

## GEOTECNOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE CORRENTE, PIAUÍ

Geotechnologies to evaluate the occurrence of urban heat islands in Corrente, Piauí

Lizandro Pereira de Abreu<sup>1</sup>, Reurysson Chagas de Sousa Morais<sup>2</sup>, Renata Ellen Carvalho dos Santos<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Prof. Me. do Instituto Federal do Piauí - Campus Corrente e Discente do Programa de Pós-graduação em Ciências Climáticas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte; [lizandro.abreu@ifpi.edu.br](mailto:lizandro.abreu@ifpi.edu.br);

ORCID: 0000-0001-6427-3356

<sup>2</sup> Prof. Dr. do Instituto Federal do Piauí - Campus Teresina Central; [reurysson@ifpi.edu.br](mailto:reurysson@ifpi.edu.br);

ORCID: 0000-0002-1334-4182

<sup>3</sup> Discente do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, Instituto Federal do Piauí, Campus Corrente; [ellenrenatacds@gmail.com](mailto:ellenrenatacds@gmail.com); ORCID: 0000-0002-0844-690X

**RESUMO:** O presente trabalho tem como objetivo identificar a ocorrência de ilhas urbanas de calor (IUC) na cidade de Corrente-PI. Para obtenção de dados foram utilizadas duas metodologias: i) dados de temperatura atmosférica durante 5 dias consecutivos, a partir de transectos móveis englobando os pontos extremos do perímetro urbano de Corrente, tendo como intersecção o centro da cidade, que foram interpolados e descritos estatisticamente; ii) obtenção de temperatura de superfície utilizando dados de sensoriamento remoto do satélite Landsat 8, envolvendo a área urbana e parte da área rural do município. A variação espacial obtida por meio dos dois métodos foi utilizada na identificação e caracterização da IUC. Os resultados permitem concluir que fatores como impermeabilização, ausência de vegetação e implantação de pavimentação asfáltica, contribuem significativamente para o estabelecimento da IUC. Contudo, há de se considerar a influência que fatores geográficos como a topografia da região e a proximidade dos corpos hídricos exerce sobre as condições térmicas do ar e da superfície. Foi verificado que o diagnóstico das IUC se apresentou como um instrumento de auxílio para a gestão e planejamento do ambiente urbano, apontando a necessidade de intervenção do poder público na minimização dos efeitos deste fenômeno.

**Palavras-chave:** Clima Urbano. Planejamento urbano. Sensoriamento Remoto.

**ABSTRACT:** The present work aims to identify urban heat islands (UHI) in Corrente-PI. To obtain data, two methodologies were used: i) atmospheric temperature data for five consecutive days, from mobile transects encompassing the extreme points of urban perimeter and having downtown as an intersection, which were interpolated and described statistically; ii) obtaining surface temperature using remote sensing data from the Landsat 8 satellite, involving the urban area and part of the rural area of the municipality. The spatial variation obtained through the two methods was used in the identification and characterization of the UHI. The results allow us to conclude that factors such as soil waterproofing, the absence of vegetation, and the implementation of asphalt pavement contribute significantly to the establishment of the UHI. However, one must consider the influence that geographical factors such as region's topography and the proximity of water bodies have on the thermal conditions of the air and the surface. It was found that the diagnosis of the UHI was presented as an aid instrument for the management and planning of the urban environment, pointing out the need for intervention by the public authorities in minimizing the effects of this phenomenon.

**Keywords:** Urban Climate. Urban Planning. Remote Sensing.

## 1 Introdução

O crescimento populacional atua como um fator determinante no desenvolvimento dos centros urbanos, promovendo efeitos positivos relacionados ao fornecimento de serviços e infraestrutura, além de efeitos negativos, associados ao crescimento descontrolado que ocasiona desequilíbrios na relação entre a natureza e ser humano (AMORIM, 2019, 2020; AMORIM et al., 2009; PORANGABA; AMORIM, 2017).

O processo de urbanização no Brasil, como em outros países, tem causado grandes mudanças no ambiente natural, proporcionando modificações nas características da superfície que influenciam diretamente os fluxos de energia, conseqüentemente, as transformações da urbanização também influenciam o balanço de energia superficial, que por sua vez, se reflete nas propriedades atmosféricas e cria uma condição climática particular nas áreas urbanas conhecida como clima urbano (MONTEIRO et al., 2021; OKE, 1987).

A transformação das paisagens naturais em espaços totalmente desenvolvidos é o que impulsiona a transformação dos climas urbanos, caracterizado por diferenças de temperaturas entre regiões centrais e regiões periféricas. Esse fenômeno ocorre devido à carência da vegetação e o desenvolvimento de grandes construções, que contribui para que o aumento da temperatura se intensifique, ao absorver a radiação incidente liberá-lo em comprimento de ondas longas.

Amorim (2020) destaca que as modificações na superfície da Terra não se limitam às áreas urbanizadas, pois vastas áreas com cobertura vegetal nativa foram convertidas para agricultura, mineração, pastagens, reservatórios, dentre outros. Entretanto, o balanço de energia é fortemente alterado nas cidades devido a substituição da vegetação por construções e a impermeabilização do solo, alterações que resultam na absorção e reflexão de calor dos diferentes materiais da superfície.

Lima Neto (2011) aponta que a vegetação pode exercer benefícios importantes ao meio urbano, ao melhorar as condições atmosféricas e o balanço hídrico, e favorecer o equilíbrio edáfico e microclimático. Logo, a presença da vegetação no ambiente urbano, ocasiona uma melhora na condição de vida da população, dado que a vegetação não desempenha somente a função paisagística, mas também de controle microclimático e equilíbrio do ecossistema.

O clima urbano tem como premissa básica que a cidade atua como um agente modificador do clima, e que as atividades humanas provocam alterações na atmosfera, em

## GEOTECNOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE CORRENTE, PIAUÍ

decorrência das modificações imposta no uso e ocupação do solo. Ainda, as áreas urbanizadas têm suas propriedades térmicas, hidrológicas e os parâmetros aerodinâmicos modificados (BARBOZA; BEZERRA NETO; CAIANA, 2020; BEZERRA; SANTOS; AGUIAR, 2013; LOMBARDO, 1985).

Uma das principais consequências da modificação do espaço urbano, e consequente substituição da vegetação nativa por equipamentos urbanos (edificações, pavimentação, impermeabilização), é a alteração no balanço de radiação local. Isso se deve à alteração do albedo na superfície terrestre, resultando em uma maior quantidade de energia absorvida e maiores valores de radiação de ondas longas aquecendo a atmosfera, além da geração do calor antropogênico (AMORIM, 2020), como, por exemplo, o aumento do calor produzido pelos veículos, pelas indústrias e pelos climatizadores de ambientes internos.

