

Avaliação do Microclima Urbano a Partir de Dados Ambientais no Bairro Itatiaia, Goiânia/GO

Assessment of the Urban Microclimate Based on Environmental Data in the Itatiaia Neighborhood, Goiânia, Brazil

Marília Guimarães Rodrigues, Mestra em Arquitetura e Urbanismo, UFG

mariliagr.arq@gmail.com

Clarissa Sartori Ziebell, Doutora em Design, UFRGS

clarissa.ziebell@ufrgs.br

Ernestina Rita Meira Engel, Mestra em Arquitetura e Urbanismo, UFSC

ernestinaengel@gmail.com

Pedro Henrique Gonçalves, Doutor em Construção Civil, UFG

pedrogoncalves@ufg.br

Número da sessão temática da submissão – []

Resumo

As mudanças climáticas têm intensificado os impactos ambientais nas áreas urbanas, evidenciando a necessidade de compreender como diferentes configurações espaciais influenciam o microclima das cidades. Nesse contexto, este artigo analisa a influência das tipologias urbanas sobre o microclima no bairro Itatiaia, em Goiânia/GO, considerando áreas com distintas características de ocupação, densidade construtiva, verticalização, permeabilização e vegetação. A pesquisa adota abordagem quantitativa, de caráter exploratório, descritivo e comparativo, baseada em monitoramento microclimático in loco. Foram coletados dados contínuos de temperatura e umidade por meio de dataloggers instalados em três pontos. A metodologia permitiu comparar o comportamento termohigrômetro entre áreas com diferentes padrões de urbanização. Os resultados indicam que áreas com maior cobertura vegetal apresentaram temperaturas médias mais baixas e maior umidade relativa, enquanto áreas mais adensadas e impermeabilizadas evidenciaram aquecimento e maior secura atmosférica, reforçando a importância de estratégias integradas de arborização, sombreamento e permeabilidade urbana para a mitigação de ilhas de calor.

Palavras-chave: microclima; monitoramento ambiental; mudanças climáticas; sustentabilidade.

Abstract

Climate change has intensified environmental impacts in urban areas, highlighting the need to understand how different spatial configurations influence urban microclimates. In this context, this article analyzes the influence of urban typologies on the microclimate of the Itatiaia neighborhood in Goiânia, Goiás, considering areas with distinct characteristics of land use, building density,

verticalization, permeability, and vegetation. The research adopts a quantitative, exploratory, descriptive, and comparative approach based on in situ microclimatic monitoring. Continuous temperature and humidity data were collected using dataloggers installed at three monitoring points. The methodology allowed for comparison of thermo-hygrometric behavior among areas with different urbanization patterns. The results indicate that areas with greater vegetation cover exhibited lower mean temperatures and higher relative humidity, whereas more densely built and impermeable areas showed increased warming and greater atmospheric dryness, reinforcing the importance of integrated strategies involving urban greening, shading, and permeability to mitigate urban heat islands.

Keywords: Microclimate; Environmental monitoring; Climate change; Sustainability.

1. Introdução

As mudanças climáticas configuram um dos principais desafios globais do século XXI, com impactos diretos sobre os sistemas naturais, sociais e econômicos em diferentes escalas. O aumento das temperaturas médias, a maior frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, as alterações nos regimes de precipitação e a intensificação de períodos de seca e ondas de calor têm provocado efeitos significativos sobre os territórios urbanos, ampliando riscos ambientais e sociais. Esses impactos manifestam-se de forma desigual, afetando com maior intensidade populações vulneráveis e regiões com menor capacidade adaptativa (ONU, 2020; IPCC, 2023).

Diante desse cenário, o desenvolvimento urbano sustentável mostra-se como uma resposta a um problema complexo, que envolve a articulação entre a climatologia urbana, o planejamento territorial e a promoção de justiça socioambiental. Nesse contexto, o espaço urbano assume papel central tanto como agente agravador quanto como potencial mediador dos impactos climáticos, exigindo abordagens integradas e sensíveis às especificidades locais.

