

**AlbedoMaps: proposição de uma plataforma digital para monitoramento de ilhas de calor urbanas na Baixada Cuiabana**

*AlbedoMaps: proposal of a digital platform for monitoring urban heat islands in the Cuiabá Metropolitan Region*

*AlbedoMaps: propuesta de una plataforma digital para el monitoreo de islas de calor urbanas en la Región Metropolitana de Cuiabá*

DOI: 10.52641/cadcajv11i3.2263

Submitted on: 2.9.2026 | Accepted on: 3.2.2026 | Published on: 3.9.2026

Matheus Nunes dos Santos<sup>1</sup>  
Luiz Carlos de Almeida<sup>2</sup>  
Mario Marcos Morel<sup>3</sup>  
Nayara Gomes de Oliveira<sup>4</sup>  
Olivia Fernandes Boretti<sup>5</sup>  
Paulo Ricardo dos Santos Silva<sup>6</sup>  
Phelipe Matheus Sales Kinack<sup>7</sup>  
Quedna Brito dos Reis<sup>8</sup>  
Rander Teixeira Barros<sup>9</sup>  
Regis Alves Dourado<sup>10</sup>  
Gracyeli Santos Souza Guarienti<sup>11</sup>

---

<sup>1</sup> Graduando em Bacharelado em Ciências e Tecnologias, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: matheus.nunesufg@gmail.com

<sup>2</sup> Graduando em Bacharelado em Ciências e Tecnologias, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: lucadealmeida@gmail.com

<sup>3</sup> Graduando em Bacharelado em Ciências e Tecnologias, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: morel.tsi@gmail.com

<sup>4</sup> Graduanda em Bacharelado em Ciências e Tecnologias, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: oliveiragnayara@gmail.com

<sup>5</sup> Graduanda em Bacharelado em Ciências e Tecnologias, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: oliviaboretti@gmail.com

<sup>6</sup> Graduando em Bacharelado em Ciências e Tecnologias, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: pauloshutt@gmail.com

<sup>7</sup> Graduando em Bacharelado em Ciências e Tecnologias, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: phellipem19@gmail.com

<sup>8</sup> Graduanda em Bacharelado em Ciências e Tecnologias, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: quedna71@hotmail.com

<sup>9</sup> Graduando em Bacharelado em Ciências e Tecnologias, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: randernet@hotmail.com

<sup>10</sup> Graduando em Bacharelado em Ciências e Tecnologias, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: regis@rg.com.br

<sup>11</sup> Doutora em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: gracyeli.guarienti@ufmt.br

**RESUMO:** As cidades de clima tropical enfrentam intensificação das ilhas de calor urbanas em decorrência da expansão urbana desordenada, da impermeabilização do solo e da redução da cobertura vegetal, fatores que impactam a saúde pública, o consumo energético e a qualidade de vida. Na região da Baixada Cuiabana, caracterizada por temperaturas elevadas ao longo do ano, observa-se a ausência de plataformas acessíveis que integrem dados climáticos e ferramentas de visualização voltadas ao planejamento urbano. Diante desse cenário, o presente estudo propõe o desenvolvimento do AlbedoMaps, uma plataforma digital colaborativa destinada ao monitoramento de ilhas de calor urbanas por meio de dados de sensoriamento remoto. A metodologia fundamenta-se na modelagem conceitual da solução, utilizando dados dos satélites Landsat 8/9 e estimativas de Temperatura da Superfície Terrestre (LST), processadas por técnica Split-Window, integradas a uma arquitetura web desenvolvida em Python. Como resultado, estruturou-se um Produto Mínimo Viável (MVP) capaz de gerar mapas térmicos interativos e de incorporar princípios de ciência cidadã e sustentabilidade corporativa (ESG). Conclui-se que a proposta apresenta potencial como instrumento de apoio à governança climática local, contribuindo para a democratização do acesso à informação ambiental e para o planejamento urbano sustentável.

**Palavras-chave:** ilhas de calor urbanas, sensoriamento remoto, albedo urbano, ciência cidadã, planejamento urbano sustentável.

