

## **GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE DO CLIMA URBANO EM PARAUPEBAS-PA**

Cintia Ellen Dias da Silva <sup>1</sup>  
Railson Luz Santos Mota <sup>2</sup>  
Luis Felipe dos Santos Lopes <sup>3</sup>  
Eduardo Franco Santos <sup>4</sup>  
Matheus Martins Miranda <sup>5</sup>  
Lucas Nascimento de Almeida <sup>6</sup>  
Maria Rita Vidal <sup>7</sup>  
Abraão Levi dos Santos Mascarenhas <sup>8</sup>

### **INTRODUÇÃO**

Este estudo tem como objetivo analisar o clima urbano em pequenas e médias cidades na Amazônia, considerando os recorrentes processos de urbanização e as diferentes práticas de uso do solo. A análise dos parâmetros, como a Temperatura de Superfície Terrestre (TST), busca compreender o comportamento do clima local, adotando uma abordagem termográfica. Além disso, o estudo baseia-se na metodologia do Sistema Clima Urbano para identificar os fatores que influenciam as alterações na temperatura de superfície em escala local e temporal, com foco na cidade de Parauapebas-PA, para as décadas de 1980; 1990; 2000; 2010 e de 2011 a 2023.

O estudo do Sistema Clima Urbano, como abordagem metodológica para a caracterização dos tipos de clima, foi proposto por Monteiro (1976) como uma primeira abordagem para mudanças nas perspectivas de compreensão do conceito de clima urbano. Sua análise considera que a cidade pode ser examinada sob uma visão integradora,

---

<sup>1</sup> Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará - PA, [ecintia036@unifesspa.edu.br](mailto:ecintia036@unifesspa.edu.br);

<sup>2</sup> Graduando pelo Curso de Geografia da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará - PA, [railsonluz@unifesspa.edu.br](mailto:railsonluz@unifesspa.edu.br)

<sup>3</sup> Graduando pelo Curso de Geografia da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará - PA, [luislopes@unifesspa.edu.br](mailto:luislopes@unifesspa.edu.br);

<sup>4</sup> Graduando pelo Curso de Geografia da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará - PA, [201940210030@unifesspa.edu.br](mailto:201940210030@unifesspa.edu.br);

<sup>5</sup> Graduando pelo Curso de Geografia da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará - PA, [matheus.martins@unifesspa.edu.br](mailto:matheus.martins@unifesspa.edu.br);

<sup>6</sup> Graduando pelo Curso de Geografia da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará - PA, [almeidalucas@unifesspa.edu.br](mailto:almeidalucas@unifesspa.edu.br);

<sup>7</sup> Professora orientadora: Doutora em Geografia em UFC, [ritavidal@unifesspa.edu.br](mailto:ritavidal@unifesspa.edu.br).

<sup>8</sup> Professor orientador: Doutor em Geografia em USP, [abraãolevi@unifesspa.edu.br](mailto:abraãolevi@unifesspa.edu.br)

estabelecendo uma abordagem sistêmica que leva em consideração fatores como a morfologia urbana, o uso do solo, a vegetação e os elementos climáticos.

