



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**



LUCIOMAR DA SILVA ALMEIDA FILHO

**ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS E
ILHAS DE CALOR URBANAS EM COARI - AM**

Manaus – AM
2025



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**



LUCIOMAR DA SILVA ALMEIDA FILHO

**ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS E
ILHAS DE CALOR URBANAS EM COARI - AM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEOG) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Espaço, Território e Ambiente. Linha de Pesquisa: Domínios da Natureza na Amazônia.

Orientadora: Dr^a. Natacha Cintia Regina Aleixo

Manaus – AM
2025

Ficha Catalográfica

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

A447z Almeida Filho, Luciomar da Silva
Zonas climáticas locais e ilhas de calor urbanas em Coari - AM /
Luciomar da Silva Almeida Filho . 2025
162 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Natacha Cintia Regina Aleixo
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do
Amazonas.

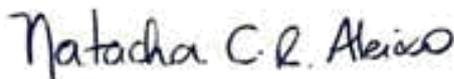
1. Clima urbano. 2. Amazônia. 3. Mudança climática. 4.
Modelagem. I. Aleixo, Natacha Cintia Regina. II. Universidade
Federal do Amazonas III. Título

FOLHA DE APROVAÇÃO

Luciomar da Silva Almeida Filho

ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS E ILHAS DE CALOR URBANAS EM COARI - AM

Dissertação aprovada como requisito à obtenção do título de Mestre, curso de Mestrado em Geografia, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Filosofia, Ciências Humanas e Sociais da Universidade Federal do Amazonas, pela seguinte banca examinadora:



Prof^ª. Dr^ª. Natácha Cintia Regina Aleixo

Orientadora – Departamento de Geografia – IFCHS/UFAM



Prof^ª. Dr^ª Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

Membra externa – Departamento de Geografia – FCT/UNESP Presidente Prudente



Prof^ª. Dr^ª Mircia Ribeiro Fortes

Membra interna – Departamento de Geografia – IFCHS/UFAM

Manaus, 24 janeiro de 2025.

Dedico a todas as pessoas que vivem Coari em sua plenitude.

AGRADECIMENTOS

Ao concluir a escrita da dissertação me dei conta do quão importante é a rede de apoio para a realização de um trabalho acadêmico e fica a lição de que a jornada acadêmica é solitária, mas jamais pode ser entendida como individual, assim, agradeço:

À minha mãe, Lidia Pereira Bentes, que sempre encantada a cada novo passo foi quem mais incentivou e se fez presente inclusive no financiamento de parte desta pesquisa. Ao meu pai, Luciomar da Silva Almeida, que permeado por suas ausências esteve presente para mostrar que o caminho do estudo e da solidariedade é um importante meio de transformação.

Ao Kelyan Anjos, meu companheiro de vida, que nos bastidores é onde encontro as palavras de conforto, afago e puxões de orelha, que mesmo durante minhas ausências escolheu ficar e me apoiar. Na maioria das vezes foi o único com quem pude contar e se no futuro nossos caminhos divergirem, saiba que parte das minhas conquistas são suas também.

À professora Natacha Aleixo, minha orientadora, a primeira pessoa a enxergar potencial em mim ainda no 2º período da graduação, me incentivou na pesquisa sempre aconselhando e se alegrando a cada novo passo e conquistas. Sua orientação sem dúvida é peça fundamental para os caminhos trilhados na graduação e no mestrado e nos demais que hei de percorrer na academia e no mercado de trabalho, muito obrigado!

Aos amigos que fiz na UFAM, alguns desde a graduação acompanham e partilham dos dramas da academia e que tornaram a jornada do mestrado menos tensa, muito obrigado Sara Martins, Larissa Santos, Wellington Nascimento, Letícia Oliveira, Odemar Carmo Filho, Emilly Lima e Kenya Sousa.

Ao Ernando pela ajuda com a coleta de dados na cidade de Coari. À Dona Elzilene Carmo e ao seu filho Eduardo do Carmo que no meu primeiro campo ajudaram sem pedir nada em troca.

Deixo um agradecimento a pessoas muito especiais que tive o prazer de cruzar nessa caminhada enquanto estive em Presidente Prudente que ajudaram no amadurecimento da minha pesquisa e da minha pessoa, obrigado amigos da “Casa da Geo” que me receberam como parte do grupo: Magno Carvalho, Eduardo Araújo, Igor Sousa e Jéssica Mendes.

Agradeço aos amigos do GAIA: Luis Araújo, Giovan Teixeira, Monique Teixeira, Húrbio Rodrigues, Giovanna Angeli e Gustavo Henrique por me receberem no seu ambiente e pelas trocas pessoais e profissionais durante a rotina na sala do Gaia.

Agradeço também a Raisa Regala, Janaina Silva, Rafaela Ferreira, Glenda Rodrigues, Lais Lopes, Milena Silva, Arthur Massagardi, Fernando Almeida (O Jandira) e Samarane Barros pelas ajudas, trocas, conversas e risadas.

Aos professores Danielle Teixeira, Margarete Amorim e Tadeu Tommaselli pelas preciosas contribuições a minha pesquisa durante a disciplina de Teoria e Método em Climatologia Aplicada ao Ambiente.

Às professoras Mírcia Fortes e Margarete Amorim pela disposição e contribuições nas bancas de qualificação e defesa do mestrado.

Ao professor João Cândido, professor do departamento e membro do Hidrogeo, pelos conselhos, alertas e trocas durante conversas nas disciplinas da graduação e da pós-graduação sobre os campos e metodologias usadas nesta pesquisa.

Um agradecimento ao professor Rogério Marinho, que ao final da graduação me convidou para ser apoio técnico em um projeto de pesquisa, o que me permitiu experiência acadêmica e aprendizados em um grupo multidisciplinar e ao mesmo tempo dedicação ao pré-projeto de mestrado sem sair do ambiente do departamento.

À professora Paola Verri Santana, pela ajuda com os textos sobre a cidade de Coari, a sua preocupação em digitalizar os capítulos impressos foi de grande valia enquanto eu estava longe da UFAM.

À Universidade Federal do Amazonas (UFAM), minha *alma mater*, pela ajuda de custo oferecida para os campos realizados na pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela manutenção do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFAM.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo financiamento da bolsa de mestrado por meio do POSGRAD que me permitiu dedicação exclusiva à pesquisa.

Ao Laboratório de Hidrogeografia, Climatologia e Análise Ambiental da Amazônia (HIDROGEO), pelos equipamentos usados na pesquisa e pelas trocas durante conversas descontraídas com os colegas de departamento.

Por fim, um agradecimento ao povo brasileiro, em especial aos amazonenses, porque por meio dos seus impostos e das políticas de acesso e permanência estudantil tive a oportunidade de estudar em uma Universidade pública, gratuita, de qualidade, socialmente referenciada.

Nossa Terra está doente
Enfermidade recorrente
E junto adoece a fauna e a flora
A cosmologia, o mito dos povos tradicionais
Herança dos nossos ancestrais virando pó
Pelo poder da ganância
A procura de minerais

Nosso brado é resistência
Contra a violação
Combatemos a cobiça, a ignorância
De quem abomina o próprio chão
Nosso espírito, nosso corpo
A essência desse povo
Guerra! Vamos proteger a Terra!
Contra a sede do poder

Quilombolas, ribeirinhos, pescadores
Pedindo prudência
(Somos guerreiros, cabanos e índios)
(Num canto de resistência)
Intimidados de braços cruzados
Meu povo não vai ficar
Com unhas e dentes iremos lutar

É a luta de Paulinho Guajajara
De Davi Kopenawa, de Naílton Pataxó
De Chicão Xucuru
É a batalha de Raoni, Ajuricaba
De Francisca e Maroaga
Da Maninha Xucuru, do povo azul

Terra mãe, no colo de mãe
Tem cura de mãe
Perder nossa Terra
É perder nossa mãe

Mãe Terra, nossa alma
Mãe Terra, nosso corpo
Mãe Terra, nossa vida
Nosso tesouro
Vale mais do que ouro

***Toada: Terra: Nosso corpo, nosso espírito
Boi Bumbá Caprichoso***

ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS E ILHAS DE CALOR URBANAS EM COARI - AM

RESUMO

A cidade possui um papel definido a partir da relação que as sociedades estabelecem com a natureza em cada fase da história, em nossa época a evolução do capitalismo conferiu funções à cidade que fizeram-na representar o máximo de degradação possível que a sociedade urbano-industrial pode causar sobre o meio. A construção da cidade faz surgir fenômenos sociais e físicos que são específicos do ambiente urbano que é um sistema complexo que agrega uma infinidade de outros sistemas, dentre eles o sistema clima urbano. A ilha de calor urbana (ICU) é um fenômeno específico do clima urbano definido a partir da diferença de temperatura observada entre uma área construída/pavimentada com o entorno natural/vegetado e que possui implicações no conforto e saúde da população urbana, como a cidade é formada por um conjunto de superfícies climaticamente ativas em decorrência das propriedades físicas dos materiais construtivos empregadas na construção civil é possível classificar as superfícies a partir de características comuns. É a partir desse entendimento que surge o sistema de classificação das Zonas Climáticas Locais (Local Climate Zones – LCZ), criado para representar os tipos de cobertura da terra a partir das características do ambiente edificado e da cobertura da superfície que afetam o balanço de energia no ambiente urbano gerando o aquecimento característico da cidade. O objetivo deste trabalho é investigar as ilhas de calor na cidade de Coari, no Amazonas, integrando o mapeamento das LCZ nas análises. Dessa forma, a metodologia foi pensada para realizar a caracterização do sítio urbano, a classificação da paisagem por meio das LCZ e o diagnóstico da ilha de calor urbana em Coari, por meio de revisão sistemática e obtenção de dados primários com a técnica dos transectos móveis e dados secundários obtidos por sensoriamento remoto e de fontes institucionais para elaboração de gráficos análise rítmica, pranchas do sítio urbano, ilha de calor atmosférica e de superfície o que permitiu aplicação da modelagem estatística para espacialização da ICU. Os resultados demonstram que em Coari a produção do espaço urbano tem gerado ilha de calor de forte magnitude variando em função dos tipos de tempo e das classes de zonas climáticas locais mapeadas na cidade com uma diferença de temperatura do ar que chega a 4 °C e diferença de umidade relativa do ar que chega a 21% entre os pontos coletados. As zonas climáticas com construções compactas e pouca presença de vegetação (LCZ 2, LCZ 3, LCZ 3B e LCZ 8) são as mais aquecidas em comparação com as zonas em áreas com maior presença de vegetação e superfícies permeáveis. Portanto, o sistema de classificação foi importante ferramenta para descrição e entendimento do fenômeno da ilha de calor urbana em Coari, podendo ser utilizado para orientar uma ocupação do território que considere as potencialidades do lugar oferecendo melhores condições de conforto e adaptação.

Palavras-chave: Clima urbano; Amazônia; Mudança climática; Modelagem.

LOCAL CLIMATE ZONES AND URBANS HEAT ISLANDS IN COARI, AMAZONAS, BRAZIL

ABSTRACT

The city has a role defined by the relationship that societies establish with nature at each stage of history. In our time, the evolution of capitalism has given the city functions that have made it represent the maximum possible degradation that urban-industrial society can cause to the environment. The construction of the city gives rise to social and physical phenomena that are specific to the urban environment, which is a complex system that brings together a multitude of other systems, including the urban climate system. The urban heat island (UHI) is a phenomenon specific to the urban climate defined by the difference in temperature observed between a built/paved area and its natural/vegetated surroundings, which has implications for the comfort and health of the urban population. Since the city is made up of a set of climatically active surfaces as a result of the physical properties of the building materials used in construction, it is possible to classify surfaces based on common characteristics. It is from this understanding that the Local Climate Zones (LCZ) classification system arose, created to represent land cover types based on the characteristics of the built environment and the surface cover that affect the energy balance in the urban environment, generating the characteristic heating of the city. The aim of this work is to investigate heat islands in the city of Coari, in the state of Amazonas, Brazil, by integrating LCZ mapping into the analysis. In this way, the methodology was designed to characterize the urban site, classify the landscape by means of the LCZ and diagnose the urban heat island in Coari, by means of a systematic review and obtaining primary data using the mobile transect technique and secondary data obtained by remote sensing and from institutional sources for the preparation of rhythmic analysis graphs, maps of the urban site, atmospheric and surface heat island, which allowed statistical modelling to be applied to spatialize the UHI. The results show that in Coari the production of urban space has generated a heat island of strong magnitude, varying according to the types of weather and the classes of local climate zones mapped in the city, with a difference in air temperature of up to 4 °C and a difference in relative humidity of up to 21% between the points collected. Climate zones with compact buildings and little vegetation (LCZ 2, LCZ 3, LCZ 3B and LCZ 8) are the warmest compared to zones in areas with more vegetation and permeable surfaces. Therefore, the classification system was an important tool for describing and understanding the urban heat island phenomenon in Coari, and can be used to guide land use that takes into account the potential of the place, offering better conditions for comfort and adaptation.

Keywords: Urban climate; Amazonia; Amazon rainforest; Climate change; Modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vetores utilizados para estimativa das propriedades geométricas de Coari	32
Figura 2 – Anemômetro e Termo-higrômetro digitais utilizados no trabalho de campo	33
Figura 3 – Abrigo e equipamentos de campo utilizados nos transectos	34
Figura 4 – Câmera de infravermelho Flir C5	36
Figura 5 – Imagem termal e visual do ponto 18 – Vila Miguel em 22/09/2023	37
Figura 6 – Atmosfera urbana e as camadas de modificação da temperatura do ar.....	48
Figura 7 – Escalas climáticas e articulação com a atmosfera urbana.....	51
Figura 8 – Regiões climáticas locais de Londres conforme Chandler (1965).....	52
Figura 9 – UTZ para área central desenvolvida conforme Ellefsen (1990)	53
Figura 10 – Zona Climática Urbana conforme Oke (2004)	54
Figura 11 – Unidades climáticas na Bacia do Rio Aricanduva conforme Jardim (2007)	55
Figura 12 – Unidades topoclimáticas da Ilha do Governador – RJ conforme Fialho (2010)...	55
Figura 13 – Sistema de classificação por Zonas Climáticas Locais	57
Figura 14 – Ponte sobre o rio São Pedro em Coari, sem data	65
Figura 15 – Praça São Sebastião, Coari antiga na primeira metade do século XX.....	66
Figura 16 – Vista aérea de Coari, sem data	67
Figura 17 – Feira do produtor rural de Coari em 1994.....	68
Figura 18 – Província petrolífera de Urucu, Coari	68
Figura 19 – Imagens de satélite de Coari de 1985 a 2021	69
Figura 20 – Casas flutuantes na orla de Coari.....	70
Figura 21 – Diferenças de temperatura que formam os 4 tipos de ilhas de calor.....	74
Figura 22 – Fotografias térmicas em pontos de coleta tomadas às 13h do dia 22/09	108
Figura 23 – Fotografias térmicas em pontos de coleta tomadas às 13h do dia 22/09	108
Figura 24 – Fotografias térmicas em pontos de coleta tomadas às 20h do dia 22/09	109
Figura 25 – Áreas representativas da classe 2	122
Figura 26 – Zona Climática Local 2 em Coari	123
Figura 27 – Zona Climática Local 3 em Coari	124
Figura 28 – Áreas representativas da classe 3B	125
Figura 29 – Zona Climática Local 3B em Coari	126
Figura 30 – Áreas representativas da classe 6	127
Figura 31 – Zona Climática Local 6 em Coari	127
Figura 32 – Áreas representativas da classe 8	128
Figura 33 – Zona Climática Local 8 em Coari	129

Figura 34 – Zona Climática Local 9 em Coari	130
---------------------------------------------------	-----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Crescimento da população urbana no Brasil de 1950 a 2010.....	22
Gráfico 2 – Crescimento da população urbana de Coari de 1940 a 2010	25
Gráfico 3 – Normais climatológicas de Coari (1981-2010).	82
Gráfico 4 – Ritmo climático de setembro de 2023 na região de Coari	92
Gráfico 5 – Proporção dos parâmetros de cobertura da terra nas LCZs em Coari	132
Gráfico 6 – NDVI para as LCZs por período sazonal	134

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 – Síntese da metodologia da dissertação	28
Fluxograma 2 – Etapas da revisão sistemática	29

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Pontos de coleta dos Transectos Móveis em Coari-AM	35
Mapa 2 – Zonas Climáticas Locais em Coari - AM.....	87
Mapa 3 – Áreas de estudo das pesquisas sobre LCZ realizadas no Brasil de 2012 a 2024....	120
Mapa 4 – Áreas amostrais para as potenciais Zonas Climáticas Locais em Coari.....	131

LISTA DE PRANCHAS

Prancha 1 – Localização de Coari - AM.....	20
Prancha 2 – Dinâmica da cobertura da terra em Coari de 1985 a 2022	26
Prancha 3 – Variáveis independentes selecionadas para modelagem	40
Prancha 4 – Sítio urbano de Coari	85
Prancha 5 – Ilha de calor de superfície de Coari - AM	90
Prancha 6 – Temperatura do ar modelada em Coari de 17 a 23 de setembro às 7h	102
Prancha 7 – Temperatura do ar modelada em Coari de 17 a 23 de setembro às 13h	103
Prancha 8 – Temperatura do ar modelada em Coari de 17 a 23 de setembro às 20h	104
Prancha 9 – Intensidade da Ilha de Calor em Coari de 17 a 23 de setembro às 7h	105
Prancha 10 – Intensidade da Ilha de Calor em Coari de 17 a 23 de setembro às 7h	106
Prancha 11 – Intensidade da Ilha de Calor em Coari de 17 a 23 de setembro às 20h	107
Prancha 12 – Umidade Relativa do Ar modelada em Coari de 17 a 23 de setembro às 7h ...	112
Prancha 13 – Umidade Relativa do Ar modelada em Coari de 17 a 23 de setembro às 13h .	113
Prancha 14 – Umidade Relativa do Ar modelada em Coari de 17 a 23 de setembro às 20h .	114
Prancha 15 – Diferença da UR em Coari de 17 a 23 de setembro às 7h	115

Prancha 16 – Diferença da UR em Coari de 17 a 23 de setembro às 13h	115
Prancha 17 – Diferença da UR em Coari de 17 a 23 de setembro às 20h	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de correção da temperatura do ar medida no dia 22/09/2023 às 13h	36
Tabela 2 – Classes de intensidade da ilha de calor atmosférica	37
Tabela 3 – Exemplos de propriedades físicas de materiais urbanos e rurais.....	47
Tabela 4 – Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima	52
Tabela 5 – Propriedades geométricas e de cobertura da superfície para cada zona	58
Tabela 6 – Propriedades termiais, radiativas e metabólicas para cada zona	58
Tabela 7 – Condicionantes urbanos dos pontos de coleta	86
Tabela 8 – Total pluviométrico (mm) nos dias que antecederam o imageamento termal.....	89
Tabela 9 – Intensidade da ICU de Coari – Set/2023	94
Tabela 10 – Diferenças da Umidade Relativa do ar em Coari – Set/2023	96
Tabela 11 – Velocidade do vento em Coari – Set/2023	98
Tabela 12 – Valores de F para validação dos modelos de temperatura do ar.....	100
Tabela 13 – Classificação dos resíduos gerados para os modelos de temperatura do ar.....	101
Tabela 14 – Resíduos gerados nos modelos de temperatura do ar em Coari em °C	101
Tabela 15 – Valores de F para validação dos modelos de umidade relativa do ar	110
Tabela 16 – Classificação dos resíduos gerados para os modelos de temperatura do ar.....	110
Tabela 17 – Resíduos gerados nos modelos de umidade relativa do ar em Coari em %	111
Tabela 18 – Temperatura do ar (°C) modelada nas áreas amostrais de cada LCZ.....	132
Tabela 19 – Umidade Relativa do ar (%) modelada nas áreas amostrais de cada LCZ	133
Tabela 20 – Temperatura de superfície a partir das áreas amostrais de cada LCZ	134

ABREVIATURAS E SIGLAS

ABLE	Amazon Boundary Layer Experiments
AIDS	Acquired Immunodeficiency Syndrome
ALOS	Advanced Land Observing Sattelite
AM	Amazonas
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
ENOS	El Niño Oscilação do Sul
ETP	Evapotranspiração Potencial
FP	Frente Polar
IAUC	International Association for Urban Climate
ICU	Ilha de calor urbana
IDH	Índice de desenvolvimento humano
IFAM	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IST	Infecção Sexualmente Transmissível
IT	Instabilidade Tropical
MEAN	Massa de Ar Equatorial do Atlântico Norte
MEAS	Massa de Ar Equatorial do Atlântico Sul
MEC	Massa de Ar Equatorial Continental
NDVI	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada
NICFI	Iniciativa Internacional de Clima e Florestas da Noruega
OMM	Organização Mundial de Meteorologia
PALSAR	Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar
PBL	Planetary Boundary Layer
PET	Physiological Equivalent Temperature
PIB	Produto Interno Bruno
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento Humano
SCU	Sistema Clima Urbano
SEBAL	Surface Energy Balance Algorithm for Land
SEDECTI	Secretaria Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação
SIG	Sistema de Informação Geográfica

SIPAM	Sistema de Proteção da Amazônia
SPVEA	Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SUDAM	Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia
TMMMF	Temperatura Média no Mês Mais Frio
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
UBL	Urban Bondary Layer
UCL	Urban Canopy Layer
UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá
UR	Umidade Relativa do Ar
USGS	United States Geological Survey
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
WUDAPT	World Urban Database and Access Portal Tools
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
ZCL/LCZ	Zona Climática Local/ Local Climate Zone
ZFM	Zona Franca de Manaus

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	Coari, a Rainha do Solimões	18
2	PROBLEMÁTICA	21
3	JUSTIFICATIVA	23
4	OBJETIVO	27
4.1	Objetivos específicos.....	27
5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS	27
5.1	Revisão sistemática	28
5.2	Sítio Urbano.....	30
5.3	Zonas climáticas locais.....	30
5.4	Ilha de Calor Atmosférica.....	32
5.4.1	Transectos móveis	33
5.4.2	Modelagem espacial da ilha de calor.....	37
5.5	Ilha de Calor superficial e NDVI.....	41
5.6	Análise rítmica.....	43
6	O CLIMA URBANO	45
6.1	O urbano, a cidade e o seu clima	45
6.2	Sistemas de classificação climática em escala urbana.....	51
6.2.1	Zonas Climáticas Locais: definições e conceitos	56
6.3	Produção social do espaço e do clima urbano	60
6.4	Produção do urbano de Coari	63
7	O CAMPO TERMO-HIGROMÉTRICO DE COARI	72
7.1	Ilha de calor	73
7.2	Sistemas atmosféricos que atuam no clima da Amazônia	76
7.3	Variabilidade climática de Coari	81
7.4	O sítio urbano de Coari.....	82
7.5	Ilha de calor de superfície de Coari	88
7.6	Ilha de calor atmosférica de Coari: episódio de setembro de 2023	91
7.7	A modelagem espacial das ilhas de calor e ilhas secas de Coari.....	99
8	ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS	117
8.1	Zonas Climáticas Locais no Brasil	117
8.2	Zonas Climáticas Locais em Coari	121
8.3	Propriedades térmicas das zonas climáticas locais de Coari	130
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	136

10	REFERÊNCIAS	140
	APÊNDICE A – Equações de regressão geradas para os modelos analisados	156
	APÊNDICE B – Coeficientes de correlação e determinação da temperatura do ar	159
	APÊNDICE C – Coeficientes de correlação e determinação da umidade relativa	160
	APÊNDICE D – Artigos usados como amostra na revisão sistemática	162

1 INTRODUÇÃO

A humanidade tem enfrentado um cenário de mudanças ambientais que tem sido cada vez mais evidente a medida em que a frequência de extremos climáticos e meteorológicos têm aumentado. O sexto relatório do IPCC demonstrou que as atividades humanas causaram o aquecimento global, sendo a década 2011-2020 mais quente 1,09 °C do que 1850-1900. As emissões de gases do efeito estufa continuam a aumentar como resposta ao uso insustentável de recursos naturais, padrões de consumo e produção.

Em áreas urbanas a mudança do clima causa impactos na saúde humana, infraestrutura essencial e meios de subsistência, as temperaturas elevadas no globo se intensificam nas cidades. Se relacionam aos impactos negativos na saúde humana: as perdas econômicas, as interrupções de serviços e adversidades relacionadas ao bem estar social. Esses impactos são concentrados em pessoas marginalizadas econômica e socialmente (IPCC, 2023).

O crescimento das cidades está atrelado a transformações estruturais na relação da sociedade com o território, a evolução do capitalismo pode ser citada como principal condição para consolidação da urbanização como um processo que ocorre em escala mundial devido ao papel que as cidades vêm desempenhando em cada fase da história (Sposito, 1988).

O relatório mundial das cidades, publicado em 2022 pela ONU-Habitat, aponta que a população mundial será 68% urbana até 2050 indicando um futuro cada vez mais urbano. A pandemia da Covid-19 expos os desafios de se pensar uma transição para um futuro sustentável e políticas para tornar as cidades inclusivas e preparadas para choques.

A urbanização no Brasil ocorreu/ocorre de forma muito acelerada e desigual, sem uma clara perspectiva de planejamento, o que resultou em cidades com acentuada desigualdade socioeconômica e intensa degradação ambiental, sendo a atmosfera urbana uma das manifestações da relação integrada e contraditória entre sociedade e natureza (Mendonça, 2015). Em 2010, a população brasileira vivendo em cidades representava 84,36% do total de habitantes, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a ONU estima que em 2050 no Brasil essa taxa seja de 92,4%.

No contexto regional, na década de 80 as taxas de crescimento populacional da Região Norte do Brasil já eram superiores à média nacional, 50,2% das pessoas viviam em áreas urbanas, percentual que passou a ser de 73,5% no censo de 2010. Oliveira (1997) salientava a distribuição desigual da população, principalmente no Amazonas, onde Manaus concentra mais da metade dos habitantes do estado.

Intensas alterações nas paisagens são realizadas para dar lugar a cidade, o que altera o fluxo de energia do sistema natural antes existente, gerando um novo sistema que é fruto da relação entre sociedade e natureza, desencadeando uma série de fenômenos característicos interligados sistemicamente (Teobaldo Neto, 2019), criando assim um clima específico.

A ilha de calor urbana é o principal fenômeno característico da constituição de um clima urbano, em regiões de clima quente o fenômeno potencializa condições de desconforto térmico, estresse, mortalidade pelo calor excessivo, aumento dos custos com adaptação de ambientes e consumo de energia elétrica devido ao uso de ar-condicionado (Stewart; Oke, 2012).

Pesquisas realizadas no Brasil que analisam o campo térmico de áreas urbanas relacionando variáveis como temperatura do ar e umidade relativa do ar, a fim de apontar áreas suscetíveis ao desconforto térmico e também atrelar os diferentes usos e coberturas da terra que condicionam a constituição de anomalias, características do clima urbano, se apresentam em distintas localidades do país, pode-se citar as de Costa, 1998; Viana e Amorim, 2008; Camargo, et. al., 2002; Souza e Nery, 2011; Uchôa, 2011; Souza, 2012; Ugeda Junior e Amorim, 2011; Saraiva, 2014; Mota, 2017; Santos, 2018; Cardoso e Amorim, 2018; Tejas, 2019; Ribeiro, 2019; Benedetto, 2019; Monteiro, 2020; Lopes, 2021; Machado, 2023; e Barbosa, 2023.

No estado do Amazonas os estudos sobre o campo térmico e higrométrico compreendem os de Santos e Lima, 2013; Monteiro, et. al., 2014; Souza; Alvalá, 2014; Barbosa, et. al., 2015; Correa, et. al., 2016, realizados sobre Manaus, tendo as cidades interioranas poucos estudos relacionados, podendo ser citadas pesquisas realizadas em Coari, Humaitá, Tefé e Uarini que tiveram estudos realizados por Aguiar, 2002; Aleixo; Silva Neto, 2019; e Aleixo, et. al., 2021; Lopes, 2021; Mota, 2017; Tartari, et. al., 2015, respectivamente.

Um sistema urbano é composto de uma infinidade de superfícies climaticamente ativas que possuem uma gama de tecidos, cada um com suas características físicas específicas que incluem propriedades radiativas, térmicas, higrométricas e aerodinâmicas (Oke, et al., 2017). Estar ciente e compreender a intensa heterogeneidade da superfície urbana é parte fundamental no diagnóstico do clima urbano, uma vez que as ilhas de calor são orientadas pelas características do sítio e dos fatores geourbanos.

Para se avançar nas análises de clima urbano é imprescindível que não se considere a cidade como um todo homogêneo, a compreensão a partir do detalhamento das diferenças existentes na cobertura da terra é importante para compreensão da formação do clima que é resultado dos arranjos espaciais da cidade (Cardoso, 2015).

É nesse contexto de avanços para melhor diagnóstico de problemas do clima urbano é que a proposta das Zonas climáticas locais se torna relevante para o estudo de Ilhas de calor urbanas. A principal finalidade da aplicação é padronizar metadados locais para facilitar a comparação entre paisagens no intraurbano e entre cidades, possibilitando uma nova forma de quantificar a intensidade das ilhas de calor (Stewart; Oke, 2012).

A metodologia tem sido aplicada em estudos no Brasil com adaptações oferecendo resultados importantes na análise do clima local das cidades, os estudos de Masiero; Souza, 2014; Anjos, et al., 2020; Cardoso; Amorim, 2021; Frasca, et al., 2022; Hoppe, 2022, Cardoso; Amorim, 2018; Pinton, et al., 2021; Megda; Masiero, 2021; Writzl, et al, 2022; Pacifi, et al., 2019; Ferreira; Ugeda Junior, 2020; Pereira, et al., 2021; Zambonato, et al., 2021 aplicam as LCZs integradas a outras metodologias já consolidadas em estudos do campo térmico como o mapeamento da ilha de calor por transectos móveis, pontos fixos ou sensoriamento remoto.

Sendo assim, a aplicação da metodologia apresenta potencial para mapeamento dos ambientes climáticos da cidade porque o aumento da população urbana, acompanhado do crescimento da vulnerabilidade social, alerta para a necessidade de avanço em discussões e resoluções de problemas de clima urbano que são possíveis em termos de continuidade espacial (planejamento e gestão urbana) e aqueles que só serão resolvidos em termos de descontinuidade espacial (como a redução da desigualdade e da pobreza) (Camargo; Menotti; Amorim, 2002; Haesbaert, 2006).

Em Coari a identificação das potenciais LCZs pode fundamentar as pesquisas de clima urbano já realizados porque a cidade possui relevância estratégica no Amazonas do ponto de vista econômico e de produção por sua importância na rede urbana dada a partir da inserção de uma dinâmica econômica externa cujo desenvolvimento não implica desenvolvimento regional significativo uma vez que sua principal atividade econômica não agrega valor local e regionalmente (Schor; Costa, 2007).

1.1 Coari, a Rainha do Solimões

Coari é um município do estado do Amazonas que fica localizado no contexto geográfico do Médio Solimões distante cerca de 363 km da capital, situa-se a margem direita do rio Solimões-Amazonas e do Lago de Coari, o município possui uma área de 57.970,768 km² sendo limitado a leste por Anori, a sul por Tapauá, a oeste Maraã e Tefé e a norte por Codajás (Prancha 1) segundo informações do IBGE (2021).

Em 1971 o vice-presidente da república Almirante Augusto Rademaker em viagem pelo Amazonas ao realizar uma parada em Coari fez um discurso onde afirmou que a partir daquele momento Coari seria conhecida como a “Rainha do Solimões” pela pujança e desenvolvimento na época, também pela beleza natural do contexto em qual se insere e pelas condições promissoras de desenvolvimento (Goes, 2022; Lira, 2013).

A economia tradicional de Coari é baseada no cultivo de banana, malva, mandioca e castanha, a pecuária é representada pela criação de bovinos principalmente para consumo local sendo que o pescado é a principal fonte de alimentação da população (Coari, 2007). Porém, o setor de agropecuário diminuiu consideravelmente sua produção pelo êxodo rural bem como por doenças que afetaram principalmente a banana, principal produto exportado.

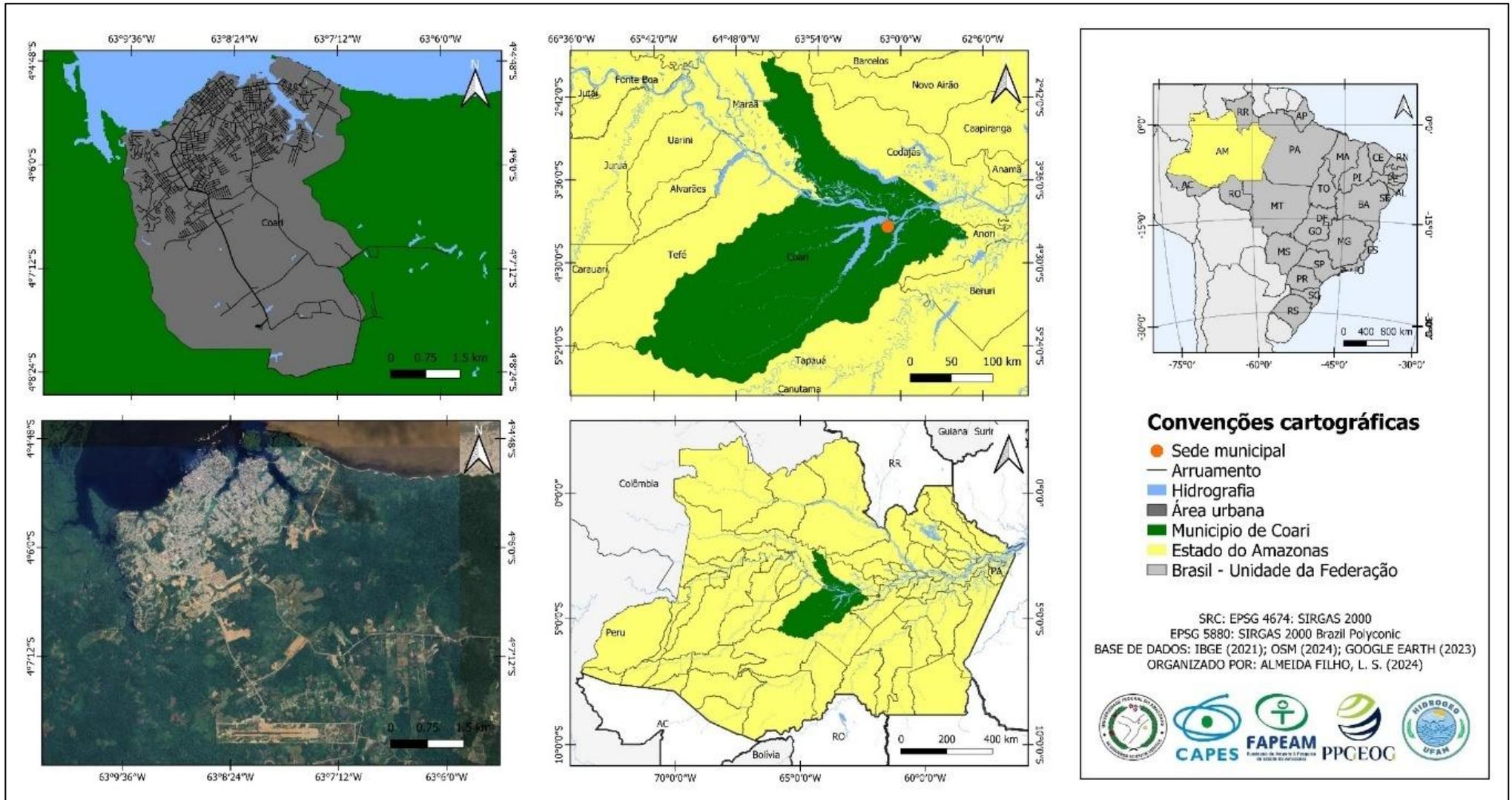
A produção industrial petrolífera começa em 1988 a partir da instalação do terminal Solimões para escoamento do petróleo extraída na Província de Urucu, que colocou a cidade como a segunda mais industrializada do estado (Seabra, 2022).

Em 2021 Coari foi o segundo município em PIB, respondendo por 2,57% da soma das riquezas do Amazonas. Por setor econômico, o município se destaca principalmente pela indústria devido a extração de petróleo e gás natural, no setor de serviços o município ocupa a terceira posição (Amazonas, 2022).

Coari está localizada no centro da floresta amazônica, em uma área que Viana (2008) denomina de “Amazônia Profunda” que compreende a maior parte do Amazonas, é também nomeada de Amazônia Ocidental. Essa região possui singularidades em relação a outros contextos amazônicos, principalmente pelo elevado contingente de populações tradicionais e originárias, conectadas por rios, lagos e igarapés, acesso por estrada difícil ou inexistente e com alto grau de conservação da biodiversidade e da identidade sociocultural.

Mesmo o conceito sendo pensado para definir a área ocupada por populações considerando certos níveis de isolamento em relação as cidades (Viana, 2021) pode-se considerar que Coari se insere no contexto uma vez que a população, mesmo que urbana, mantém relações íntimas com a cultura amazônica. Estabelecendo o espectro que quanto mais distante de área urbana, maior será a importância da economia de subsistência e quanto mais próximo, maior será a relevância da economia de mercado (Viana, 2021).

Prancha 1 – Localização de Coari - AM



Fonte: IBGE (2021); OSM (2024); Google Earth (2023)

2 PROBLEMÁTICA

Uma das principais causas do crescimento demográfico das cidades no Brasil se dá devido ao êxodo rural, não somente pela melhora nas condições de vida proporcionadas pela industrialização e pelo comércio no ambiente urbano, mas devido a deterioração da vida no campo em decorrência do avanço do capital (Amorim, 2000).

A baixa remuneração da agricultura em relação a cidade é o cerne do êxodo rural, como as cidades exercem pressão para elaboração de políticas públicas a seu favor principalmente destinada aos mais pobres o resultado é o aumento dessa diferença. Fatores que associados a mecanização da produção agrícola e a estrutura agrária vigente contribuem para a expulsão de mão de obra do campo (Alves, 2006).

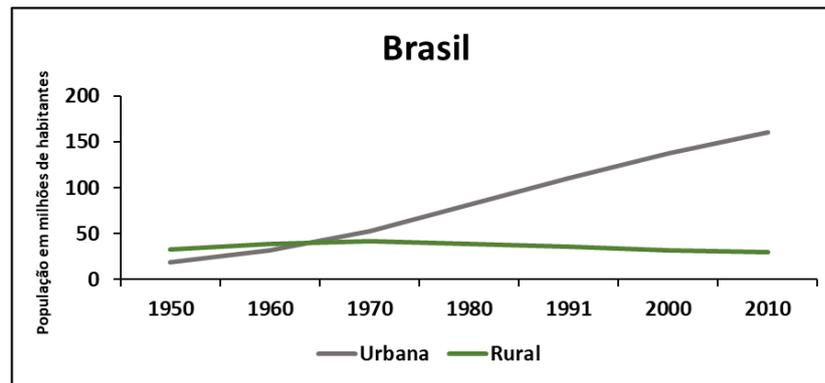
Os elementos do clima urbano criam características na cidade que vão diferenciá-la do seu entorno, do ponto de vista climático. As alterações na paisagem e a produção do espaço urbano fazem surgir fenômenos específicos, como as ilhas de calor, que são resultados do processo de urbanização. As propriedades físicas dos materiais construtivos e das atividades humanas regulam o aquecimento e o resfriamento da superfície dependendo da densidade das ocupações e distribuição das funções do urbano na cidade (Fialho, 2012).

As invenções técnicas aumentam o poder de intervenção e a autonomia relativa do homem ao passo que vai ampliando a parte da diversificação da natureza socialmente construída. A técnica alimenta a estandardização apoiando a reprodução de protótipos onde cada intervenção técnica termina sendo uma redução servida por um discurso (Santos, 2006).

A produção do espaço urbano se dá a partir da ação articulada de agentes que produzem e consomem espaço, derivada da dinâmica de acumulação de capital, da reprodução de relações de produção e dos conflitos de classe. A teia complexa da relação entre os agentes se manifesta através de práticas que constantemente reorganizam o espaço, principalmente a partir de incorporação de novas áreas, deterioração de outras e mudanças de conteúdo social e econômico das áreas da cidade (Corrêa, 2004).

O crescimento do número de cidades e de suas populações tem relação com o papel que as cidades passaram a desempenhar na reprodução do capitalismo. No Brasil essa importância é revelada pelo crescimento do número de pessoas vivendo em áreas urbanas que a partir de 1970 experimentou um crescimento significativo e em 2010 representava um total de 84,36% da população vivendo em cidades, conforme o gráfico 1.

Gráfico 1 – Crescimento da população urbana no Brasil de 1950 a 2010



Fonte: Censos do IBGE de 1950 a 2010

O modo de produção, portanto, territorializa diferentes formas de uso e ocupação do espaço, o efeito dos tipos de tempo em um espaço produzido de forma desigual gera problemas climáticos também desiguais, assim, a população de baixa renda, impossibilitada de adquirir materiais construtivos adequados ao clima e de viver em áreas de melhor qualidade ambiental é a mais prejudicada pelos efeitos adversos do calor nas edificações (Sant’Anna Neto, 2001; Sant’Anna Neto, 2011).

Inúmeros problemas sociais e ambientais são provenientes do crescimento e adensamento populacional no ambiente urbano, dentre eles o fenômeno da ilha de calor que vai ser determinado a partir dos usos e cobertura da terra que vão ocasionar mudanças nas propriedades climáticas dos lugares, principalmente em municípios onde a urbanização é crescente pela dinâmica acelerada dos processos de degradação do ambiente (Castro, 2022).

Os efeitos negativos do clima urbano são proporcionais à vulnerabilidade social, ou seja, a desigualdade social vai dispor efeitos mais intensos para os mais vulneráveis. Os efeitos de um clima urbano, como são resultados da ausência de uma perspectiva de planejamento que considere o contexto climático e as potencialidades dos lugares, exigem políticas de produção do espaço urbano pautadas em estudos que não apenas comprovem a necessidade de intervenção, mas que revelem a essência da problemática.

Nas cidades na Amazônia, especialmente as que foram criadas no século XX, há uma tendência do enfraquecimento da influência de uma cultura local, porque o espaço urbano está sendo produzido a partir de um contexto maior, mesmo havendo especificidades resultantes da experiência dos que chegam e dos que estão no local e são sujeitos da criação (Oliveira, 1997) essa ideia contribui para o entendimento de que as cidades pequenas na Amazônia tem incorporado um modelo de urbanização que não considera as potencialidades do ambiente amazônico, ou seja, estão reproduzindo as formas construídas tal como nas cidades grandes.

