

# SENSAÇÃO TÉRMICA NO SERVIÇO DE TRANSPORTE CIRCULAR DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

*THERMAL SENSATION IN THE CIRCULAR TRANSPORTATION SERVICE OF THE FEDERAL UNIVERSITY OF PARÁ*

**MATHEUS MELO DE SOUZA** | UFPA

**MARCUS VINÍCIUS GUERRA SERAPHICO DE ASSIS CARVALHO, Dr.** | UFPA

**MARIANNA AMADO DA SILVA VIEIRA** | UNICAMP

**CARLOS EDUARDO AGUIAR DE SOUZA COSTA, M.Sc.** | UFPA

**JOSIAS DA SILVA CRUZ, M.Sc.** | UFPA

**MARIA LUIZA RODRIGUES MOREIRA** | UFPA

## RESUMO

No Brasil, o sistema de transporte coletivo sofre com a falta de planejamento em termos de conforto térmico, podendo trazer a desaprovação dos usuários e, principalmente, sérios danos à saúde. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a sensação térmica do sistema de transporte circular da Universidade Federal do Pará, devido a diversidade de pessoas que utilizam o serviço diariamente. Primeiramente, realizou-se uma análise de tendência da temperatura na região para os últimos 20 anos, seguida por uma análise da temperatura de superfície na universidade para o ano de 2018. Na segunda parte efetuou-se a caracterização das paradas disponíveis para utilização dos usuários. Por fim, foram realizadas medições de temperatura radiante nas paradas e no interior dos coletivos. Houve tendência ao aumento de temperatura em 80% dos anos estudados, e a temperatura de superfície na universidade variou em 5,4 °C. As medições de temperatura radiante mostraram valores médios acima do máximo tolerado pelos padrões de conforto em normas, concluindo que há necessidade de intervenção em todos os pontos de ônibus, a fim de promover melhorias no serviço. Isto é fundamental para o planejamento institucional do sistema de transporte, além de contribuir com a função social de fornecer um serviço digno.

**PALAVRAS CHAVE:** Planejamento de transporte; Mobilidade urbana; Temperatura

## ABSTRACT

*In Brazil, the collective transportation system suffers from the lack of planning in terms of thermal comfort, which can lead to user disapproval and, mainly, serious damage to health. Thus, the objective of this work was to evaluate the thermal sensation of the circular transport system of the Federal University of Pará, due to the diversity of people who use the service daily. Firstly, a temperature trend analysis was performed in the region for the last 20 years, followed by a surface temperature analysis at the university for the year 2018. In the second part, the characterization of the available stops for users' use. Finally, measurements were made of radiant temperature in the stops and inside the collectives. There was a tendency to increase temperature in 80% of the studied years, and the surface temperature in the university varied in 5.4 °C. Radiant temperature measurements showed average values above the maximum tolerated by comfort standards in standards, concluding that there is a need for intervention at all bus stops in order to promote improvements in service. This is fundamental for the institutional planning of the transportation system, in addition to contributing to the social function of providing a decent service.*

**KEY WORDS:** Transportation planning; Urban mobility; Temperature



## 1. INTRODUÇÃO

O transporte público é um serviço de extrema importância para a sociedade como um todo e não somente para seus usuários. O serviço é o principal meio de deslocamento nas cidades e possibilita que as pessoas tenham acesso às oportunidades de trabalho, aos equipamentos públicos, aos serviços sociais e às atividades que garantem a dignidade humana e a integração social (FELTRAN, 2016), além de promover as atividades de consumo de maneira mais fácil, o que garante a movimentação da economia.

No Brasil existem diversos aspectos importantes para a avaliação dentro da perspectiva da mobilidade urbana ao sistema de transporte urbano por ônibus, tais como: acessibilidade, tempo de viagem, segurança e conforto. Para Figueiredo et al. (2016) o conforto é uma das principais características para avaliação de um sistema de transporte. Antunes e Simões (2013) afirmam que o conforto é determinado pela disponibilidade de assento, espaçamento entre assentos, acessibilidade, ruídos, iluminação, higiene, segurança, espaço para circulação interna, dimensões das portas, roleta, apoios, altura dos degraus e as condições ambientais, como conforto térmico.

O conforto térmico humano é definido pela *American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers* (ASHRE), como o estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente circundante (ASHRAE 55, 2014). O conforto térmico dentro dos veículos é considerado como um dos fatores mais importantes nos projetos urbanos. Uma sensação térmica confortável pode trazer aos ocupantes não apenas uma boa sensação física e mental, mas contribuir também para uma maior concentração e motivação no trabalho e mais qualidade de vida (ZHOU, 2013).

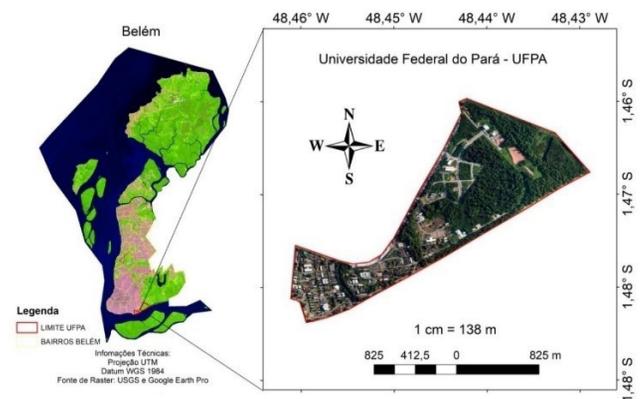
Assim, torna-se interessante analisar este fator em uma universidade, tendo em vista influência direta sobre a produtividade dos acadêmicos que dependem deste serviço. O sistema de transporte circular da Universidade Federal do Pará (UFPA) possui a função de transportar alunos, professores/pesquisadores, moradores do entorno ao longo da Cidade Universitária José da Silveira Netto. Importante ressaltar que o transporte também é fortemente utilizado por pacientes do Hospital Universitário Bettina Ferro de Souza, o que agrega a pesquisa um maior valor social, já que o conforto térmico também influencia diretamente na saúde dos usuários.

