



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**ELIOMARA LEITE MEIRA GOMES**

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE  
TERRESTRE (TST) NO PERÍODO DE 1997 A 2020 COMO SUBSÍDIO PARA O  
ESTUDO DO CLIMA URBANO DE MARACANAÚ-CE**

**FORTALEZA**

**2020**

ELIOMARA LEITE MEIRA GOMES

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE  
TERRESTRE (TST) NO PERÍODO DE 1997 A 2020 COMO SUBSÍDIO PARA O  
ESTUDO DO CLIMA URBANO DE MARACANAÚ-CE

Trabalho de Conclusão de curso  
apresentado ao Curso de Geografia  
Bacharelado da Universidade Federal do  
Ceará, como requisito parcial à obtenção  
do título de Bacharel em Geografia. Área  
de concentração: Climatologia Urbana.

Orientador: Profa. Dra. Marta Celina  
Linhares Sales.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

G613a Gomes, Eliomara Leite Meira.

Análise do comportamento da Temperatura de Superfície Terrestre (TST) no período de 1997 a 2020 como subsídio para o estudo do clima urbano de Maracanaú-CE / Eliomara Leite Meira Gomes. – 2020. 35 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Geologia, Fortaleza, 2020.

Orientação: Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales.

1. Clima urbano. 2. Temperatura superficial. 3. Urbanização. 4. Geoprocessamento. I. Título.

CDD 551

---

ELIOMARA LEITE MEIRA GOMES

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE  
TERRESTRE (TST) NO PERÍODO DE 1997 A 2020 COMO SUBSÍDIO PARA O  
ESTUDO DO CLIMA URBANO DE MARACANAÚ-CE

Trabalho de Conclusão de curso apresentado  
ao Curso de Geografia Bacharelado da  
Universidade Federal do Ceará, como  
requisito parcial à obtenção do título de  
Bacharel em Geografia. Área de  
concentração: Climatologia Urbana.

Aprovada em: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dra. Francisca Mairla Gomes Brasileiro  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Me. José Augusto da Silva Neto  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, José de Anchieta Meira  
Gomes e Maria do Socorro Leite Meira  
Gomes.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeira a minha orientadora Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales por acreditar no meu potencial e me ajudar na elaboração do meu trabalho de conclusão. Suas considerações e conhecimentos foram de suma importância para a concretização desse trabalho.

Quero agradecer a Francisca Mairla Gomes Brasileiro e José Augusto da Silva Neto pela por compor a minha banca e a seus apontamentos e conselhos me ajudaram no aperfeiçoamento deste trabalho.

Agradeço aos meus pais José de Anchieta Meira Gomes e Maria do Socorro Leite Meira Gomes por ter me dado o suporte necessário para conseguir concluir esses quatro anos no curso.

Em relação aos meus amigos, agradeço aqueles que sempre tiveram ao meu lado nesses quatro anos: Cleiciane, Beatriz, Guaracy, Ana Beatriz, Davi, Felipe Júlio, Michele, entre outros da turma Monólitops Amarelos.

Por fim, quero agradecer aos meus psicólogos da PRAE, em especial a Flora, Carla, Pedro e ao Davi por me acompanhar nessa jornada, sem o suporte de vocês tenho certeza que não teria concluído isso tudo.

## RESUMO

Maracanaú é um dos municípios da região metropolitana de Fortaleza que vem se modificando devido as mudanças no espaço geográfico e na infraestrutura urbana em consequência da instalação dos Distritos Industriais e dos conjuntos habitacionais, resultando assim em alterações em seu clima local. O presente artigo teve por objetivo contribuir com os estudos do clima urbano do município de Maracanaú-CE, buscando analisar a relação da intensidade de urbanização com o comportamento térmico superficial. A metodologia utilizada baseou-se em um suporte teórico e metodológico de trabalhos com temática semelhante e posterior produção de mapas temáticos de temperatura superficial, NDVI e Uso e Ocupação do solo, tendo como recorte temporal o período entre 1997 a 2020. Analisando o resultado dos mapas trabalhados observou-se que o aumento da temperatura, a cobertura vegetal e o uso e ocupação estão estritamente relacionadas a expansão do setor imobiliário e industrial já que esse induz a supressão da cobertura vegetal, aumentando consideravelmente os valores termiais.

**Palavras-chave:** Clima Urbano. Geoprocessamento. Temperatura Superficial. Urbanização.

## ABSTRACT

Maracanaú is one of the municipalities in the metropolitan region of Fortaleza that has been changing due to changes in geographic space and urban infrastructure as a result of the installation of Industrial Districts and housing estates, resulting in changes in its local climate. This article aimed to contribute to the studies of the urban climate in the municipality of Maracanaú-CE, seeking to analyze the relationship between the intensity of urbanization and the surface thermal behavior. The methodology used was based on a theoretical and methodological support of works with a similar theme and subsequent production of thematic maps of surface temperature, NDVI and Land Use and Occupation, with the period between 1997 and 2020 as the time frame. Analyzing the result of the worked maps, it was observed that the increase in temperature, the vegetation cover and the use and occupation are strictly related to the expansion of the real estate and industrial sector since this induces the suppression of the vegetation cover, increasing considerably the thermal values.

**Keywords:** Urban Climate. Geoprocessing. Surface Temperature. Urbanization.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de Localização do Município de Maracanaú .....	16
Figura 2 – Efeito Regulador da vegetação .....	19
Figura 3 – Imagem aérea de Maracanaú .....	25
Figura 4 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Município de Maracanaú .....	26
Figura 5 – Mapa de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada do Município de Maracanaú .....	29
Figura 6 – Mapa da Temperatura de Superfície Terrestre de Maracanaú .....	30
Figura 7 – Pontos de maior variação de temperatura no município de Maracanaú em 2020 .....	31

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Capacidade de Armazenamento (CAD) e Armazenamento (ARM) mensal .....	33
---	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Precipitação Média Anual do Município de Maracanaú nos anos de 1997- 2020 .....	32
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAD	Capacidade de Água Disponível
CE	Ceará
CEASA	Central de Abastecimento do Ceará S/A
DI 2000	Distrito Industrial 2000
DIF I	Distrito Industrial de Fortaleza I
DIF III	Distrito Industrial de Fortaleza III
DN	Níveis de Cinza
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
SWIR	Infravermelho de ondas curtas
TST	Temperatura de Superfície Terrestre
UFC	Universidade Federal do Ceará
USGS	Serviço Geológico dos Estados Unidos

## LISTA DE SÍMBOLOS

+	Adição
°C	Celsius
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
=	Igual
<b>K</b>	Kelvin
$\lambda$	Lambda
>	Maior que
<	Menor que
<b>M<sup>2</sup></b>	Metro Quadrado
$\mu$	Mi
<b>mm</b>	Milimetro
*	Multiplicação
%	Porcentagem
-	Subtração

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2</b>	<b>REFERÊNCIAL TEÓRICO</b> .....	17
<b>2.1</b>	<b>Clima no espaço urbano e ilhas de calor</b> .....	17
<b>2.2</b>	<b>Processo de Urbanização de Maracanaú</b> .....	19
<b>2.3</b>	<b>Sensoriamento Remoto como Suporte no estudo de Temperatura de Superfície Terrestre</b> .....	20
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	21
<b>3.1</b>	<b>Estimativa da Temperatura de Superfície Terrestre (TST)</b> .....	23
<b>3.2</b>	<b>Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)</b> .....	24
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	33
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	35

## 1 INTRODUÇÃO

As áreas urbanas são consideradas grandes modificadores do clima local devido às intensas atividades humanas ali exercidas, estas modificações são resultante das relações e repercussões da sociedade no espaço geográfico ao longo do tempo e sua transformação está intrinsecamente ligada com a heterogeneidade dos mais diversos usos do solo.

As cidades apresentam os maiores contingentes populacionais e em decorrência disso há modificações no consumo e demanda por novos serviços da população. Com o aumento desse contingente, o crescimento das cidades se torna resultado de processos antrópicos de ocupação do solo de modo exponencial e, portanto, estes produzem alterações nos fluxos de calor da superfície. Fatores como a diminuição da cobertura vegetal, poluição oriunda de gases jogados na atmosfera, tipos de materiais utilizados na construção civil, relevo e localização são capazes de influenciar o clima urbano.

Monteiro (1976) afirma que, algumas dessas alterações estão ligadas ao conforto térmico, a qualidade do ar e aos impactos pluviais capazes de desorganizar a vida social e comprometer a qualidade da vida dos habitantes.

Uma das principais características do clima urbano é o aumento da temperatura do ar e conseqüentemente, a formação de ilhas de calor. Para Ayoade (1996), o conforto fisiológico do homem é determinado principalmente pela temperatura, pelo vento e umidade. Todos esses elementos (temperatura, vento, umidade) se inter-relacionam e causam mudanças no comportamento dentro de um sistema.

