

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
CAMPUS VALE DO RIO MADEIRA
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO AGRICULTURA E AMBIENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**ANÁLISE TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA
E SEU IMPACTO NA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE NA
CIDADE DE HUMAITÁ-AMAZONAS**

ROBERTA MIRANDA DOS REIS

PROF.^a DRA.^a JULIANE KAYSE ALBUQUERQUE DA SILVA QUERINO

Humaitá, AM

Janeiro/2024

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
CAMPUS VALE DO RIO MADEIRA
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO AGRICULTURA E AMBIENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**ANÁLISE TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA
E SEU IMPACTO NA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE NA
CIDADE DE HUMAITÁ-AMAZONAS**

ROBERTA MIRANDA DOS REIS

*Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciências Ambientais
da Universidade Federal do Amazonas,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre Ciências Ambientais.*

PROF.^a DRA.^a JULIANE KAYSE ALBUQUERQUE DA SILVA QUERINO

Humaitá, AM

Janeiro/2024

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

R375a Reis, Roberta Miranda dos
Análise temporal do uso e cobertura da terra e seu impacto na
temperatura da superfície na cidade de Humaitá-Amazonas /
Roberta Miranda dos Reis . 2024
36 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino
Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade
Federal do Amazonas.

1. Conforto térmico. 2. Temperatura. 3. Sensoriamento remoto. 4.
Uso do solo. I. Querino, Juliane Kayse Albuquerque da Silva. II.
Universidade Federal do Amazonas III. Título

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
CAMPUS VALE DO RIO MADEIRA
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO AGRICULTURA E AMBIENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ANÁLISE TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA E SEU IMPACTO NA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE NA CIDADE DE HUMAITÁ AMAZONAS (Linha de pesquisa 1: Componentes e dinâmicas dos ecossistemas com ênfase no Bioma amazônico).

AUTORA: ROBERTA MIRANDA DOS REIS

Dissertação defendida e aprovada em 10 de janeiro de 2024, pela comissão julgadora:

**Juliane Kayse A.
da S. Querino**

Assinado de forma digital por Juliane Kayse A. da S. Querino
DN: cn=Juliane Kayse A. da S. Querino, o=Universidade Federal do Amazonas - UFAM, ou=Instituto de Educação - Agricultura e Ambiente - IEAA, email=julianekayse@ufam.edu.br, c=BR
Dados: 2024.02.09 16:26:51 -0400'

**Prof^a. Dr^a. Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino
PPGCA-IEAA/UFAM - Orientadora / Presidente**

Documento assinado digitalmente
gov.br BENONE OTAVIO SOUZA DE OLIVEIRA
Data: 08/02/2024 17:35:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Benone Otávio Souza de
Oliveira Membro Titular Interno**

Documento assinado digitalmente
gov.br ANA CARLA DOS SANTOS GOMES
Data: 08/02/2024 11:35:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof^a. Dr^a. Ana Carla dos Santos Gomes
Membro Titular Externo**

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a Deus, à minha família, ao meu filho Hugo Gabriel, ao meu pai Francisco Campos dos Reis e minha mãe Maria Alves Miranda.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por proporcionar saúde, confiança e principalmente por nunca faltar fé para superar os momentos mais difíceis.

Ao meu pai, Francisco Campos dos Reis e a minha mãe, Maria Alves Miranda, agradeço o amor, exemplo e dedicação constantes que me estruturaram como pessoa.

Ao meu amado filho Hugo Gabriel dos Reis, agradeço por todos os seus sorrisos, que alegram a minha vida.

As minhas irmãs e irmãos, pelo apoio e incentivos constantes.

À minha orientadora, Dra. Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino, agradeço a orientação, apoio e paciência que proporcionaram a finalização deste trabalho.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais - PGCA, em especial Naiara Passos e Erick Alves pelo companheirismo, pelo conhecimento compartilhado nas horas difíceis.

À minha querida amiga Viviane da Silva Teixeira, pelos incentivos constantes.

Ao meu namorado Murilo Alves Oliveira pelo companheirismo e pela ajuda constante.

A todos os docentes do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade Federal do Amazonas, agradeço pelos conhecimentos técnico-científicos.

À Profa. Dra. Kaliane Nascimento de Oliveira pelos conhecimentos transmitidos durante o estágio.

Aos membros da minha banca de defesa, Profa. Dra. Ana Carla dos Santos Gomes e Prof. Dr. Benone Otávio Souza de Oliveira, pelas contribuições e enriquecimento desta dissertação.

Aos meus caros colegas Aline Pedraça e Claudenor Piedade pela ajuda e paciência no início dessa trajetória.

À minha prima Augusta Marques pela ajuda com a estadia quando cheguei em Humaitá

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas - (FAPEAM) pelo fomento da bolsa de estudo durante o desenvolvimento dessa pesquisa.

Ao Grupo de Pesquisa Interação Biosfera Atmosfera – GPIBA.

Não fui eu que lhe ordenei? Seja forte e corajoso! Não se apavore, nem se desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar".

Josué 1:9

RESUMO

REIS, R. M. **Análise temporal do uso e cobertura do solo e seu impacto na temperatura da superfície no município de Humaitá-Amazonas.** Humaitá, 2023, 36fls. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal do Amazonas – UFAM.

O município de Humaitá, localizado no sul do Amazonas, tem registrado nos últimos anos um significativo aumento populacional, com a chegada de imigrantes de outras regiões. Esse aumento demográfico está associado a constantes transformações no uso e cobertura da terra, resultando na redução da vegetação nativa na expansão das áreas urbanizadas, culminando em uma deterioração da qualidade ambiental nas áreas urbanas. Assim, este trabalho teve como objetivo analisar a influência do desenvolvimento urbano nas mudanças de temperatura de superfície no município de Humaitá-Amazonas. Para analisar as mudanças de uso e ocupação do solo para os anos de 1985, 2013, 2017 e 2022, foi utilizado os dados da base cartográfica digital do projeto MapBiomas e para estimar a temperatura de superfície (Ts) utilizou-se imagens do satélite Landsat 8 adquiridos através da plataforma Google Earth Engine. Ao longo dos anos estudados, observou-se transformações no uso da terra na cidade de Humaitá-Am, como a substituição da vegetação nativa por sistemas agrícolas e áreas urbanizadas. Verificou-se uma redução de 21,626% nas áreas de formação florestal, uma expansão de 32,121% da área urbanizada e um crescimento de 1.401,931% de área de pastagem, indicando a intensificação da pecuária. A temperatura de superfície apresentou um aumento entre 2013 e 2022, com maior amplitude em 2017 chegando a 40,97°C. Além disso, áreas com maior cobertura vegetal apresentaram temperaturas mais baixas, enquanto que, locais urbanizados apresentaram temperaturas mais elevadas, evidenciando um aumento com uma diferença relativa percentual máxima de até 20%. Já a temperatura do ar de acordo com os resultados obtidos mostra que não houve grande variabilidade da temperatura do ar na área urbana de Humaitá-AM ao longo dos anos analisados, apresentando valores anual entre 27°C e 28°C.

Palavras-chave: Conforto térmico; Temperatura; Sensoriamento remoto; Uso do solo.

ABSTRACT

REIS, R. M. **Temporal analysis of land use and land cover and its impact on surface temperature in the municipality of Humaitá-Amazonas.** Humaitá, 2023, 36fls. Dissertation (master's degree in environmental sciences) – Institute of Education, Agriculture and Environment, Federal University of Amazonas – UFAM.

The municipality of Humaitá, located in the southern region of the Amazonas, has recorded a significant population increase in recent years, with the arrival of immigrants from other regions. This demographic growth is associated with constant changes in land use and coverage, resulting in the reduction of native vegetation in the expansion of urbanized areas, leading to a deterioration of environmental quality in urban areas. Thus, this study aimed to analyze the influence of urban development on changes in surface in the municipality of Humaitá-Amazonas. To analyze changes in land use and occupation for the years 1985, 2013, 2017 and 2022, data from the digital cartographic base of the MapBiomias project were used and to estimate surface temperature (Ts) images from the Landsat satellite were used. 8 acquired through the Google Earth Engine platform. Over the years trained, transformations were experienced in land use in the city of Humaitá-Am, such as the replacement of native vegetation with agricultural systems and urbanized areas. There was a reduction of 21,626% in forestry areas, an expansion of 32,121% in urbanized areas and an increase of 1,401,931% in pasture areas, reducing the intensification of livestock farming. The surface temperature showed an increase between 2013 and 2022, with the highest amplitude in 2017 reaching 40.97°C. Additionally, areas with greater vegetation cover have lower temperatures, while urbanized locations have higher temperatures, showing an increase with a maximum relative percentage difference of up to 20%. The air temperature, according to the results obtained, shows that there was no great variability in air temperature in the urban area of Humaitá-AM over the years analyzed, with annual values ranging between 27°C and 28°C.

Keywords: Thermal comfort; Temperature; Remote sensing; Land use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Objetivos do desenvolvimento sustentável – ODS.....	4
Figura 2 – Perfil da ilha de calor urbana.....	10
Figura 3 – Obtenção de imagem por sensoriamento remoto.....	12
Figura 4 – Localização do município de Humaitá – AM e área de estudo.....	15
Figura 5 – Mapa de uso e cobertura da terra em Humaitá-AM para os anos de 1985, 2013, 2017 e 2022.	20
Figura 6 –(A) Ilustração da diferença relativa percentual entre as temperaturas médias do ano de 2022 e as temperaturas do ano de 2013. (B) Apresentação do boxplot das médias de cada ano analisado, com destaque para as diferenças estatísticas indicadas pelos testes de <i>Kruskal-Wallis</i> e <i>post-hoc</i> de <i>Dunn</i>	23
Figura 7 - Temperatura da superfície no município de Humaitá-AM para os anos de 2013, 2017 e 2022.	24
Figura 8 – Variabilidade da Temperatura do ar na cidade de Humaitá-AM para os anos de 2013, 2017 e 2022.....	26
Figura 9 – Índice de Desconforto Térmico para o período de 2013, 2017 e 2022 em Humaitá-AM.	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom (IDT).	18
Tabela 2 – Uso do solo e cobertura da terra em quilômetros quadrados (km ²) e Taxas de transição (%) no município de Humaitá-AM, mesorregião do sul do Amazonas.	21
Tabela 3 – Valores estatísticos da temperatura na superfície: mínimo, máximo, médio e desvio padrão para os anos.	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM – Amazonas

EPA – Environmental Protection Agency

ETP – Evapotranspiração potencial anual

EUA – Estados Unidos

FAPEAM – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas

ICU – Ilha de calor urbano

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDT – Índice de desconforto térmico

NASA – Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço

NY – New York

ONU – Organização das Nações Unidas

ODS – Objetivo de Desenvolvimento Sustentável

OLI – Operational Land Imager

Tar – Temperatura do Ar

TE – Temperatura efetiva

TIRS – Thermal Infrared Sensor

Ts – Temperatura de Superfície

USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos

LISTA DE SÍMBOLOS

Km – Quilômetros

% - Porcentagem

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. JUSTIFICATIVA	3
3. OBJETIVOS	5
3.1 Objetivo Geral	5
3.2 Objetivos Específicos	5
4. HIPÓTESE	6
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
5.1 Elementos do Clima	7
5.1.1 Temperatura do ar.....	7
5.1.2 Umidade Relativa do ar	7
5.2 Temperatura de Superfície	8
5.3 Clima Urbano	9
5.4 Ilhas de Calor	9
5.5 Conforto Térmico	11
5.6 Sensoriamento Remoto	11
5.6.1 Missão Landsat - Land Remote Sensing Satellite	12
5.7 Impactos ambientais no uso e ocupação da terra	13
6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	15
6.1 Área de estudo	15
6.2 Coleta e Análise dos Dados	16
6.2.1 Landsat-8	16
6.2.2 ERA-5 Land.....	17
6.2.3 Estimativa da Temperatura do Ar	17
6.2.4 Índice de Desconforto Térmico (IDT).....	18
6.2.5 Análise Estatística	19
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
7.1 Uso e Cobertura da terra (1985 - 2022)	20
7.2 Variabilidade da temperatura de superfície na cidade de Humaitá-AM .	22
7.3 Temperatura do Ar (Tar)	25
7.3.1 Índice de desconforto térmico (IDT)	27

8. CONCLUSÃO	29
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

1. INTRODUÇÃO

O município de Humaitá, localizado no sul do Amazonas, tem registrado nos últimos anos um significativo aumento populacional com a chegada de imigrantes de outras regiões (Machado *et al.*, 2018). Esse aumento demográfico está associado a constantes transformações no uso e cobertura da terra, resultando na redução da vegetação nativa e na expansão das áreas urbanizadas, culminando em uma deterioração da qualidade ambiental nas áreas urbanas (Callejas, 2012).