**ABSTRACT:** Tropical cities have experienced increasing urban heat island intensification due to rapid urban expansion, soil sealing, and the reduction of vegetative cover, factors that negatively affect public health, energy consumption, and overall quality of life. In the Cuiabá metropolitan region, characterized by persistently high temperatures, there is a lack of accessible digital platforms capable of integrating climate data and supporting urban planning strategies. In response to this gap, this study proposes the development of AlbedoMaps, a collaborative digital platform designed to monitor urban heat islands using remote sensing data. The methodological approach is based on the conceptual modeling of the system, integrating Landsat 8/9 satellite data and Land Surface Temperature (LST) estimates obtained through the Split-Window technique into a web-based architecture developed in Python. The outcome of this proposal was the structuring of a Minimum Viable Product (MVP) capable of generating interactive thermal maps while incorporating principles of citizen science and corporate environmental governance (ESG). The results indicate that the proposed platform presents significant potential as a tool to support local climate governance, democratize environmental information, and contribute to sustainable urban planning initiatives.

---

<sup>12</sup> Doutora em Computação Aplicada, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: lidiamartins10@gmail.com

**Keywords:** urban heat islands, remote sensing, urban albedo, citizen science, sustainable urban planning.

**RESUMEN:** Las ciudades de clima tropical han experimentado una intensificación de las islas de calor urbanas debido a la expansión urbana acelerada, la impermeabilización del suelo y la reducción de la cobertura vegetal, factores que impactan negativamente la salud pública, el consumo energético y la calidad de vida. En la región metropolitana de Cuiabá, caracterizada por altas temperaturas a lo largo del año, se observa la ausencia de plataformas digitales accesibles que integren datos climáticos y apoyen la planificación urbana. Frente a esta problemática, el presente estudio propone el desarrollo de AlbedoMaps, una plataforma digital colaborativa orientada al monitoreo de islas de calor urbanas mediante el uso de datos de teledetección. La metodología se fundamenta en la modelación conceptual del sistema, integrando datos de los satélites Landsat 8/9 y estimaciones de Temperatura de la Superficie Terrestre (LST) obtenidas mediante la técnica Split-Window, incorporadas en una arquitectura web desarrollada en Python. Como resultado, se estructuró un Producto Mínimo Viable (MVP) capaz de generar mapas térmicos interactivos e integrar principios de ciencia ciudadana y gobernanza ambiental corporativa (ESG). Se concluye que la propuesta presenta potencial como herramienta de apoyo a la gobernanza climática local y al desarrollo de estrategias de planificación urbana sostenible.

**Palabras clave:** islas de calor urbanas, teledetección, albedo urbano, ciencia ciudadana, planificación urbana sostenible.

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização intensiva nas últimas décadas tem provocado alterações significativas no balanço energético das cidades, contribuindo para o surgimento e a intensificação das chamadas ilhas de calor urbanas. Esse fenômeno decorre, sobretudo, da substituição de superfícies naturais por materiais impermeáveis e de baixa refletância, como asfalto e concreto, que alteram a dinâmica térmica local e ampliam a retenção de calor (Oke, 1987). Conforme Landsberg (1981), as cidades modificam profundamente os fluxos de radiação, ventilação e umidade, configurando microclimas próprios que diferem substancialmente das áreas rurais circundantes. Em regiões tropicais, tais efeitos tendem a ser mais expressivos devido à elevada incidência solar ao longo do ano.

No contexto brasileiro, estudos têm demonstrado que cidades de clima quente apresentam maior vulnerabilidade aos impactos das ilhas de calor, com repercussões diretas sobre a saúde pública, o consumo energético e o conforto térmico da população (Amorim, 2019). Em investigação sobre dinâmicas térmicas urbanas, Morais *et al.* (2013) destacam que as ilhas de calor ocorrem principalmente em cidades de elevado grau de urbanização e resultam no aumento das temperaturas médias das áreas urbanas em comparação com as áreas rurais. Na Baixada Cuiabana, especialmente na conurbação entre Cuiabá e Várzea Grande, as elevadas temperaturas médias anuais associadas ao crescimento urbano desordenado reforçam a necessidade de instrumentos técnicos que subsidiem estratégias de mitigação e planejamento urbano (Souza *et al.*, 2025).