Tomando como referência os compromissos estabelecidos no Acordo de Paris (2015) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), torna-se imprescindível a construção de um repertório de boas práticas voltadas ao planejamento urbano responsivo às mudanças climáticas. No caso brasileiro, essas estratégias devem considerar as particularidades ambientais, sociais e políticas do país, bem como os padrões recentes de crescimento urbano marcados pela intensificação da verticalização, pela impermeabilização do solo e pela redução de áreas verdes. Tais processos têm implicações diretas sobre o microclima urbano, contribuindo para o aumento das temperaturas locais, a formação de ilhas de calor e a redução do conforto térmico (Parker, 2010; Antoniou *et al.*, 2024).

Neste contexto, o presente trabalho possui como objetivo analisar como diferentes configurações urbanas podem influenciar o microclima em Goiânia/GO, a partir da análise de áreas com características distintas de ocupação do solo, densidade construtiva, permeabilização e presença de vegetação. A compreensão dessas dinâmicas microclimáticas torna-se fundamental para subsidiar políticas públicas e o planejamento urbano sustentável,

contribuindo para a melhoria da qualidade ambiental e do conforto térmico da população. A investigação das relações entre o ambiente construído, os materiais utilizados na urbanização, a permeabilização do solo, a presença de diferentes tipologias de áreas verdes e a formação de ilhas de calor permite identificar estratégias eficazes para mitigação de problemas decorrentes da urbanização intensiva.

2. Fenômenos do microclima urbano e impactos nas cidades

O microclima urbano refere-se às condições atmosféricas observadas em escala local, influenciadas pelas características físicas, morfológicas e funcionais do ambiente construído, como materiais urbanos, geometria das edificações, cobertura vegetal e padrões de uso do solo (Oke, 1987). Diferentemente do clima regional, o microclima resulta da interação direta entre a superfície urbana e a atmosfera próxima ao solo, condicionando variáveis como temperatura do ar, umidade relativa, ventilação e conforto térmico.

No contexto das mudanças climáticas, observa-se que o aquecimento médio do planeta tem potencializado processos microclimáticos já existentes nas cidades, intensificando o aumento das temperaturas urbanas e a ocorrência de extremos térmicos (IPCC, 2023; ONU, 2022). Áreas urbanizadas tendem a responder de forma amplificada ao aquecimento global devido à elevada impermeabilização do solo, à substituição de superfícies naturais por materiais com alta capacidade de absorção e armazenamento de calor e à redução da evapotranspiração (Wnga *et al.*, 2020).

Nesse sentido, estudos recentes destacam que os impactos das mudanças climáticas manifestam-se de maneira heterogênea no espaço urbano, variando conforme tipologias e configurações locais. A proposta das Local Climate Zones (LCZ), desenvolvida por Stewart e Oke (2012), contribui para a compreensão dessa variabilidade ao classificar áreas urbanas e naturais segundo atributos morfológicos, construtivos e de cobertura da superfície, permitindo análises comparativas do comportamento térmico intraurbano. Assim, a compreensão do microclima urbano torna-se fundamental para subsidiar estratégias de adaptação e mitigação frente às mudanças climáticas, especialmente em cidades de clima tropical.

Outro fenômeno agravado pelas mudanças climáticas são as Ilhas de Calor Urbana. Esse fenômeno térmico é multiescalar, manifestando-se na superfície, na camada atmosférica inferior — entre o solo e o topo das edificações (*urban canopy layer*) — e na camada atmosférica superior (*urban boundary layer*), refletindo a complexa interação entre a morfologia urbana, os materiais construtivos e os processos atmosféricos locais (Oke, 1978; Oke et al., 2017).

Como consequência das ilhas de calor pode-se citar o aumento do consumo de energia com climatização pelas edificações (Tehrani et al., 2025; Li et al., 2021), a redução do conforto térmico (Akkose, Akgul e Dino, 2021), o prejuízo a saúde humana (Akkose, Akgul e Dino, 2021)

e o desperdício financeiro, visto que haverá maior consumo de energia e dispêndio de maiores esforços para construção e manutenção de infraestruturas, para gerenciar enchentes e para disposição de resíduos (Gartland, 2010).

Estratégias para minimizar os efeitos das ilhas de calor urbano incluem o uso de coberturas e pavimentos com baixa absorvância para reduzir o acúmulo de calor diurno (Gartland, 2010), pavimentos permeáveis que permitem infiltração de água, corpos de água para dissipar calor devido à sua alta capacidade térmica (Nuruzzaman, 2015), e espaços verdes e arborizados, que diminuem a temperatura por evapotranspiração e sombreamento (Gartland, 2010). Yamamoto (2006) também ressalta a importância dos “caminhos de vento” (*wind paths*), que introduzem ar mais fresco e reduzem a poluição.

