

**PADRONIZAÇÃO E ANÁLISE DE ILHA DE CALOR URBANO:  
COLETA DE DADOS COM SISTEMA MÓVEL EM GOIÂNIA-GO**  
*STANDARDIZATION AND ANALYSIS OF URBAN HEAT ISLAND:  
DATA COLLECTION WITH MOBILE SYSTEM IN GOIÂNIA-GO*

**Data de aceite: 20/09/2024 | Data de submissão: 15/09/2024**

**RODRIGUES, Marília Guimarães, Mestra em Arquitetura e Urbanismo**

Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, E-mail: mariliagr.arq@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4772-341X>

**GONÇALVES, Pedro Henrique, Doutor em Construção Civil**

Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, E-mail: pedrogoncalves@ufg.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9919-6557>

**ZIEBELL, Clarissa Sartori, Doutora em Design**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, E-mail:

clarissa.ziebell@ufrgs.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9988-6950>

**ENGEL, Ernestina Rita Meira, Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo**

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, E-mail:

ernestinaengel@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5160-4750>

**FREDERICO E SILVA, Caio, Doutor em Arquitetura e Urbanismo**

Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, E-mail: caiosilva@unb.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8910-1841>

**RESUMO**

As pesquisas sobre o do microclima urbano são importantes na área de planejamento urbano, auxiliando na criação de cidades resilientes diante das atuais condições de mudanças climáticas. O artigo objetiva apresentar uma metodologia de coleta de dados móveis para analisar a possibilidade de ocorrência do fenômeno de ilha de calor urbana no Bairro Itatiaia, em Goiânia – GO, utilizando transectos móveis. A metodologia da pesquisa possui 3 etapas: definição do objeto de estudo; coleta de dados; e sistematização de dados e análise de resultados. A análise revelou que áreas densamente urbanizadas, com pouca vegetação, apresentam maior intensidade na ilha de calor, atingindo picos de temperaturas devido à retenção de calor em materiais como asfalto e concreto. Em contraponto, locais ao longo do parque linear exibiram temperaturas mais baixas, relacionado com a vegetação que oferece sombreamento e evapotranspiração. Assim, nota-se que a padronização do transecto móvel é essencial para obter dados confiáveis.

**Palavras-chave:** Ilha de calor; transecto móvel; padronização.



técnicas, como transectos móveis e pontos fixos com sensores de temperatura inseridos na malha urbana e no ambiente rural; 3 - Ilha de calor da atmosfera urbana superior: intitulada por Oke (1978) como "*urban boundary layer*", essa ilha de calor sobrepõe-se à anterior e estende-se, às vezes, até a atmosfera livre. Nessa camada, as diferenças de temperatura são observadas em altitudes mais elevadas. Esses três tipos de ilhas de calor são relevantes para entender os padrões de temperatura nas áreas urbanas, sendo fundamentais para o planejamento e a adoção de estratégias eficazes de mitigação dos efeitos do aquecimento urbano.

A avaliação do microclima urbano, apoia a tomada de diretrizes urbanas e políticas públicas de planejamento frente às alterações climáticas, pois trazem evidências às decisões projetuais e facilitam a identificação das melhores estratégias. Nesse sentido, faz-se urgente desenvolver estratégias e aplicar políticas que sejam capazes de mitigar os efeitos nocivos das atividades urbanas ao clima (Santamouris, 2014). Essas estratégias devem ser aplicadas não somente nos países desenvolvidos, conhecidos como os grandes geradores de poluição, mas também nos países subdesenvolvidos, de modo a proteger suas cidades de catástrofes ambientais (Ziebell *et al.*, 2023).

Uma das maneiras de avaliar a ilha de calor urbana é por meio do uso de transectos móveis. Os transectos são percursos lineares que atravessam áreas urbanas e suas imediações, onde são realizadas medições contínuas ou periódicas de temperatura e outros dados ambientais. O processo de avaliação mediante transectos móveis envolve caminhar ou dirigir ao longo de uma rota pré-definida, tomando medições de temperatura em diferentes pontos do trajeto. Essas medições são geralmente realizadas em diferentes momentos, incluindo durante o dia e a noite, para capturar as variações térmicas no decorrer do ciclo diário.

Este estudo propõe uma metodologia de coleta de dados móveis para avaliar a ilha de calor urbana, utilizando transectos móveis. O local escolhido para o estudo é o Bairro Itatiaia, em Goiânia/GO. O objetivo é oferecer uma abordagem personalizável, simples e acessível para analisar os efeitos térmicos na região urbana. A pesquisa, em andamento no Laboratório do Ambiente (LabAm/UFG), busca fornecer dados confiáveis para subsidiar políticas públicas e diretrizes urbanas, visando tornar as cidades mais resilientes às mudanças climáticas. A continuidade do estudo permitirá aprofundar o conhecimento sobre o fenômeno de ilha de calor urbana, considerando variáveis como a presença de parques lineares, para promover ambientes urbanos sustentáveis e saudáveis.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para o desenvolvimento de estudos de clima urbano e pesquisas ambientais de microclima e climatologia, Neves *et al.* (2015) destacam que a utilização de sensores para medidas de temperatura e umidade relativa do ar é vital. Esses sensores desempenham um papel basilar na obtenção de dados precisos e consistentes, garantindo a confiabilidade das análises e resultados nessas áreas de estudo. Esses dados são geralmente obtidos através do uso de equipamentos e sensores específicos, sendo que muitos destes necessitam de abrigos meteorológicos para proteção dos sensores e para garantir a qualidade e padronização dos dados.

O método do transecto móvel é amplamente utilizado na climatologia urbana para avaliar diferenças nos parâmetros climáticos entre diferentes ocupações do solo. Sua aplicação é preferida devido à simplicidade e baixo custo operacional em comparação com a instalação de estações fixas. Garantir a padronização dos instrumentos e abrigos é crucial para a qualidade das pesquisas microclimáticas, considerando que esses dados formam a base desses estudos. A acessibilidade e o baixo custo dos instrumentos são igualmente essenciais.

Atualmente, alguns padrões são recomendados para a realização dos transectos. Segundo Oke (1978), os transectos devem ser conduzidos em dias com condições de tempo atmosférico de céu claro e ventos fracos. Santos (2017) enfatiza a importância do pesquisador seguir trajetos pré-definidos e realizá-los sempre no mesmo horário, a fim de obter um banco de dados confiáveis. Além disso, em trajetos longos, a diferença de tempo entre a primeira e a última medida pode ser significativa, mas pode ser ajustada (Pezzuto, 2007).