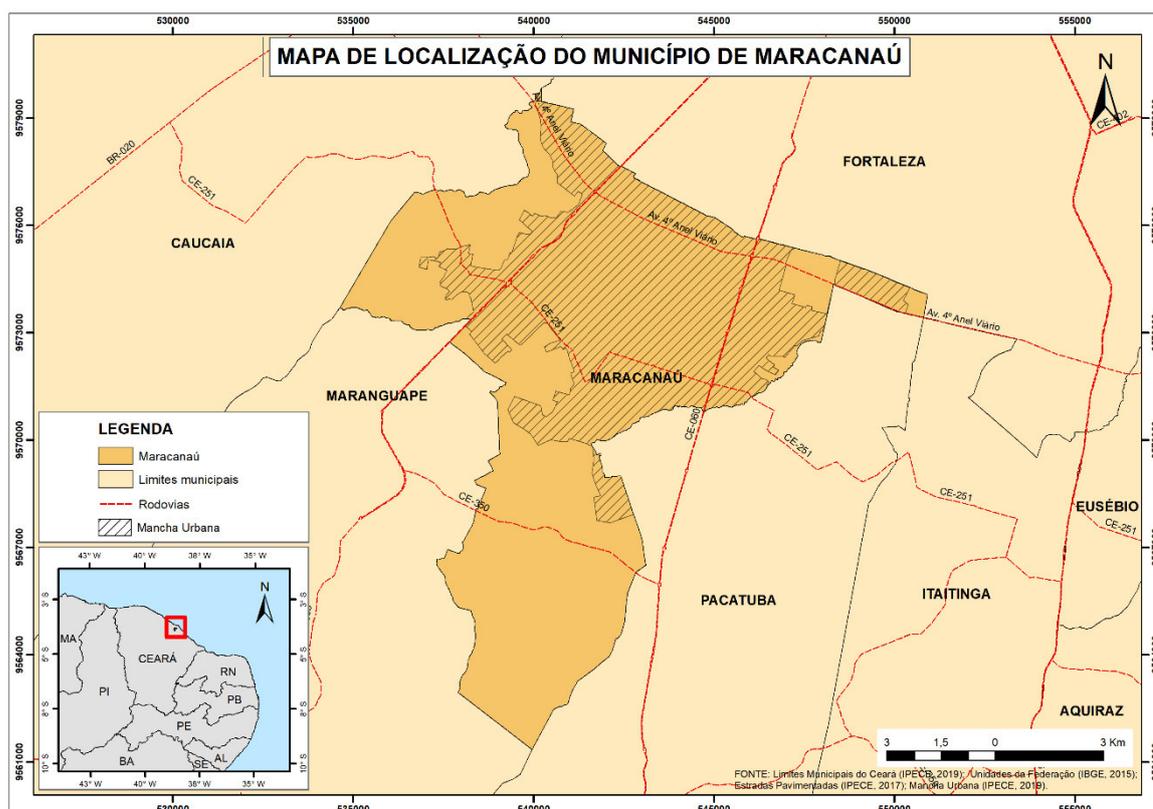
Alguns estudos brasileiros sobre a climatologia urbana, como é caso de Gomes & Amorim (2003), sugerem que o comprometimento do nível do conforto térmico e da qualidade do ar no meio urbano é consequência do aumento do processo de degradação do solo e, portanto, das paisagens naturais. Sendo assim, com a evolução desses estudos relacionados ao clima urbano, houve o aprimoramento das técnicas e coletas de dados e como Dorigon e Amorim (2017) afirmam, com a disponibilização de imagens satélite de forma gratuita, com periodicidade desde a década de 1980 e com qualidade os estudos de clima urbano que se utilizam desses dados vem aumentando e se destacando.

O uso de geotecnologias, com ênfase o sensoriamento remoto tem sido uma metodologia bastante utilizada na identificação de áreas de risco, estudos geológicos e geomorfológicos, crescimento urbano e no estudo do conforto térmico associado ao clima urbano. Neste contexto é possível encontrar vários estudos que fazem o uso de imagens termais para o estudo do clima urbano e conforto térmico: Liu (2006), Jensen (2009),

Nascimento (2011), etc. Muitos se utilizam da abordagem metodológica desses autores para documentar os efeitos de ilhas de calor urbanas, assim como extrair informações de temperatura da superfície de distintos materiais.

Desse modo, devido à importância e carência de estudos que envolvam a relação da ação antrópica na alteração do campo térmico superficial do município de Maracanaú, se faz necessário um trabalho que aborde mais esses aspectos. O município de Maracanaú faz parte dos 19 municípios que integram a Região Metropolitana de Fortaleza. Foi marcado por um rápido crescimento populacional que se intensificou durante a década 1960, quando houve uma inversão nos fluxos migratórios, impulsionados pela descentralização industrial da capital Fortaleza, com a construção de Conjuntos Habitacionais e instalação do Distrito Industrial de Fortaleza I, que promoveram intensos fluxos demográficos e econômicos. Provocando mudanças que afetaram também o clima local a partir do crescimento urbano e da diminuição de áreas de vegetação.

Figura 1 – Mapa de Localização do Município de Maracanaú



Fonte: Elaborado pela autora (2020)

Maracanaú (Figura 01) anteriormente distrito de Maranguape, foi elevado à categoria de município em 1983 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e inserido na Região Metropolitana de Fortaleza em 1986, com a lei federal LCF nº 52/1986 (Instituto de

Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 2015). Segundo os dados do IBGE, Maracanaú possui uma área de 105,071 km<sup>2</sup> e uma população estimada de 227.886 habitantes no ano de 2019. Com relação aos aspectos climáticos o município possui um clima tropical quente subúmido e clima tropical quente úmido com pluviosidade média anual de 1.399,9mm e temperaturas médias que variam de 26°C a 28°C (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE, 2017).

O processo de urbanização e industrialização do município de Maracanaú, na medida que se constitui um excelente indicador do nível de desenvolvimento alcançado, também abrange problemas relacionados com a degradação geral do meio urbano e alteração da qualidade de vida da população local. Observa-se um nível de desenvolvimento urbano acelerado não compatível com a preservação do meio ambiente. Com o aumento da urbanização e a modernização das cidades (construção de edificações, ruas asfaltadas, além das características dos tipos de materiais usados nessas construções, etc), a tendência é a substituição dos espaços verdes por espaços construídos, que afetam os elementos climáticos, e por consequência alteram o clima em escala local.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo contribuir com os estudos do clima urbano do município de Maracanaú-CE, buscando analisar a relação dos diversos tipos de uso e intensidade de urbanização com o comportamento térmico superficial. Utilizando-se de técnicas de geoprocessamento para a análise da temperatura superficial de imagens termais dos anos 1997, 2000, 2004, 2014, 2017 e 2020. A expectativa é oferecer suporte às estratégias (ambientais, bioclimáticas etc.) que contribuam para o planejamento habitacional, urbano e ambiental da cidade.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Clima no espaço urbano e ilhas de calor**

Na urbe as características climáticas locais são alteradas significativamente pelo processo de urbanização, assim em virtude disso o clima acaba ganhando características próprias. Para Ayoade (1996, p.288) “o clima e as variações climáticas exercem grande influência sobre a sociedade”, essas influências são dadas pelos elementos como a vegetação e a própria dinâmica da sociedade.

Romero (2000) considera que os elementos climáticos, isto é, aqueles que representam os valores relativos a cada tipo de clima, tais como a temperatura, a umidade do ar, as precipitações e os movimentos do ar, são condicionados e determinados por fatores

climáticos, que podem ser divididos em fatores globais (radiação solar, altitude, latitude, ventos, massas de água e terra) que dão origem ao clima nos seus aspectos macros ou mais gerais e fatores locais (topografia, vegetação e superfície do solo) que dão origem ao um microclima, ou seja, um clima que se verifica num ponto restrito (cidade, bairro, rua etc.).

No que diz respeito ao Clima urbano, Monteiro e Mendonça (2011, p.19) afirma que “o clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”. Nesta perspectiva, Lombardo (1985, p.22) conceitua o clima urbano e ressalta que

[...] a intensidade da urbanização, expressa em termos de espaço físico constituído, altera significativamente o clima, sendo evidente que tais alterações variam de cidade para cidade em virtude da intensidade do uso do solo, processo de crescimento urbano e das características geoecológicas do lugar.

Para Gartland (2010) as superfícies urbanas são mais propensas a absorver calor que as superfícies rurais, já que elas em sua maioria são compostas por materiais escuros e suas construções tendem a criar cânions onde a energia reflete o calor. A autora também afirma que um outro fator para que as superfícies urbanas sejam mais quentes é que os materiais nas áreas urbanas são mais resistentes a água, ou seja há um aumento das superfícies impermeáveis e com isso uma diminuição da vegetação e por consequência uma redução da evaporação da água da chuva que é transportada através de canalização, aumentando assim o armazenamento de calor.