No caso das cidades, essa modificação se dá de forma regionalizada, criando regiões com temperaturas mais elevadas em relação às áreas circunvizinhas, estabelecendo o fenômeno denominado Ilha Urbana de Calor (IUC), conforme definido por Lombardo (1985). Assim, é notório que várias cidades no Brasil podem apresentar este fenômeno, impulsionado, cada vez mais, pelo aumento da pavimentação, dos edifícios e da dificuldade na evaporação, a exemplo do que ocorre em Vitória-ES (BARBOZA; BEZERRA NETO; CAIANA, 2020), em Manaus-AM (SOUZA; ALVALÁ, 2014), em Presidente Prudente-SP (AMORIM et al., 2009), João Pessoa-PB (BEZERRA; SANTOS; AGUIAR, 2013), Cuiabá-MT (TEOBALDO NETO; AMORIM, 2017) e na conurbação Teresina-PI e Timon-MA (CARNEIRO; LOPES; ESPINDOLA, 2021).

Araújo Junior (2011) destaca que a grande semelhança das curvas de nível formadas pela topografia das ilhas marítimas com o campo formado pelo calor distribuído no centro das grandes cidades levou a designar tal nome para ilhas de calor urbanas. O autor explica ainda que a ilha de calor da cidade é mais facilmente detectável à noite, sobretudo quando o céu está límpido e o ar calmo.

Em grandes centros urbanos, as ilhas de calor são mais facilmente detectadas. O estudo sobre ilhas de calor foi observado mais facilmente em cidades como São Paulo (LOMBARDO, 1985), Rio de Janeiro (SENA; FRANÇA; PERES, 2014), Nova Iorque (BORNSTEIN, 1968) e Pequim (WANG et al., 2020), por terem grande densidade populacional e um alto nível de emissão de gases, o que intensifica esse processo, além de baixa cobertura vegetal, fatores que, quando impulsionados, elevam o nível térmico. A

análise da temperatura de cidades é de suma importância para que medidas de intervenção sejam aplicadas, procurando diminuir a magnitude dessa anomalia.

O fenômeno ilhas de calor também pode ser observado em cidades de pequeno e médio porte, onde se observa uma diferença acentuada da temperatura das áreas centrais em relação às áreas mais interioranas (OTANI, 2019).

As cidades mal planejadas sofrem graves problemas com esse fenômeno, pois tendem a possuir áreas com grandes aglomerações de pessoas, excesso de carros e áreas pavimentadas, sem que se haja um planejamento, assim não havendo o equilíbrio com a disposição de áreas verdes ou um planejamento das próprias residências visando distribuí-las igualmente de forma espaçada, homogênea e eficaz (COSTA; SILVA; PERES, 2010; SOUZA, 2004).

Salles, Grigio e Silva (2013) salientam que deve haver uma busca por um equilíbrio entre as relações sociais e ambientais, e que o desenvolvimento das cidades deve ser controlado de forma que a expansão não afete tão intensamente o meio natural, assim a população não sentirá o efeito de possíveis desequilíbrios ambientais. Os autores relataram ainda que os estudos voltados para o planejamento e gestão ambiental têm considerado as orientações do desenvolvimento sustentável, buscando conciliar o viés econômico, sociocultural e ambiental, visando o uso racional dos recursos naturais. Cidades que possuem esse aumento descontrolado desenvolvem, muito facilmente, problemas ambientais a exemplo ilhas de calor urbanas.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo identificar a ocorrência de ilhas urbanas de calor (IUC) na cidade de Corrente-PI, podendo ainda verificar a possível relação entre a existência de ilhas de calor e fatores ambientais diversos como a presença/ausência de vegetação, hidrografia entre outros.

## **2 Material e Métodos**

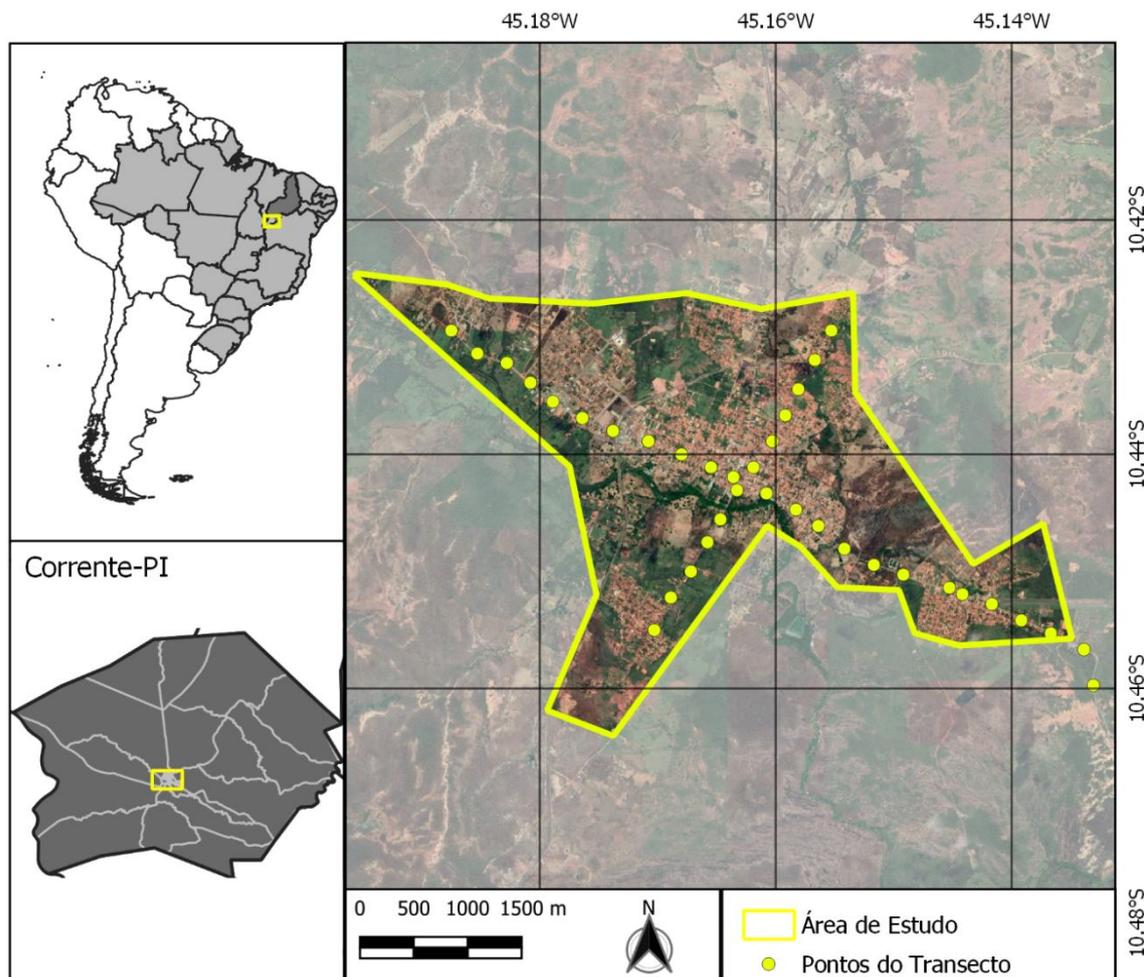
### *2.1 Área de Estudo*

O presente estudo foi realizado na cidade de Corrente, (Figura 1), localizada no extremo sul do estado do Piauí, com uma população estimada de 25.407 habitantes, e uma área de 3.048,447 km<sup>2</sup>, localizando-se geograficamente com as coordenadas de 10°26'34" de

# GEOTECNOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE CORRENTE, PIAUÍ

latitude sul e 45°09'43" de longitude oeste de Greenwich, com uma distância aproximada de 874 km da capital do estado, Teresina (IBGE, 2010).

