2	24 < ITU < 26	Levemente desconfortável
3	ITU > 26	Extremamente desconfortável

Fonte: Brasil et al. (2024).

O Índice de Calor (IC), por sua vez, foi proposto por Steadman em 1979 (MOREIRA et al., 2023), conforme a Equação 2:

$$IC = -42,379 + 2,04901523 \cdot T + 10,14333127 \cdot UR - 0,22475541 \cdot T \cdot UR - 6,83783 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 - 5,481717 \times 10^{-2} \cdot UR^2 + 1,22874 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 \cdot UR + 8,5282 \cdot 10^{-4} \cdot T \cdot UR^2 - 1,99 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 \cdot UR^2 \quad (02)$$

em que: IC é o Índice de Calor estimado em graus Fahrenheit (posteriormente convertido para °C), T é a temperatura do ar em °F e UR é a umidade relativa do ar, expressa em %.

Este índice categoriza cinco faixas de risco, associando-as aos possíveis sintomas observados na população (Tabela 2).

Tabela 2. Relação do Índice de Calor (IC) com possíveis sintomas na população.

Table 2. Relationship between the Heat Index and possible symptoms in the population.

Nível de Alerta	Índice de Calor (°C)	Sintomas
Perigo Extremo	54,1 ou maior	Insolação; risco iminente de acidente vascular cerebral (AVC).
Perigo	41,1 – 54,0	Cãimbras, insolação, esgotamento físico. Possibilidade de danos cerebrais (AVC) em exposições prolongadas a atividades físicas.
Cautela Extrema	32,1 – 41,0	Possibilidade de câimbras, esgotamento físico e insolação em exposições prolongadas e em atividades físicas.
Cautela	27,1 – 32,0	Possível fadiga em casos de exposição prolongada e na prática de atividades físicas.
Não há alerta	Menor que 27,0	Não há problemas

Fonte: Moreira et al. (2023).

3. RESULTADOS

Ao analisar as médias dos elementos meteorológicos e dos índices de conforto térmico no período de 2013 a 2022, verificou-se que, em Alta Floresta, a temperatura do ar, o IC e o ITU foram, em média, aproximadamente 1 °C superiores

aos de Tangará da Serra. A umidade relativa do ar também foi, em geral, mais elevada em Alta Floresta, exceto em maio e junho (Tabela 3). Em Tangará da Serra, a amplitude térmica foi maior, com variações de temperatura entre 12,4 e 40,5 °C e de umidade entre 16 e 100%. Com base nas médias horárias, os maiores valores de IC e ITU ocorreram às 14 horas: 33,6 e 28,3 °C, em Tangará da Serra, e 34,8 e 28,7 °C em Alta Floresta, respectivamente. Esses horários também coincidem com os picos de temperatura média horária, de 29,9 e 31,1 °C, respectivamente. Em termos de umidade relativa do ar, as maiores médias horárias foram registradas às 06h em Tangará da Serra (90,6%) e às 05h em Alta Floresta (95,9%).

3.1. Temperatura do Ar

Comparando os anos de 2013, 2015/16 (período de El Niño) e 2021, observou-se que em Tangará da Serra, em 2015/16, a temperatura começou a se elevar a partir das 09h,

atingindo cerca de 25 °C (Figura 2). Entretanto, após as 14h, houve um aumento acentuado da temperatura média, com máximas próximas de 30 °C. Ainda no ano de 2015/16, as temperaturas elevadas prolongaram-se até às 19h, com uma média de 26 °C.

Em Alta Floresta, a temperatura média horária do ar também foi maior em 2015/16, com diferença estatisticamente significativa entre os anos avaliados ($p < 0,001$). O aumento da temperatura começou por volta das 08h, atingindo aproximadamente 25 °C e, às 14h, atingiu o valor máximo, próximo de 32 °C. As temperaturas se mantiveram altas até por volta das 20h, com médias em torno de 26 °C.

Na análise sazonal, em Alta Floresta, observou-se que em setembro (período seco), as temperaturas se mantiveram elevadas das 10h às 18h, atingindo cerca de 34 °C entre 14h e 15h (Figura 3).

Tabela 3. Médias da temperatura do ar (T_{ar} , °C), da umidade relativa do ar (UR, %), do Índice de Calor (IC, °C) e do Índice de Temperatura e Umidade (ITU, °C), em Tangará da Serra e em Alta Floresta, de 2013 a 2022.

Table 3. Mean air temperature (T_{ar} , °C), relative humidity (UR, %), heat index (HI, °C), and temperature-humidity index (THI, °C) in Tangará da Serra and Alta Floresta, from 2013 to 2022.

	Tangará da Serra				Alta Floresta			
	T_{ar}	UR	IC	ITU	T_{ar}	UR	IC	ITU
Jan	25,1	88,8	26,3	24,9	25,1	90,3	26,3	25,0
Fev	24,8	89,9	25,7	24,7	25,2	90,3	26,5	25,1
Mar	25,1	88,4	26,2	24,9	25,4	89,9	27,0	25,3
Abr	24,7	87,1	25,9	24,6	25,9	88,4	28,0	25,7
Mai	23,3	82,4	24,5	23,8	26,3	78,9	28,3	25,7
Jun	23,3	75,8	24,6	23,5	26,0	73,6	27,6	25,2
Jul	23,6	59,3	26,4	23,5	26,1	61,8	27,8	25,0
Ago	25,6	52,9	28,0	24,6	27,7	57,7	29,7	26,0
Set	27,7	58,6	29,4	26,0	27,3	72,8	29,3	26,2
Out	26,5	75,4	28,4	25,7	26,4	83,0	28,5	25,8
Nov	25,6	82,6	27,0	25,2	25,7	87,8	27,4	25,4
Dez	25,1	88,8	26,3	25,0	25,4	89,3	26,8	25,2
Anual	25,1	76,7	26,6	24,7	26,1	80,3	27,8	25,5

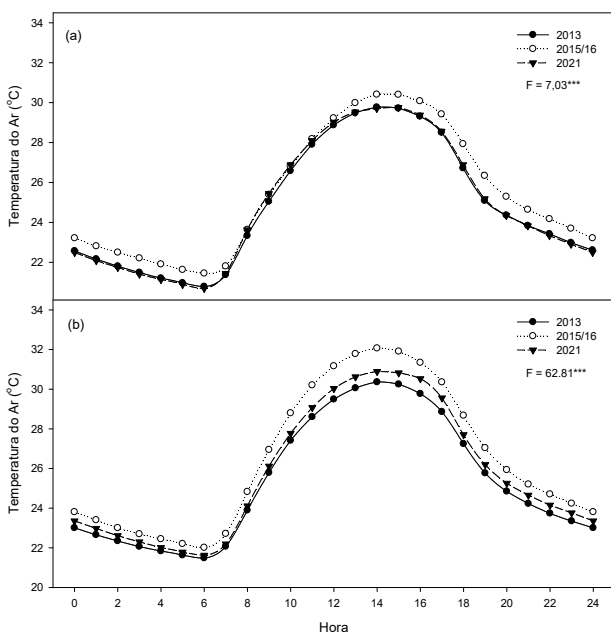


Figura 2. Média horária da temperatura do ar (°C) em Tangará da Serra (a) e em Alta Floresta (b), em 2013, 2015/16 e 2021. *** $p < 0,001$.