Apesar dessas recomendações, nota-se a falta de uma padronização consistente nas pesquisas microclimáticas. A uniformização dos procedimentos é essencial para que os resultados sejam comparáveis e confiáveis, possibilitando avanços no entendimento dos fenômenos estudados.

### **2.1. Padronização de transectos**

Valin Jr. e Santos (2021) realizaram uma revisão bibliográfica sobre pesquisas de clima urbano, que empregaram transectos móveis, utilizando plataformas como Scielo, Google Scholar e Periódicos Capes. Para essa busca, foram utilizadas as palavras-chave "transecto", "abrigo" e "ilha de calor". Nesse levantamento, foram observadas diferenças nos tipos de abrigos, instrumentos utilizados, quantidade de dados coletados, horários das medições e velocidade de locomoção dos pesquisadores.

Os resultados indicaram falta de padronização nos procedimentos metodológicos, destacando diferenças nos tipos de abrigos, instrumentos, quantidade de dados, horários e velocidade dos pesquisadores. Essa falta de uniformidade pode comprometer a comparação e interpretação dos resultados, afetando a confiabilidade das conclusões.

Dessa forma, os autores enfatizam a necessidade de diretrizes claras na área para garantir a qualidade das pesquisas e promover avanços mais sólidos no campo do clima urbano. O presente trabalho foi orientado por recomendações existentes, buscando contribuir para a padronização dessas práticas.

#### **2.1.1 Velocidade**

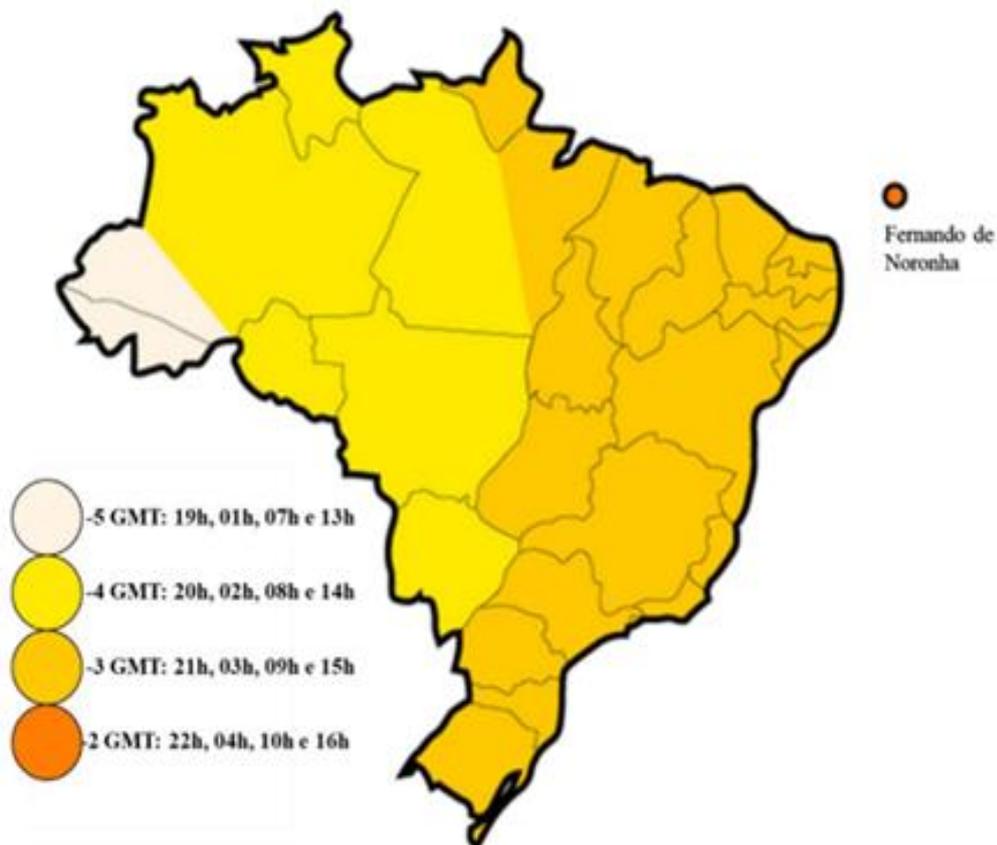
De acordo com Amorim, Dubreuil e Cardoso (2015), para observações do clima urbano em escala local, a utilização de medidas móveis por meio de carros, bicicletas e outros meios de transporte para transportar os sensores é uma opção favorável, especialmente quando se investiga as ilhas de calor. Valin Jr. (2019) adota uma velocidade entre 20 e 30 km/h quando os dados do trajeto são coletados com o veículo em movimento, como em situações de transectos móveis. Por outro lado, para coletar dados apenas em pontos fixos previamente definidos, velocidades

superiores a 30 km/h podem ser adotadas, desde que seja considerado o tempo de estabilização do sensor antes das leituras.

### 2.1.2 Horários

A OMM (Organização Meteorológica Mundial) recomenda que as principais observações meteorológicas em um dia típico ocorram às 00h, 06h, 12h e 18h GMT (Tempo Médio de Greenwich), visto que, conforme Dantas, Carvalho e Castro Neto (2010), correspondem ao UTC (Tempo Universal Coordenado). O objetivo é realizar leituras simultâneas em toda a superfície do globo terrestre em cada um desses horários. Para isso, cada região está localizada em um fuso horário específico, conforme pode ser analisado na Figura 1.

Figura 1: Horários para transecto móvel.



Fonte: Valin JR, 2019.

No Brasil, as ilhas oceânicas, como Fernando de Noronha, Penedos de São Pedro e São Paulo, Trindade, Martim Vaz e Atol das Rocas, estão localizadas no primeiro fuso horário (-2 GMT). Para essas regiões, os horários correspondentes aos transectos são 22h, 04h, 10h e 16h.

O segundo fuso horário brasileiro (-3 GMT) abrange a maior concentração populacional e representa a hora oficial do Brasil (horário de Brasília). Nesse fuso, encontram-se todos os Estados litorâneos do país, além de Minas Gerais, Goiás, Tocantins e Pará. Os horários correspondentes aos transectos nessa região são 21h, 03h, 09h e 15h.

O terceiro fuso horário brasileiro (-4 GMT) compreende os Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Amazonas (exceto seu extremo oeste) e Roraima. Os horários correspondentes aos transectos para essa região são 20h, 02h, 08h e 14h.