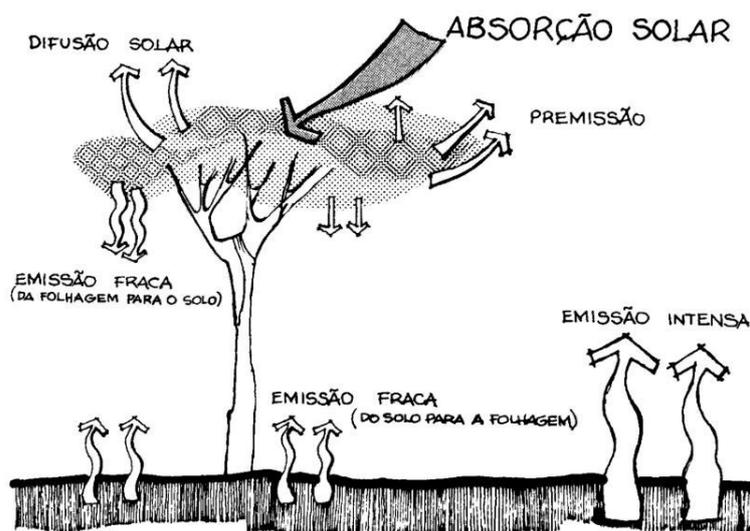
Sendo assim, as condições de temperatura em escala local, são influenciadas, sobretudo, pela morfologia urbana. Gartland (2010) diz que a formação de ilhas de calor e desconforto térmico são favorecidos pelo fato de que algumas superfícies armazenam e irradiam muito calor.

O fenômeno conhecido como ilhas de calor é formado pela desproporção do balanço de energia do ambiente urbano e rural. “O armazenamento de calor no espaço construído associado à pequena perda de calor por evaporação não faz com que o balanço final entre as perdas e os ganhos no ambiente seja nulo, criando condições para a formação de ilhas de calor (...)” (AMORIM, 2000, p.28). Suas características estão associadas com a estrutura da cidade, com o tamanho, uso do solo e sua densidade e com as influências externas do clima. Esse fenômeno é potencializado quando as cidades não apresentam elementos que amenizam os seus efeitos.

A cobertura vegetal podem ser um grande mitigador, por exemplo, e tendem a diminuir o desconforto térmico e estabilizar os efeitos do clima sobre seus arredores.

Gartland afirma que, “árvores e vegetação trazem muitos benefícios às comunidades, inclusive a melhoria do conforto, redução de consumo de energia, retirada de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) do ar, redução da poluição do ar e redução de enchentes.” (GARTLAND, 2010, p.136).

Figura 2 – Efeito regulador da Vegetação



Fonte – Romero (2000, p. 13)

Para alguns autores como Romero (2000) e Gartland (2010) a vegetação controla as ilhas de calor e melhoram o conforto térmico, produzindo um sombreamento e se transformando em um bom condutor térmico natural. Um simples espaço gramado é capaz de absorver maior quantidade de radiação solar e de irradiar uma menor quantidade de calor, já que a planta se utiliza da energia absorvida para o metabolismo dela mesma (Figura 2).

## 2.2 Processo de Urbanização em Maracanaú

Em 1986, Maracanaú passou a ser o local do primeiro “pólo industrial” se transformando no Distrito Industrial de Fortaleza I (DIF I). Segundo Almeida (2005, p. 08),

Junto com o DIF e os conjuntos habitacionais, a instalação da CEASA (Central de Abastecimento do Ceará S/A) em 1971 contribuiu para o aumento do fluxo de pessoas, de mercadorias, de capital, mudando por completo a estrutura espacial e socioeconômica do município, que passou a sofrer, a partir de então, um crescimento acelerado.

Atualmente, o município possui cinco distritos industriais: o Distrito Industrial de Fortaleza I (DIF I), o Distrito Industrial de Fortaleza III (DIF III), o Distrito Industrial 2000 (DI 2000), Distritos Industrial do Alto Alegre II e o Distrito Industrial de Piratininga. Em

Maracanaú a atividade industrial se torna determinante na dinâmica social e econômica do município. Para Cajazeira (2012, p.73) “O Distrito reúne mais de 100 empresas de diversas áreas de atuação, como as têxteis, metalurgia e mecânica, papel e papelão, material elétrico, química, vestuário e calçados, e serviços de construção.”

Com a crescente transformação no município, instalou-se lojas e equipamentos comerciais e de serviços bem estruturados, assim também houve a construção do North Shopping Maracanaú, como um equipamento para suprir as necessidades do crescente adensamento demográfico. Nas proximidades do shopping há a concentração de três dos bairros mais populosos de Maracanaú, os conjuntos Jereissati I e II e o conjunto Timbó. Esses bairros são “encaixados entre a área central e a zona industrial, estes bairros apresentam um aglomerado de habitações que muito diferem da sua concepção original, isto é, de conjunto habitacional.” (SOUSA NETO, 2010, p.31) Esses locais possuem poucas áreas verdes, no máximo pode-se observar poucas praças para que a população possa usufruir.

O processo de urbanização majoritariamente dá-se de forma desigual e segregada e afeta a formação do clima urbano, já que este acompanha o crescimento urbano. Alguns locais são expostos e estes possuem efeitos mais evidentes do que outros. Segundo Machado e Jardim (2014, p. 130),

O processo de expansão urbana do tecido urbano nas metrópoles brasileiras resulta comumente na produção de espaços socialmente segregados que, muitas vezes, concentram as maiores taxas de adensamento populacional e de impermeabilização do solo da cidade e criam peculiaridades do ponto de vista climático.

Desta forma, entende-se que o processo de urbanização gera modificações no quadro natural que podem acarretar diversos problemas ambientais, e por este motivo, é possível observar que há ampla necessidade de um planejamento eficiente que considere o crescimento e a ocupação da cidade.

### **2.3 Sensoriamento Remoto como suporte no estudo de Temperatura de Superfície Terrestre**

As Geotecnologias possibilitam, por meio de suas técnicas e ferramentas, que temas importantes para o conhecimento da realidade do espaço geográfico sejam representados em forma de mapas, sendo eles a delimitação de usos do solo, mapeamento do clima urbano, riscos naturais, áreas de preservação, infraestrutura, cadastro das áreas urbanas e rurais,

monitoramento de impactos ambientais e diversas outras temáticas que devem ser consideradas para a gestão do espaço urbano e rural. “Nos estudos de clima urbano, o uso do sensoriamento remoto tem experimentado crescimento nas últimas décadas, principalmente na análise de anomalias térmicas como as ilhas de calor.” (BARBOSA e VECCHIA, 2009, p.273)

Neste trabalho se destaca umas das principais aplicações do sensoriamento remoto no estudo de clima urbano está ligado em examinar as relações entre a estrutura espacial dos padrões térmicos urbanos e as características da superfície urbana, “[...] além de permitir um maior grau de detalhamento e uma visão espacial das temperaturas da superfície de uma determinada região com o seu entorno” (DORIGON e AMORIM, 2017). Conforme Almeida et al. (2015), “o sensoriamento remoto se torna extremamente útil para a compreensão destes processos, a partir da análise espaço-temporal na mudança do uso e cobertura do solo em relação à temperatura e emissividade na superfície” (ALMEIDA et al, 2015).

Segundo Goward (1981 apud NASCIMENTO, 2011) “a temperatura superficial terrestre é dada em função do albedo, da emissividade, da propriedade termal do material usado nas construções urbanas e da estrutura da cobertura urbana”. Assim, Amorim et al. (2009, p.66) analisaram que, “as imagens de satélite podem também ajudar a compreender a distribuição das fontes de calor dentro de uma área urbana que levam à formação das ilhas de calor urbanas.”

Nesta perspectiva do campo térmico, podemos associar dados de termografia da superfície terrestre com índices de vegetação. Lima e Amorim (2011), afirmam que a temperatura de superfície pode ser comprovada usando técnicas de mapeamento da vegetação, como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), “[...]indicando também que a vegetação assume grande importância para o clima urbano, conforto térmico e qualidade ambiental.” (LIMA e AMORIM, 2011, p.1034).

O uso de técnicas para estimar a temperatura do ar por meio da Temperatura de Superfície Terrestre (TST), que considera a densidade de construções e o uso do mapeamento do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) se mostra como um importante recurso para observar o quanto uma variável pode interferir ou influenciar outra variável.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

Para o desenvolvimento desta pesquisa, realizou-se uma pesquisa bibliográfica em buscando trabalhos que tratavam a temperatura da superfície terrestre através do

processamento de imagens de satélites. Desta forma, buscou-se trabalhos acadêmicos, como monografias/dissertações/teses que tratavam diretamente do estudo das ilhas de calor, além de livros publicados, periódicos online e trabalhos publicados e apresentados em eventos científicos sobre o clima e de sensoriamento remoto.