**Figura 1. Localização geográfica da cidade de Corrente, Piauí.**



**Fonte:** Elaborado pelos autores.

O município está inserido no território de desenvolvimento da Chapada das Mangabeiras, que se constitui como uma unidade de planejamento da ação governamental, que visa a promoção do desenvolvimento sustentável do Estado, a diminuição das desigualdades e a melhoria da qualidade de vida da população piauiense, por meio da democratização dos programas, das ações e da regionalização do orçamento (PIAUI, 2007). Segundo o documento, o território tem como potencialidades a pecuária de corte, agricultura irrigada, geração de energia solar, turismo, além de comércio e serviços.

A área de estudo está inserida no bioma cerrado (CARVALHO et al., 2020), com estação chuvosa entre os meses de dezembro a março, com precipitação variando entre 1000

e 1200 mm anuais (ABREU; MUTTI; LIMA, 2019). Para Guedes et al. (2010), a precipitação na região é justificada pela convergência de umidade oriunda da floresta amazônica e do Atlântico Norte.

Quanto à morfologia da região, Aguiar (2004) afirma que é caracterizada pela ampla superfície tabular plana ou levemente ondulada, limitada por escarpas abruptas que podem atingir 600 m, exibindo relevo com zonas rebaixadas e dissecadas. O autor caracteriza ainda a geologia do local, afirmando que as unidades geológicas distribuídas na área do município pertencem às coberturas sedimentares, representando quase 85% da área total (Depósitos Aluvionares, Depósitos Colúvio–eluviais, Formação Urucuia, Formação Areado, Formação Poti, Formação Longá, Formação Cabeças e Grupo Serra Grande); além do embasamento cristalino (constituído por gnaiss pertencente ao Complexo Formosa do Rio Preto).

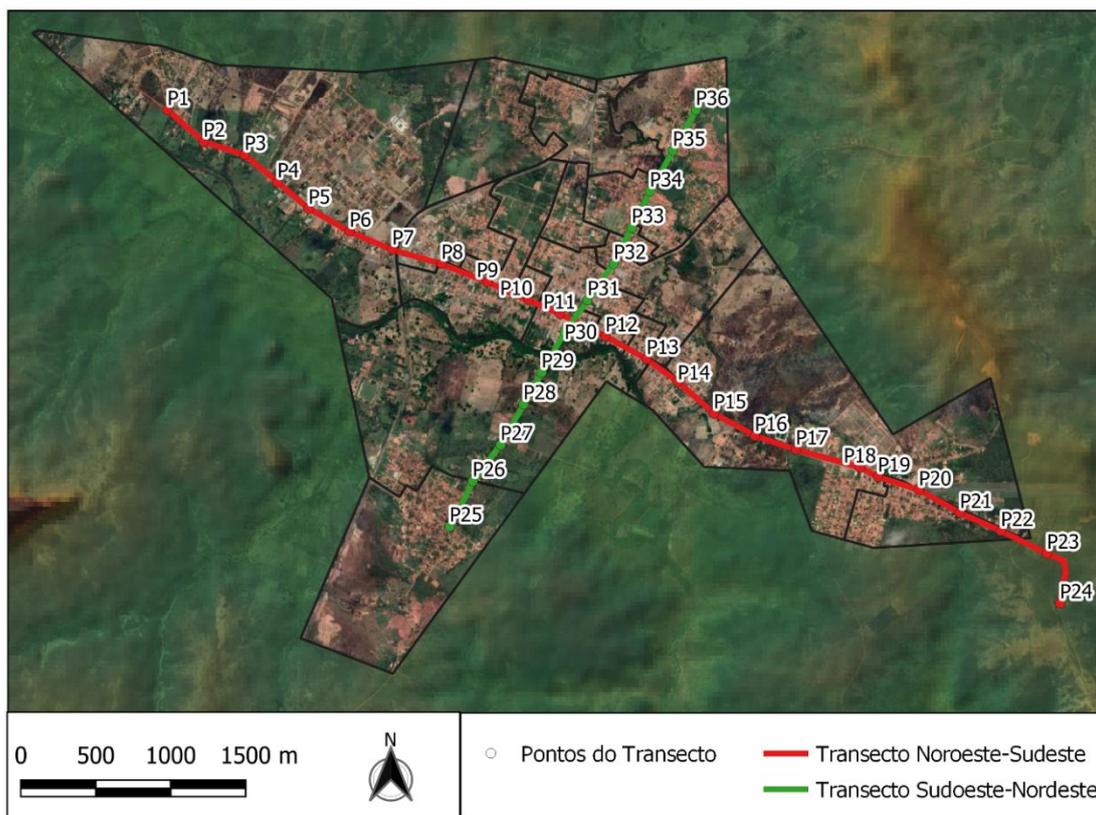
## 2.2 Procedimentos Metodológicos

Para alcançar os objetivos propostos no trabalho, a obtenção de dados foi estruturada em dois eixos: i) Temperatura atmosférica (TA) por aferição *in loco*; ii) Temperatura de Superfície (TS) por meio de Sensoriamento Remoto.

No primeiro eixo, foi reproduzida a metodologia de transectos móveis, já amplamente aplicada e descrita na literatura (AMORIM, 2005a; PORANGABA; AMORIM, 2017; TEIXEIRA; AMORIM, 2017; TEOBALDO NETO; AMORIM, 2017), onde foram realizados registros de TA durante cinco dias consecutivos, em outubro de 2019, durante o período noturno (iniciando às 18:00h), à partir de dois transectos móveis. Para aferição da TA, utilizou-se um veículo equipado com termômetro digital, com o sensor afixado na sua área externa a uma altura de 1,5m do solo, com o qual percorreu-se a uma velocidade entre 20 e 40 km/h (de forma que a aferição entre o primeiro e o último ponto não tivesse diferença maior que uma hora), com paradas a cada 300 metros, para aguardar a estabilização da aferição de temperatura e posterior catalogação. Este procedimento também visa minimizar a interferência de fatores externos como o vento.

O primeiro transecto foi realizado no sentido noroeste-sudeste, tendo início no bairro Jacolândia, passou pelo centro da cidade e encerrou no bairro Aeroporto, correspondendo a 24 pontos e perfazendo um deslocamento de aproximadamente 7,1 km. O segundo transecto, no sentido sudoeste-nordeste, teve início no bairro Vermelhão, passando pelo centro da cidade (onde interceptou o transecto 1) e finalizou no bairro Vila Nova, correspondendo a 12 pontos e totalizando um deslocamento de 3,3 km (Figura 2).