Quando são associados o desconforto térmico com materiais construtivos também há o indicativo da precária apropriação do espaço pelos agentes sociais com menor poder aquisitivo. Entendendo a forma urbana como resultado da produção do espaço, a produção se torna o cerne da problemática do clima urbano, por isso a vulnerabilidade aos malefícios é maior nos grupos sociais com menor capacidade de resiliência (Aleixo, 2012).

Sendo assim, a problemática da pesquisa está pautada na urbanização como um fenômeno que está em constante aumento e ocorre em escala global. O fenômeno é baseado na lógica do modo de produção hegemônico, então é desigual. Cada vez mais pessoas estão vivendo em cidades, estas, por sua vez, não tem garantido condições de moradia e de bem-estar a todos os grupos sociais equitativamente e o clima, como fenômeno geográfico, faz parte da dinâmica ao ser experimentado de formas distintas pelos habitantes da cidade a depender da capacidade de cada grupo em lidar e se recuperar dos seus efeitos negativos.

3 JUSTIFICATIVA

A Geografia é uma ciência que se dedica a compreender a dimensão espacial da sociedade a partir do entendimento da lógica de produção, extensão e distribuição de fenômenos que são produtos da relação entre seres humanos e destes com a natureza (Moraes, 1994). A análise do clima urbano a partir da Geografia abrange uma gama complexa de fenômenos e fatos (sociais e naturais) porque a cidade vem sendo, ao longo dos últimos séculos, produzida com base em interesses pautados no sistema de produção hegemônico.

O clima tem sua dinâmica natural independente do homem e é socialmente condicionado, como um fenômeno geográfico é qualificado pelos processos socioespaciais. Dessa forma, mais importante que conhecer os aspectos inerentes a cada esfera (sociedade e natureza) é conhecer os resultados que convergem destas interações (Sant'Anna Neto, 2001).

Amorim (2000) cita que os estudos de clima urbano em cidades médias (e pequenas) justificam-se para além da lacuna existente são importantes também devido a expressão quantitativa que essas cidades tomaram nos últimos anos no Brasil. O Censo demográfico do IBGE realizado em 2010 apontava para uma parcela significativa da população brasileira vivendo em núcleos urbanos com até 100 mil habitantes perfazendo cerca de 86 milhões de habitantes, o que representa 45,3% da população brasileira.

De acordo com último censo do IBGE (2022) no Amazonas cerca de 42,4% da população vive em cidades pequenas (até 100 mil habitantes). A população dessas cidades no

estado soma 1,6 milhões de habitantes, o que reforça a importância do estudo de clima urbano nas cidades do interior do Amazonas.

O estudo do campo térmico da atmosfera urbana de Coari a partir da Geografia é importante para evidenciar os efeitos da urbanização no campo termo-higrométrico e indicar as áreas da cidade suscetíveis a enfrentarem problemas provenientes da constituição de um clima urbano que potencializa malefícios ao bem-estar, a saúde, a produtividade no trabalho, ao desempenho e a aprendizagem, além de orientar políticas de ordenamento territorial que busquem a melhora na qualidade de vida das pessoas.

O clima urbano possui implicações em vários aspectos do cotidiano das pessoas. Considerando os subsistemas do SCU de Monteiro (1976) podemos afirmar que os principais efeitos negativos das alterações geradas são: no campo térmico incluem as condições de desconforto e aumento do consumo de energia elétrica; no campo físico-químico a ruim qualidade do ar afeta a saúde e processos de formação de chuva pela maior concentração de núcleos de condensação na atmosfera; e no campo hídrico os eventos extremos de precipitação pluvial associados a uma ocupação do território que ignora as potencialidades dos lugares ocasiona perdas materiais, vidas e desorganizam os fluxos na cidade.

A associação da temperatura à umidade é parâmetro básico para a temperatura sensível e noção de conforto térmico, a partir disso a climatologia se dirige à bioclimatologia ou geografia médica, ou seja, vai além da caracterização quantitativa da evolução rítmica do tempo (Monteiro, 1976).

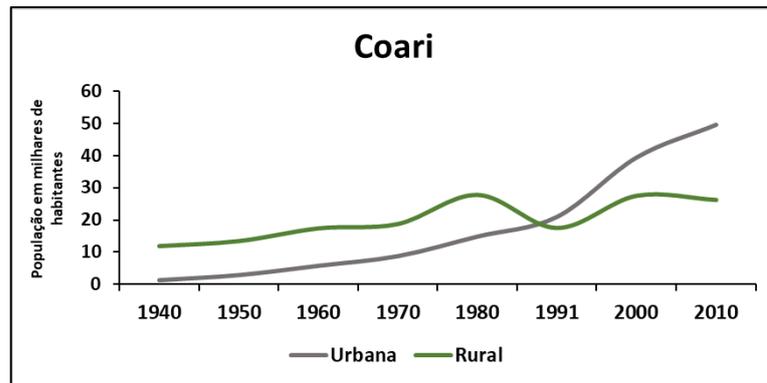
Os estudos de clima urbano assumem papel importante na discussão contemporânea das mudanças climáticas, uma vez que as cidades concentram a maioria da população brasileira e os problemas provenientes da produção desigual do espaço urbano. As alterações causadas na superfície terrestre pela construção da cidade sob um planejamento orientado por uma lógica que produz desigualdade criam uma atmosfera mais aquecida que o periurbano, sujeitando os seres humanos inseridos nessa atmosfera a condições que potencializam problemas de saúde em decorrência das condições de vulnerabilidade.

Por preservar características de dinâmicas ditas amazônica (acesso principalmente por via fluvial e uma forte ligação da população com as vazantes e cheias dos rios) que Seabra (2022) denomina de hibridismo do rural e do urbano e ao mesmo tempo por haver uma dependência de fatores econômicos externos pela investida do capital industrial que a dotou de importância político-econômica no setor energético regional e nacional, reflexo de uma

sociedade capitalista que se implantou na Amazônia é que se torna importante o estudo do clima urbano de Coari.

O crescimento demográfico da cidade pode ser atribuído ao grande projeto do gasoduto Urucu-Coari-Manaus que consolidou o processo de expansão e agilização da interligação entre o centro produtor e consumidor. A divisão da população entre rural e urbana revela que Coari apresenta perdas populacionais no rural e acréscimos na zona urbana principalmente a partir da década de 1980 (Santana, 2015), conforme o gráfico 2.

Gráfico 2 – Crescimento da população urbana de Coari de 1940 a 2010



Fonte: Censos do IBGE de 1940 a 2010

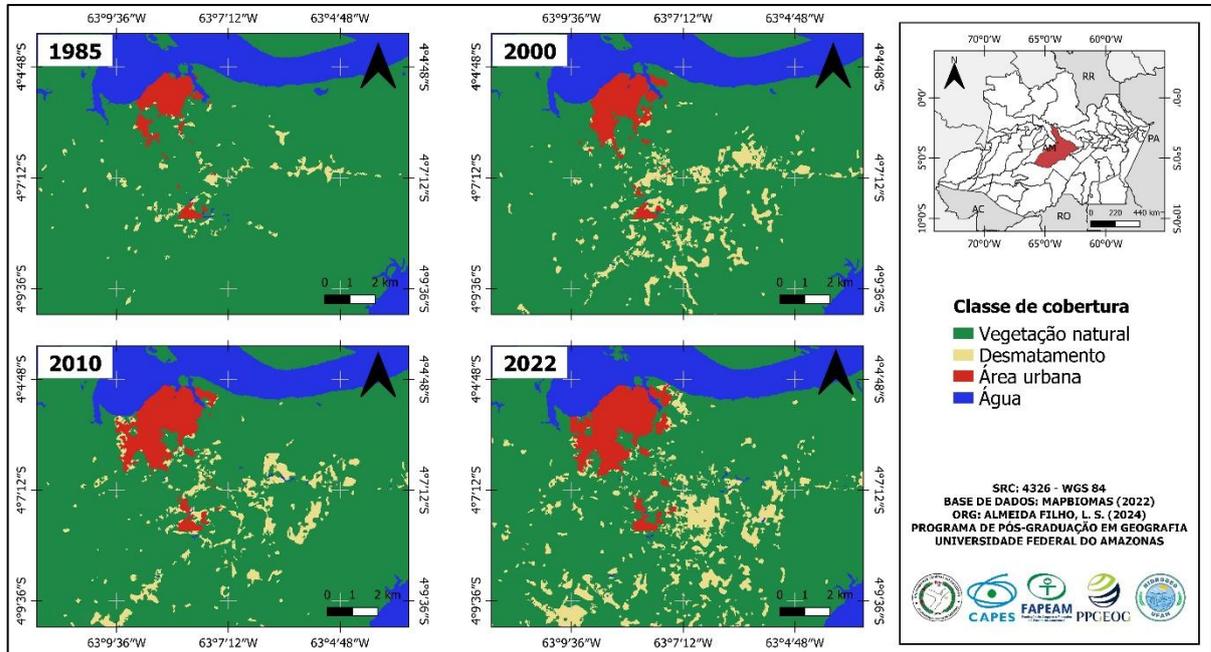
O censo demográfico de 2022 registrou redução na população do município que foi de 75.965 em 2010 para 70.616 habitantes, com 74,91% dessa população vivendo na área urbana. Essa redução pode ser explicada pela desmobilização de empresas ligadas ao projeto do gasoduto, que ocasionou um recuo nos indicadores econômicos e sociais, traduzidas em um refluxo das forças de trabalho, diminuição das vendas no comércio e queda na renda familiar, resultando em um enfraquecimento da infraestrutura física, social e econômica e piora na qualidade dos serviços públicos (Soler, 2009).

O crescimento de periferias e surgimento de novos bairros colocam em evidência a precariedade dos serviços públicos, essa nova dinâmica imposta pela presença da Petrobras por um lado significa a inserção do município na contemporaneidade e por outro representa um desenvolvimento que intensificou a pobreza e as desigualdades sociais, já que o poder local não investe em ações de fortalecimento e diversificação produtiva, comprometendo a sustentabilidade econômica do município (Soler, 2009).

Em 1985 a área da cidade de Coari representava um total de 3,77 km² passando em 2022 para um total de 8,81 km² de acordo com dados do MAPBIOMAS (2022), o que representa o

dobro do tamanho em relação ao início da série. O mapeamento realizado aponta um crescimento na direção sul e sudoeste da área central da cidade (Prancha 2).

Prancha 2 – Dinâmica da cobertura da terra em Coari de 1985 a 2022



Fonte: adaptado do MAPBIOMAS (2022)

Apesar da cidade dispor de numerosos recursos financeiros provenientes da renda oriunda da extração de petróleo e derivados na bacia do rio Urucu, quantidade significativas de famílias vivem em condições precarizadas e nas mais variadas formas de vulnerabilidade humana (Rodrigues, 2013).

A posição de Coari no ranking do IDH-M revela a precariedade da condição humana no território onde há uma riqueza extrativista. O município em 2010 estava na posição 4.495º no contexto nacional, fazendo parte do grupo das piores situações. Coari saiu de um IDH muito baixo para baixo, representado por melhorias nos quesitos educação, longevidade e renda, sendo que em 2010 o índice apontava um valor médio de 0,586 (o índice vai de 0 a 1, onde 1 é valor mais alto e 0 o mais baixo) (Rodrigues; Santana, 2015).

A consequência do início da exploração de petróleo em Coari levou a uma concentração populacional na cidade, que não foi preparada para receber as pessoas e os empreendimentos, fatores que associados a um governo local ineficiente, resultam em problemas ambientais e sociais que tem no clima urbano repercussões que afetam os habitantes de Coari.

A produção do espaço urbano sob o capitalismo se dá a partir da dinâmica de acumulação de capital, das relações de produção e de conflitos de classe (Corrêa, 2004); A

população de baixa renda é a mais prejudicada pelos efeitos adversos do calor nas edificações (Sant'anna Neto, 2011).

Portanto, a pesquisa busca avançar no diagnóstico da ilha de calor em Coari a partir das questões norteadoras: Como ocorreu o processo de urbanização da cidade de Coari e qual sua relação com a produção do clima urbano? Há uma relação entre as ilhas de calor e ilhas secas com a geometria e funções urbanas? Como as ZCLs contribuem para o estudo do campo térmico de cidades com pequena extensão territorial na Amazônia? Parte-se da hipótese de que as zonas climáticas com características como o alto adensamento construtivo e pouca proporção de vegetação são as que registram maiores valores de temperatura do ar e de superfície em Coari e menores valores de umidade relativa do ar.

4 OBJETIVO

Investigar as ilhas de calor urbanas em Coari integradas ao mapeamento das Zonas Climáticas Locais.

4.1 Objetivos específicos

- Descrever as características da cidade e do sítio urbano de Coari, tais como formas, funções, estruturas e sua produção atreladas a manifestação de um clima urbano;
- Caracterizar o campo termo-higrométrico e as variáveis geoambientais de Coari;
- Diagnosticar as ilhas de calor atmosférica, superficiais e as ilhas secas;
- Analisar o campo térmico nas distintas Zonas Climáticas Locais.

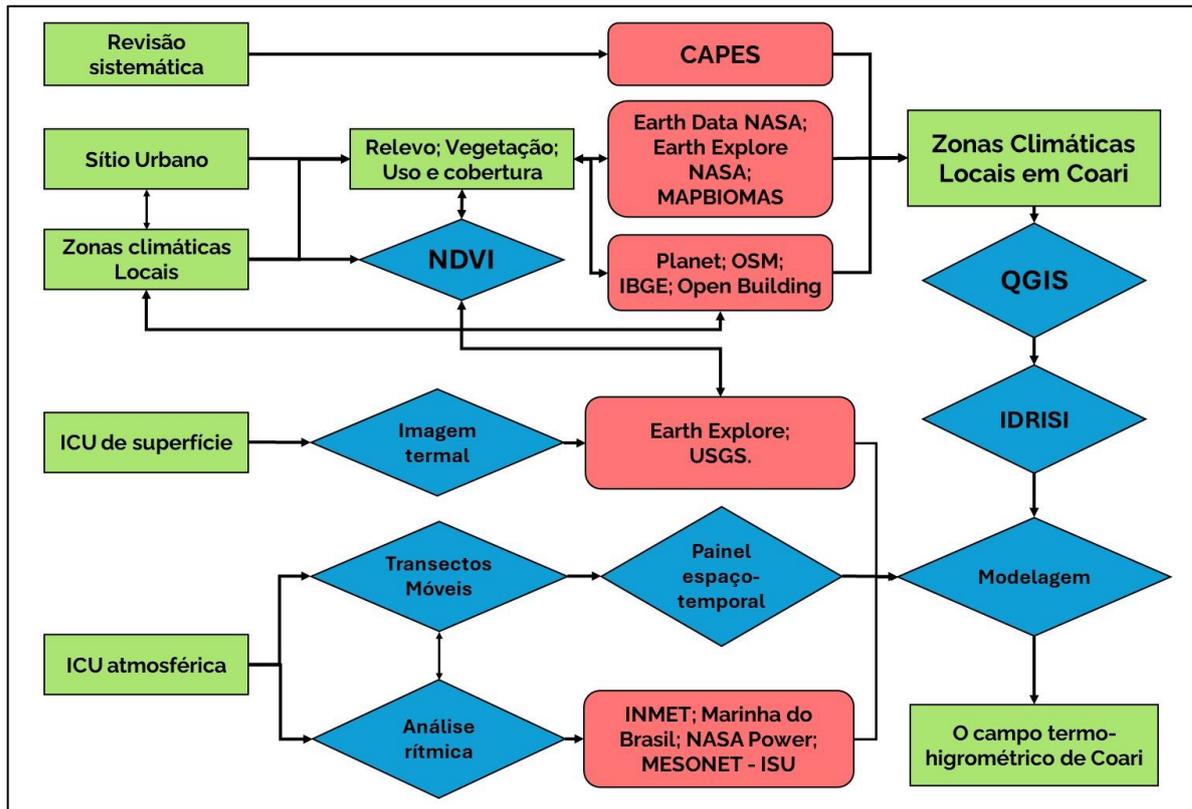
5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS

As ilhas de calor podem ser identificadas a partir das escalas e processos responsáveis por sua formação, ou por meio dos métodos e instrumentos empregados na sua observação. Mesmo que todos os tipos estejam conectados através das trocas de matéria, energia e dinâmica, cada tipo envolve diferentes processos, sistemas de medição, escalas temporais e espaciais contribuindo para o entendimento de diferentes tipos de ICU (Stewart, 2011).

Dessa forma, o mapeamento da distribuição das anomalias de temperatura e umidade relativa do ar associado a definição das características físicas do ambiente construído, utilizando a metodologia das zonas climáticas locais, contribuem para orientar medidas de intervenção e principalmente indicar quais as condições que favorecem a produção de um ambiente climático que se apresenta de diferentes maneiras para os habitantes da cidade.

A metodologia da pesquisa parte do referencial teórico da climatologia geográfica com abordagens quali-quantitativas com enfoque no subsistema termodinâmico do SCU. Inclui a revisão sistemática da literatura científica, a obtenção de dados climáticos primários e secundários para mapeamento de variáveis termo-higrométricas, geourbanas e geoambientais conforme sintetizado no fluxograma 1¹.

Fluxograma 1 – Síntese da metodologia da dissertação



Fonte: Almeida Filho (2024)

5.1 Revisão sistemática

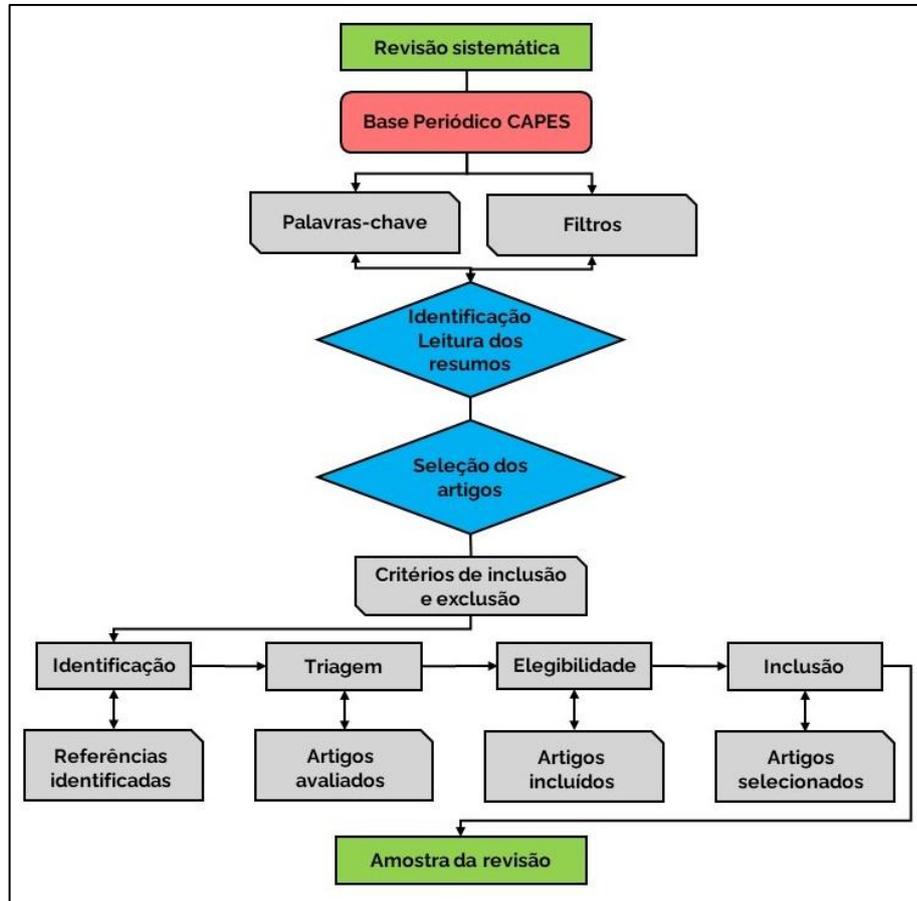
A revisão sistemática tem como finalidade responder a indagação referente ao emprego da metodologia das zonas climáticas locais em estudos no Brasil, as etapas da revisão são organizadas conforme o fluxograma 2.

A revisão foi realizada com base no modelo PRISMA (Page, et al., 2021) e buscou referências por meio da busca simples por assunto no portal de periódicos da CAPES, foram usadas as palavras-chave “Zonas Climáticas Locais”, “Ilhas de calor”, “Local climate zone” e

¹ As formas geométricas foram empregadas nos fluxogramas para atender a necessidade de acessibilidade, facilitando a interpretação dos elementos gráficos por indivíduos com deficiência na percepção de cores (daltonismo), portanto, o quadrado: indica um objetivo; o losango: uma técnica de obtenção ou instrumento de tratamento de dados; e o quadrado com cantos arredondados: indica uma base de dados.

“Brasil”, além do conector de operação booleana (AND) para identificação com base nos resumos dos artigos.

Fluxograma 2 – Etapas da revisão sistemática



Fonte: Almeida Filho (2024)

Durante a fase de triagem, foram estabelecidos critérios de inclusão para selecionar os artigos relevantes. Foram considerados adequados os artigos completos, em inglês e português, publicados entre os anos de 2012 e 2022 (período de dez (10) anos a partir da data de publicação do texto de Stewart e Oke (2012) que propõe e consolida a metodologia) que tem como área de estudo cidades do Brasil, que passaram por revisão por pares, que não se limitam a revisões teóricas, conceituais ou sistemáticas e apresentaram, no resumo ou nas palavras-chave, termos relacionados que pudessem abordar como foi aplicada a metodologia.

Na etapa de elegibilidade, são estabelecidos critérios de exclusão para selecionar os artigos adequados. São considerados inadequados os artigos disponibilizados de forma incompleta, repetidos e aqueles em que não foi identificada uma relação clara com a pergunta central, com base nos resumos. Por fim, na etapa de inclusão, após a leitura na íntegra dos artigos, são selecionados aqueles artigos que farão parte da amostra para tratamento estatístico e resposta a questão central da revisão.

Dos 581 resultados retornados pelo portal de periódicos da CAPES, 115 foram considerados possivelmente elegíveis a partir da leitura dos resumos, foram desconsiderados artigos por duplicidade de resultados ou por não se enquadrarem na temática estudada.

Uma leitura detalhada das metodologias dos 115 artigos selecionados foi feita a partir de critérios de exclusão, aqueles artigos que não detalharam a forma como desenvolveram a classificação da paisagem em LCZs ou que ainda utilizam propostas de outros autores e citam as zonas climáticas locais apenas como complemento de interpretação da paisagem foram retirados da revisão, resultando em 21 artigos na etapa de elegibilidade.

Na etapa de inclusão, a partir da leitura na íntegra, foram incluídos 17 artigos na amostra estatística, por apresentarem etapas da metodologia que ajudam a responder à questão proposta na revisão, os outros quatro artigos não apresentaram de forma clara a relação com a temática, por isso não foram incluídos.

5.2 Sítio Urbano

São importantes aspectos a serem considerados nos estudos de clima urbano, já que em menor ou maior proporção estão ligados às características físicas do ambiente construído, a morfologia e a funcionalidade. Portanto, para a caracterização do sítio urbano foram mapeados aspectos do relevo e cobertura da terra.

Informações do relevo foram elaboradas utilizando dados do modelo digital do terreno do satélite ALOS sensor PALSAR por possuir resolução espacial de 12,5 metros, foram realizados processamentos para correções de depressões espúrias e posterior cálculos da hipsometria, altitude dos pontos de coleta do transectos, declividade e orientação de vertentes. Os procedimentos foram feitos utilizando plugins do software Qgis versão 3.16.

A cobertura da terra foi mapeada a partir do modelo de classificação das zonas climáticas locais associadas a produtos do projeto Mapbiomas. As zonas foram definidas a partir do referencial teórico, com a finalidade de compreender a dinâmica climática do urbano de Coari, conforme proposta por Stewart (2011), essa classificação divide a paisagem de acordo com a influência que suas características causam no campo termodinâmico, levando em conta a estrutura (espaçamento e altura das construções e da vegetação) e a cobertura da superfície (se permeável ou impermeável) (Pinton, et al., 2021).

5.3 Zonas climáticas locais

Como proposta principal deste estudo, as zonas climáticas Locais foram definidas a partir de adaptações da proposta original pautadas nas adequações metodológicas realizadas por

Cardoso (2015) e Pinton et al. (2021). Assim, as classes de zonas inicialmente foram identificadas através da interpretação visual de imagem de satélite e validadas em campo para uma classificação geral da superfície urbana de Coari.

O reconhecimento da diversidade paisagística foi elaborado a partir das definições das classes no software Qgis 3.16. utilizando dado de cobertura da terra do MAPBIOMAS (Coleção 8 de 2022) que foi recortado e vetorizado permitindo que cada pixel se tornasse um polígono 30 m x 30 m, para cada polígono foi atribuído na tabela de atributos o valor da classe predominante correspondente a cada Zona Climática Local, segundo Stewart e Oke (2012), identificadas em Coari.

Em seguida, os polígonos foram agrupados pelo campo das zonas por meio da ferramenta “dissolver” do menu vetor do programa, a ferramenta permite dissolver feições pertencentes à mesma classe (com o mesmo valor para os atributos especificados) permitindo que todas as feições possam ser dissolvidas em uma única.

Para a descrição detalhada de cada potencial zona climática local e posterior organização das fichas descritivas foram mapeadas: a fração da área edificada, fração da área permeável e impermeável.

As propriedades representativas de cada tipologia são realizadas com base em um recorte de 400 metros diâmetro da área que melhor representa as características descritas. Esse círculo é a área de abrangência da zona climática, a partir dele são realizados os cálculos dos parâmetros utilizados para sua definição (Silva, 2020). Em Coari foram definidas 6 áreas de influências representativas das zonas climáticas que afetam o campo termodinâmico da cidade.

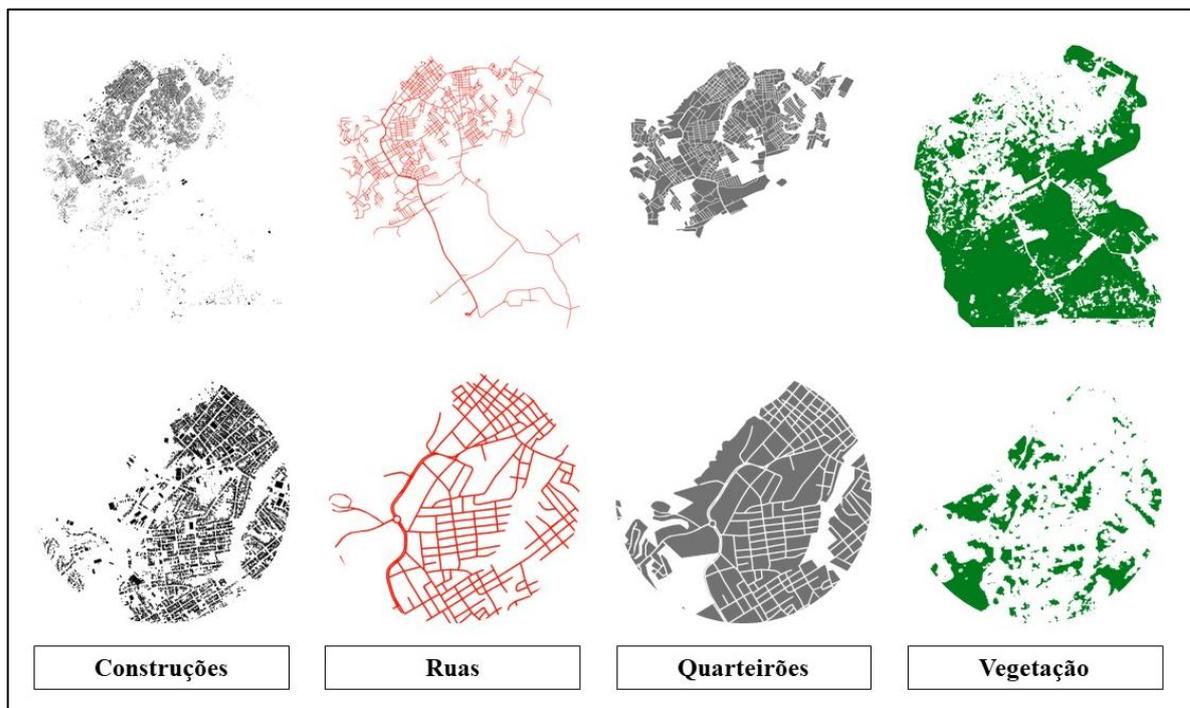
Para os dados de superfície permeável e impermeável são utilizados os mosaicos espectrais dos satélites Planet, que possuem resolução espacial de 4,77 m, obtidas gratuitamente no portal *BaseMaps Viewer* por meio da NICFI. Os quadros baixados referem-se a setembro de 2023 (Planet, 2022). Os mosaicos foram submetidos a classificação supervisionada para definição das classes de solo exposto, vegetação e superfície construída.

A medição da área construída foi obtida por meio de dados do projeto *Open Building* que utiliza um modelo para mapear a pegada de construção em uma área de aproximadamente 58 milhões de km² ao redor do mundo. O modelo detecta o polígono que descreve a área da construção no terreno e uma pontuação de confiança que indica a certeza de que se trata de um edifício (Sirko, et al., 2021).

A fração da superfície edificada é extraída do vetor dos edifícios, a fração da superfície impermeável é calculada a partir dos vetores das ruas e polígono das construções, onde estas são subtraídas dos quarteirões e das áreas com vegetação para se obter a superfície de calçadas e praças (Ramírez-Aguilar, 2019). As camadas utilizadas para aferição das propriedades foram analisadas no Qgis para estimar os parâmetros da forma urbana (Figura 1).

Em seguida, os metadados obtidos são organizados por zona a partir da adaptação da ficha descritiva conforme a sugestão de Oke e Stewart (2012) e comparados com os valores de cada propriedade conforme trabalho de Stewart (2011) e com demais aplicações realizadas em cidades no Brasil e no mundo.

Figura 1 – Vetores utilizados para estimativa das propriedades geométricas de Coari



Fonte: OpenStreetMaps (2022); IBGE (2021); Planet Team (2023); Open Building (2021) adaptado de Ramírez-Aguilar (2019)

5.4 Ilha de Calor Atmosférica

A pesquisa da componente térmica do clima urbano requer observação complementar fixa permanente e trabalho de campo com observações móveis e episódica. As técnicas de sensoriamento remoto por meio da aplicação do infravermelho são úteis para o mapeamento térmico das cidades, considerado ponto de partida para o entendimento de outros fenômenos do clima urbano (Monteiro, 1976).

5.4.1 Transectos móveis

Uma das metodologias para se verificar as variações espaciais da temperatura do ar no ambiente urbano é o transecto móvel, na qual se utiliza uma plataforma móvel (que pode ser uma bicicleta, um automóvel, um caminhão ou um veículo de transporte público) para coleta de dados de variáveis climáticas pertinentes (Gartland, 2010; OMM, 2023).

Foram coletados em trabalho de campo na cidade de Coari dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento. A escolha da abordagem se dá devido à ausência de uma rede de estações fixas no município e por oferecer melhor relação custo-benefício. O percurso foi pensado para abranger os pontos representativos da cobertura da superfície da cidade e que permitam comparações com estudos já realizados na cidade.

A técnica do Transecto móvel é amplamente utilizada nos estudos de clima urbano em cidades de porte médio e pequeno tais como os de Amorim, 2005a; Amorim, 2005b; Rovani, et al., 2012; Amorim; Sant'Anna Neto; Monteiro, 2013; Anjos, et al., 2013; Teixeira e Amorim, 2016; Porangaba e amorim, 2017; Kleger, et al., 2017; Porangaba, et al., 2017; Teobaldo Neto, 2019; Foli; Luiz, 2019; Aleixo e Silva Neto, 2019; Aleixo, et al., 2021; Minaki, 2021.

Para medição foi utilizado termo-higrômetro digital modelo MT-241A da marca Minipa com sensor externo para monitoramento de temperatura e umidade relativa do ar ambiente, a velocidade do vento foi medida com anemômetro digital portátil modelo ST8021 da marca Novotest, que possui alcance de 0,4 a 20 m/s, com precisão de 0,2 m/s (Figura 2).

Figura 2 – Anemômetro e Termo-higrômetro digitais utilizados no trabalho de campo



Fonte: Almeida Filho (2024)

Segundo guia da OMM (2023) a coleta para se obter os valores máximos de magnitude das ilhas de calor devem ser efetuadas sob condições de ventos calmos e céu limpo. Os

transectos foram realizados entre os dias 17 e 23 de setembro de 2023, com um único sensor e motocicleta com velocidade controlada de até 30 km/h para evitar que o vento, decorrente do deslocamento do veículo, afetasse os valores de temperatura e umidade.

Cada coleta não ultrapassou uma hora, sendo o tempo médio de realização de cada transecto de aproximadamente 49 minutos, nos horários propostos das 7h, 13h e 20h do horário local (GMT -4) que foram selecionados com base na variação horária da temperatura do ar ao longo do dia em Coari, considerando a hora UTC de medida do INMET e os períodos de início do aquecimento, máximo aquecimento e início do resfriamento.

O sensor externo do termo-higrômetro foi acoplado em uma haste de policloreto de vinila de ½ polegada protegido da radiação solar direta por uma semiesfera de poliestireno expandido (Figura 3A) para ficar distante no mínimo 1,5 metros do chão. A haste foi presa a um suporte que se encaixa em uma mochila que vestida no piloto da motocicleta permite mãos livres para anotação e coleta da velocidade do vento como pode ser visualizado na figura 3B.

Figura 3 – Abrigo e equipamentos de campo utilizados nos transectos

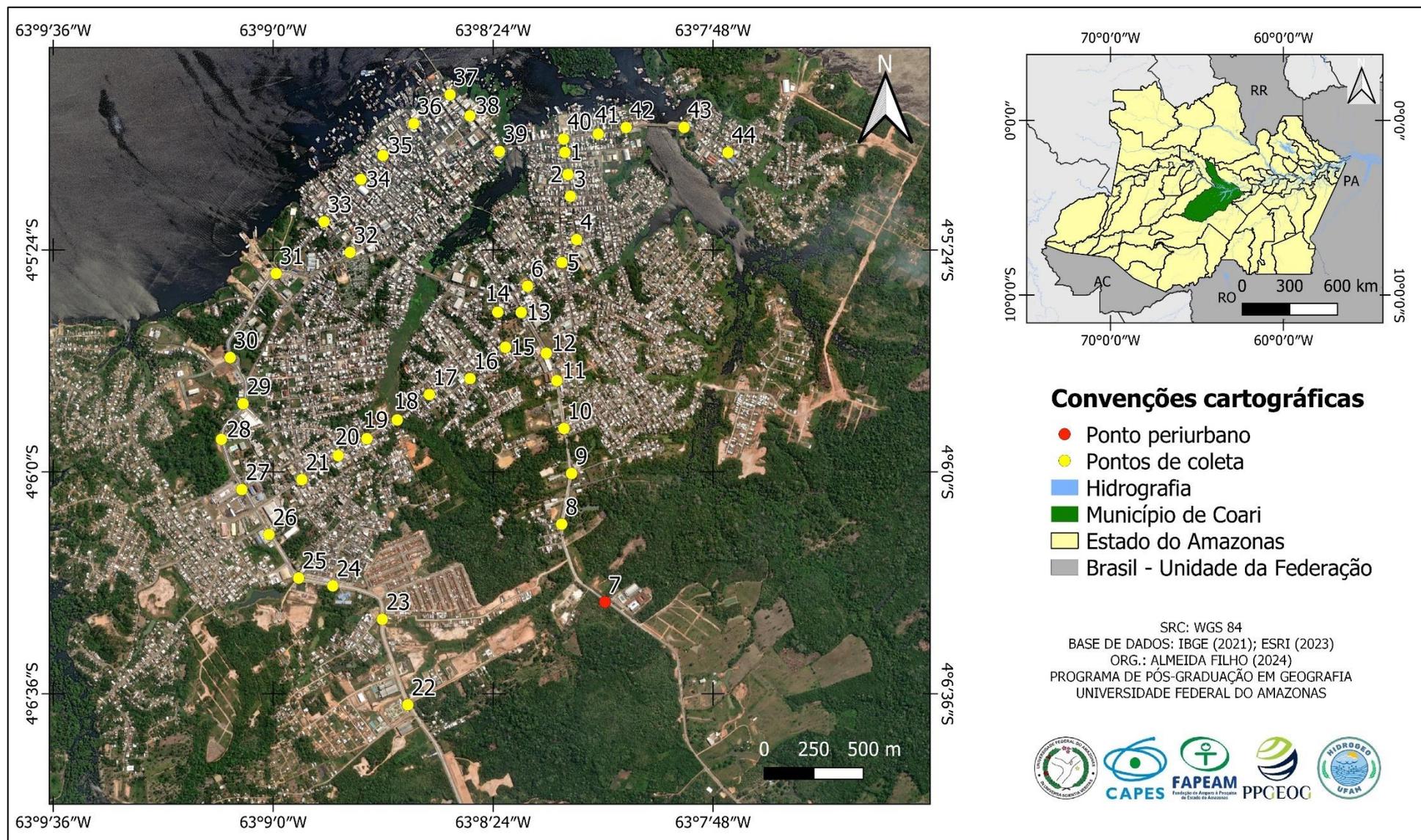


Fonte: Almeida Filho (2024)

O percurso compreende um total de 44 pontos determinados ainda em 2019 em estudo realizado no âmbito do projeto Emergência Climática em Cidades Amazônicas² distribuídos na área central e no perímetro da cidade, de modo a permitir a comparação entre as áreas densamente construídas e onde predomina vegetação de porte arbóreo, sendo o ponto de referência para característica rural/periurbana e, portanto, o referencial para medida da magnitude da ICU, o ponto 7, que tem como referência a unidade do IFAM Coari (Mapa 1).

² Disponível: <https://emergenciaclimaticaam.com.br/>

Mapa 1 – Pontos de coleta dos Transectos Móveis em Coari-AM



Fonte: ESRI (2023); Organizado por: Almeida Filho (2024)

O uso de medidas móveis durante o dia é limitado pela necessidade de se aplicar correções temporais devido a mudanças de temperatura que ocorrem durante o início e final da coleta (Fialho, 2009; OMM, 2023). Uma das formas de realizar a correção do efeito temporal é utilizando dados de uma estação meteorológica de referência a qual acompanha a evolução horária dos parâmetros climáticos, com isso, podemos retirar o aquecimento ou resfriamento das medidas tomadas nos transectos conforme a tabela 1, baseado em Fialho (2009; 2016).

Tabela 1 – Exemplo de correção da temperatura do ar medida no dia 22/09/2023 às 13h

Ponto	T. do ponto	T. Inmet 13h	T. Inmet 14h	Diferença	T. Corrigida
1	32,9	31,8	33,6	1,8	34,7
2	33,0				34,8
3	33,5				35,3
4	33,8				35,6
5	34,1				35,9

Fonte: Fialho (2009); INMET (2023). Organizado por: Almeida Filho (2024).

Da temperatura registrada em campo (T. do ponto) é somado (subtraído) a diferença registrada ao longo do tempo de 1 hora registrada na estação de referência quando do aquecimento (resfriamento) do início da coleta até o próximo registro da estação (T. Inmet 13h e 14h), dessa forma, é possível obter a temperatura corrigida (T. corrigida) considerando a variação da temperatura do ar na região da cidade.

As diferenças de temperatura e umidade relativa e as velocidades dos ventos tomadas nos transectos foram representadas por meio de tabelas dinâmicas elaborados no Excel por meio da formatação condicionada que aplicou cores para as classes conforme Garcia (1996).

Foram tomadas fotografias térmicas com uma câmera modelo Flir C5 com sensor térmico infravermelho de 160 x 120 pixels que mede temperatura de objetos com uma amplitude de -20 a 400 °C (Figura 4).

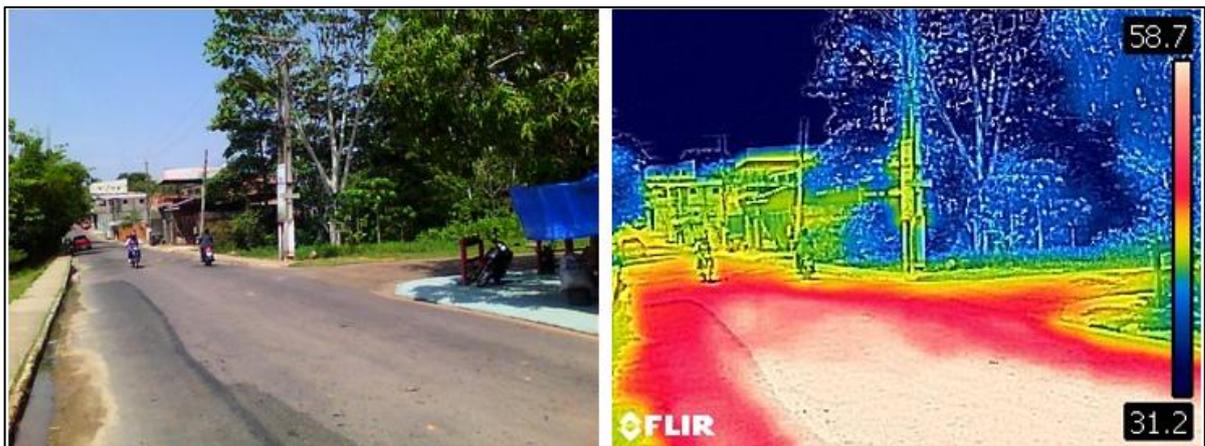
Figura 4 – Câmera de infravermelho Flir C5



Fonte: Silva Neto (2019); Almeida Filho (2024)

Os produtos obtidos permitiram a observação das fontes de calor em pontos representativos ao longo da malha urbana da cidade e a avaliação da influência dos materiais no armazenamento de calor e consequente aquecimento do ar próximo à superfície, uma vez que no comprimento de onda do infravermelho é possível visualizar a radiação emitida pelo objeto conseguindo mensurar a temperatura e representando-a por meio de imagem. Na figura 5 é possível observar o ponto 18, fotografia tomada às 14h do dia 23 de setembro de 2023.

Figura 5 – Imagem termal e visual do ponto 18 – Vila Miguel em 22/09/2023



Fonte: Almeida Filho (2023)

A intensidade da ilha de calor é classificada com base na diferença entre medições em áreas urbanas e periurbanas, o que permite verificar a diferença entre as temperaturas aferidas a nível local. A frequência e intensidade da ilha de calor apresenta um ritmo diário e sazonal e são classificadas a partir de Garcia (1996) conforme a tabela 2.

Tabela 2 – Classes de intensidade da ilha de calor atmosférica

Magnitude	Intensidade
Fraca	0 a 2°C
Moderada	2 a 4°C
Forte	4 a 6°C
Muito forte	> 6°C

Fonte: Garcia, 1996

5.4.2 Modelagem espacial da ilha de calor

A espacialização da temperatura do ar e da ilha de calor em Coari foi realizada utilizando a modelagem espacial por meio da regressão linear múltipla, aplicação que permite a elaboração dos mapas baseados na relação entre os fatores que influenciam na distribuição da temperatura do ar em escala local (Araújo, 2021).