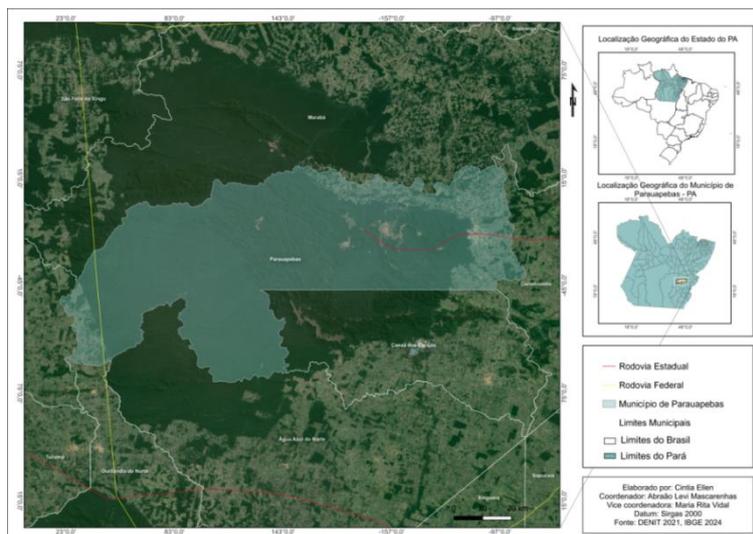
Sabe-se que as alterações na temperatura podem ser relacionadas aos eventos de El Niño e La Niña, que influencia no clima regional e nos fenômenos no espaço urbano Mascarenhas, Miranda, Vidal 2024. Na região Amazônica, estudos como Souza e Avalá (2014) destacam as ilhas de calor na cidade de Manaus, com base em dados do satélite MODIS. Corrêa *et al* 2016 ao empregar dados do satélite MODIS no período de 2002 a 2005, confirma a presença de um clima antropogênico em Manaus, recentemente, Silva *et al* 2021 analisaram a região metropolitana de Belém utilizando índices geoestatísticos para definir índices biogeofísicos, contribuindo para os estudos de clima urbano na região Amazônica.

Esses estudos revelam a importância de pesquisas que visem analisar e avaliar o clima urbano, demonstrando as dinâmicas e mudanças que afetam o cotidiano e a qualidade de vida dos moradores de pequenas e médias cidades.

Atualmente os desordenados processos de urbanização são evidentes, resultando em espaços urbanos caracterizados pela alta densidade de construções. Esse fenômeno provoca o aumento da temperatura do ar e da superfície entre as áreas urbanas e rurais. Além disso, é notável essa diferença dentro da própria área urbana Monteiro (1976); Amorim, (2019).

Nos últimos anos, o espaço urbano de Parauapebas passou por intensas alterações devido à inserção das atividades mineradoras. Esse processo resultou em um significativo aumento das atividades antrópicas, o que agravou drasticamente as características climáticas locais. No recorte espacial desta pesquisa, essas características tornam-se cada vez mais perceptíveis ao analisar o contexto no qual a cidade está inserida. (Figura 1).

O município de Parauapebas, localizada na mesorregião Sudeste do estado do Pará, foi formada a partir da descoberta de uma das maiores jazidas minerais do mundo, anteriormente situada no município de Marabá. Com a implantação do Projeto Ferro Carajás em 1981, iniciou-se a construção da Vila de Parauapebas, que só obteve autonomia administrativa suficiente para se tornar oficialmente um município em 1988 (IBGE, 2014).



**Figura 1:** Localização geográfica do município de Parauapebas-PA  
**Fonte:** Elaborado pelos autores

O município atualmente possui uma densidade populacional de 38,90 habitantes por quilômetro quadrado, abrangendo uma área territorial de 6.885,794 km<sup>2</sup> (IBGE, 2022). A região é predominantemente de clima tropical chuvoso, com estação seca no inverno. Além disso, apresenta subtipos climáticos, incluindo o Equatorial Continental e o Equatorial Mesotérmico de Altitude (VIDAL et., 2022).

Na área de estudo, é evidente uma vasta biodiversidade de recursos e dinâmicas naturais e humanas (VIDAL et al., 2022), que exemplificam o grande fluxo migratório encontrado na cidade. Em outras palavras, compreende-se que a cidade surge principalmente devido a interesses econômicos e políticos. Ao longo dos anos, esses interesses têm se reformulado e moldado às áreas urbanizadas, gerando consequências irreparáveis para o ambiente e a população.