O quarto fuso horário brasileiro (-5 GMT) abrange o Acre e o extremo oeste do Estado do Amazonas. Os horários correspondentes aos transectos para essa região são 19h, 01h, 07h e 13h.

Goiás é correspondente ao segundo fuso horário brasileiro (-3 GMT) horário oficial do Brasil (horário de Brasília), abrange a maioria da população, estados litorâneos, Minas Gerais, Goiás, Tocantins e Pará, com transectos ocorrendo entre 21h e 15h.

### 2.1.3 Trajetos

Os trajetos são percorridos utilizando veículos, bicicletas ou a pé, e são uma abordagem importante para estudar o clima, o meio ambiente e outras características geográficas ao longo de um percurso específico. A coleta de dados com veículos, moto, bicicleta ou mesmo a pé requer que o tempo gasto entre a medida do ponto inicial e do ponto final do itinerário não ultrapasse uma hora, sendo que de acordo com Pezzuto (2007) quando a diferença de tempo entre a primeira e a última medida for significativa os valores devem ser ajustados.

### 2.1.4 Abrigos

De acordo com Hirashima e Assis (2011), o abrigo meteorológico é projetado com o propósito de minimizar a interferência da radiação, tanto de ondas curtas quanto de ondas longas, nas medições de temperatura e umidade do ar. A Norma ISO 7726 destaca a importância de proteger o sensor de temperatura do ar contra radiação de fontes de calor próximas, para evitar medições imprecisas. Embora forneça diretrizes para abrigos de radiação, não indica um tipo específico, deixando a escolha aos pesquisadores.

Valin Jr. (2019) examinou transectos em estudos de clima urbano no Brasil de 1990 a 2017, trazendo alternativas de abrigos em transectos móveis. Dentre os modelos analisados pelo autor, o denominado "PVC horizontal" foi eficaz em todas as situações, tendo um baixo custo (3% em comparação com o comercial). Outros abrigos analisados, como o abrigo de impressora 3D, mostrou-se eficiente na maioria das situações, mas apresenta maior custo. Enquanto isso, modelos com "pratos plásticos" e "PVC vertical" não foram eficientes.

As recomendações dos abrigos consideram não apenas a pesquisa bibliográfica apresentada, mas também o estudo prático conduzido por Valin Jr. (2019) em sua tese de doutorado, no qual foram testados diversos tipos de abrigos. As conclusões desse estudo foram as seguintes:

- a) O abrigo é considerado como referência por ser viável em trabalhos realizados em qualquer parte do mundo.
- b) Todos os abrigos alternativos foram eficientes para estudos de ilhas de calor realizados no período noturno.
- c) O modelo alternativo denominado "PVC horizontal" obteve resultados totalmente favoráveis em todos os cenários e análises realizadas, além de se destacar por ter um custo muito baixo, representando apenas 3% do valor do abrigo comercial.

- d) O abrigo produzido em impressora 3D foi eficaz em quase todas as situações analisadas, enquanto que os modelos com "pratos plásticos" e "PVC vertical" não demonstraram eficiência.

As conclusões, baseadas na pesquisa de Valin Jr. (2019), destacam o abrigo "PVC horizontal" como referência em termos de eficácia, eficiência e baixo custo. Assim, o autor oferece importantes orientações para escolher abrigos em estudos de clima urbano, de modo a aprimorar metodologias e garantir resultados confiáveis.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho seguiu uma metodologia dividida em três etapas principais, sendo elas: definição do objeto de estudo; coleta de dados; sistematização de dados e análise de resultados. Os detalhes de cada etapa serão descritos a seguir.

#### 3.1 Objeto de estudo

O Bairro Vila Itatiaia em Goiânia foi escolhido para estudo devido à presença de um parque linear estruturador (Figura 2), permitindo a análise de cenários de ilhas de calor urbanas e os efeitos nas condições térmicas micro-escalares. Essa escolha é relevante para contribuir com diretrizes urbanas diante das mudanças climáticas, visando entender os impactos climáticos em áreas urbanas, especialmente aquelas com parques lineares, além de implementar estratégias de adaptação e de mitigação frente aos desafios climáticos atuais.

**Figura 2:** Recorte de estudo - Bairro Vila Itatiaia, Goiânia, Goiás.



Fonte: Autores.

### 3.2 Coleta de dados

Para o levantamento de dados, utilizou-se um sistema móvel de coleta composto por um Arduino UNO, um sensor DHT22 para temperatura e umidade, um sensor sensor ds18b20 para o globo negro, um módulo GPS NEO6M, leitor/gravador de dados SD e uma bateria de 9V (Figura 3). A programação, feita na IDE do Arduino, registra dados a cada 15 segundos. As informações coletadas incluem horário, latitude, longitude, precisão, altitude, velocidade, temperatura e umidade (Engel, Ferrarez e Gonçalves, 2021). Adicionalmente, um globo negro foi integrado ao sistema para quantificar os componentes da energia radiante e calcular a temperatura de globo negro.