O mapeamento da temperatura do ar associando os valores medidos nos transectos com características da superfície permite um avanço significativo no entendimento da distribuição

da temperatura do ar ao considerar aspectos do sítio urbano que interferem no balanço energético e na espacialização da ilha de calor (Amorim, et al., 2015) e é aplicada e validada em estudos tais como os de Foissard, 2015; Amorim, et al., 2015; Gomes, 2017; Rampazzo, 2019; Teixeira, 2019; Amorim, 2020; e Araújo, 2021.

Na análise de regressão múltipla é construído um modelo estatístico-matemático que explica a relação entre as variáveis independentes e a variável dependente. Com o modelo construído é possível conhecer a influência de cada variável independente e também prever o comportamento da variável dependente em função das independentes (Barbetta, 2012).

São dispostas as variáveis em um diagrama de dispersão com base na correlação entre as variáveis a partir da reta de regressão, definida como uma reta interpolatriz calculada com base na nuvem de pontos do diagrama de dispersão, sendo o ajustamento dessa reta ao conjunto de pontos o melhor possível para garantir melhores previsões de Y a partir do conhecimento de X (Levin, 1987).

O grau de relação entre duas variáveis pode ser estimado a partir de coeficientes numéricos, partindo do pressuposto que cada variável exerce influência parcial na variável dependente, cada variável terá um valor diferente de coeficiente de regressão (r) obtidos por meio da regressão simples entre uma variável e a variável dependente, processo realizado com apenas uma variável por vez (Landim, 2011).

O coeficiente de determinação (r^2) indica a proporção da associação entre as variáveis e o valor $1 - r^2$ demonstra a proporção não explicada, portanto, pode oferecer um bom caminho analítico (Ferreira, 2014). O coeficiente é dado em uma escala de 0 a 1, se for próximo de 1 significa que as variáveis X são responsáveis quase totalmente pela variabilidade de Y e o modelo é considerado adequado, caso contrário o coeficiente de determinação será próximo de 0 (Landim, 2011).

Após calculados os valores de correlação (r) e de determinação (r^2) de cada variável independente em relação a dependente, são escolhidas aquelas significativas para a geração do modelo estatístico e a variação da variável dependente. Por fim, a regressão linear múltipla é aplicada selecionando as variáveis de maior contribuição para o modelo através do método “passo a passo” e o parâmetro de análise da qualidade do modelo é avaliada pelo coeficiente de determinação global (R^2 ajustado) (Landim, 2011; Araújo, 2021).

A análise de regressão inicia com um conjunto de observações (x_1, x_2, \dots, x_k, y) relativas às variáveis X_1, X_2, \dots, X_k e Y. Considerando que um dado valor y (temperatura do ar ou

umidade relativa do ar) depende dos correspondentes valores X_1, X_2, \dots, X_k (altitude, distância do centro, NDVI), mas também de uma infinidade de outros fatores que não estão incluídos no modelo, que são representados por ε (erro aleatório). Assim, temos que a fórmula que descreve as relações entre as variáveis é apresentada a seguir (Barbetta, 2012).

$$y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (1)$$

Onde:

y = variável dependente;

α = intercepto (valor da variável dependente, quando todas as variáveis independentes são iguais a zero);

$\beta 1, \beta 2, \beta 3, \beta k$ = coeficientes de regressão parciais de cada variável

X_1, X_2, X_k = variáveis independentes;

ε = erro aleatório.

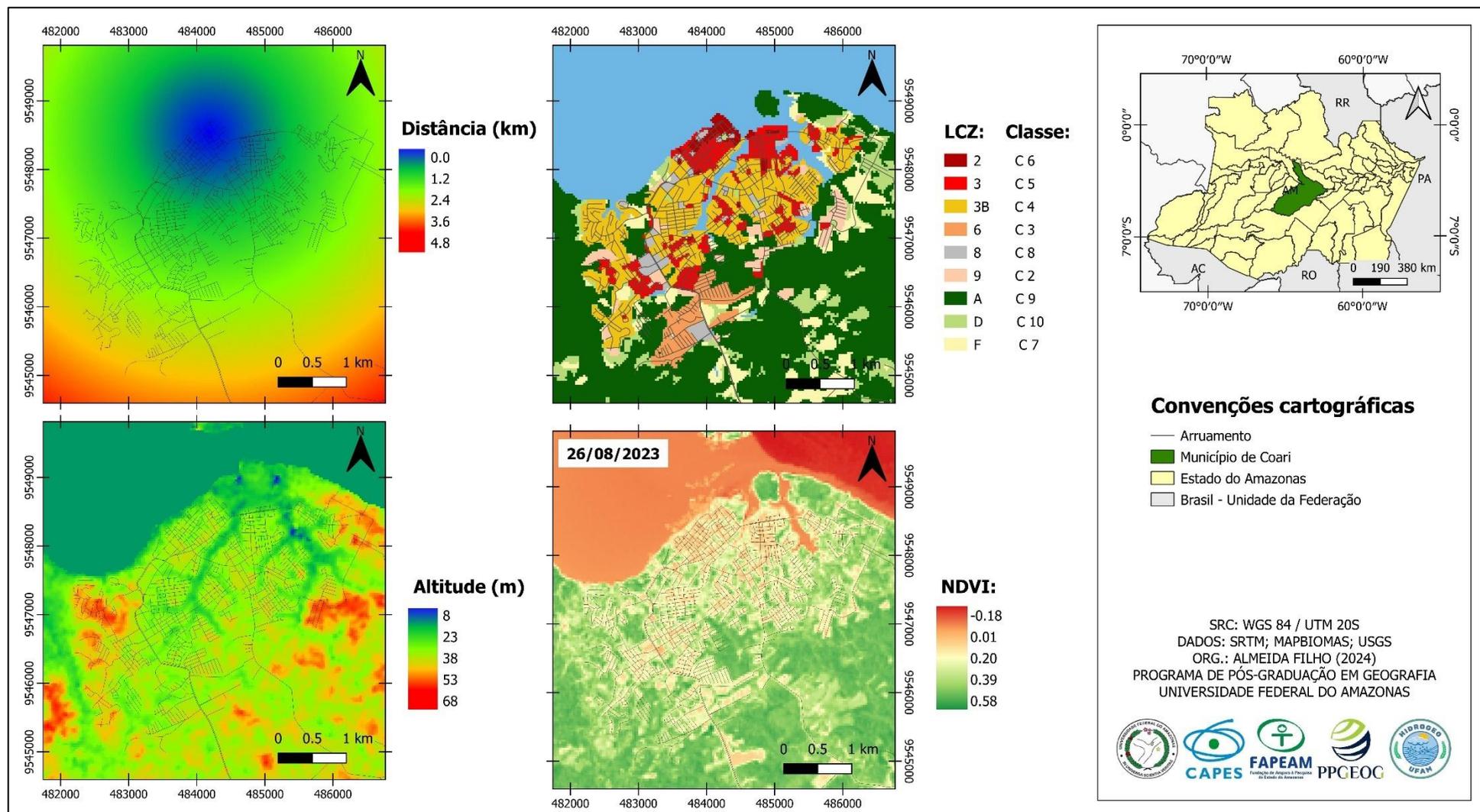
A modelagem das ilhas de calor foi realizada no programa IDRISI utilizando dados de variáveis independentes que influenciam na formação de ilhas de calor a partir da literatura. São considerados na modelagem os parâmetros analíticos e padrões estatísticos de confiança para representações cartográficas significativas (Araújo, 2021).

Foram selecionadas as variáveis que representassem as características do sítio urbano, as classes de cobertura da terra e a organização espacial urbana (Prancha 3) conforme outros estudos realizados com a finalidade de modelar a ilha de calor tais como (Foissard, 2015; Amorim, et al., 2015; Gomes, 2017; Rampazzo, 2019; Teixeira, 2019; Amorim, 2020; Araújo, 2021). Dessa forma, as variáveis usadas foram o NDVI, a distância do centro, relevo e Zonas Climáticas Locais (Definidas em etapa anterior) como classificação da paisagem urbana no lugar da classificação não supervisionada realizada por meio da análise de *cluster*.

Após a organização dos dados em formato matricial é feita a análise de janelas móveis onde para as LCZ inseridas em classes, como C2 (ZCL 9), C3 (ZCL 6), C4 (ZCL 3B), C5 (ZCL 3), C6 (ZCL 2), C7 (ZCL F), C8 (ZCL 8), C9 (ZCL A) e C10 (ZCL D), são calculados a quantia de *pixels* no entorno de cada ponto de coleta a partir de janelas de tamanhos distintos com a finalidade de verificar a frequência em porcentagem para cada classe de zona climática local (Gomes, 2017; Araújo, 2021).

Para cada classe de unidade paisagística foi calculado as janelas como 3x3 *pixels* (90 m x 90 m), 5x5 *pixels* (150 m x 150 m), 7x7 *pixels* (210 m x 210 m), 9x9 *pixels* (270 m x 270 m), 13 x 13 *pixels* (390 m x 390 m) e assim por diante, considerando que a resolução espacial dos dados do MAPBIOMAS é baseada nos produtos Landsat, portanto, 30 metros.

Prancha 3 – Variáveis independentes selecionadas para modelagem



Fonte: Almeida Filho (2024)

O NDVI apresentou correlação maior com os dados de temperatura do ar principalmente no horário da manhã, diferente dos outros horários em que a correlação foi baixa. O dado utilizado foi obtido por meio do imageamento gerado pelo satélite Landsat 8 no dia 26 de agosto de 2023, trata-se da data mais próxima da coleta dos transectos sem a interferência das fumaças geradas por queimadas no período seco em 2023, fator impeditivo também para obtenção de dados de temperatura de superfície.

O relevo é dado pela altitude e apresentou boas correlações com o dado de umidade relativa do ar principalmente no horário da manhã e tarde, em relação aos dados de temperatura do ar a variável pouco afetou o coeficiente de correlação nos horários da tarde e noite, devido a isso não foi considerada na temperatura do ar modelada nesses horários.

A distância do centro foi a variável independente que mais obteve coeficiente de correlação com valor significativo em todos os horários, tanto da temperatura do ar quanto da umidade relativa. A variável apresentou essa característica porque o centro da cidade geralmente é onde o adensamento construtivo é mais intenso e, portanto, possui maiores valores de temperatura apresentando uma relação inversamente proporcional com a temperatura e proporcional com umidade relativa (Araújo, 2021). O dado é obtido tomando um ponto do centro da cidade e gerando um buffer de distância em quilômetros no IDRISI.

Das classes de unidade paisagísticas as que apresentaram melhores correlações foram as que representavam as zonas climáticas LCZ2, LCZA e LCZ3. É importante destacar que a maioria dos pontos está situado em área de LCZ3B, então, o comportamento da temperatura não vai oferecer grandes variações nessa classe, por isso o modelo apresenta melhores correlações com as classes de menor expressão porque são nelas que há maior variabilidade da temperatura modelada.

A validade do modelo foi averiguada por meio da análise de resíduos que é a verificação das diferenças da temperatura modelada com as temperaturas medidas em Coari. A significância estatística foi atestada por meio do teste F de significância com valor de alfa ajustado a 0,05. Os resultados da modelagem espacial de Coari em setembro de 2023 estão disponíveis no capítulo 2.

5.5 Ilha de Calor superficial e NDVI

A ilha de calor de superfície se refere a um tipo de ilha de calor que é determinada a partir da mensuração da temperatura dos alvos em superfície, portanto, é a diferença de temperatura observada entre a área com materiais sólidos da cidade e a área da superfície

equivalente ao rural com o solo, sua medição que é feita por meio de ferramentas de sensoriamento remoto (Oke, et al., 2017; Teobaldo Neto, 2019).

Dessa forma, para estimativa da Temperatura de superfície e do NDVI foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8, baixadas no portal Earth Explorer do USGS. Para o processamento das variáveis foram utilizadas as bandas 4 (Red) e 5 (Near Red) do sensor Oli, para cálculo do NDVI, e a banda 10 do sensor Tirs para estimativa da temperatura de superfície.

A ilha de calor de superfície em Coari foi mapeada utilizando imagens representativas dos períodos sazonais seco e chuvoso, uma vez que a posição geográfica de Coari não permite a distinção das estações do ano sendo possível a diferença apenas pela dinâmica das chuvas. Dessa forma, foram utilizadas imagens que ofereceram melhor qualidade em relação a cobertura de nuvens em datas representativas do período seco (28/07/2017, 21/08/2014 e 06/09/2014) e do período chuvoso (26/01/2020, 22/02/2024 e 26/06/2017). Para a estimativa da média de temperatura nas zonas climáticas locais foi utilizada a imagem termal tomada no dia 23 de agosto de 2023, imagem com melhor qualidade sem cobertura de nuvens próximo a data da coleta realizada em setembro de 2023.

Foram usados de precipitação dos 30 dias anteriores a tomada das imagens baixados no site do Sistema Hidro Telemetria da Agência Nacional de Águas para verificação da influência da umidade do ar na configuração da ilha de calor de superfície.

Os valores de pixels (ND – Nível digital) das imagens são convertidos para radiância do topo da atmosfera (TOA) utilizando a banda 10. Com uso dos metadados da imagem são aplicados os valores específicos do imageamento (arquivo .txt) nos procedimentos propostos pela USGS e conforme aplicado em Amorim (2018) e Aleixo e Silva Neto (2019). O primeiro a aplicação da equação 1 na calculadora raster:

$$L\lambda = MI * Qcal + AI \quad (1)$$

Onde: ***Lλ***: Radiação espectral no topo da atmosfera;
MI: Fator de redimensionamento multiplicativo da banda 10 (RADIANCE_MULT_BAND_10);
Qcal: Valores de pixel do produto padrão (ND) (Banda 10);
AI: Fator de redimensionamento aditivo da faixa de metadados (RADIANCE_ADD_BAND_10).

Em seguida são aplicadas as constantes térmicas para conversão da radiância TOA para temperatura de brilho em Kelvin (BT – Brightness Temperature) e depois para graus celsius a partir da equação 2.

$$T = \frac{K2}{\sin\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} - 273.15 \quad (2)$$

Onde: **T**: Temperatura da superfície em graus celsius;
K2: Contante de conversão térmica específica da banda 10 (K2_CONSTANT_BAND_10);
K1: Contante de conversão térmica específica da banda 10 (K1_CONSTANT_BAND_10);
In: Função logaritmo;
Lλ: Radiação espectral no topo da atmosfera (Produto da equação 1);
273.15: valor a ser subtraído para conversão da temperatura de Kelvin para Celsius.

A vegetação foi analisada através do NDVI, dado obtido utilizando imagens espectrais, são usadas as bandas do vermelho (*Red*) e do infravermelho próximo (*Near-Infrared*), onde na calculadora raster é realizada a operação aritmética (Equação 3) conforme propõe Rouse (1974). O índice permite o entendimento da variabilidade espacial da temperatura a partir da densidade e estado da vegetação, varia de 1 a -1 (Amorim, 2018). Quanto mais próximo de 1 maior é a densidade de vegetação representado nos mapas de Coari pelas áreas de floresta e quanto mais próximo de -1 menor é a densidade de vegetação representado nos mapas por rio, área construída e solo exposto.

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)} \quad (3)$$

Onde: **NDVI**: Índice de vegetação por diferença normalizada;
NIR: Banda do infravermelho próximo (Banda 5);
R: Banda do vermelho (Banda 4).

5.6 Análise rítmica

Os estudos da Climatologia Geográfica brasileira, principalmente a partir dos anos sessenta, passaram a ter um enfoque sintético, enfocando principalmente na interação entre os elementos do clima e as respostas do meio. Essa mudança foi possível devido a aplicação da análise rítmica, proposta por Monteiro (1971) após a articulação da noção de ritmo climático (Zavattini, 1998).

O ritmo é a representação simultânea dos elementos fundamentais do clima em escala temporal cronológica no mínimo diária, compatível com a representação regional da circulação atmosférica, tendo em vista que esta é a geradora de estados atmosféricos que habitualmente se sucedem e são o fundamento do ritmo climático (Monteiro, 1971).

A análise do ritmo climático parte da discussão dos elementos atmosféricos e dos estados médios do meio atmosférico para que os estudos de Climatologia possam determinar as condições físicas de circulação atmosférica sob as quais os fenômenos são produzidos, com bases na meteorologia sinótica (Rampazzo, 2015).

Para o estudo da ilha de calor atmosférica em Coari o gráfico do ritmo climático foi elaborado para o mês de setembro, os dados foram baixados considerando o horário sinótico das 12h (UTC), ou seja, 8h da manhã no horário local (UTC -4). A estação meteorológica automática de Coari sob responsabilidade do INMET possui falhas nos dados, devido a isso foi necessária a compilação de dados meteorológicos de diferentes bases.

Dessa forma, os dados de temperatura do ar (às 12h UTC, máxima e mínima diária), umidade relativa do ar (às 12h UTC), direção e velocidade do vento (às 12h UTC) foram obtidos no portal MESONET da Universidade Estadual de Iowa, nos Estados Unidos, a plataforma disponibiliza dados meteorológicos de estações de aeroportos ao redor do mundo, para Coari foram usados os dados do aeroporto da província petrolífera de Urucu (distante cerca de 254 km da sede do município de Coari).

Os dados de acumulado diário de precipitação pluvial foram obtidos por meio do Sistema Hidro Telemetria da Agência Nacional de Águas, que disponibiliza dados horários de precipitação a partir dos pluviômetros automáticos das estações fluviométricas ao longo do rio Amazonas. Os dados são da estação que fica próxima da sede do município de Coari.

Pela falta de dados de pressão atmosférica (às 12h UTC) nas demais bases, foi usado dados de reanálise do programa *Prediction of Worldwide Energy Resources (Power)* da *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* que fazem parte do conjunto de dados de reanálise atmosférica do programa *Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, version 2*, o MERRA-2.

O MERRA-2 fornece dados do sistema climático da Terra com recorte temporal desde 1980, é produzido utilizando o modelo atmosférico de assimilação de dados GEOS-5 e o 3DVAR a partir de pontos de grade interpolados para esquemas de análises meteorológicas (Calado, 2021). Os modelos utilizados permitem uma assimilação da radiação hiperspectral, observações de micro-ondas e dados de ocultação de rádio GPS (GMAO, 2015).

Os sistemas atmosféricos atuantes foram identificados pela análise de cartas sinóticas da Marinha do Brasil, de imagens do canal 13 do satélite GOES-16 disponibilizadas pelo CPTEC/INPE e dos boletins meteorológicos do SIPAM e da UNIFEI para setembro de 2023.

6 O CLIMA URBANO

No Brasil, a climatologia surgiu no seio das ciências naturais e até o século XVIII não havia um sistema organizado de observação e coleta de dados. No século XIX os estudos climatológicos eram realizados principalmente por médicos e sanitaristas abordando o papel do clima na saúde em decorrência das preocupações com a higiene, a salubridade e a adaptação dos europeus ao ambiente tropical colocando enfoque em problemas de saúde pública (Sant'Anna Neto, 2001).

A partir de 1909 o enfoque dinâmico do clima permite um amadurecimento da climatologia no Brasil, principalmente a partir das obras de Linton de Barros, Edmon Nimer e Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (Sant'Anna Neto, 2001).

Além da propositura do paradigma do ritmo climático para as análises geográficas do clima, as questões geográficas atreladas ao espaço urbano também fizeram parte das inquietações de Monteiro a partir da década de 70, o que culminou com a tese de livre-docência: Teoria e Clima Urbano (Sant'Anna Neto, 2001).

Monteiro (1976) e Lombardo (1985) podem ser considerados pioneiros em trabalhos de clima urbano no Brasil, sendo São Paulo foco de suas análises devido ao rápido crescimento da cidade e intensificação de problemas de poluição e inundação (Megda, 2020).

6.1 O urbano, a cidade e o seu clima

A cidade constitui a forma mais radical de alteração da sociedade na paisagem natural onde a sua atuação se manifesta em duas vertentes: uma é a alteração direta e consciente que é vista na morfologia urbana, a segunda é a alteração derivada desse espaço construído e das atividades que nele se desenvolvem que são percebidas pela contaminação do ar e surgimento de um clima específico da cidade (García, 1996).

A definição do clima urbano se dá em termos de comparação com o entorno próximo, ou seja, está presente em todas as cidades, qualquer seja a sua localização ou especificidade climática da região em que se situa. Os fatores controladores são decorrentes do clima regional que vai dispor o ritmo e a distribuição dos elementos climáticos e dos fatores urbanos que irão modificá-los (Garcia, 1996).

O surgimento de condições específicas na atmosfera, que por ora denomina-se 'clima urbano', parte do entendimento de que a alteração na superfície terrestre, manifestada na construção de uma cidade, causa um desequilíbrio no balanço de energia (BE). Na superfície

terrestre toda energia absorvida pela radiação solar ou calor antropogênico tem algum destino, essa energia vai aquecer o ar na superfície, ser dissipada com a umidade ou ser armazenada nos materiais em forma de calor (Gartland, 2010).

Ao encontrar um meio, a radiação solar pode ser transmitida, absorvida ou dispersada. O destino da energia de um determinado comprimento de onda depende da forma como ela interage com o conteúdo do meio. A absorção resulta em aquecimento e a capacidade de absorver é igual a capacidade de emitir nesse comprimento de onda (Stewart; Mills, 2021).

O calor sensível é a energia armazenada em um volume e está ligado a temperatura. Está associado ao movimento de moléculas que constituem o material e pode ser sentido pelo ser humano. É transferida ao longo de um gradiente de temperatura por condução ou por convecção (Stewart; Mills, 2021).

Já o calor latente é a energia associada ao estado físico da água, que pode mudar a sua forma de sólido para líquido, para vapor e vice-versa. Embora esteja armazenada não se revela como mudança de temperatura e não é sentida pelos seres humanos. O vapor d'água representa o estado de maior energia da água (Stewart; Mills, 2021).

O balanço de energia vai variar de uma cidade para a outra, mas de maneira geral estabelece uma relação entre fatores como: cor e tipo de materiais usados nas construções, morfologia da área, pavimentos, verticalização, circulação de pessoas e veículos, indústrias e presença de vegetação. A energia gerada na cidade é sempre maior do que na zona rural, a energia perdida pela evaporação é normalmente mais baixa porque na cidade não há tanta água para evaporar (Amorim, 2020).

Gartland (2010) descreve como a energia é transferida das e para as superfícies terrestres a partir da equação 2 onde há relação entre convecção, evaporação, armazenamento de calor, calor antropogênico e saldo de radiação.

$$\textit{Convecção} + \textit{Evaporação} + \textit{Armazenamento de calor} = \textit{Calor antropogênico} + \textit{Saldo de radiação} \quad (2)$$

A noção de calor antropogênico ajuda na compreensão das ilhas de calor porque representa o calor gerado pelas atividades humanas que favorece o aumento de calor no ambiente urbano (Amorim, 2020).

A produção da cidade altera o BE porque diminui a eficiência, o ritmo e os feedbacks do ambiente nas trocas de energia, em decorrência da substituição de materiais naturais por

artificiais. As propriedades físicas dos materiais usados na construção civil, que são sólidos, são escuros, são resistentes a água e absorvem e armazenam calor, o que favorece para indisponibilidade de umidade para dissipar calor, afetando processos de absorção, difusão e reflexão da energia ocasionando mudanças (Amorim, 2000; Gartland, 2010; Rampazzo, 2015).

A distinção entre a área urbana e rural se dá principalmente porque a área rural é caracterizada por apresentar vegetação e um solo poroso e permeável, já a superfície urbana é altamente compactada e impermeável, isso cria condições distintas de capacidade calorífica e de condutividade térmica (Landsberg, 1981; Amorim, 2000).

Propriedades físicas dos materiais urbanos como: elevada difusidade térmica e baixa reflectância da energia solar contribuem para o aumento de temperatura no urbano e causa influência nas demais variáveis que definem o clima urbano (Oke, 1978; Gartland, 2010).

Elevados índices de difusidade térmica indicam que o calor chega a camadas mais profundas dos materiais e são mais constantes ao longo do tempo, a refletância se refere a quantidade de energia solar incidente refletida pelas superfícies e a emissividade térmica baixa sinaliza para uma baixa capacidade do material de radiar calor. Dois materiais são amplamente utilizados na construção da cidade: pavimento asfáltico e a cobertura com manta asfáltica (Gartland, 2010). Na tabela 3 são comparados os valores das propriedades físicas de materiais encontrados em áreas urbanas e rurais.

Tabela 3 – Exemplos de propriedades físicas de materiais urbanos e rurais

Materiais	Difusidade térmica	Albedo	Emissividade
Asfalto	0,39	0,05 – 0,20	0,91 – 0,97
Tijolo	0,61	0,20 – 0,40	0,90 – 0,92
Madeira			0,90
Telhas		0,10 – 0,35	0,90
Concreto denso	0,72	0,10 – 0,35	0,71 – 0,90
Cobertura com Manta Asfáltica	0,32	0,05 – 0,24	0,91 – 0,98
Água	0,14	0,03 – 1,0	0,92 – 0,97
Solos	0,10 – 0,23	0,04 – 0,05	0,90
Floresta de coníferas		0,05 – 0,15	0,97 – 0,99
Gramma		0,16 – 0,26	0,90 – 0,95

Fonte: Oke (1987); Gartland (2010)

O albedo representa a quantidade de radiação incidente que é refletida pelo material e a emissividade descreve o desempenho térmico caracterizado pela temperatura superficial, assim, superfícies com elevado albedo e emissividade tendem a permanecer mais frias quando expostas a radiação porque absorvem menos e emitem mais radiação solar, conduzindo menos calor para o interior dos imóveis, quando menor for os valores de albedo e emissividade, maior será a permanência e absorção de calor no ambiente e no entorno (Sant'Anna Neto, 2011).

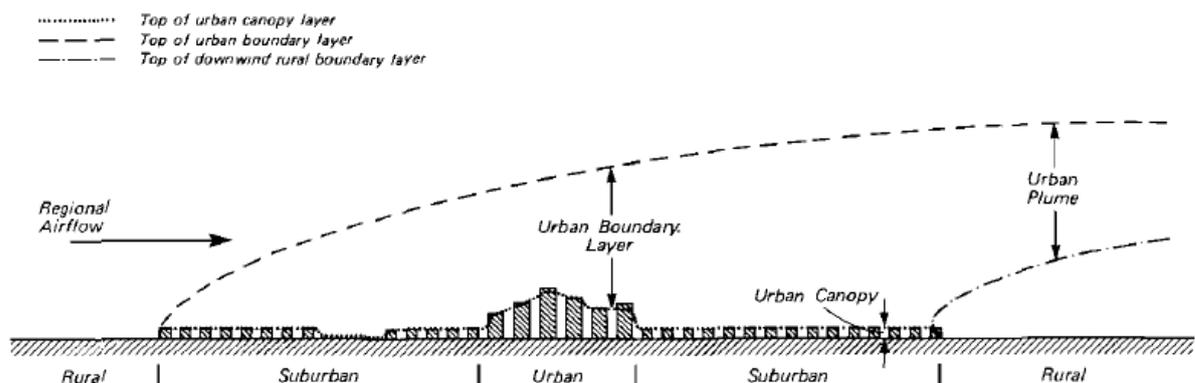
A consequência da produção da cidade é percebida nas variáveis climáticas regionais que são transformadas no espaço urbano, o que fica mais claro quando comparados com as medidas dessas variáveis tomadas no periurbano. As variáveis afetadas são: a temperatura do ar, a radiação solar direta, a iluminação, a umidade, as precipitações e o vento (Garcia, 1996).

Em decorrência das diferentes características das cidades, os estudos de clima urbano estabelecem uma diferença entre as camadas do clima urbano (Garcia, 1996) que se referem a extensão dos efeitos das ilhas de calor atmosféricas estabelecidas por Oke (1976).

A primeira camada, denominada *UCL* é um conceito de microescala que se refere a circulação do ar que se estabelece próximo aos elementos da rugosidade (construções), determinado pela geometria da cidade e materiais usados na construção dos prédios. Seu limite superior pode ser impreciso por conta da natureza da superfície urbana, em áreas densamente construídas pode chegar na altura dos telhados ou até imediatamente abaixo deles, em espaços abertos pode ser ausente. O limite inferior é influenciado pela velocidade do vento (Oke, 1976).

Chamada de *UBL* a segunda camada é a superior. Introduce um conceito de escala local ou mesoescala e se refere a parte da atmosfera que tem as características afetadas devido a presença de uma área urbana logo abaixo. Seu limite inferior é a fronteira com a *UCL*, seu tamanho varia de acordo com o dia e com o tamanho da cidade (Oke, 1976). Em função da dinâmica de ventos locais pode se estender para além dos limites da cidade criando uma nova camada acima da superfície rural, a chamada pluma de calor urbana (*urban heat plume*) (Clarke, 1969). As camadas podem ser visualizadas no esquema da figura 6.

Figura 6 – Atmosfera urbana e as camadas de modificação da temperatura do ar



Fonte: Oke (1976)

A compartimentação da atmosfera urbana também se dá de forma horizontal, neste caso é considerado características como o adensamento urbano e aspectos funcionais da cidade, assim é possível diferenciar entre si os setores geográficos (comerciais, residenciais, de serviços

etc.) e a presença de arborização e corpos d'água. Cada setor vai influir verticalmente ao criar uma tendência térmica distinta na superfície (Rampazzo, 2015).

Dessa forma, o clima urbano pode ser entendido como o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização, trata-se de um sistema onde o espaço urbanizado constitui o núcleo do sistema que mantém relação com o ambiente regional. As entradas de energia no SCU são de natureza térmica, baseadas nas leis da radiação, nos efeitos da atmosfera em relação ao sol e a superfície terrestre (Monteiro, 1976).

O SCU é uma proposta teórico-metodológica, baseada na teoria geral dos sistemas de Bertalanffy com enfoque do estudo do clima urbano na cidade, a proposta entende o clima urbano como um sistema aberto, ativo e complexo, onde as interações entre atmosfera e urbano estão interligadas e são dependentes da capacidade de trocas de energia e matéria entre o ambiente físico e a materialidade das cidades. A atmosfera é o “operador” e tudo que não é atmosférico é o “operando” do sistema constituindo um tipo especial de “operando” porque não é estático e passivo (Monteiro, 1976; Rampazzo, 2015; Sant’Anna Neto; Aleixo, 2022).

A proposta de Monteiro é amplamente utilizada em estudos de clima urbano, uma vez que a cidade é analisada adotando-se a concepção dinâmica conduzida pelo paradigma do ritmo de sucessão habitual dos estados atmosféricos sobre a cidade buscando verificar o ar comprometido dentro da realidade do urbano, esses aspectos embasados no ser humano a partir dos canais de percepção torna a abordagem diferente das puramente meteorológica dos clássicos da literatura internacional (Amorim, 2020).

Os elementos que caracterizam a participação urbana no desempenho do sistema, são conhecidos a partir dos canais de percepção humana, porque o ser humano deve ser o referencial de problemas e valores de fatos geográficos. Assim, o SCU é dividido em três subsistemas: o termodinâmico, o subsistema Físico-Químico e o subsistema Hídrico ou Hidrometeorológico. Ilhas de calor, poluição e inundações são produtos da alteração no SCU que ao receber energia de um sistema maior em que se insere a transforma ao ponto de gerar uma produção transmitida ao ambiente (Monteiro, 1976).

No canal termodinâmico há uma coparticipação humano-natureza e possui ligação direta com componentes barométricas, ventilação, condensação e precipitações. A associação da temperatura do ar com a umidade oferece o básico para se compreender a temperatura sensível e a noção de conforto (Monteiro, 1976).

Cidades de porte médio e pequeno possuem especificidades que as diferenciam das de grande porte, apesar da facilidade de descrição das paisagens intraurbanas, há uma carência de estudos o que coloca os conceitos previamente discutidos como altamente relativos porque foram pensados em contextos de cidades grandes e metropolitanas. As camadas da atmosfera urbana podem ser facilmente identificadas em cidades grandes, porém nas de menor porte há uma dificuldade de se criar ambientes de transição entre rural e urbano (Mendonça, 2015).

Estudos que se debruçam em questões do clima urbano são realizados desde o século XVII, a obra de John Evelyn (1661) é um dos mais antigos registros da preocupação com questões de clima urbano, naquela época a preocupação era principalmente o problema da poluição do ar e das alterações nos elementos climáticos em decorrência da industrialização.

Oke et al. (2017) dividem o estudo científico do clima das cidades em quatro períodos: Desde os estudos pioneiros até 1930 o contexto era de climatografias de cidades a partir de elementos climáticos selecionados; de 1930 até 1965 as pesquisas foram influenciadas pelas análises em escala local e micro, possibilitando melhor compreensão da diferenciação climática e desenvolvimento de novas técnicas; de 1965 a 2000 houve um aumento das investigações ligadas a meteorologia e o aparecimento de modelos baseados na física da atmosfera urbana; no século XXI a climatologia urbana e a meteorologia se direcionam para a predição.

O primeiro estudo documentado a respeito do campo térmico de uma cidade foi realizado por Luke Howard em dois volumes (1818; 1820), que evidenciou um excesso de calor artificial em Londres e comparou o ar na cidade com o campo próximo, apesar de não ter obtido medidas representativas, reconheceu corretamente as anomalias de temperatura do ar e as razões para o surgimento das chamadas ilhas de calor urbanas (Oke, et al., 2017).

Na última metade do século XIX, com o avanço da rede de observações meteorológicas na Europa, diversas cidades tiveram seu campo térmico estudado, como Paris por Émillen Renou (1855), Berlim por Kremser (1886) e a comparação do clima de cidades europeias realizada por Julius Von Hann (1885) (Gartland, 2010; Oke, et al., 2017).

Os estudos a partir de medições móveis revelaram as variações do clima local e a distribuição de elementos do clima na segunda fase (1930 a 1965), o enfoque era maior na temperatura do ar. Sundborg (1951) foi o primeiro a predizer a magnitude da ilha de calor em termos de condições sinóticas e a associar as causas da ilha de calor a um contexto de balanço de energia da superfície. Ao final desse período havia uma considerável literatura sobre os tipos

de efeitos de um clima urbano, mas não pautados teoricamente na física que ligasse essas variações a características da paisagem.

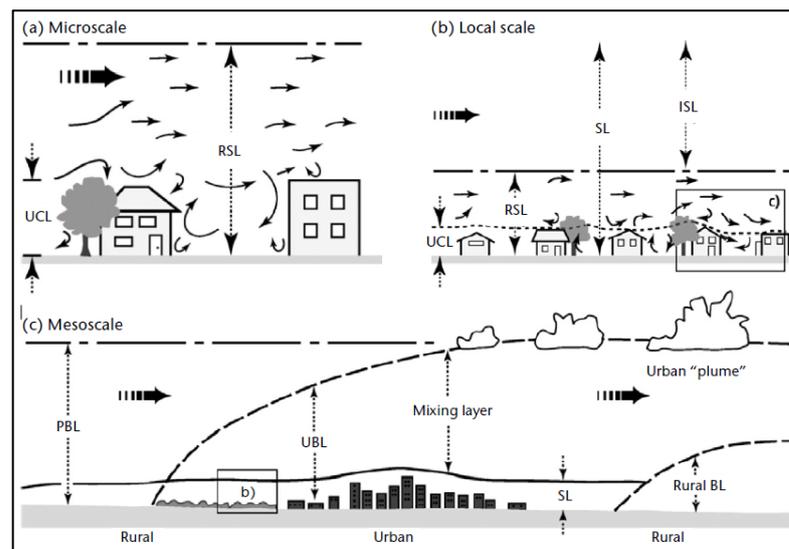
A terceira fase (1965 a 2000) é marcada pelo envolvimento pela descrição e estatística pautadas nos princípios gerais do balanço de energia e balanço hídrico superficial e pela preocupação com questões ambientais, principalmente pela qualidade do ar nas cidades, o que mais tarde gera um interesse pela meteorologia urbana especialmente focada na natureza dos ventos urbanos. É nesse contexto que Oke (1976) faz a distinção entre *UBL* e *UCL* nos estudos de ilhas de calor urbanas, o que favoreceu um entendimento para separação dos processos que controlam os elementos do clima em cada escala.

Com o início do século XXI surge a IAUC, a primeira organização dedicada a continuação e cooperação entre os estudiosos interessados na temática. A modelagem de atmosferas urbanas permitida a partir da consolidação do entendimento do fenômeno e dos processos, embora básica, tem se expandido com base em avanços tecnológicos de sistemas sensores e de sensoriamento remoto (Oke, et al., 2017).

6.2 Sistemas de classificação climática em escala urbana

Para Oke (1987) as escalas de análise do clima são resumidas em três, que é a escala do macroclima ou mesoescala que abarca a escala regional e se relaciona com as propriedades meteorológicas (Figura 7).

Figura 7 – Escalas climáticas e articulação com a atmosfera urbana



Fonte: OMM e Oke (2023)

Para os estudos de clima urbano, Monteiro (1976) propõe o relacionamento das unidades climáticas com as suas ordens de grandeza taxonômica e seus graus de urbanização. Dessa

forma, a organização geográfica do clima proposta estabelece uma articulação de escalas maiores com o clima urbano, conforme a tabela 4.

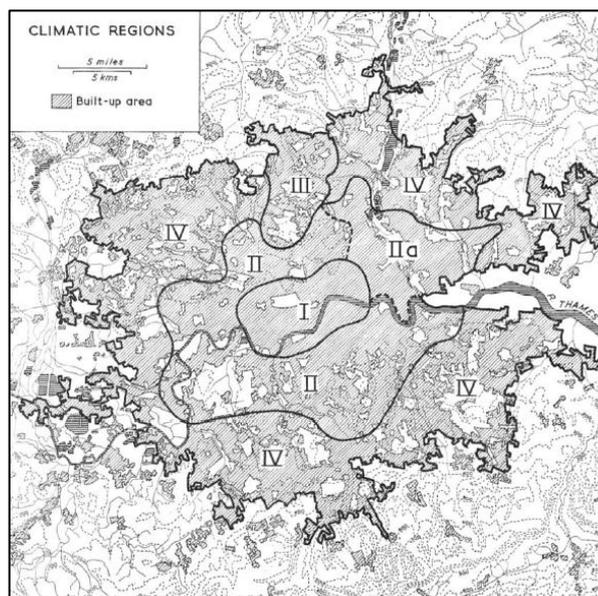
Tabela 4 – Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima

Ordem de grandeza	Unidade de superfície	Escala cartográfica	Espaço climático	Espaço urbano
II	Milhões de km	1:45.000.000 1:10.000.000	Zonal	
III	Milhões de km	1:5.000.000 1:2.000.000	Regional	
IV	Centenas de km	1:1.000.000 1:5.000.000	Sub-regional	Megalópole
V	Dezenas de km	1:250.000 1:100.000	Local	Área metropolitana Metrópole
VI	Centenas de km	1:50.000 1:25.000	Mesoclima	Cidade grande, bairro, subúrbio de metrópole
-	Dezenas de metros	1:10.000 1:5.000	Topoclima	Pequena cidade, fácies de bairro, subúrbio de cidade
-	Metros	1:2.000	Microclima	Grande edificação, habitação, setor de habitação

Fonte: Adaptado de Mendonça e Monteiro (2003)

Conforme Stewart (2011), Chandler (1965) é considerado o primeiro a desenvolver uma classificação para a cidade baseada no clima. Em Londres, ele identificou quatro (4) regiões climáticas onde o seu clima, fisiografia e morfologia das construções eram similares, com isso ele definiu os limites graduais, vale destacar que todas as regiões eram mais quentes do que o rural não urbanizado. As quatro regiões: I – Central; II – Suburbana interna; III – Suburbana externa; e IV - *Northern heights*, conforme figura 8.

Figura 8 – Regiões climáticas locais de Londres conforme Chandler (1965)

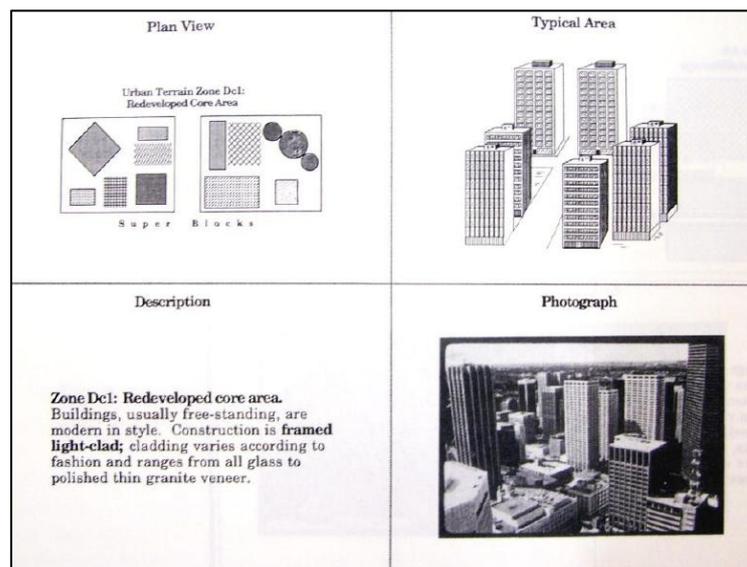


Fonte: Stewart (2011)

Em 1978, Auer propõe para a cidade San Louis nos Estados Unidos uma classificação do uso da terra com base em características da vegetação e da área edificada atribuindo propriedades meteorologicamente significativas, foram definidos doze (12) tipos de uso da terra que se relacionam com anomalias termodinâmicas e radiativas com um nível de detalhe maior do que vinha sendo utilizado. As classes com maiores anomalias eram caracterizadas por apresentar elevada área construída, já as classes com menores anomalias eram representativas de extensa cobertura vegetal e construções do tipo residencial, porém, é muito generalista e não considerava a localização como fator na classificação (Stewart, 2011).

Ellefsen (1990/1991) propõe o “*Urban terrain zones*” (UTZ) sistema para ser utilizado em escala de bairro pautado na morfologia das edificações, configuração das ruas e nos materiais construtivos das cidades dos Estados Unidos. O sistema de Ellenfsen identificou dezessete (17) zonas com base nas suas distinções, incluindo a separação em área central desenvolvida, centros comerciais e cidade exterior, figura 9 (Stewart, 2011).

Figura 9 – UTZ para área central desenvolvida conforme Ellefsen (1990)



Fonte: Stewart (2011)

Oke (2004) elaborou um sistema simplificado de classificação da cidade com base no clima com objetivo de melhorar a localização de instrumentos meteorológicos em áreas urbanas. O espaço urbanizado é dividido em regiões discretas e homogêneas chamadas de “*Urban Climate Zones*”, as zonas se diferenciam pela estrutura da superfície, cobertura da terra, metabolismo e potencial de perturbar o clima natural da superfície (Stewart, 2011). O grande diferencial é o parâmetro de permeabilidade da superfície. O sistema abrange sete (7) classes que vai desde a UCZ1 que é altamente urbanizada até a UCZ7 que é denominada semi-rural, conforme a figura 10 (Stewart, 2011; Dorigon, 2019).