Figure 2. Mean hourly air temperature (°C) in Tangará da Serra (a) and Alta Floresta (b), in 2013, 2015/16, and 2021. *** $p < 0.001$.

Em janeiro (período chuvoso), as temperaturas foram mais amenas, atingindo cerca de 28 °C no mesmo horário. Em Tangará da Serra, também houve variabilidade na temperatura; entretanto, os valores foram menores tanto em setembro quanto em janeiro. Em ambos os municípios, houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,001$) entre os dois meses analisados.

3.2. Umidade Relativa do Ar

Os maiores valores de umidade relativa do ar em Tangará da Serra foram registrados entre 05h e 06h, enquanto os horários mais críticos, com menores valores, ocorreram entre 14h e 15h, com registros mínimos de 16% no período seco e máximos de 100% no período úmido (Figura 4). Em geral, a umidade média diária manteve-se baixa até às 20h, com média anual de 76,7%.

Em Alta Floresta, a umidade relativa do ar média foi maior (80,3%), com picos entre 04h e 05h e horários mais críticos entre 14h e 15h, atingindo 15% no período seco. A umidade também permaneceu baixa até às 17h/18h, com diferença média de 3,5% em relação a Tangará da Serra.

No ano de 2015/16, em Alta Floresta, observou-se maior diminuição da umidade relativa do ar em comparação aos demais anos (2013 e 2021), sendo que, às 14 horas, foi o horário mais crítico, com média horária de 58,0%. A umidade

se manteve baixa ao longo dos dias, aumentando, em média, por volta das 20h. Houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,001$) entre os três anos específicos. Já em Tangará da Serra não houve diferença significativa entre os anos avaliados.

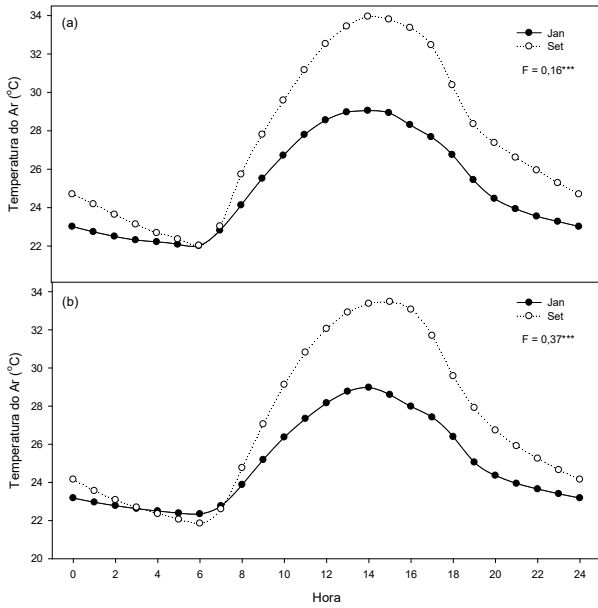


Figura 3. Média horária da temperatura do ar (°C) em Tangará da Serra (a) e em Alta Floresta (b), em janeiro e setembro. *** $p < 0,001$.

Figure 3. Mean hourly air temperature (°C) in Tangará da Serra (a) and Alta Floresta (b), for January and September. *** $p < 0.001$.

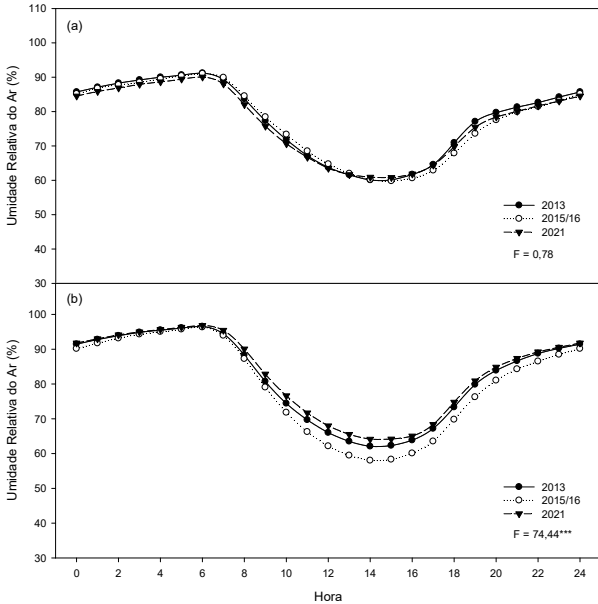


Figura 4. Média horária da umidade relativa do ar (%) em Tangará da Serra (a) e em Alta Floresta (b), em 2013, 2015/16 e 2021. *** $p < 0,001$.

Figure 4. Mean hourly relative humidity (%) in Tangará da Serra (a) and Alta Floresta (b), in 2013, 2015/16, and 2021. *** $p < 0.001$.

No intervalo entre 08h e 11h, os valores de umidade relativa do ar tendem a diminuir devido ao aquecimento do ar, e entre 12h e 15h observa-se o intervalo mais crítico, com valores de umidade mais baixos. Após às 16h, a umidade volta a subir gradativamente devido à diminuição da temperatura (SARAIVA, 2017).

A análise dos meses de janeiro e setembro, tanto em Tangará da Serra quanto em Alta Floresta, reforça a maior umidade durante o período chuvoso, com diferença significativa ($p < 0,001$) entre os dois meses (Figura 5). Os maiores índices ocorreram à noite, e os horários médios de menor umidade foram entre 14h e 15h. Porém, em Alta Floresta, a umidade relativa do ar é maior do que em Tangará da Serra e, entre 14h e 15h, permanece mais elevada do que em Tangará da Serra; no início da noite, a umidade já se aproxima de 100%.

