

APLICAÇÃO DE IMAGENS TERMAIS DO LANDSAT-9 PARA ESTIMATIVA DA TEMPERATURA SUPERFICIAL NO MUNICÍPIO DO CABO DE SANTO AGOSTINHO/PE

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.14.23.XI-036>

Fabricio David Simplicio Aniceto (*), Diogo Henrique Fernandes da Paz, Fernando Henrique de Lima Gadelha
* Instituto Federal de Pernambuco, fdsa@discente.ifpe.edu.br

RESUMO

Na atualidade, o sensoriamento remoto tem sido capaz de desempenhar um papel fundamental no fornecimento de dados necessários à avaliação das condições dos ecossistemas e ao desenvolvimento de políticas públicas que buscam melhorar a qualidade de vida da população. Dessa maneira, o objetivo da pesquisa foi analisar a variabilidade espacial da temperatura da superfície no distrito de Ponte dos Carvalhos, no município do Cabo de Santo Agostinho/PE, através de imagens orbitais do satélite Landsat-9. Nesta análise, foi obtida a imagem do sensor TIRS/Landsat-9, referente à faixa infravermelho termal, com resolução de 30 metros e baixa cobertura de nuvens. O processamento relacionado à banda termal foi executado no software livre QGIS 3.22, convertendo a radiância espectral em temperatura de brilho. Em seguida, foram aplicadas classes de emissividade para as camadas de uso e ocupação do solo do distrito, disponíveis na plataforma Mapbiomas Brasil. Por meio da Calculadora Raster do software QGIS 3.22, a temperatura superficial terrestre foi estimada e os resultados foram comparados com os dados de temperatura média do ar registrados pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). Em geral, os intervalos de temperaturas superficiais que mais predominaram no território foram de 24,1 a 26,0°C e 26,1 a 28,0°C, que correspondem às áreas de pequenos fragmentos florestais e agricultura. A temperatura mínima estimada foi igual a 21,6°C, presente no Refúgio de Vida Silvestre Matas do Sistema Gurjaú, unidade de conservação com cobertura vegetal densa. Na zona industrial do distrito foram identificadas ilhas de calor, atingindo temperatura máxima de 37,8°C em telhados de galpões industriais. No distrito de Ponte dos Carvalhos, a ocorrência de temperaturas superficiais elevadas e as divergências regionais do sensor térmico estão relacionadas, principalmente, com a presença de cobertura vegetal, solo exposto e materiais utilizados nas edificações. Com isso, o presente estudo permitiu identificar as variações térmicas da superfície terrestre, demonstrando os fenômenos de ilhas de calor nas áreas urbanas do distrito analisado.

PALAVRAS-CHAVE: Imagem Térmica, Microclima, Sensoriamento Remoto, Vegetação.

INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, as cidades brasileiras enfrentam desafios típicos das áreas urbanas, provenientes dos processos acelerados de crescimento e da ausência de políticas públicas eficazes relacionadas ao planejamento urbano (LONDE, 2015). De acordo com Soares et al. (2022), esse processo de urbanização do espaço geográfico ocasiona uma intensa alteração dos elementos naturais das paisagens, impactando diretamente os padrões do microclima urbano. Dessa maneira, Cocco et al. (2021) apontam que essas tendências urbanísticas resultam em diversas questões a serem pesquisadas na esfera das cidades, principalmente com relação aos efeitos da intervenção humana na formação das ilhas de calor nos centros urbanos (PAIXÃO et al., 2020).

Para Cândido et al. (2023), as atividades relacionadas ao planejamento territorial estão cada vez mais inseridas nas técnicas de sensoriamento remoto, visto que as ferramentas possibilitam construir e analisar as representações da superfície utilizando sensores orbitais, dados espaciais e mapas. Assim, os sensores infravermelhos térmicos possuem uma abordagem eficiente para obter medidas de temperatura superficial terrestre em largas escalas (YE et al., 2023), desempenhando um papel crucial em diversos campos, como hidrologia, meteorologia e balanço de energia da superfície (MENG et al., 2022).