Figura 10 – Zona Climática Urbana conforme Oke (2004)

Urban Climate Zone, UCZ ¹	Image	Roughness class ²	Aspect ratio ³	% Built (impermeable) ⁴
1. Intensely developed urban with detached close-set high-rise buildings with cladding, e.g. downtown towers		8	> 2	> 90
2. Intensely developed high density urban with 2 – 5 storey, attached or very close-set buildings often of brick or stone, e.g. old city core		7	1.2 – 2.5	> 85
3. Highly developed, medium density urban with row or detached but close-set houses, stores & apartments e.g. urban housing		7	0.5 – 1.5	70
4. Highly developed, low density urban with large low buildings & paved parking, e.g. shopping mall, warehouses		5	0.05 – 0.2	75 – 95
5. Medium development, low density suburban with 1 or 2 storey houses, e.g. suburban housing		6	0.2 – 0.5, up to >1 with tall trees	35 – 65
6. Mixed use with large buildings in open landscape, e.g. institutions such as hospital, university, airport		5	0.1 – 0.5, depends on trees	< 40
7. Semi-rural development with scattered houses in natural or agri-cultural area, e.g. farms, estates		4	> 0.05, depends on trees	< 10

Fonte: Stewart (2011)

Além dos sistemas apontados, Stewart (2011) coloca os sistemas nacionais de classificação da cobertura vegetal e uso do solo que têm sido empregados em estudos de ilhas de calor. O autor cita o *U.S. National Land Cover Dataset* (NLCD) com dezesseis (16) classes de uso da terra desenvolvido com base na proposta de Anderson, et al., (1976). Na China se usa um sistema de dez (10) classes de uso da terra com resolução espacial de 1 km.

Os sistemas apresentados possuem limitações como na importância dada a questão climática, a capacidade de representação do urbano e do rural, a nomenclatura, origem e escopo, capacidade de generalização e de aplicação em qualquer lugar da Terra. Mesmo a de Oke (2004) considerada a melhor, encontra barreiras na extrapolação uma vez que bairros e loteamentos populares dos países do sul global não seriam representados (Stewart, 2011; Dorigon, 2019).

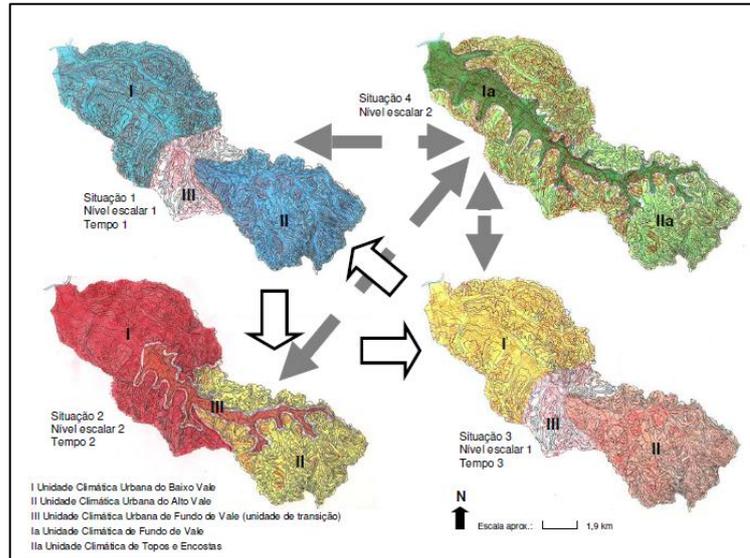
No Brasil são poucas as propostas para classificação da superfície urbana considerando o clima e os poucos encontrados elaboram uma organização de aspectos específicos da realidade intraurbana analisada, portanto, não apresentam ou buscam um padrão de análise para classificação da paisagem urbana ou rural tornando difícil a extrapolação (Dorigon, 2019).

Dorigon (2019) destaca os trabalhos de Brandão e Tarifa (1995), Tarifa e Armani (2001), Jardim (2007) e Fialho (2010) que procuraram delimitar a paisagem das cidades em que foram aplicadas, delimitando unidades climáticas locais.

Jardim (2007) ao estudar a Bacia Hidrográfica do Rio Aricanduva em São Paulo identificou três unidades climáticas a partir da influência de fatores geográficos da superfície

no comportamento da temperatura do ar e umidade relativa do ar (Figura 11). A classificação considera os cenários a partir dos sistemas atmosféricos atuantes, estabelecendo um cruzamento entre tipos de tempo, dados climáticos e características do sítio (Dorigon, 2019).

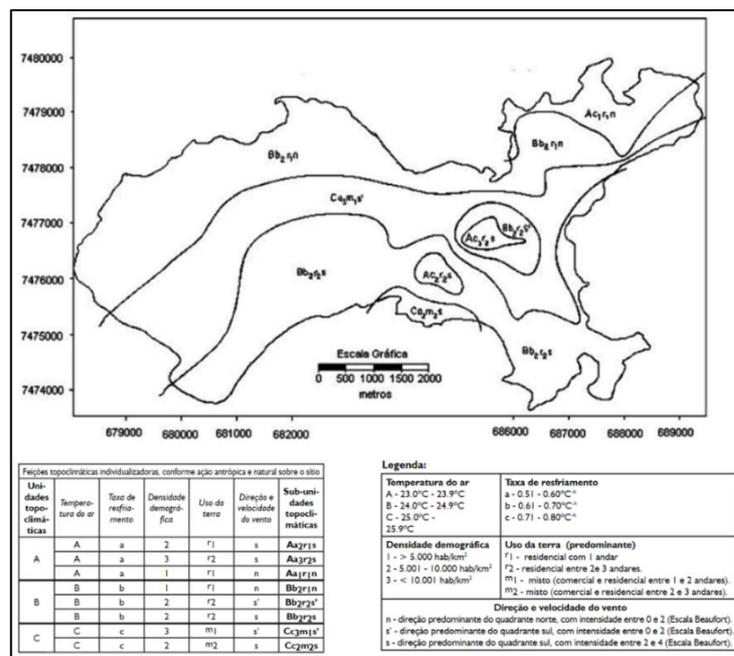
Figura 11 – Unidades climáticas na Bacia do Rio Aricanduva conforme Jardim (2007)



Fonte: Jardim (2007)

Fialho (2010) delimitou unidades topo-climáticas urbanas na Ilha do Governador (RJ) com base em informações obtidas em campo, dados humanos e geocológicos. Identificou três (3) unidades denominadas: A, B e C que se subdividem em outras oito (8) sub-unidades para descrever aspectos como temperatura do ar, taxa de resfriamento, entre outros (figura 12).

Figura 12 – Unidades topo-climáticas da Ilha do Governador – RJ conforme Fialho (2010)



Fonte: Fialho (2010)

As propostas de classificação apresentadas elaboraram uma união de fatores urbanos e físicos dos sítios das cidades com informações climáticas sem propor um padrão de análise e classificação da paisagem. Há pouca atenção para diferenciação do uso da terra, com nenhuma classe que representasse o rural, diferente da proposta das zonas climáticas locais que já propõe um padrão completo de propriedades da superfície sob uma nomenclatura que permite a aplicação abrangente seja qual for a cidade (Cardoso, 2015; Dorigon, 2019).

6.2.1 Zonas Climáticas Locais: definições e conceitos

As cidades agregam uma enorme quantidade de tipos de superfícies, muitas delas são pequenas em extensão e tem geometrias complexas, essa heterogeneidade espacial explica a variabilidade microclimática considerável em distâncias curtas, enquanto a temperatura de superfície demonstra as propriedades térmicas e radiativas, a temperatura do ar atmosférica vai marcar as influências de muitos tipos diferentes de superfície (Stewart; Mills, 2021).

Classificações de uso e cobertura da terra a fim de atribuir uma estrutura espacial a paisagem urbanizada permite organizar um programa de observação urbana e resultados com base na compreensão das trocas de energia superfície-ar possibilitando a representação de características climaticamente relevantes (Stewart; Mills, 2021).

A definição clássica da ilha de calor urbana considerando a diferença máxima entre a temperatura do ar registrada no urbano e no rural próximo, tem se tornado insuficiente em diversos casos, seja pelo tamanho da cidade ou pela complexidade dos territórios. Outra razão é devido ao alcance global das pesquisas em clima urbano, diferentes padrões de urbanização existem no mundo o que tornou necessário a consideração de metadados para que houvesse comunicação entre pesquisas (Stewart, 2011; Soeira, 2019).

Zonas climáticas locais é um sistema de classificação baseado no clima local que é utilizado para o contexto dos estudos das ICU, tem a finalidade de padronizar metadados locais para facilitar a comparação entre paisagens no intraurbano e entre cidades, possibilitando uma nova forma de quantificar a intensidade das ilhas de calor (Stewart; Oke, 2012).

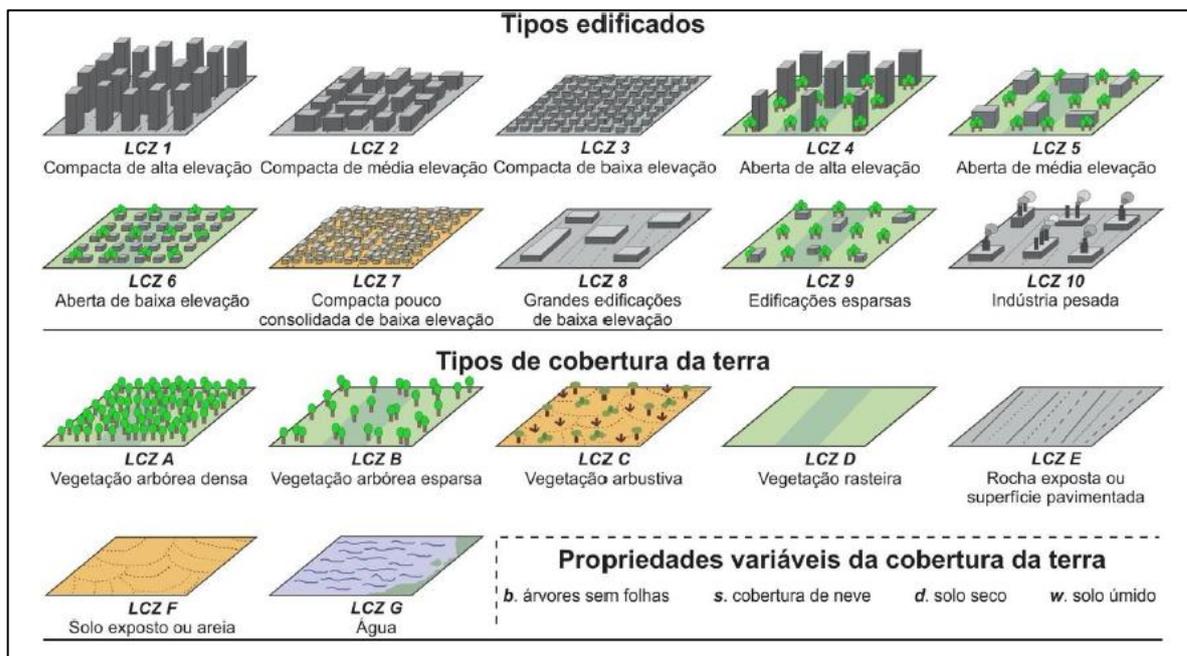
O sistema de classificação é proposto inicialmente por Stewart (2011), já o conceito é formalmente definido por Stewart e Oke (2012), basicamente se refere a regiões com cobertura da superfície, materiais construtivos e atividades humanas uniformes que se estendem por dezenas de metros ou milhares de quilômetros horizontalmente no espaço.

A classificação da paisagem em unidades climáticas parte da influência que as propriedades da morfologia da superfície (altura e espaçamento das edificações e das espécies

arbóreas) e da cobertura da terra (se permeável ou impermeável) causam no campo termodinâmico. O primeiro parâmetro afeta o clima local modificando o fluxo de ar e o transporte de calor, o segundo parâmetro afeta o albedo, a disponibilidade de umidade e o potencial de aquecimento do solo (Stewart, 2011; Cardoso, 2015).

As combinações dos parâmetros resultam em um conjunto de dezessete (17) classes (Figura 13) separadas em dois grupos: os tipos edificadas e os tipos de cobertura da terra. As classes não possuem um rigor de classificação e permitem subclassificações a fim de atender as necessidades de cada estudo (Pinton, 2021).

Figura 13 – Sistema de classificação por Zonas Climáticas Locais



Fonte: Stewart (2011); Pinton, 2021 (Tradução).

Quinze (15) zonas vão descrever a estrutura da superfície e cobertura e duas (2) os materiais construtivos e emissões antropogênicas. Os tipos construídos são compostos por estruturas onde predominam uma configuração do ambiente e uma cobertura que é a pavimentada, já a cobertura da terra é classificada em propriedades sazonais e efêmeras.

As LCZs podem ter de centenas de metros a vários quilômetros, sendo recomendado um raio mínimo de 200 a 500 metros para que possa ser considerado local, com natureza climática e representação zonal. Cada zona corresponde a um valor específico de diferentes padrões da geometria urbana, propriedades da superfície, estrutura urbana, valores de propriedades térmicas, de radiação e metabólicas conforme as tabelas 5 e 6.

Tabela 5 – Propriedades geométricas e de cobertura da superfície para cada zona

ZCL	Fator de Visão do céu	Relação H/W	Fração de superfície edificada	Fração de superfície Impermeável	Fração de superfície permeável	Altura dos elementos de rugosidade	Classe de rugosidade
	FVC	H/W	% Edif	% Imp.	% Perm.	Alt. Rug	Cls. Rug
1	0,2 – 0,4	> 2	40 – 60	40 – 60	< 10	> 25	8
2	0,3 – 0,6	0,75 – 2	40 – 70	30 – 50	< 20	10 – 25	6 – 7
3	0,2 – 0,6	0,75 – 1,5	40 – 70	20 – 50	< 30	3 – 10	6
4	0,5 – 0,7	0,75 – 1,25	20 – 40	30 – 40	30 – 40	> 25	7 – 8
5	0,5 – 0,8	0,3 – 0,75	20 – 40	30 – 50	20 – 40	10 – 25	5 – 6
6	0,6 – 0,9	0,3 – 0,75	20 – 40	20 – 50	30 – 60	3 – 10	5 – 6
7	0,2 – 0,5	1 – 2	60 – 90	< 20	< 30	2 – 4	4 – 5
8	> 0,7	0,1 – 0,3	30 – 50	40 – 50	< 20	3 – 10	5
9	> 0,8	0,1 – 0,25	10 – 20	< 20	60 – 80	3 – 10	5 – 6
10	0,6 – 0,9	0,2 – 0,5	20 – 30	20 – 40	40 – 50	5 – 15	5 – 6
A	< 0,4	> 1	< 10	< 10	> 90	3 – 30	8
B	0,5 – 0,8	0,25 – 0,75	< 10	< 10	> 90	3 – 15	5 – 6
C	0,7 – 0,9	0,25 – 1,0	< 10	< 10	> 90	< 2	4 – 5
D	> 0,9	< 0,1	< 10	< 10	> 90	< 1	3 – 4
E	> 0,9	< 0,1	< 10	< 90	< 10	< 0,25	1 – 2
F	> 0,9	< 0,1	< 10	< 10	> 90	< 0,25	1 – 2
G	> 0,9	< 0,1	< 10	< 10	> 90	-	1

Fonte: Stewart (2011)

Tabela 6 – Propriedades termiais, radiativas e metabólicas para cada zona

ZCL	Admitância da superfície	Albedo superficial	Calor Antropogênico
	Adm. Sup.	Alb. Sup.	Clr. Ant.
1	1100 – 2000	0,10 – 0,20	50 – 300
2	1000 – 2200	0,10 – 0,20	< 75
3	1000 – 2200	0,10 – 0,20	< 75
4	1100 – 2000	0,12 – 0,25	< 50
5	1000 – 2200	0,12 – 0,25	< 25
6	1000 – 2200	0,12 – 0,25	< 25
7	400 – 1800	0,15 – 0,35	< 35
8	1000 – 2000	0,15 – 0,25	< 50
9	1000 – 2200	0,12 – 0,25	< 10
10	1000 – 2500	0,12 – 0,20	> 300
A	1000 – 1800	0,10 – 0,20	0
B	1000 – 1800	0,15 – 0,25	0
C	1000 – 1800	0,15 – 0,30	0
D	1000 – 1800	0,15 – 0,25	0
E	1300 – 3000	0,15 – 0,30	0
F	1000 – 1800	0,20 – 0,35	0
G	1500	0,02 – 0,10	0

Fonte: Stewart (2011)

Dentre as limitações do sistema está a correspondência com as diferentes realidades climáticas e de produção do espaço urbano no mundo, por isso a escolha da melhor zona deverá

ser feita por meio de cruzamento de informações e dados, não necessariamente por correspondência direta (Stewart; Oke, 2012).

Os valores da cobertura da superfície devem orientar esse cruzamento e deve-se avaliar as principais diferenças encontradas no caso analisado, a alternativa apresentada pelos autores é a mistura de propriedades de duas zonas ou mais para que se atenda a uma área onde não se consiga extrair uma predominância de tipo edificado ou cobertura da terra, contudo, quanto mais específica se torna a zona climática, menor é o seu poder de generalização, que por sua vez dificultará o intercâmbio de estudos entre cidades.

Esse aspecto da metodologia pode ser encarado como limitante ou como possibilidade, em estudos como os de Cardoso e Amorim (2018), onde se utilizou todas as possibilidades de subclasses, a subdivisão permitiu um melhor nível de detalhe das propriedades físicas da paisagem de Presidente Prudente e sua aplicabilidade atendeu aos objetivos da pesquisa.

Outra contribuição do sistema diz respeito a mensuração da magnitude das ilhas de calor proposta de Stewart (2011) é feita com base na diferença de temperatura entre as classes e não como tradicionalmente tem sido realizado, baseados na diferença entre o rural próximo permitindo explicações fundamentadas na relação entre a temperatura, morfologia e material de superfície, tornando a ICU um fenômeno composto por partes locais com diferentes possibilidades de combinações entre as LCZs da área de estudo (Pinton, 2021).

A aplicação das zonas climáticas locais em estudos de clima urbano no Brasil tem se mostrado promissora Ramírez-Aguilar (2019) coloca que os principais usos do esquema são para análise da variação da temperatura, observação das ilhas de calor, modelagem de elementos climáticos e mapeamento intraurbano da superfície urbana.

Na maior parte dos estudos é empregada juntamente outras metodologias consolidadas para espacialização da temperatura de superfície e temperatura do ar como: a coleta de dados de variáveis climáticas em pontos fixos e transectos móveis (Cardoso, 2015; Soeira, 2019; Monteiro, 2018; Ramírez-Aguilar, 2019; Dorigon, 2019; Fernandes, 2019; Silva, 2020; Megda, 2020; López, 2020; Ferreira, 2020; Cardoso, 2021; Castro, 2022; Werneck, 2022).

Portanto, o principal objetivo do esquema é criar uma forma de caracterizar as superfícies urbanas e permitir um avanço no entendimento da contribuição das áreas urbanas em problemas como a mudança climática global, o que por sua vez orienta o desenvolvimento de políticas de adaptação baseadas na estrutura da paisagem. Deixando claro a importância da heterogeneidade das cidades, seja pelo tamanho, cultura, contexto social e macroclimático.

Os estudos de clima urbano geralmente analisam a temperatura do ar da cidade e estabelecem de forma geral a relação da cobertura da terra com o aumento da intensidade das ilhas de calor urbanas, sem abordar as especificidades da paisagem de cada cidade, as LCZs são uma alternativa para superar a dicotomia subjetiva entre rural e urbano ao propor uma caracterização das diferentes unidades da paisagem das áreas de estudo de ilha de calor.

6.3 Produção social do espaço e do clima urbano

Transformações decorrentes do intenso processo de urbanização desde a revolução industrial trouxeram mudanças particulares para as cidades devido a intervenções da sociedade. A perspectiva analítica da Geografia permite relacionar aspectos do clima e da produção do espaço urbano integrando elementos da diferenciação socioespacial e do urbano na análise, colocando o clima como um problema ambiental e urbano em virtude da sua lógica de construção social (Rampazzo, 2015).

De início os estudos de clima urbano focavam em compreender as alterações nos elementos climáticos decorrentes da industrialização, após a Segunda Revolução Industrial e o pós-guerra, que acelerou o processo de urbanização, os estudos de clima urbano passaram a ter mais destaque. O enfoque não mudou, porém, hoje se reconhece uma maior complexidade de ordem física e socioespacial reforçando o caráter interdisciplinar relacionado principalmente ao planejamento urbano (Nascimento Júnior, 2018).

A cidade é uma construção humana que se constituiu ao longo da história, ganhando materialização concreta e diferenciada a partir de determinações histórias específicas. Ela nasce da necessidade de se organizar um espaço no sentido de integrá-lo e assume, em cada fase da história, formas, características e funções distintas, ou seja, é o produto da divisão, tipos e objetos de trabalho e do poder nela centralizado (Carlos, 2013).

O processo de urbanização remonta à antiguidade e a cidade é um fato determinado a partir de condições históricas que a permitiram há mais de 5 mil anos. Com o capitalismo a urbanização se tornou um processo expressivo e extenso a nível global e a industrialização, como principal forma da sociedade se apropriar da natureza, marcou e revolucionou o próprio processo de urbanização. Mesmo que o crescimento urbano tenha iniciado no contexto mercantilista na Europa é a partir do desenvolvimento técnico-científico da revolução industrial que a urbanização se acentuou (Sposito, 1988).

Ao encarar os problemas urbanos como inerentes a industrialização, tal como na Inglaterra no século XIX, estamos assumindo que a desordem urbana é conjuntural e que faz

parte do crescimento populacional, porém, o acesso a uma moradia descente não depende de tempo para construção de mais casas, mas de poder pagar por elas, ou seja, está subordinado ao nível salarial (Sposito, 1988).

A ampliação da divisão do trabalho na cidade leva a uma socialização capitalista a qual é permeada por valores de troca e a expansão do fenômeno urbano serve como base para a racionalização baseada em planos de ajuste econômico criados a partir de uma demanda por racionalidade onde o imperativo da competitividade impulsiona a modernização de certas áreas da cidade em detrimento de outras (Santos, 2006).

Sob o capitalismo tudo se torna mercadoria, a acentuada divisão do trabalho imposta pelo sistema é mais definitiva no urbano. A cidade é uma concentração de pessoas onde cada uma exerce um papel na divisão social do trabalho, desencadeando uma disputa de usos. A produção do espaço urbano se fundamenta em um processo desigual, então, o espaço reflete essa contradição. O uso produtivo do espaço será determinado pelas características do processo de reprodução do capital, o modo de utilização será determinado pelo valor que redefine constantemente a dinâmica do acesso ao uso do solo (Carlos, 2013).

O espaço urbano capitalista é, portanto, fragmentado, articulado, reflexo e condicionante social e é o lugar onde as diversas classes sociais vivem e se reproduzem, assumindo uma dimensão simbólica e de luta, então é uma dimensão da própria sociedade, é a mais aparente. Os usos da terra podem ser entendidos como forma espacial que tem sua existência condicionada por funções vinculadas a processos da sociedade, essas formas são produzidas por agentes sociais concretos (Corrêa, 2004).

O acesso a cidade e o modo de produção do espaço contém uma forma de apropriação que é mediado por mecanismos de mercado assentados na propriedade privada da terra. O uso do solo é disputado pelos segmentos da sociedade de forma diferenciada gerando conflitos e deve ser analisado a partir da teoria do valor (o espaço-mercadoria) onde o mercado determina a garante acesso à propriedade privada pelo pagamento do preço da terra (Carlos, 2013).

Santos (2006) ao tratar dos limites de produção da racionalidade do espaço geográfico coloca que na cidade o poder público aceita uma ordem de prioridades privilegiando alguns poucos atores o que termina agravando problemas sociais, dessa forma, alguns segmentos encontram condições para sua plena realização e a maioria não possuem respostas adequadas para suas necessidades essenciais.

Sendo assim, as classes com maior poder aquisitivo habitam as melhores áreas uma vez que os preços são determinados pela localização do terreno, acesso a lugares privilegiados, infraestrutura, privacidade, fatores vinculados ao relevo e por processos de valorização espacial. Para as classes de menor poder aquisitivo restam as áreas centrais deterioradas e abandonadas ou a periferia onde os terrenos são mais baratos pela falta de infraestrutura e possibilidade de autoconstrução, para aqueles que não possuem essa possibilidade restam as favelas onde não vigoram direitos de propriedade (Carlos, 2013).

As cidades hoje concentram os maiores impactos das alterações climáticas e contribuem para esse processo. O balanço energético artificial da cidade é entendido como produto e produtor de alterações antropogênicas ao mesmo tempo concentram o racismo, a desigualdade ambiental, condições microclimáticas e de vulnerabilidade que vai variar de acordo com o poder aquisitivo das pessoas (Armond, 2022).

O conhecimento a respeito do clima deve sempre ser contextualizado em uma variedade de forçantes e fatores sociais porque como toda ciência a climatologia emerge de condições culturais distintas que se distinguem no tempo e no espaço, os entendimentos sobre o clima mudaram porque são condicionados por avanços científicos, mas também tecnológicos, sociais, políticos e culturais (Carey, 2012).

Todo fenômeno natural é incorporado aos sistemas produtivos e são socialmente apropriados de acordo com o desenvolvimento dos lugares. A cidade se inclina para o espaço urbano que é submetido a lógica capitalista. O impacto do clima é relativizado porque não oferece da mesma maneira medidas de superação, controle e suporte a eventos extremos e perigos naturais, favorecendo uma diferenciação socioespacial (Nascimento Júnior, 2018).

Para Sant'Anna Neto (2001) o modo de produção territorializa diferentes formas de uso da terra baseado em uma lógica que ignora o que é sustentável, os efeitos dos tipos de tempo no espaço construído de maneira desigual geram problemas climáticos também desiguais. Em termos socioeconômicos o sistema produzirá efeitos que serão percebidos de forma diferente de acordo com a capacidade que os grupos sociais têm para se defender.

Sob essa ótica a cidade seria tratada não apenas como forma, mas como forma-conteúdo, ambiente socialmente produzido e apropriado. A cidade seria, portanto, vista como problema concreto entendido a partir da dimensão em que a repercussão dos fenômenos atmosféricos se dá no espaço. Assim, os impactos são lastreados aos problemas urbanos pela sua produção e

construção enquanto projeto social, como espaço geográfico produto e produtor de formas de exposição a perigos, vulnerabilidades e riscos (Nascimento Júnior, 2018).

Clima urbano é, dessa forma, um conceito relacional, trata-se de um fenômeno que tanto condiciona como é condicionado por objetos que lhe dão sentido dotando-o de conteúdo (forma/conteúdo). Passa a ser visto como um fenômeno materializado no tempo/espaço assumindo uma dimensão imaterial, moldado historicamente pelas relações entre as sociedades e destas com a natureza (Sant'Anna Neto; Aleixo, 2022).

O balanço de energia nos ambientes urbanos do mundo tropical não se encerra na oposição entre campo e cidade, mas exige uma atenção para as diferenças no interior desta. A divisão da cidade em bairros com padrões construtivos variados e materiais utilizados diversos requer que essa setorização seja considerada porque dependendo da dinâmica de expansão, os investimentos podem selecionar os moradores (Amorim, 2020).

Armond (2022) adverte para a necessidade de os estudos de clima urbano expandirem seu campo de investigação em busca de uma climatologia urbana crítica incluindo nas análises legados do colonialismo, raça, gênero e classe social articulados a análise do balanço energético e variação da qualidade do ar intraurbano.

O clima urbano, então, é visto para além da articulação entre a atmosfera e a cidade, enxerga os impactos não como resultado das alterações que a cidade causa na atmosfera, mas como condicionados a estrutura socioespacial na qual se insere. Sob essa lente torna-se viável entender como áreas suscetíveis a desastres se tornam espaços de habitação a partir da lógica de produção do espaço urbano e da cidade, como setores da cidade vão apresentar degradação ambiental que se manifesta na precariedade de serviços públicos, formas de violência e privação de direitos à cidade (Nascimento Júnior, 2018).

Por fim, para os geógrafos mais importante do que desvendar os processos dinâmicos de ordem física do clima, que se manifestam espacial e temporalmente, é entender o significado desses processos em um contexto socioeconômico e socioambiental. É questionar como o território é produzido e como as ações afetam de forma diferente os habitantes (Sant'Anna Neto, 2001) seja na cidade ou no campo, em escala local, regional ou global.

6.4 Produção do urbano de Coari

A urbanização na Amazônia Ocidental não pode ser entendida como parte de um único processo iniciado em 1616 com a instalação do Forte do Presépio que mais tarde daria origem a Belém. A rede urbana na Amazônia é resultado de estratégias que vem sendo estabelecidas

desde o período colonial até a história recente com a república, em todas as fases elas estão atreladas ao processo mundial de acumulação (Lima, 2014).

A criação de cidades na Amazônia quase sempre ocorreu sob a aplicação de políticas de desenvolvimento que produziram espaços e tempos pensados pelo Estado e pelo capital que são diferentes do que se vive pelas populações amazônicas (Oliveira, 1999).

Apesar de atualmente o mundo enfrentar novos problemas, as lógicas que conformam a monopolização do capital, como a divisão internacional do trabalho e o acesso aos benefícios do desenvolvimento, ainda são os trilhos de ação e, conseqüentemente, influenciam a realidade das cidades (Castro, 2009).

A urbanização, como estratégia no projeto de ocupação da Amazônia por estar associada a mobilidade do trabalho se configura em duas dimensões: uma do espaço social como modo de integração econômica e ideológica e outra do espaço territorial pela expansão dos núcleos urbanos. Na Amazônia a urbanização tem papel por ser um fator de atração de migrantes, as cidades servem como base para organização do mercado de trabalho e são *locus* da ação política-ideológica do Estado (Becker, 1990).

Entender a formação socioespacial de Coari inclui analisar o desenvolvimento regional na Amazônia, uma vez que a acumulação capitalista ocorreu de início privilegiando elementos naturais, assim, a participação no processo de mundialização da industrialização se deu com a exploração da borracha, dos recursos minerais e florestais (Seabra, 2022).

O espaço urbano na Amazônia foi produto não apenas do planejamento, mas também de recriação social, desenvolvimento regional e de relações construídas por gerações que se envolvem em projetos de mudanças (Castro, 2009). Considerar apenas o aspecto econômico resulta em chocar-se com objeções destruindo qualquer perspectiva de compreender o processo de produção da sociedade, é preciso captar as transformações do vivido, isso permite o entendimento da vida porque as relações sociais de produção revelam contradições sociais, políticas e econômicas (Oliveira, 1999).

Onde hoje é Coari era habitado por indígenas Omáguas que no início do século XVIII já estavam quase extintos por doenças e pelas mortes nas guerras para escravização e catequização (Seabra, 2022). Na literatura e prospectos históricos a fundação de Coari é atribuída ao Padre Samuel Fritz no século XVIII, porém, Goes (2022) ressalta as imprecisões quanto a história de Coari. Pela ausência de menções a Coari no Diário de Fritz e pela falta de

referência ao lago de Coari no celebre mapa do Rio Amazonas o autor conclui que Fritz não conhecia Coari ou fez qualquer descimento³ de indígenas no lago de Coari.

Para contrapor a argumentação, Goes (2022) cita que La Condamine, Von Spix e Von Martius em seus relatos atribuem a fundação de Coari aos missionários Carmelitas que trabalhavam a serviço da coroa portuguesa. Assim, a partir de Cônego Francisco Bernadino de Souza, a fundação de Coari pode ser atribuída aos indígenas Jurimáguas (Jurimáguas, Yurimáguas ou Solimões pelos portugueses) onde desenvolveram sua cultura na praia de Jurupari, próximo de onde hoje é a sede do município, mesmo com as missões de descimento dos padres Carmelitas.

Em 1755 foi criada a Capitania de São José do Rio Negro e em 1759 o Governador da Capitania elevou a aldeia de Coari a categoria de Lugar, passando a se chamar Alvelos devido a determinação de Marquês de Pombal para que os nomes de origem indígena fossem substituídos para com ascendência portuguesa. Em 1833 voltou a ser denominada de Coari sendo reconhecida a partir de então como freguesia. Em 1854 a sede da freguesia foi transferida para próximo da foz do rio Coari onde hoje é a sede do município (Seabra, 2022).

Por conta de significativas transformações na estrutura político-administrativa a freguesia foi elevada à categoria de vila em 1874, nesse mesmo ato foi criado o município de Coari a partir do desmembramento de Tefé. A vila de Coari no início possuía dois bairros separados pelo rio São Pedro, os bairros eram ligados por uma ponte de madeira e alvenaria (Figura 14), que era um ponto bastante frequentado pelos coarienses (Goes, 2022).

Figura 14 – Ponte sobre o rio São Pedro em Coari, sem data



Fonte: Goes (2022)

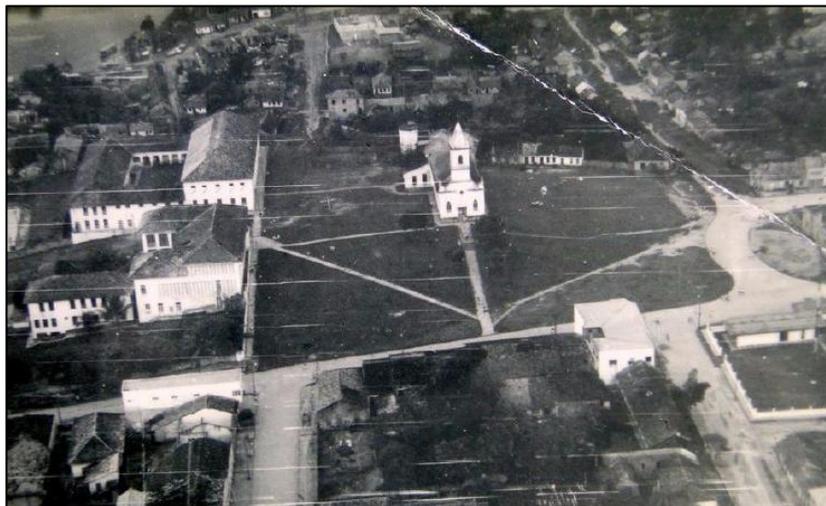
³ Ação missionária que consistia no deslocamento, também chamado descimento, de indígenas de seu território para aldeias jesuíticas (Arquivo Nacional, 2017).

No período áureo da economia gomífera Coari era grande produtora de borracha, castanha e outros produtos da floresta, essa realidade é afirmada a partir de relatos de viajantes, servidores do governo e artistas. Os relatos contribuem para a reconstrução dos aspectos culturais, sociais e espaciais ajudando a entender as especificidades da sociedade atual, como por exemplo, o período da economia gomífera atraiu para a cidade migrantes do nordeste e comerciantes sírios (Goes, 2022).

Seabra (2022) trata da relação de dependência entre governo municipal e estadual, além da relação público e privado qualificando como ilegítima e arrivista⁴. Sobre agentes responsáveis pela formação territorial de Coari, o autor trata da atuação do Estado por meio da politicagem e clientelismo político, citando a influência das elites de classe média, da igreja católica por meio dos missionários e depois o Estado através dos planos de desenvolvimento regional na Amazônia.

No início dos anos 30 Coari era uma das cidades mais prósperas do interior do estado detendo a maior produção agrícola do Amazonas com uma infraestrutura bem organizada para a época, com edifícios, ruas, praças, estação de radiotelegrafia e iluminação elétrica (Figura 15), havia um aumento expressivo da população e o comércio já era promissor, havia escolas e o movimento político era de aspiração para emancipação de Coari. Foi então que em agosto de 1932 a vila foi elevada à categoria de cidade (Goes, 2022).

Figura 15 – Praça São Sebastião, Coari antiga na primeira metade do século XX



Fonte: Goes (2022)

4 No processo de colonização os caboclos foram silenciados pelos discursos da competência dos brancos, sua palavra era nula, e não era acolhido, vivia nos mundos dos excluídos, com uma grande rejeição nos seus saberes, hierarquicamente como uma cultura -inferior. Dessa forma o arrivista era o colonizador que de forma ambicioso que deseja subir socialmente usando quaisquer recursos.

A partir da década de 1950 inicia o modelo econômico industrialista. No Amazonas significou a adequação da região à política industrial brasileira, que culminou com o estabelecimento da ZFM que fez concentrar os investimentos econômicos na capital, criando uma dependência dos municípios dos repasses estaduais, processo intensificado pela ausência de incentivo à agricultura e extrativismo associado a uma estrutura fundiária desestruturada e a uma legislação trabalhista que prioriza o trabalhador urbano que tem como resultado o intenso êxodo rural no estado (Seabra, 2022).

Na década de 50 Coari contava com trinta e três (33) logradouros públicos sendo dois pavimentados e dezessete servidos de energia elétrica, contava com o total de 620 prédios, sendo doze com mais de um pavimento, destes 196 ligados a rede elétrica da cidade. Possuía um hospital, duas unidades básicas de saúde, um ambulatório, uma maternidade e uma farmácia e já contava com 3.140 habitantes, figura 16 (IBGE, 1957).

Figura 16 – Vista aérea de Coari, sem data



Fonte: Goes (2022)

Com a queda de Vargas e a eleição de Plínio Coelho como governador, o populismo amazonense centrou-se em Manaus deixando ao interior a produção extrativista, isso causa na década de 60 um esvaziamento do interior. A criação da SPVEA, que mais tarde se tornaria a SUDAM que coordenava projetos de desenvolvimento em várias áreas, inclui ações que demonstram a visão do Estado de exploração da Amazônia (Seabra, 2022).

No período conhecido como “Grande depressão no Amazonas”, que inicia com o fim da 2ª Guerra Mundial e vai até a implantação da ZFM, Coari tinha suas atividades econômicas concentradas no setor primário com base no extrativismo (borracha, madeira, malva, andiroba,

sova, pirarucu etc.), voltadas principalmente para o comércio local (Figura 17). A cultura da banana no município durou de 1980 até 1990, era a principal produção de Coari até os bananais serem dizimados por praga (Seabra, 2022).

Figura 17 – Feira do produtor rural de Coari em 1994



Fonte: Goes (2022)

A origem do município de Coari esteve ligada a economia agroextrativista e hoje com o avanço do capitalismo na Amazônia a sua economia é industrial. A viabilidade para produção comercial das reservas petrolíferas de Urucu (Figura 18) é atestada em 1986 e a produção inicia em 1988, logo as empresas terceirizadas se instalam para prestação de serviços à Petrobras instigando um processo migratório de pessoas do interior do município e do estado em busca de oportunidades (Brasil, 2007; Seabra, 2022).

Figura 18 – Província petrolífera de Urucu, Coari



Fonte: FNP (2021)

Com a exploração do petróleo e gás natural vê-se a arrecadação municipal crescer principalmente pelos royalties, a renda do petróleo que compreende o grupo de receitas que dão origem ao orçamento municipal, juntamente com os tributos e participação governamental podem elucidar a dimensão dos mercados frente a receitas atreladas a atuação de empresas brasileiras e ajuda a explicar o desenvolvimento urbano como processo desigual e contraditório (Santana, 2015).

A primeira alteração significativa no município foi o incremento populacional, Coari saiu de pouco mais de 38 mil habitantes em 1991 para 67 mil em 2000. Em 2010 65% da população já era urbana (IBGE, 2010; Seabra, 2022). Na figura 19 é possível observar o incremento da superfície construída da cidade de Coari entre os anos de 1985 e 2021.

Figura 19 – Imagens de satélite de Coari de 1985 a 2021



Fonte: Google Earth (2023)

Esse aumento populacional resultou em uma pressão por acesso a moradia, água e saneamento básico no município, fato demonstrado por Oliveira (2012) que revelou que em 2010 73% dos domicílios lançavam seus efluentes diretamente nos rios urbanos e que o sistema que atende 23% dos domicílios é ineficiente, os 4% restante utilizavam fossa negra.

As ruas e avenidas em sua maioria não possuem calçadas e os pedestres dividem espaço com veículos, na mobilidade urbana é predominante o uso de motocicletas e não há transporte público coletivo. Como na maioria das cidades ribeirinhas da Amazônia, há o uso da margem dos rios para moradia em casas flutuantes (Figura 20) que, assim como as favelas (Sposito, 1988) representam uma alternativa para a população menos favorecida, pela ausência de mecanismos de controle e regularização, em contra partida há um distanciamento de direitos, de cidadania e de serviços públicos como energia elétrica e saúde (Seabra, 2022).

Figura 20 – Casas flutuantes na orla de Coari



Fonte: Diocese de Coari (2015)

A sociedade de Coari é formada principalmente por ribeirinhos que não ocupam espaço de poder e não possuem representação social ou política significativa. Há um domínio exercido pelo poder público municipal mesmo com um grupo pequeno que se expressa em oposição, situação que ocorre não pela falta de politização, mas pela dependência do poder público local, com isso, parte dos recursos econômicos é detido pela elite local e não há uma perspectiva de prestação de contas para a população (Soler, 2009).

Segundo Soler (2009) o dia a dia da população foi alterado motivado pela presença de empresas que movimentaram a economia local, resultando em investimentos e diversificação de produtos e serviços. Na infraestrutura urbana houve a requalificação de logradouros, praças, jardins, ampliação da rede elétrica e de abastecimento de água.

O espaço urbano amazonense estaria sendo produzido a partir da ausência de um planejamento corporativo que prepare as cidades para servir de base para grandes projetos que visam a exploração de recursos naturais. As contradições da produção e consumo do espaço urbano e do petróleo e gás natural parece se concretizar na cidade (Santana, 2015).

Rodrigues e Santana (2015) ao analisarem a gestão dos recursos públicos perante as necessidades urbanas de Coari dissertam que a atuação de uma empresa estatal pode representar um dos papéis do Estado na sociedade como intermediário possível entre o modo de produção internacional e a sociedade nacional, portanto, o Estado é agente na organização da sociedade e do espaço com funções no processo de urbanização (citam Santos, 1988).

Oliveira (1999) coloca que as cidades são lugares privilegiados para reprodução das relações sociais e servem de base para a realização ampliada de intervenção do Estado na produção do espaço ao mesmo tempo que são pontos de ligação que viabilizam a expansão de novas formas de relações de produção na região amazônica.

A Petrobras tem sido indutora de processos espaciais de pequeno, médio e grande porte uma vez que apesar da urbanização do Amazonas ser anterior a ações corporativas da indústria petrolífera é observável essa influência porque no mesmo período em que a população passa a ser maioria urbana há a crescente inserção da cadeia produtiva do petróleo (Santana, 2015).