Diante desse contexto, faz-se necessário avaliar o nível da sensação térmica no sistema de transporte circular da UFPA, justamente porque a região amazônica possui altas temperaturas praticamente o ano todo. Esta avaliação é fundamental para o planejamento institucional do sistema de transporte, além de contribuir diretamente com a função social de fornecer um serviço digno. Busca-se também incentivar mais trabalhos como este, haja vista que estudos com este objetivo em universidades ainda são escassos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

A UFPA possui uma área territorial de aproximadamente 3.328 km<sup>2</sup>, dividida em quatro campi: Básico (I), Profissional (II), Saúde (III) e Parque Tecnológico (IV), além de um fluxo diário de mais de 20 mil pessoas. O sistema de transporte coletivo da universidade surgiu em 1992 e hoje é administrado pela Superintendência de Assistência Estudantil da Universidade, transportando atualmente cerca de 4.200 pessoas (TEOBALDO et al., 2018). Na Figura 1 observa-se a localização da cidade universitária.



**Figura 1** – Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto  
**Fonte:** Autores (2018)

O serviço do ônibus circular é gratuito e conta com uma frota de quatro veículos, possui as cores da instituição, azul e branco, e estão identificados com o nome da universidade (Figura 2). Os veículos contêm portas com acessibilidade para cadeirantes, letreiros digitais, e assentos com almofadas (ASCOM-UFPA, 2018). Em julho de 2018, após uma demanda histórica, a UFPA instalou ar condicionado em todas as linhas de circulares do campus e sequencialmente numeradas com algarismos arábicos entre parênteses e alinhados à direita, conforme modelo abaixo.



**Figura 2** – Veículo Circular da UFPA  
**Fonte:** Autores (2018)

De acordo com Teobaldo et al. (2018) o circular funciona de 7h às 22h, de segunda à sexta, ininterruptamente, com circulação simultânea de dois ônibus em sentido contrário. Cada ônibus possui 52 assentos, com a capacidade de 48 pessoas em pé. A rota de circulação é de aproximadamente 5 km e conta com 32 paradas ao longo dos quatro campus, sendo 16 paradas na ida e 16 na volta.

## 2.2. Avaliação de tendência de temperatura

A Cidade Universitária está localizada na cidade de Belém (PA). A temperatura é de 26,4 °C em média, e a umidade do ar média de 84%. O clima da cidade de Belém, segundo a classificação de Köppen é do tipo Af, com precipitação pluviométrica média anual é de 3.000 a 4.000 mm (ALVARES et al., 2013).

Para a avaliação da temperatura foram solicitados os dados de temperatura média de 1997 a 2017 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), oriundos da estação 82191, localizada no bairro do Curió-Utinga, distante cerca de 2 quilômetros da UFPA. Foi aplicado o teste não-paramétrico de Mann-Kendall, utilizado para avaliar tendências em séries temporais de dados ambientais.

O método foi escolhido pela sua grande utilização para avaliar dados de temperatura, além da facilidade de aplicação. Segundo Salviano et al. (2016), o método é baseado em rejeitar ou não a hipótese nula ( $H_0$ ) de que não exista tendência na série histórica, portanto, adota-se um nível de significância ( $\alpha$ ). A interpretação do nível de significância é a probabilidade de se cometer o erro de rejeitar a  $H_0$  quando essa for verdadeira. No teste de Mann-Kendall, uma tendência é considerada negativa ou positiva, indicando diminuição ou aumento nos atributos da série histórica analisada, caso o escore de Mann-Kendall (Kendall's tau) for negativo ou positivo. Além disso, a tendência apontada é considerada significativa quando  $p$ -value apresentar um valor menor que 0,05.

## 2.3. Temperatura de superfície terrestre

A aquisição da imagem orbital do satélite Landsat 8 foi no site do *United States Geological Survey* (USGS), que passou pelo local de interesse no dia 26 de agosto de 2018, às 13:22:36 h. Desta cena foi utilizada o sensor infravermelho térmico da banda termal 10 (TIRS1).

A recuperação de temperatura de superfície terrestre (LST) das bandas L8-TIRS 10 e 11 baseia-se na inversão da equação de transferência radiativa (RTE) (Equação 1), que corrige as medições de radiação espectral do topo da atmosfera (TOA) realizadas por essas bandas TIR, e é causada por atenuação atmosférica e emissão de superfície (GARCÍA-SANTOS et al., 2018). Todos os fatores e constantes são encontrados no arquivo de metadados que vem junto com os arquivos gerados pelo satélite e foram utilizados para gerar um mapa térmico da universidade.

$$L_{TOA,i} = \left[ \varepsilon_i B_i(LST) - (1 - \varepsilon_i) L_{hem,i} \right] \tau_i + L_{atm,i} \quad (1)$$

Em que  $L_{TOA,i}$  representa a radiância TOA medida pelo sensor TIR (em  $Wsr^{-1}m^{-2}\mu m^{-1}$ );  $\varepsilon_i$  representa a emissividade da superfície;  $B_i(LST)$  representa a função de Planck de um corpo negro emissor na temperatura da superfície (LST);  $L_{hem,i}$  representam o parâmetro atmosféricos correspondentes à radiação de afinidade hemisférica;  $\tau_i$  transmissividade atmosférica;  $L_{atm,i}$  radiação de resurgência.