Foi desenvolvido um banco de dados com informações relevantes ao assunto, como a análise da construção urbana do Município de Maracanaú bem como suas características históricas, ambientais, econômicas e estruturais. Essas informações foram encontradas em sites da Prefeitura Municipal de Maracanaú, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), entre outros.

Utilizou-se imagens do satélite Landsat, obtidos junto ao Earth Explorer portal de dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) acesso feito pelo endereço <https://earthexplorer.usgs.gov/>. As imagens escolhidas são referentes aos satélites Landsat 5 e 8, optou-se por esses satélites por sua disponibilidade temporal favorável a esta investigação. Com elas foram elaborados mapas de Temperatura Superficial Terrestre (TST), Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e Uso e Ocupação do Solo.

As imagens correspondentes ao Landsat 5, sensor TM, se utilizou as bandas 3, 4, 5 e 6 (bandas do vermelho, infravermelho próximo, infravermelho médio (SWIR) e infravermelho termal), já as imagens do Landsat 8 que apresenta os sensores TIRS e OLI, foram utilizadas as bandas a 4, 5, 6 e 10 (bandas do vermelho, infravermelho próximo, infravermelho médio (SWIR) e infravermelho termal 1), na órbita 217/63, do município de Maracanaú. Buscou-se avaliar os anos 1997, 2000, 2004, 2014, 2017 e 2020 sendo as imagens referentes aos meses de julho (anos de 1997, 2004 e 2014) e agosto (anos de 2000, 2017, 2020), período de menor cobertura de nuvens na região analisada.

O software ArcGis 10.4.1, foi utilizado para o processamento de dados e para a realização dos cálculos de TST e NDVI. Em seguida realizou-se a classificação supervisionada, pelo método da máxima verossimilhança para cada uma das composições coloridas, onde foram definidas as amostras, por meio de polígonos que representam cada uma das classes de uso e ocupação do solo, conforme a tonalidade dos alvos identificados, sendo assim divididos em cinco classes: Água, Vegetação, Residencial, Industrial e Solo Exposto. Assim, a cada classe foi associada uma cor que a caracterize e diferencie das demais, deste modo, a aquisição das amostras foi considerada adequada e a classificação foi

aceita como representativa.

Por último, utilizou-se o software Celina para estimativas de temperatura médias mensais e também a planilha de Balanço Hídrico, usando o método de Thornthwaite e Mather (1955) elaborado por Glauco de Souza Rolim e Paulo César Sentelhas do Departamento de Física e Meteorologia ESALQ/USP (1999) para elaboração do gráfico de Armazenamento de Água no Solo. Para esta etapa, foram necessários os dados mensais de temperatura média do ar, média mensal de precipitação pluviométrica, coordenadas geográficas, altitude e CAD (Capacidade de Água Disponível), esta define o armazenamento máximo de água no solo, a qual foi adotada o valor de 165 mm para Maracanaú (FUNCEME, 2001). Com estas informações básicas, o balanço hídrico permite deduzir a evapotranspiração real, a deficiência ou o excedente hídrico e o total de água retida no solo ao longo do ano.

### 3.1 Estimativa da Temperatura de Superfície Terrestre (TST)

O cálculo da TST se iniciou com o uso dos parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza da imagem (DN) para radiância, depois para temperatura Kelvin, a equação 1 conforme Sospedra et al. (1998 apud SOUZA & SILVA, 2005), possibilita o cômputo da temperatura de brilho através da equação de Planck, A radiância espectral registrada pelo satélite é obtida pela conversão do nível de cinza (DN), com variação entre 0 e 255. Já as equações 2, 3 e 4 estão fundamentadas e disponibilizadas no Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2020).

#### a) Transformação de Número Digital (ND) e Radiância Espectral no Landsat 5

$$L_{\lambda} = \left( \frac{L_{máx\lambda} - L_{min\lambda}}{Q_{cal máx} - Q_{cal min}} \right) * (Q_{cal} - Q_{cal min}) + L_{min\lambda} \quad (1)$$

Onde:

$L_{\lambda}$  = Radiância espectral;

$Q_{cal}$  = Valor quantizado e calibrado do pixel em nível de cinza (DN);

$Q_{cal min}$  = Valor mínimo do pixel em níveis de cinza (DN=1);

$Q_{cal máx}$  = Valor máximo do pixel em níveis de cinza (DN=255);

$L_{min\lambda}$  = Radiância espectral mínima;

$L_{máx\lambda}$  = Radiância espectral máxima.

#### b) Transformação de Número Digital (ND) e Radiância Espectral no Landsat 8

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad (2)$$

Onde:

$L_\lambda$  = Radiância espectral ( $W/ m^2 \cdot sr \cdot \mu m$ );

$M_L$  = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04;

$Q_{cal}$  = Valor quantizado e calibrado do pixel em nível de cinza (DN);

$A_L$  = Fator aditivo de redimensionamento da banda (0.1000) = Imagem banda 10.

### c) Transformação de radiância em Kelvin no Landsat 5 e 8

$$T_b = \left( \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda}\right) + 1} \right) \quad (3)$$

Onde:

$K_1$  = Constante de calibração (Landsat 5 (607,76); Landsat 8 (774.8853));

$K_2$  = Constante de calibração (Landsat 5 (1260,56); Landsat 8 (1321.0789));

$T_b$  = Temperatura da superfície;

As temperaturas resultantes foram convertidas para graus Celsius ( $^{\circ}C$ ) com a subtração do valor da temperatura do ponto de congelamento da água ao nível do mar, que equivale a 273,15 K.

$$T_b = T_b - 273.15 \text{ (Conversão de Kelvin para Celsius)}. \quad (4)$$

### 3.2 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

O NDVI envolve a reflectância nas frequências eletromagnéticas do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético, e para sua determinação foi utilizada a seguinte Equação 5 conforme Shimabukuro et al. (1998):

$$NDVI = \frac{p_{IV} - p_V}{p_{IV} + p_V} \quad (5)$$

Onde:

$p_{IV}$  é a reflectância no infravermelho próximo;

$p_V$  é a reflectância no vermelho.

O NDVI conforme proposição de Rouse et al. (1973) normaliza a razão simples para o intervalo de -1 a +1, onde as áreas de vegetação mais intensa aproximam-se dos patamares superiores.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em Maracanaú, houve o aumento do processo da retirada da cobertura vegetal e com as instalações industriais fez-se necessário a impermeabilização do solo gerando maior circulação de veículos e a concentração de uma série de equipamentos urbanos. O material

utilizado nas construções provoca mudanças no balanço de radiação, afetando consequentemente as características do sítio urbano local, como também os valores de temperatura, gerando ambientes climáticos desconfortáveis para a população ali residente.

Ao concentrar-se no espaço urbano de Maracanaú, notou-se que a área central (figura 3) e suas proximidades não apresentaram mudanças significativas (Figura 4), ou seja, estas áreas são espaços consolidados e evidenciaram os mesmos padrões de usos e coberturas baseados nas classes “Residencial, Industrial” nas proximidades do centro e “Residencial” no centro da cidade. As áreas afastadas do centro apresentaram as maiores distinções quando comparados os períodos, em consequência da expansão urbana baseada principalmente na criação de empreendimentos habitacional.