O avanço das tecnologias de sensoriamento remoto ampliou significativamente as possibilidades de monitoramento ambiental urbano. A estimativa da Temperatura da Superfície Terrestre (Land Surface Temperature – LST) por meio de imagens termais dos satélites Landsat consolidou-se como método amplamente utilizado na literatura científica (Sobrino; Jiménez-Muñoz; Paolini, 2004). Segundo Jiménez-Muñoz *et al.* (2014), os algoritmos do tipo split-window permitem recuperar a temperatura de superfície com maior acurácia, tornando-se ferramentas estratégicas para análises espaço-temporais em contextos urbanos. No entanto, apesar da robustez metodológica dessas abordagens, os resultados produzidos permanecem, em muitos casos, restritos ao meio acadêmico, com baixa acessibilidade pública e limitada integração a instrumentos de governança local.

Nesse cenário, iniciativas baseadas em ciência cidadã emergem como alternativas promissoras para aproximar produção científica e sociedade. Bonney *et al.* (2009) destacam que projetos colaborativos ampliam o engajamento comunitário e fortalecem a alfabetização científica, contribuindo para processos decisórios mais participativos. Paralelamente, a incorporação de métricas de impacto ambiental e práticas de sustentabilidade corporativa tem sido apontada como mecanismo relevante para a viabilidade e a continuidade de projetos socioambientais, especialmente quando articuladas a referenciais internacionais de reporte e transparência (GRI, 2021).

É nesse contexto que se insere o AlbedoMaps, cuja concepção teve origem no curso

de Bacharelado em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), no âmbito da disciplina Seminário Integrador IV. Estruturado por acadêmicos do curso como ação extensionista voltada a problemáticas reais da sociedade, o projeto articulou conhecimentos de física térmica, sensoriamento remoto e desenvolvimento de sistemas web, propondo uma plataforma digital para visualização interativa de padrões térmicos urbanos na Baixada Cuiabana. Embora nascido em ambiente acadêmico, o projeto foi concebido com potencial de aplicabilidade prática e escalabilidade.

Diante da lacuna identificada — não na ausência de métodos de análise térmica, mas na carência de ferramentas digitais acessíveis que integrem dados, visualização e participação social — formula-se a seguinte questão de pesquisa: como uma plataforma digital baseada em dados Landsat pode contribuir para o monitoramento das ilhas de calor urbanas e apoiar estratégias de governança climática na Baixada Cuiabana?

Assim, o objetivo geral deste trabalho é propor e descrever o AlbedoMaps como uma plataforma web interativa estruturada em formato de Produto Mínimo Viável (MVP) para visualização de padrões térmicos urbanos. Especificamente, busca-se: (i) integrar estimativas de LST derivadas de dados Landsat 8/9 por meio da técnica split-window; (ii) desenvolver arquitetura web capaz de disponibilizar mapas térmicos interativos; (iii) delinear mecanismos de engajamento baseados em ciência cidadã; e (iv) propor modelo de sustentabilidade fundamentado em métricas de impacto ambiental alinhadas a referenciais internacionais. Ao delimitar tais objetivos, pretende-se contribuir para o debate sobre inovação digital aplicada ao clima urbano, oferecendo uma proposta tecnológica aplicável a cidades de clima tropical.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 ILHAS DE CALOR URBANAS E TRANSFORMAÇÕES NO CLIMA DAS CIDADES**

Inicialmente, é importante compreender que as Ilhas de Calor Urbanas (ICU) são definidas como uma anomalia térmica horizontal, caracterizada pela elevação da

temperatura no ambiente construído em comparação com seu entorno rural (Amorim, 2019). Esse fenômeno decorre, sobretudo, da substituição da cobertura natural do solo por superfícies impermeáveis, como asfalto e concreto, que alteram significativamente o balanço energético urbano ao aumentar o fluxo de calor sensível e reduzir o resfriamento evaporativo proporcionado pela vegetação (Sales; Sales; Mendonça, 2022). Como resultado, ocorre maior armazenamento térmico durante o período diurno e liberação gradual de calor ao longo da noite, intensificando o desconforto térmico nas áreas urbanizadas.

Do ponto de vista teórico, as ilhas de calor podem ser classificadas em três níveis distintos: superficial, relacionada à temperatura da superfície terrestre; da camada de dossel urbano, associada ao ar entre edificações; e da camada de fronteira urbana, que envolve a porção atmosférica acima da cidade (Amorim, 2019). Essa distinção é particularmente relevante, pois orienta tanto as metodologias de análise quanto as estratégias de mitigação, especialmente quando se empregam técnicas de sensoriamento remoto para estimativa da Temperatura da Superfície Terrestre (LST).