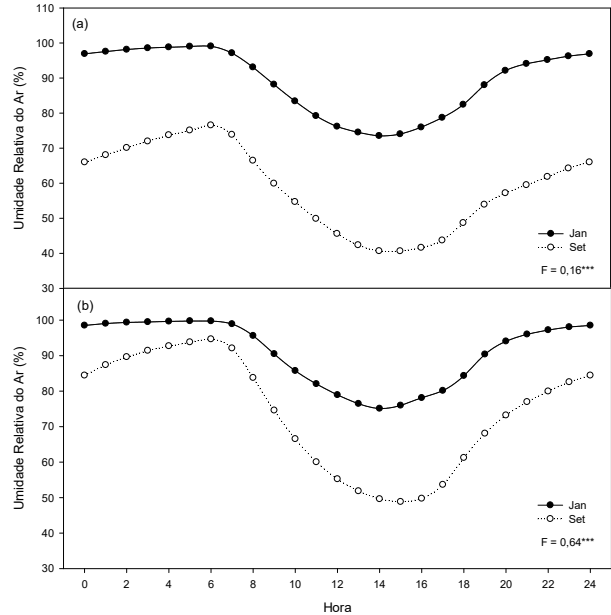


Figura 5. Média horária da umidade relativa do ar (%) em Tangará da Serra (a) e em Alta Floresta (b), em janeiro e setembro. *** $p < 0,001$.

Figure 5. Mean hourly relative humidity (%) in Tangará da Serra (a) and Alta Floresta (b), for January and September. *** $p < 0.001$.

3.3. Índice de Calor

Um dos índices avaliados nesta pesquisa foi o Índice de Calor (IC), que, apesar de se subdividir em cinco classificações, caracterizou três períodos do dia: “não há alerta”, “cautela” e “cautela extrema”, em ambos os municípios (Figura 6). No entanto, observando-se o conjunto de dados estimados a partir dos elementos meteorológicos armazenados a cada 15 minutos pelo datalogger, pode-se verificar valores de IC que atingiram as classificações de “perigo” e “perigo extremo”, principalmente por volta das 14 horas.

Contudo, considerando-se a média horária do IC, o valor que causou maior desconforto foi registrado em Alta Floresta, com 34,8 °C às 14h. Tangará da Serra apresentou maior conforto térmico, com média horária entre 20,4 e 33,6 °C. A média diária do IC em Tangará da Serra foi de 26,6 °C, enquanto em Alta Floresta foi de 26,8 °C, o que evidencia uma diferença de 0,15 °C entre os locais e indica que Alta Floresta é mais “desconfortável” do que Tangará da Serra.

Em Alta Floresta, a diferença entre o IC no ano de 2015/16 e nos outros dois anos analisados foi mais evidente do que em Tangará da Serra. Ainda assim, em ambos os municípios houve diferença estatisticamente significativa entre os anos analisados ($p < 0,001$). Nos horários mais críticos do dia em Alta Floresta, o nível de “cautela” inicia-se por volta das 08h e o de “cautela extrema” estende-se, em

média, das 11h às 18h, sendo o horário mais crítico por volta das 14h, quando o índice se aproxima da classificação de “perigo”. Os horários mais confortáveis em Alta Floresta situam-se entre 20h e 07h.

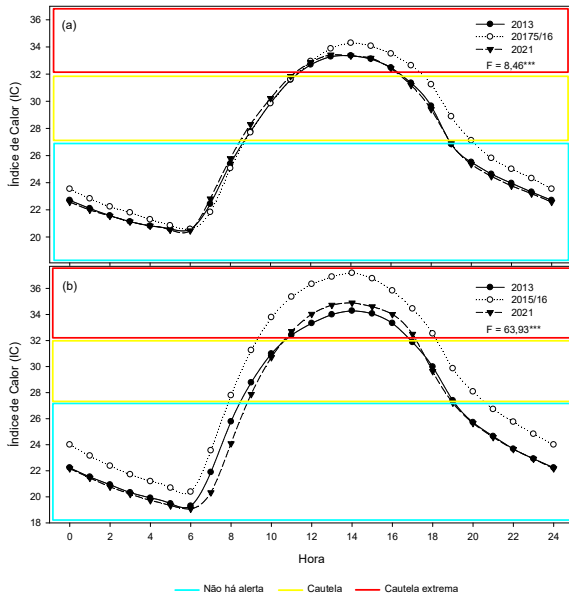


Figura 6. Média horária do Índice de Calor (°C) em Tangará da Serra (a) e em Alta Floresta (b), em 2013, 2015/16 e 2021. *** $p < 0,001$.

Figure 6. Mean hourly Heat Index (°C) in Tangará da Serra (a) and Alta Floresta (b), in 2013, 2015/16, and 2021. *** $p < 0.001$.

Em Tangará da Serra, o conforto mantém-se até às 08h, com a maior parte do dia classificada como “cautela”. A classificação de “cautela extrema” ocorre das 12h às 16h, apresentando, portanto, um intervalo menor e uma menor variabilidade dos dados em comparação à de Alta Floresta. O maior desconforto ocorre às 14h. Entre 00h e 12h, os resultados das classificações são semelhantes. Destaca-se que, em 2015/16, após às 12h, a classificação “cautela extrema” ganha destaque, mantendo-se até aproximadamente às 16h. Quanto à análise dos meses de janeiro e setembro, que representam os períodos chuvoso e seco, respectivamente, observou-se comportamento distinto entre os municípios em ambos os períodos, com diferença estatisticamente significativa entre os meses ($p < 0,001$) (Figura 7).

Em Tangará da Serra, durante o período seco, a “cautela” ocorre até às 10h e a “cautela extrema” das 10h às 18h, aproximadamente. No período chuvoso, das 08h às 10h, é considerada “cautela” e, das 10h às 16h, “cautela extrema”. Em Alta Floresta, no período chuvoso, considera-se “cautela” das 08h às 10h e “cautela extrema” até às 18h. Já no período seco, a “cautela extrema” inicia-se às 12h e estende-se até às 16h, com menor duração.

3.4. Índice de Temperatura e Umidade

Outro índice avaliado neste estudo foi o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), que, apesar de apresentar apenas três classificações, conseguiu caracterizar e diferenciar três períodos do dia, variando de “confortável” a “extremamente desconfortável”, em ambos os municípios (Figura 8).

Contudo, algumas diferenças foram observadas entre Tangará da Serra e Alta Floresta com base neste índice. De modo geral, a média diária do ITU em Alta Floresta foi de

25,1 °C, enquanto em Tangará da Serra foi de 24,7 °C, resultando em uma diferença de aproximadamente 0,4 °C. Assim como o IC, o ITU também indicou Alta Floresta como a mais “desconfortável” entre os dois municípios.