## 2.4. Caracterização das paradas do ônibus circular

A caracterização das paradas foi realizada entre os dias 16 e 17 de outubro de 2018. Consistiu na criação de um banco de dados classificando a quantidade e qualidade das paradas, além de registro fotográfico. A classificação quantitativa deu-se pela caracterização de rota de ida e volta. Já a qualitativa, acerca da infraestrutura das paradas foi dividida baseada na presença de dois parâmetros principais do ponto de vista ergonômico e estrutural: banco e cobertura.

Tendo em vista que o ato de sentar proporciona o conforto físico, é importante analisá-lo como influenciador direto do conforto térmico. Já a cobertura influencia na incidência direta de radiação solar e, portanto, na troca de calor. A exposição direta ao sol pode provocar rapidamente a produção de suor, desconforto físico e psicológico (MENDES; TOMMASELLI, 2016).

## 2.5. Medição da temperatura radiante nas principais paradas e no circular

Para a avaliação da temperatura, foi definido um horário crítico, que de acordo com Oliveira e Costa (2005), na UFPA, ocorre entre 13 e 15h. A importância da escolha

justifica-se, pois, além de possuir as maiores temperaturas, o horário crítico coincide com o término do turno matutino e começo do turno vespertino, além do funcionamento dos Restaurantes Universitários, que aumentam o fluxo de usuários no transporte circular.

A temperatura radiante média é uma das diversas variáveis mensuráveis utilizadas na avaliação de conforto térmico de um ambiente e, portanto, é um fator importante na definição do estado térmico ao qual o ambiente se adequa (SIMION et al., 2016). Ressalta-se que pela dificuldade na aquisição de equipamentos necessários para avaliar os outros critérios em tempo hábil, optou-se por analisar apenas a variável temperatura radiante média.

As medições de temperatura radiante no interior dos ônibus circulares foram obtidas entre os dias 7 e 15 de novembro de 2018, dentro do horário crítico (13h às 15h). O período de medição foi definido dessa maneira de modo a não prejudicar as outras etapas do trabalho, tendo em vista a disponibilidade de equipamentos e pessoal para a realização das atividades. Os ambientes escolhidos foram: teto, piso, banco e janelas. A razão da escolha foi a área de contato com o usuário, área de exposição à energia solar e características dos materiais.

Já a medição da temperatura radiante nas paradas foi realizada entre os dias 29 de outubro a 16 de novembro de 2018. Nas paradas os ambientes escolhidos foram piso, teto e banco. A razão foram as características dos materiais, as interações com os usuários e as trocas de calor por radiação que ocorrem no ambiente da parada. A medição da temperatura radiante foi realizada por termômetro infravermelho da fabricante GM, modelo GM320.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Análise de tendência de temperatura

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise de tendência anual. Assim, pode-se verificar que dentro do universo amostral de 20 anos, 16 anos apresentaram tendências de aumento de temperatura média no município de Belém – PA, o que corresponde a 80% das amostras. Não diferente disto, a análise realizada com toda a série de 20 anos também apresentou uma tendência positiva. Deste modo, com base nos resultados do teste de Mann-Kendall, podemos afirmar que há uma tendência significativa de aumento de temperatura média na cidade. Em estudo semelhante de análise de tendência feito por Salviano et al. (2016), também foi encontrada tendência de aumento na temperatura média para a cidade de Belém.

Ano	Tau	P-Value	Verificação
1997	0,778	0,0004702	Há tendência
1998	0,061	0,8370115	Não
1999	0,727	0,0012690	Há tendência
2000	0,667	0,0031920	Há tendência
2001	0,909	0,0000000	Há tendência
2002	0,697	0,0020303	Há tendência
2003	0,727	0,0012690	Há tendência
2004	0,485	0,0335242	Há tendência
2005	0,333	0,1498607	Não
2006	0,576	0,0111748	Há tendência
2007	0,364	0,1147567	Não
2008	0,848	0,0001623	Há tendência
2009	0,606	0,0074879	Há tendência
2010	0,455	0,0467449	Há tendência
2011	0,545	0,0163933	Há tendência
2012	0,697	0,0020303	Há tendência
2013	0,485	0,0335242	Há tendência
2014	0,879	0,0000000	Há tendência
2015	0,455	0,0467449	Há tendência
2016	0,333	0,1498607	Não
2017	0,606	0,0074879	Há tendência

**Tabela 1** – Avaliação das temperaturas médias através da metodologia de Mann-Kendall  
**Fonte:** Autores (2018)

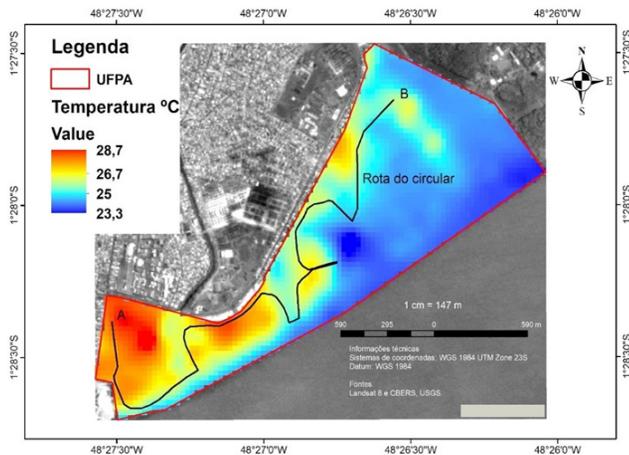
O aumento da temperatura pode estar relacionado ao fenômeno *El Niño* Oscilação Sul (ENOS), que é classificado, segundo Salazar-Gáscon e Ferreira (2018) como um padrão climático que resulta da interação das temperaturas da superfície do mar e os ventos no oceano pacífico, que podem resultar também na diminuição da precipitação pluviométrica e ocorrência de estiagens, diminuindo a umidade e afetando a sensação térmica. Somados aos efeitos do ENOS, que são variáveis naturais, as variáveis antrópicas também influenciam diretamente o aumento da temperatura na região, alguns fatores decisivos podem ser citados, tais como: crescente impermeabilização do solo devido ao uso e ocupação, do número de automóveis movidos a combustíveis fósseis, e por consequência, maior emissão de gases do efeito estufa.