No planejamento de cidades deve-se considerar a morfologia urbana, visto que estruturas densas e irregulares retêm o calor recebido durante o dia, que, ao ser convertido em calor sensível, eleva a temperatura do ar. Além disso, conhecer o comportamento dos ventos permite controlar sua intensidade e fluxo por meio das características físicas do local e do desenho urbano (Romero, 2011). Nesse contexto, análises urbanas climáticas são fundamentais, pois permitem identificar áreas vulneráveis ao aquecimento, avaliar padrões de ventilação e insolação, e subsidiar decisões de planejamento e desenho urbano que promovam microclimas mais confortáveis e sustentáveis.

3. Procedimentos Metodológicos

Para o desenvolvimento desta pesquisa, adotou-se uma abordagem quantitativa baseada em monitoramento microclimático in loco, utilizando equipamentos específicos para registro de variáveis ambientais ao longo de um período contínuo de observação.

O estudo caracteriza-se como uma pesquisa exploratória de caráter descritivo e comparativo, fundamentada na coleta de dados microclimáticos em campo. A estratégia metodológica consistiu no monitoramento simultâneo de três pontos com diferentes características urbanas, permitindo identificar as influências de múltiplas variáveis sobre as condições térmicas locais, incluindo a presença de parques lineares, parques urbanos tradicionais, densidade de vegetação, padrões de verticalização, materiais construtivos e de pavimentação, além da formação de ilhas de calor urbano.

3.1 Áreas de Estudo

Foram selecionadas áreas no município de Goiânia/GO com características urbanas contrastantes, possibilitando uma análise abrangente dos impactos da urbanização sobre o microclima local. Na Figura 1 é possível visualizar a localização do Bairro Vila Itatiaia (1) e do Setor Serrinha (2) na cidade.



Figura 1: Localização das áreas de estudo em Goiânia/GO. Fonte: elaborado pelos autores com base Google Earth, 2025.

3.1.1 Bairro Itatiaia (dois pontos de monitoramento)

O Bairro Itatiaia caracteriza-se como um bairro não verticalizado, com predominância de edificações horizontais e presença do Parque Linear do Itatiaia. A escolha de dois pontos de monitoramento neste mesmo bairro teve como objetivo avaliar o impacto da densidade de vegetação no entorno imediato sobre as condições microclimáticas, mesmo em uma área com tipologia de parque linear.

Ponto 1 (Datalogger 1): Localizado próximo ao Parque Linear do Itatiaia, porém em área com vegetação menos densa no entorno imediato. Este ponto representa uma situação onde existe proximidade com área verde estruturada, mas o entorno possui menor cobertura vegetal, permitindo avaliar a influência do parque linear em contextos com menor arborização local.

Ponto 2 (Datalogger 2): Situado em área com vegetação mais densa no entorno, representando uma configuração urbana com maior cobertura arbórea e consequente maior sombreamento e permeabilização do solo. Este ponto permite avaliar como a presença de vegetação densa no entorno imediato complementa os benefícios microclimáticos proporcionados pelo parque linear.

3.1.2 Setor Serrinha (um ponto de monitoramento)

Ponto 3 (Datalogger 3): O Setor Serrinha caracteriza-se como um bairro verticalizado em crescimento, com processo de adensamento construtivo em expansão e presença do Parque Serrinha. Esta área representa um padrão de urbanização intensiva, com maior impermeabilização do solo, predomínio de materiais construtivos com alta capacidade de absorção e retenção de calor, redução de áreas permeáveis e alteração significativa da paisagem urbana devido à verticalização. O ponto de monitoramento permite avaliar como esse padrão urbanístico influencia as condições microclimáticas locais.

3.2 Instrumentos de Coleta de Dados

Para o registro das variáveis microclimáticas, foram utilizados três dataloggers da marca Elitech:

Dois dataloggers modelo RC-61: Dispositivos capazes de registrar continuamente temperatura e umidade relativa do ar, com capacidade de armazenamento de dados em intervalos programáveis, instalados nos dois pontos de monitoramento do Bairro Itatiaia (Datalogger 1 e Datalogger 2).