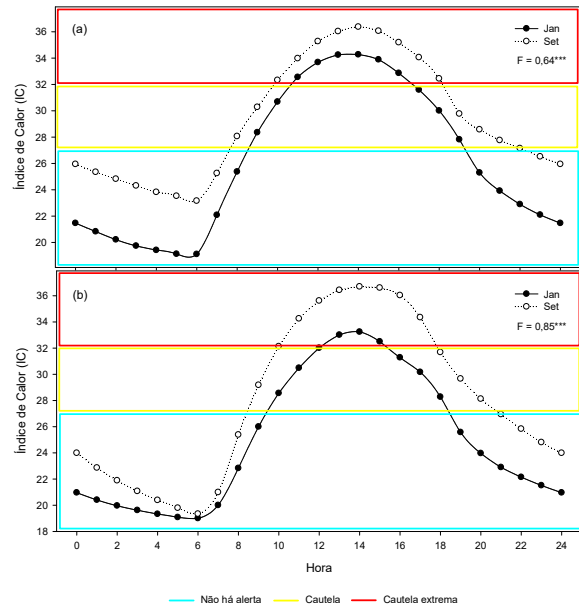


Figura 7. Média horária do Índice de Calor (°C) em Tangará da Serra (a) e em Alta Floresta (b), em janeiro e em setembro. *** $p < 0,001$.
Figure 7. Mean hourly Heat Index (°C) in Tangará da Serra (a) and Alta Floresta (b), for January and September. *** $p < 0.001$.

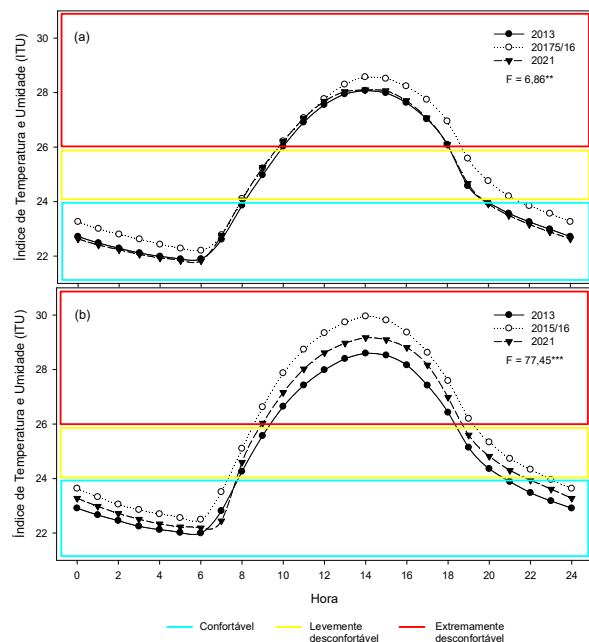


Figura 8. Média horária do Índice de Temperatura e Umidade (°C) em Tangará da Serra (a) e em Alta Floresta (b), em 2013, 2015/16 e 2021. ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Figure 8. Mean hourly Temperature-Humidity Index (°C) in Tangará da Serra (a) and Alta Floresta (b), in 2013, 2015/16, and 2021. ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Em Tangará da Serra, o ITU apresenta-se mais baixo e se mantém assim em todos os horários quando comparado a Alta Floresta. A classificação “levemente desconfortável” inicia-se às 08h e estende-se até às 10h. Os horários de maior conforto foram registrados às 04h e 05h, enquanto o pico de

desconforto ocorreu entre 14h e 15h. Os horários classificados como “extremamente desconfortáveis” ocorreram das 10h às 18h, com valores de ITU variando de 26,2 a 28,3 °C ao longo do dia.

Em Alta Floresta, a faixa das 08h às 09h foi classificada como “levemente desconfortável” e, das 10h às 18h, como “extremamente desconfortável”, com variações diárias de 26,5 a 28,7 °C; no horário de pico, entre 14h e 15h, os valores superaram 28 °C. Os horários de maior conforto foram observados entre 05h e 06h da manhã, e os de maior desconforto entre 14h e 15h.

Ao comparar os três anos, o ITU se destaca no ano de 2015/16, período de El Niño, com diferença estatisticamente significativa em relação aos anos de 2013 e 2021, em Tangará da Serra ($p < 0,01$) e em Alta Floresta ($p < 0,001$). Neste último município, o período noturno é mais confortável, com a classificação “levemente desconfortável” iniciando-se após às 08h e estendendo-se até às 18h, diferentemente de Tangará da Serra, onde o ITU inicia mais baixo à noite; contudo, as classificações “levemente desconfortável” e “extremamente desconfortável” foram semelhantes entre os anos. Em 2015/16, observou-se um aumento às 12h, que se prolongou até às 18h e ultrapassou os 28 °C. Assim, de acordo com o ITU, Alta Floresta registra mais horas diárias de “desconforto térmico”.

Ao analisar os meses de janeiro e setembro, que representam os períodos chuvoso e seco, respectivamente, nota-se visualmente uma diferença significativa, confirmada pelo teste F ($p < 0,001$), em ambos os municípios (Figura 9). Durante o período chuvoso, em Alta Floresta, o ITU foi classificado como “levemente confortável” das 08h às 10h e “extremamente desconfortável” das 11h às 17h, com pico de desconforto às 14h. O horário de maior conforto foi entre 05h e 06h. No período seco, o índice foi classificado como “levemente desconfortável” das 08h às 09h e “extremamente desconfortável” das 10h às 18h, sendo o horário de maior conforto às 06h e o de maior desconforto por volta das 14h.

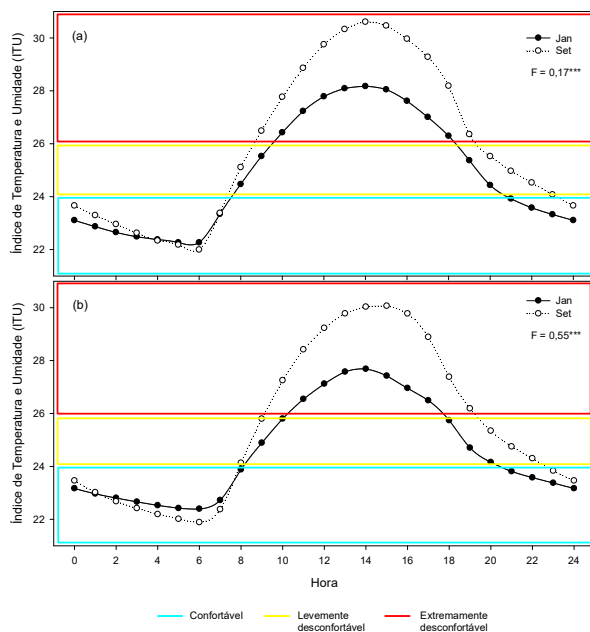


Figura 9. Média horária do Índice de Temperatura e Umidade (°C) em Tangará da Serra (a) e em Alta Floresta (b), em janeiro e setembro. *** $p < 0,001$.