Santana (2015) constatou que a cidade de Coari segue as regras da autoconstrução, onde grandes áreas de expansão são produtos de práticas espontâneas da população, também cita a produção do espaço urbano por meio dos projetos de habitações associadas ao Programa Minha Casa, Minha Vida.

Em Coari ainda persiste um hibridismo do rural e do urbano, isso associado a dependência de fatores econômicos externo são reflexos de uma sociedade capitalista que se implantou na Amazônia, mesmo sendo um município fornecedor da principal matéria-prima para o consumismo industrialista ainda apresenta contrastes sociais, desigualdade, carência em saúde e infraestrutura urbana (Seabra, 2022).

Seabra (2022) coloca também que Coari deixou de ser uma “cidade da floresta” para se tornar uma “cidade na floresta” pela dependência do capital externo e transformações do espaço vivido pela chegada das grandes empresas que construíram a base petrolífera.

O aumento populacional fez surgir novos bairros e consequente expansão da área urbana o que gerou consequências sociais como o descontrole no consumo de drogas, a violência, o aumento de infecções por IST/AIDS, a prostituição e outros. Fatos observados e já previstos pela Petrobras nas audiências públicas realizadas para construção do gasoduto (Soler, 2009).

Soler (2009) escreve também a respeito de indícios da construção de uma sociedade dualista com uma minoria beneficiada que é consequência principalmente das irregularidades administrativas como corrupção, desvio de dinheiro público, licitações fraudulentas e obras fantasmas frequentemente divulgados na imprensa local e estadual. De maneira geral a produção de petróleo não gerou melhorias significativas na qualidade de vida da população sendo a Petrobras um enclave no município.

A atuação da cadeia produtiva do petróleo tem refletido mudanças nas cidades amazonenses, expressas pela dinâmica demográfica que repercute na oferta de infraestrutura e equipamentos urbanos (Santana, 2015). O entendimento das questões e das problemáticas ligadas a constituição de um clima urbano inicia com a compreensão de que a temática possui duas faces que estão interligadas e que o fenômeno do clima urbano possui raízes que podem ser descritas em termo da física e da relação sociedade-natureza.

7 O CAMPO TERMO-HIGROMÉTRICO DE COARI

No Amazonas os estudos sobre o subsistema termodinâmico são recentes e compreendem aqueles que tiveram como objetivo principal um diagnóstico de contextos relacionados a alterações do clima local pela produção de uma cidade, sendo Manaus a principal estudada por ser a capital e concentrar os centros de produção de pesquisa do estado. São estudos importantes para a compreensão do campo térmico em cidades no estado os de Santos e Lima (2013); Monteiro, et. al. (2014); Souza e Alvalá (2014); Barbosa, et al. (2015); Correa, et al. (2016); e Reis (2019) que tiveram como área de estudo a cidade de Manaus.

As cidades do interior do estado ainda possuem poucos estudos relacionados tanto em volume quanto em unidades de cidades com estudos sistematizados. É importante destacar o projeto Emergência Climática em Cidades Amazônicas nos anos de 2021-2023, (<https://emergenciaclimaticaam.com.br/>), que desenvolveu estudos em cidades como Manaus, Itacoatiara, Coari e Tefé com vistas a analisar os eventos extremos de 1970-2020 como fruto da dinâmica física da atmosférica integrados a produção do espaço e como afeta a saúde da população no estado.

Em cidades do interior incluem os trabalhos de Tartari et al. (2015) em Humaitá; Pedreira et al. (2018) em Boca do Acre; Tefé foi área de estudo de Aleixo e Silva Neto (2018, 2019) e Lopes (2020); Aleixo et al. (2021) analisam o campo térmico de Uarini; Vidal e Silva Neto (2023) estudaram Alvarães; e Oliveira et al. (2023) Manicoré.

Em Coari estudos sobre questões do clima foram realizados com vistas a entender como o processo de mudança econômica impactou as variáveis climáticas na região a partir do crescimento da cidade tanto em população quanto em extensão, seja em escala regional e local, como pode ser constatado nos trabalhos de Aguiar (2002); Mota (2017); Almeida Filho, Aleixo e Silva Neto (2022); e Silva (2023).

As componentes termodinâmicas do clima oferecem o nível de resolução climática fundamental para onde convergem todas as demais componentes do SCU e são insumo básico no sistema porque atravessa toda a sua estrutura, é transformado na cidade e é por meio dele que ocorre a produção do balanço de energia do sistema. Uso do solo, morfologia urbana e atividades humanas estão ligadas no processo de transformação e produção (Monteiro, 1976).

As ilhas de calor urbanas são o principal fenômeno provenientes da constituição de um clima urbano e estão atreladas às diferentes formas de mudanças no uso e cobertura da terra.

Trata-se de uma irregularidade no balanço de energia que possui dimensão espacial, variabilidade temporal e perfil vertical (Lucena, 2013).

7.1 Ilha de calor

Ilha de calor urbana é um dos exemplos mais claros e mais bem documentados das alterações inadvertidas dos seres humanos no ambiente, é a diferença de temperatura entre áreas urbanas e seu arredor ou simplesmente o calor característico de uma cidade e pode ser encontrado em cidades de todas as regiões climáticas (Oke, 1995; Oke, et al., 2017).

O termo foi escrito pela primeira vez na década de 1940 e se refere ao calor atmosférico de uma cidade se comparado com o rural próximo, recebe o nome de ilha porque os padrões das isotermas em cartas de temperatura da superfície se assemelham aos contornos de uma ilha no mar da paisagem menos quente (Oke, 1995; Stewart; Oke, 2012).

Amorim (2020) define as ilhas de calor atmosféricas como bolsões de ar quente registrados nos ambientes urbanos em virtude da capacidade diferenciada dos materiais empregados na construção civil em armazenar e refletir a energia solar e da produção de calor antropogênico. Portanto, são resultado das diferenças no balanço de energia entre a área rural e urbana e entre áreas dentro da própria cidade.

Não existe causa única para ocorrência de ilhas de calor, é um conjunto de fatores que favorece para o aquecimento do ar no ambiente urbano. Características da cidade como a falta de vegetação, utilização difundida de superfícies impermeáveis, baixa reflectância solar, maior difusidade térmica dos materiais urbanos, geometrias urbanas que aprisionam o calor e diminuem as velocidades dos ventos, aumento dos níveis de poluição e utilização de energia elétrica afetam o balanço de energia da superfície terrestre (Gartland, 2010).

As características citadas causam redução da evaporação, aumento do armazenamento de calor, aumento do saldo de radiação, convecção reduzida e aumento de calor antropogênico. A interação das causas das ilhas de calor em cada localidade vai ser determinada pela natureza da cidade, pelo tipo de terreno, pelo padrão das construções e principalmente pelas condições meteorológicas, o que torna o fenômeno relativamente complexo (Gartland, 2010).

Existem diferentes formas de mapear as ICU, avanços tecnológicos permitiram novas possibilidades de observações. A partir dessas diferenças na aferição temos que cada aplicação metodológica afere um tipo diferente de ilha de calor que pode ser investigada por meio de coleta de dados com instalação de pontos fixos, medidas por transectos móveis, balões atmosféricos e imagens de satélite (Fialho, 2009).

Oke (1995) e Oke et al. (2017) descrevem quatro tipos de ilhas de calor urbanas que estão relacionadas entre si e diferem-se pelos processos envolvidos em suas gêneses e dinâmicas temporais, e dividem-se conforme abaixo.

Ilha de calor de superfície se refere a temperatura dos alvos, é a diferença de temperatura observada entre a interface da atmosfera externa com materiais sólidos da cidade e a interface do ar rural com o solo, as maiores magnitudes são observadas durante o dia e o sensoriamento remoto é meio para seu diagnóstico (Oke, et al., 2017; Teobaldo Neto, 2019).

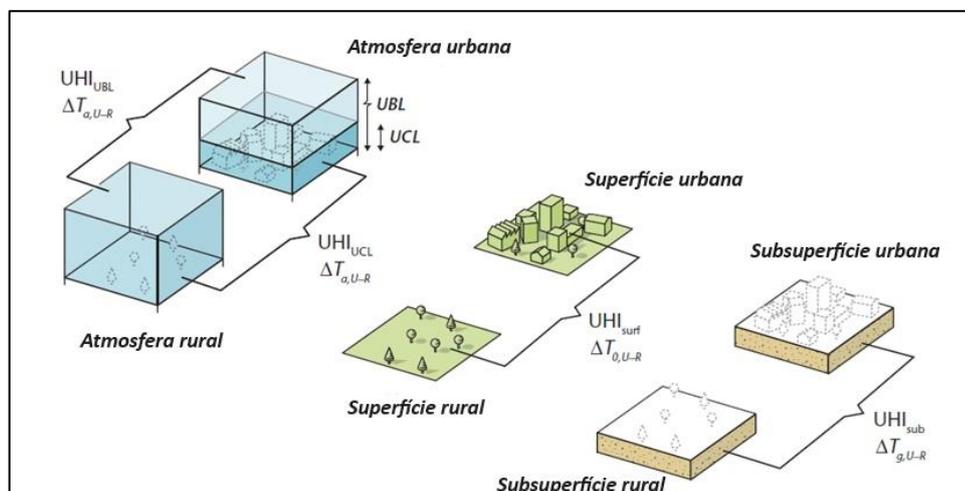
Ilha de calor de subsuperfície se refere a diferenças entre os padrões de temperatura no solo sob a cidade, incluindo os solos urbanos e o tecido construído subterrâneo, e aquele no rural circundante (Oke, et al., 2017).

A ICU atmosférica é percebida a partir de duas camadas, são os dois tipos de ilhas de calor atmosféricas, cada tipo está associado a diferentes camadas que compõem a atmosfera urbana e são baseadas na temperatura do ar, então, se desenvolvem no plano vertical e suas maiores magnitudes são observadas durante a noite (Oke, 1976), subdivide-se em:

Ilha de calor atmosférica superior ou *Urban Boundary Layer*: é a diferença entre a temperatura do ar na camada entre o topo da UCL e o topo da UBL e aquela em altitudes semelhantes na camada limite atmosférica da região rural circundante (Oke, et al., 2017).

Ilha de calor atmosférica inferior ou *Urban Canopy Layer*: é a temperatura do ar medida entre o solo e o nível médio dos telhados. É regulada pela natureza dos tipos de materiais construtivos e a geometria urbana (Oke, 1976; Teobaldo Neto, 2019). A ilustração com os quatro tipos de ICU podem ser observadas na figura 21.

Figura 21 – Diferenças de temperatura que formam os 4 tipos de ilhas de calor



Fonte: Oke, et al. (2017)

Os fatores que influenciam para a constituição e intensidade das ICU são: localização geográfica da cidade, relevo, distância de corpos hídricos, altitude, orientação de vertentes, sazonalidade, condições sinóticas, proporção de áreas vegetadas, tamanho, formas e funções da cidade (Teobaldo Neto, 2019).

Pelas diferenças da radiação solar durante as horas do dia e devido a ilha de calor interagir com a dinâmica atmosférica e características do sítio urbano o fenômeno vai apresentar um dinamismo temporal diuturno e sua intensidade está relacionada com influências externas como as condições meteorológicas, circulação do vento, tipo climático e estação do ano (Lombardo, 1985; Úgeda Junior, 2011).

Ao anoitecer tanto a cidade quanto o campo começam a perder calor por irradiação terrestre à atmosfera na faixa do infravermelho. Na cidade o fluxo de energia é mais lento devido a geometria das edificações que aprisiona a energia e pelas propriedades físicas dos materiais que dificultam a dissipação do calor tornando o resfriamento do ar mais lento do que no rural ou em áreas com menor adensamento construtivo (Fialho, 2009; Úgeda Junior, 2011).

Apesar de a ICU atmosférica ser geralmente mais intensa a noite estudos em cidades tropicais também identificaram intensidade máxima da ilha de calor no período diurno o que pode ser explicado pela localização latitudinal que determina a variabilidade sazonal da duração dos dias e a influência topoclimática do sítio urbano (Fialho, 2009).

A amplitude e intensidade máxima das ilhas de calor ocorre quando a atmosfera está sob situação de calma e céu aberto, elas se desenvolvem e se deterioram durante o dia e as principais alterações ocorrem ao amanhecer e ao pôr do sol. Há uma predominância de ocorrência da intensidade máxima ocorrer de três a cinco horas após o pôr do sol e nas regiões tropicais existem padrões de ilhas de calor diurnas (Úgeda Junior, 2011).

As variações sazonais são observadas em diversos estudos, Lombardo (1985) observou maior gradiente térmico da ICU de superfície em São Paulo (SP) no período do inverno sendo estas menos intensas no verão. Mendonça (2015) evidenciou que em Londrina (PR) as ilhas de calor ocorreram principalmente no período noturno com maior magnitude no verão.

Diferentes sistemas atmosféricos atuam nos períodos sazonais, cada um à sua maneira determinará situações de secas que são marcadas por ilhas de calor mais intensas ou situações de umidade elevada que geralmente são marcadas por ilhas de calor amenas (Lucena, 2013).

Sob condições de tempo instáveis com a presença de vento e/ou precipitação pluvial as temperaturas do intraurbano, urbano e rural tendem a se homogeneizar. Quando as condições

atmosféricas são de estabilidade a diferença de temperatura se torna mais evidente, é quando as ilhas de calor atingem as maiores intensidades e magnitudes (Amorim, 2020) essa influência explica a variabilidade sazonal porque em períodos do ano com maior predominância de tipos de tempo estáveis a maior intensidade da ilha de calor poderá ser mais bem documentada.

Segundo Fialho (2009) a variabilidade sazonal da ilha de calor é mais facilmente identificada pela temperatura mínima. A intensidade é maior durante a estação seca (inverno) porque a atmosfera tende a ter menos água em estado gasoso o que favorece a perda de energia irradiada da superfície da terra para a atmosfera. O que não impede a ocorrência da máxima intensidade fora do período do inverno.

A presença de vapor d'água ameniza as intensidades das ilhas de calor porque retira da atmosfera o calor sensível aumentando o calor latente, contribuindo para diminuir as diferenças entre o rural e o urbano. Quando ocorre ao contrário: menores quantidades de vapor d'água intensificam essas diferenças porque conforme a radiação solar é recebida durante o dia fica armazenada nas construções que possuem capacidades diferentes de absorvê-la e refleti-la. Quanto menor for a quantidade de vapor d'água na atmosfera maior será a intensidade e a duração das ilhas de calor noturnas (Amorim, 2020).

Dessa forma, torna-se importante a compreensão da dinâmica climática e atmosférica da região da cidade considerada na análise, uma vez que as interações são sistêmicas.

7.2 Sistemas atmosféricos que atuam no clima da Amazônia

Os grandes sistemas atmosféricos, por seus mecanismos dinâmicos e sua atuação macrorregional, constituem agente genético fundamental da relação entre condições climáticas e fatores geográficos do clima, por isso a importância de se considerar os principais sistemas de circulação atmosférica que atuam para definição do clima regional pela influência no cotidiano das pessoas a partir da produção dos tipos de tempo (Nimer, 1991).

A Amazônia possui uma precipitação média de 2.300 mm anuais com variações espaciais e temporais. São responsáveis pela variabilidade do clima da região sistemas precipitantes de grande escala, mesoescala e sinótica, sendo os principais a ZCAS, a ZCIT, os Sistemas Frontais, a Alta da Bolívia e as Linhas de Instabilidade Tropical (Fisch et al., 1998).

Molion (1987) coloca que em média e larga escala a atuação da AB e da ZCIT atuam organizando a sazonalidade do clima da região; escreve sobre as perturbações transientes que são responsáveis por precipitações na Amazônia que, atuando em mesoescala, são representadas pelos sistemas convectivos e linhas de instabilidade; na escala sinótica tem-se os

sistemas frontais; em relação a variabilidade interanual da chuva o autor coloca a ligação da variável com flutuações de macroescala e intensidade da circulação de Hadley-Walker que sofrem influência de fenômenos como o ENOS e o dipolo Atlântico Norte e Sul.

Do setor oriental da Região Norte do Brasil sopram ventos de Oeste e Nordeste dos anticiclones dos Açores (norte) e de Santa Helena (sul), que são sistemas responsáveis pelo surgimento das massas de ar MEAN (norte) e MEAS (Sul) que são atraídas para o continente pela diferença de pressão entre superfície continental e oceânica, essas massas de ar são quentes e úmidas. A maior atuação das massas de ar se dá no verão e são responsáveis por tipos de tempo estáveis (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007; Nimer, 1991).

Novais (2023) ressalta as incertezas sobre as massas de ar MEAN e MEAS, porém coloca que atuação da MEAS ocorre principalmente no Nordeste e boa parte da Região Norte e Centro-Oeste, já a MEAN tem atuação restrita no Norte do Brasil, principalmente no norte da Região Nordeste e noroeste da Região Norte.

No setor centro-ocidental da Região Norte a atuação da MEC constitui fator de instabilidade do tempo e de chuvas abundantes, essa massa de ar é formada em uma região de calmaria e de baixa pressão. Se apresenta como um sistema ciclônico com movimento ascendente e convergente. Sua formação se dá pela convecção termodinâmica dos ventos de nordeste do anticiclone de Açores e da ZCIT (Nimer, 1991; Novais, 2023).

A MEC se localiza principalmente no Noroeste da Amazônia porque encontra uma barreira natural nos Andes. É quente e úmida, aspecto singular dentre as massas de ar formadas sobre o continente, a umidade relativa elevada é proveniente da evaporação do oceano Atlântico e reciclada pela evaporação dos caudalosos e abundantes rios e evapotranspiração da densa floresta (Nimer, 1991; 1989; Novais, 2023).

Durante o inverno e quando encontra condições favoráveis a MPA avança sobre a região amazônica pela sua trajetória leste (a partir da depressão topográfica do Chaco que vai desde o Mato Grosso até o Amazonas) conforme avança a MPA perde suas características originais adquirindo calor, quando chega no centro do Brasil é chamada de MPA envelhecida ou tropicalizada. O avanço da MPA causa queda de temperaturas e é responsável por tipo de tempo chuvoso (Novais, 2023) a penetração dos sistemas frontais pela MPA causa um fenômeno conhecido localmente como Friagem.

As friagens causam chuvas frontais e quedas bruscas sensíveis na temperatura e umidade relativa do ar por cerca de dois a três dias, o que é incomum para uma região de

latitudes tão baixas e de calor constante. O avanço da massa polar é favorecido pela geomorfologia da região amazônica (Nimer, 1991; Pereira, et al., 2010).

Outro sistema precipitante que atua na Amazônia é a ZCIT, formado pela confluência e ascendência dos ventos alísios de Nordeste e de Sudeste, hemisfério norte e sul, respectivamente, que forma uma faixa de nebulosidade e circulação na altura da linha do Equador. Possui um deslocamento norte-sul, com posição variando entre 5°S e 14°N, que está relacionado a temperatura e pressão atmosférica (Pereira, et al., 2010; INMET, 2023).

Se posiciona a sul do Equador sobretudo entre fevereiro e maio e a norte nos demais meses do ano. Atinge a posição mais extrema a norte entre agosto e setembro e a mais extrema a sul por volta de março. Produz tipos de tempo instáveis principalmente no verão, quando os ventos alísios estão intensificados e há maior quantidade de vapor d'água pela evapotranspiração da floresta e há maior interação com as brisas marítimas formando as Linhas de IT. As chuvas decorrentes desse sistema são concentradas no tempo e espaço (Molion, 1987; Nimer, 1991; Pereira, et al., 2010, INMET, 2023).

O regime pluviométrico da região Amazônica mostra uma forte relação com a ZCIT, quando está posicionada a sul da sua posição média a Amazônia sofre influência dos ventos que convergem para essa faixa, coincidindo com o período de maior precipitação na região Amazônica. Quando se desloca para o norte a precipitação na Amazônia tem o volume atenuado, pois, os ventos responsáveis por trazer umidade do oceano para a região restringem-se ao hemisfério Norte, onde estará a ZCIT (Pereira, et al., 2010).

As Linhas de Instabilidade Tropical também são sistemas relevantes para o entendimento da dinâmica climática da Amazônia, se refere a uma região da dianteira de um distúrbio que se propaga em mesoescala, são nuvens do tipo cumulonimbus que produzem grande quantidade de precipitação (Obregón, 2013). Caracterizadas por baixa pressão atmosférica induzidas em pequenas dorsais que geram tipos de tempo chuvosos geralmente com trovoadas, por vezes granizo e ventos moderados e fortes (Nimer, 1991).

As Linhas de IT estão relacionadas a circulação de brisa marítima e a convergência dos ventos Alísios na costa norte-nordeste da América do Sul e também são formadas no interior da MEC. São responsáveis pelas precipitações próximo ao litoral, com mais velocidade em janeiro, e na Amazônia Central durante a estação seca onde ocorrem com maior frequência entre abril e setembro atreladas a perturbações de mesoescala e sinótica (Nimer, 1991; Fisch et al., 1998; Obregón, 2013; Barry; Chorley, 2013).

A Sul do Equador esses sistemas atuam com mais frequência e regularidade no verão devido à queda de pressão atmosférica que é determinada pelo forte aquecimento do interior do continente, porém, são comuns ao longo de todo ano. A origem das linhas de IT também estão relacionadas ao movimento ondulatório da FP que ao entrar em contato com o ar tropical aquecido formam-se como repercussão desse avanço em direção ao Equador, à medida que ocorre esse movimento as linhas de ITs se deslocam para leste ou sudeste, caracterizadas por nuvens pesadas e chuvas tropicais (Nimer, 1991).

A ZCAS constitui outro sistema que repercute no clima da Amazônia, trata-se de uma banda de nebulosidade que se estende desde o sul da região amazônica até o Sudeste do Brasil, frequentemente sobre o oceano Atlântico tropical (Cavalcanti, et al., 2009). A ocorrência desse sistema está associada a um padrão de circulação atmosférica (presença da AB e do vórtice ciclônico em Altos Níveis no Nordeste do Brasil) e a atuação de um sistema frontal estacionário que ocasiona elevada atividade convectiva (Novais, 2023).

A atuação da ZCAS se dá principalmente ao longo da primavera e verão e possui variação no espaço, na intensidade das chuvas e na circulação que são responsáveis pela ocorrência de eventos severos, alagamentos e deslizamentos de terra (Cavalcanti, et al., 2009).

A Alta da Bolívia é um sistema atmosférico que se desenvolve em altos níveis durante os meses de verão austral sobre o altiplano boliviano. Está associado a convecção da região Amazônica e possui variação sazonal e interanual. Sua manutenção e surgimento ocorre pela convergência em baixos níveis da umidade de noroeste e leste que induz forte convecção e liberação de calor latente na média e alta troposfera. Por sua forte atividade convectiva induz intensa precipitação na região tropical da América do Sul (Fisch et al., 1998; Novais, 2023).

A variabilidade sazonal da AB tanto em intensidade quanto em posição está diretamente ligada a distribuição espacial e temporal da precipitação, quando se desloca para o norte no inverno, os setores leste e sul da Amazônia experimentam sua estação seca. Por volta de outubro começa a se mover para a posição média de verão e a estação seca vai terminando no Brasil central e leste da Amazônia (Molion, 1987).

A circulação em escala local pode ser representada também pela dinâmica da brisa fluvial que é um mecanismo físico em que o ar, pelo contraste térmico água-terra, move-se em direção a terra durante o dia e ao contrário durante a noite. Imagens de satélite sugerem que na Amazônia quando há a ausência de fenômenos de escala sinótica as nuvens se formam

preferencialmente sobre a terra durante o dia com subsidência sobre a área dos rios (Molion; Dallarosa, 1990).

Oliveira e Fitzjarrad (1993) em estudo com dados do projeto ABLE-2 investigaram a evolução termodinâmica diurna da camada limite da troposfera na porção equatorial da bacia amazônica especificamente com estações na região de Manaus pela proximidade com a confluência dos rios Negro e Amazonas.

Em relação a variabilidade interanual do clima da Amazônia, a dinâmica do regime de chuvas está relacionada principalmente com a ocorrência de eventos de ENOS no oceano Pacífico Equatorial e ao contraste térmico entre a TSM do Atlântico Tropical a Norte e Sul do Equador (Cavalcanti, et al., 2009; Molion, 1987).

ENOS é um fenômeno oceano-atmosférico representado pelo aquecimento anormal das águas superficiais do oceano pacífico equatorial nas porções central e leste que quando ocorre altera a dinâmica normal da célula de Walker em sua fase quente. A fase fria, também chamada de La Niña, é o oposto e ocorre quando as águas do Pacífico registram um resfriamento atípico (Mendonça e Danni-Oliveira, 2007; Cavalcanti, et al., 2009).

Em termos de sazonalidade o início do fenômeno ocorre com mais frequência em dezembro, eventos de El Niño e La Niña tendem a se alternar a cada 3-7 anos e é mais notável na costa peruana. A anomalia térmica da TSM do Pacífico somente é categorizada com tal quando atinge proporções elevadas (1 °C) ou muito elevadas (4 °C a 6 °C) acima da média que é de 23 °C (Oliveira, 2001; Mendonça e Danni-Oliveira, 2007).

Nos anos de ENOS há o enfraquecimento dos ventos alísios e a célula de Walker se torna bifurcada mudando a área do ramo ascendente que passa a ser no Pacífico central e surgindo dois ramos descendentes: um sobre o Nordeste e parte da Amazônia e outro sobre a Indonésia. Quando, geralmente, em anos normais de TSM o ramo descendente situa-se a oeste da América do Sul. A subsidência do ar seco sobre a Amazônia causa redução da precipitação pois inibe a formação de nuvens (Pereira, et al., 2010).

Já em anos de ENOS fase fria a célula de Walker fica mais alongada que o normal e há a intensificação dos ventos alísios, na área de ascendência do ar sobre o oeste do Pacífico passa a ocorrer mais precipitação pelo aumento da evaporação das águas aquecidas que são represadas a oeste. Eventos de La Niña possuem desvios menores que o El Niño não chegando a 4 °C abaixo da média e tem duração de aproximadamente de nove a doze meses, com poucos eventos persistindo por mais de dois anos (Oliveira, 2001).

As anomalias de temperatura de TSM sobre os oceanos Pacífico e Atlântico induzem circulações atmosféricas anômalas que vão afetar o posicionamento latitudinal da ZCIT sobre o Atlântico que por sua vez afeta a distribuição pluviométrica sobre a América do Sul. A região norte-leste da Amazônia é a mais afetada pela circulação atmosférica e oceânica do Atlântico Tropical, as oscilações, os ciclos de ventos e o armazenamento de calor possuem frequência intersazonal, interanual e interdecenal induzidas pelas condições de contorno oceânicas e pelos sistemas de monções dos continentes circundantes (Cavalcanti, et al., 2009).

O padrão da dipolo do Atlântico Tropical proporciona a ocorrência de gradientes meridionais das anomalias de TSM, afetando a ZCIT e regulando a distribuição sazonal da precipitação sobre o Atlântico Tropical, parte do Nordeste do Brasil e a parte central da Amazônia (Cavalcanti, et al., 2009).

7.3 Variabilidade climática de Coari

Coari está sob o regime climático do tipo Equatorial que, segundo o IBGE (2002), possui como características generalizantes médias anuais em torno de 24 °C a 26 °C em todos os meses e é super-úmido com um período sazonal de subseca, ou seja, o período seco do ano é curto se comparado ao período chuvoso.

Na classificação climática de Novais (2023) a região que Coari se localiza está sob domínio do clima Equatorial Semiúmido, caracterizado por elevado valor de ETP o que interfere diretamente no balanço hídrico da região. A TMMMFM varia entre 22,5 °C e 26,8 °C ocorrendo geralmente no primeiro semestre, a precipitação elevada nesse período do ano tem influência direta da ZCIT, ainda segundo o autor o mês menos quente ocorre em fevereiro na maior parte do Pará, Amazonas, Amapá, Mato Grosso e Tocantins.

O clima da região de Coari possui elevadas temperaturas em todos os meses do ano com considerável homogeneidade térmica diária ou sazonal pela umidade atmosférica e intensa nebulosidade. Agosto, setembro e outubro geralmente são os meses mais quentes do ano. Entre junho e agosto a temperatura pode recuar alguns dias pelo avanço de frentes frias vindas do sul causando o fenômeno da friagem (Mendonça e Danni-Oliveira, 2007).

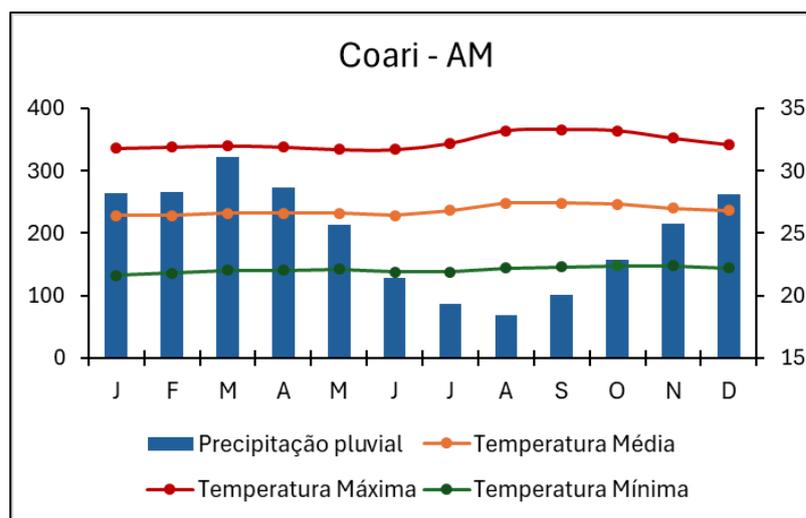
As variações sazonais do clima equatorial são observadas em Coari e identificáveis pelo regime da chuva, uma vez que a temperatura possui regularidade térmica anual com apenas uma pequena alteração nas médias de até 2°C durante os meses de junho a outubro com relação aos demais meses, portanto, a diferença importante na identificação do clima ocorre pela média do acumulado pluviométrico mensal.

O acumulado anual de precipitação pluvial em Coari tem média de 2.357,2 mm, a umidade relativa do ar média anual é de 82,7 %, a temperatura média é de 26,8 °C, a média da temperatura máxima é de 32,3 °C e a média da temperatura mínima é de 22,1 °C, de acordo com a normal climatológica do INMET (NCB 1981-2010).

Coari apresenta baixa amplitude térmica anual atingindo 11,7 °C de diferença entre a média máxima da temperatura máxima e a média mínima da temperatura mínima, segundo a normal climatológica do INMET. O período com maiores temperaturas coincide com os de menor pluviosidade e predominam durante todo o ano ventos de calmaria.

Os meses de julho a setembro são representativos do período seco com acumulado médio de 256,5 mm. De dezembro a maio ocorre o período chuvoso com média de chuva de 1.599,5 mm no período, conforme climograma no gráfico 3.

Gráfico 3 – Normais climatológicas de Coari (1981-2010).



Fonte: INMET (2010)

7.4 O sítio urbano de Coari

Os climas locais são controlados pelas massas de ar exógenas e as transformações termo-húgricas estão sob influência ponderada da topografia, altitude, exposição e posição das vertentes e vales, também há a influência do uso do da terra que é regido por atividades econômicas, sociais e culturais (Romero, et al., 2019).

Para a compreensão da formação das condições climáticas urbanas é importante o conhecimento do espaço físico onde a cidade se assenta haja vista que essas condições são derivadas da heterogeneidade do sítio e da estruturação e funcionalidades urbanas. O sítio tem papel preponderante em diversas funções no espaço urbano (Fialho, 2009).

Os principais fatores naturais que contribuem para a formação das ilhas de calor urbanas incluem: os tipos de tempo, o relevo e a presença de superfícies com vegetação; já os fatores urbanos incluem: as características dos espaços construídos e as atividades humanas.

O ambiente onde a cidade foi erguida confere características relacionadas a orientação e inclinação das vertentes, além da posição geográfica. Esses fatores somados a trajetória aparente do sol geram diferenciações no balanço de energia a partir da dinâmica de sombreamento das encostas, assim, há o delineamento dos padrões espaciais e temporais dos elementos do clima. A topografia pode ser a explicação para diferenças microclimáticas decorrentes da morfologia do terreno ou presença de vegetação (Fialho, 2009).

Nos horários diurnos a orientação das vertentes protege ou expõe as áreas aos raios solares dependendo da hora do dia e do percurso do sol ao longo das horas de incidência, essa situação vai dispor condições para o surgimento de ilhas de frescor devido a exposição ao efeito da sombra (Amorim, 2020).

O município de Coari se localiza na Amazônia, portanto, a vegetação da região apresenta características de florestas de terra firme, várzea e igapó. Predomina vegetação ombrófila que ocorrem em regiões de clima ombrotérmico. O relevo está relacionado a planície Amazônica, depressões Madeira-Purus e Purus-Juruá o que dá ao município um relevo que em geral é plano com leve ondulação, contendo planícies aluviais que são periodicamente inundadas. Em relação aos solos predominam os argissolos vermelho amarelo e laterita hidromórfica. (IBGE, 2023).

O padrão de drenagem é dendrítico com interflúvios tabulares e colinas. A altitude varia de 10 a 120 m sendo a altitude média na sede do município de 40 m em relação ao nível do mar (IBGE, 2010). As variações de altitude, declividade e vertentes na área urbana podem ser observadas na prancha 4.

A maior parte da malha urbana está sob altitude que varia de 30 a 45 metros, as maiores declividades estão próximas aos fundos de vale e nas margens dos rios urbanos. Há um predomínio de vertentes voltadas para o norte e leste. A tabela 7 organiza os condicionantes urbanos a partir dos pontos de coleta.

A cobertura da terra na área urbana foi definida com base na proposta de Stewart e Oke (2012). Dessa forma, foram mapeadas e identificadas em campo nove classes e uma subclasse de zona climática local em Coari, sendo seis do tipo edificado e cinco do tipo da cobertura associada a permeabilidade da superfície. A diversidade paisagística de Coari pode ser

sintetizada a partir das seis principais classes observadas na cidade por meio de imagens de satélite e validação em campo.

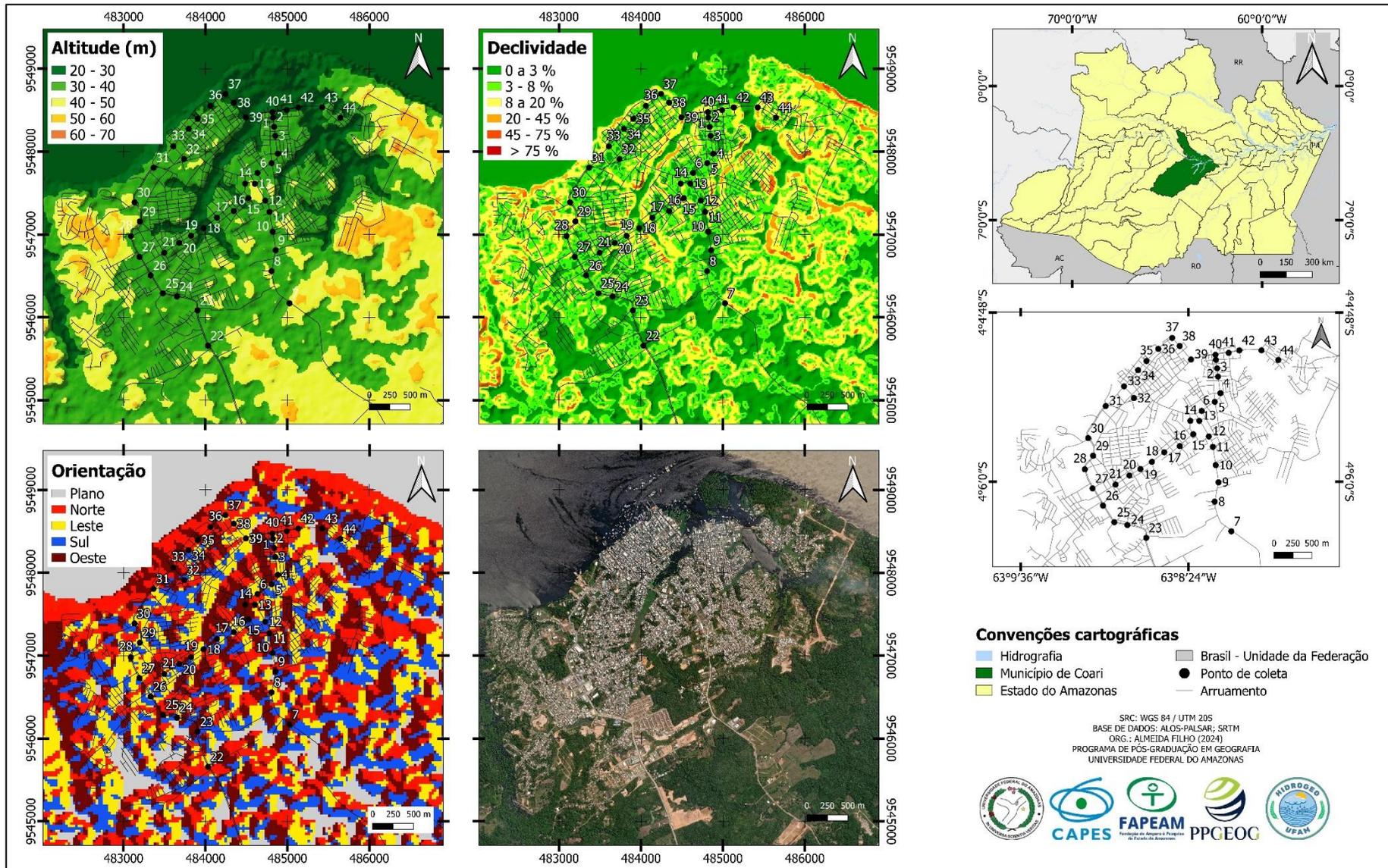
Predominam na cidade construções em lotes compactos e de baixa elevação, vegetação de porte arbóreo dispersa ao longo da malha urbana. No Norte da cidade, o padrão das construções é de edificações de média elevação em lotes compactos, com árvores esparsadas e superfícies predominantemente pavimentadas, conforme a disposição das LCZ no mapa 2.

A partir dos dados organizados, observa-se que o relevo da área urbana não apresenta grandes variações, com amplitude de 18 metros. A área mais baixa se refere ao ponto 18 localizado na Vila Miguel que se trata de fundo de vale. As declividades foram maiores nos pontos localizados em vertentes como a feira do peixe (Ponto 43), entrada do bairro Pêra.

No geral, devido as características da rugosidade do terreno, predominaram nos pontos a morfologia do tipo topo e vertente, fato evidenciado em campo pela quantidade de ruas íngremes. A densidade construtiva é menor à medida que se afasta do Centro sendo os pontos próximos ao IFAM e Cidade da Criança aqueles com menor adensamento de construções, inversamente ocorre a distribuição da vegetação, sendo observadas em menor quantidade à medida que se aproxima do Centro.

Por concentrar o comércio na cidade, o Centro é onde ocorre maior circulação de veículos principalmente no horário da manhã e no sábado durante o dia todo, em áreas distantes a circulação é maior no início da manhã e da tarde devido a presença de prédios de serviços públicos como escolas e unidades de saúde, observadas principalmente nos pontos no bairro União, Itamarati e Liberdade (pontos 16 ao 20). Do ponto 21 ao 30 a circulação foi maior sábado e domingo porque na área há ginásios, praças e o centro cultural de Coari.