Com a tendência de aumento da temperatura, as condições sensíveis de calor se tornarão cada vez mais desconfortáveis no sistema de transporte da UFPA, com probabilidade de influência no desempenho e na saúde de alunos, servidores da instituição e pacientes que são atendidos pelo Hospital Universitário.

#### 3.2. Temperatura de superfície na cidade Universitária

A Figura 3 apresenta o mapa temático de temperatura dentro da cidade Universitária e a rota do ônibus circular. A temperatura de superfície se apresenta de modo não uniforme para o mesmo horário do dia, deste modo, em alguns pontos a temperatura é de 23,3 °C e em outros chega a 28,7 °C. Portanto, uma diferença de 5,4 °C.

Assim, os locais de temperaturas mais amenas ficam localizados onde existe maior cobertura vegetal e nas proximidades do rio Guamá. Os ambientes mais quentes são os que estão em proximidades com a área urbanas e os estacionamentos com variação de temperatura entre 26,7 °C a aproximadamente 28,5 °C, sendo essa variação devida ao tipo de material utilizado na impermeabilização do solo, ficando a temperatura máxima (28,7 °C) para as coberturas de alguns prédios em que o material utilizado são telhas de amianto.



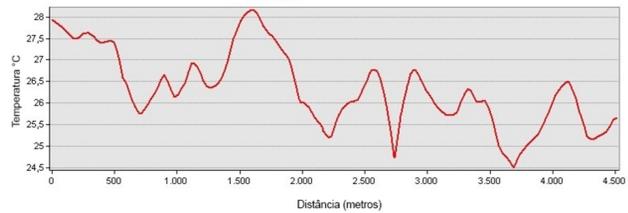
**Figura 3** – Temperatura de superfície pelo satélite Landsat 8 e a rota do ônibus circular no campus da UFPA  
**Fonte:** Autores (2018)

Santana (2015) analisou imagens de temperatura de superfície terrestre em Brasília, utilizando a mesma metodologia, porém com imagens do satélite Landsat 5, e encontrou a formação de ilhas de calor em vários pontos da cidade, principalmente nos locais urbanos e onde havia solo exposto. Isso pode demonstrar uma eficácia neste método para avaliação de temperaturas urbanas, o que pode incentivar outros estudos a uma análise semelhante.

De acordo com Sagris e Sepp (2017), as ondas de calor são um dos principais riscos climáticos que afetam as cidades em relação às mudanças climáticas contemporâneas e futuras. Os mesmos autores afirmam que as ondas de calor são acompanhadas por outro fenômeno - o efeito de ilha de calor urbana - em que a expansão de superfícies impermeáveis e atividade humana leva ao aumento

da temperatura, poluição do ar e consumo de energia.

Portanto, o ônibus circular trafega em sua maioria por áreas mais quentes da universidade, exceto quando passa próximo ao bosque Benito Calzavara e quando cruza a ponte para o campus de saúde, conforme o apresentado na Figura 4. Segundo Chan et al. (2015), as respostas ao microclima podem ser inconscientes, o que pode levar o ser humano a um estado de stress e fadiga, diminuindo assim, a sua produtividade laboral e acadêmica.



**Figura 4** – Perfil de temperatura de superfície na UFPA na rota do ônibus circular (Ponto A-B)  
**Fonte:** Autores (2018)

### 3.3. Caracterização das paradas do ônibus circular

A caracterização das paradas engloba uma avaliação qualitativa e quantitativa dos aspectos de infraestrutura que influenciam diretamente a sensação térmica no ambiente, conforme as Tabelas 2 e 3.

Paradas	Local	Cobertura	Banco
1	Transporte	Não	Não
2	Segurança	Não	Não
3	Rest. Univ.	Não	Não
4	Mir. do Rio	Não	Não
5	Vadião	Sim	Sim
6	Incubadora	Não	Não
7	ICA	Não	Não
8	Terminal	Sim	Não
9	NAEA/ICJ	Não	Não
10	ICSA	Não	Não
11	Odontologia	Não	Não
12	Nutrição	Não	Não
13	Hosp. Bettina	Não	Sim
14	Genoma	Não	Não
15	Esp. Inovação	Não	Não
16	INPE	Não	Não

**Tabela 2** – Caracterização das paradas de ida do Circular  
**Fonte:** Autores (2018)

Paradas	Local	Cobertura	Banco
17	Esp. Inovação	Não	Não
18	Genoma	Não	Não
19	Hosp. Bettina	Não	Sim
20	Nutrição	Não	Não
21	Odontologia	Não	Não
22	ICSA	Não	Não
23	NAEA/ICJ	Não	Não
24	Terminal	Não	Não
25	ICA	Não	Não
26	Incubadora	Não	Não
27	Vadião	Não	Não
28	Reitoria	Não	Não
29	ICEN	Não	Não
30	Ginásio	Não	Não
31	CAPACIT	Não	Não
32	Transporte	Não	Não

**Tabela 3** – Caracterização das paradas de volta do Circular  
**Fonte:** Autores (2018)

A avaliação concluiu que das 32 paradas, apenas a parada 5 (Complexo Vadião) possui as condições mínimas de conforto, como a presença de bancos e cobertura, ainda que de maneira ineficaz e com a presença de materiais inadequados para o clima na região, como coberturas metálicas e telhas de amianto. Ao todo, são 93,75% de paradas com ausência de coberturas e 90,63% sem assentos. As únicas paradas com presença de banco e/ou cobertura são as paradas 3, 8 e 13/19, correspondendo aos 12,5% restantes.