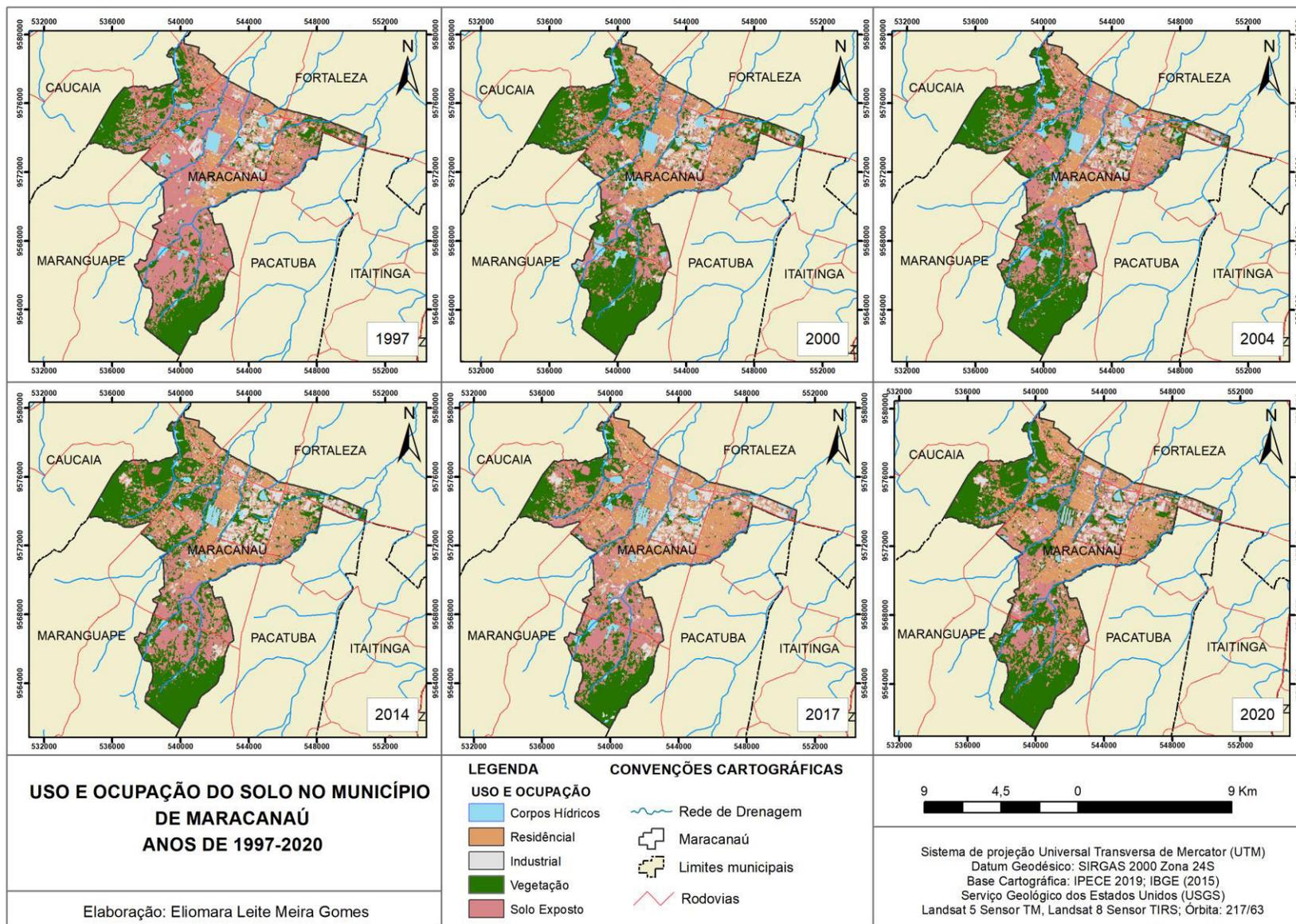
Figura 3 – Imagem aérea de Maracanaú



Fonte: Wylame Sousa (2017)

Além dos conjuntos habitacionais, Maracanaú também vem recebendo muitos incentivos privados e novos loteamentos particulares surgem a cada ano. Atribui-se isto ao crescimento da importância das cidades médias na rede urbana brasileira, que são procuradas por possuírem praticamente todos os serviços necessários à população e especificamente, em Maracanaú, a contribuição da indústria têxtil e de tintas são, atualmente, as duas grandes atividades que impulsionam o crescimento do município.

Figura 4 – Mapa do Uso e Ocupação do Solo do Município de Maracanaú



Fonte: Elaborado pela autora (2020)

Analisando a carta do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) (Figura 5), é possível observar uma certa relação com a temperatura superficial. No ano de 1997 nota-se que nas áreas serranas e aquelas de vegetação associada aos corpos hídricos apresentam-se com o valor máximo de densidade vegetacional na classificação feita, que é o maior que 0,50. Em relação aos anos de 2000, 2004 é possível notar que o ano de 1997 apresenta-se como um ano mais seco e por isso há a predominância de locais com índice de vegetação entre 0,21 e 0,40.

Para os anos de 2000 e 2004, o NDVI (Figura 5) se apresentou com índices de maiores vegetação (0,41-0,50 e  $> 0,50$ ) nas áreas serranas, próximas aos corpos hídricos e entre as serras de Maranguape e a Aratanha. Enquanto na área urbana é possível notar que o índice varia entre 0,21 e 0,40. Já nos anos de 2014 e 2017, assim como apresentado no mapa de TST, houve a elevação da temperatura e por consequência podemos notar que o NDVI apresenta baixos índices de vegetação (-0,07 e 0,40). No ano de 2020 (Figura 5) é possível perceber que o índice ainda se apresenta com baixos níveis de vegetação (-0,07 e 0,40), mas que há o aparecimento de mais manchas com índices entre 0,41 e 0,50.

As imagens de temperatura de superfície terrestre (TST) evidenciam uma grande variação da temperatura durante o período analisado. A Figura 6 mostra a variação da temperatura de superfície para o município de Maracanaú nos meses de julho e agosto dos anos de 1997 a 2020. Os valores de TST foram divididos em escalas de cores para facilitar a análise, apresentando as seguintes tonalidades: azul ( $< 22^{\circ}\text{C}$ ), verde ( $22,1$  a  $25,0^{\circ}\text{C}$ ), amarelo ( $25,1$  a  $27,0^{\circ}\text{C}$ ), alaranjado ( $27,1$  a  $29,0^{\circ}\text{C}$ ) e vermelho ( $> 29^{\circ}\text{C}$ ).

A análise visual da carta de temperatura de superfície terrestre para o ano de 1997 (Figura 6) indica a predominância das faixas de temperatura superficiais médias ( $25,1$  e  $27,0^{\circ}\text{C}$ ), apenas pequenas porções do território municipal apresenta faixas amenas de temperatura ( $<22$  a  $25,0^{\circ}\text{C}$ ). Por meio do uso da imagens observadas no Google Earth e através de composições coloridas obtidas a partir das bandas ópticas Landsat 5, foi possível observar que, em geral, áreas de vegetação densa a média, apresentam temperaturas menores que  $22^{\circ}\text{C}$  e  $25,0^{\circ}\text{C}$ , enquanto para a área urbana, foram registrados valores entre  $25,1^{\circ}\text{C}$  e  $27,0^{\circ}\text{C}$  com algumas manchas com temperaturas acima de  $27,1^{\circ}\text{C}$ .

Analisando a TST para os anos de 2000 e 2004 (Figura 6) podemos observar que a área central possui faixas de temperatura superficiais médias ( $25,1$  e  $27,0^{\circ}\text{C}$ ), observa-se também que em 2000 essa faixa começa a ter uma diminuição de área comparada a de 1997 e em 2004 há uma maior faixa de áreas amenas de temperatura ( $<22$  a  $25,0^{\circ}\text{C}$ ). As áreas de

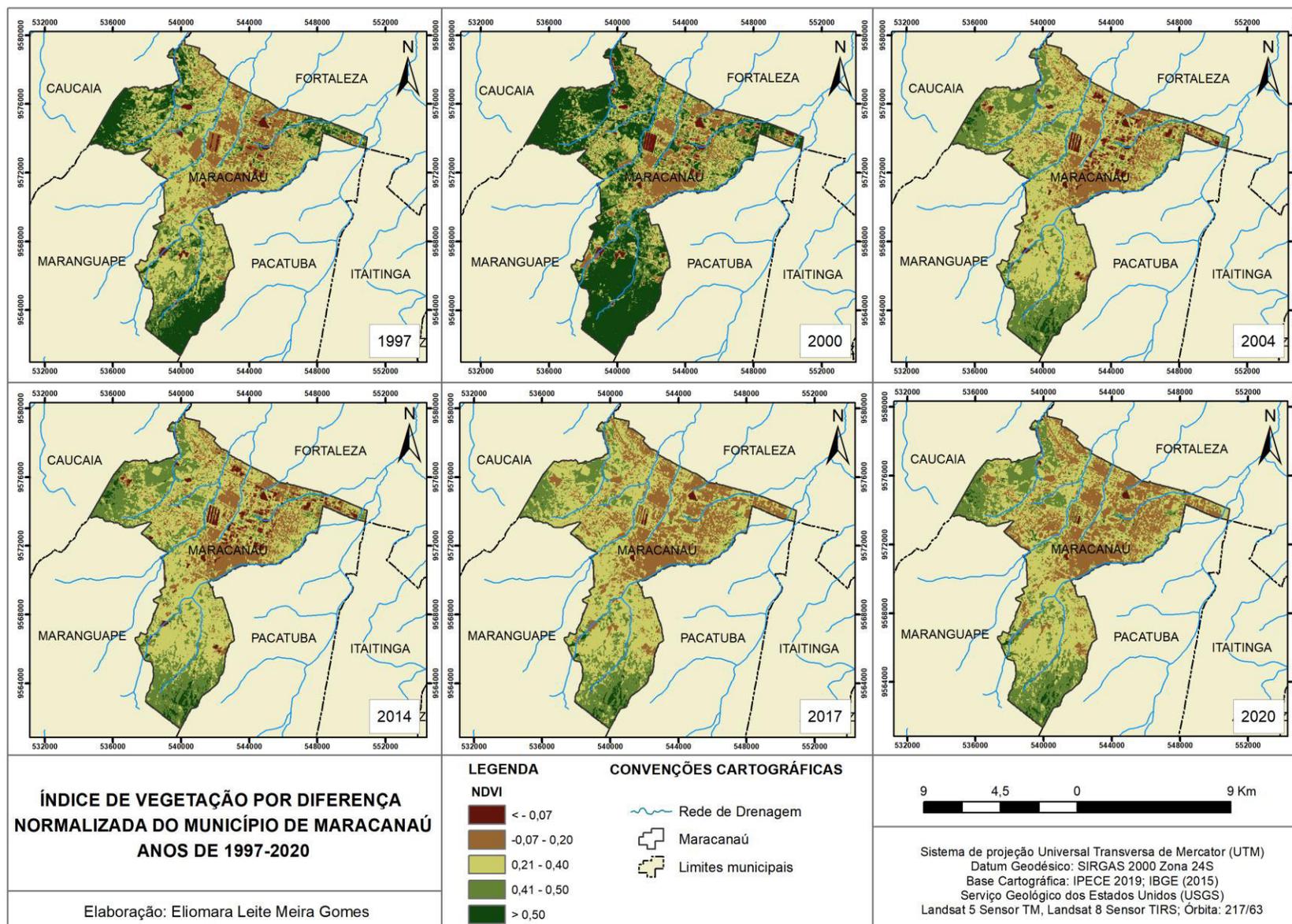
vegetação densa a média, continuam a apresentar temperaturas menores que variam de  $<22^{\circ}\text{C}$  e  $25,0^{\circ}\text{C}$ , enquanto para a área urbana, foram registrados valores entre  $25,1^{\circ}\text{C}$  e  $27,0^{\circ}\text{C}$  com pouquíssimas manchas com temperaturas de acima de  $27,1^{\circ}\text{C}$ .