Prancha 4 – Sítio urbano de Coari



Fonte: JAXA/ALOS-PALSAR (2011); SRTM (2000); ESRI (2023)

Tabela 7 – Condicionantes urbanos dos pontos de coleta

ID	Referência	V	A	D	M	DC	V	C	ID	Referência	V	A	D	M	DC	V	C
1	Reis Borracharia	Noroeste	33	11	V	A	B	A	23	Igreja Adventista	Oeste	39	8	T	M	B	B
2	Mix	Nordeste	33	0	T	A	B	A	24	Campo Azul	Sul	35	3	T	M	M	B
3	UBS	Sudeste	36	5	T	A	B	A	25	Ginásio/Sintético	Norte	37	5	T	M	B	B
4	Igreja Pentecostal	Norte	36	7	T	A	B	A	26	Escola Ursulina	Nordeste	34	5	T	M	M	B
5	LEIA	Oeste	37	3	T	A	B	M	27	CC de Coari	Sudoeste	37	0	T	B	B	B
6	Patrick Lava Jato	Nordeste	35	5	T	A	B	M	28	Butekkus club	Nordeste	40	4	T	M	M	B
7	IFAM	Sul	40	9	T	B	A	B	29	F. Queiroz	Oeste	43	13	T	M	M	B
8	Muro Cinza	Nordeste	39	8	T	B	B	B	30	Rotatória UFAM	Sul	40	9	T	B	M	B
9	Motel	Sudoeste	37	5	T	M	M	B	31	Prainha	Oeste	37	0	T	B	B	B
10	Loja Laranja	Leste	38	7	T	M	B	B	32	Esquina/cemitério	Sudeste	37	4	T	A	B	A
11	Posto Atem	Oeste	37	7	T	A	B	B	33	Freitas construção	Sudeste	36	7	T	A	B	A
12	Delegacia	Leste	39	0	T	M	B	B	34	Ginásio	Oeste	36	2	T	A	B	A
13	Kina Livre	Nordeste	40	0	T	M	B	B	35	Feira alternativa	Noroeste	29	7	V	A	B	A
14	Pondo adubo	Noroeste	36	10	V	A	B	B	36	Feira do produtor	Sudeste	29	7	T	A	B	A
15	Outdoor	Leste	39	7	T	M	M	M	37	Ponto taxistas	Sudoeste	28	2	T	A	B	A
16	Escola Gilberto M.	Noroeste	38	4	T	A	B	M	38	TVLar	Noroeste	28	9	T	A	B	A
17	Cordovil comercial	Sudeste	37	4	V	A	B	M	39	Mandys Club	Sudoeste	27	17	V	A	B	A
18	Vila Miguel/Igarapé	Plano	25	0	F	M	M	M	40	Posto Atem	Nordeste	31	4	V	A	B	A
19	Posto Atem	Sudoeste	37	5	T	A	B	M	41	Semed	Sul	27	10	V	A	B	M
20	Praça União	Nordeste	35	3	V	A	B	M	42	Jutaí empresa	Sul	27	8	V	A	B	M
21	Sec. Finanças	Leste	36	7	T	A	B	B	43	Feira do peixe	Leste	29	22	V	A	B	M
22	Cidade da Criança	Nordeste	36	3	T	B	M	B	44	Cx d'água Pera	Oeste	36	5	T	A	B	M

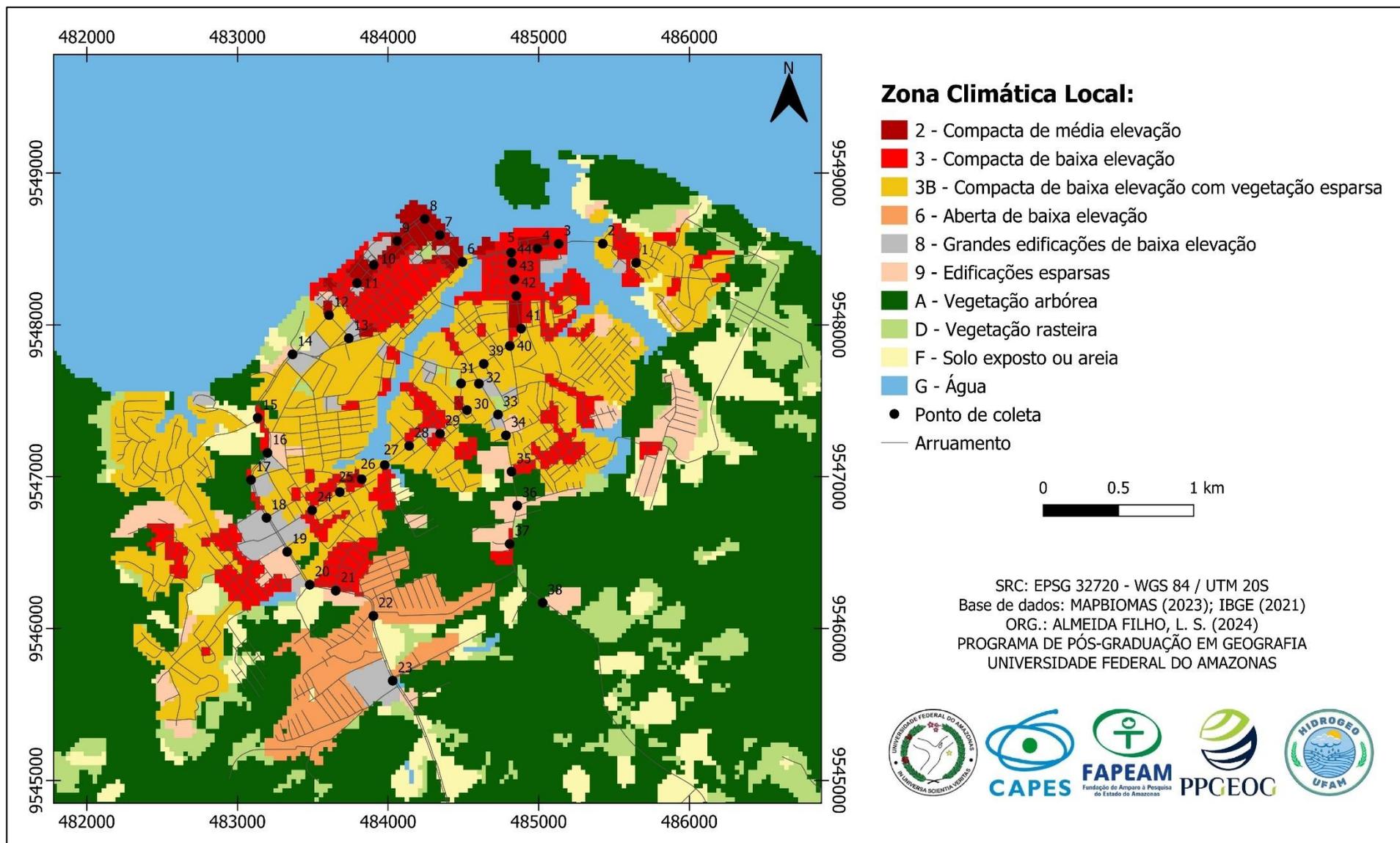
Legenda:

V: Orientação da vertente;
A: Altitude em metros;
D: Declividade em porcentagem;

M: Morfologia do relevo: T – Topo; V – Vertente; F – Fundo de vale;
DC: Densidade construtiva: A – Alta; M – Média; B – Baixa;
V: Densidade da vegetação: A – Alta; M – Média; B – Baixa;
C: Circulação de automóveis: A – Alta; M – Média; B – Baixa.

Fonte: Adaptado de Araújo, et al. (2010); Almeida Filho (2014)

Mapa 2 – Zonas Climáticas Locais em Coari - AM



7.5 Ilha de calor de superfície de Coari

A intensidade e magnitude das ilhas de calor estão relacionadas com as propriedades térmicas dos materiais construtivos e com as características da vegetação no ambiente, seja rural ou urbano, a vegetação fica mais exuberante dependendo da quantidade de precipitação pluvial registrada no período (Amorim, 2020).

O clima urbano não pode ser entendido isoladamente, como qualquer clima é composto de fenômenos meteorológicos registrados ao longo dos dias em uma área. Assim, as condições em qualquer localidade são controladas por sistemas atmosféricos de grande escala e o ambiente modifica as condições locais na camada de ar acima do solo (Landsberg, 1981).

Para a ilha de calor superficial é preciso considerar um maior número de cenas em vários dias representativos de cada período sazonal, uma vez que além da temperatura do alvo a imagem reflete também os sistemas atmosféricos que atuaram nos dias que antecederam a captura da cena (Amorim, 2020).

Conforme argumenta Amorim (2020) considerando os dias que antecederam a tomada das imagens de satélites para estudo de ilha de calor em Presidente Prudente - SP, aqueles com os menores totais pluviométricos registraram as menores diferenças entre o rural e o urbano na temperatura de superfície, já na temperatura do ar foram registradas as maiores intensidades no período noturno, no período chuvoso a intensidade da ilha de calor superficial foi maior e da ilha de calor atmosférica foi menor.

De acordo com Amorim (2018) a magnitude da ilha de calor de superfície não é alta ao longo do ano inteiro, porém, são mais evidentes durante o período chuvoso e principalmente se durante os 30 dias que antecedem a coleta da imagem a precipitação for bem distribuída. Na estação que ocorre mais chuvas a vegetação do rural/periurbano fica mais saudável tornando a temperatura capturada menor nesses ambientes.

Na prancha 5 é possível verificar a variação da intensidade das ilhas de calor de superfície e do NDVI em Coari. Durante os meses do período seco observa-se a formação de ilhas de calor de muito forte magnitude, ultrapassando 6 °C de diferença nas áreas construídas da cidade especialmente na porção sudoeste e centro da cidade.

Os dados de precipitação pluvial do período seco contribuem para o entendimento de que a pouca quantidade de água no sistema dificulta a perda de calor por evaporação da água nas áreas urbanas (Tabela 8). Durante a estação chuvosa observa-se uma distribuição da temperatura de superfície que com menor diferença entre o vegetado e o urbanizado, apenas

com o mês de junho que é transicional apresentando maiores diferenças, em junho começa a diminuição dos dias com chuva na região de Coari.

Tabela 8 – Total pluviométrico (mm) nos dias que antecederam o imageamento termal

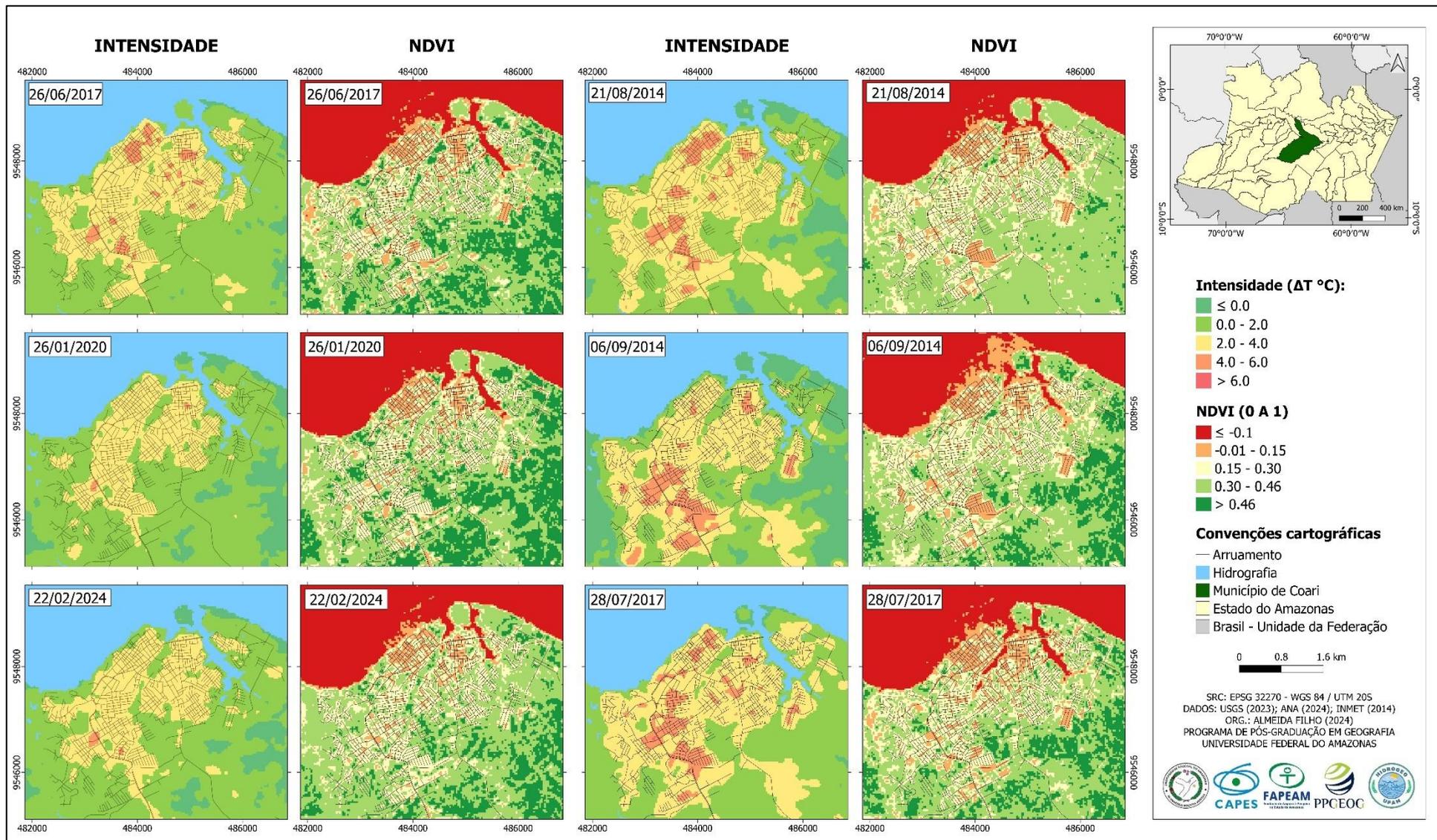
Data	5 dias	10 dias	20 dias	30 dias	Acumulado
26/01/2020	18,0	100,4	148,6	202,2	469,2
22/02/2024	11,4	40,2	112,4	318,8	482,8
26/06/2017	49,2	49,2	111,8	233,4	443,6
28/07/2017	13,8	13,8	34,6	41,6	103,8
21/08/2014	14,6	16,4	97,0	120,6	248,6
06/09/2014	0,0	2,8	18,0	70,9	91,7

Fonte: ANA (2023)

O NDVI ajuda na compreensão da distribuição da vegetação no ambiente construído e no entorno. Nas datas selecionadas é possível verificar que não há diferenças significativas entre os períodos sazonais, fator que pode ser explicado devido ao contexto climático equatorial que possui elevados valores de umidade ao longo do ano inteiro, essa informação nos coloca a necessidade de se considerar outros condicionantes no estudo de clima urbano em cidades pequenas e médias na Amazônia ocidental, a prancha 5 apresenta as magnitudes da ilha de calor de superfície e do NDVI na área urbana de Coari em 3 meses representativos do período chuvoso (direita) e seco (esquerda).

Intensos episódios de chuva aumentam a biomassa vegetal e conseqüentemente diminuem a temperatura nessas áreas, nos períodos de seca meteorológica a intensidade da ilha de calor diminui ao se comparar com o rural, mas a diferença entre os alvos no intraurbano aumenta devido a propriedades físicas dos materiais construtivos empregados na construção civil (Amorim, 2018).

Prancha 5 – Ilha de calor de superfície de Coari - AM



Fonte: USGS (2023); ANA (2024); INMET (2014). Org.: Almeida Filho (2024)

7.6 Ilha de calor atmosférica de Coari: episódio de setembro de 2023

Na literatura é consenso que as coletas de dados sobre o clima urbano devem ser realizadas sob condições anticiclônicas, porque a característica predominante do tempo será de ventos de calma e baixa nebulosidade (Fialho, 2009; Amorim, 2020).

Segundo Amorim (2020) a compreensão da variação da intensidade e magnitude da ilha de calor tanto atmosférica quando superficial é mais bem assimilada se considerar uma análise dos sistemas atmosféricos atuantes não somente nos dias de registro, mas também no período que os antecede, principalmente relacionado a precipitação.

A intensidade da ilha de calor é mais evidente na estação seca porque na atmosfera há menos água em estado gasoso isso influencia acelerando a perda da energia irradiada da superfície para a atmosfera. Outro fator que é importante destacar é sobre as horas de insolação que mudam a partir da sazonalidade em cidades de regiões de clima temperado, o ocorre de forma diferente em cidades tropicais (Fialho, 2009).

No período seco o papel da vegetação na amenização da intensidade da ilha de calor tem sua relevância aumentada porque sob condições de menor quantidade de vapor d'água na atmosfera as ilhas de calor podem atingir elevadas magnitudes que perduram pela noite até o nascer do sol (Amorim, 2020).

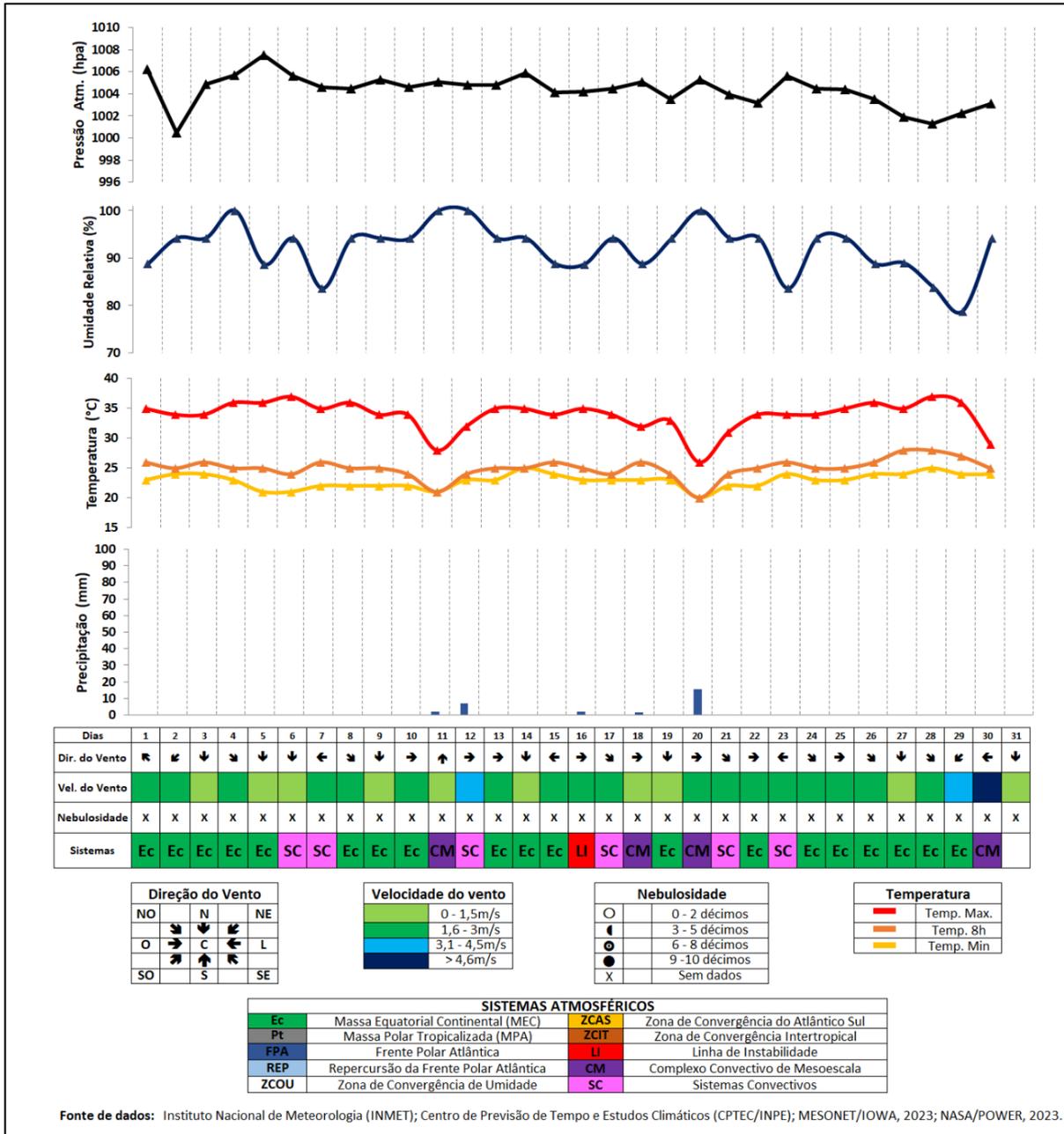
As condições atmosféricas na região de Coari no mês de setembro de 2023, a partir dos dados levantados, são apresentados no gráfico 4. A temperatura do ar média foi de 27,3 °C, a máxima registrada foi de 37 °C e a mínima de 20 °C. A umidade relativa do ar ficou em torno de 92,1 % de média com predomínio de ventos do quadrante norte-noroeste com velocidade máxima de 5 m/s. Segundo dados da ANA o acumulado de precipitação pluvial foi de 29 mm distribuídos em 4 dias de ocorrência.

A partir do boletim climático do Censipam observa-se que as condições climatológicas em setembro de 2023 foram fortemente influenciadas pelo aquecimento anômalo tanto do oceano Pacífico Equatorial quanto do oceano Atlântico Tropical Norte que afetaram o regime de chuvas pela alteração na circulação de grande escala dificultando a formação de nuvens. A precipitação registrada esteve bem abaixo da normal climatológica (NCB-1981-2010) para o mês, no qual é esperado um acumulado médio por volta de 100,4 mm.

Foi observada uma circulação anticiclônica sobre o Amazonas e um cavado corrente abaixo com eixo sobre o Pará e oeste do Nordeste, padrão dinâmico do verão austral que não é comumente observado em setembro o que demonstrou atuação do El Niño (SIPAM, 2023).

Conforme observado nas imagens do satélite GOES-16 as precipitações pluviais que ocorreram em setembro de 2023 estiveram associadas a complexos convectivos de mesoescala e a convecção local. O avanço de uma frente fria sobre o continente no dia 14 de setembro que chegou até o sul de Rondônia não foi forte o suficiente para repercutir na produção de tipo de tempo em Coari.

Gráfico 4 – Ritmo climático de setembro de 2023 na região de Coari



Fonte: INMET (2023); CPTEC/INPE; Marinha do Brasil; MESONET (2023); NASA/POWER (2023).
Baseado em: Teixeira (2019).

Durante os dias de coleta segundo os dados da ANA (17 a 23 de setembro) houve precipitação pluvial nos dias 18 e 20, totais de 1,4 mm e 15,4 mm, respectivamente. Nos dias

anteriores a 17/09 13 dias não registraram precipitação pluvial e 3 dias registraram um total de 11,8 mm (11, 12 e 16/09). Na tabela 9 é possível observar as diferenças de temperatura registradas nos pontos de coleta durante os três horários em relação ao ponto 7, representativo do periurbano/rural neste estudo. A maior magnitude foi observada no período noturno (20h) entre os pontos 32 a 36 que ficam no centro, onde há o máximo de adensamento construído.

É no período noturno que a ilha de calor atmosférica atinge maior magnitude porque sem a incidência direta da radiação solar o rural se resfria mais rapidamente do que as áreas construídas, estas por sua vez têm capacidade de armazenar calor por mais tempo e de retransmiti-lo para a atmosfera mais lentamente (Amorim, 2020).

Os pontos 7 ao 10 apresentaram características de ilhas de frescor, sendo o 7 o ponto 0 para o cálculo das diferenças. São os pontos representativos de menor adensamento construtivo e circulação de veículos por serem mais afastados do centro. Outros núcleos de calor são presentes entre os pontos 1 ao 7, 12 ao 21 e 37 ao 42 com intensidades de até 4 °C observadas durante as coletas noturnas, conforme a tabela 9.

Tabela 9 – Intensidade da ICU de Coari – Set/2023

		17/9			18/9			19/9			20/9			21/9			22/9			23/9		
Precipitação (mm)		0,2			1,4			0			15,4			0			0			0,2		
Sistema Atmosférico		SC			CM			Ec			CM			SC			Ec			SC		
Ponto	LCZ	7h	13h	20h	7h	13h	20h	7h	13h	20h	7h	13h	7h	13h	20h	7h	13h	20h	7h	13h	20h	
1	3	1,1	-0,4	2,5	1,6	1,4	2,6	1,1	-0,3	3,6	0,2	0,9	1	-0,2	4,8	0,7	-0,7	3,1	0,2	-0,1	3,9	
2	3	1,1	-0,5	2,3	1,7	1,2	2,6	1,4	0	3,5	0,3	1,3	1,1	-0,1	4,9	0,8	-0,4	3	0,2	0,2	3,8	
3	3	1,1	-0,1	2,3	2	1,8	2,7	1,6	0	3,7	0,2	0,8	1,1	0,4	5,1	0,8	-0,3	3,1	0	0,5	3,8	
4	3	1,1	0,4	2,3	2	1,8	2,5	1,5	-0,3	3,7	0,2	0,8	0,9	0,7	5,1	0,8	0	3	0,2	0,7	3,7	
5	3A	0,9	0,4	2,1	1,7	2,2	2,2	1,5	-0,6	3,6	0	1	0,9	1	4,8	0,8	0,2	2,8	0	1,3	3,7	
6	3A	1	1	2	1,8	1,8	2,2	1,5	-0,1	3,8	0	0,6	0,8	1,3	5	0,9	0,3	2,6	0	1,3	3,6	
7	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	3	0	0,9	0	-0,1	1,2	0,2	0	-0,6	-0,5	-0,8	1	0,1	0,5	0,2	0,1	0,2	-0,1	0	0,2	-0,1	
9	9	0,2	1,3	0,3	0,1	0,8	0,2	0,1	-0,5	-0,3	-0,8	0,9	0,2	0,3	0,4	0,4	0,2	-0,1	0	-0,1	-0,2	
10	9	0,3	1,7	0,9	0,1	0,7	0,6	0,2	-0,1	0,3	-0,7	0,6	0,3	0,8	0,4	0,4	0,5	0,3	-0,7	-0,1	0,6	
11	3A	0,5	1,8	0,8	0,7	0,9	0,9	0,7	0,5	1,4	-0,3	0,9	0,3	1	1,3	0,6	0,2	0,8	-0,5	0,9	1,6	
12	8	0,7	1,4	0,9	1,1	1,5	1	0,8	0,6	2,2	-0,4	1,2	0,5	1,3	2,8	0,8	0	1,4	-0,4	1,5	2,5	
13	3A	0,8	0,5	1	1,6	1,8	1,1	1,1	1	2,9	-0,3	1,5	0,4	0,7	3,8	0,9	0,4	2,1	-0,1	1	2,8	
14	3A	0,9	0,6	1,3	1,5	2,5	1,3	1,1	0,1	3,1	-0,2	1,5	0,4	1,1	3,9	1,2	0,8	2,2	0	1,2	2,8	
15	3A	1	1	1,1	1,3	2,2	1,5	1,2	0,1	3	-0,1	1,9	0,4	1,1	3,5	1,1	0,7	2,1	-0,1	1,2	3	
16	3	0,8	1,1	1,1	1,4	2,5	1,3	1,2	0,3	3	-0,3	1,5	0,5	1,7	3,3	1,2	0,6	1,9	-0,2	1,4	3,1	
17	3A	1,1	1,6	1,1	1,8	2,6	1,4	1,5	0,1	3,7	-0,2	1,4	0,6	1,9	3,5	1,4	0,6	2	0	1,5	3,4	
18	3A	0,8	1	0,8	1,3	2,2	1,1	1,2	-0,2	2,1	-0,3	1,2	0,5	1,3	2,5	0,9	0,3	1,3	-0,2	1,3	2	
19	3	0,9	1,4	0,8	1,3	2,2	1,1	1,4	-0,3	2	-0,2	1	0,6	1,4	2,5	1,1	0,4	1,3	-0,3	1,6	2,5	
20	3A	1,2	1,7	1,1	1,7	2,3	1,3	1,5	-0,6	2,7	-0,2	0,6	0,6	1,9	3,2	1,2	0,7	2	-0,2	1,4	2,9	
21	3	1,2	1,3	1,4	1,9	2,1	1,2	1,5	0,2	1,5	-0,1	0,6	0,7	2,2	4,3	1,5	1,1	2,2	0,1	2,2	3,1	
22	8	0,5	0,6	0,2	1	-0,2	0,1	0,2	0	1,7	-0,8	0	0,3	0,8	0,8	0,8	0	1	-0,5	1,5	1,3	
23	6	0,9	0,5	0,4	1,2	0,1	0,2	0,5	0,3	1,5	-0,6	0,5	0,3	1,3	1,4	0,9	0,6	1	-0,3	1,6	2,3	
24	3	1,1	1	0,7	1,6	0,5	0,2	1,1	0,3	2,4	-0,4	0,8	0,7	0,8	1,8	1,2	0,3	1,5	-0,1	1,6	2,3	
25	3A	1,2	1,4	0,6	1,6	0,8	0,3	1,1	0,6	2,9	-0,6	0,5	0,6	1	1,4	1,4	0,7	1,5	-0,1	1,8	1,9	
26	9	1,5	1,5	0,7	1,5	0,9	0,5	1	0,9	2,5	-0,6	-0,1	0,7	1,1	2,3	1,2	1	1,6	-0,1	1,6	2,1	
27	8	1,6	1,1	1	2,1	1,5	0,6	1,2	1	3	-0,4	-0,1	0,7	1	3,5	1,3	0,5	1,9	-0,1	1,2	2,9	
28	A	1,7	1,4	1,1	2,6	1,9	0,8	1,1	0,7	2,7	-0,4	0,3	0,9	1,3	3,8	1,3	0,1	1,9	0	0,9	2,8	
29	3	1,7	1,1	1,3	2,7	2,2	0,9	0,9	0,9	2,9	-0,4	1	0,8	1,7	4	1,4	0,4	1,9	0	1,6	2,9	
30	3	2,2	0,2	1,1	2,8	2,8	0,8	0,9	1	3,1	-0,7	0,9	0,8	0,8	4,4	1,4	-0,2	2	-0,1	1,8	2,9	
31	9	1,9	0,4	1,3	3	1,5	1	0,9	1	3,2	-0,3	0,8	0,8	1	4,2	1,1	-0,3	2,5	0	0,5	3,3	
32	8	2,2	0,9	1,3	3,3	2,2	1,3	1,5	0,1	4	-0,1	1,3	1,1	1,1	5	1,5	0,4	2,4	0	0,6	3,6	
33	3A	2,3	0,7	1,3	3,3	2,7	1,3	1,7	0,3	4	-0,2	1,1	0,7	1,3	5	1,7	0,4	2,2	0	1,4	3,8	
34	8	2,5	1,3	1,6	3,7	2,6	1,8	1,7	1	4,3	-0,2	1,1	1,1	1,2	5,2	1,6	0,4	2,6	0	1,2	4	
35	2	2,9	1,5	1,9	3,6	2,3	1,6	1,4	1,1	4,1	0	1,3	1,1	1,2	5,1	1,5	0,4	2,8	0,2	1,2	4,2	
36	2	3	1,4	1,8	3,9	1,9	1,8	1,5	1,4	3,9	0,2	1,4	1,3	1,9	5,1	1,6	0,6	3	0,6	0,8	4,3	
37	2	3,2	1	1,9	4	2,3	1,9	1,7	1	3,6	0,6	1,5	1,5	1,8	4,8	1,5	0,3	3,2	0,7	0,8	4,3	
38	2	3,4	1,6	2,1	3,3	2,1	1,8	1,9	0,4	3,3	0,7	1,3	1,4	2,3	4,5	1,6	-0,3	3,2	0,7	0,9	4,3	
39	2	3,2	1,7	1,7	3,2	2,8	1,7	1,9	0,1	3,1	0,5	1,6	1,2	2,4	4,4	1,6	0	3	0,6	1,2	3,9	
40	3	2,9	1,5	1,9	3,3	2	1,7	2,1	0	3,4	0,6	1,5	1,3	1,7	4,5	1,5	0,3	3	0,9	1,3	3,6	
41	3	3,1	1,6	1,7	3,3	2	1,7	2,2	0,4	3,6	0,5	1,3	1,4	1,9	4,4	1,6	0,7	2,9	0,9	1,5	3,9	
42	3	3,1	1,3	1,7	3,3	1,9	1,7	2,4	0,7	3	0,5	1,4	1,4	1,6	3,7	1,7	0,3	2,5	0,9	1,2	3,8	
43	3A	2,5	0,6	0,7	2,6	1,2	0,8	2	-0,6	2,2	-0,1	1,4	1	1	0,9	1,3	0	1	0,6	0,3	2,2	
44	3A	2,7	0,8	0,6	3	1,9	0,8	2,1	0,1	2,1	0	2,3	1,1	1,4	2	1,4	0,3	1,3	0,5	0,7	2,4	

ΔT (°C)
< 0
0 a 2
2.1 a 4
4.1 a 6
> 6

Fonte: Almeida Filho (2023)

Às 7h da manhã a amplitude máxima chegou a 3 °C de diferença. Nas demais coletas houve uma variação diária e pouco entre os pontos evidenciando influência do tipo de tempo no comportamento da temperatura do ar em Coari.

A evolução diária demonstrou certa homogeneidade no período da tarde (13h), que pode ser explicado pela maior incidência de radiação solar no horário da coleta, a variação observada foi diária com os dados apresentando diferença máxima de 2 °C.

Às 20h, o dia 17 apresentou fraca intensidade da ilha de calor, houve chuva no dia anterior e a umidade relativa permaneceu elevada. Nos demais dias os dados apresentaram ICU de forte magnitude chegando a atingir 5,2 °C de diferença entre o ponto mais aquecido e o ponto periurbano de referência. No dia 20 houve ocorrência de chuva durante a noite o que impediu a coleta no horário das 20h no dia, mas não impediu a ocorrência da máxima magnitude da ICU no dia seguinte, o que indica para uma maior influência de variáveis como a radiação solar incidente e a nebulosidade no desenvolvimento da ICU atmosférica em Coari.

A umidade relativa do ar apresentou variação semelhante e inversa à da temperatura do ar, uma vez que as variáveis são inversamente proporcionais. A ocorrência das ilhas secas se deu nos pontos com maior diferença de temperatura do ar em relação ao ponto 7, chegando a uma amplitude de 18 %. Dado significativo para a região que é de clima úmido.

A amplitude foi maior no horário das 20h no dia 21, nos demais dias apresentou um padrão, com os pontos do 1 ao 6, do 13 ao 21 e do 27 ao 44 sendo representativos das ilhas secas. E os pontos do 7 ao 12 pela proximidade com a vegetação apresentaram as maiores porcentagens de umidade relativa do ar. Os pontos do 22 ao 26 apresentaram valores de umidade relativa elevados nos dias 17 e 21 pela presença de vegetação e menor adensamento construtivo se comparado com os demais pontos.

O comportamento da umidade relativa do ar ao longo dos dias apresentou um padrão de homogeneidade nos dias 18 e 22 às 7h, 17 a 20 às 13h e 17 às 20h demonstrando a influência do tipo de tempo na configuração da umidade relativa do ar. No horário das 13h do ponto 1 ao 6 a umidade relativa do ar atingiu amplitude positiva de até 10%, conforme a tabela 10.

Tabela 10 – Diferenças da Umidade Relativa do ar em Coari – Set/2023

		17/9			18/9			19/9			20/9			21/9			22/9			23/9		
Precipitação (mm)		0,2			1,4			0			15,4			0			0			0,2		
Sistema Atmosférico		SC			CM			Ec			CM			SC			Ec			SC		
Ponto	LCZ	7h	13h	20h	7h	13h	20h	7h	13h	20h	7h	13h	7h	13h	20h	7h	13h	20h	7h	13h	20h	
1	3	-5	3	-9	-8	8	-5	-3	3	-6	-6	1	-5	9	-11	0	8	-5	-6	10	-5	
2	3	-4	2	-8	-9	6	-5	-2	2	-6	-6	1	-5	8	-11	0	7	-6	-6	9	-6	
3	3	-4	1	-8	-9	5	-5	-2	2	-6	-5	0	-5	8	-13	-1	5	-7	-5	5	-6	
4	3	-3	0	-8	-9	3	-5	-2	1	-7	-5	0	-4	4	-14	-3	4	-8	-5	3	-6	
5	3A	-3	0	-7	-8	2	-5	-2	0	-8	-4	-1	-3	3	-14	-3	3	-8	-5	1	-7	
6	3A	-3	-1	-1	-8	0	-5	-2	-1	-9	-4	-2	-3	2	-16	-3	2	-8	-5	-1	-8	
7	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	3	2	1	0	1	1	1	1	-2	1	0	-1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	
9	9	2	0	0	2	1	2	1	-1	2	0	-2	0	0	4	-3	0	1	0	0	2	
10	9	2	-1	0	2	1	2	1	-2	2	0	-2	0	0	4	-3	0	1	0	0	1	
11	3A	2	-2	0	2	0	2	1	-2	0	0	-2	0	0	2	-3	-1	0	0	-2	0	
12	8	2	-2	0	1	0	1	0	-2	-2	-1	-2	0	-1	-1	-4	-1	-1	0	-2	-2	
13	3A	2	-1	0	-2	-1	-1	-1	-3	-4	-1	-3	0	-1	-6	-5	-1	-3	-1	-2	-3	
14	3A	2	-1	0	-3	-1	-1	-1	-4	-4	-2	-4	0	-1	-8	-5	-1	-3	-2	-2	-4	
15	3A	2	-2	0	-4	-2	-2	-1	-4	-5	-2	-3	0	-2	-8	-5	-2	-4	-2	-3	-4	
16	3	2	-2	0	-4	-3	-2	-1	-7	-6	-2	-4	0	-3	-8	-5	-2	-5	-3	-4	-6	
17	3A	1	-3	0	-5	-3	-2	-1	-7	-7	-2	-4	0	-3	-9	-6	-3	-5	-3	-4	-6	
18	3A	1	0	1	-3	-5	-2	-1	-5	-6	-1	-4	0	-3	-6	-6	-2	-4	-3	-2	-5	
19	3	1	-2	0	-2	-3	-2	-1	-5	-7	-1	-4	0	-3	-5	-6	-2	-5	-3	-4	-5	
20	3A	1	-3	0	-3	-4	-3	-2	-5	-7	-2	-4	0	-3	-8	-7	-3	-6	-4	-4	-6	
21	3	0	-3	-1	-5	-5	-3	-2	-7	-8	-1	-4	0	-4	-10	-7	-5	-6	-5	-6	-6	
22	8	0	-2	0	-1	1	1	0	-5	-6	0	-3	1	-1	-1	-6	-2	-5	-3	-5	-4	
23	6	0	-1	0	-1	1	1	1	-6	-5	0	-4	1	-1	-1	-7	-2	-4	-3	-5	-5	
24	3	0	-2	0	-3	1	2	0	-6	-7	0	-4	1	-3	-1	-8	-3	-5	-3	-5	-5	
25	3A	0	-1	1	-4	0	2	-1	-7	-7	0	-4	0	-1	0	-7	-3	-5	-4	-4	-4	
26	9	0	-2	1	-4	1	2	-1	-6	-7	0	-4	0	-3	-1	-7	-3	-5	-5	-4	-4	
27	8	-1	-2	0	-7	0	1	-2	-7	-7	-1	-4	0	-2	-7	-8	-3	-6	-5	-4	-6	
28	A	-2	-1	0	-7	0	1	-2	-7	-6	-2	-3	0	-1	-11	-8	-2	-6	-5	-4	-6	
29	3	-3	-1	-1	-8	0	0	-2	-7	-6	-2	-3	-1	-1	-13	-8	-2	-6	-5	-4	-6	
30	3	-3	0	-1	-8	-1	0	-3	-8	-8	-2	-4	-1	-2	-14	-9	-2	-7	-5	-3	-7	
31	9	-3	1	-2	-6	-2	-1	-2	-7	-11	-2	-4	-2	-1	-14	-10	-3	-8	-5	-1	-8	
32	8	-3	-1	-2	-9	-2	-4	-2	-7	-11	-3	-5	-2	-3	-16	-10	-3	-8	-5	-3	-9	
33	3A	-3	0	-2	-9	-3	-4	-3	-7	-12	-3	-6	-2	-3	-16	-10	-3	-8	-5	-3	-9	
34	8	-3	0	-2	-10	-3	-5	-4	-10	-13	-3	-6	-3	-3	-17	-10	-3	-9	-5	-4	-9	
35	2	-3	-1	-2	-9	-3	-5	-4	-9	-12	-4	-6	-3	-3	-17	-11	-2	-10	-5	-3	-10	
36	2	-4	-2	-3	-9	-3	-5	-4	-7	-12	-4	-6	-3	-3	-17	-10	-2	-10	-5	-4	-10	
37	2	-5	-1	-3	-10	-2	-6	-2	-7	-12	-4	-6	-3	-4	-16	-10	-2	-10	-5	-4	-10	
38	2	-7	-1	-3	-10	-2	-7	-2	-7	-12	-5	-6	-4	-4	-15	-10	-2	-11	-6	-4	-10	
39	2	-6	-2	-4	-6	-5	-7	-3	-7	-11	-4	-7	-4	-4	-14	-9	-2	-11	-7	-4	-11	
40	3	-8	-2	-3	-9	-4	-7	-2	-8	-12	-4	-7	-3	-4	-13	-10	-2	-11	-8	-4	-10	
41	3	-8	-2	-3	-9	-4	-7	-5	-8	-11	-5	-7	-3	-4	-13	-10	-3	-10	-8	-4	-10	
42	3	-8	-2	-2	-10	-4	-7	-5	-8	-10	-5	-7	-3	-5	-11	-10	-4	-9	-8	-4	-10	
43	3A	-7	-2	0	-6	-4	-5	-3	-7	-9	-5	-6	-4	-3	-6	-10	-3	-7	-8	-2	-8	
44	3A	-7	-1	0	-7	-4	-5	-3	-7	-9	-4	-7	-3	-4	-6	-10	-4	-6	-7	-2	-8	

ΔUR (%)
< -10
-10 a -5
-5 a 0
0 a 5
5 a 10
>10

Fonte: Almeida Filho (2023)

Os ventos e a nebulosidade são importantes fatores controladores da ilha de calor. Velocidades de ventos elevadas misturam o ar da cidade e do rural que faz diminuir o contraste de temperatura (Lucena, 2013).

A circulação local dos ventos demonstrou um predomínio de ventos de calma a brisas leves a partir da classificação da velocidade dos ventos da escala de Beaufort, atingindo em Coari velocidade máxima durante as coletas de 2,5 m/s. Os dados de velocidade do vento registrados na estação do aeroporto de Urucu também estiveram nessas velocidades.

Na tabela 11 é possível observar que as velocidades máximas foram registradas na área central da cidade, do ponto 32 ao 44. Foi observada uma variação maior entre os pontos nas coletas de 7h e 13h, já às 20h foi possível evidenciar um padrão marcado entre os dias, demonstrando influência do tipo de tempo na ocorrência de ventos na área da cidade. As áreas dos pontos onde foram medidas as maiores velocidades de vento são caracterizadas por serem de elevado adensamento construtivo e estão próximas ao rio. As maiores velocidades foram registradas no período das 13h.