**Figura 3:** Sistema móvel desenvolvido.



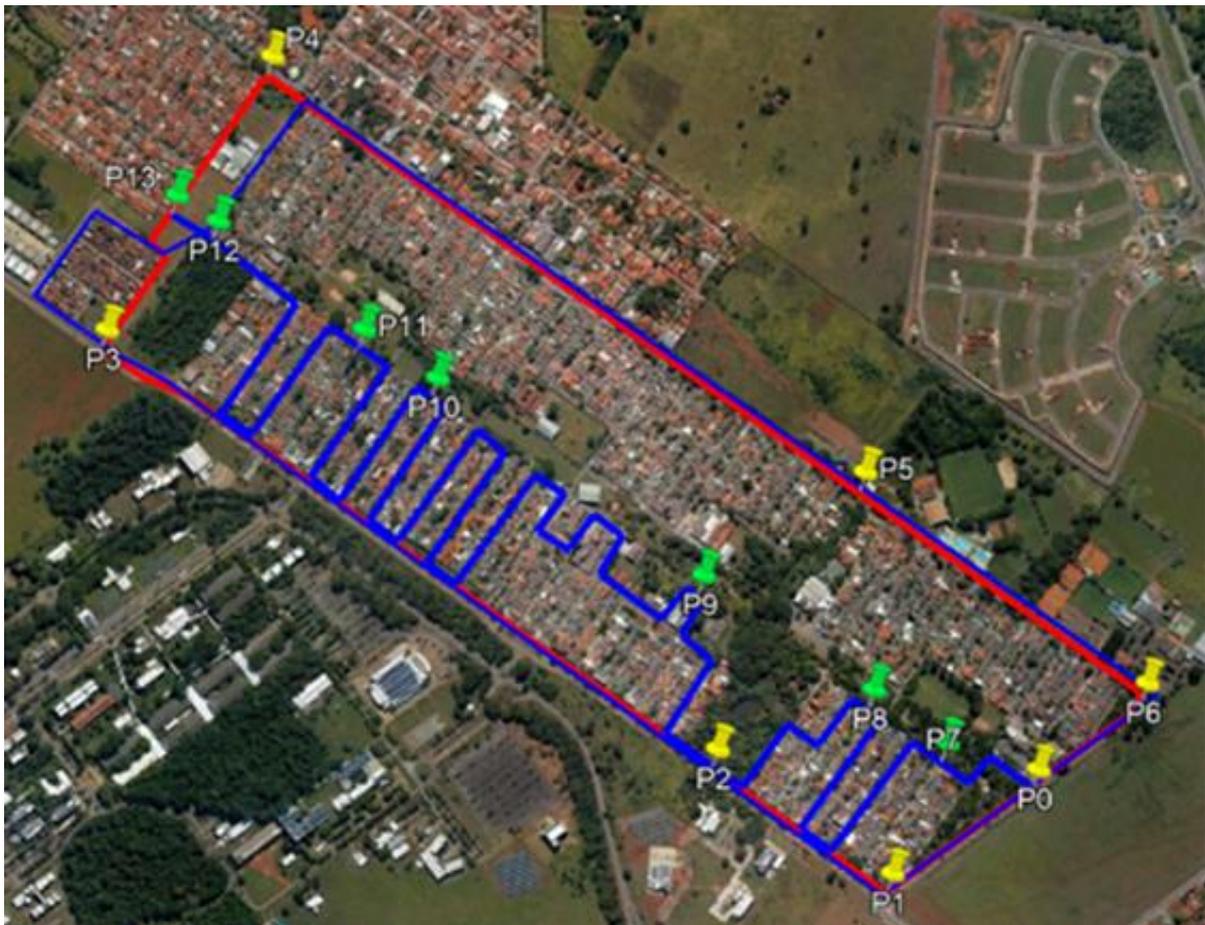
**Fonte:** Autores.

**Velocidade:** Ao longo de todo o trajeto, foi mantida a velocidade constante de 30 km/h, de acordo com as orientações dos estudos de referência teórica citados anteriormente. Essa medida garantiu a consistência e a padronização das condições de coleta de dados ao longo do percurso.

**Horários:** Os horários das coletas foram selecionados seguindo as recomendações da OMM (Organização Meteorológica Mundial), sendo adaptados à região de estudo em Goiânia. Foram realizadas medições nos seguintes horários: 21h (30/06/2023), 03h (01/07/2023), 09h (01/07/2023) e 15h (01/07/2023). Essa escolha foi feita tendo em consideração que Goiânia está localizada no segundo fuso horário brasileiro (-3 GMT) conforme especificado pela OMM.

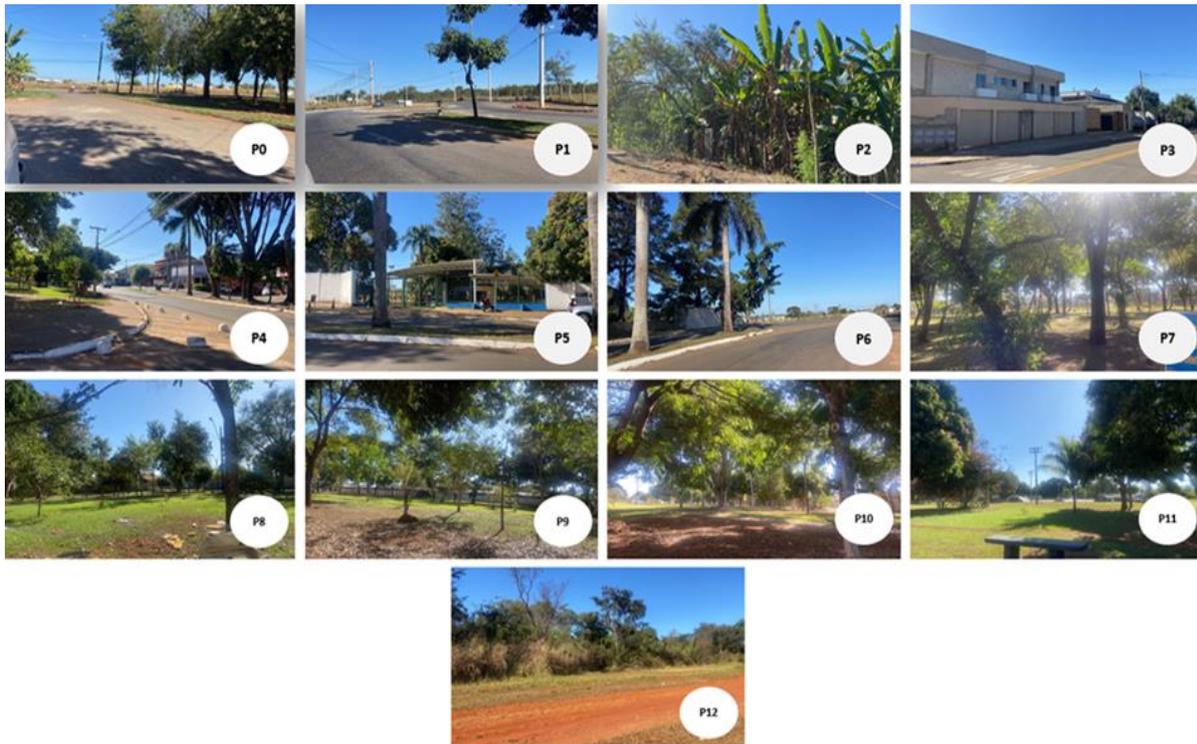
**Trajetos:** O trajeto foi realizado conforme mostrado na Figura 4. Devido à falta de continuidade das vias ao longo do parque linear, não foi possível seguir uma linha contínua, resultando em alguns desvios no caminho. Para uma análise mais abrangente, foram identificados pontos de interesse ao longo do parque, incluindo suas extremidades e áreas menos edificadas. Essa estratégia permitiu analisar os diferentes cenários do bairro e avaliar o impacto do parque na área em estudo. Os pontos marcados (Figura 5) são representados nas imagens de maneira que proporcionam uma visão mais completa das características da região e contribuem para a compreensão do papel do parque na paisagem urbana.