A Figura 5 ilustra as paradas 3 (Restaurante Universitário - RU), parada 5 (Complexo Vadião), parada 8 (Terminal) e 13/19 (Hospital Universitário Bettina) que apresentaram as características mínimas de análise de conforto térmico.



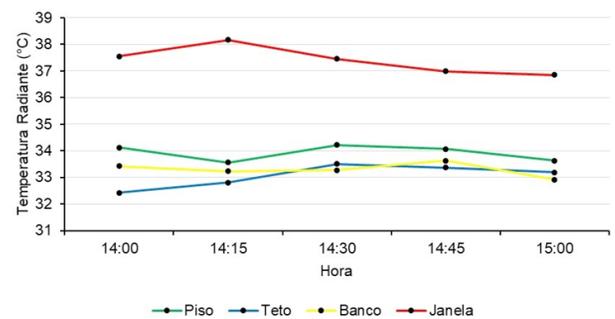
**Figura 5** – a) parada 3 (RU), b) parada 5 (Complexo Vadião), c) parada 8 (Terminal) e d) parada 13/19 (Hospital Bettina)  
**Fonte:** Autores (2018)

O uso de materiais como plástico e matérias biocompostos, como telhados verdes, melhorariam o conforto térmico no ambiente. Assim como o trabalho de Rehan (2013), onde o autor afirma a importância destes dispositivos na paisagem urbana como uma abordagem para proporcionar um ambiente sustentável atraente e seguro, principalmente em paradas de coletivos urbanos. O que justifica isso são os resultados obtidos da temperatura de superfície da universidade, que explanam as melhores temperaturas em áreas com maior vegetação.

Estudos como de Minella e Krüger também ressaltam a importância disto, onde os autores analisam como introduzir áreas verdes pode diminuir o estresse térmico do pedestre em dias de muito calor. Essas ações são diretamente voltadas à mobilidade urbana que podem sim considerar a inserção de áreas verdes como estratégia de requalificação da paisagem urbana.

### 3.4. Medição da temperatura radiante no circular

A medição da temperatura radiante no circular foi realizada durante os dias 7 de outubro a 15 de novembro de 2018. O horário de medição foi realizado no intervalo de 13 às 15 horas também, e os resultados apresentaram valores aproximadamente iguais em todos os veículos. O intervalo de medição foi estabelecido como 15 minutos, tempo este necessário para aclimação do ambiente interno devido às paradas e fluxo de pessoas. Os valores médios estão representados na Figura 6.



**Figura 6** – Valores médios de temperatura radiante no circular  
**Fonte:** Autores (2018)

Observa-se que os maiores valores de temperatura foram observados nas janelas do veículo, com valores entre 36,87 °C e 38,17 °C, e a média foi de 37,41 °C. O valor corresponde ao mais alto devido a condutividade térmica do vidro, que mesmo com película consegue transmitir níveis altos de energia térmica para dentro do ônibus, causando assim, desconforto térmico.

O teto do ônibus recebe calor irradiado diretamente do sol, com uma superfície completamente exposta. Porém, a pintura em cor branca auxilia na não absorção de toda a energia térmica advinda. Além disso, o sistema de ar condicionado, que é posicionado no teto do ônibus também garante o equilíbrio da temperatura na parte superior. Os valores encontrados durante as medições variaram entre 32,41 °C e 33,37 °C e a média a média foi de 33,05 °C, correspondendo na maioria das vezes às menores temperaturas medidas no interior do ônibus.

O piso apresentou valores entre 33,56 °C a 34,21 °C e a média foi de 33,92 °C, este valor está acima do valor máximo definido como limite de temperatura do chão, 26 °C de acordo com a ASHRAE-55 e 29 °C de acordo com a norma ISO 7730. Esses valores representam o calor irradiado do piso do ônibus, que por sua vez transmite o calor dos componentes do motor embaixo do ônibus, além do calor irradiado do asfalto.

Em relação ao banco de passageiros, ele apresentou valores entre 32,91 °C a 33,63 °C, e a média foi de 33,29 °C. Os valores de temperatura refletem a capacidade do banco de absorver o calor devido a sua constituição acolchoada, além de receber do piso do ônibus e trocar energia térmica com os usuários. A constituição do banco possui a característica de isolante térmico, a fim de proporcionar conforto os usuários, porém, a constituição do material pode ser incorreta se tratando de uma região tropical com altas temperaturas ao longo do ano, proporcionando, então, desconforto ao usuário.

Esta avaliação concluiu que os microclimas dentro do ônibus foram os principais responsáveis pelas diferenças de conforto dentro do mesmo ambiente. O lado onde qual o sol estava irradiando calor diretamente sempre apresentou um desconforto maior em relação ao da sombra e a temperatura radiante média global do ônibus foi de 34,42 °C.

### 3.5. Medição da temperatura radiante nas principais paradas

#### 3.5.1. Parada 3 (RU)

A parada 3 está situada na borda de uma passarela de pedestres alguns usuários improvisaram troncos de madeira como bancos, porém, a quantidade é pequena e no horário de pico, durante o funcionamento do RU, é ineficaz. Os troncos ainda obstruem a passagem do fluxo de pedestres na passarela.

As medições apresentaram valores médios de temperatura radiante do teto entre 43,99 °C e 48,70°C. O teto é composto de um material metálico, com alta condutividade

térmica, o que proporciona uma alta sensação de desconforto. O piso é feito em concreto e absorve muito calor, porém em quantidades bem menores se comparado ao material metálico do teto e apresentou uma medições entre 34,20 °C e 43,17 °C. Já os resultados do piso acompanharam os do teto, porém, dadas as características intrínsecas do material, o fluxo de calor é menor no segundo. A alta impermeabilização do solo na região também contribui para o desconforto, pois a área correspondente à parada 3 foi uma das primeiras regiões de uso e ocupação do solo na cidade universitária, conforme a Figura 7.