As diversas formas de ocupação do solo, aliadas às mudanças climáticas, geram impactos socioambientais nas áreas urbanas, onde elementos naturais são modificados para atender às demandas da sociedade contemporânea. Essas transformações têm comprometido a qualidade de vida dos habitantes, sendo evidenciadas pela formação de ilhas de calor, contaminação de corpos d'água, inversão térmica, poluição atmosférica, aumento da temperatura e alterações climáticas, entre outros processos (Santos, 2011). Essas intervenções provocam alterações nas propriedades térmicas e hidrológicas da superfície terrestre, as quais influenciam o balanço de radiação superficial, resultando, conseqüentemente, no aumento da temperatura (Saydelles, 2005; Callejas, 2012).

O aumento da temperatura é uma consequência direta do aquecimento da superfície terrestre ao longo do período diurno, gerando desconforto e potencialmente ocasionando desequilíbrios térmicos prejudiciais ao bem-estar humano (Huang *et al.*, 2019). A temperatura da superfície, como variável termofísica, desempenha um papel essencial no entendimento e monitoramento das condições ambientais, exercendo influência direta nos processos meteorológicos e na dinâmica do ecossistema terrestre. Sua estimativa, frequentemente realizada por meio da detecção da radiação de ondas longas na faixa do infravermelho por sensores orbitais, é um indicador indispensável para a compreensão do equilíbrio térmico da superfície terrestre (Cammalleri; Vogt, 2015).

Nesse contexto, destaca-se o balanço de radiação como uma variável essencial na compreensão das interações entre a superfície terrestre e seu ambiente circundante. Representado como a diferença entre a energia incidente e a energia emitida por uma superfície, o balanço de radiação pode ser analisado através de indicadores como albedo e temperatura de superfície. Desta maneira, o monitoramento contínuo desses indicadores não apenas possibilita a identificação

de mudanças no uso do solo, mas também proporciona percepções cruciais sobre suas implicações no ambiente e no clima, atuando em escalas local e regional (Silva, 2022).

Estudos realizados por Fausto; Silva; Silva (2014), destacam a relevância do sensoriamento remoto em escala regional. Ao explorar a dinâmica entre a distribuição espacial da vegetação e as mudanças no balanço de radiação e nos fluxos de energia da superfície, esse método desempenha um papel crucial na compreensão das persistentes mudanças na paisagem.

Diante disso, compreender as interações entre o uso da terra, a vegetação e a temperatura da superfície são essenciais para o desenvolvimento sustentável de Humaitá-AM, especialmente diante das mudanças climáticas globais. Além do mais, este estudo mapeia e quantifica as mudanças na cobertura vegetal, áreas urbanizadas e outros tipos de uso do solo ao longo do tempo. Essa análise permite identificar áreas críticas de desmatamento, expansão urbana e outras alterações na paisagem que podem ter impactos negativos no clima local e na qualidade ambiental.

2. JUSTIFICATIVA

O município de Humaitá, situado na mesorregião sul do Amazonas, apresenta condições favoráveis para expansão territorial e populacional (Pereira, 2022). Localizado estrategicamente entre os municípios de Apuí, Santo Antônio do Matupi e Lábrea, no Sul do Amazonas, o município tem se destacado pela possibilidade da retomada das obras na BR-319, atraindo imigrantes de diversas regiões do Brasil adicionalmente, a instalação de polos educacionais e uma base militar tem desempenhado um papel significativo para esse processo de crescimento (Silva; Araújo; Lima, 2021; Pereira, 2022). De acordo com Machado et al. (2018), o crescimento constante de Humaitá- AM e a intensificação das atividades proporcionaram benefícios como a geração de empregos e renda.

Além disso, a dinâmica econômica local é impulsionada pelas atividades pecuárias e agrícolas. Tais atividades se intensificaram nas últimas décadas gerando motivo de grande preocupação ambiental, pois demanda a utilização de recursos naturais e a abertura de novas áreas ainda não exploradas, resultando em impactos como o desmatamento, queimadas e uso do solo (Leite; Silva; Henriques, 2011; Abadias *et al.* 2020).

Nesse contexto, a ampliação da pesquisa sobre uso e cobertura da terra e seu impacto na temperatura da superfície na região sul do Amazonas é essencial. Pois a compreensão mais aprofundada desses fatores pode contribuir significativamente para a melhoria da qualidade de vida da população urbana. Esse enfoque alinha-se com os esforços globais liderados pela ONU e seus parceiros no Brasil, que buscam alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Estes objetivos representam um conjunto de metas globais, visando acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima, e garantir paz e prosperidade para todas as pessoas (Figura 1).

Os objetivos delineados pela ONU na Agenda 2030, em especial o número 3 ("Saúde e Bem-Estar"), o item 11 ("Cidades e Comunidades Sustentáveis"), e o objetivo 15 ("Vida Terrestre"), possuem relevância fundamental para o tema da pesquisa em questão, que se concentra no desenvolvimento urbano sustentável, considerando a dinâmica específica do município de Humaitá, no sul do Amazonas.



Figura 1 – Objetivos do desenvolvimento sustentável – ODS.

Fonte: Agenda 2030 (2015).

O enfoque no "Saúde e Bem-Estar" (ODS 3) é crucial, pois a expansão populacional e territorial do município está diretamente ligada ao aumento da demanda por serviços de saúde e à necessidade de garantir condições propícias para uma vida saudável. O entendimento e a promoção da saúde se tornam elementos essenciais para a construção de uma comunidade robusta e próspera.

O ODS 11, "Cidades e Comunidades Sustentáveis", ressalta a importância de tornar as áreas urbanas mais inclusivas, seguras e sustentáveis. Isso se alinha diretamente com o crescimento urbano destacado no contexto de Humaitá-AM. A consideração dos impactos ambientais, a preservação de áreas verdes e a melhoria do ambiente urbano não apenas atendem a metas globais, mas também se mostram fundamentais para a qualidade de vida da população local, como discutido no trabalho.

Além disso, o ODS 15, "Vida Terrestre", aborda diretamente a necessidade de proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres. Este objetivo assume particular importância em regiões amazônicas como a do sul do Amazonas, onde a relação entre crescimento urbano, atividades econômicas e preservação ambiental é complexa e de grande relevância para a sustentabilidade a longo prazo.

Desta maneira, a integração desses objetivos da ODS no contexto do trabalho amplia a compreensão sobre como a expansão territorial e populacional de Humaitá-AM pode ser orientada para atender não apenas às demandas imediatas, mas também às metas globais de desenvolvimento sustentável, promovendo uma abordagem preponderante para o crescimento da região.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

- Analisar a influência do desenvolvimento urbano nas mudanças de temperatura de superfície no município de Humaitá-Amazonas.

3.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o desenvolvimento das áreas urbanas entre os anos de 1985, 2013, 2017 e 2022;
- Comparar a temperatura da superfície ao longo dos anos de 2013, 2017 e 2022;
- Estimar a temperatura do ar e o conforto térmico (IDT) a partir de imagens de satélites.

4. HIPÓTESE

O aumento da temperatura de superfície está associado ao crescimento das áreas urbanas. A expansão das áreas urbanas resulta em mudanças no uso do solo pela urbanização, conseqüentemente alterações nos padrões do balanço de energia, ou seja, aumento do calor sensível. Portanto, esse estudo permitirá identificar padrões de desenvolvimento urbano que influenciam diretamente nas variações de temperatura.

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 Elementos do Clima

5.1.1 Temperatura do ar

A temperatura é definida como movimentos de moléculas, ou seja, quanto mais rápido o deslocamento mais elevado será a temperatura. Além disso, é um dos principais elementos do clima, é influenciado por vários fatores como: latitude, altitude, pressão atmosférica, umidade, ventos, entre outros (Ayoade, 2002).

Ainda de acordo com o autor, a temperatura do ar é proporcional ao balanço entre a radiação que chega e que sai da camada atmosférica. Além disso, os fluxos de calor latente e sensível contribuem para modificar a temperatura de cada camada. Desse modo, a temperatura varia de lugar para lugar com o decorrer do tempo.

Cox (2008) em seu estudo analisou a interação entre clima e área urbanizada e constatou que a temperatura do ar é influenciada pelo uso e cobertura do solo. Além disso, o autor destaca que em áreas urbanas a temperatura do ar é mais elevada do que em áreas rurais, em função da maior absorção de calor pelos materiais urbanos e à menor transpiração.

5.1.2 Umidade Relativa do ar

A umidade relativa do ar é um parâmetro fundamental na climatologia, ela é a quantidade de vapor d'água presente na atmosfera. Sendo um indicador do potencial de chuva em um ambiente. Quanto mais próxima de 100% for a umidade, mais saturada estará a atmosfera e, portanto, maiores as chances de precipitação (Tomás; Lombardo, 2012).

A umidade relativa do ar é influenciada pela temperatura, pressão atmosférica e a presença de vapor de água na superfície terrestre. Além disso, ela influencia na amplitude térmica diária de um local. Quanto mais baixa a umidade, maior será a amplitude térmica (Frota; Schiffer, 2006).

Um estudo realizado por Pereira (2022) na cidade de Humaitá-AM, demonstra que a umidade relativa do ar nos primeiros meses do ano chega a aproximadamente 86% a 91%, no entanto esses valores começam a decair a partir do mês de junho em função do período seco (junho a setembro) na região, e começa a aumentar novamente no mês de outubro.

De acordo Monteiro *et al.* (2016), umidade relativa abaixo de 60% aumenta a taxa de transpiração e pode ser prejudicial, entretanto, acima de 90% reduz a absorção de nutrientes, em função da redução da transpiração, favorecendo favorecer a propagação de doenças.

5.2 Temperatura de Superfície

A temperatura de superfície é um indicador importante das interações entre a superfície terrestre e a atmosfera. Ela é determinada pelo fluxo de calor da superfície, que é a diferença entre a energia que chega e sai da superfície. A melhor faixa para medir a temperatura de superfície é a região do infravermelho termal, que vai de 8,0 a 14,0 μm (Steinke *et al.*, 2010).

De acordo com Siqueira (2015), a temperatura de superfície no âmbito urbanos são caracterizados pelo conceito da ilha de calor urbano, que consiste em uma distribuição espacial e temporal de temperaturas mais elevadas e a sua distribuição se assemelha as curvas de nível da topografia que caracterizam uma ilha, neste caso as isotermas.

Vários estudos têm demonstrado que as áreas com densa urbanização apresentam temperaturas de superfícies significativamente mais elevadas do que as áreas vegetadas (Gartland, 2011). Esse fenômeno é particularmente crítico em regiões de clima naturalmente quente, como a Amazônia.