Já no ano de 2014 (Figura 6), nota-se que é um ano mais quente, temperaturas superficiais médias ( $27,1$  e  $> 29^{\circ}\text{C}$ ). Nas áreas de vegetação densa as médias diminuíram consideravelmente, apresentando temperaturas menores que variam de  $22,1^{\circ}\text{C}$  e  $25,0^{\circ}\text{C}$ , enquanto para a área urbana, foram registrados valores entre  $27,1^{\circ}\text{C}$  e acima de  $29^{\circ}\text{C}$ . No ano de 2017 (Figura 6), as temperaturas sofrem uma pequena variação quando comparadas ao ano de 2014, pode-se observar temperaturas superficiais médias entre  $27,1^{\circ}\text{C}$  e  $29,0^{\circ}\text{C}$ , mas há um aparecimento de mais áreas com temperatura de  $22,1^{\circ}\text{C}$  e  $25,0^{\circ}\text{C}$ . As áreas de vegetação densa a média, apresentam temperaturas menores que variam de  $22,1^{\circ}\text{C}$  e  $25,0^{\circ}\text{C}$ , é possível notar uma pequena mancha com temperaturas  $<22^{\circ}\text{C}$ , enquanto para a área urbana, principalmente na área mais próxima ao centro, foram registrados valores entre  $27,1^{\circ}\text{C}$  e  $> 29,0^{\circ}\text{C}$ .

No ano de 2020 (Figura 6) verifica-se uma variação da temperatura, onde nos anos de 2014 e 2017 há um predomínio de áreas com temperaturas acima de  $29^{\circ}\text{C}$ , em 2020 é perceptível uma diminuição de temperaturas nessas áreas, principalmente na área central, mas ainda há uma predominância de valores registrados entre  $27,1^{\circ}\text{C}$  e  $29,0^{\circ}\text{C}$ .

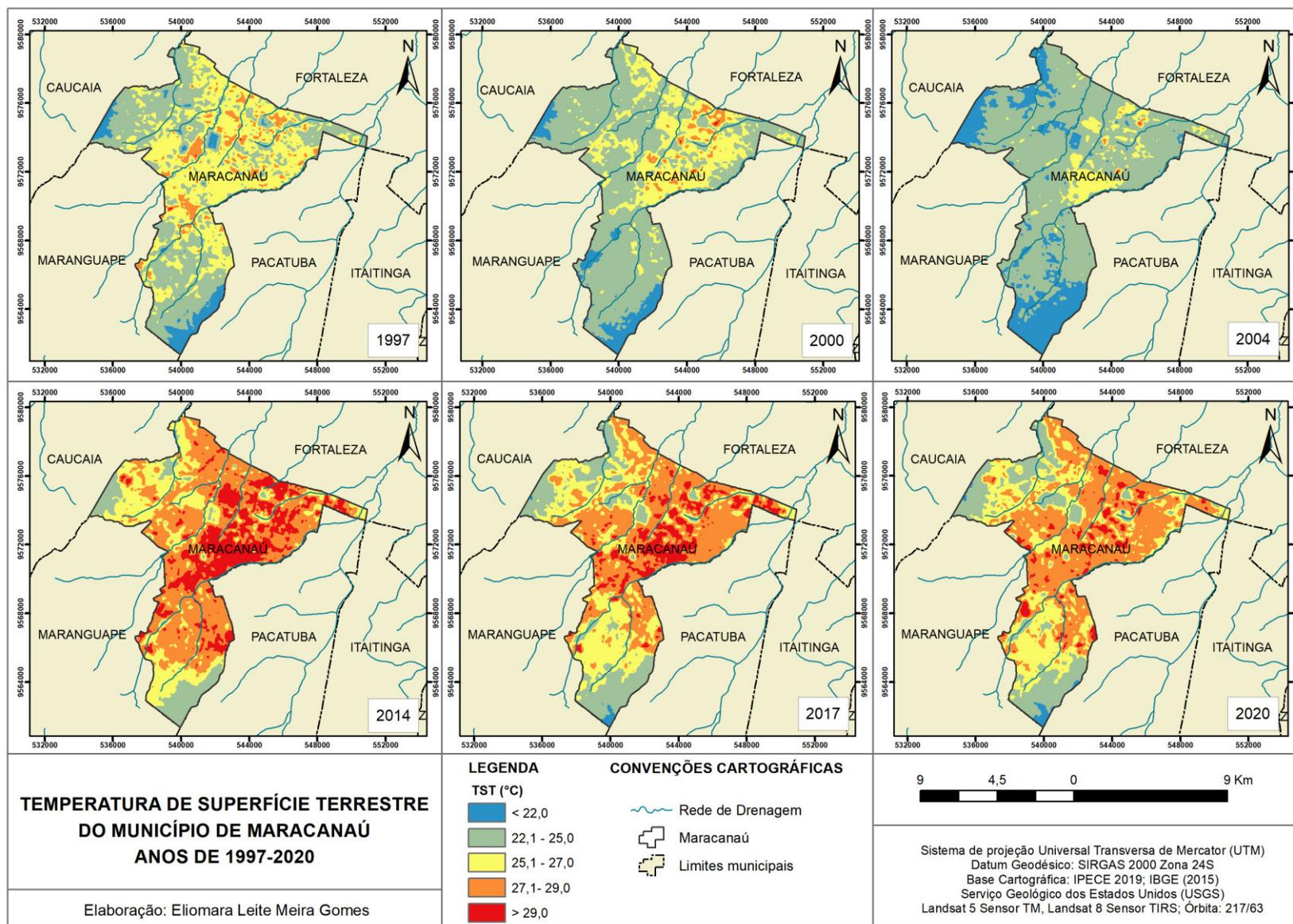
É possível notar que nos mapas apresentados os solos recobertos por cobertura vegetal apresentaram temperatura médias menores que as áreas com solo exposto, pois as árvores e a cobertura vegetal refrescam suas adjacências, uma vez que a evaporação converte a energia solar em água evaporada ao invés de calor, mantendo as temperaturas da vegetação e do ar mais baixas, bem como, promovem sombras para as superfícies, protegendo-as do calor do sol e proporcionando superfícies mais frescas com a redução do calor armazenado. (MASHIKI e CAMPOS, 2013)

Figura 5 – Mapa de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada do Município de Maracanaú



Fonte: Elaborado pela autora (2020)