Os satélites do programa Landsat oferecem observações de infravermelho térmico em séries temporais de longo prazo, representando um conjunto de dados significativos para obtenção de registros da Terra. Nesse contexto, o Landsat-9, satélite mais recentemente lançado, apresenta um potencial significativo para a análise da temperatura da superfície (MENG et al., 2022). De maneira complementar, Coelho e Correa (2013) declaram, por exemplo, que os produtos gerados por imagens de satélite são aptos a subsidiar a elaboração de diretrizes e planos governamentais na mitigação das temperaturas em ambientes urbanos.

Diante do exposto, considerando a relevância do sensoriamento remoto para o ordenamento territorial, o presente estudo busca entender, por meio dos produtos gerados pelo Landsat-9, o microclima gerado pelas diferentes formas de uso e ocupação do solo presentes no distrito de Ponte dos Carvalhos, no município do Cabo de Santo Agostinho/PE.

OBJETIVO

O objetivo principal da pesquisa foi analisar a variabilidade espacial da temperatura da superfície no distrito de Ponte dos Carvalhos, no município do Cabo de Santo Agostinho/PE, através de imagens orbitais do satélite Landsat-9.

METODOLOGIA

O distrito Ponte dos Carvalhos, objeto do presente estudo, está localizado na zona norte da cidade do Cabo de Santo Agostinho (Figura 1), na Região Metropolitana do Recife. O distrito possui, aproximadamente, 48 km² de área territorial, abrange cinco bairros e apresenta uma população estimada em 57.173 habitantes (IBGE, 2022).

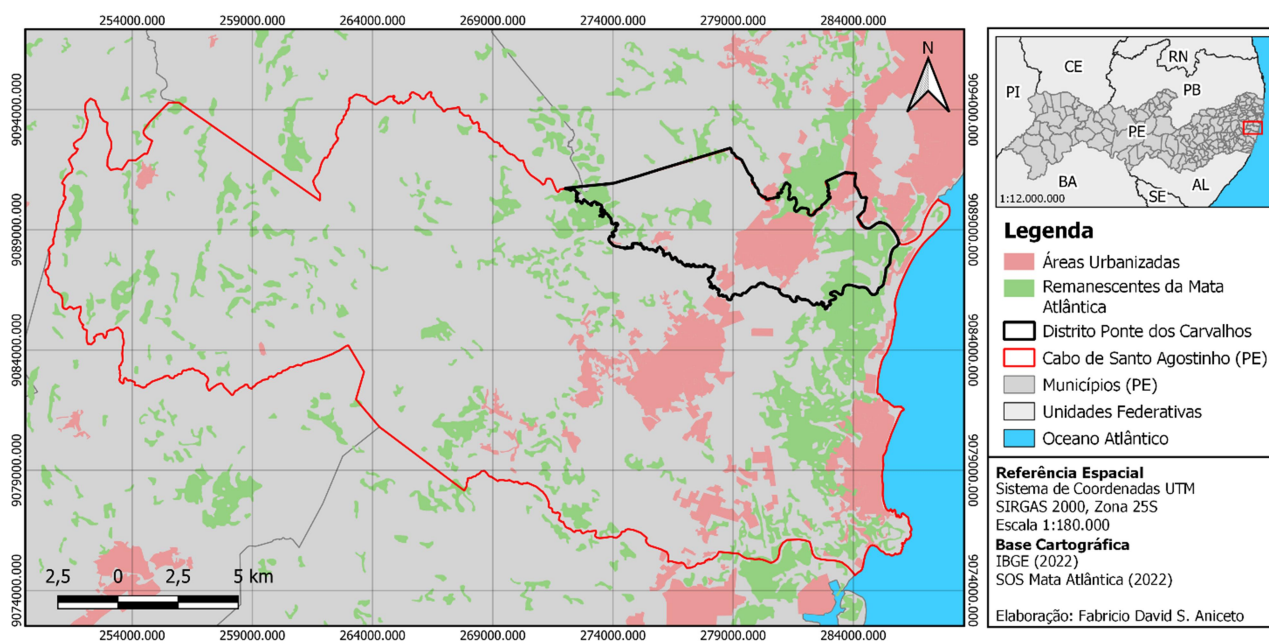


Figura 1: Mapa de localização do distrito de Ponte dos Carvalhos, na cidade do Cabo de Santo Agostinho/PE.