Em um estudo realizado por Gartland (2010), mostrou que a temperatura de superfície na floresta amazônica é mais baixa durante a noite do que durante o dia. Isso ocorre porque a floresta amazônica absorve grande quantidade de calor durante o dia e libera esse calor durante a noite.

As áreas urbanas estão crescendo rapidamente. A urbanização está provocando mudanças significativas na temperatura da superfície. Como é demonstrado no estudo realizado por Pereira *et al.* (2019), onde observa-se que a temperatura de superfície em áreas urbanizadas é cerca de 2°C a 3°C mais alta do que nas áreas rurais adjacentes. Já de acordo com o estudo de Nobre *et al.* (2020) conclui-se que a temperatura média da superfície na Amazônia aumentou cerca de 1°C desde o início do século XX. Esse aumento na temperatura é maior do que o aumento observado em outras regiões do mundo.

5.3 Clima Urbano

O clima é definido como características atmosféricas que caracterizam uma região, analisadas ao longo de um extenso período. O tempo é o estado momentâneo da atmosfera, que podem ser observadas e medidas (Ayoade, 2002). Segundo Oke (2002), o clima urbano é resultado das modificações causadas pelas ações antrópicas do homem no processo de urbanização e essas interferências modificam as características da atmosfera de um determinado local.

Santos (2011), ressalta que esses problemas intensificaram com a revolução industrial, gerando significativas transformações no sistema climático urbano das grandes cidades, contribuindo, assim, para o comprometimento da qualidade de vida das populações residentes nos grandes centros urbanos.

Segundo Vecchia; Tech; Neves (2020), um dos agravantes do clima urbano é a remoção da vegetação, e a canalização das superfícies líquidas que favorecem a redução do fluxo de calor latente e o aumento do calor sensível. O que resulta no aumento da temperatura local e a diminuição da umidade relativa do ar, ocasionando desconforto térmico.

Ao longo dos anos vários estudos têm sido realizados para analisar o clima urbano em diferentes cidades. Por exemplo, Campos; Silva; Silva (2002), que analisaram as temperaturas e as precipitações em Goiás, enquanto Cox (2008) estudou a interação entre o clima e a superfície urbanizada em Várzea Grande.

Vale ressaltar que a análise do clima urbano é importante para compreender os efeitos da urbanização na saúde humana. Como o estudo realizado por Chaul (1999) onde mostrou que a construção de Goiânia teve um impacto significativo na saúde dos moradores da cidade.

5.4 Ilhas de Calor

Ilha de calor é um fenômeno climático que ocorre nas cidades, onde as temperaturas são mais elevadas do que nas áreas rurais circundantes (Gartland; Gonçalves, 2010). As temperaturas mais acentuadas ocorrem em ambientes urbanos por uma série de fatores, como a impermeabilização do solo, a concentração de edifícios e asfalto, falta de áreas verdes e a emissão de gases poluentes (Bias; Baptista; Lombardo, 2003; Coltri, 2006).

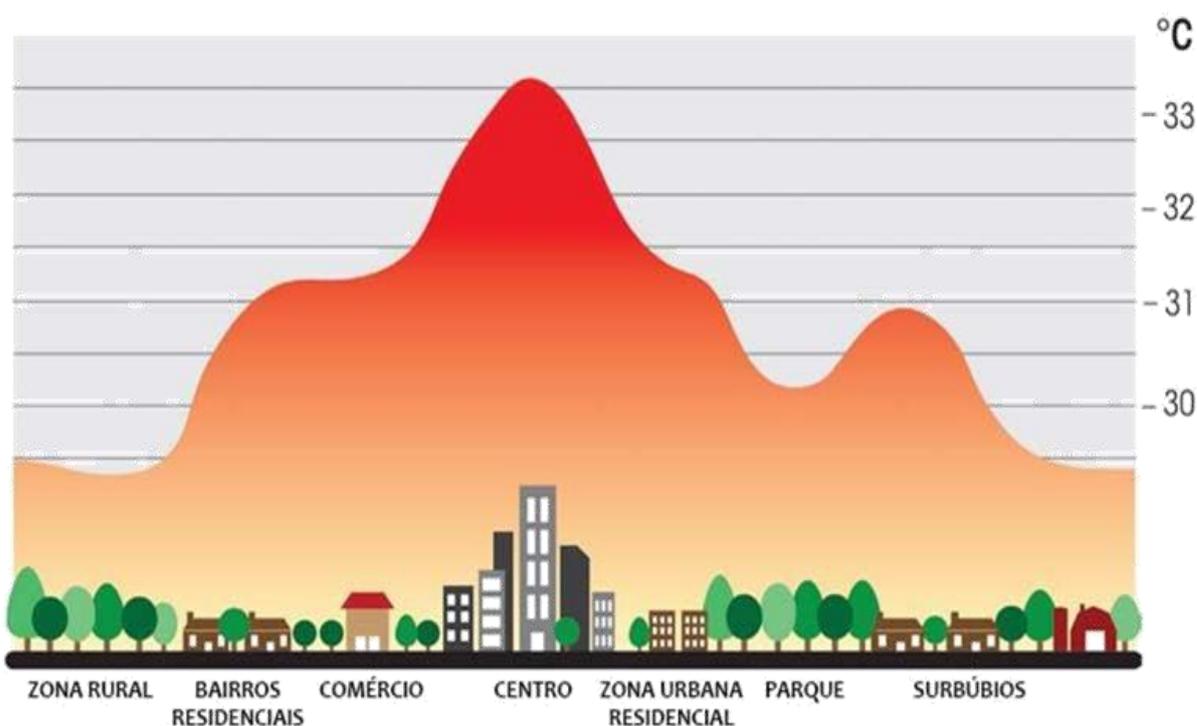


Figura 2– Perfil da ilha de calor urbana.

Fonte: Adaptado de EPA (2022).

Segundo Saydelles *et al.* (2005), a ilha de calor sofre variações diurnas e sua intensidade é influenciada devido às diferentes velocidades de resfriamento entre os ambientes urbano e rural. De acordo com Romero *et al.* (2010), as ilhas de calor não causam apenas pequenos inconvenientes, suas altas temperaturas, associado a falta de sombra influenciam no aumento da poluição do ar, efeitos sobre a mortalidade e a saúde da população.

De acordo com Gartland (2011), pesquisas sobre ilhas de calor tiveram início no século XX na Europa, especialmente em Londres onde foi documentada a primeira evidência de uma ilha de calor em 1818, devido ao excesso de calor artificial. Ainda de acordo com a autora, os primeiros dados de satélite para estudar as ilhas de calor aconteceram na região de Buffalo-NY em 1978.

Por isso, estudos e detecção de ilhas de calor no âmbito urbano podem auxiliar no planejamento urbano das cidades. Em seu livro “*Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas*” Gartland (2011), cita alguns métodos utilizados para medição e monitoramento das ilhas de calor, tais como, as estações fixas, transectos móveis e sensoriamento remoto.

5.5 Conforto Térmico

O conforto térmico é definido como uma condição mental que expressa satisfação com o ambiente (Giralt, 2006). Ele influencia no bem-estar, na produtividade e nas atividades diárias (Frota; Schiffer, 2006). O conforto térmico é influenciado por fatores como a temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do ar e pela radiação térmica (Kulka, 2014).

Segundo Paula (2004), quando o ser humano está em equilíbrio com o ambiente ele sente a sensação de conforto, e não precisa recorrer a nenhum mecanismo de termorregulação. Além disso, Bartholomei (2003) explica que o conforto térmico é influenciado pelo equilíbrio térmico do corpo humano, que pode ser afetado por fatores ambientais e pessoais.

As alterações climáticas têm se tornado uma ameaça para o conforto térmico urbano, principalmente pela ausência da vegetação, o que gera a incidência direta da radiação solar nas construções, e essa radiação retorna ao meio externo sob a forma de calor (Bartholomei, 2003).

Estudos sobre conforto térmico são indispensáveis para entender os efeitos do clima e obter respostas às variações climáticas, além de corroborar para o desenvolvimento de ambientes termicamente mais agradáveis.

5.6 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto é definido como um conjunto de atividades que permite obter informações de objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato com eles, essa técnica envolve detecção, aquisição e análise da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres (Moraes, 2002). Além disso, através do uso de sensores é possível captar informações na região termal do espectro eletromagnético, facilitando a identificação da paisagem.

As técnicas de sensoriamento remoto evoluíram nas últimas décadas, sendo hoje uma ferramenta indispensável para estudos relacionados ao clima. De acordo com Liu (2006), os rápidos avanços tecnológicos de sistemas e sensores de satélites tornaram as resoluções espaciais e espectrais mais refinadas. Satélites militares e

comerciais possuem hiperespectrais de imagem de alta resolução, como o *Moderate Resolution Imaging Spectrodiometer* (MODIS).

Através da figura 3 é possível observar a captação de imagens pelo satélite da superfície terrestre. observa-se o sol iluminando a superfície terrestre, essa energia proveniente do sol é refletida pela superfície, onde é captada e registrada pelo sensor.



Figura 3– Obtenção de imagem por sensoriamento remoto.

Fonte: Florenzano (2011).

As resoluções de imagens são divididas em quatro tipos: a resolução espacial é a capacidade do sensor distinguir objetos em função do tamanho, resolução espectral é definida pelo número de bandas, resolução radiométrica determina dados através de nível de cinza, resolução temporal relacionado ao período de revisita (Florenzano, 2011).

5.6.1 Missão Landsat - *Land Remote Sensing Satellite*

A Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA) lançou a série Landsat, um programa de satélites de sensoriamento remoto, na década de 1960 (EMBRAPA, 2023). O Programa Landsat consiste em uma série de missões de

satélite de observação da Terra gerenciadas conjuntamente pela NASA e pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos – EUA (USGS).

A série Landsat é um conjunto de satélites de sensoriamento remoto que fornecem imagens da superfície terrestre. De acordo com Wulder *et al.* (2022), o Landsat possui dados hospedados no Google Earth Engine categorizados por sensor, nível de processamento e produto.

Ainda segundo os autores esses dados têm contribuído para estudos nas mais diversas áreas científicas e de aplicação. Como por exemplo cobertura e uso da terra, agronomia ou agricultura, silvicultura, recursos hídricos, ecologia, biodiversidade e meteorologia.

De acordo com Masek *et al.* (2020), o Landsat-9 foi lançado em 27 de setembro de 2021 da missão de observação da Terra da Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA) / Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Considerado quase um clone do quase clone do satélite Landsat 8, o Landsat 9 fornecerá melhorias na qualidade dos dados para ambos os instrumentos (OLI-2 e TIRS-2) e, em conjunto com o Landsat 8, proporcionará dados de mais alta qualidade com revisitas globais terrestres e costeiras de 8 dias.

Já o satélite Landsat-8 possui dois sensores que fornecem cobertura sazonal da massa terrestre global, são eles o *Operational Land Imager (OLI)* e o *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*. O sensor *Operational Land Imager (OLI)* gera imagens multiespectral de média resolução espacial, em uma órbita sincronizada com o sol (705 km de altitude) com um ciclo de repetição de 16 dias. O sensor possui um campo de visão de 15 graus (aproximadamente 185 km). Além disso, possui 9 bandas e é co-registrado com o sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) que possui duas bandas espectrais. A distância terrestre para OLI é de 30 m para o TIRS é de 100 m (Montanaro *et al.*, 2014).

Os dados do projeto Landsat estão disponíveis gratuitamente e são de alta qualidade, o que torna uma ferramenta valiosa para pesquisadores, e cidadãos que buscam entender e monitorar o estado do planeta.