As mudanças climáticas regionais, segundo Mendonça (2006) Kogina, Ely (2018), Aleixo *et al* 2019 interfere diretamente nos espaços das cidades, potencializando anomalias climáticas das cidades. Nesse contexto, é crucial realizar pesquisas que diagnosticam esses fenômenos e, posteriormente, desenvolver ações para minimizar os problemas relacionados ao clima urbano em cidades Amazônicas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos de aquisição das imagens orbitais digitais gratuitas foram obtidas dos satélites Landsat 4-5, 8 e 9 do sensor TIRS no Serviço de Levantamento Geológico

Americano (USGS). A disponibilidade de imagens de satélite do Landsat para o Brasil varia conforme as estações do ano. Isso significa que as condições sazonais, como o clima e a cobertura de nuvens, influenciam no quantitativo de imagens. A baixa visualização fez com que adotássemos a redução de 50% na faixa de cobertura de nuvens no USGS, variando entre os meses de maio, junho, julho, agosto e setembro.

Os satélites Landsat são equipados com sensores remotos que captam imagens da terra em diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético. Essas imagens são utilizadas para monitorar a cobertura do solo, mapear recursos hídricos e identificar padrões de uso da terra.

Para a verificação das temperaturas em Parauapebas, foram empregadas um total de 71 imagens Landsat, (Tabela 2) sendo selecionadas 40 imagens dos satélites Landsat 4-5 referentes às décadas de 1980, 1990, 2000 e 2010. No entanto, devido à grande presença de coberturas de nuvens em cada imagem, somente uma foi utilizada para o ano de 2010. Essas imagens resultam do sensor Landsat *Thematic Mapper*, que consiste em sete bandas espectrais nas regiões do visível, infravermelho próximo, médio e térmico, com resolução espacial de 30 metros e 120 metros (USGS, 1982).

Já para as décadas de 2010 (a partir de 2011) e 2020, foram utilizadas 31 imagens provenientes do Landsat 8-9. Esse satélite possui os sensores *Operational Land Imager* (OLI) e o *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). O OLI contém 11 bandas espectrais com resolução espacial de 30 metros para as bandas 1 a 7 e 8 a 11, enquanto a banda pancromática 8 possui resolução espacial de 15 metros. (USGS, 2013).

IMAGENS LANDSAT						
Décadas	1980	1990	2000	2010	2020/2023	Total:
<b>Quantidade:</b>	8	16	15	19	13	71

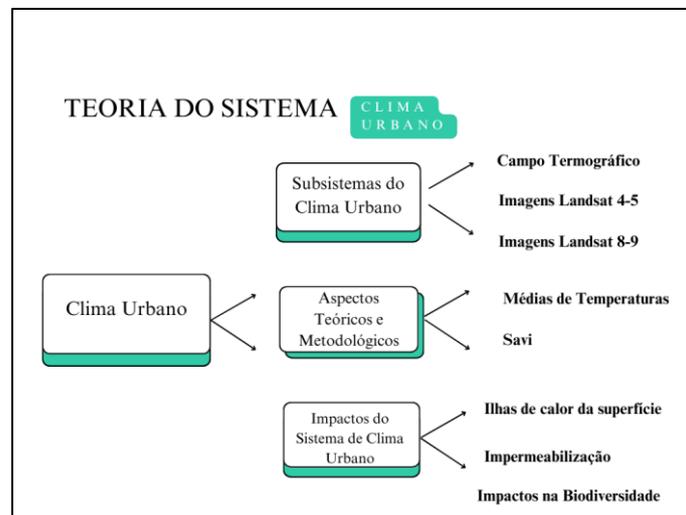
**Tabela 2:** Quantitativos de imagens por décadas  
**Fonte:** Elaborado pelos autores

Na etapa de processamento das imagens, foi usado o software Qgis na versão 3.28.5 com o auxílio do complemento *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP). O SCP é um complemento do QGIS que possibilita a classificação pixel a pixel, de forma semi automática ou supervisionada de imagens, capturadas por diversos sensores/satélites.