**Figura 4:** Trajeto realizado.



Fonte: Autores, com imagem base Google Satélite.

**Figura 5:** Pontos marcados para análises.



Fonte: Autores.

### 3.2.4 Abrigos

Para abrigar os sensores, foi construído o modelo "PVC Horizontal", o qual foi analisado e testado no trabalho de Valin Jr. (2019). Esse modelo apresentou resultados totalmente favoráveis em todos os cenários e análises realizadas, conforme demonstrado em sua tese comparativa.

O processo de construção do abrigo seguiu todas as especificações contidas no referido trabalho (Figura 6). Abaixo estão listadas as etapas de construção, desde a montagem do abrigo até a sua utilização para a coleta de dados:

**Montagem do abrigo:** o modelo "PVC Horizontal" foi construído de acordo com as especificações e dimensões apresentadas no trabalho de Valin Jr. (2019).

**Testes e ajustes:** após a construção, o abrigo foi submetido a testes para garantir sua eficiência e adequação às condições de coleta de dados.

**Coleta de dados:** com o abrigo devidamente instalado, iniciou-se a coleta de dados meteorológicos em sincronia com os horários previamente estabelecidos (21h, 03h, 09h e 15h). O sistema foi configurado para registrar de maneira contínua e automatizada os dados a cada 1 minuto, garantindo a precisão e consistência das leituras.

**Figura 6:** Etapas da construção do abrigo e sua instalação.



Fonte: Autores.

### 3.3 Sistematização de dados e análise de resultados

A terceira etapa corresponde à sistematização e análise de dados. Para isso, os dados coletados com o dispositivo foram categorizados e tratados. Durante a coleta, os dados são armazenados em um cartão micro SD, salvando os dados em um arquivo com valores separados por vírgulas (.csv). Assim, os dados podem ser inseridos em uma planilha do Excel, para organização e análise dos dados válidos. Após, os dados são importados para o software Quantum Gis (QGis, 2024), que é o um software livre de gerenciamento de dados georreferenciados. A posição dos pontos é inserida a partir dos dados de coordenadas geográficas coletadas com o módulo GPS NEO6M, acoplado no arduíno do dispositivo (Engel, Ferrarez e Gonçalves, 2021).

Com a inserção da tabela de dados no QGis, os dados são especializados em pontos, que possuem as informações de coleta. A partir disso, é possível categorizar os dados de temperatura e umidade de acordo com os valores obtidos. Em complemento, para geração de curvas de temperatura e umidade, foi utilizado a ferramenta de Interpolação *IDW*. A ferramenta gera a interpolação ponderada pelo inverso da distância a partir de uma camada de pontos vetoriais. Os pontos são ponderados para que a influência de um ponto em relação ao outro coincida com a distância do ponto criado. A interpolação resulta em uma imagem raster. Com o raster, foi possível extrair os contornos em distâncias pré-determinadas, refletindo áreas com temperaturas próximas, a partir do cálculo aproximado da interpolação.

Dessa maneira, foram gerados mapas de temperatura e umidade, para cada um dos horários de levantamento, resultando em oito mapas para análise. Os mapas foram gerados no compositor de impressão do programa QGis. Com os mapas, foi possível realizar as análises e comparações, tendo em vista os levantamentos preliminares, e as imagens registradas no trajeto.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise das temperaturas do ar, notou-se que a maior intensidade de calor acontece em áreas adensadas e com pouca vegetação. Cidades construídas com materiais que liberam calor mais rapidamente atingem o pico de ilha de calor logo após o pôr do sol, ao passo que cidades construídas com materiais que liberam calor mais lentamente podem atingir seus picos somente após o amanhecer (Oke, 1978). Esse comportamento pode ser explicado pela presença de materiais com alta capacidade térmica e condutividade térmica, como o asfalto e o concreto, que predominam em muitos bairros urbanos. Esses materiais têm a capacidade de armazenar uma grande quantidade de calor durante o dia e liberá-lo de maneira gradual, resultando em temperaturas mais elevadas durante a noite e no início da manhã.

Gartland (2010) destaca que os materiais influenciam a intensidade das ilhas de calor. Cidades com materiais que liberam calor rapidamente, como os solos secos e a madeira, atingem o pico de intensidade após o pôr do sol. Já aquelas construídas com materiais de liberação mais lenta, como o concreto e a rocha, alcançam seus picos ao amanhecer, conforme observado na coleta de dados. Materiais de alta capacidade térmica, como o asfalto, absorvem e armazenam calor durante o dia, liberando-o gradualmente à noite. Isso mantém a temperatura mais elevada após o pôr do sol, resultando no pico da ilha de calor urbana ao amanhecer.

A presença de vegetação tem um papel fundamental na mitigação desse fenômeno. Pontos ao longo de áreas verdes e parques urbanos apresentam temperaturas significativamente mais baixas, devido à combinação de sombreamento e evapotranspiração, ambos responsáveis por reduzir a intensidade das ilhas de calor. Mascaró e Mascaró (2009) ressaltam que a presença de árvores e elementos arbóreos contribui para a diminuição das temperaturas locais, pois promovem um aumento da umidade relativa do ar e uma menor amplitude térmica. Parques urbanos, nesse sentido, atuam como verdadeiros oásis térmicos, ao reduzir a temperatura em seu entorno, principalmente através do aumento da umidade e da redução dos extremos térmicos.

Em áreas densamente urbanizadas, a escassez de vegetação resulta em baixos índices de umidade relativa do ar. No entanto, a presença de árvores e vegetação em parques urbanos não apenas aumenta a umidade por meio da evapotranspiração, mas também alivia significativamente o desconforto térmico, ajudando a moderar os extremos de temperatura. Como pode ser visto na Figura 7, os pontos com vegetação e sombreamento desempenham um papel crucial na regulação do microclima urbano, proporcionando um ambiente mais ameno para os habitantes. Na Figura 8,

encontram-se pontos onde o asfalto é predominante, o que eleva a temperatura do ar e a sensação de desconforto térmico das pessoas que transitam pelo local.