Além disso, embora as ilhas de calor sejam frequentemente associadas às grandes metrópoles, pesquisas recentes demonstram que cidades de pequeno e médio porte também apresentam diferenças térmicas significativas em relação às áreas rurais. Amorim (2019, p. 23) destaca que a problemática climática urbana não está restrita aos grandes centros, afirmando que:

É evidente que os problemas relacionados ao clima urbano, tais como a geração das ilhas de calor, aos impactos deflagrados por eventos de precipitação ou dos problemas decorrentes da poluição atmosférica são mais visíveis e percebidos pela população nas grandes aglomerações urbanas. Entretanto, nos diversos estudos realizados na climatologia brasileira, e em nível internacional, tem se verificado que assim como nos grandes centros urbanos, as cidades de médio e de pequeno porte, também passaram por fortes transformações na paisagem natural, materializadas através de diferentes formas de poluição do ar, água, solo e subsolo, além de transformações na morfologia e estrutura do ambiente urbano. Rios e córregos são canalizados ou têm seus cursos alterados; a morfologia é modificada através de aterros e construções; a vegetação é retirada. (Amorim, 2019, p. 23)

A partir dessa perspectiva, amplia-se a compreensão de que as ilhas de calor constituem expressão das transformações socioespaciais promovidas pelo processo de urbanização, independentemente da escala demográfica da cidade. Estudos realizados em municípios brasileiros indicam diferenças térmicas superiores a 6 °C entre áreas urbanas e rurais (Amorim, 2020), evidenciando que o fenômeno não se restringe às grandes capitais. Ademais, observa-se forte correlação entre estresse hídrico superficial e aumento da temperatura, alcançando índices de até 96% entre a redução da umidade do solo e a intensificação térmica (Sales; Sales; Mendonça, 2022). Tais dados consolidam o consenso científico quanto ao papel central da cobertura vegetal e da disponibilidade hídrica na regulação climática urbana.

Paralelamente, os impactos das ilhas de calor extrapolam a dimensão ambiental, alcançando a esfera da saúde pública. Relatórios técnicos indicam que ondas de calor estão associadas ao aumento da mortalidade por doenças cardiovasculares, respiratórias e renais (Brasil, 2025). Nesse contexto, grupos vulneráveis, como idosos — devido à menor capacidade de termorregulação — e crianças — em razão da imaturidade fisiológica —, tornam-se particularmente suscetíveis aos efeitos extremos do aquecimento urbano.

Diante desse cenário, a literatura aponta diferentes estratégias de mitigação. O Urbanismo Bioclimático propõe o aproveitamento da ventilação natural por meio de parâmetros urbanísticos, como coeficiente de aproveitamento e recuos progressivos entre edificações verticalizadas (Brandão; Barbosa; Barbirato, 2019). De forma complementar, a implementação de infraestrutura verde e o uso de materiais de alta refletividade, associados ao aumento do albedo urbano, são reconhecidos como medidas eficazes na redução do acúmulo de calor sensível (Cutieru, 2021; Brandão; Barbosa; Barbirato, 2019).

## 2.2 ALBEDO URBANO E BALANÇO RADIATIVO DAS SUPERFÍCIES CONSTRUÍDAS

No âmbito das transformações climáticas urbanas, o albedo urbano — entendido como a capacidade das superfícies citadinas de refletir a radiação solar incidente — constitui variável fundamental na regulação térmica do ambiente construído. Em termos físicos, quanto maior a refletância de uma superfície, menor tende a ser a quantidade de energia absorvida e convertida em calor sensível. Entretanto, o processo de urbanização tem promovido a substituição de superfícies naturais por materiais artificiais, como asfalto e concreto, cujas propriedades radiativas favorecem maior absorção energética, contribuindo diretamente para a intensificação das ilhas de calor.

Nesse contexto, estratégias de mitigação baseadas na modificação das propriedades ópticas dos materiais vêm sendo amplamente discutidas na literatura. Recomenda-se o uso de materiais frios, caracterizados por elevada refletância solar e alta emitância térmica, atributos que possibilitam a manutenção de temperaturas superficiais mais baixas. Conforme demonstram Muniz-Gäal *et al.* (2018), a eficiência térmica de coberturas está diretamente relacionada à sua capacidade de refletir radiação solar e emitir calor acumulado. Os autores evidenciam que cores claras apresentam maiores valores de refletância; contudo, ressaltam que a rugosidade superficial pode aumentar a absorvância devido ao maior número de inter-reflexões da radiação incidente. Assim, a relação entre refletância e desempenho térmico revela-se mais complexa do que uma simples associação entre cor e temperatura.