Um datalogger modelo RC-4HC: Equipamento instalado no Setor Serrinha (Datalogger 3), com características similares aos modelos RC-61, permitindo a comparação direta entre as diferentes configurações urbanas. A Figura 2 ilustra os modelos de dataloggers utilizados (1) e o abrigo meteorológico utilizado para instalação (2).



Figura 2: Dataloggers utilizados e abrigo meteorológico. Fonte: Elitech Brasil, 2025 e autores.

Os dataloggers foram instalados em abrigos meteorológicos conforme o modelo "PVC Horizontal", analisado e validado no trabalho de Valin Jr. (2019). Esse tipo de abrigo foi escolhido por proporcionar proteção adequada aos equipamentos contra radiação solar direta, precipitação e outros agentes externos, garantindo a confiabilidade dos dados coletados sem comprometer a ventilação natural necessária para leituras precisas das variáveis microclimáticas.

3.3 Período de Coleta de Dados

O monitoramento microclimático foi realizado durante 10 dias consecutivos, com início no dia 11/10/2025 às 22:00 horas e término no dia 17/10/2025. Esse período foi considerado suficiente para captar as variações diárias e permitir análises representativas das condições microclimáticas locais, contemplando diferentes condições meteorológicas ao longo do

período de observação. Além disso, considerou-se as análises realizadas anteriormente no mesmo local (Rodrigues *et. al.*, 2024).

3.4 Procedimentos de Instalação

Os dataloggers foram programados para registrar dados em intervalos regulares e instalados nos abrigos meteorológicos de 1,5 a 2,0 metros do solo, altura recomendada pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para medições microclimáticas que visam representar as condições térmicas experimentadas pelos usuários do espaço urbano.

A escolha dos pontos de instalação considerou critérios específicos: proximidade e tipologia das áreas verdes (parque linear versus parque urbano tradicional), densidade e distribuição da vegetação no entorno imediato de cada ponto de monitoramento, padrões de ocupação do solo (densidade construtiva, gabarito das edificações, taxa de permeabilização), características dos materiais predominantes (pavimentação, revestimentos, materiais construtivos), representatividade das diferentes configurações urbanas presentes nas áreas de estudo, acessibilidade e segurança dos equipamentos durante todo o período de monitoramento, além da distância de fontes pontuais de calor (como vias de tráfego intenso ou equipamentos de climatização).

3.5 Variáveis Analisadas

Durante o monitoramento, foram registradas continuamente as seguintes variáveis microclimáticas: temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%). Essas variáveis foram selecionadas por serem indicadores fundamentais das condições de conforto térmico urbano e permitirem identificar a formação de ilhas de calor e a influência das diferentes configurações urbanas sobre o microclima local.

4. Resultados e Discussões

Foram analisados 133 registros horários de temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) coletados entre 11/10/2025 (22:03:46) e 17/10/2025 (10:03:46) em três pontos de Goiânia/GO, representativos de configurações urbanas contrastantes, e comparados aos dados de uma estação meteorológica de referência, localizada no aeroporto de Goiânia (Meteostat, 2025). A instalação dos sensores a aproximadamente 1,5 m do solo manteve conformidade com recomendações internacionais para observações de temperatura e umidade em superfície (faixa de 1,2–2,0 m), e a adoção de abrigo contra radiação foi determinante para minimizar interferências radiativas e garantir maior fidelidade às condições do ar no entorno imediato.