Figure 9. Mean hourly Temperature-Humidity Index (°C) in Tangará da Serra (a) and Alta Floresta (b), for January and September. *** $p < 0.001$.

Em Tangará da Serra, no período chuvoso, das 08h às 10h, o ITU foi classificado como “levemente desconfortável” e das 10h às 18h, como “extremamente desconfortável”. O horário de maior conforto foi às 06h e o de maior desconforto às 14h. No período seco, às 08h, o ITU é classificado como “levemente confortável” e, às 08h30, atinge a classificação de “extremamente desconfortável”. O horário de maior conforto foi às 06h, enquanto o de maior desconforto foi às 14h.

4. DISCUSSÃO

Ambos os municípios, Tangará da Serra e Alta Floresta, apresentaram horas do dia de maior desconforto térmico e horários de pico bem definidos, com diferenças de temperatura entre si. À noite, as temperaturas foram amenas. Constatou-se que os municípios estudados vivenciaram situações distintas ao longo do ano, o que exige recomendações específicas quanto ao conforto térmico e à ventilação.

Uma possível explicação para essas diferenças pode estar relacionada às características solo-climáticas das áreas, considerando que a presença de vegetações secundárias, cerrado e floresta ombrófila pode influenciar a formação de microclimas (MOREIRA et al., 2015).

Outro fator que distingue as cidades é o tamanho e a quantidade de edificações, bem como a maneira como o calor gerado pela radiação solar é absorvido e redistribuído entre as diferentes superfícies. Áreas arborizadas e zonas com edificações urbanas ou rurais apresentam comportamentos térmicos distintos, uma vez que a presença e a organização desses elementos afetam diretamente a liberação de calor sensível, influenciando, assim, o conforto térmico da população local. É possível promover o monitoramento do microclima e o arrefecimento proporcionado por edificações adequadas, árvores e/ou florestas locais (WU et al., 2019).

As paisagens urbanas, em sua maioria, são recobertas por concreto e superfícies impermeáveis, sendo que a vegetação urbana se encontra, muitas vezes, cercada por áreas quentes que absorvem grande quantidade de calor latente, o que pode reduzir a disponibilidade de água para as árvores e demais vegetações, aumentando as taxas de transpiração e alterando o potencial de resfriamento e umidificação do ambiente, intensificando, assim, o desconforto térmico (ZHENG et al., 2021).

Diversos fatores, como a sazonalidade, a profundidade do lençol freático, a latitude, a longitude e o período do dia, podem influenciar a temperatura. Portanto, os valores de temperatura variam de região para região (BURIOL et al., 2015). Isso foi evidenciado em um estudo sobre os biomas e os climas das capitais brasileiras, que registrou a ocorrência das temperaturas máximas no subgrupo do bioma da Amazônia (FRITZSONS et al., 2017), corroborando com os registros de elevação significativa das temperaturas máximas, médias e mínimas, simultaneamente à redução da umidade e precipitação nos últimos 30 anos na região de Alta Floresta, pertencente ao bioma Amazônico (SANTOS et al., 2021).

Em 2015, os maiores valores de temperatura foram observados em setembro e outubro. Nesse segundo semestre, o evento do El Niño, em sua fase quente, provocou alterações na temperatura da superfície do mar e do Oceano Pacífico Equatorial, resultando em menor nebulosidade, o que intensificou a radiação solar incidente sobre a superfície e agravou o desconforto térmico (JIMÉNEZ-MUNOZ et al., 2016).

Acredita-se que o recente fenômeno El Niño foi um dos mais intensos já registrados, ocorrido entre o verão de 2015 e meados de 2016, período em que os dados deste estudo foram analisados. Este acontecimento teve um impacto significativo em diversas regiões do Brasil, ocasionando secas, inundações, perdas materiais e danos inesquecíveis, principalmente à saúde e à qualidade de vida das pessoas (AMPOU et al., 2017), além de intensificar as queimadas naturais, que, no Brasil, tendem a aumentar durante os períodos de estiagem, especialmente nas regiões Centro-Oeste e Nordeste.

Além de favorecer a ocorrência de incêndios naturais, os períodos de estiagem e de temperatura elevada também podem causar desconforto térmico à população (DINIZ et al., 2018). De acordo com o autor, os resultados do seu estudo demonstraram que 2015 foi mais seco e quente e registrou maior desconforto térmico devido ao calor e ao aumento no número e nos focos de queimadas, especialmente nas regiões Centro-Oeste, Norte, Nordeste e Sudeste, corroborando os dados deste estudo. Para Nascimento e Novais (2020), assim como no presente estudo, os períodos de primavera e verão apresentaram elevação dos valores de temperatura acima de 24 °C, atingindo 30,7 °C em outubro. Já nos períodos de outono e inverno, de abril a setembro, os valores foram menores, atingindo 15,7 °C.

Uma forma de minimizar a exposição ao calor é aumentar a cobertura vegetal, que fornece diversos serviços ecossistêmicos, reduzindo o efeito da ilha de calor urbano provocado pela urbanização e pela redução das áreas verdes, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida dos habitantes urbanos e para a sustentabilidade das cidades (ZHANG et al., 2017). Além disso, a transpiração das árvores atua como fonte de fluxo de calor latente, contribuindo para o resfriamento e a umidificação do ambiente (ZHENG et al., 2021).

A umidade relativa do ar, assim como a temperatura, desempenha papel fundamental na saúde humana. A Organização Mundial da Saúde recomenda que os níveis de umidade estejam acima de 60%. Níveis entre 30% e 60% são classificados como não recomendados, e valores inferiores a 30% indicam “Atenção” ou “Emergência”. Entre os principais problemas causados pela baixa umidade relativa do ar estão: alergias, complicações respiratórias decorrentes do ressecamento das mucosas, sangramentos nasais, pele seca e irritação ocular (OMS, 2012). Em condições de ar mais seco, os dias tendem a ser mais quentes e as noites mais frescas; em contrapartida, com chuvas intensas e maior umidade, os extremos de temperatura tendem a ser atenuados. Em ambientes mais úmidos, a troca de calor pelo suor torna-se mais difícil, o que aumenta o desconforto térmico (BURIOL et al., 2015).

Santos et al. (2021) analisaram a relação entre indicadores climáticos e ambientais na cidade de Alta Floresta. O estudo apontou aumentos significativos nas temperaturas máximas, médias e mínimas (2,9 °C; 1,7 °C e 2,9 °C, respectivamente) ao longo de 30 anos, enquanto a umidade relativa do ar e a precipitação diminuíram. Esses resultados indicam que, em geral, o aumento da temperatura está associado à diminuição da umidade relativa do ar, embora essa relação varie ao longo do ano. Nas regiões mais próximas ao equador, como a de Alta Floresta, a maior incidência de raios solares, devido ao ângulo de incidência mais direto, intensifica o aquecimento; porém, há a influência da umidade característica do bioma Amazônico (GOMES; ZANELLA, 2023).