Para mensurar essa capacidade de rejeição do calor solar, utiliza-se o Índice de Refletância Solar (SRI), que incorpora tanto a refletância quanto a emissividade do material. Estudos comparativos indicam que telhas cerâmicas esmaltadas, especialmente em tonalidades claras, apresentam desempenho térmico superior quando comparadas às telhas de concreto (Muniz-Gäal *et al.*, 2018). Dessa forma, a escolha de materiais construtivos assume papel estratégico na mitigação térmica urbana, particularmente em cidades situadas em regiões de clima quente.

Todavia, a análise do albedo não pode ser dissociada da morfologia urbana. O balanço radiativo nas cidades é profundamente influenciado pela configuração dos chamados cânions urbanos, onde múltiplas reflexões internas da radiação solar produzem o denominado “efeito de cavidade”. Pereira e Marinoski (2022) demonstram que o aumento da refletância solar em fachadas e pavimentos pode reduzir as temperaturas superficiais; entretanto, simultaneamente, pode elevar a radiação incidente no interior do cânion devido às reflexões sucessivas entre as superfícies verticais. Portanto, intervenções baseadas exclusivamente no aumento do albedo devem considerar a complexidade geométrica do espaço urbano.

Além disso, a distribuição do fluxo radiativo em ondas longas constitui elemento central para compreender o comportamento térmico urbano. Machado (2009) demonstra que a morfologia urbana influencia diretamente a redistribuição da radiação térmica noturna, especialmente em áreas verticalizadas, onde ocorre maior aprisionamento de calor. A relação entre altura das edificações e largura das vias — expressa pela razão  $H/W$  — revela-se determinante nesse processo, uma vez que cânions mais profundos tendem a reduzir a dissipação térmica e intensificar o armazenamento energético.

Mais recentemente, a literatura tem ampliado a discussão ao incorporar o albedo como indicador de resiliência urbana. Ferreira e Vieira (2025, p. 3), ao relacionarem refletância superficial e adaptação climática, afirmam que:

O albedo ou refletância hemisférica — que representa a fração da radiação solar refletida por uma superfície — tem papel crucial na regulação térmica urbana, influenciando o clima urbano, o consumo energético em edificações e as emissões de gases de efeito estufa [...] Diante da relevância do albedo para a resiliência urbana e mitigação dos impactos climáticos, este artigo apresenta a metodologia utilizada para calcular o percentual de áreas urbanas com alto albedo (AAA), desprovidas de cobertura vegetal. A aferição deste indicador, descrito na ABNT NBR ISO 37123:2021, contribui para monitorar e promover a resiliência ao calor em áreas urbanas, embasar estratégias para mitigação das emissões de gases de efeito estufa e promover adaptações, contribuindo para o desenvolvimento urbano sustentável. Esse processo requer uma abordagem sistêmica, com integração de dados multidisciplinares, onde a coleta de dados e a sistematização das informações é fundamental para a consolidação de planos integrados de gestão municipal em paralelo ao desenvolvimento de políticas públicas. (Ferreira; Vieira, 2025, p. 3)

A partir dessa abordagem, observa-se que o albedo deixa de ser apenas uma variável físico-radiativa e passa a assumir papel estratégico no planejamento urbano sustentável. A necessidade de integração de dados multidisciplinares e de sistematização de informações reforça a importância de ferramentas digitais capazes de traduzir métricas técnicas em representações espaciais acessíveis.

### 3. METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como pesquisa aplicada, de natureza exploratória e descritiva, orientada ao desenvolvimento de uma solução tecnológica voltada ao monitoramento de ilhas de calor urbanas. Trata-se da concepção e modelagem de um artefato digital — o AlbedoMaps — estruturado sob a perspectiva da design science research, abordagem metodológica voltada à criação e avaliação de artefatos destinados à resolução de problemas reais (Hevner *et al.*, 2004). Diferentemente de pesquisas puramente empíricas, essa abordagem prioriza a construção de soluções tecnológicas fundamentadas teoricamente e validadas quanto à sua viabilidade técnica.