**Figura 2. Disposição dos transectos móveis realizados em relação à área de estudo.**



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os transectos foram assim determinados por englobarem as regiões extremas da cidade, além de se interceptarem no centro comercial da cidade, região com grande densidade habitacional e forte implementação de equipamentos urbanos. Os registros da TA foram organizados em planilha eletrônica, onde foi possível obter a intensidade da IUC a partir da diferença entre o maior e o menor valor do percurso (TEIXEIRA, 2015; TEIXEIRA; AMORIM, 2017). Posteriormente, foi calculada a média para cada ponto e estes dados foram interpolados em uma área definida por um *buffer* de 500 m, utilizando a metodologia *Inverse Distance Weighting* (IDW) e descritos estatisticamente. As diferenças térmicas foram utilizadas para classificar a intensidade da IUC conforme a metodologia proposta por Fernandez García (1995), disposta na Tabela 1.

**Tabela 1. Classificação das Ilhas Urbanas de Calor segundo a diferença térmica.**

Intensidade	Diferença Térmica
Fraca	0 – 2° C

Moderada	2 – 4° C
Forte	4 – 6° C
Muito Forte	> 6° C

Fonte: Fernandez García (1995).

No segundo eixo de ação, foi obtida a TS a partir da utilização de dados do *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) do satélite Landsat 8, Coleção 2, Nível 2, referente ao mês de outubro no período de 2013 a 2019, para um polígono de 30 km<sup>2</sup> envolvendo a área urbana e parte da área rural do município. Os dados dessa coleção já oferecem uma banda de temperatura de superfície (ST\_B10) pronta para uso, bastando somente a aplicação do fator de escala ( $B10 * 0.00341802 + 149.0$ ) para conversão dos DN (*digital number*) para kelvin e, posteriormente, para graus Celsius (USGS, 2020). A temperatura de superfície, obtida a partir de dados de sensoriamento remoto, tem sido utilizada para estudos de ilhas de calor em diversas cidades como Vitória-ES (BARBOZA; BEZERRA NETO; CAIANA, 2020), Ilha Solteira-SP (COSTA; SILVA; PERES, 2010), para a conurbação Teresina-Timon (CARNEIRO; LOPES; ESPINDOLA, 2021), além das regiões metropolitanas brasileiras (MONTEIRO et al., 2021).

### 3 Resultados e Discussões

Nos cinco dias de medição a atmosfera apresentou condições sinóticas favoráveis à estabilidade atmosférica e, conseqüentemente, para esta avaliação. Conforme estabelecido por Amorim (2005b) e corroborado por Teixeira (2015), as características desejadas são ventos fracos e céu claro.

Os registros de TA, elencados na Tabela 2, demonstram que todos os dias de aferição houve uma diferença mínima de 1,9° C e máxima de 4,2° C entre o ponto mais frio e o mais quente da área de estudo. O maior valor de temperatura foi registrado no ponto P8 (32,7° C), local que é caracterizado por encontrar-se em uma região com intensa densidade de construções residenciais e comerciais, destacando-se, ainda, por apresentar pavimentação asfáltica. Em contraposição, o menor valor de TA anotado foi no ponto P29 (28,5 °C, por dois dias consecutivos), região notadamente com menor densidade habitacional, destacando-se pela proximidade ao rio Corrente e maior presença de regiões arborizadas. Estes resultados se assemelham aos apresentados por Amorim (2005a), para a cidade de Birigui

GEOTECNOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE ILHAS DE CALOR NA  
CIDADE DE CORRENTE, PIAUÍ

-SP, onde as maiores temperaturas foram observadas nas áreas centrais e nos bairros densamente construídos.

**Tabela 2. Temperatura Atmosférica (°C) registrada nos pontos dos transectos no decorrer dos dias. As marcações em azul (vermelho) representam os menores (maiores) valores registrados.**

PONTO	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	MÉDIA
P1	28.8	30.2	30	30.7	30.2	29.98
P2	28.8	30.2	30.1	30.6	30.3	30
P3	29.9	29.8	30	30.5	30.2	30.08
P4	29.1	28.9	30.2	30.5	30.1	29.76
P5	29.2	31	31	30.7	30.3	30.44
P6	29.9	31.4	31.4	30.9	30.5	30.82
P7	29.8	31.4	31.5	30.8	30.7	30.84
P8	30	32.7	31.7	31	31	31.28
P9	30	32.2	31.7	31	31	31.18
P10	29.9	31.9	31.3	30.8	31.2	31.02
P11	30.1	32.2	32	31.2	31.1	31.32
P12	30.4	31.9	32.1	31.1	30	31.1
P13	30.5	32.2	32.1	31.4	31.4	31.52
P14	30.1	31.8	31.9	31.4	31.6	31.36
P15	29.8	30.8	31.7	31.2	31.7	31.04
P16	29.8	31.1	31.7	31	31.9	31.1
P17	29.7	31.7	31.8	31.2	31.9	31.26
P18	29.7	32.3	32.1	31.5	32.2	31.56
P19	29.7	32.6	32.2	31.7	32.3	31.7
P20	29.5	32.3	32	31.7	32.3	31.56
P21	29.5	31.7	31.8	31.8	32.1	31.38
P22	29.7	31.7	31.7	31.6	32	31.34
P23	29.7	32	31.7	31.4	31.8	31.32
P24	29.1	31	31.5	31.4	31.7	30.94
P25	29.7	32.2	32.3	32	32	31.64
P26	29.7	31.9	32.1	32.2	32	31.58
P27	29	31	32	32.2	31.9	31.22
P28	28.6	29	31.8	32.4	31.7	30.7
P29	28.5	28.5	31.8	32	32	30.56
P30	29	29	31.9	31.7	32.1	30.74
P31	29.6	31.7	31.9	32	32.2	31.48

P32	29.6	32.3	32.1	32.1	32.3	31.68
P33	29.7	32	32.3	32.1	32.2	31.66
P34	29.2	29.9	32	32.2	32.3	31.12
P35	29.3	29.9	31.9	32	32.4	31.1
P36	29.3	30.5	31.8	31.9	32.2	31.14
TMÁX-TMIN (Intensidade)	2.0 (Fraca)	4.2 (Forte)	2.3 (Moderada)	1.9 (Fraca)	2.4 (Moderada)	2.56 (Moderada)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quanto às médias de TA aferidas durante os transectos, destacam-se os pontos P4 e P19. O primeiro por apresentar a menor média de TA, localizando-se no bairro Nova Corrente, uma região periférica da cidade onde há baixa densidade habitacional e a presença de muitas áreas verdes. O segundo ponto (P19), ressaltado por demonstrar o maior valor de TA média, está inserido no bairro Aeroporto, região caracterizada por ter alta densidade habitacional, apesar de ser uma região periférica.