Fonte: Autores do Trabalho.

Nesta análise, a imagem do Landsat-9/TIRS foi adquirida gratuitamente através do website Earth Explorer do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2022), referente ao dia 14 de agosto de 2022 e manipulada no software livre QGIS 3.22. A informação coletada foi referente ao canal do infravermelho termal (banda 10 do intervalo 10,6–11,19 μm do espectro eletromagnético) do satélite, que ocorreu na órbita 214 às 12:29h, com resolução espacial de 30 metros e baixa cobertura de nuvens.

O processamento relacionado à banda do infravermelho termal foi executado seguindo os procedimentos descritos por Coelho e Correa (2013) e Avdan e Jovanovska (2016). Para tanto, os dados da banda TIRS foram convertidos de radiância espectral em temperatura de brilho, usando o plugin Semi-Automatic Classification do QGIS 3.22.

Em seguida, a emissividade utilizada foi baseada na metodologia retratada por Avdan e Jovanovska (2016), sendo aplicada as classes de emissividade apresentadas por Lorenzetti (2015) para as camadas de uso e ocupação do solo do Cabo de Santo Agostinho, disponíveis na plataforma Mapbiomas Brasil (2021).

Aplicando a ferramenta Calculadora Raster do software QGIS 3.22, a temperatura superficial terrestre, corrigida pela emissividade, foi calculada por meio da Equação 1. Para converter a temperatura em Kelvin para Celsius, os resultados foram revisados adicionando o zero absoluto, aproximadamente -273,15°C.

$$T_s = \frac{BT}{\{1 + [\lambda B / \rho] \ln \varepsilon_\lambda\}} \quad \text{Equação (1)}$$

Em que: T_s – Temperatura superficial; BT – Temperatura de brilho; λ – Comprimento de onda adotado (10,895); ρ – Constante da radiação (14388 μm.K); ε – Emissividade.

Com o intuito de parametrizar e comparar os resultados de temperatura superficial verificados pelo Landsat-9, a etapa seguinte consistiu na aquisição de dados de temperatura média do ar registrados pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC, 2022).

RESULTADOS

Os intervalos de temperaturas superficiais que mais predominaram no território, no momento da passagem do Landsat-9, foram de 24,1 a 26,0°C e 26,1 a 28,0°C, abrangendo, em conjunto, 63,1% da área do distrito de Ponte dos Carvalhos (Figura 2). Essas áreas com maior domínio estão relacionadas com regiões de pequenos fragmentos florestais e agricultura.