5.7 Impactos ambientais no uso e ocupação da terra

Segundo a Resolução Conama 01 (BRASIL, 1986), impacto ambiental é a alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente,

causada por atividades humanas que, diretamente ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.

Os impactos ambientais passaram a crescer em ritmo acelerado ocasionando alterações no meio ambiente. De acordo com Peres (2011) as cidades brasileiras têm apresentado problemas provenientes do uso e da ocupação indevidos do espaço urbano, principalmente em relação aos recursos naturais. Segundo Patel; Indraganti; Jawarneh (2023) a expansão urbana tornou-se um importante acelerador para mudanças crescentes no uso e ocupação do solo. Essa dinâmica desenfreada gera efeitos negativos em todo o mundo.

O uso inadequado do solo, juntamente com as atividades antrópicas ocasionam problemas ambientais e seus efeitos podem ser diretos, como desmatamento, queimadas, poluição e erosão e degradação do solo, ou indiretos, por meio de alterações climáticas e perda de biodiversidade. Tais impactos podem ser severos e abranger problemas como a perda de terras agrícolas, destruição de habitats naturais e migração populacional (Targa, 2011).

A fim de mitigar tais impactos, é de suma importância a adoção de práticas sustentáveis, tais como preservar florestas, aplicar métodos agrícolas sustentáveis, e elaborar planos de uso do solo ambientalmente corretos. Essas práticas são importantes para proteger o meio ambiente e garantir um futuro ecologicamente equilibrado.

6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

6.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado na área urbana de Humaitá-AM (-07° 30' 22" S ' e 63° 01' 15" W), na região sul do Amazonas (Figura 3). O município faz parte do Bioma Amazônico, representado pela floresta tropical, possui extensão territorial de 33.111,129 km² e população estimada em 57.473 habitantes de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022). De acordo com a Classificação Climática de *Thornthwaite* realizada por Martins *et al.* (2023), a cidade de Humaitá-AM apresenta um clima classificado como B 4 WA'a', considerado um clima úmido. A temperatura do ar varia entre 27°C e 25,6°C, com precipitação média anual de 2079,9 mm (Martins, 2019). A região apresenta um período sazonal onde o período seco ocorre entre os meses de junho a setembro, o chuvoso de novembro a abril, e, os meses de transição maio e outubro (Pedreira Junior *et al.*, 2018).

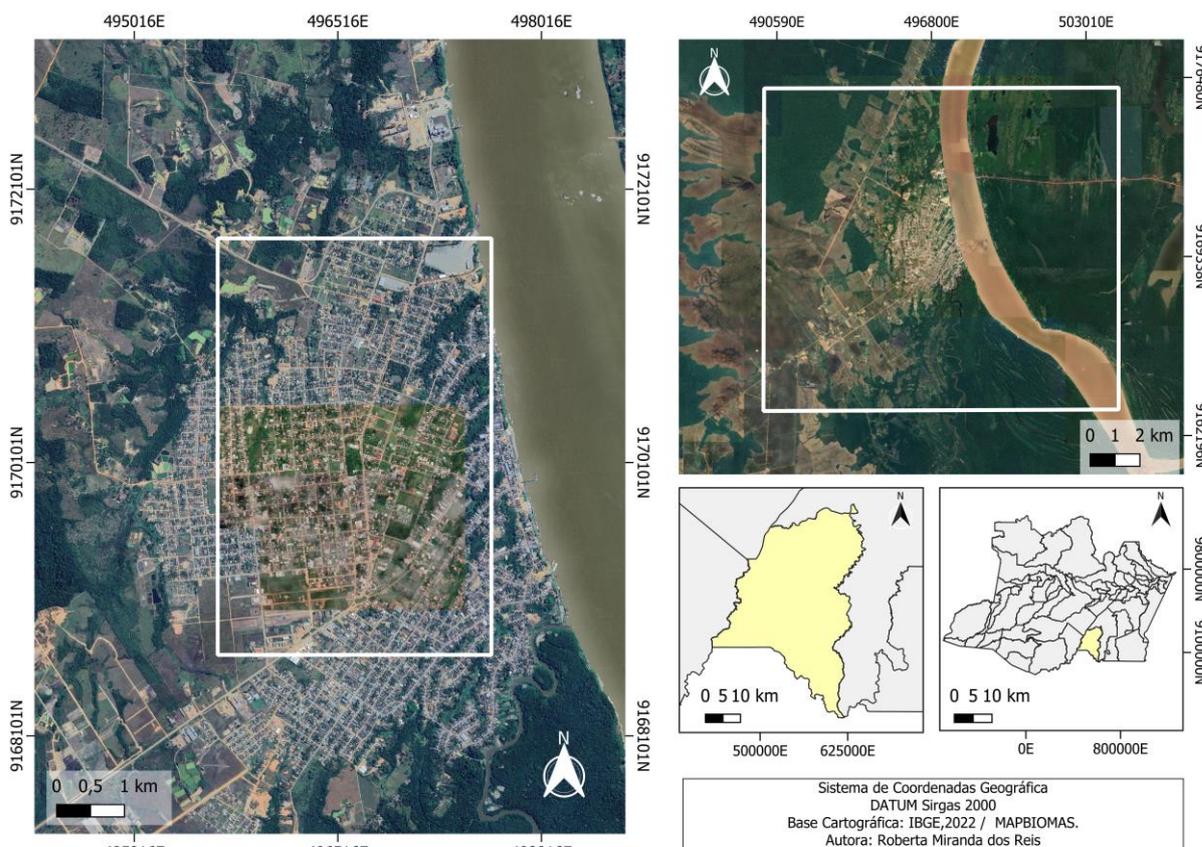


Figura 4 – Localização do município de Humaitá – AM e área de estudo.

Fonte: Autora (2023).

6.2 Coleta e Análise dos Dados

Os dados de uso e ocupação do solo foram obtidos por meio da base cartográfica digital do Projeto MapBiomias em formato raster, coleção 08, referentes aos anos de 1985, 2017, 2013 e 2022. A escolha dos anos analisados neste trabalho, justifica-se a partir da instalação de polos educacionais e da base militar em Humaitá-AM. A manipulação dos dados foi realizada no *software* livre QGIS (*versão* 3.28.12), sendo adotada projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum SIRGAS 2000 e zona 20S.

Utilizou-se o código de classe legenda da coleção 8 para a nomeação das classes adquiridas no MapBiomias. A classificação foi dividida em oito classes, tais como: Formação florestal, formação savânica, floresta alagável, campo alagado, formação campestre, pastagem, área urbanizada e rio e lago. Para a obtenção da área pertencente a cada classe, utilizou-se a tabela de atributos, onde se calculou a área em km² e a porcentagem que cada classe possui. Depois de realizada a divisão de classes, utilizou-se do gradiente de cores do código de classe legenda, de modo a padronizar todos os mapas.

6.2.1 Landsat-8

Com relação à análise da temperatura de superfície, as imagens do satélite Landsat-8 foram utilizadas para estimar a temperatura de superfície (Ts), por meio de bandas que operam na região do infravermelho termal. Os dados foram adquiridos através da plataforma Google *Earth Engine* (coleção: LANDSAT/LC08/C02/T1_L2) para o período de 2013, 2017 e 2022. Após a aquisição das imagens, foi realizado o pré-processamento incorporando critérios de qualidade, como aplicação de filtros de cobertura de nuvens ($\leq 10\%$), com o intuito de eliminar valores distorcidos. Os sensores *OLI/TIRS* do Landsat-8 fornecem conjuntos de dados da temperatura da superfície com a reflectância superficial corrigida atmosféricamente, fornecendo medidas mais precisas das características da superfície capturada.

6.2.2 ERA-5 Land

Os registros horários de temperatura do ar (T_{ar}), pressão de superfície e umidade relativa foram obtidos a partir do produto de reanálise ERA5 – Land, apresentando uma resolução espacial de $0.1^\circ \times 0.1^\circ$. Esses dados estão acessíveis no site da *Climate Copernicus* (<https://climate.copernicus.eu/>), abrangendo o mesmo intervalo temporal das imagens fornecidas pelo Landsat-8. O conjunto de dados do ERA5-Land constitui uma expansão dos sistemas de assimilação da reanálise climática ERA5, proporcionando uma representação contínua e coesa da evolução dos parâmetros que compõem o sistema terrestre do ERA5.

6.2.3 Estimativa da Temperatura do Ar

A temperatura do ar (T_{ar}) foi estimada por meio de uma abordagem integrativa utilizando dados de temperatura da superfície urbana obtida através do Landsat 8. Essa abordagem visa gerar estimativas consistentes, que permitam avaliar a variação térmica nesta região. Cada pixel de temperatura da superfície, pressão de superfície e umidade relativa passou por um processo de regressão linear múltipla, a fim de estabelecer uma relação robusta entre essas variáveis e estimar a temperatura do ar na região através das imagens do Landsat 8. Essa abordagem pixel a pixel proporciona uma análise mais detalhada e localizada, considerando as características específicas de cada ponto na área de estudo. Neste contexto, a temperatura do ar (T_{ar}) é estimada por meio da Equação 1.

$$T_{ar} = a \cdot T_s + b \cdot P_s + c \cdot UR + d \quad (1)$$

Onde:

T_{ar} é a temperatura do ar em graus Celsius, T_s é a temperatura da superfície, P_s é a pressão de superfície, UR é a umidade relativa, a , b e c são os coeficientes angulares associados a cada variável, d é o coeficiente linear, representando o termo constante da equação. Essa equação integra as contribuições individuais de cada variável, resultando em uma estimativa mais precisa da temperatura do ar para cada ponto na região, considerando as influências simultâneas da temperatura da superfície, pressão de superfície e umidade relativa.

6.2.4 Índice de Desconforto Térmico (IDT)

Para analisar o nível de conforto e desconforto térmico foi utilizado o índice bioclimático conhecido como índice de desconforto de Thom – IDT (Thom, 1959). De acordo com Santos (2011), esse índice descreve a sensação térmica que uma pessoa experimenta em um ambiente, levando em consideração as variações das condições climáticas.

A fórmula proposta por Thom (1959) para a obtenção do índice de desconforto (ID) é expressa na equação (2):

$$IDT = T - (0,55 - 0,0055 UR)(T - 14,5) \quad (2)$$

Onde:

IDT é o Índice de Desconforto Térmico;

T é a Temperatura (°C);

R é a umidade relativa (%).

Para caracterização do nível de desconforto térmico, utilizou-se a tabela de classificação para latitudes médias desenvolvida por Giles *et al.* (1990), adaptada por Santos (2011) para regiões tropicais. Após a estimativa do IDT foram calculadas as médias mensais para cada ano e posteriormente classificadas conforme apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom (IDT).

Faixa	IDT (°C)	Nível de desconforto térmico
1	< 24	Confortável
2	24 ≤ IDT < 26	Parcialmente confortável
3	26 ≤ IDT < 28	Desconfortável
4	IDT ≥ 28	Muito desconfortável

Fonte: Santos (2011) Adaptado pela autora (2023).

6.2.5 Análise Estatística

O parâmetro estatístico utilizado para comparar as médias da temperatura entre os anos estudados foi o teste não paramétrico de *Mann-Whitney*, também conhecido como teste U. Este teste é usado para comparar duas amostras independentes. Além disso, o teste é utilizado quando as amostras são pequenas e não apresentam uma distribuição normal. A fórmula para calcular a estatística U no teste de *Mann-Whitney* é expressa na Equação (3).

$$U = n_1 \times n_2 + \frac{n_1 \times (n_1 + 1)}{2} - R_1 \quad (3)$$

Onde:

n_1 e n_2 são os tamanhos das amostras dos dois grupos;

R_1 é a soma dos postos do primeiro grupo.