Após o processamento das imagens, foram realizados os cálculos para gerar os índices do SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*).

$$\text{Equação 1 SAVI: } \left( \frac{NIR-R}{NIR} + R + L \right) * (1 + L)$$

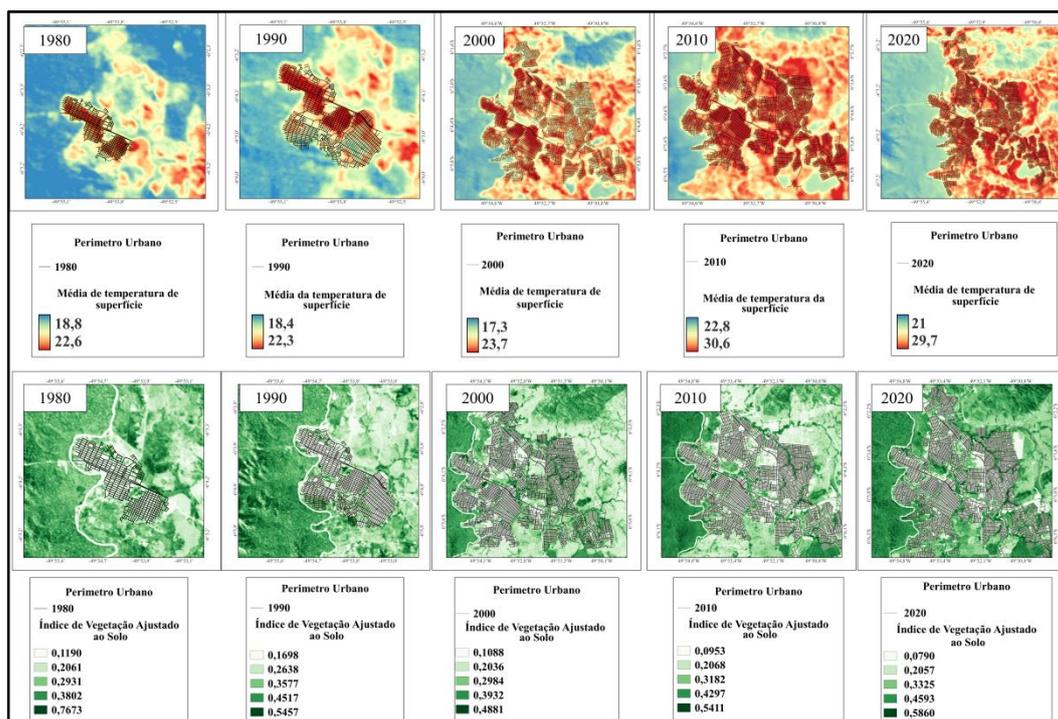
O Índice de Vegetação Ajustado ao Solo auxilia na análise da cobertura vegetal da área. A vegetação exerce influência decisiva no controle da qualidade ambiental. Esses índices foram combinados com as médias das temperaturas para uma análise mais abrangente das tendências e eventos extremos relacionados ao clima urbano. Dessa forma, para uma melhor compreensão da abordagem metodológica adotados na pesquisa, verifique o diagrama abaixo (Figura 3).



**Figura 3:**Diagrama Metodológico da pesquisa  
Fonte: Elaborado pelos autores

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso de geotecnologias para análise temporal do uso do solo é essencial para compreender as dinâmicas de ocupação do território e as consequências dessas ocupações. No município de Parauapebas, essas mudanças climáticas estão atreladas as atividades minerais que provocam impactos significativos no meio ambiente, na economia, e na sociedade local.



**Figura 4:** Carta imagem de temperatura de superfície e SAVI do município de Parauapebas-PA  
**Fonte:** Elaborado pelos autores

Ao analisar os mapas acima (Figura 4), é evidente um aumento considerável das médias de temperatura máxima ao comparar o mapa da média da década de 1980 (máx 22°C) com a de 2000 (máx 23°C), representando um aumento de aproximadamente 4,55%.

Essa ocorrência está diretamente ligada ao tamanho da cidade, à densidade de construções, ao padrão de uso do solo, e ao clima local Mascarenhas, Vidal, Souza (2021). As taxas de TSS relevou que os períodos com temperaturas médias mais altas têm sido mais frequentes desde os anos 2000, no qual se inicia o processo de intensificação de um clima antropogênico.