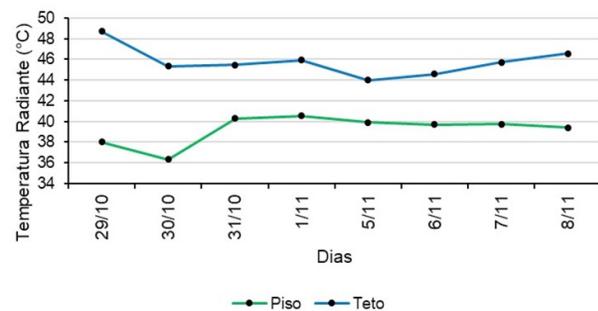


Figura 7 – Média da Temperatura Radiante na Parada 3 (RU)  
Fonte: Autores (2018)

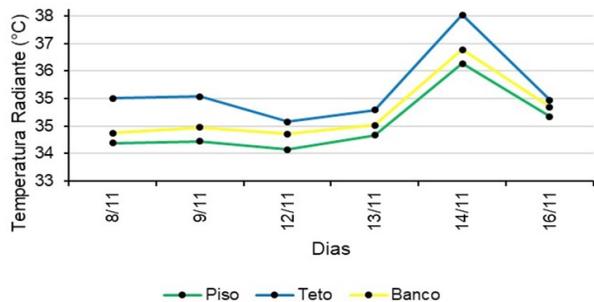
A média da temperatura radiante no piso foi de 39,25 °C acima dos valores máximo definidos como limite de temperatura do chão (ASHRAE-55 e ISO 7730). No teto, a média foi de 45,79 °C. A temperatura radiante média global da parada foi de 45,52 °C.

#### 3.5.2. Parada 5 (Complexo Vadião)

A parada 5 foi a única que apresentou os três requisitos mínimos de infraestrutura responsável pelo conforto e boa sensação térmica na parada de ônibus do circular. Entretanto, ainda que presente, nenhum dos dois requisitos proporciona bem-estar ao usuário. A avaliação constatou que o banco é feito de concreto e subdimensionado para a quantidade de pessoas que ali circulam, além disso, o material do teto, tal como na parada 3, também é constituído de componentes inadequados para o clima regional e, portanto, oferecem desconforto ao usuário.

De acordo com a Figura 8, a parada 5 apresentou valores médios de temperatura radiante no teto entre 34,73 °C e 37,83 °C. O material utilizado na cobertura possui alta condutividade térmica, e irradia muito calor, contribuindo para o desconforto para os usuários. Já o banco, por ser constituído de concreto irradia menos calor, porém, existe a troca calor com o usuário sentado, sua temperatura variou de 34,38 °C a 36,82 °C. O piso, também de concreto,

apresentou valores entre 33,91 °C e 36,42 °C. De maneira geral, a parada 5 apresenta os melhores índices de conforto e sensação térmica devido a infraestrutura básica da parada, com a presença de banco e cobertura, mas suas deficiências são graves e poderão se sobrepor às vantagens em um curto tempo caso não haja intervenção.



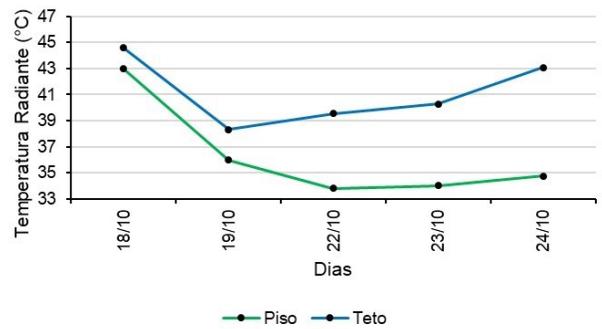
**Figura 8** – Média da Temperatura Radiante na Parada 5 (Complexo Vadião)  
 Fonte: Autores (2018)

A média da temperatura radiante no piso foi de 36,63 °C, também está acima do valor máximo definido como limite de temperatura do chão. Já em relação ao teto, a média foi de 35,64 °C. Em relação ao banco, o valor foi de 34,99 °C. A temperatura radiante média global da parada foi de 35,09 °C.

### 3.5.3. Parada 8 (Terminal)

A parada 8 é a parada com o maior fluxo de usuários da cidade universitária, seus usuários são oriundos dos institutos do campus profissional, pavilhões de aula, laboratórios de cursos e principalmente de usuários do transporte público de Belém. A maioria vem de outros locais dentro do campus para se deslocar para diversos pontos através do sistema de transporte coletivo urbano ou está chegando para utilizar os serviços ofertados na universidade ao longo de seus quatro campus. A parada 8 não possui bancos, o teto é feito de material incorreto para o clima da cidade e até mesmo suas dimensões são subdimensionadas para a quantidade de usuários.

Os valores de temperatura radiante emitidos pelo teto oscilaram entre 38,52 °C e 44,8 °C. Além do material ser inadequado, a área onde a parada está situada possui alto uso e ocupação do solo, com grande área impermeabilizada, destinada a estacionamento, além da proximidade com o terminal de ônibus municipal, que possui fluxo intenso de ônibus e assim, emissão de gases do efeito estufa em grande quantidade, que contribuem diretamente para o aumento da temperatura. A temperatura no piso variou entre 34,95 °C e 43,17 °C e suas características são oriundas do tipo de material, que no caso é concreto, e da impermeabilização do solo, de acordo com a Figura 9.