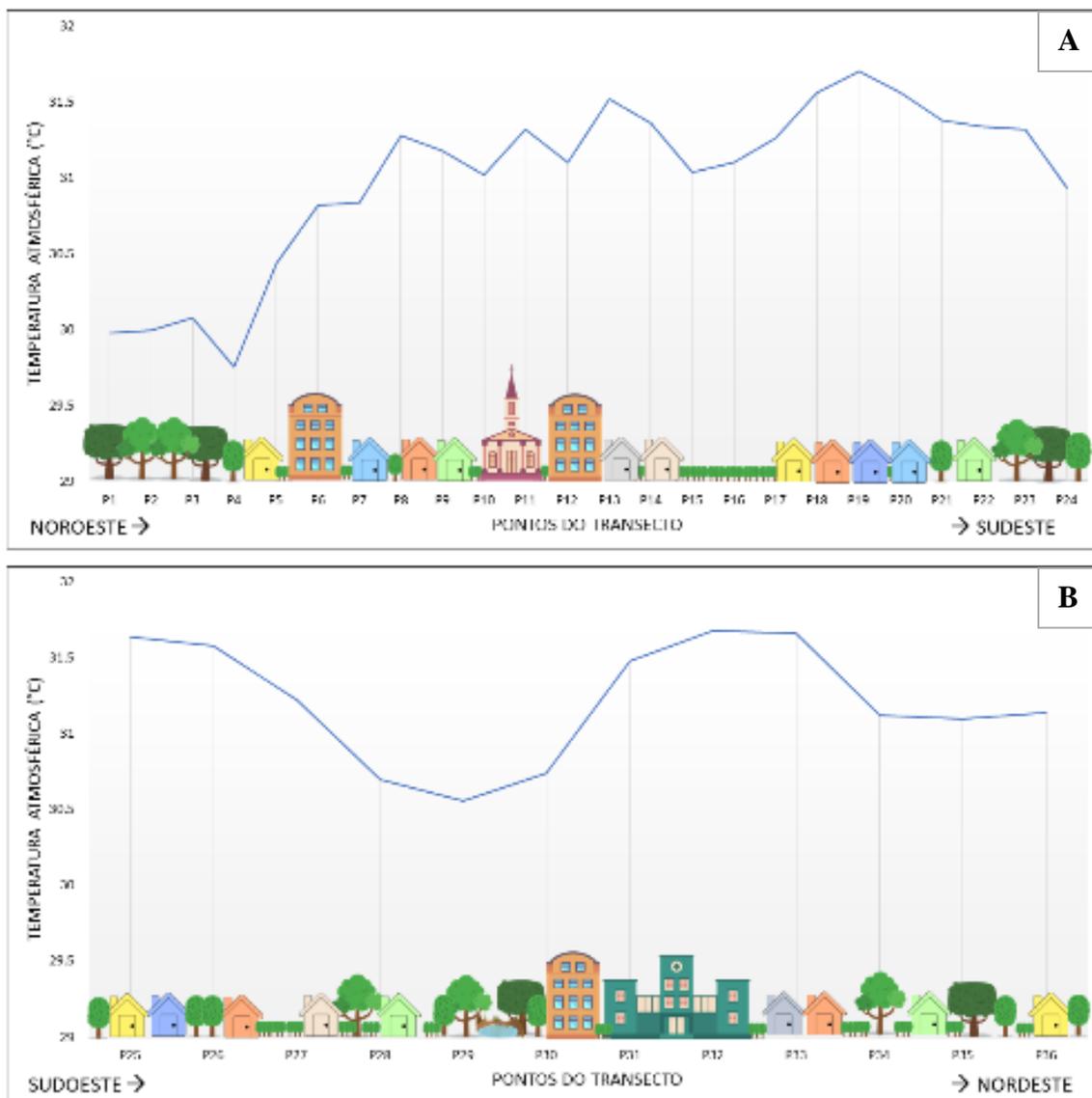
Os perfis longitudinal e latitudinal de TA, ajudam a entender melhor a evolução e a variação espacial deste parâmetro na área de estudo. A partir do perfil longitudinal (Figura 3-A) é possível perceber que no início do transecto a TA apresenta valores baixos (próximos a 30° C), tem perceptível queda no ponto P4 e os registros passam a aumentar para níveis próximos a 31 °C, registrados no centro comercial da cidade. A TA apresenta ligeira redução no valor ao se aproximar da região de um córrego denominado Riacho da Taboquinha, e volta a se elevar no bairro Aeroporto, tendo nova queda após o bairro, no final do transecto.

Para o perfil latitudinal (Figura 3-B), a TA já inicia alta, pois o transecto inicia em uma região intensamente construída no bairro Vermelhão, tem perceptível queda entre os pontos P26 e P29, caracterizada por ser uma região pouco habitada, onde há presença de sítios e chácaras, tem seu menor valor registrado nas proximidades do rio Corrente, e se eleva na região do centro da cidade, tendo nova redução dos valores ao final do transecto no bairro Vila Nova.

Na cidade de Presidente Prudente-SP, Amorim (2005b) também constatou as menores temperaturas em zonas onde estão localizados chácaras e sítios e/ou em novos residenciais na cidade. O contraponto também se deu em características similares, com temperaturas altas no centro e/ou em residenciais periféricos, como acontece no bairro Aeroporto, em Corrente. Para a autora, a diminuição na densidade de construção produz um efeito pronunciado no que se refere à quebra de continuidade da distribuição das temperaturas mais elevadas.

# GEOTECNOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE CORRENTE, PIAUÍ

**Figura 3. Perfis longitudinal (A) e latitudinal (B) da temperatura atmosférica (valores absolutos) registrada nos percursos dos transectos móveis.**