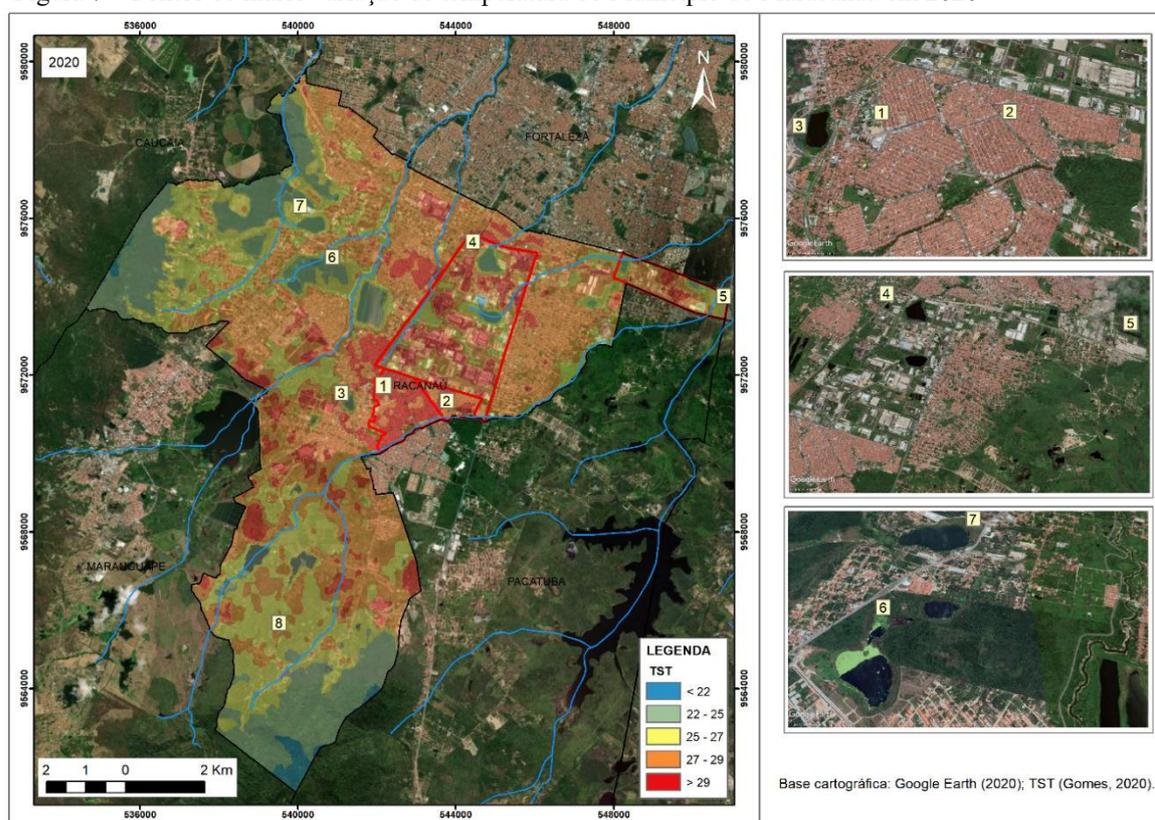
Figura 6 – Mapa de Temperatura de Superfície Terrestre de Maracanaú



Fonte: Elaborado pela autora (2020)

Na análise focando a malha urbana, bairros periféricos como os conjuntos Jereissati I e II e o conjunto Timbó que em 1997 eram dotados de ruas sem asfalto e cobertura vegetal, registraram temperaturas superficiais mais altas em relação aos bairros mais afastados do centro. Nos anos seguintes (2000, 2004, 2014, 2017 e 2020), com as mudanças ocorridas na infraestrutura urbana como retirada de árvores, asfalto nas ruas, instalação de empresas nos Distritos Industriais e do North Shopping Maracanaú, ainda podemos destacar esses três bairros como sendo os locais onde a temperatura superficial é mais elevada, como demonstrado na Figura 7.

Figura 7 – Pontos de maior variação de temperatura do Município de Maracanaú em 2020



Fonte: Elaborado pela autora (2020)

Nas feições intra-urbanas detectáveis, é possível localizar e discriminar parques e áreas verdes, as quais apresentam temperaturas mais amenas, acontece o mesmo na Fazenda Raposa UFC (ponto 6) e na Reserva Indígena Pitaguary (ponto 8). Outras feições intra-urbanas são as matas de galeria nos Riachos (Santo Antônio, Timbó, Taboqueira e Urucutuba) e nas Lagoas (Maracanaú (ponto 3), Jaçanaú (ponto 7), Jupaba e Do Mingau, passíveis de serem discriminadas na Figura 7, apresentaram temperaturas amenas (entre < 22,1 °C e 25,0°C) comparativamente às outras feições da paisagem. As áreas de pastagens e algumas áreas cultivadas registraram um comportamento termal variado, com temperaturas

variando de 25,1°C a 27,0°C, semelhante às registradas em alguns locais da área urbana. Os pontos de maiores temperaturas (27,1°C e > 29°C) são aqueles ligados aos Distritos Industriais (ponto 4 e 5), ao centro e aos conjuntos Jereissati I e II e Timbó (ponto 1 e 2). Possuindo diferenças de temperaturas da superfície próximas as máximas encontradas em cada carta, com destaque ao centro caracterizado pelo adensamento residencial e comercial e NDVI com valores que revelam menores quantidade de vegetação se comparados ao restante da cidade.

Tabela 1 – Precipitação Média Anual do Município de Maracanaú nos anos de 1997-2020

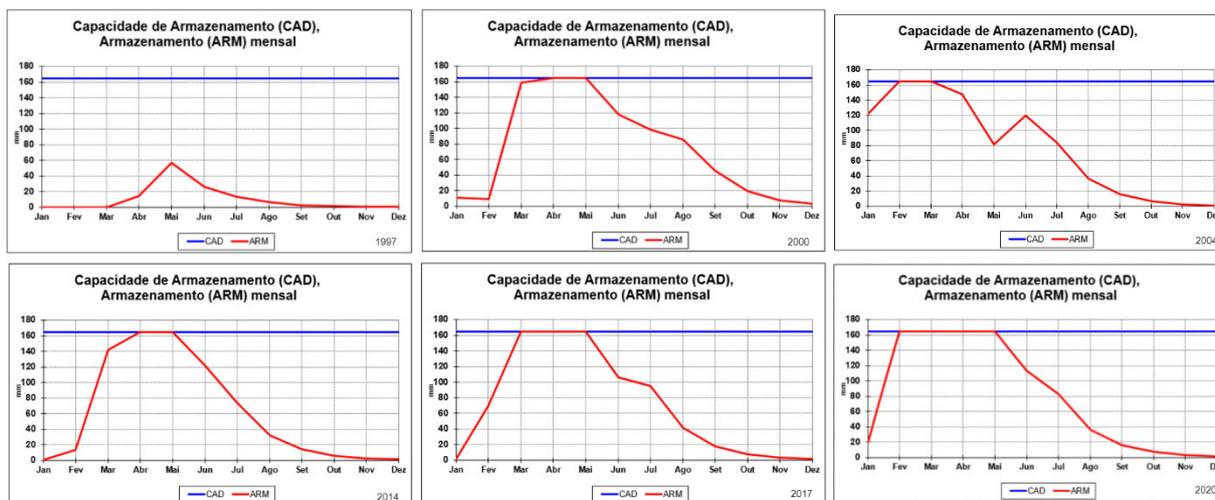
Ano	Mês	Normal (mm)	Observado (mm)	Média Normal (Anual)	Média Observada (Anual)
1997	Jul	39,6	13	1193,8	595,6
2000	Ago	13	115	1193,8	1401,6
2004	Jul	39,6	65	1193,8	1378,4
2014	Jul	39,6	41,4	1193,8	964,2
2017	Ago	13	0	1193,8	1518,1
2020	Ago	13,0	1,2	1193,8	1583,8

Fonte: Portal Hidrológico do Ceará; Organizado pela autora (2020).

Analisando os valores de precipitação obtidas através do Portal Hidrológico do Ceará (Tabela 1), observa-se que em 1997 a precipitação média anual observada foi em torno de 595,6mm e a observada para o mês de julho foi de 13mm, ambas demonstrando que a precipitação foi abaixo da média histórica, e conseqüentemente um aumento dos valores de temperatura. Enquanto nos anos de 2000 e 2004 foi observado um aumento na precipitação anual para 1401,6mm e 1378,4mm considerando assim que nesses anos a precipitação foi mais intensa ultrapassando até a precipitação média histórica, e conseqüentemente desses valores houve uma diminuição dos valores de temperatura.

No ano de 2014 a média anual observada foi menor que a média histórica tendo somente 964,2mm. Já no ano de 2017, a média anual de precipitação observada foi maior que a média histórica, foram observados cerca de 1518,1mm. Esse fato explica o motivo pelo qual o ano de 2014 mostra temperaturas mais elevadas que o ano de 2017. Nos anos de 2014 e 2017 a região Nordeste sofria com uma seca muito intensa e prolongada, ou seja, mesmo com o aumento da precipitação em 2017 a quantidade de chuva precipitada ainda se mostra insuficiente para o aumento do NDVI. Em 2020 é observado um aumento na precipitação e como resultado houve a diminuição da temperatura e um aumento do índice vegetacional, apesar de os dados obtidos através do portal ainda não estejam concluídos, já que esta pesquisa se realiza no mês de agosto de 2020. Neste estudo não ficou claro a influência de fenômenos El Niño e La Niña na variabilidade climática do município, uma vez que este não era um dos objetivos do estudo.

Gráfico 1 – Capacidade de Armazenamento (CAD) e Armazenamento (ARM) mensal



Fonte: Portal Hidrológico do Ceará e Celina; Organizado pela autora (2020).