Tabela 11 – Velocidade do vento em Coari – Set/2023

		17/9			18/9			19/9			20/9			21/9			22/9			23/9		
Precipitação (mm)		0,2			1,4			0			15,4			0			0			0,2		
Sistema Atmosférico		SC			CM			Ec			CM			SC			Ec			SC		
Ponto	LCZ	7h	13h	20h																		
1	3	0,2	1,4	0,8	0,4	0,9	1,3	0,1	0,3	0,1	0	0	0	0,4	0,0	0,6	0	0,4	0	0	0,0	
2	3	0	0,7	0,7	0,2	0,4	0,1	0,4	0,5	0,0	0	0,5	0	0	0,7	0,4	0	0,0	0	0	0,0	
3	3	0	0,7	0	0	0,4	0,1	0	0,2	0,0	0,2	1,1	0	1,2	0,3	0	0,4	0,0	0	0	0,0	
4	3	0,1	0,0	0,5	0	1,1	0,3	0,1	1,2	0,3	0,4	0	0	0,2	0,0	0,3	0	0,6	0	0,4	0,0	
5	3A	0	0,4	0,1	0,2	0,1	0,6	0	0,6	0,1	0	0	0,5	0	0,0	0,1	0	0,0	0,3	0	0,3	
6	3A	0	0,0	0,9	0	0,8	0	0	1	0,5	0,2	0	0,4	0,1	0,1	0	0,7	0,0	1,1	0	0,0	
7	A	0	0,4	0	0	0,5	0	0	0,4	0,0	0	0	0	0,0	0,4	0	0,0	0	0	0	0,0	
8	3	0	0,0	0,3	0	0	0	0	0,3	0,0	0,8	1,1	0,8	0	0,0	0,6	0,4	0,0	0,4	0	0,0	
9	9	0	0,3	0,7	0	0,3	0,2	0,1	0	0,0	0,5	0,3	0,3	0	0,0	0	0,4	0,0	0	0,8	0,0	
10	9	0,5	0,0	0,2	0	0,2	0	0	0	0	0,0	1,6	0,3	0,2	0	0,0	0	0,6	0,2	0	0,0	
11	3A	0,5	0,0	0,8	0	0	0,5	0	0	0,1	0,7	0,1	0,1	0	0,0	0,3	0	1,1	0	0,4	0,0	
12	8	0,4	0,0	0,5	0,4	0	0,7	0	0,2	0,0	0,4	0	0	1	0,0	0,1	0,4	0,3	0,2	0,1	0,4	
13	3A	0,3	0,0	0,1	0,4	0,1	0,3	0	0,2	0,2	0,5	0	0,5	0,2	0,0	0	0	0,1	0,3	1,1	0,0	
14	3A	0,2	0,0	0,1	0	0	0,1	0	0,2	0,2	0,2	0	0,1	0	0,0	0,2	0,9	0,0	0	0	0,0	
15	3A	0	0,7	0,1	0	0,4	0	0	0,2	0,0	0	0	0,3	0,6	0,2	0	0	0,0	0	0,6	0,3	
16	3	0,4	0,0	0,2	0	0,3	0,1	0	0,3	0,1	0	0	0	0,3	0,0	0	0	0,2	0	0	0,0	
17	3A	0,2	0,3	0,2	0	0,6	0,2	0	0,8	0,0	0,3	0,8	0	0	0,3	0	0	0,0	0	0,3	0,0	
18	3A	0	0,3	0	0	0,6	0,1	0	0	0,0	0	0,1	0,6	0,3	0,2	0,4	0	0,5	0	0	0,0	
19	3	0,1	0,5	0,6	0	1,2	0,1	0	0,5	0,7	0	0,7	0	0,1	0,4	0,2	1,2	0,1	0	1,6	0,7	
20	3A	0,2	0,0	0,5	0	0,4	0,2	0	0,7	0,0	0	0,3	0	0,4	0,0	0,5	0	0,0	0,2	0	0,0	
21	3	0,3	0,2	0	0	0,7	0,2	0	1,7	0,2	0	0,1	0,3	0,3	0,3	0	0	0,0	0	0,0	0,0	
22	8	0,9	0,0	0,6	0	0,1	0	0	0	0,0	0,4	0,3	1,1	0	0,0	0,1	0	1,5	0	0,4	0,7	
23	6	0	0,0	0,5	0	0	0,7	0	0,2	0,0	0,1	0	0,3	1,6	0,3	0,6	0	0,1	0	0	0,3	
24	3	1,2	0,0	0	0	0,1	0	0	1	0,0	0	0,1	0	0,8	0,0	1,3	0	0,5	0,1	0	0,3	
25	3A	0,8	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0	0,1	0,0	0,5	0,1	0,4	0	0,3	0	0,5	0,5	0,3	0	0,0	
26	9	0,2	0,0	1,1	0,3	0,2	1,2	0	0,2	0,0	0,3	0	0,4	1,2	0,0	0	0,2	0,3	0,2	0	0,1	
27	8	0,2	0,0	1,1	0	0,1	1,8	0	0,3	0,0	0	0	0	0,4	0,0	0,4	0	0,5	0	0,8	0,6	
28	A	0	0,0	0,5	0	0	0,9	0	0	0,4	0,1	1,1	0	0,7	0,0	0	0,7	0,8	0,2	0,1	0,0	
29	3	0,5	0,7	0,2	0	0,1	0,9	0	0,3	0,2	0,7	0	0,6	0,5	0,1	0,2	0,6	0,5	0	0,5	0,0	
30	3	0,5	1,0	0,2	0,3	0,2	1,4	0	0	0,1	0,4	0,5	0,3	0,3	0,0	0,3	0	1,2	0	0,3	0,8	
31	9	0,4	0,0	0,8	0	0	0,9	0	0,2	0,5	0,4	0,2	0,8	0	0,0	0	0,3	0,0	0,5	0,4	0,0	
32	8	0,3	0,0	0,3	0,2	1,3	1,4	0	0,1	0,2	0,9	1,6	1,1	0	0,0	0	1,5	0,0	0,7	0,5	0,0	
33	3A	0,5	0,0	1,2	0	0	1,2	0	1,3	0,8	2,6	1	1,3	0,8	0,0	0,9	0,7	0,0	0	0	0,0	
34	8	0,2	0,0	0,6	0	0,4	0,4	0	0	0,0	0,2	0,3	0,1	0,1	0,0	0	0,8	1,7	0	1,3	0,1	
35	2	0,1	0,0	0,5	0	0,4	0,2	0	0	0,2	0,4	0	0	0,6	0,0	2	0,5	0,3	0,5	1	0,0	
36	2	0	0,0	0,2	0,5	0	1,4	0	0	0,0	0	0	0,5	0	0,0	0	0,5	0,3	0	2	0,0	
37	2	0,1	0,0	0,2	0	0,3	0,1	0	2,4	0,0	1,8	1,4	0,9	0,1	0,0	0,3	0,6	0,5	0,7	0,5	0,0	
38	2	0	0,6	0,6	0	0,9	2,1	0	1,4	0,3	0,3	0,1	0	0	0,0	0	0,5	0,9	0,6	0,1	0,0	
39	2	0,1	0,7	0,7	0,3	0	1,4	0	1,2	0,0	0	0,1	0	1,4	0,0	0	0,4	0,4	0,7	1,7	0,0	
40	3	0	0,3	0,1	0,1	0	0,3	0	2,1	0,0	0	0,4	0	0,7	0,0	0	0,5	0,1	0,4	0	0,0	
41	3	0,3	0,1	0,2	0	0,3	0	0	1,8	0,0	0,9	1,2	0	1,3	0,0	0,9	0,8	0,1	0,1	2,2	0,0	
42	3	0,7	1,6	0,3	0	1,4	0,1	0	1,5	0,0	0	1,2	0	0,2	0,0	0	0,5	0,5	0	2,5	0,8	
43	3A	0	0,2	0,1	0	0,3	0	0	0	0,0	0	1,4	0,9	1,5	0,3	0,3	1,7	0,3	0	0	0,0	
44	3A	0	0,7	0,9	0	0,2	2	0	0	0,0	0	0	0	0,4	0,0	0,8	0,3	0,0	0,6	0	0,0	

Vento (m/s)
0 a 0,5
0,5 a 1
1 a 1,5
1,5 a 2
>2

Fonte: Almeida Filho (2023)

7.7 A modelagem espacial das ilhas de calor e ilhas secas de Coari

Para definição das variáveis que compõem cada modelo estatístico foi realizada a regressão linear simples entre a temperatura do ar medida em cada coleta e as variáveis geoambientais selecionadas para estabelecimento das correlações. Os valores dos coeficientes de determinação (R^2) e de correlação (r) parciais foram tomados como parâmetro para determinação da ordem no modelo e explicação matemática do fenômeno (Araújo, 2021).

A partir da seleção das variáveis baseadas nos parâmetros aplicou-se a regressão linear múltipla, na qual em cada adição de uma variável foi observado o comportamento do coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado). A confiabilidade do modelo gerado foi aferida por meio da análise de variância (Anova) e do teste F, do coeficiente de determinação ajustado e da análise dos resíduos, como em Araújo (2021).

A análise de variância permite atestar se há diferença significativa entre as médias das variáveis que estão sendo comparadas e possui uma razão F que comporta a variação entre grupos comparados e cujo denominador apresenta uma estimativa da variação dentro desses grupos, quanto maior a estatística F maior será a probabilidade de se rejeitar a hipótese nula e aceitar a alternativa (Levin, 1977).

Partindo da observância da significância em um intervalo de confiança ajustado ao nível de 5% ($\alpha = 0,05$) para rejeitar ou confirmar a hipótese nula e a alternativa, onde os resultados dos testes estatísticos consideram a hipótese nula (H_0): não existe relação linear entre X e Y sendo as variações ocorridas ao acaso; e a hipótese alternativa (H_1): a relação linear entre X e Y é significativa, ou seja, não é mero resultado do acaso. Considerando a estatística do F de significação sendo este menor que α confirma-se a significância estatística do modelo gerado (Barbetta, 2010; Araújo, 2021).

Outro parâmetro usado foi o coeficiente de determinação global ajustado para os modelos gerados (R^2 ajustado), de acordo com Araújo (2021) esse valor pode ser usado como indicativo da efetividade do modelo estatístico uma vez que possui como característica a robustez e resistência por não aumentar em função da adição de variáveis, como o R múltiplo e o R^2 . O R^2 ajustado compara o poder explicativo dos modelos de regressão e só aumenta se a nova variável melhorar o modelo mais do que seria esperado e diminui quando a nova variável melhora o modelo menos do que o esperado pelo acaso (Araújo, 2021).

A tabela 12 apresenta os valores utilizados para tomada de decisão dos modelos utilizados, ou seja, os valores de F gerados na análise de variância e os coeficientes de

determinação ajustados para cada data. Para os modelos usados observa-se que o F calculado a partir de regressão são maiores do que o F de significância demonstrando que se pode refutar a hipótese nula para todos os modelos com significância estatística a 95%, o que valida que pelo menos uma das variáveis independentes possui relação com a variável dependente.

A partir do coeficiente de determinação global (R^2) dos modelos – organizados na tabela 12 – é possível destacar que as equações geradas para o horário da tarde foram as que menos explicaram a variação da temperatura do ar a partir das variáveis utilizadas, ou seja, a distribuição das diferenças de temperatura do ar entre os pontos de coleta pode ser explicada principalmente por outros fatores que o modelo não abrangeu. Destaca-se que no horário noturno os modelos explicam mais de 70% da variação da temperatura e que no período da manhã o menor coeficiente foi de 0,44 permitindo uma avaliação importante da temperatura do ar em Coari a partir das variáveis independentes consideradas.

Tabela 12 – Valores de F para validação dos modelos de temperatura do ar

	Data	F	F de significância	R² ajustado
7h	17/09/2023	11,74	0,117	0,56
	18/09/2023	11,85	0,119	0,57
	19/09/2023	24,67	0,247	0,73
	20/09/2023	19,25	0,193	0,75
	21/09/2023	13,40	0,134	0,70
	22/09/2023	11,90	0,119	0,44
	23/09/2023	15,83	0,158	0,58
13h	17/09/2023	3,18	0,032	0,19
	18/09/2023	17,43	0,174	0,62
	19/09/2023	10,88	0,109	0,43
	20/09/2023	16,08	0,161	0,52
	21/09/2023	9,42	0,094	0,30
	22/09/2023	3,18	0,032	0,22
	23/09/2023	7,52	0,075	0,25
20h	17/09/2023 F2	41,09	0,029	0,74
	18/09/2023	32,91	0,026	0,79
	19/09/2023	28,23	0,027	0,73
	20/09/2023	-	-	-
	21/09/2023	25,46	0,027	0,70
	22/09/2023	33,0	0,027	0,79
	23/09/2023	45,53	0,025	0,86

Para a análise dos resíduos considera-se a diferença entre o valor observado e o valor predito pelo modelo, o resíduo é aquilo que a parte estrutural do modelo não consegue explicar (Barbetta, 2010). Para Coari, subtrai-se a temperatura modelada com a temperatura registrada nos 44 pontos dos episódios analisados por meio dos transectos móveis.

A partir da interpretação de Dorigon (2019) e Araújo (2021) os resíduos foram divididos em três classes que representam se o valor subestimou, aproximou ou superestimou os valores modelados quando comparados com as medidas móveis, conforme a tabela 13.

Tabela 13 – Classificação dos resíduos gerados para os modelos de temperatura do ar

Diferença observada	Interpretação	Cor
< -1 °C	Subestimou	1,5%
Entre -1 °C e 1 °C	Aproximou	97,4%
> 1 °C	Superestimou	1,1%

Fonte: Baseado em Dorigon (2019) e Araújo (2021)

Portanto, os resíduos dos modelos da temperatura do ar nos três horários de coleta demonstram que em 13 coletas o valor modelado subestimou o aferido, 10 pontos superestimaram e 857 aproximaram-se da medida de campo, o que representa 1,5%, 1,1 e 97,4%, respectivamente. Na tabela 14 é possível verificar que o modelo superestimou e subestimou a temperatura principalmente em pontos localizados nas LCZs do tipo 3 e 3B localizados na área central da cidade, essa variação vai de -1,7 °C até 2,9 °C.

Tabela 14 – Resíduos gerados nos modelos de temperatura do ar em Coari em °C

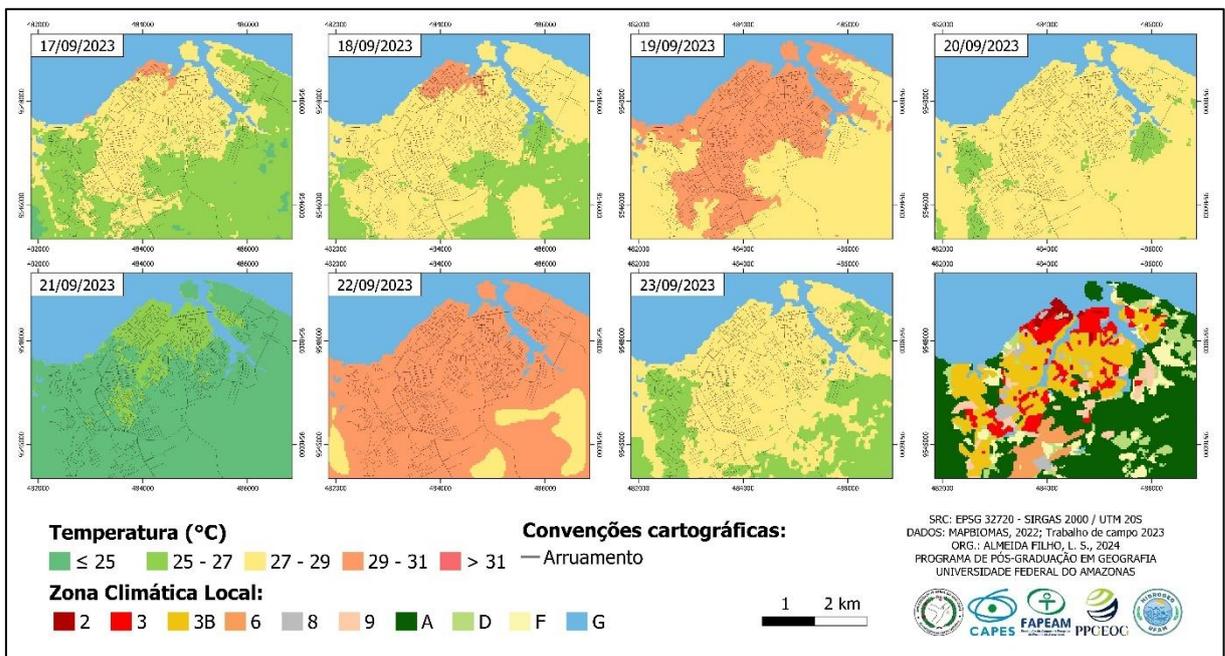
Ponto	7h						13h						20h							
	17	18	19	20	21	22	17	18	19	20	21	22	17	18	19	21	22	23		
1	0,6	1,0	0,6	0,0	0,1	0,6	0,1	0,9	0,6	0,4	0,5	1,4	0,7	1,2	-0,4	-0,4	-0,1	-0,2	-0,2	-0,1
2	0,9	1,0	0,5	0,0	0,1	0,5	0,2	1,1	0,8	0,2	0,1	1,3	0,4	0,9	-0,2	-0,4	0,1	-0,3	-0,1	0,1
3	0,6	0,7	0,1	0,0	0,0	0,5	0,2	0,6	0,3	0,1	0,6	0,8	0,3	0,6	-0,3	-0,6	-0,2	-0,6	-0,3	0,0
4	0,6	0,7	-0,1	-0,2	0,0	0,5	-0,3	0,6	0,5	0,4	0,5	0,7	0,3	0,4	-0,7	-0,8	-0,2	-0,8	-0,5	0,0
5	0,6	0,7	-0,1	-0,1	-0,1	0,5	-0,1	0,7	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3	-0,2	-0,6	-0,7	-0,3	-0,5	-0,4	-0,3
6	0,7	0,6	0,0	-0,1	0,0	0,4	0,0	0,1	0,7	0,0	0,6	-0,1	0,2	-0,2	-0,6	-0,7	-0,4	-0,6	-0,4	-0,2
7	0,2	0,6	0,1	-0,4	0,2	0,3	-0,2	1,0	0,8	0,1	0,4	0,4	0,3	0,2	-0,1	0,1	0,1	0,4	0,1	0,3
8	-0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,2	-0,2	-0,3	-0,5	0,7	-0,3	0,0	-0,1	0,1	0,3	0,1	0,4	0,3	0,2	0,1
9	0,7	0,1	0,0	0,2	0,1	0,0	0,1	-0,2	-0,3	0,6	-0,1	0,3	0,0	0,5	0,2	0,0	0,3	-0,1	0,1	0,2
10	0,6	0,7	0,1	0,1	0,1	0,3	0,6	-0,7	0,3	0,2	0,3	0,0	-0,2	0,8	-0,1	-0,1	0,8	0,9	0,4	0,5
11	0,8	0,8	0,1	-0,2	0,3	0,4	0,4	-0,7	0,6	-0,5	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,0	0,7	1,1	0,5	0,5
12	0,5	0,7	0,2	0,0	0,1	0,3	0,2	-0,6	0,3	-0,3	-0,2	-0,2	0,3	-0,5	0,2	0,1	0,4	0,3	0,2	0,1
13	0,4	0,6	0,1	0,0	0,2	0,3	-0,1	0,3	0,5	-0,9	-0,4	0,5	0,0	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,0	0,4
14	0,5	0,7	0,3	0,0	0,3	0,0	-0,1	0,2	-0,2	-0,1	-0,3	0,1	-0,5	-0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,5
15	0,1	0,7	-0,1	-0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-0,8	0,1	-0,2	-0,2	0,1	-0,2	-0,2	0,2	-0,1	-0,1
16	0,3	0,5	0,1	0,0	0,1	-0,1	0,1	-0,4	-0,5	-0,1	-0,4	-0,6	-0,3	-0,4	0,2	0,1	-0,2	0,4	0,2	-0,2
17	0,1	0,3	-0,2	0,0	0,1	-0,2	-0,1	-0,6	-0,5	-0,2	-0,3	-0,8	-0,1	-0,5	0,1	-0,1	-0,7	0,2	0,1	-0,3
18	0,8	0,3	0,5	0,2	0,2	0,2	0,5	0,3	-0,2	0,1	-0,1	-0,2	0,1	-0,3	0,3	0,1	0,3	1,0	0,7	0,6
19	0,5	1,0	-0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	-0,5	-0,2	0,3	0,1	-0,2	0,0	-0,5	0,3	0,1	1,1	0,9	0,8	0,7
20	0,4	0,5	0,0	0,1	0,2	0,0	0,1	-0,5	-0,3	0,4	0,4	-0,7	-0,2	-0,3	0,0	0,0	0,3	0,1	0,1	0,3
21	0,1	0,0	-0,1	-0,2	0,0	-0,3	-0,2	-0,5	-0,3	0,0	0,1	-1,0	-0,6	-1,1	-0,4	0,0	1,3	-1,3	-0,2	-0,2
22	0,6	0,6	0,7	0,4	0,2	0,1	0,3	0,3	0,7	1,0	0,0	0,1	0,4	-0,7	-0,1	0,0	0,2	0,5	0,0	0,6
23	-0,1	0,3	0,5	-0,1	0,1	0,2	0,1	0,5	-0,2	-0,2	0,3	-0,2	-0,3	0,0	0,1	0,1	0,7	0,6	0,4	-0,1
24	-0,1	-0,4	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	0,0	-0,2	0,3	-0,2	-0,1	0,2	-0,1	-0,7	0,0	0,3	-0,7	-0,3	-0,2	-0,5
25	-0,1	-0,2	-0,2	0,1	0,0	-0,4	-0,1	-0,3	0,1	-0,4	0,1	0,1	-0,2	0,1	0,1	0,0	-1,0	0,1	-0,3	0,0
26	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	0,0	-0,3	0,0	-0,1	0,3	0,0	-0,3	-0,5	0,1	0,0	-0,7	-0,9	-0,4	-0,3
27	-0,5	-0,4	-0,2	0,0	-0,1	-0,3	0,0	0,1	-0,1	0,3	0,1	0,0	0,3	-0,2	-0,3	0,2	-0,7	-1,1	-0,4	-0,5
28	-1,0	-1,1	-0,4	0,2	-0,4	-0,6	-0,2	-0,4	-0,4	-0,2	0,0	-0,5	0,4	-0,3	-0,5	-0,1	-0,9	-1,6	-0,8	-0,9
29	-1,0	-1,3	-0,3	-0,2	-0,4	-0,5	-0,3	-0,3	-0,8	-0,5	-0,3	-0,7	-0,1	-0,7	-0,5	-0,4	-1,0	-1,7	-0,6	-1,0
30	-1,5	-1,3	0,0	0,3	-0,4	-0,4	-0,1	0,4	-1,1	-0,9	0,1	0,2	0,4	-0,1	-0,2	-0,2	-0,9	-1,5	-0,5	-0,7
31	-0,3	-0,9	0,3	0,1	-0,1	0,1	0,0	-0,3	0,3	-0,4	0,1	0,2	0,0	0,6	-0,1	0,0	-0,1	-0,5	-0,6	-0,3
32	-0,8	-0,9	-0,1	0,0	-0,3	-0,2	0,0	0,2	0,1	0,2	-0,2	0,1	0,1	0,5	0,3	0,3	-0,6	-0,5	0,0	-0,1
33	-0,5	-0,7	-0,3	0,2	0,2	-0,4	0,1	0,2	-0,6	0,0	0,0	0,1	-0,1	-0,3	0,3	0,3	-0,5	-0,6	0,2	-0,2
34	-0,5	-0,8	-0,1	0,4	0,0	-0,2	0,3	-0,2	-0,5	-0,5	0,2	0,3	-0,2	-0,1	0,4	0,3	-0,7	-0,5	0,3	-0,1
35	-0,2	-0,3	0,4	0,4	0,2	-0,1	0,4	-0,4	-0,2	-0,4	0,0	0,4	-0,2	-0,1	0,2	0,5	-0,4	-0,2	0,3	0,0
36	0,3	-0,1	0,3	0,3	0,1	-0,1	0,1	0,1	0,3	-0,3	0,0	0,1	-0,4	0,3	0,1	0,2	-0,1	-0,1	0,2	0,0
37	0,1	-0,1	0,0	-0,2	-0,2	0,1	-0,1	0,5	-0,1	-0,2	0,0	0,2	-0,2	0,3	-0,1	-0,1	0,2	0,1	-0,1	0,0
38	-0,1	0,6	-0,2	-0,3	-0,1	0,0	-0,1	-0,2	0,1	0,5	0,2	-0,3	0,3	0,2	-0,3	0,1	0,5	0,4	-0,1	0,0
39	-0,3	0,0	0,0	-0,1	0,1	-0,2	0,0	-0,2	-0,6	0,3	-0,1	-0,7	0,2	-0,1	0,2	0,3	0,6	0,5	-0,1	0,1
40	-0,8	-0,7	-0,2	-0,3	-0,1	-0,2	-0,4	-0,8	0,0	0,1	-0,1	-0,5	-0,3	-0,2	0,1	0,4	0,0	0,1	-0,2	0,2
41	-0,7	-0,7	-0,3	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,5	-0,1	0,1	0,0	-0,5	-0,6	-0,4	0,2	0,3	-0,1	0,0	-0,2	-0,2
42	-0,8	-0,8	-0,6	-0,2	-0,3	-0,5	-0,4	-0,6	-0,1	-0,4	-0,2	-0,4	-0,3	-0,1	-0,1	0,0	0,4	0,5	-0,1	-0,3
43	-0,5	-0,5	-0,4	0,2	-0,1	-0,1	-0,2	0,8	0,6	0,4	-0,2	0,1	0,4	0,8	0,6	0,5	0,8	2,9	1,1	0,9
44	-1,2	-0,9	-0,7	-0,1	-0,3	-0,2	-0,5	0,2	0,0	-0,1	-1,2	-0,2	0,1	0,4	0,6	0,4	1,0	1,6	0,8	0,7

Após a validação dos modelos foram espacializados os valores de temperatura do ar absoluta e a ilha de calor atmosférica em Coari. Nos modelos construídos para as coletas das 7h as principais variáveis usadas foram a distância do centro que apresentou significativa correlação em 6 dos 7 modelos. O relevo foi importante em 5, o NDVI em apenas 3 dos 7 modelos. O NDVI é uma das variáveis que geralmente possuem maior correlação com a temperatura (Amorim, et al., 2015; Rampazzo, 2019; Dorigon, 2019; Araújo, 2021), porém, em Coari essa correlação não foi constatada em todos os modelos o que pode ser explicado pelos baixos valores de NDVI na área construída e elevados valores nas áreas de florestas considerando que devido a forma como foram definidos os pontos de coleta de temperatura esta não abrangeu áreas totalmente cobertas por floresta o que limitou o estabelecimento de uma correlação importante, os valores dos coeficientes de correlação e determinação parciais estão no apêndice B e C.

Em relação as classes de LCZs as que se mostraram relevantes na modelagem incluem a zona 2 presente em 5 modelos, 9 presente em 5 modelos, 3 em 4 modelos, 3B em apenas 1 modelo e A que apresentou boa correlação em 6 dos 7 modelos. As equações de cada dia podem ser consultadas no apêndice A.

A prancha 6 apresenta a temperatura do ar modelada a partir da coleta no horário das 7h, observa-se um predomínio de temperaturas no intervalo de 27 °C a 29 °C com a área de maior adensamento construtivo sendo a com maiores valores de temperatura em todos os dias.

Prancha 6 – Temperatura do ar modelada em Coari de 17 a 23 de setembro às 7h



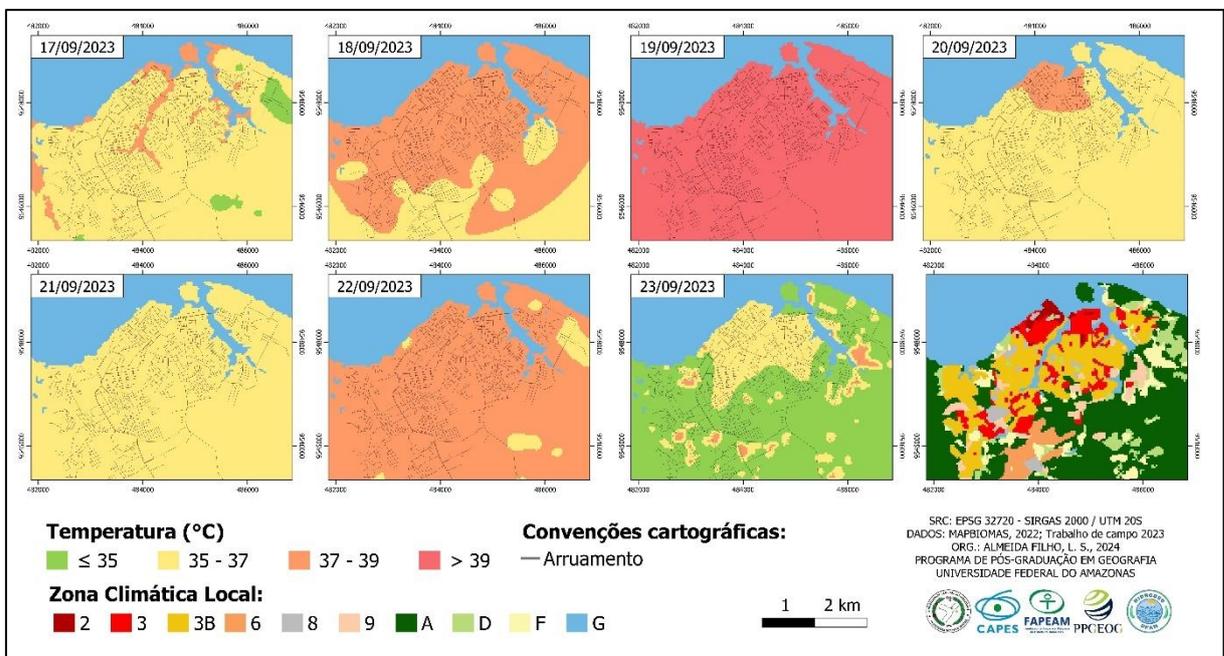
Fonte: Almeida Filho (2023)

A representação espacial temperatura do ar em Coari no horário das 13h indica um predomínio de intervalos entre 35 °C e 37 °C, com dias apresentando considerável homogeneidade de amplitude térmica. Devido o horário da coleta da tarde ser o de maior aquecimento da atmosfera verifica-se uma distribuição da temperatura que não apresentou um padrão ao longo dos dias, sendo os valores registrados resultado da configuração espacial das variáveis usadas na modelagem, como a distância do centro, o relevo e as LCZs.

As variáveis significativas para os modelos das 13h incluem a distância do centro contribuindo com boa correlação em 3 equações e as classes de zonas climáticas 6, 9 e F presentes em 1 equação cada, as LCZs 3 e D cada uma sendo importantes em 2 equações cada e por fim as zonas 2, 3B, 8 e A com significativa correlação em 3 modelos cada. É importante destacar que para este horário variáveis como o NDVI e o relevo não apresentaram coeficientes de determinação com significância estatística nas correlações parciais com a temperatura do ar.

O dia 19/09 foi o mais aquecido pela sucessão de três dias com pouca precipitação pluvial e pela atuação de um sistema atmosférico que confere um tempo estável. A área central da cidade apresentou-se com as temperaturas mais elevadas em relação ao entorno em todos os dias coletados, conforme a prancha 7.

Prancha 7 – Temperatura do ar modelada em Coari de 17 a 23 de setembro às 13h



Fonte: Almeida Filho (2023)

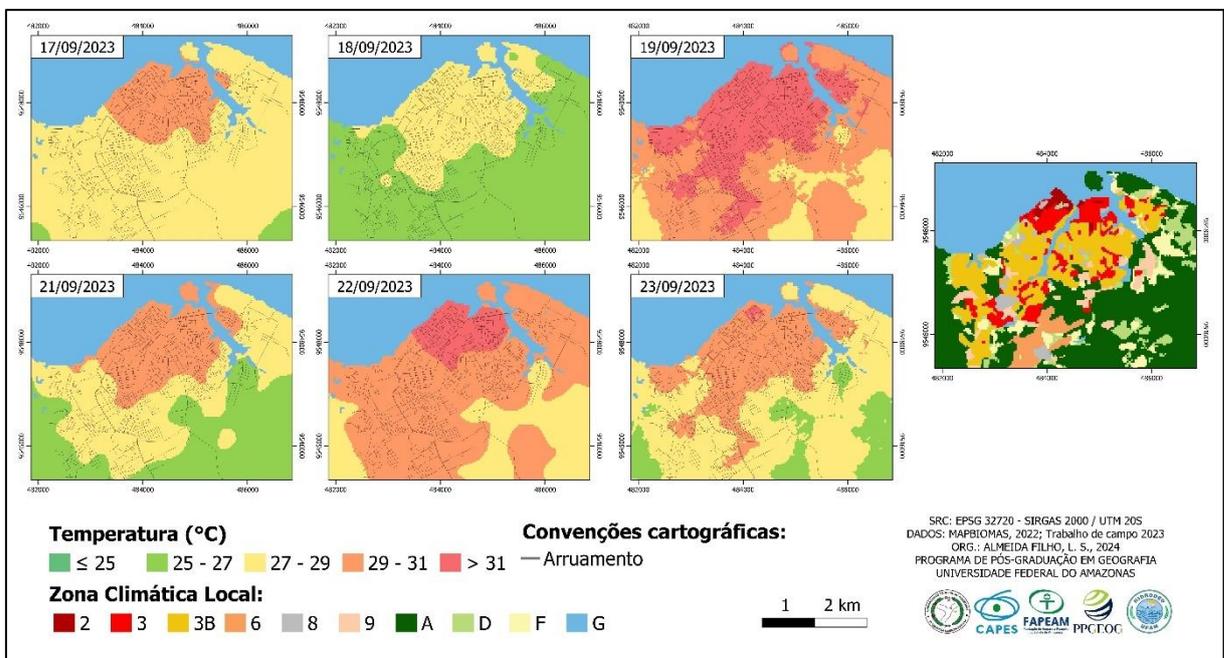
Para a coleta das 20h as variáveis distância do centro e LCZ A apresentaram boa correlação em todos os modelos. A zona climática F apareceu apenas em 1 equação, a LCZ 2

apresentou correlação em 3 modelos, enquanto a zona 3 em 4 modelos e a zona 9 foi importante em 5 dos 6 modelos. O NDVI foi importante em 2 equações.

A prancha 8 é representativo da coleta do horário noturno, período em que ocorre o máximo de diferença de temperatura uma vez que a radiação solar absorvida pelos materiais construtivos se mantém por mais tempo pela emissão lenta do calor para atmosfera, diferente do que ocorre com as áreas vegetadas. A variação da temperatura do ar em função da área construída ficou bem marcada nas coletas realizadas em Coari. No comparativo visual da temperatura do ar com a distribuição das LCZs nota-se que as zonas com características como o alto adensamento construtivo em lotes compactos com pouca ou nenhuma vegetação de porte arbóreo foram as que apresentaram maiores valores de temperatura do ar.

As áreas florestadas próximas foram as que apresentaram menores valores de temperatura. Observa-se também a influência dos sistemas atmosféricos pela ausência do dado do dia 20/09 pela ocorrência de chuva na data, também porque o dia 19/09 apresenta maiores valores de temperatura o que não implica necessariamente em maior intensidade da ilha de calor atmosférica, conforme será constatado nas pranchas de intensidades. Os dias 21/09 e 23/09 foram os que marcaram maior intervalo de amplitude de temperatura do ar em Coari.

Prancha 8 – Temperatura do ar modelada em Coari de 17 a 23 de setembro às 20h



Fonte: Almeida Filho (2023)

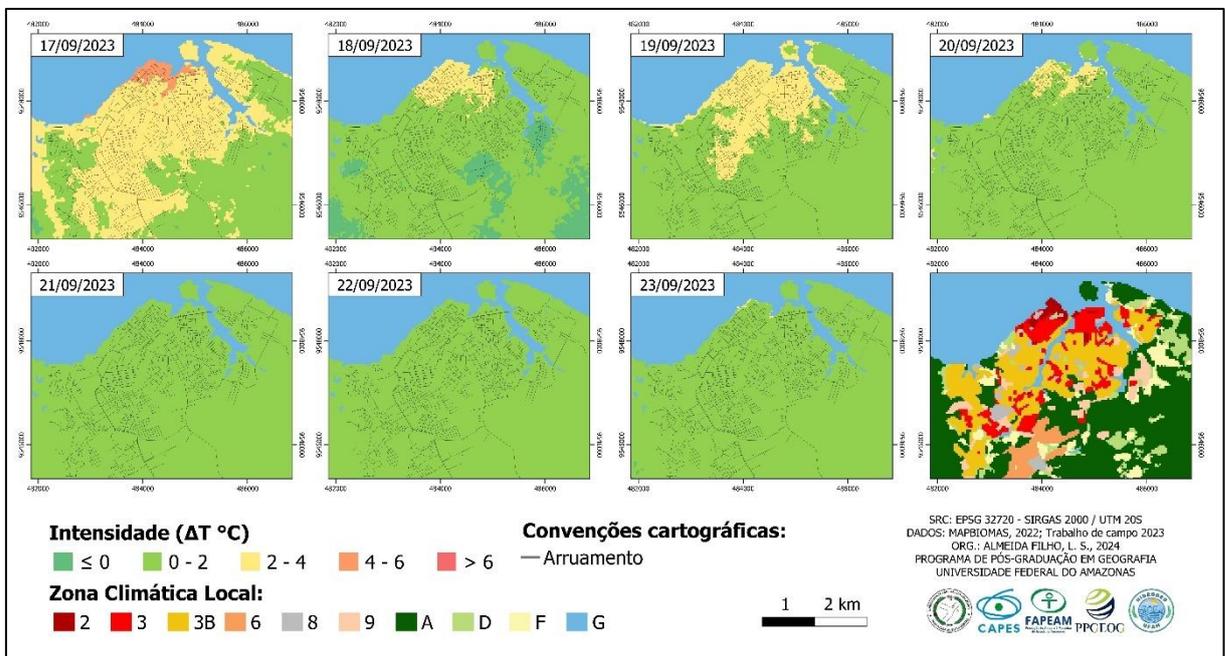
O comportamento da temperatura do ar na área urbana de Coari apresentou relação com a dinâmica atmosférica, uma vez que a ocorrência de chuva proveniente da atuação de

Complexos Convectivos de Mesoescala no dia 18 e dia 20 contribuíram para a atenuação da ilha de calor atmosférica em Coari.

As pranchas de intensidade foram elaboradas com base na diferença entre a temperatura média observada na área vegetada no entorno do ponto 7, usado como referência para a intensidade das ilhas de calor e as demais temperaturas registradas. No geral, observou-se um predomínio de diferença no intervalo de 0 a 2 °C nos três horários.

As magnitudes das ilhas de calor modeladas no horário das 7h foram predominantemente moderadas com diferenças máximas chegando a 2 °C, nos dias 21/09, 22/09 e 23/09. O dia 17/09 às 7h foi o que apresentou maior intensidade com diferenças na classe de magnitude forte no centro da cidade área marcada pela cobertura da terra de LCZ 2, com alto adensamento construtivo, compacto de média elevação, as demais áreas construídas apresentaram nesse dia magnitude moderada. Nos dias 18/09, 19/09 e 20/09 as condições atmosféricas associadas as características do sítio utilizadas na modelagem revelaram magnitude da ilha de calor de grau moderado no norte da cidade, marcado por elevado adensamento construtivo com lotes compactos, conforme a prancha 9.

Prancha 9 – Intensidade da Ilha de Calor em Coari de 17 a 23 de setembro às 7h

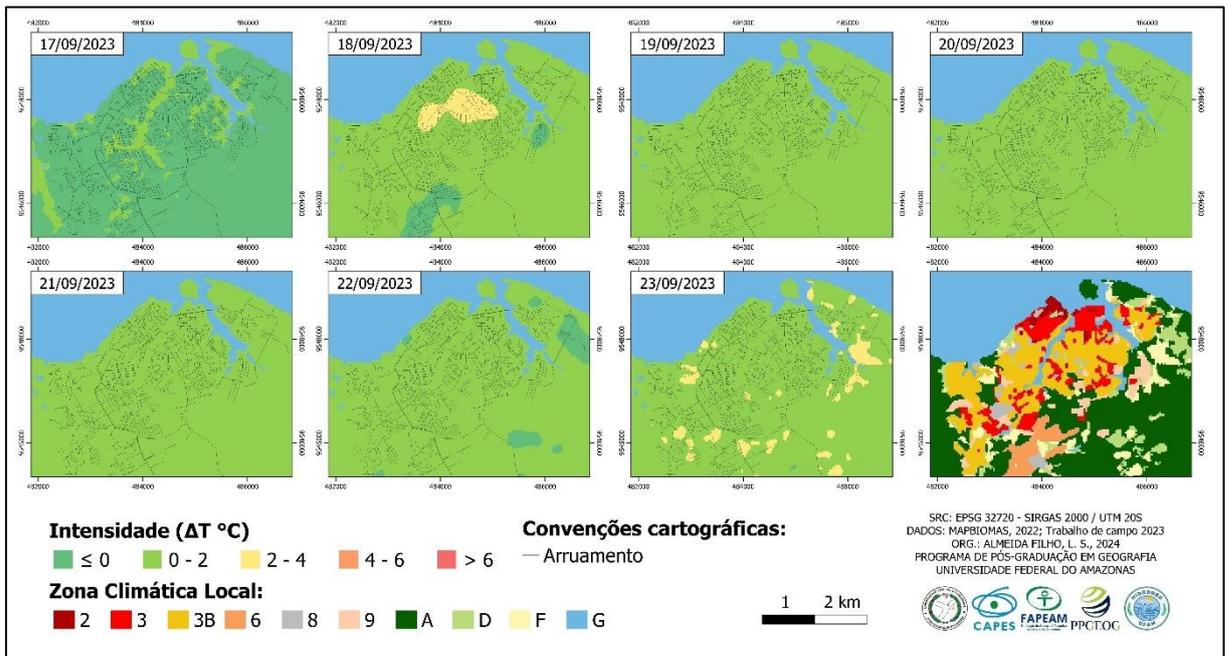


Fonte: Almeida Filho (2023)

Devido no horário da tarde a atmosfera estar com o ar mais aquecido as diferenças de temperatura são pouco significativas. A intensidade da ilha de calor modelada para o horário das 13h demonstrou certa homogeneidade das classes de intensidade, com os dias 18 e 22/09 apresentando a ocorrência de ilhas de frescor a sul e leste da área urbana de Coari.

O mapa de intensidade do dia 17/09 foi modelado com o menor coeficiente de determinação global (0,19), devido a isso é o modelo que menos explica a realidade da ilha de calor urbana em Coari no horário coletado, uma vez que as áreas com menor altitude aparecem com maior temperatura e a cidade registra ilha de frescor (Prancha 10).

Prancha 10 – Intensidade da Ilha de Calor em Coari de 17 a 23 de setembro às 7h



Fonte: Almeida Filho (2023)

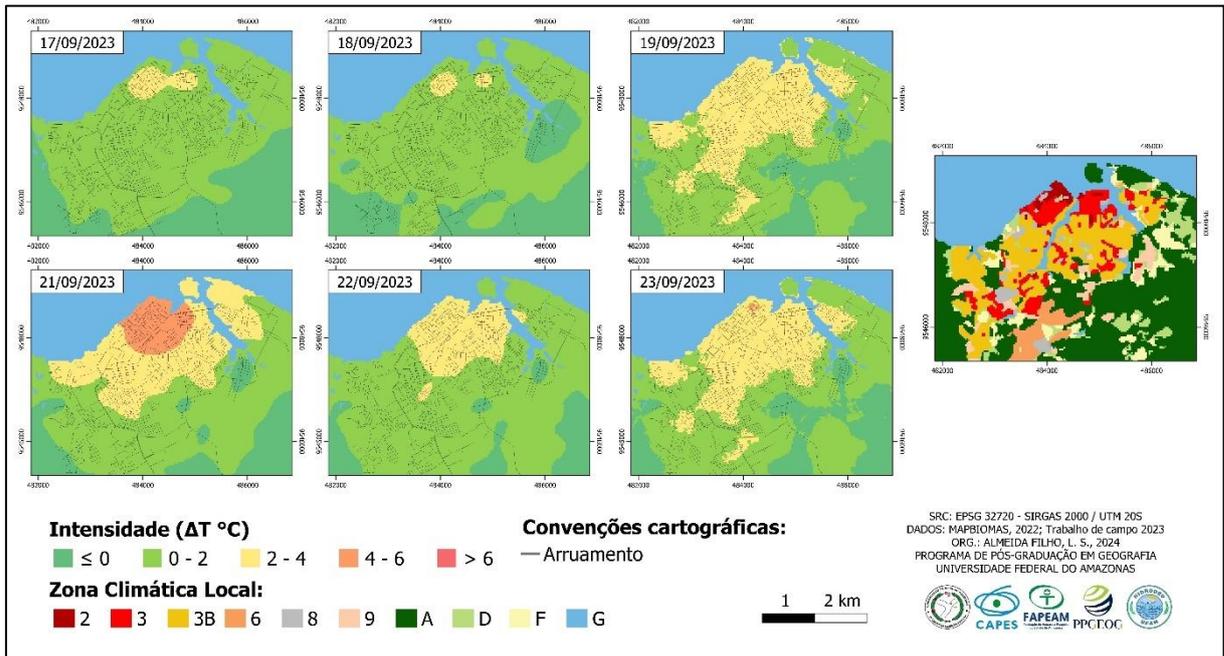
Em Coari no dia 21/09 às 20h foi registrado episódio com ilha de calor de forte magnitude, a maior diferença aferida entre os dias de coleta, com área do centro da cidade registrando diferenças nas classes de 4 °C a 6 °C de temperatura.