A umidade relativa do ar é mais elevada no período chuvoso do que no seco. Essa variabilidade pode ser explicada considerando a resposta da umidade do solo a dois regimes principais, umedecimento pela chuva ou secagem por radiação solar. Os fatores e processos de controle relevantes variam amplamente e operam em diferentes escalas espaciais e temporais, de modo que os padrões de umidade do solo refletem a multiplicidade desses efeitos (MALICKE et al., 2020).

Embora a precipitação contribua significativamente para o aumento da umidade relativa do ar, não é o único fator determinante. Mendes et al. (2020) ressaltam que é inegável a contribuição da precipitação para o aumento da umidade do ar e dos solos nos períodos chuvosos; entretanto, outros fatores também devem ser considerados, como infiltração, retenção e drenagem da água e o perfil do solo, que influenciam o comportamento da umidade relativa do ar nesses períodos.

As transformações decorrentes do processo de urbanização, como a alta concentração de edificações, a impermeabilização do solo, o desvio ou a remoção de recursos hídricos, a retirada de vegetação, bem como alterações no uso e na ocupação do solo, influenciam as condições climáticas locais. Tais mudanças podem provocar aumento das temperaturas do ar e variações nos níveis de umidade relativa do ar (SANTOS et al., 2017).

Já os períodos secos foram caracterizados por altas temperaturas e baixa umidade relativa, situação que pode ser atenuada por meio da preservação de áreas verdes, que ajudam a reduzir a temperatura local e a manter níveis adequados de umidade do ar. O ar muito seco, ou seja, a baixa umidade relativa do ar, prejudica e diminui a disposição física para o trabalho, bem-estar e saúde, afetando diretamente diversas atividades (MANDÚ et al., 2021).

Além dos elementos meteorológicos, como temperatura e umidade relativa do ar, os índices de conforto térmico são importantes indicadores para a análise do estresse térmico. O aumento do Índice de Calor em determinados horários pode decorrer tanto da elevação da temperatura quanto da umidade relativa do ar, uma vez que ambas são componentes do cálculo deste índice.

Assim como nesta pesquisa, o Índice de Calor foi utilizado para avaliar o comportamento dos elementos climáticos e o desconforto térmico no município de Mossoró (RN), bem como seus impactos na saúde da população. Após as análises, identificou-se que as temperaturas mais elevadas foram registradas entre 12 e 15 horas (SARAIVA, 2017).

Entre 12 e 15 horas, ocorre maior incidência de radiação solar na superfície terrestre, sendo comum o registro de temperaturas do ar elevadas e de baixa umidade, o que resulta em altos valores de IC. A partir das 16 horas, as temperaturas começam a diminuir gradativamente, embora ainda nesse horário se observe discrepância térmica (SARAIVA, 2017).

Quanto mais elevado o Índice de Calor, maiores os incômodos e os riscos à saúde, especialmente para as crianças, os idosos, as pessoas com comorbidades e as pessoas que trabalham ao ar livre (SARAIVA, 2017).

Mandú et al. (2021) também observaram comportamento sazonal do Índice de Calor, com dois períodos definidos em seu estudo: os primeiros seis meses do ano apresentaram médias de Índice de Calor na categoria “cautela”, e os demais seis meses, na categoria “cautela extrema”. Tal classificação é coerente com o padrão climático do estado de Mato Grosso, com dois períodos bem distintos: um chuvoso e outro seco, com maiores temperaturas em setembro (DINIZ et al.,

2018). Durante o período seco, ocorre aumento das temperaturas e do calor sensível no ar, juntamente com a redução da umidade relativa do ar, o que eleva os índices de desconforto térmico, inclusive à noite. Esses efeitos aumentam a vulnerabilidade à saúde da população (MOREIRA et al., 2023).

Além da temperatura e da umidade relativa do ar, outros elementos meteorológicos que influenciam a percepção de desconforto térmico humano incluem a evaporação, a velocidade do vento e a radiação solar (BURIOL et al., 2015). Ainda, segundo os autores, a combinação desses elementos com os mecanismos fisiológicos humanos faz da interação entre temperatura e umidade relativa do ar um dos principais condicionantes do conforto térmico.

Em geral, os meses de agosto e setembro se enquadram na faixa de “cautela extrema”, por serem os menos chuvosos na região de Alta Floresta. Regiões mais próximas ao equador recebem maior incidência de raios solares devido ao ângulo de incidência mais direto; ou seja, municípios mais próximos ao equador apresentam menor amplitude térmica anual devido à menor variação na radiação solar ao longo do ano (GOMES; ZANELLA, 2023).

Durante os horários classificados como de “cautela extrema”, é fundamental adotar medidas para proteger a saúde das pessoas, pois quanto mais elevado o Índice de Calor, maiores o incômodo e os riscos à saúde para a população, especialmente para grupos vulneráveis, como crianças, idosos e pessoas com comorbidades (SARAIVA et al., 2017).

Segundo Saraiva et al. (2017), em cidades tropicais onde as temperaturas são muito elevadas, o estresse térmico, especialmente em áreas urbanas densamente edificadas, pode ultrapassar os limites de tolerância dos habitantes. Diante da urgência de mitigar esses riscos, é sugerido que sejam adotadas medidas, como a ampliação de áreas verdes urbanas, que favorecem a absorção de calor e ajudam a reduzir a temperatura ambiente (BRASIL et al., 2024). Essas estratégias, incluindo a implantação de parques e praças arborizadas, são eficazes para reduzir o efeito da ilha de calor urbano, proporcionando sombreamento e contribuindo para a redução da temperatura local e para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos (BRASIL et al., 2024).

O comportamento sazonal do Índice de Calor também foi observado em outro estudo, indicando períodos de maior desconforto alinhados à estação seca (MANDÚ et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2025). Em regiões de clima tropical, como Mato Grosso, o padrão climático apresenta dois períodos bem distintos: chuvoso e seco (MOREIRA et al., 2015), sendo os meses de estiagem (agosto e setembro) caracterizados por altas temperaturas e baixa umidade relativa (OLIVEIRA et al., 2025). Essa situação pode levar a classificações de “cautela extrema” quanto ao desconforto térmico (MANDÚ et al., 2021; MOREIRA et al., 2023). Durante o período seco, o aumento das temperaturas e do calor sensível no ar, juntamente com a redução da umidade, eleva os índices de desconforto térmico, o que aumenta a vulnerabilidade à saúde da população em geral (MANDÚ et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2025).