A quantidade de água armazenada no solo é determinante para o desenvolvimento da vegetação e afeta diretamente valores do NDVI (figura 8). O NDVI mais elevado correspondeu aos anos em que havia um pico de precipitação, enquanto as imagens com valores de mínimo índice de vegetação apareceram nos anos de seca (1997, 2014, 2017). Os gráficos (figura 8) revelaram acentuada ocorrência de deficiência hídrica em 1997, mas nos anos seguintes essa deficiência compreende os períodos de janeiro a fevereiro e novamente de agosto a dezembro. Além disso, houve reposição somente nos meses de março a maio, e é verificado um excedente hídrico nesses meses, é possível observar que o armazenamento de água no solo ficou abaixo da capacidade nos meses janeiro a fevereiro e novamente de junho a dezembro, somente nos meses da quadra chuvosa a capacidade foi maior. Nos anos mais chuvosos a vegetação apresenta resposta positiva à precipitação, aproveitando a disponibilidade de água onde a umidade fica retida por mais tempo e garante o crescimento vegetativo e, como consequência, formação e desenvolvimento das folhas.

É possível observar que a condição termal local do município sofreu modificações com o aumento do adensamento urbano e com as mudanças ocorridas na configuração da paisagem no período de 1997 a 2020, como visualizado nas figuras 4, 5 e 6 onde os pontos onde há maior temperatura são os que estão associados diretamente a alocação de empreendimentos privados e infraestrutura urbana e retirada da cobertura vegetal.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste trabalho indicam que o aumento da temperatura da superfície terrestre por intermédio da análise dos mapas pode-se concluir que o município de

Maracanaú tem apresentado avanço quanto às elevadas temperaturas. Sendo possível identificar que há correlação direta entre os elementos da temperatura de superfície, vegetação e urbanização.

Com o uso de imagens dos anos de 1997-2020 foi possível identificar o comportamento destes três elementos de forma integrada, em que o crescimento da malha urbana reflete diretamente nos índices de vegetação e por consequência estes dois elementos potencializam o aumento da temperatura da superfície terrestre. Este crescimento acontece na zona central à nordeste do município, além da intensificação de inserção de materiais urbanos na porção oeste, por exemplo. Essa distribuição tem relação direta com os interesses imobiliários e comerciais.

No caso da cobertura vegetal, percebe-se que por intermédio das análises foi possível observar que as localidades que dispunham de menor cobertura vegetal, apresentam maiores valores térmicos. Pode-se afirmar, como exemplo, a porção leste do município, onde se encontram os bairros Jereissati I e II e Timbó, que desde o início dos estudos mostrava-se com índices de vegetação menos significativos acompanhado de temperaturas de superfície mais elevadas.

Nos últimos anos em análise, a expansão do setor imobiliário e industrial induziu a supressão da cobertura vegetal, aumentando consideravelmente os valores termais em algumas partes do município principalmente no setor nordeste. Em termos de expansão territorial dos valores climáticos, foi possível identificar aumento significativo das temperaturas de superfície mais elevadas, entre 27,1° C a > 29°C. Esta classe de temperatura, no início do estudo, estendia-se por pouco menos de 10% do município de Maracanaú, passando para 70% nos últimos anos em análise.

É importante destacar a importância do uso do sensoriamento remoto para estudos de escala temporal e espacial maior. Pois através do uso desta metodologia foi possível identificar, acompanhar e analisar o comportamento climático na extensão territorial do município de Maracanaú. Buscando-se relacionar os dados termais com outras variáveis a fim de contribuir para o entendimento do comportamento climático, sendo então possível afirmar que a temperatura, a cobertura vegetal e o uso e ocupação estão estritamente relacionadas.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, AJP de et al. **Relação entre o índice de vegetação e a temperatura da superfície na estimada e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL.** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 17, 2015, p. 2047-2054.
- AMORIM, M. C. de C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; DUBREUIL, V. e QUENOL, H. **Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplo de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França)** Confins (Revista franco-brasileira de Geografia) [Online ], 7- 2009, 16p.
- AMORIM, M. C.de C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L. e DUBREUIL, V. Estrutura térmica identificada por transectos móveis e canal termal do Landsat 7 em cidade tropical. **Revista de Geografia Norte Grande**, 43: 65-80, 2009.
- AMORIM, M.C.C.T. **O Clima Urbano de Presidente Prudente/SP.** 2000. 322 f. Teses (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos.* 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332 p.
- BARBOSA, R. V. R.; VECCHIA, F. A. S. Estudos de Ilha de Calor Urbana por meio de Imagens do Landsat 7 Etm+: Estudo de Caso em São Carlos (SP). **Revista Minerva – Pesquisa e Tecnologia**, v. 6, n. 3, set./dez. 2009. Disponível em:<[http://www.fipai.org.br/Minerva%2006\(03\)%2007.pdf](http://www.fipai.org.br/Minerva%2006(03)%2007.pdf)>. Acesso em: 18 jul. de 2020.
- CAJAZEIRA, A. A. **Geografia, ambiente e saúde: correlações entre o clima e a incidência de doenças respiratórias em Maracanaú/CE.** 150f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- DORIGON, L. P.; AMORIM, M. C. C. T. Clima urbano através de sensoriamento remoto: evolução histórica da termografia da superfície de Paranavaí/PR - Brasil. In: **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, Campinas/SP, p. 1777-1789, 2017. INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - UNICAMP. <http://dx.doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2382>.
- GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas.** São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- GOMES, M.A. S.; AMORIM, M. C. C. T. (2003). **Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente.** Caminhos de Geografia, v.7, p.94-106.
- IBGE. **Cidades e Estados.** 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/maracanau.html>>. Acesso em: 10 jul 2020.
- IPEA. **Governança Metropolitana no Brasil.** Região Metropolitana de Fortaleza. 2015. Disponível em:

<[http://www.ipea.gov.br/redeipea/images/pdfs/governanca\\_metropolitana/150928\\_relatorio\\_arranjos\\_fortaleza.pdf](http://www.ipea.gov.br/redeipea/images/pdfs/governanca_metropolitana/150928_relatorio_arranjos_fortaleza.pdf)>. Acesso em: 9 jul 2020.

IPECE. **Perfil municipal 2017 Maracanaú**. 2018. Disponível em: <[https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Maracanau\\_2017.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Maracanau_2017.pdf)>. Acesso em: 10 jul 2020.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. 2da Edição traduzida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. São Paulo, Parêntese, 2009. 672 p

LIMA, V.; AMORIM, M. C. C. T. **A utilização de informações de temperatura da superfície, do NDVI e de temperatura do ar na análise de qualidade ambiental urbana**. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, p. 1028-1035. 2011. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.14.19.00/doc/p1165.pdf>>. Acesso em: 21 jul. 2020.

LIU, William T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Editora Uniderp, Campo Grande – MS, 2006.

LOMBARDO, M. A. **Ilhas de calor nas metrópoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: 1985.

MACHADO, Fabrício Lisboa Vieira; JARDIM, Carlos Henrique. Indicadores climáticos de degradação ambiental em áreas urbanas: o aglomerado da Serra em Belo Horizonte/Brasil. In: SILVA, Chalei Aparecida da; FIALHO, Edson Soares; STEINKE, Ercília 140 Torres. **Experimentos em Climatologia Geográfica**. Dourados: Ufgd, 2014. Cap. 7. p. 129- 144.

MASHIKI, M. Y.; CAMPOS, S. **Influência do uso e ocupação do solo na temperatura aparente da superfície no município de Botucatu/SP**. Energ. Agric., Botucatu, v. 28, n.3, p.143-149, jul.-set., 2013.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 1976. 181p. (Série. Teses e monografias)

MONTEIRO, C. A. F. MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. 2ed. Editora Contexto, 2011.

NASCIMENTO, D. T. F. **Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986/2010)**. 2010. 98 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2011.

ROLIM, Glauco de Souza et al . **Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo**. Bragantia, Campinas , v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.

ROMERO, M. A. B. **Princípios Bioclimáticos para o desenho Urbano**. 2. Ed. São Paulo: Pró-Editores, 2000.

ROUSE, J. W. et al. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS**. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington. Proceedings... Washington: NASA, v.1, p.309-317, 1973.

SHIMABUKURO, Y. E.; NOVO, E. M.; PONZONI, F. J.; **Índice de Vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do Pantanal**. In: Pesquisa Agropecuária Brasileira, 33, p1729-1737, 1998.

SOUSA NETO, F. O. **Deslocamentos cotidianos no espaço metropolitano: as trajetórias Maracanaú-Fortaleza**. 2010. 137 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

SOUZA, J. D. de; SILVA, B. B. da. Correção atmosférica para temperatura da superfície obtida com imagem TM: Landsat 5. **Rev. Bras. Geof.**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 349-358, Dec. 2005.

USGS (United States Geological Survey). **Using the USGS Landsat 8 Product**. Disponível em: < <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/using-usgs-landsat-level-1-data-product>>. Acesso em: 03 mar. 2020.