Neste contexto, realizou-se a análise das distribuições espaciais dos dados de temperatura da superfície no ano de 2013, comparando-os com a distribuição correspondente em 2022. Adicionalmente, foi empregado o teste de *Kruskal-Wallis* e o subsequente teste *post-hoc* de *Dunn* para uma análise mais detalhada das diferenças nas temperaturas de superfície considerando todos os pixels nas imagens do Landsat-8 entre os anos de 2013, 2017 e 2022. Essa metodologia estatística adicional permite uma compreensão mais aprofundada das variações térmicas, destacando padrões e diferenças estatisticamente significativas entre os anos analisados.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 Uso e Cobertura da terra (1985 - 2022)

Na figura 4, são apresentados os mapas de classificação de uso e cobertura da terra referente ao intervalo temporal de 1985 a 2022, na cidade de Humaitá-AM. No cenário de 1985, é notável que as áreas de floresta predominavam, ocupando a extensa maioria do território circundante a cidade. Entretanto, ao longo do período analisado, verifica-se uma redução de 21,626% dessas áreas, destacando-se particularmente nas regiões oeste e sul. Esta evolução temporal revela transformações expressivas no padrão de uso do solo, indicando alterações significativas na cobertura vegetal, as quais demandam uma análise mais aprofundada para compreensão dos fatores desencadeadores e potenciais impactos ambientais associados a tais modificações.

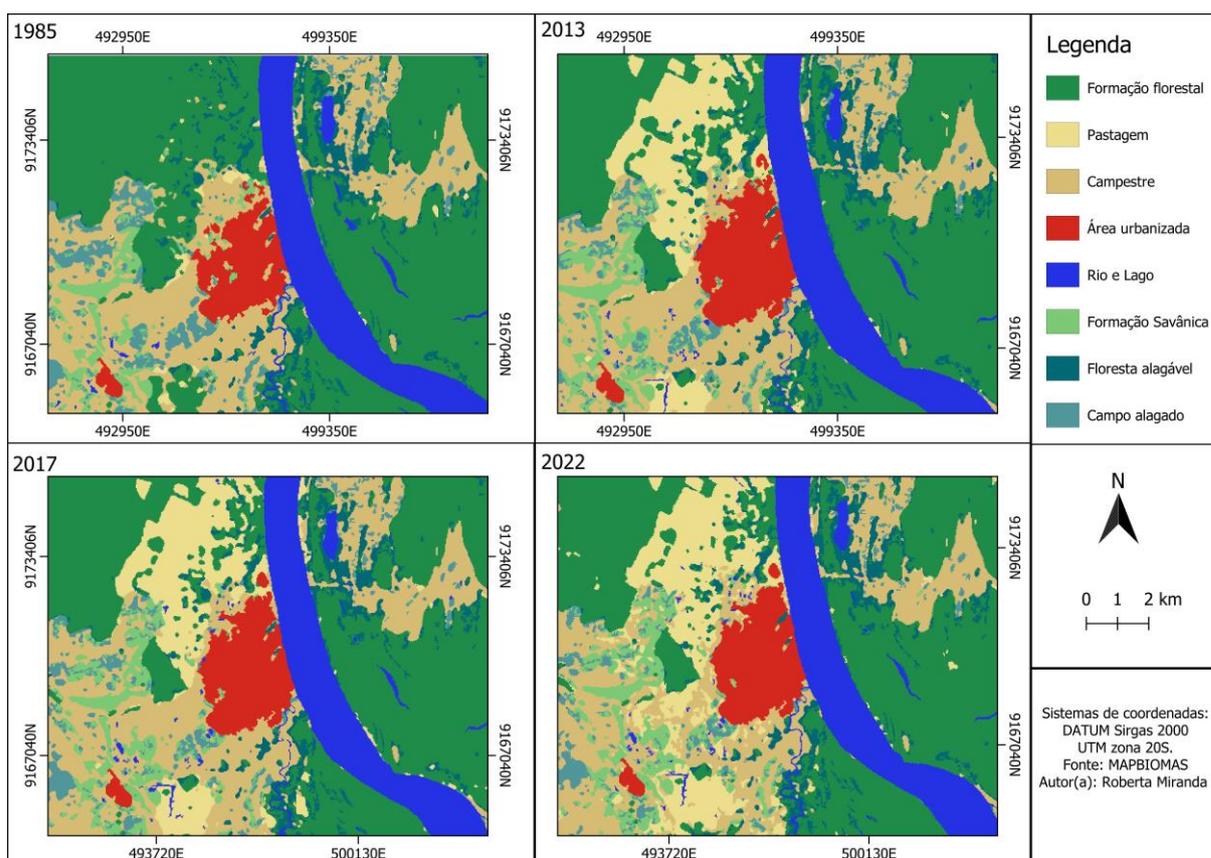


Figura 5 – Mapa de uso e cobertura da terra em Humaitá-AM para os anos de 1985, 2013, 2017 e 2022.

Fonte: Autora (2023).

No contexto de 2013, destaca-se o elevado aumento das áreas de pastagem de 15,219%, especialmente na região oeste da cidade de Humaitá-AM. Este crescimento, entretanto, está essencialmente associado à conversão de áreas anteriormente florestadas em novos espaços destinados à pecuária. Esta realidade apresenta uma tendência alarmante diante dos custos elevados associados à recuperação de pastagens degradadas. Pois, os custos substanciais vinculados a esse processo tornam-se economicamente inviáveis, tornando assim, a estratégia de desmatamento como meio de incremento de rentabilidade e otimização dos processos econômicos (Amend; Santos; Mattos, 2011).

No cenário de 2017, além da contínua expansão das áreas de pastagem (16,825%), observa-se um aumento 1,628% das áreas urbanizadas. Já entre aos anos de 2017 a 2022, houve uma redução das áreas de floresta de 12,150%. Além disso, surge a presença de diferentes usos da terra, incluindo formações savânicas, florestas alagáveis, campos alagados, rios e lagos, que, contudo, não exibem transformações expressivas entre os anos de 1985 e 2022.

Através da tabela 2, destaca-se o crescimento e redução das classes estudadas no intervalo de 1985 a 2022. Em relação às formações florestais, verifica-se uma transição ao longo de todo o período, evidenciando um declínio total de 21,626%. Este declínio, é resultado tanto do constante crescimento da área urbana, que registra um aumento de 32, 121%, quanto do incremento das áreas destinadas à agricultura e à pecuária. Estes tipos de atividades antrópicas demandam a remoção parcial da cobertura florestal e proporcionam impactos significativos no uso e cobertura da terra da região (Macedo e Teixeira 2009). Já a expansão das áreas de pastagens ao longo dos anos analisados revelou um crescimento de 1401,93% ao longo do período de avaliação.

Tabela 2 – Uso do solo e cobertura da terra em quilômetros quadrados (km²) e Taxas de transição (%) no município de Humaitá-AM, mesorregião do sul do Amazonas.

Classe	Extensão territorial (km ²) 1985	Extensão territorial (km ²) 2013	Extensão territorial (km ²) 2017	Extensão territorial (km ²) 2022	Mudança (km ²) 1985-2022	Taxas de Transição (%)
Formação florestal	76, 949	70,904	68,648	60,307	-16,641	-21,626
Formação savânica	6, 826	8,283	8,925	9,689	2,863	41,949
Floresta alagável	9, 710	10,267	9,665	9,374	-0,336	-3,460

Campo alagado	10, 407	7,152	6,220	6,381	-4,026	-38,688
Campestre	41, 857	38,773	38,584	36,125	-5,732	-13,694
Pastagem	1, 494	16,713	19,525	22,435	20,941	1.401,931
Área urbanizada	7, 358	9,476	9,630	9,721	2,363	32,121
Rio e lago	17, 862	20,263	20,634	18,767	0,905	5,067

FONTE: Autora (2023).

7.2 Variabilidade da temperatura de superfície na cidade de Humaitá-AM

A Tabela 2 apresenta os valores de temperatura de superfície, incluindo os mínimos, máximos, médias e desvios padrão para os meses de junho a setembro nos anos de 2013, 2017 e 2022. Destaca-se que o ano de 2017 registrou a temperatura média mais elevada, atingindo 40,97°C, com valores extremos de 48,23°C (máximo) e 30,05°C (mínimo). Em contraste, o ano de 2022 apresentou uma média de 38,85°C, com temperatura máxima e mínima de 44,79°C e 30,04°C, respectivamente. O ano de 2013, por sua vez, teve uma média de 37,16°C, com valores extremos de 43,91°C (máximo) e 29,81°C (mínimo). Além disso, o ano de 2017 evidenciou uma maior variabilidade nos valores da temperatura de superfície, como indicado pelo desvio padrão de 2,26. Em contrapartida, em 2013, observa-se uma menor discrepância nos valores do desvio padrão, que foi de 2,07.

Tabela 3– Valores estatísticos da temperatura na superfície: mínimo, máximo, médio e desvio padrão para os anos.

Ano	Média (°C)	Máximo (°C)	Mínimo (°C)	Desvio Padrão
2013	37,16	43,91	29,81	2,07
2017	40,97	48,23	30,05	2,26
2022	38,85	44,79	30,04	2,09

FONTE: Autora (2023).

Especialmente, ao empregar o teste U de *Mann-Whitney* para comparar os diferentes anos, observou-se uma diferença estatisticamente significativa nas distribuições dos dados de temperatura da superfície. A análise revelou predominantemente um aumento estatisticamente significativo (valor $p < 0,05$) na temperatura da superfície durante o período de estudo. Este aumento de temperatura foi particularmente destacado nas regiões do extremo nordeste e

sudoeste do perímetro urbano da área de estudo, evidenciando um incremento acentuado, com uma diferença relativa percentual máxima de até 20%. Vale ressaltar que a maior parte dessa variação relativa percentual se concentrou em torno de um aumento de aproximadamente 6% em grande porção da área de estudo (Figura 6A). Em contrapartida, ao explorar a distribuição anual por meio do teste de *Kruskal-Wallis* e do subsequente teste post-hoc de Dunn, identificou-se diferença estatisticamente significativa entre todos os anos analisados. Especificamente, o ano de 2017 sobressaiu-se, exibindo temperaturas da superfície consideravelmente superiores em comparação com os demais anos (Figura 6B). Essa discrepância sugere uma variação anômala que merece investigação adicional.