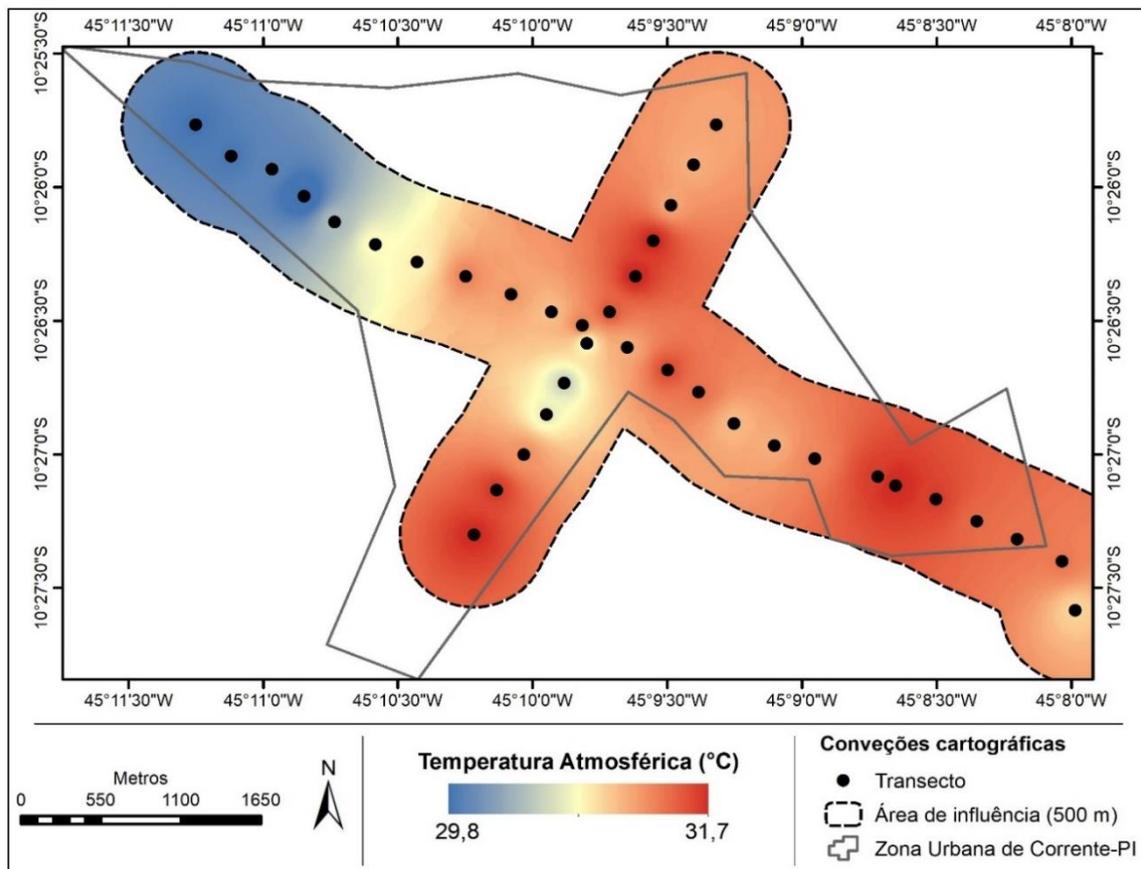


Fonte: Elaborado pelos autores.

Com os dados interpolados a partir dos dois transectos móveis (Figura 4) foi possível aferir a área de influência de cada um dos pontos levantados e, assim, ter uma estimativa dos “bolsões” de calor e/ou de amenização que foram formados durante o estudo de campo. De forma evidente, o setor noroeste da cidade apresenta os menores valores registrados, enquanto os valores mais elevados foram aferidos no centro comercial da cidade (rua Ipiranga), além dos bairros Vermelhão e Aeroporto. A atuação da hidrografia e da vegetação, associada à mata ciliar na modulação da temperatura, mostrou-se bem marcante na área de

estudo, criando ilhas de amenização mesmo em regiões onde a TA apresenta-se de forma elevada nas proximidades.

**Figura 4. Variação de temperatura atmosférica registrada na área de influência dos transectos.**



**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Estes resultados estão em concordância com os destaques de Bezerra, Santos e Aguiar (2013) para a cidade de João Pessoa-PB, onde os autores afirmam que a vegetação associada a locais com alta umidade relativa, tiveram importante papel na amenização das temperaturas atmosféricas, pois a composição dos materiais constituintes do recobrimento do solo exercem influência sobre as trocas de energia e calor, alterando diretamente os valores das variáveis temperatura e umidade relativa do ar. Fato corroborado por Otani (2019) na cidade de Cascavel-PR.

Para Amorim (2010), no caso de cidades de pequeno porte, que não conta com fontes poluidoras expressivas e com verticalização excessiva, como a área de estudo deste trabalho, os efeitos da ilha de calor se relacionam ao desconforto térmico e higrométrico causados

## GEOTECNOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE CORRENTE, PIAUÍ

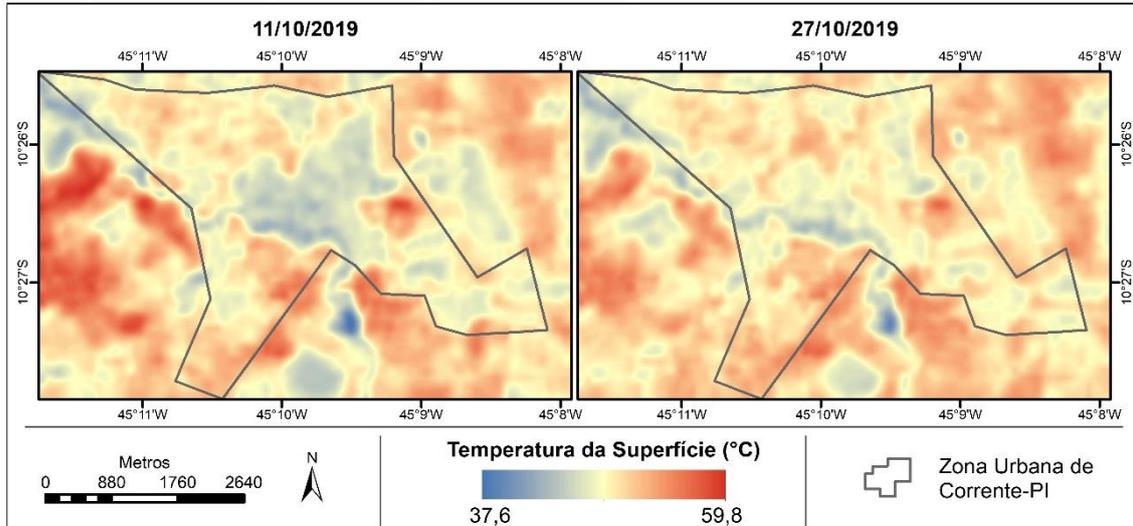
pelo aumento da temperatura e diminuição da umidade do ar, especialmente em cidades do ambiente tropical, que naturalmente já demonstram desconforto térmico pelo calor.

Entretanto, ao verificar várias técnicas para a análise de IUC, Amorim (2019) ressaltou que as interpolações das temperaturas do ar, embora muito úteis do ponto de vista da visualização de sua distribuição espacial, não levam em consideração as características dos alvos superficiais e do relevo, e produzem resultados que dificultam intervenções mais localizadas. Visando minimizar essas incertezas, o presente trabalho também avaliou a TS, obtida a partir de técnicas de sensoriamento remoto já descritas anteriormente.

As duas imagens de satélite adquiridas (Figura 5) estimaram a TS dos dias 11 e 27 de outubro de 2019, às 10:07. Os resultados apontam TS extremamente altas ( $> 55^{\circ} \text{C}$ ) em regiões de solo exposto e TS mais baixas ( $< 38^{\circ} \text{C}$ ) nas regiões próximas a corpos d'água. O comportamento médio de TS para o mês de outubro (2013 a 2019) tem comportamento bastante similar (ver Figura 6). Cabe ressaltar que a partir desta metodologia, também é possível visualizar o bolsão de temperaturas mais amenas nas proximidades do rio Corrente.