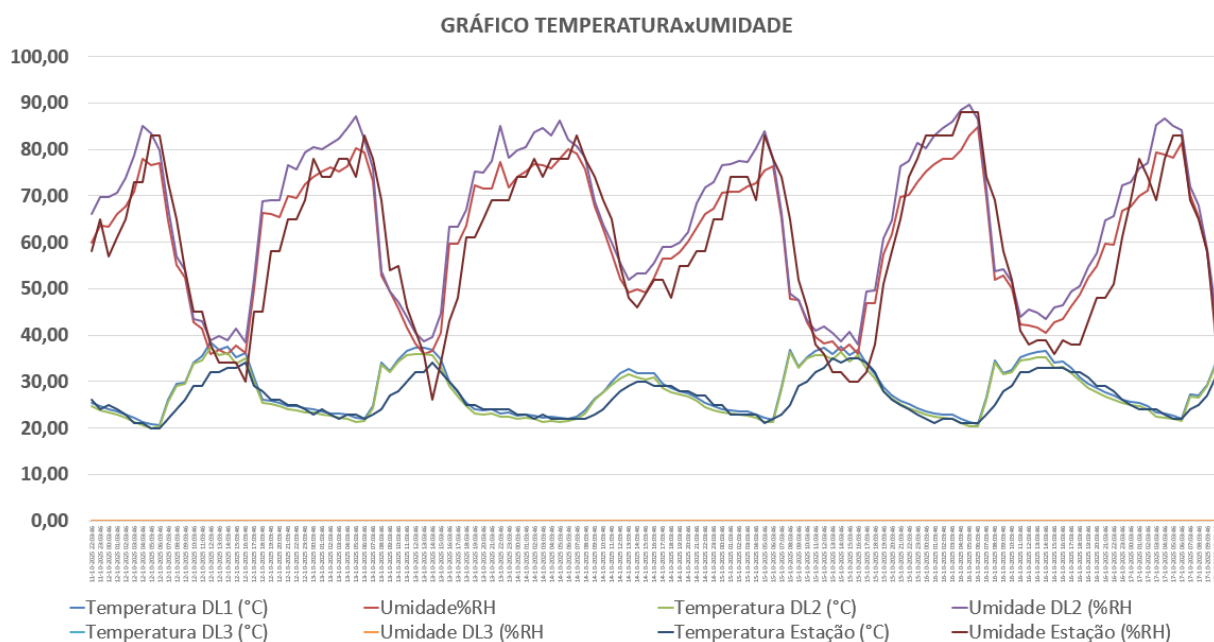


Figura 2: Gráfico Temperatura. Fonte: autores.

No que se refere à temperatura do ar, constatou-se que os três pontos intraurbanos apresentaram médias superiores à estação meteorológica, evidenciando aquecimento associado ao ambiente urbanizado durante a janela de observação. A maior temperatura média ocorreu no DL1 (Itatiaia, menor densidade de vegetação), com 28,04 °C. O DL2 (Itatiaia, maior densidade de vegetação) apresentou média de 27,25 °C, enquanto o DL3 (Setor Serrinha, área mais urbanizada/verticalizada, nas proximidades do Parque Serrinha) registrou 26,73 °C. A estação meteorológica apresentou média de 26,41 °C. As diferenças médias em relação à estação foram de +1,64 °C (DL1), +0,85 °C (DL2) e +0,33 °C (DL3), indicando que o ponto com menor influência direta de vegetação foi também aquele que concentrou o maior incremento térmico médio. Tal padrão foi compatível com o apresentado por (Gartland, 2010), abordado no referencial teórico deste presente, onde é explicado que a substituição de superfícies naturais por materiais urbanos altera o balanço de energia, intensifica o armazenamento de calor e favorece aquecimento do ar próximo à superfície; sínteses recentes indicaram a consolidação desse campo e a crescente ênfase em mitigação por soluções baseadas na natureza e intervenções urbanas de resfriamento (Irfeey *et al.*, 2023, Su *et al.*, 2022 e Xi *et al.*, 2023).

A amplitude térmica (diferença entre a temperatura máxima e a mínima) evidenciou desigualdade na modulação do ciclo diário entre os pontos monitorados. O DL1 apresentou amplitude de 17,80 °C e o DL2 de 17,20 °C, valores elevados e próximos entre si. O DL3 registrou a menor amplitude do conjunto (12,00 °C), ao passo que a estação meteorológica apresentou amplitude de 15,00 °C. A menor amplitude em DL3 indicou maior amortecimento da variabilidade térmica diária, o que pode ser interpretado à luz da morfologia urbana e do sombreamento associados à geometria local (efeito cânion urbano), bem como de processos de armazenamento e liberação gradual de calor pelo tecido construído (Gartland, 2010).

Evidências recentes sobre cânions urbanos destacaram que transformações morfológicas e configuração espacial influenciam a variabilidade microclimática em escala local, sustentando a interpretação do amortecimento observado no ponto mais adensado.