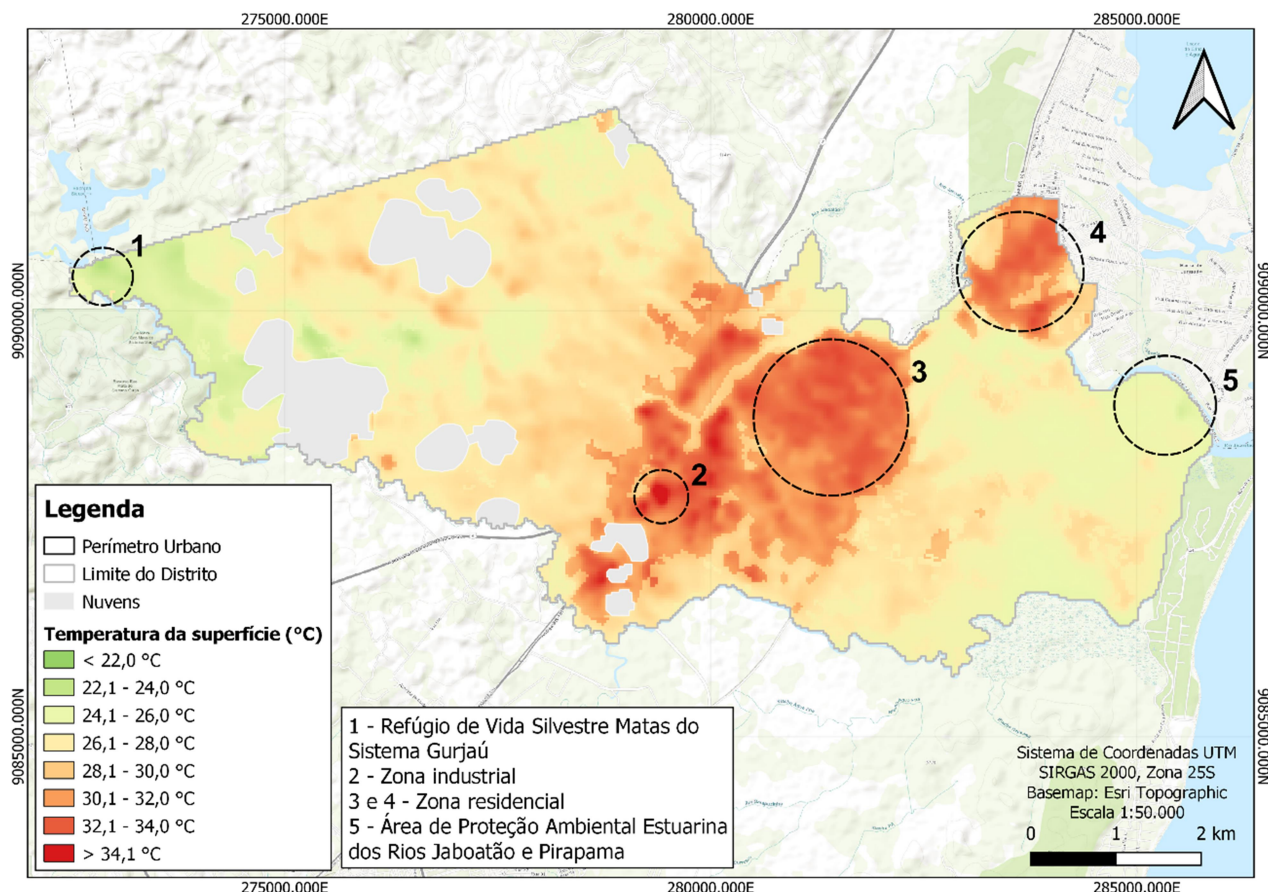


Figura 2: Temperatura da superfície no distrito de Ponte dos Carvalhos em Agosto/2022. Fonte: Autores do Trabalho.

Os casos 1 e 5, retratados na Figura 1, correspondem às unidades de conservação classificadas como Refúgio de Vida Silvestre (RVS) Matas do Sistema Gurjaú e Área de Proteção Ambiental Estuarina dos Rios Jaboatão e Pirapama. Em ambas áreas protegidas foram notadas temperaturas superficiais abaixo de 26 °C, alcançando temperatura mínima de 21,6°C no RVS Matas do Sistema Gurjaú. Este valor revela a influência da vegetação no conforto térmico da região, em virtude da unidade de conservação apresentar cobertura vegetal densa (Figura 3) e, conseqüentemente, elevados índices pluviométricos na região (KAZIBU et al., 2019).



Figura 3: Limite do RVS Matas do Sistema Gurjaú inserido no distrito de Ponte dos Carvalhos. Fonte: Google Earth Pro, 2023.

Nas áreas analisadas em 2, 3 e 4, que correspondem às zonas industrial e residencial do distrito de Ponte dos Carvalhos, foram identificadas ilhas de calor, conforme apresentado no mapa da Figura 1. Para Cândido et al. (2023), essa situação, associada à deficiência no mecanismo de dissipação de calor por falta de vegetação e corpos d'água, favorece a formação de superfícies com altas temperaturas no perímetro urbano. Dessa forma, podem ser observadas temperaturas superficiais acima de 32,1°C, atingindo temperatura máxima de 37,8°C na área em estudo.