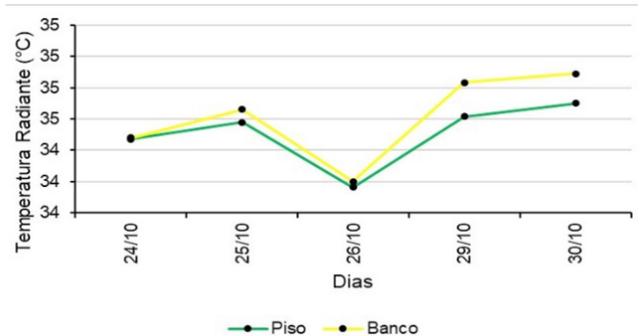


**Figura 9** – Média da Temperatura Radiante na Parada 8 (Terminal)  
 Fonte: Autores (2018)

### 3.5.4. Parada 13/19 (Hospital Universitário Bettina)

A parada 13/19 é a parada que atende o Hospital Universitário e está localizada no campus de saúde. A taxa de uso e ocupação do solo na região é a segunda menor da cidade universitária, tendo como efeitos a amenização da temperatura no local, a presença de grandes áreas verdes e árvores no entorno contribuem para a sensação térmica do ambiente. Porém, apesar da localização auxiliar, a infraestrutura da parada é inadequada, pois a ausência de cobertura e de bancos uniformizados inserem o usuário em uma condição de desconforto. Dois fatores são importantes na avaliação dessa parada em especial, a suscetibilidade às intempéries, como chuva e as condições psicobiológicas dos usuários, tendo em vista que a maioria se dirige ao hospital para tratamentos, consultas e operações.

Na parada 13/19, os valores de temperatura radiante emitidos pelo piso oscilaram entre 34,14 °C e 34,70 °C. Apesar do material ser concreto, os valores foram os mais baixos encontrados durante a análise. A temperatura nos bancos variou entre 34,20 °C e 34,89 °C e suas características são oriundas do tipo de material, concreto, porém, considerando a característica da parada, este material é inadequado e causa desconforto, conforme a Figura 10.



**Figura 10** – Média da Temperatura Radiante na Parada 13/19 (Hospital Bettina)  
 Fonte: Autores (2018)

#### 4. CONCLUSÕES

A avaliação de tendência de temperatura demonstrou que de 1997 a 2017, 16 dos 20 anos tiveram tendência de aumento, algumas razões responsáveis são a crescente expansão da universidade, intenso uso e ocupação do solo e impermeabilização dele, além de fenômenos climáticos. O microclima dentro da cidade universidade universitária varia entre 23,3 °C a 28,7 °C, sendo os locais com as temperaturas mais amenas os que têm proximidades com a área vegetada e com a margem do rio Guamá. A caracterização das paradas demonstrou que das quatro avaliadas neste trabalho, apenas a 5 (Complexo Vadião) apresenta características mínimas de conforto.

As temperaturas radiantes nas paradas apresentaram valores críticos, variando de 38 °C a 50 °C, sendo a parada 3 (RU) responsável pelos maiores valores, oriundos do teto, com valores entre 44 °C e 48,7. Já a medição nos bancos atingiu valores, entre 34 °C e 35 °C. Em relação ao piso, os resultados oscilaram entre 34°C e 36°C e atingiram valores acima do proposto pelas normas estudadas em todos os casos. Dentro do ônibus, o piso, teto e banco atingiram valores entre 32 °C e 34,5 °C. Os valores críticos foram determinados nas janelas, variando de 36,87 °C a 38,17 °C.

Por fim, conclui-se que a gestão do sistema de transporte circular vai além do cuidado apenas com o ônibus, sendo as paradas o maior problema (do ponto de vista térmico), pois o tempo de viagem dentro do circular é relativamente curto em relação ao tempo de espera nas paradas. A construção de uma infraestrutura adequada nas paradas, como telhados verdes nas coberturas, e bancos de plástico, propiciaria uma melhora nos indicadores ergonômicos, elevaria o nível de satisfação do usuário com o serviço, atrairia investimentos, bens e serviços para a cidade universitária, além de contribuir para a mobilidade urbana sustentável no campus, estimulando o transporte coletivo em detrimento do transporte particular, reduzindo custos econômicos para os usuários.

#### REFERÊNCIAS

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANTUNES, Eloisa Maieski; SIMÕES, Fernanda Antonio. Urban applied engineering: a study on quality of public transport in mid-sized cities. **URBE - Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 5, n. 2, p. 51-62, 2013.

ASHRAE - Standard 55 (2014). **Thermal environmental conditions for human occupancy**. American

Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., Atlanta.

Assessoria de Comunicação da UFPA-ASCOM. **Circular "encurta" distâncias na UFPA e transporta diariamente milhares de passageiros**. Disponível em: <<https://portal.ufpa.br/index.php/ultimas-noticias2/8727-circular-encurta-distancias-na-ufpa-e-transporta-diariamente-milhares-de-passageiros-2>>. Acesso em 16 de novembro de 2018.

CHAN, Albert; SONG, Wenfang; YANG, Yang. Meta-analysis of the effects of microclimate cooling systems on human performance under thermal stressful environments: potential applications to occupational workers. **Journal of Thermal Biology**, v. 49, p. 16-32, 2015.

FELTRAN, Fernanda Rodrigues. Instrumentos de Efetivação do Direito à Cidade a Lei 12.587/2012-Política Nacional de Mobilidade Urbana como Instrumento de Efetivação do Direito à Cidade. **Revista Direito & Dialogicidade**, v. 7, n. 1, p. 86-104, 2016.

FIGUEIREDO, Marilu Alcântara de Melo; SILVA, Luiz Felipe; BARNABÉ, Tiago Leão. Transporte coletivo: vibração de corpo-inteiro e conforto de passageiros, motoristas e cobradores. **Journal of Transport Literature**, v. 10, n. 1, p. 35-39, 2016.