A comparação entre DL1 e DL2, ambos situados em Itatiaia, permitiu isolar o papel relativo da vegetação em condições de bairro semelhantes. Observou-se que o DL2 apresentou temperatura média 0,79 °C inferior ao DL1, resultado consistente com o efeito de mitigação térmica associado ao sombreamento arbóreo e ao fluxo de calor latente via evapotranspiração. Em contrapartida, ao comparar DL2 e DL3, verificou-se que o DL3 apresentou temperatura média 0,52 °C inferior ao ponto mais vegetado de Itatiaia, sugerindo que, no período de observação, a forma urbana e o sombreamento promovido pela geometria construída também exerceram influência relevante no sinal térmico local, podendo reduzir temperaturas médias em certos contextos mesmo em áreas mais urbanizadas. Ressalta-se que para uma análise mais completa, outros parâmetros precisam ser avaliados, tal como materiais construtivos das coberturas e pisos.

Em relação à umidade relativa, observou-se um padrão espacial parcialmente dissociado do comportamento térmico, indicando atuação conjunta de controles radiativos e eco-hidrológicos. O DL2 apresentou a maior umidade média (65,13%), seguido por DL1 (61,12%), estação meteorológica (60,18%) e DL3 (55,15%). A diferença de +4,01 pontos percentuais entre DL2 e DL1 indicou que o aumento da densidade de vegetação esteve associado à maior umidade relativa, compatível com maior aporte de vapor d'água por evapotranspiração e com o efeito indireto do resfriamento local sobre a umidade relativa. Estudos recentes também indicaram que a infraestrutura verde exerce maior efeito microclimático não apenas pela presença, mas também pela área e pela distribuição espacial, com potencial de reduzir intensidades de aquecimento e alterar a dinâmica térmica urbano

No Setor Serrinha, o DL3 apresentou a menor umidade média, com valores 9,98 pontos percentuais abaixo do DL2 e 5,97 abaixo da estação meteorológica. Esse comportamento mais seco foi coerente com o conceito de “ilha seca urbana” (urban dry island), segundo o qual a urbanização reduz evapotranspiração e altera processos eco-hidrológicos, diminuindo a disponibilidade de umidade atmosférica em áreas urbanas (Milelli et al., 2023). Formulações recentes sobre o tema destacaram que alterações no balanço de água e energia durante a urbanização tendem a reduzir o componente latente (evapotranspiração) e podem sustentar condições de maior secura atmosférica, mesmo quando o sinal térmico não é o mais elevado do conjunto, visto que a liberação do calor pelas superfícies urbanas nem sempre é a principal responsável pela intensificação da presença de nuvens sobre as cidades (Chiu et al., 2022).

A amplitude higrométrica também diferenciou os ambientes monitorados. Foram observadas amplitudes de 48,90% (DL1), 51,70% (DL2), 42,30% (DL3) e 62,00% (estação). A maior amplitude na estação sugeriu maior acoplamento a condições atmosféricas regionais e maior variabilidade diária em comparação aos pontos intraurbanos. Em DL3, a menor amplitude, associada ao menor patamar médio de umidade, indicou regime higrométrico mais amortecido e persistentemente mais seco durante a janela analisada, coerente com menor

aporte evaporativo local em ambiente mais impermeabilizado, conforme discutido na literatura recente sobre ilha seca urbana (Hao et al., 2023).

A análise integrada de temperatura e umidade indicou três assinaturas microclimáticas coerentes com os atributos urbanos de cada ponto. Em DL1, registrou-se a combinação de maior temperatura média e umidade intermediária, sugerindo maior influência do tecido urbanizado e menor capacidade de compensação evaporativa no microentorno. Em DL2, observou-se o conjunto mais ameno e mais úmido, evidenciando o papel da vegetação como moderadora microclimática. Em DL3, verificou-se temperatura média relativamente menor e menor amplitude térmica, concomitantes à menor umidade relativa média, o que indicou que o sombreamento e a geometria urbana amorteceram o ciclo térmico, enquanto a redução de evapotranspiração e alterações eco-hidrológicas associadas à urbanização sustentaram maior secura atmosférica. Assim, os resultados reforçaram que estratégias de melhoria microclimática demandaram ações combinadas: intervenções de sombreamento e forma urbana, ampliação de cobertura vegetal e medidas que aumentem permeabilidade e capacidade evaporativa, especialmente quando se buscou simultaneamente reduzir temperatura do ar e mitigar secura atmosférica

4. Considerações Finais

Pode-se concluir que as configurações urbanas avaliadas em Goiânia/GO condicionam de maneira mensurável o comportamento termo-higrométrico em escala intraurbana durante a janela de observação. Observou-se que o ponto com menor densidade de vegetação (DL1) apresentou o maior incremento térmico médio em relação à estação meteorológica, o que evidenciou a intensificação térmica associada ao ambiente construído e reforçou a relevância da cobertura vegetal como elemento mitigador do aquecimento local. Esse resultado mostrou-se coerente com o entendimento consolidado sobre ilhas de calor urbanas e com sínteses recentes que evidenciam a centralidade do tema e a intensificação de abordagens orientadas à mitigação por soluções baseadas na natureza.