A maior temperatura superficial registrada está localizada em zonas de galpões industriais e solo exposto, com baixa presença de vegetação em seu entorno, conforme ilustrado na Figura 4. Assim, o valor de temperatura máxima da superfície obtido neste estudo corrobora com o trabalho de Soares et al. (2022), em que observaram temperaturas superficiais máximas em telhados de empreendimentos no bairro de Boa Viagem, em Recife/PE, visto que os materiais das edificações contribuem com a formação de ilhas de calor.



Figura 4: Zona industrial do distrito de Ponte dos Carvalhos, com destaque para o local de maior temperatura superficial estimada. Fonte: Google Earth Pro, 2023.

A média da temperatura máxima do ar registrada pela APAC (2022) no município do Cabo de Santo Agostinho para o mês de agosto de 2022 foi de 31°C, enquanto a média da temperatura mínima foi de 20°C. Considerando que a temperatura máxima da superfície verificada pelo sensor orbital foi de 37,8°C, o gradiente térmico, em relação à

temperatura máxima constatada pela APAC (2022), foi de 6,8°C. Conforme Weng (2003), é comum que a temperatura superficial apresente valores mais elevados em relação à temperatura do ar, devido à temperatura capturada pelo satélite ser a temperatura da radiação da superfície terrestre.

A Figura 5 apresenta o traçado do perfil térmico superficial, com o intuito de comparar o comportamento da temperatura entre as regiões do distrito. O traçado, que percorre as extremidades Oeste-Leste do território, evidencia altas temperaturas superficiais nas zonas centrais edificadas e temperaturas inferiores nas demais, com destaque para as quedas de temperatura nas áreas de vegetação densa.

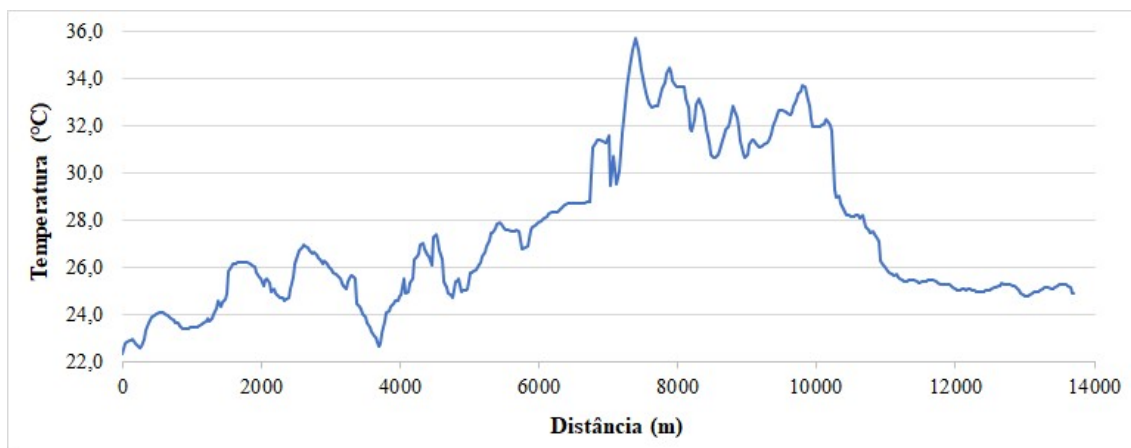


Figura 5: Perfil térmico superficial no distrito de Ponte dos Carvalhos em Agosto/2022. Fonte: Autores do Trabalho.