A área de estudo delimitada corresponde à Baixada Cuiabana, abrangendo principalmente os municípios de Cuiabá e Várzea Grande, no estado de Mato Grosso. A escolha dessa região fundamenta-se em sua condição climática tropical continental, marcada por temperaturas elevadas ao longo do ano e períodos de estiagem prolongados, fatores que favorecem a intensificação das ilhas de calor. Além disso, a dinâmica de expansão urbana e a escassez de plataformas públicas de visualização térmica reforçam a pertinência da proposta.

Para a estimativa da Temperatura da Superfície Terrestre (Land Surface Temperature – LST), foram utilizados dados provenientes dos satélites Landsat 8 e Landsat 9, especialmente as bandas térmicas do sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor). O uso de imagens Landsat é amplamente consolidado na literatura científica para análise térmica urbana, devido à sua resolução espacial adequada e disponibilidade gratuita (Sobrinho; Jiménez-Muñoz; Paolini, 2004). O processamento das imagens seguiu etapas

padronizadas: conversão dos valores digitais (Digital Numbers – DN) em radiância espectral; conversão da radiância em temperatura de brilho; e aplicação da técnica split-window para correção atmosférica e obtenção da LST.

A técnica split-window foi adotada por sua eficiência na recuperação da temperatura de superfície a partir de bandas termais, considerando variações atmosféricas e emissividade superficial (Jiménez-Muñoz *et al.*, 2014). Conforme destacam os autores, a aplicação de algoritmos baseados na diferença entre bandas termais permite reduzir erros associados à interferência atmosférica, aumentando a confiabilidade das estimativas térmicas. O processamento foi realizado por meio de scripts desenvolvidos em linguagem Python, utilizando bibliotecas voltadas à manipulação de dados geoespaciais, o que garante replicabilidade e transparência metodológica.

No que se refere ao desenvolvimento da plataforma, a arquitetura foi estruturada em dois componentes principais: backend e frontend. O backend foi responsável pela organização, armazenamento e tratamento dos dados geoespaciais, enquanto o frontend foi projetado como interface interativa para visualização cartográfica dos padrões térmicos. Essa estrutura modular favorece escalabilidade e integração futura com novos indicadores, como métricas relacionadas ao albedo urbano e à resiliência climática.

A modelagem conceitual da plataforma também considerou a possibilidade de integração com indicadores normativos, como o percentual de áreas urbanas com alto albedo (AAA), descrito na ABNT NBR ISO 37123:2021, conforme discutido por Ferreira e Vieira (2025). Ainda que o cálculo completo desse indicador não tenha sido operacionalizado nesta fase, sua previsão metodológica reforça o caráter sistêmico da proposta e sua compatibilidade com estratégias de planejamento urbano sustentável.

Do ponto de vista ético, a pesquisa utilizou exclusivamente dados públicos de sensoriamento remoto disponibilizados por agências espaciais internacionais, não envolvendo coleta de dados pessoais ou informações sensíveis, o que dispensa submissão a comitê de ética em pesquisa.

Por fim, reconhecem-se limitações inerentes ao estudo, especialmente aquelas relacionadas à resolução espacial dos dados Landsat e à dependência de condições

atmosféricas adequadas para aquisição das imagens. Além disso, por tratar-se de um Produto Mínimo Viável (MVP), a plataforma ainda demanda aprimoramentos em termos de atualização automática de dados e integração com sensores locais. Contudo, tais limitações não comprometem a validade conceitual da proposta, mas indicam caminhos para desenvolvimento futuro.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da metodologia adotada, foi estruturado um Produto Mínimo Viável (MVP) da plataforma AlbedoMaps, capaz de integrar dados de sensoriamento remoto e disponibilizar mapas térmicos interativos referentes à Baixada Cuiabana. O processamento das imagens Landsat 8 e 9 permitiu a estimativa da Temperatura da Superfície Terrestre (LST), evidenciando padrões espaciais compatíveis com a literatura sobre ilhas de calor urbanas. As áreas com maior densidade construtiva e menor cobertura vegetal apresentaram temperaturas superficiais superiores às regiões periféricas menos urbanizadas, corroborando achados previamente descritos por Amorim (2019) e Morais *et al.* (2013).

A visualização cartográfica revelou concentrações térmicas mais intensas em zonas caracterizadas por elevada impermeabilização do solo, o que reforça o entendimento de que a substituição da cobertura vegetal por superfícies artificiais contribui significativamente para o aumento do fluxo de calor sensível (Sales; Sales; Mendonça, 2022). Tais padrões espaciais confirmam o consenso científico de que a morfologia urbana e o uso do solo exercem influência determinante na dinâmica térmica das cidades (Oke, 1987).