Diante da constatação de horários e períodos classificados como de “cautela extrema”, torna-se essencial a adoção de medidas públicas de planejamento e de saúde preventiva. No âmbito do planejamento urbano, a implementação de espaços verdes e a adoção de pavimentos permeáveis são cruciais para mitigar o calor (BRASIL et al., 2024). As áreas arborizadas e os espaços verdes urbanos

proporcionam benefícios microclimáticos, como a melhoria do conforto térmico (CAMELO; CARACRISTI, 2022). O uso de materiais de construção que absorvem menos calor também é uma estratégia sugerida para reduzir os efeitos das ilhas de calor urbanas (BRASIL et al., 2024). Além disso, em nível de saúde pública e de conscientização geral, é vital que as autoridades orientem a população sobre os fatores de risco e os distúrbios associados à exposição ao calor, uma vez que o estresse térmico excessivo pode causar danos à saúde (SARAIVA et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2025).

As recomendações de saúde pública para a população em geral, em dias de intenso calor, devem focar na redução de riscos (SARAIVA et al., 2017). É fundamental proteger o corpo da exposição solar direta (SARAIVA et al., 2017) e evitar atividades nos horários de maior calor, programando tarefas mais pesadas ou extenuantes para os períodos com melhores condições térmicas, como o início da manhã ou o final do dia (SHIBUYA et al., 2024). Outras medidas essenciais incluem: ingerir água fresca potável; buscar locais com sombra ou áreas termicamente mais amenas; e usar roupas leves que auxiliam na dissipação do calor (SARAIVA et al., 2017; SHIBUYA et al., 2024).

5. CONCLUSÕES

Em termos de temperatura do ar, Alta Floresta apresentou valores médios aproximadamente 1 °C superiores aos de Tangará da Serra. A umidade relativa do ar também foi maior em Alta Floresta, com uma diferença média superior a 3,5% em relação a Tangará da Serra. Essa diferença é ainda mais pronunciada no período chuvoso e nos horários críticos das 14h às 15h, quando Alta Floresta mantém níveis mais elevados de temperatura.

A análise interanual, considerando os anos de 2013, 2015/16 e 2021, indicou que o período de 2015/16, marcado pela atuação do fenômeno El Niño, apresentou as temperaturas mais elevadas e os menores índices de umidade relativa do ar.

Com base nos índices de conforto térmico utilizados, Índice de Calor e Índice de Temperatura e Umidade, observou-se que Alta Floresta apresenta maior frequência de condições classificadas como “desconfortáveis”, especialmente no intervalo das 10h às 18h. Segundo esses índices, os horários mais críticos foram das 11h às 17h em Alta Floresta e das 12h às 16h em Tangará da Serra, o que evidencia padrões distintos de exposição ao calor entre os municípios.

Esta pesquisa permitiu a classificação dos horários de maior desconforto térmico, possibilitando a comparação entre duas regiões com altitudes e microclimas distintos. A análise horária permitiu identificar os horários mais prejudiciais à saúde da população.

6. REFERÊNCIAS

- AMPOU, E. E.; JOHAN, O.; MENKES, C. E.; NIÑO, F.; BIROL, F. OUILON, S; ANDRÉFOUET, S. Coral mortality induced by the 2015-2016 El-Niño in Indonesia: the effect of rapid sea level fall. *Biogeosciences*, v. 14, n. 1, p. 817-826, 2017. <https://doi.org/10.5194/bg-14-817-2017>
- BRASIL, C. F. S.; GALLARDO, N. P.; FERREIRA, L. M. P.; BORGES, A. M.; PASSOS-DE-OLIVEIRA, A. C. S. N.; CRUZ, H. B. Clima (des)confortável em Marabá, PA: análise dos índices de conforto térmico. *Observatório Se*

La Economía Latinoamericana, v. 22, n. 1, p. 3309-3328, 2024. <https://doi.org/10.55905/oelv22n1-174>

- BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; RIGHI, E. Z.; BRESSAN, V. C. Human thermic comfort in Santa Maria, RS, Brazil. **Ciência Rural**, v. 45, n. 2, p. 223-230, 2015. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131537>
- CAMELO, J. G.; CARACRISTI, I. A relação entre o clima e os inselbergs “monólitos” da cidade de Quixadá-CE, Brasil. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v. 24, n. 1, p. 148-161, 2022. <https://doi.org/10.35701/rcgs.v24.888>
- DINIZ, F. A.; RAMOS, A. M.; REBELLO, E. R. G. Normais climatológicas do Brasil 1981-2010. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 2, p. 131-143, 2018. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2018000200001>
- VIANA, E. N.; DALLACORT, R.; DIAS, V. R. M.; SOUZA, M. S.; BARBIERI, J. D.; TIEPPO, R. C.; FENNER, W. Rainfall variability in the region of Tangará da Serra, Mato Grosso, using the standardized precipitation index. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 29, n. 9, e291712, 2025. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v29n9e291712>
- FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; WREGE, M. S. Os biomas e o clima das capitais do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 4, p. 1152-1160, 2017. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v10.4.p1152-1160>
- GOMES, F. I. B. P.; ZANELLA, M. E. History, cause and particulars of climate semiarid of Northeast of Brazil. **Geografães**, v. 37, p. 1-21, 2023. Disponível em: <http://journals.openedition.org/geografães/10409>
- IBGE_Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama Alta Floresta - MT**. 2024a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt/alta-floresta.html>. Acesso em: jan. 2024.
- IBGE_Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama Tangará da Serra - MT**. 2024b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt/tangara-da-serra.html>. Acesso em: jan. 2024.
- JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C.; MATTAR, C.; BARICHIVICH, J.; SANTAMARÍA-ARTIGAS, A.; TAKAHASHI, K.; MALHI, Y.; SOBRINO, J. A.; VANDER SCHRI, G. Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015-2016. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p.1-7, 2016. <https://doi.org/10.1038/srep33130>
- KÖPPEN BRASIL. **Classificação climática de Köppen para os municípios brasileiros**. Disponível em: <https://koppenbrasil.github.io/>. Acessado em: 22 nov. 2025.
- KRISHNAMURTHY, M.; RAMALINGAM, P.; PERUMAL, K.; KAMALAKANNAN, L. P.; CHINNADURAI, J.; SHANMUGAM, E.; SRINIVASAN, K.; VENUGOPAL, V. Occupational heat stress impacts on health and productivity in a steel industry in Southern India. **Safety and health at work**, v. 8, n. 1, p. 99-104, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2016.08.005>
- MALICKE, M.; HASSLER, S. K.; BLUME, T.; WEILER, M.; ZEHE, E. Soil moisture: variable in space but redundant in time. **Hydrology and Earth System Sciences**, n. 24, p. 2633-2653, 2020. <https://doi.org/10.5194/hess-24-2633-2020>
- MANDÚ, T. B.; NASCIMENTO, A. L. S.; JACONDINO, W. D.; GOMES, A. C. S. Impact of heat waves on human thermal comfort in the Tapajós National Forest, West of Pará. **Biodiversidade Brasileira**, v. 11, n. 4, p. 98-108, 2021. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v11i4.1775>
- MENDES, R. M.; VALERIO FILHO, M.; SANTORO, J.; FARIA, D. G.; PORTELA, V. D. A. Proposição de limiares críticos ambientais para uso em sistema de alertas de deslizamentos. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 40, n. 1, p. 61-77, 2020. <https://doi.org/10.11606/rdg.v40i0.165390>
- MOREIRA, P. H. O.; COSTA, A. C. L.; SILVA JR, J. A.; CUNHA, A. C. Variações Sazonais do Índice de Temperatura Efetiva (ITE) e Índice de Calor (IC) com o uso do solo em Zona Urbana na Amazônia Oriental. **Caminhos de Geografia**, v. 24, n. 93, p. 1-17, 2023. <https://doi.org/10.14393/RCG249365649>
- MOREIRA, P. S. P.; DALLACORT, R.; GALVANIN, E. A. S.; NEVES, R. J.; CARVALHO, M. A. C.; BARBIERI, J. D. Ciclo diário de variáveis meteorológicas nos biomas do estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, n. 1, p. 173-188, 2015. <https://doi.org/10.5380/abclima.v17i0.41159>
- NASCIMENTO, D. T. F.; NOVAIS, G. T. Clima do Cerrado: dinâmica atmosférica e características, variabilidades e tipologias climáticas. **Élisée Revista de Geografia da UEG**, v. 9, n. 2, p. 1-39, 2020.
- NERBASS, F. B.; PECOITS-FILHO, R.; CLARK, W.; SONTROP, J. M.; MCINTYRE, C. W.; MOIST, L. Occupational heat stress and kidney health: from farms to factories. **Kidney International Reports**, v. 2, n. 6, p. 998-1008, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ekir.2017.08.012>
- OLIVEIRA, A. S.; PIERANGELI, M. A. P.; SOUSA, J. B. Características do meio físico da bacia hidrográfica do Médio Curso do Rio Teles Pires, no município de Alta Floresta - MT. **Revista Equador**, v. 8, n. 3, p. 159-177, 2019. <https://doi.org/10.26694/equador.v8i3.9437>
- OLIVEIRA, T. C. S.; DALLACORT, R.; DIAS, V. R. M.; MELO, R. P.; TRETTEL, A. C. P. T.; TIEPPO, R. C.; NASCIMENTO, V. F. Desconforto térmico e sua relação com internações e óbitos por doenças cardiovasculares na população adulta de municípios agrícolas do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 36, n. 21, 679-705, 2025. <https://doi.org/10.55761/abclima.v36i21.18861>
- PEREIRA, H. R.; REBOITA, M. S.; AMBRIZZI, T. Características da Atmosfera na Primavera Austral Durante o El Niño de 2015/2016. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 293-310, 2017. <https://doi.org/10.1590/0102-77863220011>
- SANTOS, K. A.; RUFINO, I. A. A.; BARROS FILHO, M. N. M. Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande-PB. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 943-952, 2017. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016146661>
- SANTOS, M. G. B.; DUARTE, R. L.; SANTOS, M. G. B.; PROCÓPIO, A. S. Avaliação da relação entre variáveis climáticas e internações por doenças cardiorrespiratórias em Juiz de Fora-MG. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, v. 12, n. 1, p. 270-281, 2021.
- SARAIVA, A. L. B. C.; VALE, C. C.; ZANELLA, M. E. Comportamento dos elementos climáticos no município

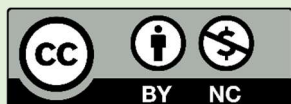
- de Mossoró (RN) e os impactos na saúde humana. **Revista GeoInterações**, v. 1, n. 1, p. 87-105, 2017. <https://doi.org/10.59776/2526-3889.2017.1074>
- SHIBUYA, E. K.; CUNHA, I. A.; AMORIM, F.; BITENCOURT, D. P.; MAIA, P. A.; BARROS, T. M. S. M.; ROSCANI, R. C.; BENTES, F. M. **Exposição ao calor em trabalhos a céu aberto - Guia de orientações gerais** [E-book]. São Paulo: Fundacentro, 2024. 42p. Disponível em: <https://apisobrecarga.fundacentro.gov.br/doc/Guia-Calor.pdf>. Acessado em: jan. 2025.
- WU, Z.; DOU, P.; CHEN, L. Comparative and combinative cooling effects of different spatial arrangements of buildings and trees on microclimate. **Sustainable Cities and Society**, v. 51, n. 1, e101711, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2019.101711>
- ZHANG, X; ESTOQUE, R. C.; MURAYAMA, Y. An urban heat island study in Nanchang City, China based on land surface temperature and social-ecological variables. **Sustainable Cities and Society**, v. 32, n. 1, p. 557-568, 2017. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2017.05.005>
- ZHENG, S.; GULDMANN, J.; WANG, Z.; QIU, Z.; HE, C.; WANG, K. Experimental and theoretical study of urban tree instantaneous and hourly transpiration rates and their cooling effect in hot and humid area. **Sustainable Cities and Society**. v. 68, n. 1, e102808, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2021.102808>

Agradecimentos: Ao Centro Tecnológico de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (CETEGEO-SR) da Universidade do Estado de Mato Grosso, por disponibilizar os dados meteorológicos.

Contribuições dos autores: R.P.M.: conceitualização, metodologia, investigação ou coleta de dados, análises estatísticas, redação (draft original); V.R.M.D.: conceitualização, metodologia, análises estatísticas, validação, redação (revisão e edição); T.C.S.O.: conceitualização, metodologia, investigação ou coleta de dados, análises estatísticas, redação (draft original); A.C.P.T.T.: metodologia, redação (revisão e edição); V.F.N.: metodologia, redação (redação e edição); R.D.: administração ou supervisão, conceitualização, metodologia, validação, redação (revisão e edição). Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Disponibilidade de dados: Os dados desta pesquisa poderão ser obtidos por e-mail, mediante solicitação ao autor correspondente.

Conflito de interesses: Os autores declaram não haver conflitos de interesses.



Copyright: © 2025 by the authors. This article is an Open-Access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons **Attribution-NonCommercial (CC BY-NC)** license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).