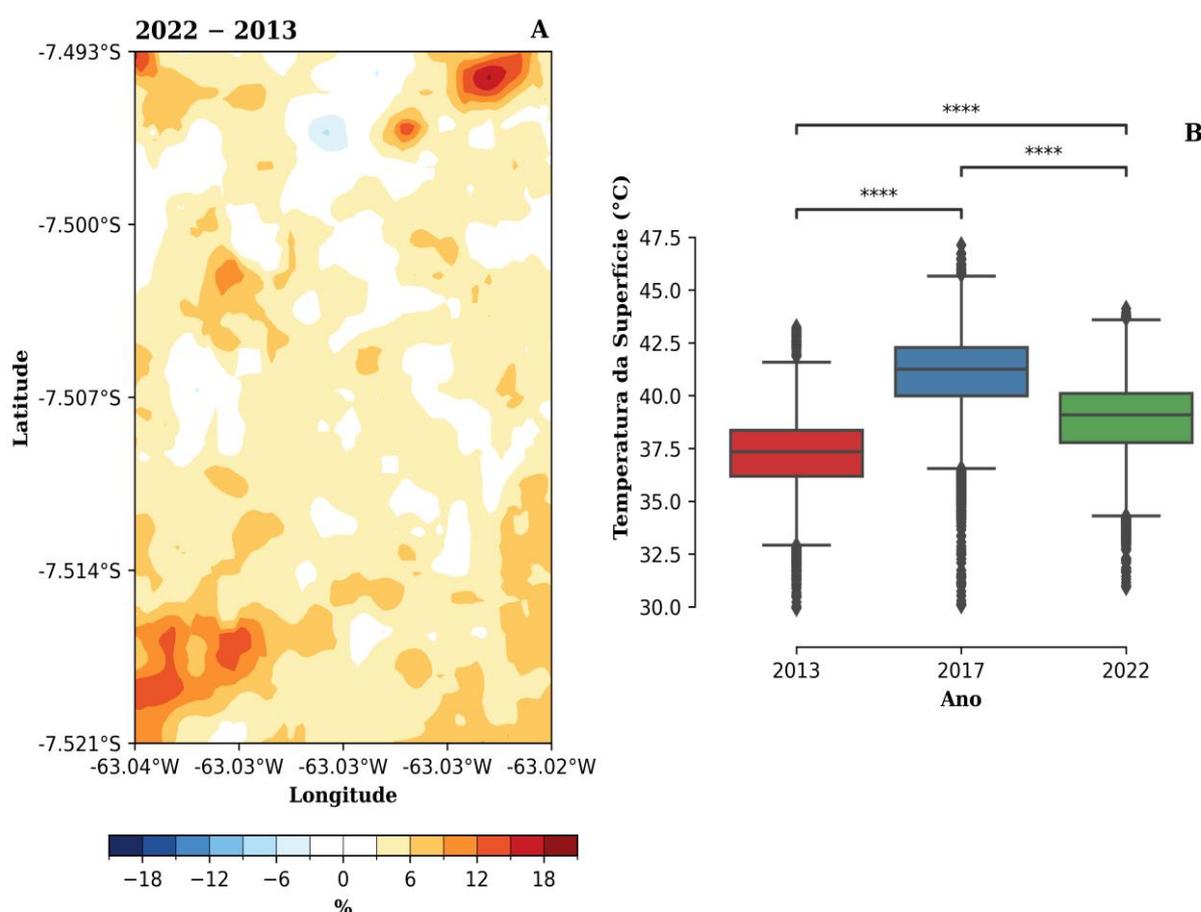


Figura 6 –(A) Ilustração da diferença relativa percentual entre as temperaturas médias do ano de 2022 e as temperaturas do ano de 2013. (B) Apresentação do boxplot das médias de cada ano analisado, com destaque para as diferenças estatísticas indicadas pelos testes de *Kruskal-Wallis* e *post-hoc* de *Dunn*.

FONTE: Autora (2023).

O aumento da temperatura de superfície na ocorreu provavelmente por uma combinação de fatores como queimada, variabilidade climática natural e o desmatamento. O desmatamento é um dos principais contribuintes para o aquecimento global. Ele promove um desequilíbrio climático ao remover a vegetação, que desempenha um papel importante no controle das temperaturas e na manutenção de um ciclo hidrológico regular. A remoção da vegetação reduz a capacidade da atmosfera de reter umidade, o que leva à diminuição das chuvas e ao aumento das temperaturas (Dietrich; Almeida, 2020).

Na Figura 7, é apresentada a espacialização da temperatura de superfície (T_s) com resoluções espaciais de 30 m no perímetro urbano de Humaitá-AM. Ao analisar as imagens comparativas, destaca-se que, entre os anos estudados, os valores mais baixos de temperatura foram registrados em 2013, os valores mais baixos de temperatura foram registrados em 2013, enquanto os valores mais elevados foram observados em 2017.

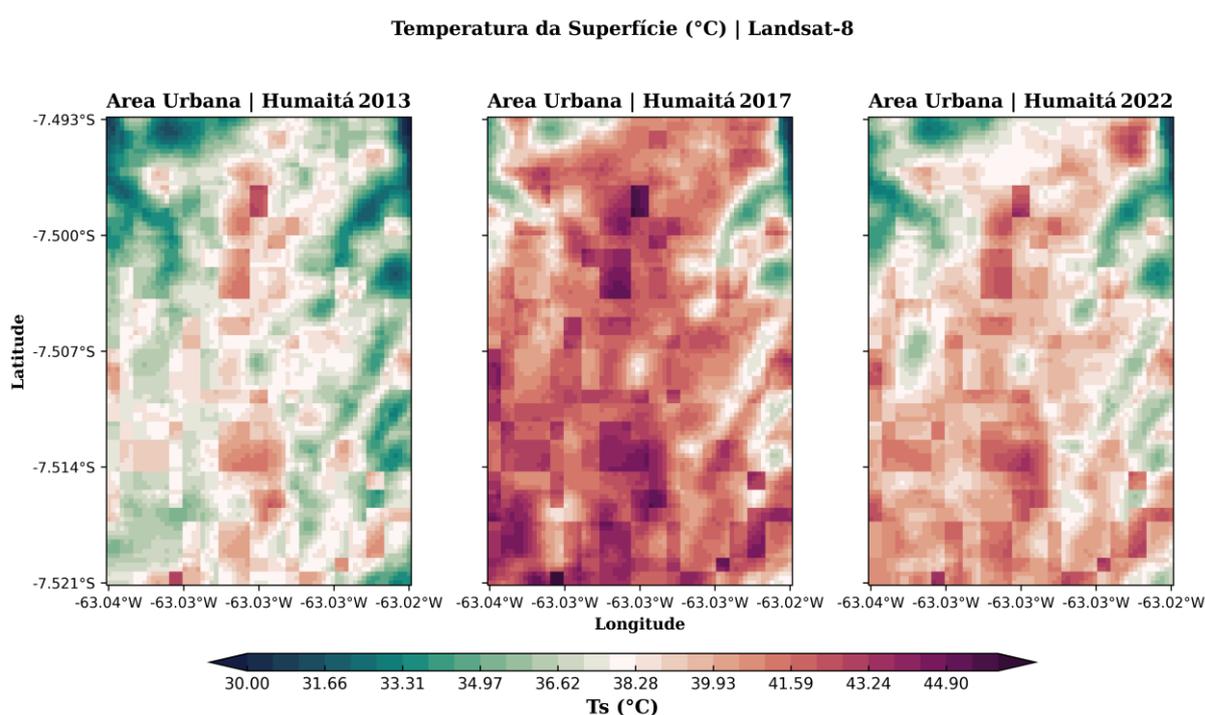


Figura 7 - Temperatura da superfície no município de Humaitá-AM para os anos de 2013, 2017 e 2022.

FONTE: Autora (2023).

As temperaturas mínimas, observadas em regiões arborizadas, podem ser explicadas em relação ao balanço de energia. As árvores desempenham um papel

crucial na modulação do fluxo de calor radiativo, atuando como obstáculos efetivos à radiação solar, inibindo, assim, o acúmulo térmico e implicando em diminuição da temperatura da superfície (Shinzato, 2009). O tipo de cobertura do solo exerce significativa influência nas variações térmicas e nos índices de albedo. Conforme evidenciado por Pavão *et al.* (2015), às áreas urbanas apresentam os valores mais elevados tanto de albedo quanto de temperatura. Este fenômeno se deve à capacidade peculiar das superfícies pavimentadas em conduzir e absorver a radiação solar, característica que se diferencia substancialmente da resposta observada em áreas com cobertura vegetal.

A presença de vegetação implica em aumento da umidade superficial, conforme ressaltado por Gomes; Santos e Almeida (2013). Por outro lado, em locais urbanizados, com menor cobertura vegetal, a supressão da vegetação resulta na diminuição do calor latente, promovendo o aumento do calor sensível e, conseqüentemente, contribuindo para o aquecimento mais intenso do ar adjacente à superfície, culminando no aumento da temperatura.

As faixas em tons de vermelho claro no mapa representam temperaturas intermediárias, oscilando entre aproximadamente 38,28°C e 41,59°C, refletindo a influência da vegetação nesse intervalo. Já as áreas em tons de vermelho escuro, conforme a escala, indicam temperaturas superiores a 43,24°C, predominantemente localizadas nas áreas centrais do município, onde a presença de vegetação é reduzida. Resultados similares foram identificados por Pavão *et al.* (2017) em Humaitá-AM, correlacionando as temperaturas mais elevadas com a região central da cidade. Por outro lado, as amplitudes térmicas acentuadas, conforme apontado por Sousa e Ferreira (2012), podem ser justificadas pela substituição de superfícies naturais por materiais urbanos, como asfalto, concreto e impermeabilização do solo. Esses materiais alteram de forma substancial as propriedades radiativas e térmicas da área urbana, contribuindo para variações térmicas mais pronunciadas.

7.3 Temperatura do Ar (Tar)

A Figura 8 mostra a distribuição da temperatura do ar (Tar) na área urbana da cidade de Humaitá-AM. A área urbana de Humaitá-AM demonstra temperaturas mais elevadas, fenômeno atribuído a uma série de características inerentes às áreas urbanas. Dentre essas características, destacam-se a presença de superfícies

asfaltadas e de concreto, materiais que possuem a capacidade de absorver e reter calor, contribuindo assim para o aumento significativo da temperatura local. Além disso, observa-se que, em algumas regiões, a temperatura do ar não segue estritamente o padrão da temperatura da superfície, indicando uma relação complexa entre essas variáveis. Isso sugere que a variabilidade da temperatura do ar pode ser influenciada por fatores e variáveis adicionais.

A presença de outros elementos como vegetação e padrões de vento, pode contribuir para a complexidade desse cenário, influenciando de maneira não linear a distribuição térmica na atmosfera urbana. Por outro lado, a incorporação de outras variáveis por meio da modelagem (regressão linear múltipla), pode oferecer percepções valiosas ao estimar a temperatura do ar no perímetro urbano. No entanto, é importante ressaltar que tais abordagens podem apresentar inconsistências e devem ser interpretadas com cautela. A integração de diversas variáveis requer estudos mais aprofundados para compreender adequadamente as interações complexas entre os diferentes elementos que influenciam a temperatura do ar em ambientes urbanos.

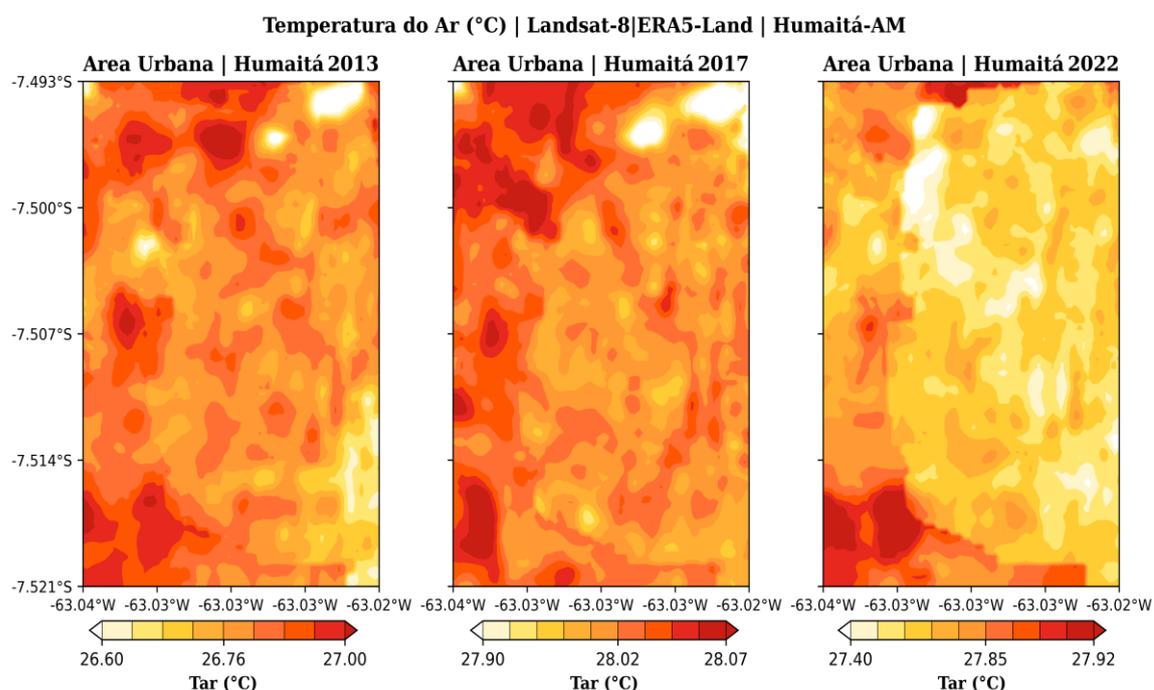


Figura 8 – Variabilidade da Temperatura do ar na cidade de Humaitá-AM para os anos de 2013, 2017 e 2022.