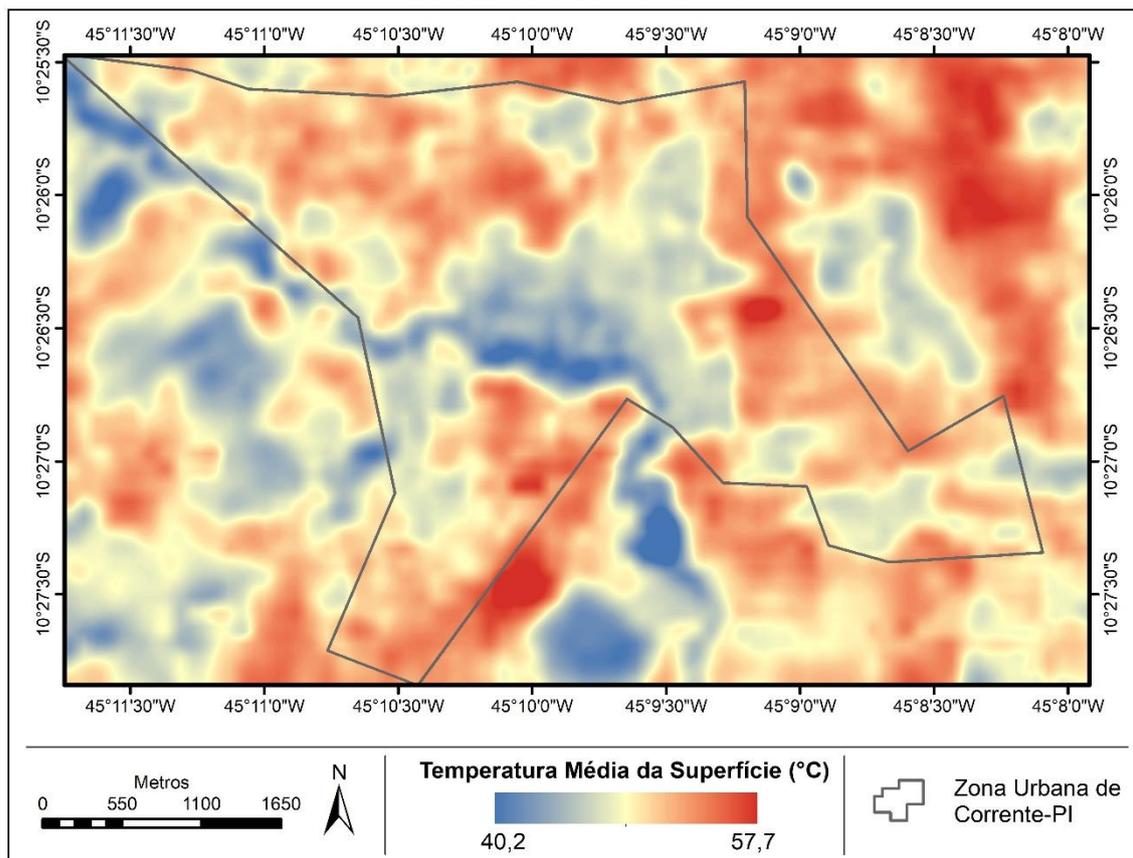
Regiões dotadas com intensas edificações e pavimentação apresentam TS mais elevadas como consequência da substituição de superfícies naturais, com vegetação, por materiais, como asfalto e concreto, que reduzem a cobertura vegetal e alteram radicalmente as propriedades de impermeabilidade, radiativas, térmicas e aerodinâmicas da área urbana; tendo forte influência no fenômeno de IUC pois essas áreas determinam como a radiação de ondas curta e longa é refletida, absorvida, emitida e armazenada (COSTA; SILVA; PERES, 2010).

**Figura 5. Variação de Temperatura de Superfície na cidade de Corrente-PI.**



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 6. Temperatura de Superfície média para o mês de outubro (2013-2019) para a cidade de Corrente-PI.**



Fonte: Elaborado pelos autores.

Utilizando dados de sensoriamento remoto, Carneiro, Lopes e Espindola (2021) averiguaram a IUC da área de conurbação formada entre as cidades de Teresina e Timon, e

## GEOTECNOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE CORRENTE, PIAUÍ

encontraram, para o ano de 2019, diferenças próximas a 15° C. Assim como na presente pesquisa, as regiões com menores registros localizam-se próximos a corpos d'água e em regiões mais periféricas pouco habitadas. No outro extremo, as regiões centrais e bairros densamente povoados registraram as maiores TS, configurando a IUC.

Já para a cidade de Caxias-MA, a intensidade a IUC encontrada por (HONORATO; ROCHA; ARAUJO, 2019) teve diferenças térmicas de até 7° C no ano de 2015. Os autores também apontam como fatores influenciadores ao crescimento urbano, em função de novos materiais introduzidos meio urbano, como pavimentação asfáltica, construções de concreto, telhados e demais materiais que absorvem e refletem energia, além da cobertura arbórea progressivamente reduzida ao longo dos anos.

### 4 Considerações finais

Os resultados relatados na pesquisa, associados ao levantamento bibliográfico, evidenciaram que a cidade de Corrente-PI tem comportamento térmico similar ao de outras cidades de médio porte, com picos positivos de temperatura nas zonas mais densamente construídas e contraponto a baixas temperaturas nas regiões mais periféricas, promovendo assim, a conformação de uma ilha de calor de magnitude média qualificada como moderada.

Ressalta-se a importância da amenização da temperatura proporcionada pela presença de corpos d'água acompanhados por vegetação ciliar. Uma região de amenização da temperatura se forma acompanhando o traçado do rio Corrente, além de outros riachos de menor dimensão.

A metodologia empregada mostrou-se satisfatória na identificação do fenômeno, pois tanto por mensuração *in loco*, quanto por dados orbitais a ilha de calor pôde ser identificada na área de estudo. Ressalta-se que a comparação entre as duas formas de obtenção de dados não é válida nesta situação, uma vez que foram coletados em dias e horários diferentes. Futuros trabalhos devem ser realizados, buscando a mensuração de TA em momento similar ao da passagem do satélite e consequente estimativa de TS.

Sugere-se que em novos loteamentos e na implantação de novos bairros, o completo desmatamento, seguido da impermeabilização do solo exagerada sejam fortemente desencorajados, devendo-se assegurar legalmente espaços para áreas verdes, visando a amenização de temperatura e a infiltração de água da chuva.

### Referências bibliográficas

Revista da Academia de Ciências do Piauí, Volume 2, Número 2, p.105 – 122 , Janeiro/Junho, 2021. ISSN: 2675-9748 DOI:10.29327/261865.2.2-8

Lizandro Pereira de ABREU, Reurysson Chagas de Sousa MORAIS & Renata Ellen Carvalho dos SANTOS

ABREU, L. P.; MUTTI, P. R.; LIMA, K. C. Variabilidade espacial e temporal da precipitação na bacia hidrográfica do Rio Parnaíba, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 7, n. 2, Edição Especial – VI SIMGEAPI, p. 82–97, 2019. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.3524759>. Acesso em: 19 jun. 2020.

AGUIAR, R. B. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí**: diagnóstico do município de Corrente. Fortaleza: CPRM, 2004.

AMORIM, M. C. C. Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 15, n. Edição Especial – XIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2019.

AMORIM, M. C. de C. Ilhas de calor urbano em cidades de pequeno e médio porte no Brasil e o contexto das mudanças climáticas. **Confins**, n. 46, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/confins.31403>

AMORIM, M. C. de C.; DUBREUIL, V.; QUENOL, H.; NETO, J. L. S. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). **Confins**, n. 7, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/confins.6070>

AMORIM, M. C. de C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. **Mercator**, n. dezembro, p. 71–90, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.4215/RM2010.0901.0005>

AMORIM, M. T. Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP: episódios de inverno. **Geosul**, v. 20, n. 39, p. 64–82, 2005.