Para as décadas de 2010 (máx 30° C) e 2020 (máx 29°C) houve uma diminuição de aproximadamente 3,33% na temperatura máxima, provocada consequentemente por uma variação climática natural durante esse período específico. Em contrapartida, as maiores mudanças nas taxas de TSS ocorrem entre as décadas de 1980 (máx 22°C) e 2020 (máx 29°C) com variação percentual de 31,28% na temperatura máxima média entre as décadas.

Quando analisamos o índice empregado na pesquisa percebe-se que o SAVI incorpora um fator de correção do solo, o qual ajuda a compensar as diferenças na

reflectância do solo e da vegetação. Observa-se que a um aumento expressivo das áreas de solo exposto e de áreas com vegetação menos densa entre as décadas de 1980 para 2020 representados nas cores verde, branco e verde-claro. As concentrações mais elevadas atingiram os índices 0,7673 (1980) para 0,5860 (2020) evidenciando o decréscimo na cobertura vegetal de 23,63%, gerando conseqüentemente o aumento da temperatura local.

A remoção da vegetação e a impermeabilização do solo têm impactos significativos no ambiente urbano e nas propriedades do solo. A remoção da vegetação resulta em uma redução na capacidade de retenção de água do solo, levando a maior compactação e erosão (Mascarenhas, Vidal, Souza, 2021). Por outro lado, a impermeabilização do solo, causada pelo uso de materiais como concreto e asfalto, impede a infiltração da água no solo, aumentando o escoamento superficial e diminuindo a recarga dos lençóis freáticos.

Os resultados desta pesquisa demonstram que a forma no qual uma cidade se desenvolve determina a produção de calor dentro de uma área, por exemplo, os tipos de construções que tem sido empregados em ambientes urbanos, potencializam negativamente as variáveis de albedo (reflectância) e emissividade dos materiais, logo quanto menor for o albedo e a emissividade maior será absorção e concentração de calor em uma determinada região. (Sant' Anna Neto, 2011).

Ademais, essas transformações expressam suas interações a partir do ponto em que solos expostos contribuem para uma intensificação de calor específico. De acordo com Debortoli (2013), a análises do balanço de umidade atmosférica sugerem que uma queda na evapotranspiração por conta de mudanças na cobertura do solo é a maior causa da redução a fonte de umidade para a atmosfera no início do período chuvoso

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

De modo geral, percebe-se que a maioria dos trabalhos desenvolvidos no ramo da climatologia urbana faz menção ao SCU. Isso evidência a relevância e aplicabilidade dessa abordagem para a análise do clima nas cidades. Os resultados obtidos demonstram que as variabilidades climáticas em cidades de pequeno e médio porte na Amazônia decorrem dos processos de urbanização e as diferentes práticas de uso do solo.

No município de Parauapebas a presença de uma diversidade de recursos naturais, expressam para o território um ambiente de conflitos em meio a sua exploração. Estudos

realizados (AMORIM, 2017) evidenciam a necessidade de implementar projetos de arborização urbana com espécies apropriadas para o clima tropical, adotar materiais de construção que minimizem a demanda por climatização nos ambientes internos, e integrar considerações climáticas na concepção de novos loteamentos, evitando a impermeabilização excessiva do solo e favorecendo a presença de áreas permeáveis no ambiente urbano.

Ademais, necessita-se de políticas públicas eficazes que envolva os aspectos econômicos, sociais e ambientais, visando reduzir as disparidades sociais e mitigar os impactos significativos das ações humanas e das ondas de calor. Deste modo, este estudo contribui com informações sobre a realidade local para futuras intervenções públicas em relação ao conforto térmico.

**Palavras-chave:** Clima Urbano, Cidade de pequeno e médio porte, Amazônia, Parauapebas

## REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C. C. T. (2017). Teoria e método para estudo das ilhas de calor em cidades tropicais de pequeno e médio porte. **Em Faculdade de Ciências e Tecnologia**.