GARCÍA-SANTOS, Vicente et al. Comparison of three methods for estimating land surface temperature from landsat 8-tirs sensor data. **Remote Sensing**, v. 10, n. 9, p. 1450, 2018.

ISO 7730 – ISO: 2005. **Ergonomics of thermal environmental – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria**. Geneve, 2005.

MENDES, Lidiana Pinho; TOMMASELLI, José Tadeu Garcia. De Sol a Sol: Reflexões sobre A Vivência do Clima Urbano Através da Rotina Laboral da(o)s Varredora(e)s de Ruas de Presidente Prudente - SP. **PEGADA-A Revista da Geografia do Trabalho**, v. 17, n. 1, 2016.

MINELLA, Flavia Cristina Osaku; KRÜGER, Eduardo Leite. Proposição do índice "fração vegetada" e sua relação com alterações na temperatura do ar e no conforto térmico no período diurno e em situação de verão para Curitiba. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 1, p. 353-371, 2017.

OLIVEIRA, Luciellen Araújo; COSTA, AC da. Influência da arborização na temperatura e umidade do ar no campus da UFPA. In: XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. 2005. p. 26-27.

REHAN, Reeman Mohammed. Sustainable streetscape as an effective tool in sustainable urban design. **HBRC Journal**, v. 9, n. 2, p. 173-186, 2013.

SAGRIS, Valentina; SEPP, Mait. Landsat-8 TIRS Data for Assessing Urban Heat Island Effect and Its Impact on Human Health. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v. 14, n. 12, p. 2385-2389, 2017.

SALAZAR-GASCÓN, Ruth Estefania; FERREIRA, Cassia De Castro Martins. Influência dos Eventos Extremos ENOS e AMO Entre 2003-2014 no Clima e Regimes de Fogo na Gran Sabana, Parque Nacional Canaima, Guiana Venezuelana. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, 2018.

SALVIANO, Marcos Figueiredo; GROppo, Juliano Daniel; PELLEGRINO, Giampaolo Queiroz. Trends Analysis of Precipitation and Temperature Data in Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, p. 64-73, 2016.

SANTANA, N. C. Investigation of Heat Islands in Brasília: Multi-Temporal Analysis with Focus on Land Cover. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 6, p. 1044-1054, 2015.

SIMION, Mihaela; SOCACIU, Lavinia; UNGURESAN, Paula. Factors which influence the thermal comfort inside of vehicles. **Energy Procedia**, v. 85, p. 472-480, 2016.

TEOBALDO, Felipe Meireles; CRUZ, Joellen Silva; FERREIRA, Regina Célia Brabo. Estudo Acerca do Transporte Coletivo Circular-UFGA: Diagnóstico e subsídios para melhoria do serviço na universidade. **Revista Científica Semana Acadêmica**, n. 000121, 2018.

USGS, Department of the interior U.S Geological Survey. **Landsat 8 (L8) Science Data Users Handbook Version 2**. Washington, DC, USA, 2016.

ZHOU, Qiao. **Thermal comfort in vehicles**. Faculty of Engineering and Sustainable Development, 2013.

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8133-4963>

**MATHEUS MELO DE SOUZA, Engenheiro** | Universidade Federal do Pará | Programa de Pós-Graduação em Engenharia Naval | Belém, PA - Brasil | Correspondência para: Rua Augusto Corrêa, 1 - Guamá, Belém - PA, 66075-110 | E-mail: matheus\_melo96@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4548-7708>

**MARCUS VINÍCIUS GUERRA SERAPHICO DE ASSIS CARVALHO, Dr.** | Universidade Federal do Pará | Programa de Pós-Graduação em Engenharia Naval | Belém, PA - Brasil | Correspondência para: Rua Augusto Corrêa, 1 - Guamá, Belém - PA, 66075-110 | E-mail: mseraphico@ufpa.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8809-3525>

**MARIANNA AMADO DA SILVA VIEIRA, Engenheira** | Universidade Estadual de Campinas | Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil | Campinas, SP - Brasil | Correspondência para: Rua Saturnino de Brito, 224 - Cidade Universitária Zeferino Vaz, Campinas - SP, 13083-889 | E-mail: marianaamado@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7238-6892>

**CARLOS EDUARDO AGUIAR DE SOUZA COSTA, M.Sc.** | Universidade Federal do Pará | Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil | Belém, PA - Brasil | Correspondência para: Rua Augusto Corrêa, 1 - Guamá, Belém - PA, 66075-110 | E-mail: cecosta@ufpa.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6885-7471>

**JOSIAS DA SILVA CRUZ, M.Sc.** | Universidade Federal do Pará | Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil | Belém, PA - Brasil | Correspondência para: Rua Augusto Corrêa, 1 - Guamá, Belém - PA, 66075-110 | E-mail: josiascruz@ufpa.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3469-7104>

**MARIA LUIZA RODRIGUES MOREIRA** | Universidade Federal do Pará | Faculdade de Administração | Belém, PA - Brasil | Correspondência para: Rua Augusto Corrêa, 1 - Guamá, Belém - PA, 66075-110 | E-mail: luizadriguesmoreira@hotmail.com

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

SOUZA, Matheus Melo de; CARVALHO, Marcus Vinícius Guerra Seraphico de Assis; VIEIRA, Marianna Amado da Silva; COSTA, Carlos Eduardo Aguiar de Souza; CRUZ, Josias da Silva; MOREIRA, Maria Luiza Rodrigues. Sensação térmica no serviço de transporte circular

da universidade federal do Pará. **MIX Sustentável**, [S.l.], v. 5, n. 3, p. 103-114, jul. 2019. ISSN 24473073. Disponível em:<<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2019.v5.n3.103-114>.

**DATA DE ENVIO:** 06/05/2019

**DATA DE ACEITE:** 02/07/2019

---