Do ponto de vista tecnológico, a plataforma demonstrou viabilidade funcional ao permitir navegação interativa, identificação de áreas críticas e potencial integração futura com indicadores normativos, como o percentual de áreas urbanas com alto albedo (AAA), conforme discutido por Ferreira e Vieira (2025). A estrutura modular adotada, com backend em Python e frontend interativo, mostrou-se adequada para organização e

apresentação de dados geoespaciais, garantindo transparência e replicabilidade metodológica.

Ao comparar os resultados obtidos com a literatura, observa-se convergência quanto à relevância do sensoriamento remoto como ferramenta de diagnóstico térmico urbano. Conforme Sobrino, Jiménez-Muñoz e Paolini (2004), a estimativa da LST por meio de dados Landsat constitui método robusto para análise espacial das ilhas de calor. Ademais, a aplicação da técnica split-window, conforme sistematizada por Jiménez-Muñoz *et al.* (2014), mostrou-se adequada para reduzir interferências atmosféricas, aumentando a confiabilidade das estimativas térmicas.

Entretanto, diferentemente da maior parte dos estudos analisados, que se concentram exclusivamente na análise técnica dos dados, a presente proposta avança ao estruturar um instrumento digital voltado à democratização do acesso à informação climática. Nesse sentido, o AlbedoMaps aproxima-se da perspectiva da ciência cidadã discutida por Bonney *et al.* (2009), ao possibilitar que dados técnicos sejam traduzidos em representações compreensíveis ao público não especializado, ampliando o potencial de engajamento social e apoio à governança urbana.

Contudo, é necessário reconhecer limitações inerentes ao estudo. A resolução espacial das imagens Landsat (30 metros) pode não capturar microvariações térmicas em escala muito local, especialmente em áreas de morfologia urbana complexa. Além disso, a ausência de validação *in situ* por meio de estações meteorológicas ou sensores urbanos constitui limitação metodológica, restringindo a análise comparativa entre temperatura superficial e temperatura do ar. Tais aspectos apontam para a necessidade de integração futura com dados meteorológicos locais e sensores IoT urbanos.

Outra limitação refere-se ao fato de que o sistema encontra-se em estágio de MVP, demandando aprimoramentos relacionados à atualização automática das imagens e à incorporação de métricas adicionais, como índices de vegetação e indicadores formais de resiliência urbana descritos na ABNT NBR ISO 37123:2021. Apesar disso, os resultados obtidos indicam viabilidade técnica e relevância prática da proposta.

Dessa forma, os resultados não apenas confirmam padrões já descritos na literatura sobre ilhas de calor, mas também contribuem ao propor um modelo de integração entre diagnóstico climático, visualização interativa e potencial articulação com políticas públicas. Ao combinar sensoriamento remoto, arquitetura digital e perspectiva de governança ambiental, o AlbedoMaps posiciona-se como ferramenta promissora para apoio ao planejamento urbano sustentável em cidades de clima tropical.

## 5. CONCLUSÃO

O presente artigo apresentou o AlbedoMaps como uma proposta de aplicativo experimental desenvolvido no âmbito da disciplina Seminário Integrador III do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). A iniciativa surgiu como ação extensionista voltada à aplicação prática dos conhecimentos interdisciplinares adquiridos ao longo da formação, articulando fundamentos de climatologia urbana, sensoriamento remoto e desenvolvimento de sistemas web.

Ao propor uma plataforma digital para visualização de padrões térmicos urbanos na Baixada Cuiabana, o estudo buscou responder à lacuna existente entre a produção científica sobre ilhas de calor e a disponibilização acessível dessas informações para gestores públicos e sociedade civil. Nesse sentido, o trabalho reforça a importância de integrar dados ambientais, ferramentas tecnológicas e planejamento urbano, contribuindo para o fortalecimento da governança climática local.

Embora o aplicativo esteja em fase experimental e estruturado como Produto Mínimo Viável (MVP), sua concepção demonstra viabilidade técnica e potencial de expansão. Mais do que apresentar resultados consolidados, o estudo oferece um modelo metodológico e tecnológico replicável, que pode ser aprimorado por meio da incorporação de novas métricas, validações empíricas e integração com sensores urbanos.