CONCLUSÕES

No distrito de Ponte dos Carvalhos, no município do Cabo de Santo Agostinho/PE, a ocorrência de temperaturas superficiais elevadas e as divergências regionais do sensor térmico estão relacionadas, principalmente, com a presença de cobertura vegetal, solo exposto e materiais utilizados nas edificações. Com isso, o presente estudo permitiu identificar as variações térmicas da superfície terrestre, demonstrando os fenômenos de ilhas de calor nas áreas urbanas do distrito analisado. Dessa forma, pesquisas futuras podem abordar medidas de conforto térmico para a população do perímetro urbano do município, além de verificar as alterações de temperaturas superficiais ao longo de séries históricas no território.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). **Boletim do Clima**: Síntese Climática. Recife, v. 10, n. 08, 2022. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/boletins>. Acesso em: 29 set. 2023.
2. AVDAN, U.; JOVANOVSKA, G. Algorithm for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using LANDSAT 8 Satellite Data. **Journal Of Sensors**, [S.L.], v. 2016, p. 1-8, 2016.
3. CÂNDIDO, R. G.; PEREIRA, A. C. F.; RODRIGUES, L. O uso de imagens termais do satélite Landsat-8 para investigação de ilhas de calor no perímetro urbano da cidade de Londrina (PR). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 20., 2023, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: INPE, 2023. p. 1947-1950.
4. COCCO, R. M. PIPPI, L. G. WEISS, R. Sistema de informações geográficas como ferramenta de análise espacial e tabular para a implantação de praças e parques urbanos. **Oculum Ensaios**, Campinas, v. 18, e215029, 2021.
5. COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S. C. Temperatura de superfície Celsius do sensor TIRS/Landsat-8: Metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 31-45, 2013.
6. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Cabo de Santo Agostinho**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/cabo-de-santo-agostinho/panorama>. Acesso em: 11 ago. 2023.
7. KAZIBU, A. C. A.; ALVES, A. M. S.; RIBEIRO, A. P.; FREITAS, D. A.; GADELHA, F. H. L. Relação cobertura vegetal e conforto térmico: Monitoramento térmico IFPE campus Cabo de Santo Agostinho e entorno. In: Congresso Internacional de Gestão e Tecnologias, 3., 2019, Recife. **Anais [...]**. Recife: Instituto IDV, 2019.
8. LONDE, P. R. **Sistemas de espaços livres**: Uma avaliação da qualidade ambiental das áreas verdes de Patos de Minas/MG. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.
9. LORENZZETTI, J. A. **Princípios físicos de sensoriamento remoto**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2015. 292 p.

10. Mapbiomas Brasil. **Coleção 7.1: Cobertura e uso da terra do Brasil**. 2021. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 11 ago. 2023.
11. MENG, X.; CHENG, J.; GUO, H.; GUO, Y.; YAO, B. Accuracy Evaluation of the Landsat 9 Land Surface Temperature Product. **Ieee Journal Of Selected Topics In Applied Earth Observations And Remote Sensing**, [S.L.], v. 15, p. 8694-8703, 2022.
12. PAIXÃO, B. M.; COSTA, H. F.; SACRAMENTO, B. H.; SOUSA, J. A. P.; LOURENÇO, R. W. Análise das alterações de temperatura superficial na bacia hidrográfica do rio Paiol, Ibiúna (SP). **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S.L.], v. 9, p. 108-123, 2020.
13. SOARES, G. A. S.; LIMA, A. S.; BANDIM, C. G. A.; BARROS, J. P. F. G.; GALVÍNCIO, J. D. Variabilidade anual de temperatura na superfície com imagens termais do landsat 8: Um estudo de caso do bairro de Boa Viagem, Recife – PE. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, Recife, v. 12, p. 75-87, 2022.
14. United States Geological Survey (USGS). **Earth Explorer**. 2022. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 10 ago. 2023.
15. WENG, Q. Fractal analysis of satellite-detected urban heat island effect. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 69, n. 5, p. 555–566, 2003.
16. YE, X.; LIU, R.; HUI, J.; ZHU, J. Land Surface Temperature Estimation from Landsat-9 Thermal Infrared Data Using Ensemble Learning Method Considering the Physical Radiance Transfer Process. **Land**, [S.L.], v. 12, n. 7, p. 1287, 2023.