**Figura 7:** Pontos com vegetação e sombreamento



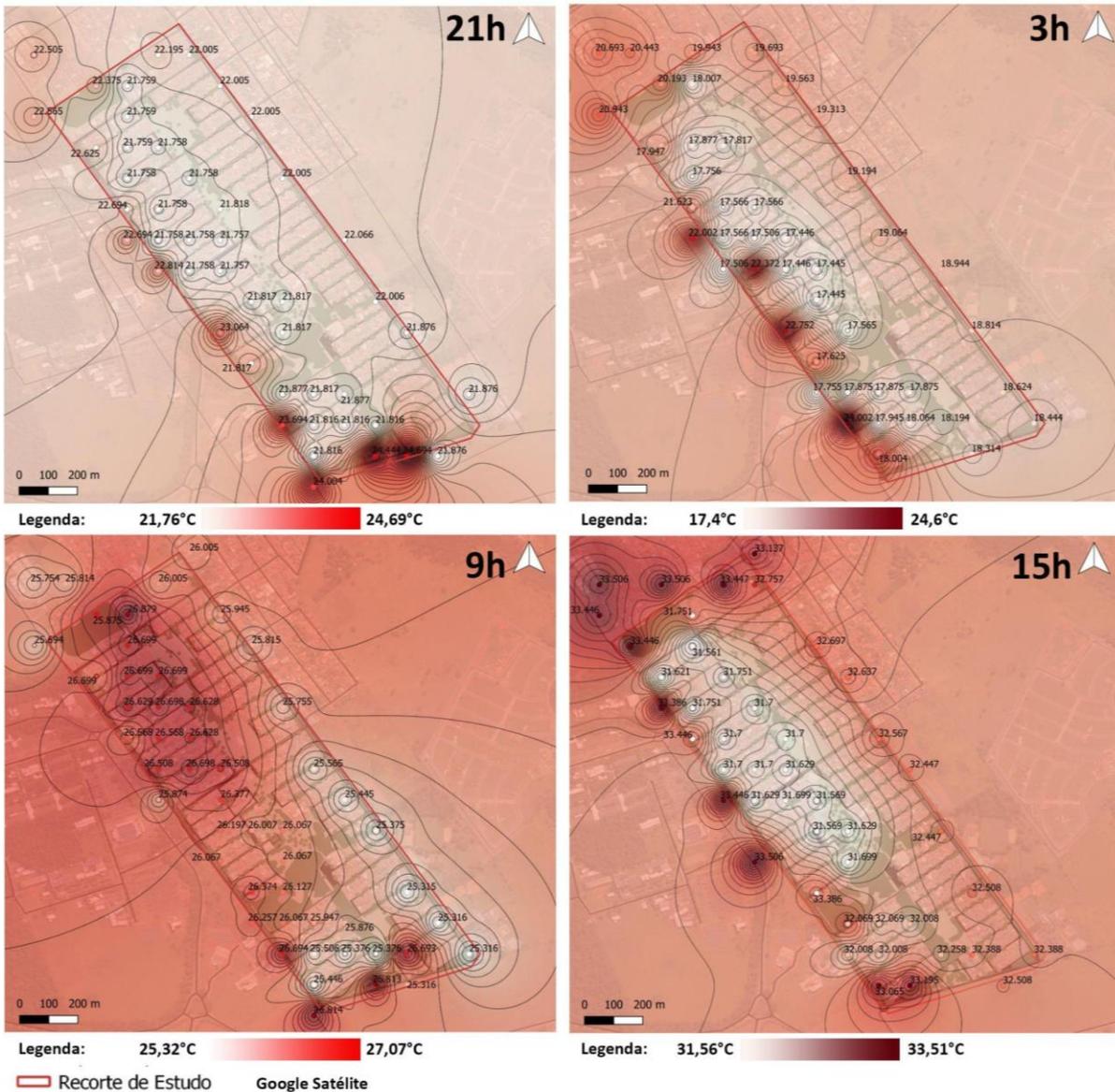
Fonte: Autores.

**Figura 8:** Pontos com asfalto e sem permeabilidade do solo



Fonte: Autores.

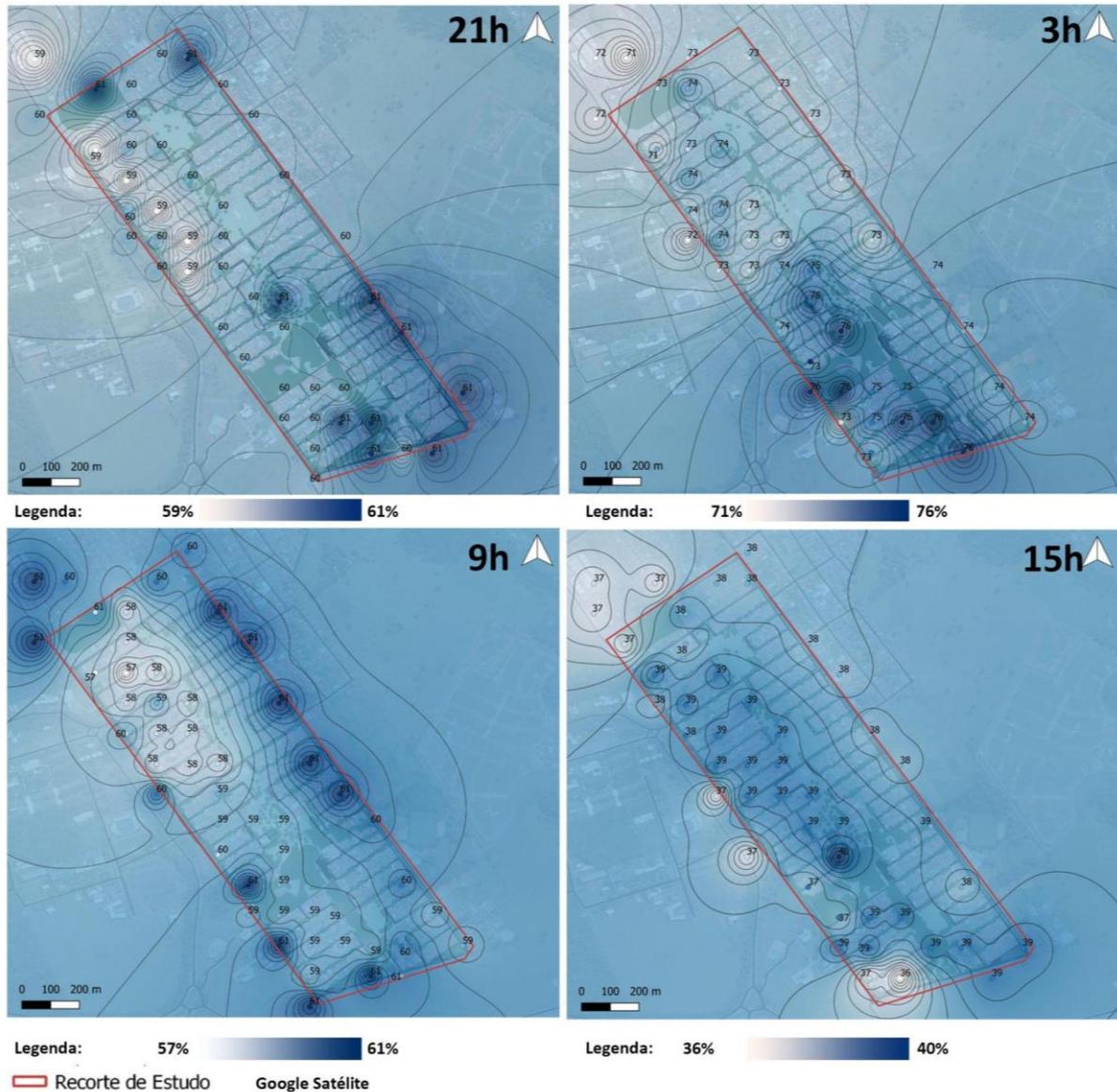
Após a coleta, os dados foram tratados e especializados a partir do software QGIS. O resultado da interpolação dos pontos de medições de temperatura, em todos os horários de coleta (21h, 3h, 9h e 15h), pode ser observado na Figura 9. Os dados apresentados na Figura 9 mostram a evolução da temperatura ao longo de um dia. Observa-se que, durante todo o dia, as temperaturas são mais amenas na porção nordeste da área estudada. Muito provavelmente isso ocorre devido à presença de uma grande área verde próxima à região. Na faixa à nordeste, as temperaturas variam entre 18 e 35°C, enquanto que na faixa à sudoeste as temperaturas variam entre 22° e 35°C, mostrando uma maior capacidade de perder calor da porção nordeste. Além desta clara distinção entre a região nordeste e sudoeste, observa-se que a área central, onde encontra-se o parque linear, é a região que atingiu as menores temperaturas, com uma variação entre 17°C e 32°C.