Assim, a principal contribuição do trabalho reside na articulação entre ensino, extensão e inovação tecnológica, evidenciando que projetos acadêmicos podem transcender o ambiente universitário e se configurar como instrumentos de apoio à

sustentabilidade urbana. Ao emergir de um componente curricular voltado à resolução de problemáticas reais, o AlbedoMaps reafirma o papel da formação interdisciplinar na construção de soluções digitais aplicadas aos desafios climáticos contemporâneos.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Faculdade de Ciência e Tecnologia (FCT), unidade acadêmica do Campus Universitário de Várzea Grande (CUVG) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), pelo apoio institucional e pelo ambiente acadêmico que possibilitou o desenvolvimento deste trabalho no âmbito do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia. Reconhecendo, ainda, a importância do componente curricular Seminário Integrador III como espaço formativo que incentivou a articulação entre ensino, extensão e inovação tecnológica aplicada a problemáticas reais.

### REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], 2019.

AMORIM, M. C. C. T. **Ilhas de calor urbano em cidades de pequeno e médio porte no Brasil e o contexto das mudanças climáticas**. Confins, n. 46, 2020.

BONNEY, R. *et al.* Citizen science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. **BioScience**, Washington, v. 59, n. 11, p. 977-984, 2009.

BRANDÃO, L. K. V.; BARBOSA, R. V. R.; BARBIRATO, G. M. Verticalização e ambiente térmico urbano: estudo de parâmetros urbanísticos em fração urbana na cidade de Arapiraca/AL. In: **ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 15., 2019, João Pessoa. Anais... João Pessoa: ANTAC, 2019.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Clima em síntese: estudos sobre saúde e ondas de calor no Brasil (2015-2025)**. Brasília: MCTI, 2025.

CUTIERU, A. Cidades do mundo todo começam a implementar novas estratégias de combate às ilhas de calor. **ArchDaily Brasil**, 26 set. 2021.

FERREIRA, F. L. S.; VIEIRA, R. M. S. P. O albedo das superfícies como indicador de resiliência urbana. In: **ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 18., 2025. Anais... [S. l.]: ANTAC, 2025.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE (GRI). **Consolidated set of GRI sustainability reporting standards 2021**. Amsterdam: GRI, 2021.

HEVNER, A. R. *et al.* Design science in information systems research. **MIS Quarterly, Minneapolis**, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004.

JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C. *et al.* Land surface temperature retrieval methods from Landsat-8 thermal infrared sensor data. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, New York, v. 11, n. 10, p. 1840-1843, 2014.

LANDSBERG, H. E. The urban climate. **New York: Academic Press**, 1981.

MACHADO, A. J. **Distribuição espacial do fluxo radiativo em ondas longas na Região Metropolitana de São Paulo**. 2009. 216 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MORAIS, H. F.; ALBUQUERQUE, E. M.; ANDRADE, S. C. P.; SANTOS, C. A. C. Identificação do fenômeno de ilhas de calor urbano em Belo Horizonte – MG. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 16., 2013, Foz do Iguaçu. Anais [...]. São José dos Campos: INPE, 2013. p. 7423-7430.

MUNIZ-GÄAL, L. P. *et al.* **Eficiência térmica de materiais de cobertura**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 7-22, jan./mar. 2018.

OKE, T. R. Boundary layer climates. 2. ed. **London: Routledge**, 1987.

PEREIRA, N. H. G.; MARINOSKI, D. L. Análise do impacto da refletância solar das superfícies no fluxo de radiação de onda curta em cânions urbanos. In: **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 19., 2022, Canela. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-11.

SALES, R. S. B.; SALES, D. S.; MENDONÇA, J. C. Balanço de energia e ilhas de calor no perímetro urbano de Campos dos Goytacazes, RJ: Um estudo de caso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 6, p. 3093-3105, 2022.

SOBRINO, J. A.; JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C.; PAOLINI, L. Land surface temperature retrieval from Landsat TM 5. **Remote Sensing of Environment**, Amsterdam, v. 90, p. 434-440, 2004.

SOUZA, N. S. e; NOGUEIRA, M. C. J. A.; SANTOS, F. M. M.; SANCHES, L. Urban heat and cool island dynamics in a rapidly growing tropical city: land-use implications for the built environment of Cuiabá, Brazil. **Journal of Housing and the Built Environment**, [S. l.], 2025.