FONTE: Autora (2023).

A escala do mapa abrange um intervalo de 26,60°C a 28,07°C, onde tons mais claros denotam temperaturas mais baixas e tons mais escuros indicam temperaturas mais elevadas (Figura 8). A análise dos dados mostra que não houve grande variabilidade da temperatura do ar na área urbana de Humaitá-AM ao longo dos anos analisados. Contudo, conforme apontado por Nobre *et al.* (2009), essa variação é considerada normal, sendo justificada pela relativa estabilidade da temperatura média do ar ao longo das estações, dada a elevada incidência de radiação solar ao longo do ano e a proximidade com o equador.

A temperatura do ar desempenha um papel crucial na avaliação do conforto térmico humano, como evidenciado pelos dados de Pereira (2022), onde o autor realizou um estudo abrangendo o período de 2016 a 2020 em Humaitá-AM, constatando pequenas variações anuais na temperatura do ar, situando-se entre 27°C e 28°C, com agosto e setembro destacando-se como os meses mais quentes. No entanto, Martins (2019), ao analisar uma década de dados em Humaitá-AM, reporta uma média de temperatura do ar (Tar) com variação de 27,5°C, evidenciando a complexidade e a necessidade de análises longitudinais para compreender as tendências térmicas em contextos urbanos.

7.3.1 Índice de desconforto térmico (IDT)

O Índice de Desconforto Térmico (IDT), conforme definido por Giles *et al.* (1990), sugere uma sensação térmica desconfortável na área de estudo apenas a partir de 27°C. No entanto, uma adaptação do IDT realizada por Santos (2011) para áreas tropicais indica desconforto a partir de 26°C. Essa discrepância aparentemente pequena, de apenas 1°C, revela-se significativa, especialmente na cidade de Humaitá-AM.

Desta maneira, os cálculos da sensação térmica, utilizando o Índice de Desconforto (IDT), para os valores da temperatura máxima nos anos de 2013, 2017 e 2022, mostraram que os valores de IDT situam-se acima de 24°C e abaixo de 28°C.

A Figura 9, a tonalidade amarela indica as regiões onde a sensação térmica é de desconforto, caracterizando-se por condições em que as pessoas podem sentir calor extremo e encontrar dificuldade para realizar atividades físicas. As áreas destacadas em laranja representam regiões onde a sensação térmica é de

desconforto moderado, ou seja, locais nos quais as pessoas podem sentir calor e experimentar dificuldade de concentração. Por outro lado, as áreas identificadas em cor roxa representam as regiões onde a sensação térmica é considerada confortável, indicando locais nos quais as pessoas não percebem extremos de calor ou frio.

Observa-se ainda que as sensações induzidas pelo Índice de Desconforto Térmico, conforme ilustrado na Figura 9 para os anos de 2013, 2017 e 2022, de acordo com a classificação adotada permaneceram na faixa dois, com sensação de parcialmente confortável (Tabela 1).

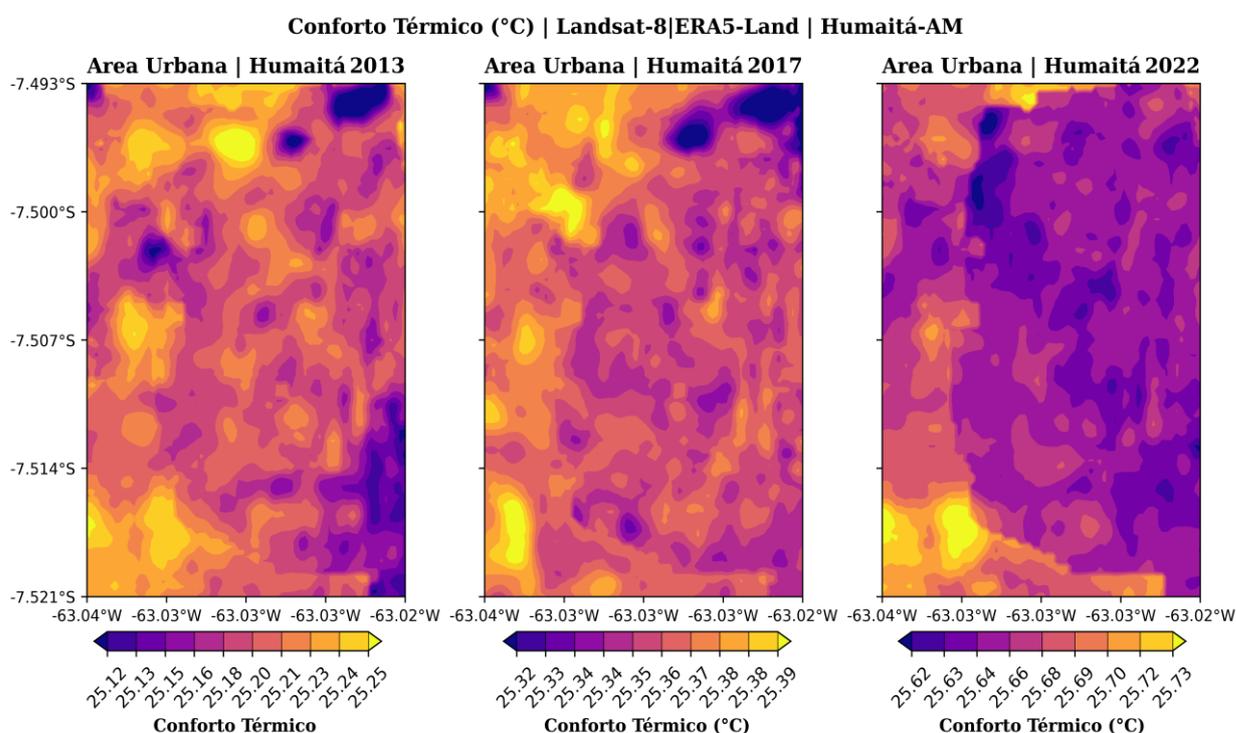


Figura 9 – Índice de Desconforto Térmico para o período de 2013, 2017 e 2022 em Humaitá-AM.

FONTE: Autora (2023).

Neste contexto, a variabilidade dessas sensações térmicas é influenciada por fatores como a incidência direta da radiação solar na superfície, a diminuição da cobertura de nuvens e a baixa velocidade do vento (Medeiros, 2019). Essa constatação ressalta a importância desses elementos na avaliação das condições térmicas percebidas, destacando a necessidade de considerar fatores climáticos específicos ao interpretar o desconforto térmico em uma determinada região.

8. CONCLUSÃO

Ao longo dos anos estudados, observou-se transformações no uso da terra na cidade de Humaitá-Am, com a substituição da vegetação nativa por sistemas agrícolas e áreas urbanizadas. Verificou-se uma redução de 21,626% nas áreas de formação florestal, uma expansão de 32,121% da área urbanizada e um crescimento de 1.401,931% de área de pastagem, indicando a intensificação da pecuária.

A análise da temperatura da superfície revelou um aumento consistente em sintonia com o padrão das mudanças no uso da terra, evidenciando o impacto direto do desenvolvimento urbano nas condições térmicas. A temperatura apresentou um aumento entre 2013 e 2022, com maior amplitude em 2017 chegando a 40,97°C. Além disso, áreas com maior cobertura vegetal apresentaram temperaturas mais baixas, enquanto que locais urbanizadas apresentaram temperaturas mais elevadas, evidenciando um aumento com uma diferença relativa percentual máxima de até 20%.

A temperatura do ar de acordo com os resultados obtidos mostra que não houve grande variabilidade da temperatura do ar na área urbana de Humaitá-AM ao longo dos anos analisados, apresentando valores anual entre 27°C e 28°C. Em relação ao índice de desconforto térmico, observou-se que não houve diferenças significativas entre os anos estudados, caracterizando sensação de parcialmente confortável. Esses resultados ressaltam a importância não apenas de considerar as variações de temperatura, mas também de contemplar outros fatores climáticos na avaliação do conforto térmico.

A abordagem integrada, que combinou dados de sensoriamento remoto e parâmetros climáticos, forneceu uma compreensão abrangente das mudanças ambientais em Humaitá-AM. Os resultados contribuem para a formulação de políticas públicas e estratégias de adaptação às mudanças climáticas em áreas tropicais.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENDA 2030. ODS – Objetivos de desenvolvimento sustentável. 2015. Disponíveis em: < <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2023.

_____. ODS – Objetivos de desenvolvimento sustentável 3. Disponível em: < <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/3>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2023.

_____. ODS – Objetivos de desenvolvimento sustentável 11. Disponível em: < <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2023.

_____. ODS – Objetivos de desenvolvimento sustentável 15. Disponível em: < <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/15>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2023.

ABADIAS, I. M. *et al.* Identificação dos principais impactos ambientais ocasionados pelo manejo da pecuária no município de Humaitá–Am. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 664-682, 2020.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 8. ed. **Rio de Janeiro**: Bertrand Brasil, 2002. 179 p.

AMEND, M; SANTOS, A. S; MATTOS, L. **Subsídios para a pecuária e a conservação da floresta: estimativas para o município de Humaita, Amazonas**. 2011. V. 1. 23 p. Disponível em:<<https://www.conservation-strategy.org/publication/subsidios-para-pecuaria-e-conservacao-da-floresta-estimativas-para-o-municipio-de>> Acesso em : 07. dez. 2023.

BARTHOLOMEI, C. L. B. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. 2003. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Faculdade de Engenharia Civil Campinas, São Paulo.2003. Disponível em: < <https://bv.fapesp.br/pt/dissertacoes-teses/75450/influencia-da-vegetacao-no-conforto-termico-urbano-e-no-ambi>> Acesso em: 08. dez. 2023.

BIAS, E. S.; BAPTISTA, G. M. M.; LOMBARDO, M. A. Análise do fenômeno de ilhas de calor urbano, por meio da combinação de dados Landsat e Ikonos. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 11, p.1741-1748, 2003. Disponível:<http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/09.12.18.52/doc/14_005.pdf>Acesso em: 08. nov. 2023.

BRASIL. Resolução Conama n. 01, de 23 de janeiro de 1986. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. **Diário Oficial da União**, 17 fev. 1986.

CALLEJAS, I. J. A. *et al.* **Avaliação temporal do balanço de energia em ambientes urbanos na cidade de Cuiabá-MT**. 2012.242f. Tese (doutorado).

Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental-Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Cuiabá, 2012.

CAMMALLERI, C. Vogt, J. On The Role of Land Surface Temperature as Proxy of Soil Moisture Status for Drought Monitoring in Europe. **REMOTE SENSING**, v. 7, n. 12, pág. 16849-16864, 2015.

CAMPOS, J. L.; Silva, M. A.; Silva, R. M. Análise do clima urbano em Goiânia-GO. **Revista Brasileira de Climatologia**, v 1, 1-12. 2003.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S.; **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo. Oficina de textos, p. 197-212. 2009.