Pode-se inferir, a partir da comparação entre DL1 e DL2, que o aumento da densidade de vegetação esteve associado simultaneamente à redução da temperatura média e ao aumento da umidade relativa, indicando microclima mais ameno e mais úmido em área com maior cobertura vegetal. Evidências recentes indicaram que a efetividade microclimática de áreas verdes dependeu não apenas de sua existência, mas também de sua área e distribuição espacial, reforçando a necessidade de incorporar infraestrutura verde como diretriz estruturante no planejamento urbano e nas políticas de uso e ocupação do solo.

O Setor Serrinha (DL3), observou-se menor temperatura média e menor amplitude térmica em comparação aos demais pontos intraurbanos, ao mesmo tempo em que se registrou a menor umidade relativa média. Pode-se interpretar que a morfologia urbana e o sombreamento associados ao adensamento/verticalização amorteceram a variabilidade térmica, enquanto a menor disponibilidade de umidade atmosférica foi compatível com

mecanismos descritos para ilhas secas urbanas, nos quais a urbanização reduz evapotranspiração e altera processos eco-hidrológicos. Dessa forma, os resultados sustentaram que políticas públicas voltadas à sustentabilidade microclimática tenderam a exigir estratégias integradas, combinando sombreamento e arborização com medidas de aumento de permeabilidade e retenção hídrica urbana, de modo a favorecer fluxos evaporativos e mitigar simultaneamente aquecimento e secura do ar.

Do ponto de vista metodológico, pode-se destacar que a padronização da altura de instalação e o emprego de abrigo contra radiação foram essenciais para a confiabilidade e comparabilidade do monitoramento, em consonância com recomendações internacionais para observações meteorológicas. Em síntese, os achados reforçaram que a ampliação e conectividade da infraestrutura verde (incluindo parques e parques lineares), associadas à redução de impermeabilização e à adoção de soluções urbanas que elevem a capacidade evaporativa local, configuraram diretrizes com potencial para subsidiar ações de planejamento urbano sustentável em Goiânia.

Referências

AKKOSE, G; AKGUL, C. M; DINO, I. G. Educational building retrofit under climate change and urban heat island effect. **Journal Of Building Engineering**, [S.L.], v. 40, p. 102294, ago. 2021. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102294>.

ANTONIOU, N.; MONTAZERI, H.; BLOCKEN, B.; NEOPHYTOU, M. On the impact of climate change on urban microclimate, thermal comfort, and human health: multiscale numerical simulations. **Building and Environment**, [S. l.], 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111690>.

CHIU, Clinton T.F.; WANG, Kai; PASCHALIS, Athanasios; ERFANI, Tohid; PELEG, Nadav; FATICHI, Simone; THEEUWES, Natalie; MANOLI, Gabriele. An analytical approximation of urban heat and dry islands and their impact on convection triggering. **Urban Climate**, [S.L.], v. 46, p. 101346, dez. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101346>.

ELITECH BRASIL. **RC-61 datalogger de temperatura e umidade 30 a 70 °C / 10-99 % UR – conexão cabo USB [manual em PDF]**. São Paulo: Elitech Brasil, 2025. Disponível em: <https://www.elitechbrasil.com.br/upload/produto/arquivo/rc-61-datalogger-de-temperatura-e-umidade-30-a-70-c-10-99-ur-conex-o-cabo-usb.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2026.

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

HAO, Lu; SUN, Ge; HUANG, Xiaolin; TANG, Run; JIN, Kailun; LAI, Yihan; CHEN, Dongxu; ZHANG, Yaoqi; ZHOU, Decheng; YANG, Zong-Liang. Urbanization alters atmospheric

dryness through land evapotranspiration. **Npj Climate And Atmospheric Science**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 1-10, 23 set. 2023. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41612-023-00479-z>.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2023: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC, 2023. 35–115 p.