ARAÚJO JUNIOR, C. **Ilhas de Calor Urbanas**. 2011. 59 p. Monografia (Bacharelado) - Universidade Estadual do Ceará, 2011.

BARBOZA, E. N.; BEZERRA NETO, F. das C.; CAIANA, C. R. A. Sensoriamento Remoto aplicado à análise do fenômeno de Ilhas de Calor Urbano na cidade de Vitória, Espírito Santo. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, p. e187963655, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i6.3655>

BEZERRA, M. I. L.; SANTOS, J. S. dos; AGUIAR, Á. P. Ilhas de Calor: importância da vegetação na amenização climática em João Pessoa/PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, n. 05, p. 1275–1291, 2013.

BORNSTEIN, R. D. Observations of the Urban Heat Island Effect in New York City. **Journal of Applied Meteorology**, v. 7, n. 4, p. 575–582, 1968. Disponível em: [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1968\)007<0575:OOTUHI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1968)007<0575:OOTUHI>2.0.CO;2)

CARNEIRO, E.; LOPES, W.; ESPINDOLA, G. Linking Urban Sprawl and Surface Urban Heat Island in the Teresina–Timon Conurbation Area in Brazil. **Land**, v. 10, n. 5, p. 516, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/land10050516>

CARVALHO, C. de S.; GOMES, P. N.; LOPES, L. S.; ARAGÃO, M. C. O.; ABREU, L. P. de; SILVA, M. M. da. Levantamento etnobotânico na Comunidade Rural de Santa Marta, Município de Corrente, Estado do Piauí, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 17, p. 1483–1498, 2020. Disponível em: [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2020\)071728](https://doi.org/10.21438/rbgas(2020)071728)

COSTA, D. F. da; SILVA, H. R.; PERES, L. de F. Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira - SP através da utilização de geotecnologias. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 5, p. 974–985, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100->

GEOTECNOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE ILHAS DE CALOR NA  
CIDADE DE CORRENTE, PIAUÍ

69162010000500019

AMORIN, M. C. de C. T. M. Ilhas de calor em Birigui/SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 121–130, 2005. Disponível em:  
<https://doi.org/10.5380/abclima.v1i1.25234>

SOUZA, D. O. de.; ALVALÁ, R. C. dos S. Observational evidence of the urban heat island of Manaus City, Brazil. **Meteorological Applications**, v. 21, n. 2, p. 186–193, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/met.1340>

GARCÍA, F. F. **Manual de climatologia aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. 1. ed. Madrid: Síntesis, 1995.

GUEDES, R. V. de S.; LIMA, F. J. L. de; AMANAJÁS, J. C.; BRAGA, C. C. Análise em componentes principais da precipitação pluvial no Estado do Piauí e agrupamento pelo método de Ward. **Revista de Geografia**, v. 27, n. 1, p. 218–233, 2010.

HONORATO, A. W. B.; ROCHA, E. C. O.; ARAUJO, F. de A. da S. Técnicas de sensoriamento remoto na análise da temperatura da superfície no espaço urbano de Caxias – MA. In: 2019, Teresina-PI. **SIRGEO - Simpósio Regional de Geoprocessamento**. Teresina-PI: [s. n.], 2019. p. 10.

IBGE. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. [S. l.: s. n.].

LIMA NETO, E. M. **Aplicação do sistema de informações geográficas para o inventário da arborização de ruas de Curitiba, PR**. 2011. 108 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, 2011. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1884/26161>. Acesso em: 20 jul. 2021.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de Calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.

MONTEIRO, F. F.; GONÇALVES, W. A.; ANDRADE, L. de M. B.; VILLAVICENCIO, L. M. M.; SILVA, C. M. dos S. Assessment of Urban Heat Islands in Brazil based on MODIS remote sensing data. **Urban Climate**, v. 35, n. September 2020, p. 100726, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100726>

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2<sup>a</sup> ed. London: Routledge, 1987.

OTANI, C. T. **Influência da presença da vegetação na temperatura e na umidade do ar: estudo em bairros da cidade de Cascavel - PR**. 2019. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2019. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/handle/tede/4390>. Acesso em: 20 jul. 2021.

PIAUÍ. **Territórios de desenvolvimento do Piauí - Mapa de potencialidades**. Teresina: SEPLAN, 2007. Disponível em: <http://www.seplan.pi.gov.br/mapa-grande.pdf>. Acesso em 20 jul. 2021.

PORANGABA, G. F. O.; AMORIM, M. C. de C. Análise de ilhas de calor diagnosticadas por meio de transectos móveis em Assis, Cândido Mota, Maracaí e Tarumã (SP). **Confins**, n. 33, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/confins.12729>

SALLES, M. C. T.; GRIGIO, A. M.; SILVA, M. R. F. da. Expansão urbana e conflito ambiental: uma descrição da problemática do município de Mossoró, RN - Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 2, p. 281–290, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1982-45132013000200006>

**Revista da Academia de Ciências do Piauí, Volume 2, Número 2, p.105 – 122, Janeiro/Junho, 2021. ISSN: 2675-9748 DOI:10.29327/261865.2.2-8**

Lizandro Pereira de ABREU, Reurysson Chagas de Sousa MORAIS & Renata Ellen Carvalho dos SANTOS

SENA, C. A. P.; FRANÇA, J. R. A.; PERES, L. F. Study of Heat Islands in The Metropolitan Area of Rio de Janeiro Using Data from MODIS. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 37, n. 2, p. 111, 2014. Disponível em: [https://doi.org/10.11137/2014\\_2\\_111\\_122](https://doi.org/10.11137/2014_2_111_122)

SOUZA, L. C. L. de. Ilhas de calor. **Jornal Unesp**, v. 18, n. 186, 2004.

TEIXEIRA, D. C. F. **O clima urbano de Rancharia (SP)**. 2015. 217 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/132057>. Acesso em: 20 jul. 2021.

TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. de C. T. Ilhas de calor: representações espaciais de cidades de pequeno porte por meio de modelagem. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, v. 21, n. 1, p. 239, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2017.113406>

TEOBALDO NETO, A.; AMORIM, M. C. de C. T. Ilha de Calor Urbana e desconforto térmico: uma análise episódica em Cuiabá/MT. *In: Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento. [S. l.]: INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - UNICAMP*, 2017. p. 1492–1506. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2059>

USGS. UNITED STATE GEOLOGICAL SURVEY. **Landsat 8 Collection (C2), Level 2, Science Product ( L2SP ) Guide**. Sioux Falls, South Dakota: Department of the Interior U.S. Geological Survey, 2020. Disponível em: <https://www.usgs.gov/media/files/landsat-8-collection-2-level-2-science-product-guide>. Acesso em: 17 jun. 2021.

WANG, Q.; ZHANG, C.; REN, C.; HANG, J.; LI, Y. Urban heat island circulations over the Beijing-Tianjin region under calm and fair conditions. **Building and Environment**, v. 180, p. 107063, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107063>