AMORIM, M. C. de C. T. (2019). Ilhas de calor urbanas: Métodos e técnicas de análise. **Revista Brasileira de Climatologia**. disponível em:  
<https://doi.org/10.5380/abclima.v0i0.65136>

Aleixo, N. C. R., & Neto, J. C. A. da S. (2019). O CAMPO TÉRMICO EM ÁREA URBANA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA: ANÁLISE EPISÓDICA NA CIDADE DE TEFÉ-AM. *Geo UERJ*, (34), e40949. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2019.40949>

CORRÊA, Polari B.; CANDIDO, Luiz A.; SOUZA, Rodrigo A. F.; ANDREOLI, Rita V.; KAYANO, Mary T. Estudo do Fenômeno da Ilha de Calor na Cidade de Manaus/AM: um estudo a partir de dados de sensoriamento remoto, modelagem e estações meteorológicas. **Revista Brasileira de Meteorologia**

DEBORTOLI., N.D.S O regime de chuvas na Amazônia Meridional e sua relação com o desmatamento. **Universidade de Brasília (UnB)**, 2013. disponível em:  
<http://repositorio.unb.br/handle/10482/14281>

Dos Santos Mascarenhas, A. L., Miranda, M. M., & Vidal, M. R. (2024). O Contexto Dos Estudos Do Clima Urbano Por Meio Do Campo Termo-Higrométrico Em Rondon Do Pará. **Revista Verde Grande: Geografia E Interdisciplinaridade**, 6(01), 614–633. <https://doi.org/10.46551/rvg26752395220241614633>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística . **Censo Demográfico Brasileiro** de 2022. Pará: IBGE, 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2014 **disponível em:**  
<http://www.parauebas.pa.gov.br>. Acesso em: jun. 2024

Kogima, K. C., Ely, D.F. (2019). Índices térmicos para a identificação de ondas de calor aplicados ao estado do paraná, brasil. *Geo UERJ*, (34), e40947. **disponível em:**  
<https://doi.org/10.12957/geouerj.2019.40947>

MENDONÇA, Francisco. Aquecimento global e suas manifestações regionais e locais: Alguns indicadores da região sul do brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 2, dez. 2006. ISSN 2237-8642. **disponível em:**  
[doi:http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v2i0.25388](http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v2i0.25388)

MONTEIRO. C. A. F. Teoria e Clima Urbano. São Paulo, IGEOG/USP, 1976, 181p

MASCARENHAS, Abraão L. S.; VIDAL, Maria R.; SOUZA, Marcus V. M. Análise dos impactos ambientais da expansão urbana em cidades de mineração a partir de produtos termais de sensores orbitais. **Ciência Geográfica – Bauru**, nº25, vol. 25 (2), 2021.

Sant' Anna Neto J. L. (2011). O clima urbano como construção social: Da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia**, 8. **disponível em:**  
<https://doi.org/10.5380/abclima.v8i0.25794>

SILVA, Madson T.; MARGALHO, Eduardo S.; SERRÃO, Edivaldo A. O.; SOUZA, Amanda C.; SOARES, Caroline S.; SANTOS, Carlos A. C.; SILVA, Bernardo B.; Application of Spatial Modeling of Biophysical Variables in an Urbanized Area in the Amazon: The Case of the Metropolitan Area of Belém-Pará, *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 36, n. 2, p. 271-283, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-77863620063>

SOUZA, Diego O.; ALVALA, Regina C. S. Observational evidence of the urban heat island of Manaus City, Brazil. *Journal Meteorol. Appl.* n.21, v.2, p. 186-193, 2014.  
<https://doi.org/10.1002/met.1340>

VIDAL, M. R.; MASCARENHAS, A. L. D. S.; SILVA, E. V.; BARBOSA, E. J. S. Geocologia: aportes para uma aproximação taxonômica das Unidades de Paisagens para a região de Carajás. **Novos Cadernos NAEA**, 25, n. 4, p. 365-362, 2022.  
<https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/12871>