**Figura 9:** Interpolação das medições de temperatura.


Fonte: Autores.

O resultado da interpolação dos pontos de medições de umidade nos horários de coleta (21h, 3h, 9h e 15h), está representado na Figura 10. A análise dos mapas demonstra claramente que as regiões com áreas verdes apresentam maiores valores de umidade relativa. Sendo assim, apesar das habitações da faixa nordeste apresentarem características similares às habitações da faixa sudoeste, elas estão em um microclima mais ameno, com temperaturas mais baixas e umidade do ar mais elevada. Observa-se ainda que existe uma amplitude da umidade relativa do ar muito elevada: durante a madrugada, quando as temperaturas encontram-se entre 17 e 25°C, a umidade relativa varia entre 71 e 76%. Já à tarde, período mais quente, quando as temperaturas variam entre 31 e 33°C, a umidade relativa chega a 36%.

**Figura 10:** Interpolação das medições de umidade



**Fonte:** Autores.

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Ao visualizar os resultados, nota-se a influência do parque na temperatura, mostrando registros mais baixos ao longo de sua extensão. Ao mesmo tempo, a umidade passa a ser mais elevada. Apesar da amostra limitada, destaca-se a importância da padronização na coleta de dados para garantir resultados confiáveis. Embora evidenciem a relação entre o parque e as variações de temperatura, ressalta-se a necessidade de pesquisas mais abrangentes para compreender completamente a ilha de calor urbana e suas implicações.

Essa tendência reforça o papel fundamental que áreas verdes desempenham na mitigação dos efeitos da ilha de calor urbana, oferecendo um microclima mais ameno em meio a regiões urbanizadas densas. Embora a amostra utilizada na pesquisa

tenha sido limitada, os dados obtidos ressaltam a importância de uma metodologia padronizada na coleta, garantindo maior precisão e confiabilidade nas medições futuras.

No entanto, apesar das evidências claras da relação entre a presença do parque e as variações térmicas e de umidade, é crucial reconhecer as limitações da pesquisa. A amostragem reduzida limita a generalização dos resultados para outras áreas urbanas com diferentes configurações ambientais e climáticas. Por isso, há uma necessidade de realizar estudos mais abrangentes e extensos, que incluam diferentes condições climáticas, sazonalidades, variações na densidade urbana e a utilização de novas tecnologias para monitoramento. Somente com uma base de dados mais robusta será possível entender de forma abrangente os padrões de comportamento térmico nas cidades e os fatores que exacerbam ou atenuam a ilha de calor urbana.

Portanto, os resultados obtidos até o momento são promissores e evidenciam a relevância das áreas verdes na moderação dos impactos das ilhas de calor. Contudo, a ampliação das pesquisas será fundamental para construir um conhecimento mais completo e para o desenvolvimento de estratégias de mitigação eficazes, especialmente diante das crescentes pressões do aquecimento global e da urbanização descontrolada.

Do ponto de vista de políticas públicas e práticas de desenvolvimento urbano, a discussão dos dados aponta para a necessidade de reavaliação das estratégias de urbanização. Em primeiro lugar, a promoção do uso de materiais de construção com menor capacidade térmica, como pavimentações permeáveis e materiais refletivos, pode ser uma solução eficaz para reduzir a absorção de calor durante o dia. Além disso, a ampliação e preservação de áreas verdes, parques e corredores ecológicos dentro das cidades, conforme sugerido por Mascaró e Mascaró (2009), deve ser prioridade nas políticas urbanas. A vegetação, além de melhorar o conforto térmico, contribui para a biodiversidade e o bem-estar dos cidadãos.

Em resumo, a discussão dos dados evidencia que a mitigação das ilhas de calor urbanas demanda uma abordagem integrada, envolvendo escolhas conscientes de materiais, preservação e ampliação de áreas verdes, e uma reavaliação dos planos diretores das cidades. Somente por meio de um planejamento urbano sustentável e inclusivo será possível enfrentar de maneira eficaz os desafios impostos pelo aquecimento urbano e pelas mudanças climáticas.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a coleta de dados, conclui-se que a padronização do transecto móvel é essencial para obter dados confiáveis em estudos de ilhas de calor, especialmente ao considerar a influência de parques lineares em áreas urbanas. A coleta padronizada ao longo do trajeto possibilita uma análise precisa e abrangente dos efeitos térmicos da região. A presença de um parque linear desempenha um papel

significativo na redução das temperaturas locais, evidenciado pela coleta padronizada, a qual revela temperaturas mais baixas nas proximidades da área verde em comparação com regiões mais urbanizadas e adensadas.