IRFEEY, Abdul Munaf Mohamed; CHAU, Hing-Wah; SUMAIYA, Mohamed Mahusoon Fathima; WAI, Cheuk Yin; MUTTIL, Nitin; JAMEI, Elmira. Sustainable Mitigation Strategies for Urban Heat Island Effects in Urban Areas. **Sustainability**, [S.L.], v. 15, n. 14, p. 10767, 9 jul. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su151410767>.

LI, J.; SUN, Ranhao; LIU, Ting; XIE, Wei; CHEN, Liding. Prediction models of urban heat island based on landscape patterns and anthropogenic heat dynamics. **Landscape Ecology**, [S.L.], v. 36, n. 6, p. 1801-1815, 15 abr. 2021. Springer Science and Business Media LLC. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10980-021-01246-2>

METEOSTAT. Goiânia Aeroporto. Disponível em: <
<https://meteostat.net/en/station/83424?t=2025-10-07/2025-10-17>. Acesso em 4 dez. 2025.

MILELLI, Massimo; BASSANI, Francesca; GARBERO, Valeria; POGGI, Davide; VON HARDENBERG, Jost; RIDOLFI, Luca. Characterization of the Urban Heat and Dry Island effects in the Turin metropolitan area. **Urban Climate**, [S.L.], v. 47, p. 101397, jan. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101397>.

NURUZZAMAN, Md.. Urban Heat Island: causes, effects and mitigation measures - a review. International Journal Of Environmental Monitoring And Analysis, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 67, 2015. Science Publishing Group. DOI: <http://dx.doi.org/10.11648/j.ijema.20150302.15>.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. London: Methuen & Ltd. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York. 1987.

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

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **A ONU e a Mudança Climática**. 2020. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/mudanca-climatica/>. Acesso em 27 ago. 2026.

PARKER, D. Urban heat island effects on estimates of observed climate change. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, [S. l.], v. 1, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1002/wcc.21>.

RODRIGUES, M. G.; GONÇALVES, P. H.; ZIEBELL, C. S.; ENGEL, E; FREDERICO E SILVA, C. Padronização e análise de ilha de calor urbano: coleta de dados com sistema móvel em Goiânia-GO. **IMPACT projects**, v. 3, p. 181–200, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.59279/impact.v3i2.2903>.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Arquitetura do Lugar: uma visão bioclimática da sustentabilidade em Brasília**. 1 ed. São Paulo: Nova Técnica Editoria, 2011. 164p

SU, Yongxian; WU, Jianping; ZHANG, Chaoqun; WU, Xiong; LI, Qian; LIU, Liyang; BI, Chongyuan; ZHANG, Hongou; LAFORTEZZA, Raffaele; CHEN, Xiuzhi. Estimating the cooling effect magnitude of urban vegetation in different climate zones using multi-source remote sensing. **Urban Climate**, [S.L.], v. 43, p. 101155, maio 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101155>.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, n. 12, p. 1879–1900, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>.

TEHRANI, Alireza Attarhay; SOBHANINIA, Saeideh; NIKOOKAR, Niloofar; LEVINSON, Ronnen; SAILOR, David J.; AMARIPADATH, Deepak. Data-driven approach to estimate urban heat island impacts on building energy consumption. **Energy**, [S.L.], v. 316, p. 134508, fev. 2025. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2025.134508>.

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.

WANG, Y.; ZHANG, Y.; DING, N.; QIN, K.; YANG, X. Simulating the impact of urban surface evapotranspiration on the urban heat island effect using the modified RS-PM model: a case study of Xuzhou, China. **Remote Sensing**, v. 12, n. 3, p. 578, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12030578>.

XI, Chang; HAN, Li; WANG, Junqi; FENG, Zhuangbo; KUMAR, Prashant; CAO, Shi-Jie. How can greenery space mitigate urban heat island? An analysis of cooling effect, carbon sequestration, and nurturing cost at the street scale. **Journal of Cleaner Production**, [S.L.], v. 419, p. 138230, set. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138230>.

YAMAMOTO, Y. Measures to mitigate urban heat islands. **Science and Technology Trends Quarterly Review**, v. 18, n. 1, p. 65-83, 2006.