CHAUL, J. C. M. Impacto da urbanização na saúde: o caso de Goiânia. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v.16, p. 77-90. 1999.

COLTRI, P. P. **Influência do uso e cobertura do solo no clima de Piracicaba, São Paulo: análise de séries históricas, ilhas de calor e técnicas de sensoriamento remoto**. 2006. 167f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Fitotecnia (PPG Fitotecnia) da USP/Esalq. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2006.

COX, E. P. **Interação entre Clima e Superfície Urbanizada: o caso da cidade de Várzea Grande/MT**.2008. 142 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) do Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente. Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Cuiabá.2008.

DACANAL, C.; LABAKI, L. C.; SILVA, T. M. L. Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 2, p. 115-132, 2010.

PAULA, R. Z. R. **A influência da vegetação no conforto térmico do ambiente construído**. 2004.119f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2004.

DIETRICH, L. J.; ALMEIDA, N. M. Desmatamento da Amazônia, impactos ambientais e desafios para a espiritualidade cristã: responsabilidade mundial para uma ecologia integral. **Franciscanum. Revista de las Ciencias del Espíritu**, v. 62, n. 173, p. 7-7, 2020.

LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat>> Acesso em: 18. dez. 2023.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. 2 ed. Oficina de Textos. São Paulo, 2006. 908p.

FAUSTO, A. C.; Silva, J. M.; Silva, M. M. O sensoriamento remoto em escala regional: uma ferramenta para o planejamento e gestão ambiental. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 66. N. 3. P. 629-642. 2014.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3 ed. Oficina de Textos. São Paulo, 2011.128p.

FROTA, A. B.; Schiffer, S. R. **Manual de conforto térmico**. 7 ed. Studio Nobel. São Paulo. 2006. 243p.

GALUCH, M. V.; MENEZES, T. C. C. Da reforma agrária ao agronegócio: notas sobre dinâmicas territoriais na fronteira agropecuária amazônica a partir do município de Apuí (Sul do Amazonas). **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 28, n. 2, p. 388-412, 2020.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. 1 ed. São Paulo Oficina de textos, 2011. 244p.

GARTLAND, L. The role of vegetation in surface temperature dynamics in the Amazon rainforest. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 49, p. 2279-2294. 2010.

GILES, B.D.; Balafoutis, C. H. The Greeks Heatwaves of 1987 and 1988. **International Journal of Climatology**, v.10, p. 505 – 517, 1990

GOMES, Heliofábio Barros et al. Balanço de radiação em diferentes biomas no estado de São Paulo mediante imagens Landsat 5. **Geosciences= Geociências**, v. 28, n. 2, p. 153-164, 2009.

GOMES, L. C. F.; Santos, C. A. C. D.; Almeida, H. A. D. Balanço de energia à superfície para a cidade de Patos-PB usando técnicas de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 1, p. 015-028. 2013.

GOMES, S. O.; Lima, V. N.; Candeias, A. L. B.; Silva, R. R. Uso e cobertura dos solos de Petrolândia utilizando MAPBIOMAS. In: **Anais. XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e do XXVI Expositocarta**. Rio de Janeiro/RJ, 2017. p. 805-808.

HUANG, Q. *et al.* Quantifying the seasonal contribution of coupling urban land use types on Urban Heat Island using Land Contribution Index: A case study in Wuhan, China. **Sustainable Cities and Society**, v. 44, p. 666-675, 2019

IBGE. **Instituto brasileiro de geografia e estatística**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/humaita/panorama>>. Acesso em 18 de dez. de 2023.

LEITE, S.P.; SILVA, C.R.; HENRIQUES, L.C. Impactos ambientais ocasionados pela agropecuária no Complexo Aluízio Campos. **Revista Brasileira de Informações Científicas**. v.2, n.2, p.59-64. 2011.

MACEDO, M. A. DE; TEIXEIRA, W. Sul do Amazonas, nova fronteira agropecuária? O caso do município de Humaitá. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Natal. **Anais**. Natal: INPE, 2009. p. 5933–5940.

MACHADO, T. C. E. *et al.* Avaliação do uso e ocupação das áreas de preservação permanente nos anos de 2008 e 2013 na zona urbana de Humaitá, Amazonas. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 15, n. 2, p. 744-750, 2018.

MARTINI, A.; BIONDI, D. Microclima e conforto térmico de um fragmento de floresta urbana em Curitiba, PR. **Floresta e Ambiente**, v. 22, p. 182-193, 2015.

MARTINS, P. A. D. S. *et al.* Variabilidade espaço-temporal de variáveis climáticas na mesorregião sul do Amazonas. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 2, p. 169-184, 2019.

MARTINS, P. A. S. *et al.* Updating of the Köppen and Thornthwaite and Mather (1955) climate classification system for the Southern Amazonas. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 43, p. 191137-191137, 2023.

MASEK, J. G. *et al.* Landsat 9: Empowering open science and applications through continuity. **Remote Sensing of Environment**. v. 248, p. 111968, 2020.

MEDEIROS, R. M. Sensações térmicas do período de 1977-2016 em Teresina-PI, Brasil. **Formação (Online)**, v. 26, n. 49, p. 235-258. 2019.

MONTANARO, M. *et al.* Stray light artifacts in imagery from the Landsat 8 Thermal Infrared Sensor. **Remote Sensing**, v. 6, n. 11, p. 10435-10456, 2014.

MONTEIRO, J. C. R.; HEYER, L. F.; ARIDE, P. H. R.; OLIVEIRA, A. T.; PANTOJALIMA, J.; SANTOS, S. M. Descrição da Temperatura e Umidade Relativa do Ar em distintas localidades da cidade de Manaus com diferentes geometrizações e espacialidades urbanas nos bairros do Parque Dez, Nova Cidade e bairro Centro - Manaus/Am. **IGAPÓ - Revista de Educação Ciência e Tecnologia do IFAM**, v. 10, n. 1, p. 25-45. 2016.

MORAES, E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. v. 1. São José dos campos: INPE, 2002. 23p.

NAKATA-OSAKI, C. M.; SOUZA, L. C. L.; RODRIGUES, D. S. Impacto da geometria do cânion urbano na intensidade de ilha de calor noturna: análise através de um

modelo simplificado adaptado a um SIG. **Ambiente Construído**, v. 16, p. 73-87, 2016.

NOBRE, C. A.; Marengo, J. A.; Sampaio, G. A.; Cochrane, M. A. (2009). The Amazon in transition: Deforestation and climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1528), 2929-2945.

NOBRE, C.; Marengo, J.; Sales, J. Climate change in the Amazon and its impacts. **Science**, v368. n. 6492, p.1356-1359. 2020.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. 2 ed. Londres: Routledge, 2002. 464 p.

PATEL, S.; INDRAGANTI, M.; JAWARNEH, R. N. Uma revisão sistemática abrangente: Impacto do uso/cobertura da terra (LULC) nas temperaturas da superfície da terra (LST) e no conforto térmico externo. **Construção e Meio Ambiente**, p. 111130, 2023.

PEDREIRA JUNIOR, A. L.; QUERINO, C. A. S.; K. A. S. QUERINO, J.; SANTOS, L. O. F.; MOURA, A. R. M.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Variabilidade horária e intensidade sazonal da precipitação no município de Humaitá – Am. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 22, p. 463-475, 2018.

PEREIRA, R. M. **Climatologia e conforto térmico do espaço urbano**: Um estudo de caso do município de Humaitá-AM, entre 2016 a 2020. 2022.61 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Amazonas. Humaitá. 2022.

PEREIRA, A.; Alvarez, R.; Nobre, C.; Marengo, J. Urban heat island in the Brazilian Amazon: A review. **Journal of Climate**, v.32 n. 2. p. 889-911.2019.

PERES, R. B. Uso e ocupação do solo e impactos ambientais urbanos. **Cadernos do Cescar**. São Carlos: Gráfica e Editora Futura, p. 173-183, 2011.

PAVÃO, V. M. *et al.* Temperatura e albedo da superfície por imagens TM Landsat 5 em diferentes usos do solo no sudoeste da Amazônia brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16. p. 169 -163. 2015.

PAVÃO, L. L. *et al.* Distribuição Espaço-Temporal da Temperatura Superficial Urbana no Sul do Amazonas. **RAEGA-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 42, p. 210-224, 2017.

ROMERO, M. A. B. *et al.* **Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas**. 1 ed. Brasília: Editora ETB.2019. 151p.

SANTOS, J. S. **Campo térmico urbano e a sua relação com o uso e cobertura do solo em uma cidade tropical úmida**. 2011. 108 f. Tese (Doutorado). Campina

Grande. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

SANTOS, R. A. S. **Indicadores de sustentabilidade ambiental urbana–ISAU-UFBA/SEI: potencialidades e limitações a partir de sua aplicação para a cidade do Salvador–BA.**121f. 2009. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação Engenharia Ambiental Urbana. Universidade Federal da Bahia. Salvador. 2009.

SAYDELLES, A. P. *et al.* **Estudo do campo térmico e das ilhas de calor urbano em Santa Maria-RS.** 2005. 219f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2005.

SILVA, V. V.; ARAÚJO, J. D. N.; LIMA, L. A. P. O AGRONEGÓCIO E AS TRANSFORMAÇÕES NA FRONTEIRA NO SUL DO AMAZONAS. In: XIX Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia (ANPEGE), João Pessoa. **Anais.** 2021. P. 1-13 Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/77836>>. Acesso em: 27. dez. 2023

SILVA, D. J. F. **Estudo do balanço de radiação à superfície no bioma caatinga com diferentes densidades.** 2022. 105f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande. 2022.

SIQUEIRA, R. V. *et al.* **Estimativa da temperatura de superfície na região metropolitana de Goiânia por meio de imagens Landsat e previsão de temperaturas para períodos posteriores.** 2015. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia do Meio Ambiente. Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, Goiânia. 2015.

SOUSA, Silvio Braz de; FERREIRA, Laerte Guimarães. Análise da temperatura superficial em ambientes urbanos: um estudo baseado em meu conhecimento sensorial no município de Goiânia, Goiás (2002–2011). **Confins. Revista Franco-Brasileira de Geografia/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 15, 2012. Disponível em:<<http://journals.openedition.org/confins/7631>>. Acesso em: 27 dez. 2023

SHINZATO, P. **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos.** 2009. 173 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo-Universidade de São Paulo. São Paulo. 2009.

STEINKE, V. A.; STEINKE, E. T.; SAITO, C. H. Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimento em Planaltina-DF. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 6, p. 37 – 56. 2010.

TARGA, M.S. (2011). **Vazão de projeto em bacias hidrográficas rurais com áreas em declive**. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais. Universidade de Taubaté - UNITAU, Repositório Eletrônico Ciências Agrárias p. 1 - 20, 2011.

Teste de Man-Whitney, Universidade Federal de São Carlos - UFSC. Disponível em: <https://www.inf.ufsc.br/~vera.carmo/Testes_de_Hipoteses/Testes_nao_parametricos_Mann-Whitney.pdf>. Acesso em: 07. dez. 2023.

TOMÁS, Denis Dorighello; LOMBARDO, Magda Adelaide. Concentração de vapor d'água na atmosfera de áreas urbanas, São Paulo/Brasil. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 11, n. 25, p. 153-167, 2012.

VECCHIA, F. A. S.; TECH, A. R. B.; NEVES, G. Z. F. **Climatologia dinâmica: conceitos, técnicas e aplicações**. 1 ed. São Carlos: RiMa Editora, 2020. 288 p.

WULDER, M. A. *et al.* Fifty years of Landsat science and impacts. **Remote Sensing of Environment**, v. 280, p. 113195, 2022.