A padronização do transecto é crucial para destacar a importância dos parques lineares e áreas vegetadas na mitigação das ilhas de calor urbanas, fornecendo subsídios para o planejamento urbano sustentável e medidas de adaptação climática. O presente estudo realizou uma amostra inicial, e continuará com coletas em mais dias, permitindo uma análise mais profunda do fenômeno da ilha de calor e da influência do parque linear.

Recomendam-se futuras pesquisas com uma campanha de medição mais extensa para capturar uma variedade maior de condições climáticas e sazonalidades, contribuindo para uma compreensão mais efetiva dos padrões térmicos locais. A continuidade da pesquisa, acredita-se, promoverá avanços no conhecimento da dinâmica da ilha de calor urbana, fornecendo subsídios essenciais para o desenvolvimento de medidas eficazes de mitigação e construção de ambientes urbanos mais saudáveis e resilientes diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

## REFERÊNCIAS

ABREU-HARBICH, L. V.; LABAKI, L. C.; MATZARAKIS, A. Thermal bioclimate in idealized urban street canyons in Campinas, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 115, p. 333-340, apr. 2013. Disponível em: <https://www.unisantos.br/boletim/boletim143/artigo-loyde.pdf>. Acesso em: 02 out. 2022.

AKBARI, H.; ROSENFELD, A. H.; ROMM, J. J.; LLOYD A. C. **Painting the town white and green**. Heat Island Group, 1997.

AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V.; CARDOSO, R. S. Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente (SP) – Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba-PR, v. 17, jan./jun. 2015.

BARTHOLOMEI, C. L. B. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. 2003. 189 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2003.

BRAGA, R. O Estatuto da Cidade como instrumento de desenvolvimento sustentável para as cidades brasileiras: possibilidades e limites. *In*: PLURIS 2012: Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, 5º, 2012, Brasília-DF. **Anais [...]** Brasília-DF: UNB, 2012.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; CASTRO NETO, P. **GNE 109 Agrometeorologia**. Lavras: UFLA, 2010. 172p.

ENGEL, E. R. M.; FERRAREZ, G. O.; GONÇALVES, P. H. Desenvolvimento de sistema móvel de coleta de dados para construção de zonas climáticas locais. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S. l.], v. 10, p. 85–100, 2021. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v10e0202185-100>. Disponível em: [https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao\\_ambiental/articloe/view/10644](https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/articloe/view/10644). Acesso em: 10 mar. 2024.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Tradução de Sílvia Helen Gonçalves. São Paulo: Oficina de Texto, 2010.

HIRASHIMA, S. Q. S.; ASSIS, E. S. Confecção e aferição de termômetro de globo e abrigo meteorológico para medição de variáveis climáticas em ambientes externos. *In*: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, XI, 2011, Búzios – RJ. **Anais**. ANTAC: Porto Alegre, 2011.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2022: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.). IPCC, Geneve, Switzerland. 104 p.

ISO 7726:1998(E), Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities.

LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F.; BARTHOLOMEI, C. L. B.; ABREU, L. V. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. **Fórum Patrimônio**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 23-42, 2011.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. J. **Ambiência urbana**. 3. ed. Porto Alegre: +4 Editora, 2009. 200 p.

NEVES, G. A. R.; NOGUEIRA, J. S.; BIUDES, M. S.; ARRUDA, P. H. Z.; MARQUES, J. B.; PALÁCIOS, R. S. Desenvolvimento e Calibração de um Termohigrômetro para uso em Pesquisas de Micrometeorologia, Agrometeorologia e Climatológica. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife, PE, v. 8, n. 1, p. 136 – 143. 2015.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. London: Methuem & Ltd. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York. 1978.

OKE, T.; Mills, G.; Christen, A.; Voogt, A. **Urban climates**. Cambridge University Press, 2017.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Declaração Universal dos Direitos Humanos da ONU**. 2020. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/84250-relatorio-da-onu-aponta-que-nivel-do-mar-pode-subir-mais-de-um-metro-ate-2100>. Acesso em: 16 nov.2020.

PEZZUTO, C. C. **Avaliação do ambiente térmico nos espaços urbanos abertos**. Estudo de caso em Campinas, SP. 2007. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

ROMERO, M. A. B.; BAPTISTA, G. M. M; LIMA, E. A.; VIANNA, E. O.; WERNECK, D. R.; SALES, G. L. **Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas**. Brasília: Editora UnB, 2019.

SANTAMOURIS, M. Cooling the cities - a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. **Solar Energy**, n. 103, p. 682-703, 2014. DOI: 10.1016/j.solener.2012.07.003.

SANTOS, A. B. **Mapeamento termohigrométrico do município de Coari-AM**. 2017. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso – Cuiabá, 2017.

SHASHUA-BAR, L.; HOFFMAN, M. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street: an empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. **Energy and Buildings**, v. 31, p. 221-235, apr. 2000.

SHINZATO, P.; DUARTE, D. H. S. Impacto da vegetação nos microclimas urbanos e no conforto térmico em espaços abertos em função das interações solo-vegetação-atmosfera. **Ambiente Construído (Online)**, v. 18, n. 2, p. 197-215, 2018.

SORTE, P. D. B. **Simulação térmica de paredes verdes compostas de vegetação nativa do cerrado**. 2016. 120 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2016.

QGIS. **Spatial without Compromise:** Spatial visualization and decision-making tools for everyone. 2024. Disponível em: <https://www.qgis.org/>. Acesso em 10 set. 2024.

VALIN JR, M. de O.; SANTOS, F. M. de M. Levantamento bibliográfico da utilização de transectos em pesquisas de clima urbano no Brasil e recomendações de padronização nos procedimentos. **Revista Brasileira De Climatologia**, v. 26, 2021.

VALIN JR, M. O. **Análise de abrigos termo-higrométricos alternativos para transectos móveis.** 2019. 118 p. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2019.

ZIEBELL, et al. Clima Urbano e Mudanças Climáticas no Patrimônio. *In:* PAES, C. F. C.; GONÇALVES, P. H. **As mudanças climáticas em sítios com valor cultural.** São Paulo: Blucher, 2023. p. 87–100.