É importante destacar que no dia 20/09 houve a ocorrência de precipitação pluvial a noite, fator que não impediu o registro de maior intensidade na noite do dia seguinte, o que pode ser explicado pelo horário da chuva que foi a noite. Nos demais horários de coleta do dia 21/09 a chuva afetou para homogeneização das intensidades.

A modelagem das 20h permitiu ainda verificar um padrão de distribuição da ilha de calor em Coari fortemente orientado pela geometria da cidade, em que as áreas com LCZs do tipo 2, 3 e 3B são as que geralmente apresentam maiores valores de temperaturas do ar.

Nos dias 19/09, 22/09 e 23/09 as intensidades da ilha de calor modelada esteve dentro do intervalo de diferença que vai de 2 °C a 4 °C. Na prancha 11 são especializadas as intensidades da ilha de calor em Coari às 20h, considerado o horário em que se registra a maior diferença entre a temperatura da área construída com o rural/periurbano próximo.

Prancha 11 – Intensidade da Ilha de Calor em Coari de 17 a 23 de setembro às 20h

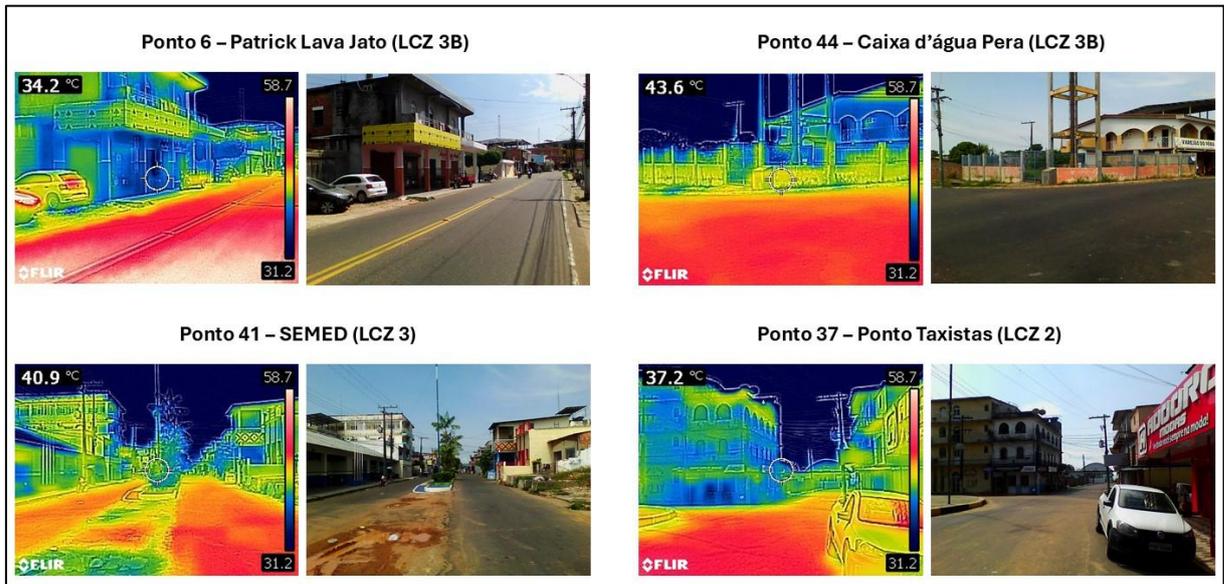


Fonte: Almeida Filho (2023)

De acordo com Sant'Anna Neto (2011) os materiais construtivos são os principais responsáveis pelo calor produzido no interior e no entorno das edificações, propriedades físicas como o baixo albedo e a baixa emissividade dos principais materiais usados são os fatores que levam a elevadas temperaturas do ar no ambiente urbano. Partindo do pressuposto que o espaço urbano é construído pela lógica de reprodução capitalista, este não produz um sistema que respeita as condições ambientais e naturais dos lugares, o que é ainda mais sério se considerarmos que a população de baixa renda não consegue adquirir materiais adequados e vivem nas áreas de pior qualidade ambiental e de infraestrutura.

A figura 22 organiza um mosaico com pontos representativos de zonas climáticas localizadas no centro da cidade de Coari, a norte da malha urbana. As fotografias foram tomadas às 13h do dia 23/09 o que explica a alta temperatura dos alvos registradas principalmente do asfalto que pelo seu baixo valor de albedo possui elevada difusidade térmica o que colabora para a alta absorção da radiação solar (Oke, 1987; Gartland, 2010). É importante destacar que a exposição de materiais ao efeito de sombra colaborou para registro de temperaturas amenas como no caso do ponto 6 e 37 e o contrário ocorreu para os edificadados do ponto 41.

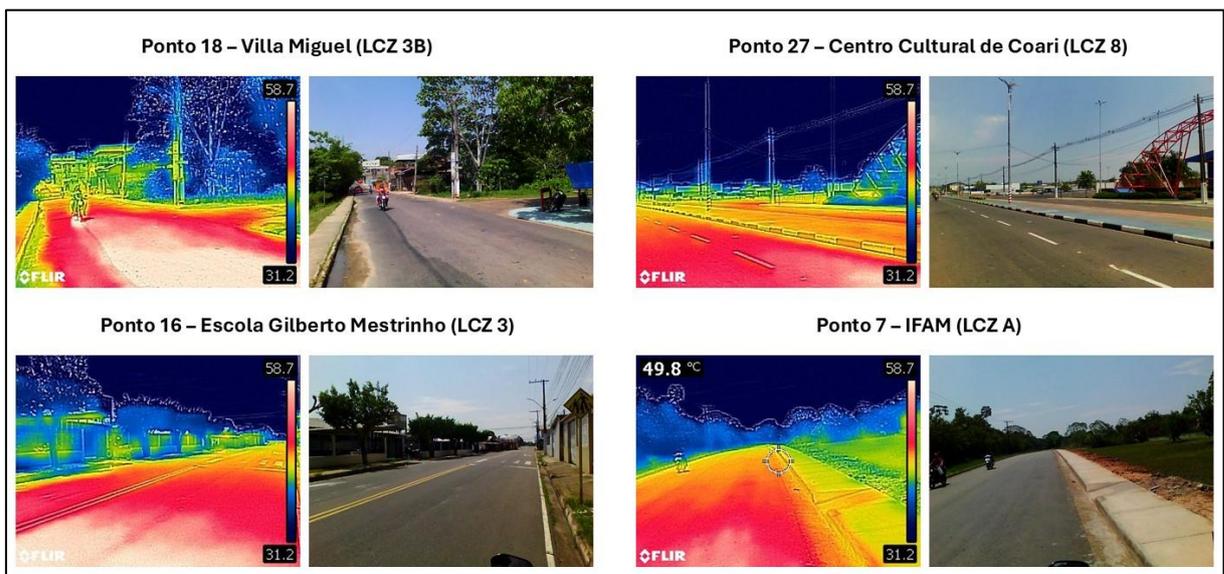
Figura 22 – Fotografias térmicas em pontos de coleta tomadas às 13h do dia 22/09



Fonte: Almeida Filho (2023)

A figura 23 traz um mosaico com pontos representativos de áreas localizadas mais afastadas do centro, incluindo o ponto 7 que é representativo do periurbano tomado como ponto 0 para medição das intensidades da ilha de calor. As fotografias foram tomadas no horário das 13h o que explica os elevados valores de temperatura dos alvos como o asfalto, com 58,7 °C. Nas imagens é possível verificar a baixa temperatura na vegetação das fotografias dos ponto 7, 16 e 18, variando por volta dos 32 °C.

Figura 23 – Fotografias térmicas em pontos de coleta tomadas às 13h do dia 22/09

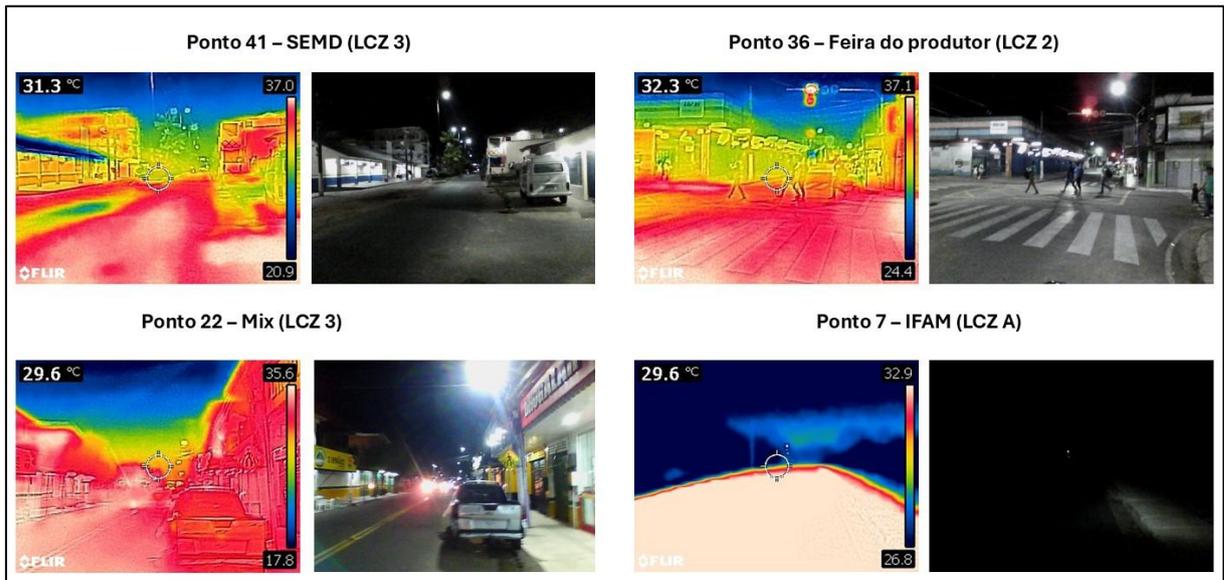


Fonte: Almeida Filho (2023)

Na figura 24 são organizadas fotografias térmicas tomadas às 20h do dia 23/09 nas quais as imagens infravermelho mostram elevadas temperaturas dos alvos como o asfalto e as

construções, chegando a atingir 37,1 °C no ponto 36. Enquanto no ponto 7 esse valor é 32,9 °C com a área vegetada apresentando temperaturas em torno dos 26,8 °C. As fotografias tomadas a noite são importantes exemplos de como os materiais construtivos empregados nas construções afetam a temperatura do ar no ambiente urbano, favorecendo para a ocorrência e intensidade da ilha de calor.

Figura 24 – Fotografias térmicas em pontos de coleta tomadas às 20h do dia 22/09



Fonte: Almeida Filho (2023)

A tabela 15 apresenta os valores utilizados para tomadas de decisão dos modelos utilizados para a umidade relativa do ar. Observa-se que o F calculado na Anova a partir dos modelos de regressão são maiores do que o F de significância, demonstrando que se pode refutar a hipótese nula para todos os modelos com significância estatística a 95%, o que valida que pelo menos uma das variáveis independentes consideradas possui relação com a distribuição da umidade relativa do ar em Coari.

A partir do coeficiente de determinação global (R^2) dos modelos é possível destacar que as equações geradas para o horário da tarde, assim como nos modelos da temperatura do ar, foram as que menos explicaram a variação da variável dependente, ou seja, a distribuição da ilha seca em Coari no horário da tarde pode ser explicada principalmente por outros fatores que os modelos não abrangeram.

Destaca-se que no horário noturno os modelos explicam melhor parte da variação da umidade relativa sendo apenas a equação do dia 17/09 a que apresentou menor coeficiente de determinação global e chegando a 85% no caso do dia 18/09. No período da manhã o menor coeficiente foi de 0,24 com o restante variando acima dos 50% o que permite uma avaliação

importante da umidade relativa do ar em Coari a partir das variáveis independentes consideradas.

Tabela 15 – Valores de F para validação dos modelos de umidade relativa do ar

	Data	F	F de significância	R ² ajustado
7h	17/09/2023	10,71	0,023	0,59
	18/09/2023	15,59	0,026	0,59
	19/09/2023	12,30	0,025	0,58
	20/09/2023	25,75	0,024	0,78
	21/09/2023	19,32	0,024	0,73
	22/09/2023	5,09	0,028	0,24
	23/09/2023	9,53	0,024	0,56
13h	17/09/2023	2,75	0,026	0,16
	18/09/2023	3,09	0,025	0,18
	19/09/2023	3,89	0,025	0,23
	20/09/2023	6,24	0,026	0,34
	21/09/2023	7,39	0,032	0,25
	22/09/2023	4,56	0,026	0,27
	23/09/2023	5,30	0,029	0,25
20h	17/09/2023	20,93	0,033	0,49
	18/09/2023	41,11	0,027	0,85
	19/09/2023	15,77	0,025	0,64
	20/09/2023	-	-	-
	21/09/2023	58,70	0,033	0,73
	22/09/2023	15,85	0,027	0,64
	23/09/2023	17,10	0,027	0,70

Os resíduos para a umidade relativa do ar também foram divididos em três classes que representam se o valor modelado subestimou, aproximou ou superestimou quando comparado com as medidas móveis de umidade relativa do ar, conforme a tabela 16.

Tabela 16 – Classificação dos resíduos gerados para os modelos de temperatura do ar

Diferença observada	Interpretação	Cor
< - 1 %	Subestimou	29,1%
Entre - 1 % e 1 %	Aproximou	39,7%
> 1 %	Superestimou	31,3%

Fonte: Baseado em Dorigon (2019) e Araújo (2021)

Os resultados nos colocam que os resíduos para a umidade relativa do ar nos três horários são os seguintes: em 256 coletas o valor modelado subestimou o aferido, em 275 superestimaram e em 349 aproximaram-se da medida de campo, o que representa 29,1%, 31,3% e 39,7%, respectivamente. Na tabela 17 é possível verificar a distribuição dos resíduos para a umidade relativa do ar, demonstrando que em todos os modelos houve desvios positivos e negativos.

É importante destacar que os modelos do horário noturno foram os que mais superestimaram e o matutino foi o que apresentou melhor aproximação dos valores medidos,

no período da tarde os modelos apresentaram maioria dos valores modelados dentro da faixa de aproximação.

Tabela 17 – Resíduos gerados nos modelos de umidade relativa do ar em Coari em %

Ponto	7h						13h						20h							
	17	18	19	20	21	22	23	17	18	19	20	21	22	23	17	18	19	21	22	23
1	0,1	-1,5	0,0	0,8	0,8	-6,8	0,1	-3,3	-8,3	-7,4	-4,9	-6,4	-5,7	-7,6	3,4	-0,5	-2,7	-2,5	-2,3	3,6
2	-1,2	-0,8	-1,4	0,5	0,4	-7,4	-1,0	-2,5	-7,3	-6,7	-5,5	-6,4	-5,5	-7,2	2,3	-1,2	-2,7	-2,2	-2,3	4,2
3	0,1	-0,4	-0,9	0,0	1,0	-5,8	-0,8	-1,6	-5,1	-6,4	-3,9	-6,0	-3,0	-3,2	2,9	-0,1	-2,8	-0,1	-0,3	5,8
4	1,1	1,0	-0,4	1,2	1,5	-3,7	0,3	-1,8	-3,4	-5,4	-4,0	-4,5	-3,6	-4,0	5,3	1,4	-2,0	1,7	0,7	7,0
5	2,4	1,0	0,1	1,0	1,4	-3,6	1,1	-1,7	-2,3	-4,1	-2,8	-4,3	-3,3	-3,0	5,1	2,0	-0,3	1,7	1,3	7,0
6	1,9	1,2	-0,1	0,9	1,3	-3,9	0,6	-1,1	-1,0	-3,1	-2,0	-4,6	-3,5	-2,3	-0,4	1,6	1,0	3,7	0,4	6,8
7	-0,4	-0,8	0,3	-0,9	0,4	-2,1	-1,2	-1,3	-0,3	-2,2	-1,5	-1,2	-1,3	-2,3	1,3	0,6	-0,5	-0,1	-1,3	4,9
8	-0,2	-0,3	0,2	0,1	0,6	-2,3	0,6	-1,3	0,4	0,9	-0,5	0,4	0,5	-1,1	0,2	1,4	0,4	-1,4	1,4	6,6
9	-0,9	-0,5	-0,2	0,0	-0,7	-1,1	-0,5	-1,2	-0,3	-1,8	-0,9	-2,8	-1,8	-3,2	0,1	0,4	0,2	0,5	-1,0	6,1
10	-0,9	-2,7	-0,7	-0,6	-1,2	-1,3	-0,9	-0,5	0,5	-1,2	-0,4	-0,5	-0,4	-1,5	-0,7	0,1	-2,7	-2,9	-2,0	4,9
11	-1,5	-4,9	-1,6	-1,3	-1,2	-2,7	-2,4	-0,3	0,8	-1,4	-1,4	-1,8	-0,1	-0,7	-1,0	-1,5	-3,9	-5,2	-3,6	3,2
12	-1,9	-5,3	-0,9	-0,8	-1,0	-1,6	-2,7	0,1	0,6	-1,1	-1,1	-0,2	-0,2	-1,1	-0,9	-1,5	-3,6	-5,7	-3,7	2,8
13	-2,2	-4,2	-0,5	-1,5	-1,0	-0,9	-2,1	-0,8	1,3	-0,4	-0,2	0,0	0,1	-0,9	-1,1	-1,0	-3,7	-5,4	-3,0	2,9
14	-2,7	-3,4	-0,7	-0,7	-1,3	-1,4	-1,6	-0,7	0,6	0,1	0,3	-0,8	0,0	-0,8	-1,5	-1,7	-3,8	-3,8	-3,5	2,3
15	-2,3	-1,7	-0,3	-0,4	-1,1	-0,8	-1,1	0,2	1,9	0,6	-0,2	0,9	1,8	1,0	-1,5	0,1	-1,9	-1,8	-1,3	4,4
16	-2,4	-2,0	-0,5	-0,6	-1,2	-0,8	-0,7	1,4	2,7	3,5	0,5	3,6	2,4	3,4	-2,1	-0,2	-0,8	-1,8	-0,2	5,2
17	-2,3	-1,4	-0,8	-0,8	-1,3	0,2	-1,1	1,0	2,5	3,3	0,5	2,2	2,7	2,3	-1,5	-0,5	-0,5	-1,3	-1,3	4,8
18	-1,9	-1,8	-0,8	-1,0	-0,6	-2,0	-2,0	-0,5	0,9	-1,2	-2,0	-1,3	-1,2	-1,8	-2,2	-1,7	-0,7	-3,6	-2,7	1,9
19	-2,4	-4,5	-0,9	-1,8	-1,1	-0,2	-1,8	0,0	2,1	0,5	-0,2	2,7	2,1	3,1	-1,4	-0,2	-1,6	-4,1	-1,6	4,5
20	-2,1	-3,3	-0,2	-0,7	-0,9	-0,1	-1,7	0,8	1,9	0,4	-1,2	1,7	2,6	2,6	-1,6	0,4	-1,6	-0,4	-1,1	4,7
21	-0,7	-0,5	0,2	-1,1	-0,3	0,4	0,0	1,4	3,2	3,1	-0,7	3,8	4,5	4,4	-0,3	1,4	0,0	2,9	-0,1	5,4
22	-2,6	-1,6	-0,9	-0,6	0,0	0,8	-1,3	-0,5	-3,2	-1,2	-1,7	-1,0	-2,9	-0,3	1,9	-0,2	-0,8	-0,5	-0,1	6,1
23	-1,4	-1,7	-1,5	0,0	-0,1	1,4	-0,1	-0,5	-2,1	-1,2	-0,3	-0,2	-0,2	2,8	1,0	0,4	-2,2	-2,3	0,2	4,9
24	-0,5	0,5	-0,7	-0,7	-1,5	2,3	-0,7	0,8	-1,7	-0,4	-0,3	3,3	2,0	4,6	-0,9	-1,0	2,0	0,3	1,9	7,3
25	-0,6	1,6	0,3	-0,7	-1,0	1,3	0,4	-1,3	-0,8	-1,1	-0,4	-0,1	0,2	2,2	-1,4	-0,5	1,8	-0,1	1,6	7,6
26	0,6	2,8	0,7	0,1	0,3	0,6	2,0	0,2	-1,1	1,6	-0,8	0,8	-0,1	-0,4	-1,3	0,4	2,5	2,4	2,3	8,1
27	-0,3	3,0	0,9	-0,4	0,3	2,4	1,2	0,1	-1,3	3,7	-0,1	0,5	-0,9	-1,6	-0,1	-1,3	0,4	2,0	1,0	6,9
28	0,5	2,9	1,0	-0,1	-0,7	4,1	2,0	-0,6	-0,7	3,9	1,1	0,1	-0,3	0,8	0,1	-2,3	1,5	5,0	1,6	8,0
29	3,7	5,1	1,8	1,1	0,1	3,7	3,5	-0,3	1,7	1,3	0,7	1,6	0,3	2,2	0,6	1,2	1,7	9,2	3,5	9,3
30	2,8	3,9	2,3	0,4	-0,5	4,3	2,7	-0,8	1,0	0,0	1,4	2,0	-0,4	1,6	0,4	-0,7	2,8	6,7	3,2	8,6
31	0,6	0,8	0,6	-0,3	0,1	3,6	1,5	-2,7	2,0	0,7	0,2	-1,0	-0,6	-3,3	1,2	-0,6	4,4	5,2	1,7	8,6
32	1,4	1,8	0,1	-0,3	-0,1	3,6	1,2	-0,4	2,1	2,8	1,5	1,7	1,8	0,2	-0,3	0,8	2,9	3,3	1,4	7,2
33	-0,4	1,5	0,7	-0,7	-0,7	3,2	0,5	-1,9	2,4	2,1	2,0	1,3	1,7	0,5	-0,6	0,3	3,6	3,7	0,7	7,1
34	-1,8	0,9	1,3	-1,8	-1,0	2,7	-0,1	-0,5	2,7	4,6	1,5	3,9	4,0	4,5	-2,9	0,0	3,3	3,1	1,8	7,4
35	-3,5	-0,5	0,7	-1,4	-1,6	2,3	-1,3	0,2	1,0	2,2	-0,1	1,2	0,9	1,3	-2,8	-1,6	1,3	2,1	1,0	6,9
36	-3,1	0,2	0,8	-1,0	-1,2	0,2	-0,8	1,1	-0,4	-1,4	-1,4	-0,9	-0,7	0,0	-0,5	-1,6	-0,3	1,2	0,4	5,6
37	-2,0	1,8	-0,8	-0,5	-0,5	-0,1	-0,2	-0,1	-1,2	-2,0	-1,9	-0,2	-0,6	-0,2	0,5	0,1	-0,9	0,3	0,5	5,5
38	0,1	1,6	-0,9	0,3	0,3	0,1	0,6	-0,1	-1,2	-1,8	-1,7	-0,2	-0,6	-0,2	0,2	0,9	-0,9	-0,7	1,5	6,5
39	-0,1	-2,7	-0,2	-0,9	0,1	-0,3	0,8	0,8	1,8	-0,2	0,4	-0,4	-0,3	0,5	0,4	0,5	0,5	-0,9	1,6	7,3
40	2,4	-0,2	-1,2	-1,2	-1,2	2,2	1,4	1,7	2,2	2,7	1,9	4,6	2,7	4,8	-2,2	0,7	3,4	-0,5	2,8	8,8
41	1,6	0,0	1,5	-0,2	-1,2	1,5	0,5	1,2	0,6	2,0	1,0	2,6	2,0	3,0	-1,6	0,4	2,4	0,3	0,7	7,5
42	2,0	2,0	1,9	0,5	-0,4	1,9	1,2	0,8	1,2	2,1	1,4	3,2	2,1	1,7	-1,2	1,5	1,8	-0,7	-0,1	6,9
43	2,7	-0,5	0,5	1,7	1,7	2,3	2,1	-0,1	1,0	0,6	0,6	-0,9	0,1	-1,4	-1,9	0,8	1,8	-4,1	-1,1	5,5
44	4,7	0,7	1,0	1,2	1,3	3,4	2,0	-0,9	2,6	0,9	2,7	3,6	2,8	0,7	-1,7	2,4	1,1	-3,3	-0,8	5,4

A amplitude máxima dos resíduos para a umidade relativa do ar foi de 17,6%, variando entre -8,3% e 9,3%. Os pontos do 1 ao 9, caracterizados por serem principalmente de LCZ do tipo 3 e 3B foram os que mais apresentaram valores de umidade subestimados. Já do ponto 29 ao 44 apresentaram maioria dos valores superestimados, também caracterizados em sua maioria por estarem em zonas climáticas do tipo 2, 3 e 3B. No geral a maioria dos valores estiveram dentro da margem de aproximação o que aponta para uma importante qualidade nos dados,

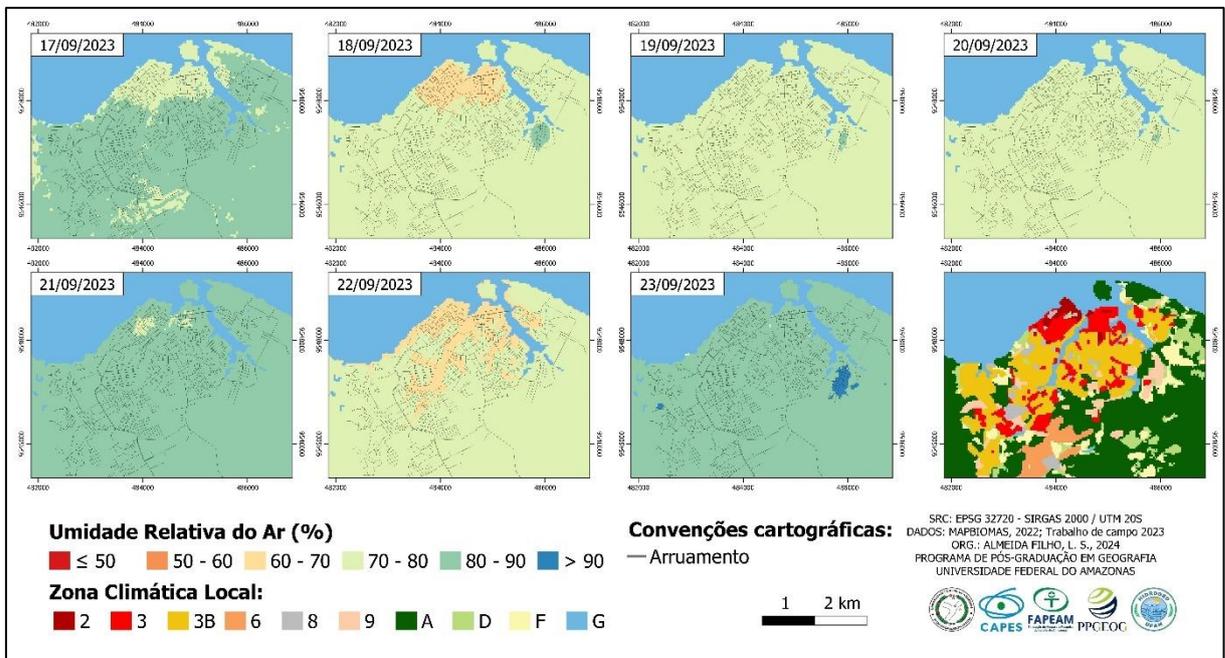
também a quantidade significativa de desvios podem indicar que seja preciso considerar outros aspectos geoambientais na modelagem.

Nos modelos do horário da 7h da manhã as variáveis que apresentaram melhores correlações foram o relevo que está presente em seis dos sete modelos, a distância do centro presente em 3, as LCZs 3 e 2 presentes em quatro e dois modelos, respectivamente. Além de outras em menor expressão como as LCZs 8, 9, F e A, também o NDVI que apresentou melhor correlação apenas no modelo do dia 17/09.

A umidade relativa do ar é uma variável que apresenta comportamento semelhante e inverso ao da temperatura do ar, ou seja, quanto maior a temperatura do ar menor será a umidade relativa. Nos episódios das 7h analisados foi possível observar certa homogeneidade da classe de umidade relativa do ar absoluta estando na maioria dos dias entre 70% e 80%, nos dias 17/09, 21/09 e 23/09 os valores modelados estiveram entre 80% e 90% dado que pode ser explicado pela ocorrência de chuva nos dias anteriores.

Nos dias 17/09, 18/09 e 22/09 a área do centro apresentou os menores valores de umidade relativa do ar em relação ao entorno, chegando a registrar nos dois últimos dias valores na classe 60% e 70%, conforme a prancha 12.

Prancha 12 – Umidade Relativa do Ar modelada em Coari de 17 a 23 de setembro às 7h



Fonte: Almeida Filho (2023)

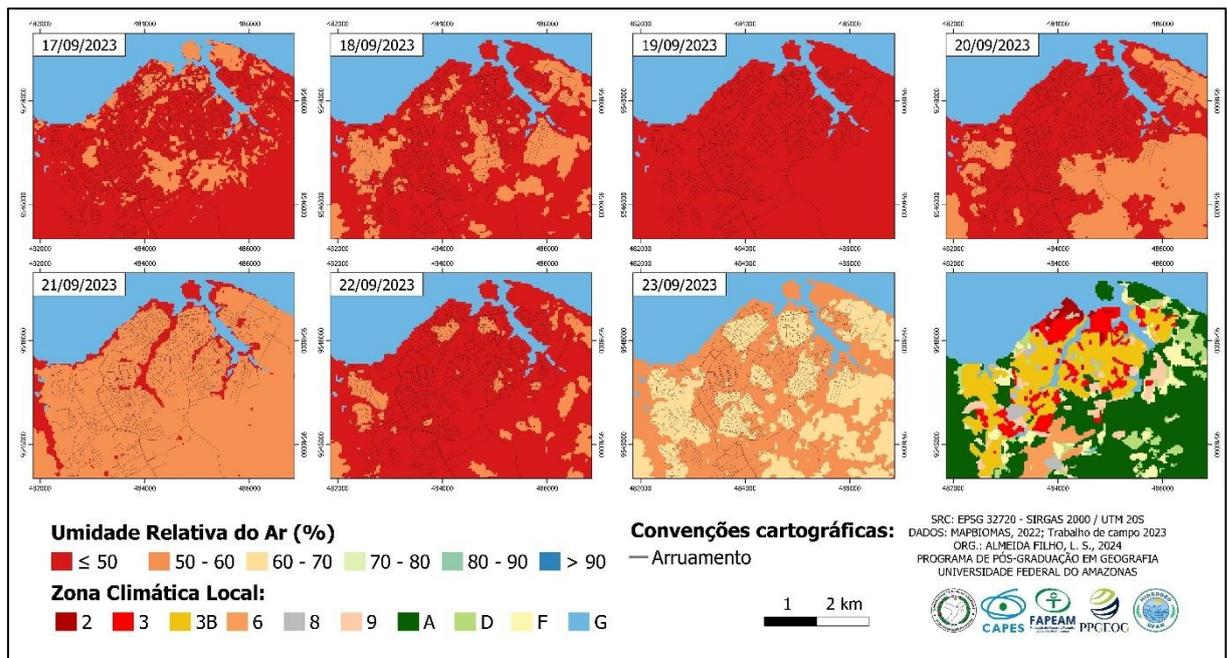
Para os modelos das 13h o relevo apresentou boa correlação em 6 modelos, a distância do centro aparece em 3 modelos e o NDVI que foi importante apenas no modelo do dia 17/09.

Em relação as classes de cobertura as LCZ que fizeram parte das equações incluem a LCZ 9 e LCZ 3B presentes em 1 modelo cada. LCZ 8, LCZ A e LCZ F presentes em 2 modelos cada, a LCZ 2 que esteve em 3 modelos. Por fim, a LCZ 3 que apresentou correlação em 4 modelos.

Às 13h os modelos foram os que apresentaram menor coeficiente de determinação global, portanto, são os que menos conseguem explicar a variação da umidade relativa do ar em Coari a partir das variáveis independentes usadas.

É possível observar que no horário, a classe predominante de umidade é de valores menores que 50%. Os modelos com melhor R^2 ajustado foram os que melhor representaram a variação da umidade (dia 20/09 e o dia 22/09), demonstrando o papel das áreas vegetadas ou com vegetação para manutenção da umidade relativa do ar, de acordo com a prancha 13.

Prancha 13 – Umidade Relativa do Ar modelada em Coari de 17 a 23 de setembro às 13h



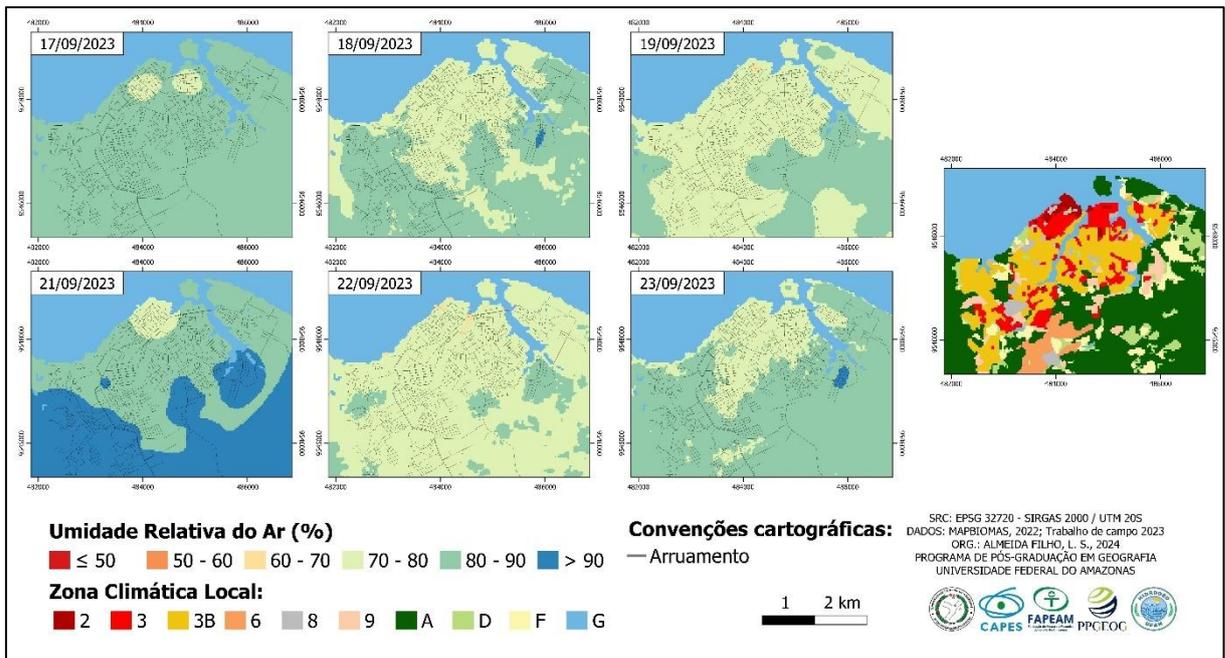
Fonte: Almeida Filho (2023)

Nos modelos das 20h o dado de distância do centro esteve em todas as equações, o relevo e o NDVI estiveram presente em 3 modelos. As zonas climáticas que apresentaram melhores valores de correlação com os modelos das 20h foram LCZ 3 que apresentou bom coeficiente de correlação em 2 modelos. A LCZ 2 presente em 3 modelos, a LCZ A fez parte de 4 equações e a LCZ 9 presente em 5 das 6 equações geradas para modelagem das 20h. As equações utilizadas para modelagem podem ser acessadas nos apêndices.

Para o horário das 20h as equações dão conta da representação do comportamento da umidade relativa do ar pelos melhores R^2 ajustado demonstrando uma associação das áreas

representativas de classes de LCZs de elevado adensamento construtivo com os valores mais baixos de umidade relativa e as áreas vegetadas com os valores mais elevados. A ocorrência de chuva nos dias 17/09 e 20/09 favoreceu para a diminuição da extensão das áreas menos úmidas enquanto as condições de tempo estáveis no demais dias contribuíram para aumento da temperatura nas áreas construídas e consequente diminuição dos valores de umidade relativa do ar, conforme a prancha 14.

Prancha 14 – Umidade Relativa do Ar modelada em Coari de 17 a 23 de setembro às 20h

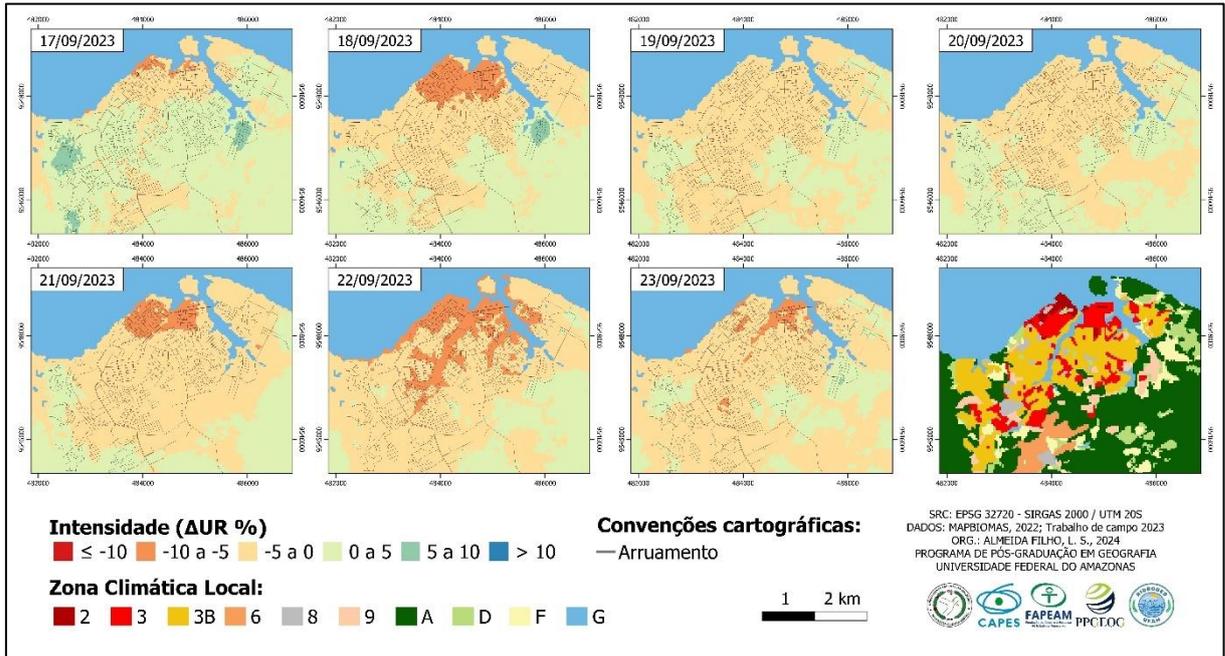


Fonte: Almeida Filho (2023)

As diferenças da umidade relativa do ar registradas para o horário das 7h da manhã demonstram que as ilhas secas com valores no intervalo de -10% a -5%, concentram-se na área do centro, observadas nos dias 18/09, 21/09 e 22/09, essas áreas são características do mapeamento das zonas climáticas 2 e 3 com pouca ou nenhuma vegetação de porte arbóreo.

Predomina em Coari valores de umidade relativa com diferenças na classe de -5% a 0% em relação ao ponto usado como referência, esse intervalo ocorre por toda a área construída. Já nas áreas vegetadas circunvizinhas ao urbano o intervalo de diferença é da ordem de 0% a 5% demonstrando que a modelagem da ilha seca no horário da manhã apresenta potencial explicativo da distribuição da variável em Coari. Na prancha 15 é possível verificar a variação nos dias coletados, observa-se uma diferença maior da umidade nos dias 17/09 e 18/09 com áreas registrando umidade com diferença positiva de 5% a 10%. Nos dias 19/09 e 20/09 a umidade apresentou certa homogeneidade na classe de diferença.

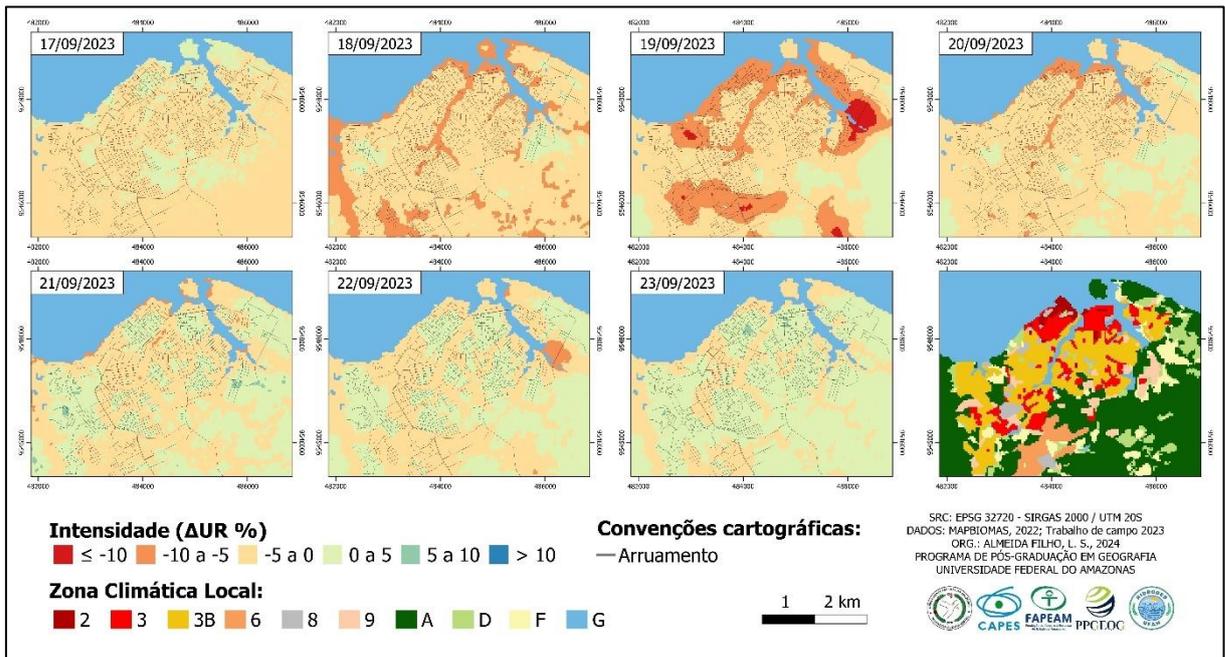
Prancha 15 – Diferença da UR em Coari de 17 a 23 de setembro às 7h



Fonte: Almeida Filho (2023)

Para o horário das 13h os modelos gerados demonstraram um padrão da ilha seca orientado pelo relevo e classes de cobertura. Os dias 18/09, 19/09 e 20/09 foram os dias que registraram as maiores diferenças entre o ponto referência e as demais áreas, chegando a registrar a classe com diferenças menores que -10%. Nos demais dias predominaram diferenças entre -5% e 5%, conforme mapas da prancha 16.

Prancha 16 – Diferença da UR em Coari de 17 a 23 de setembro às 13h

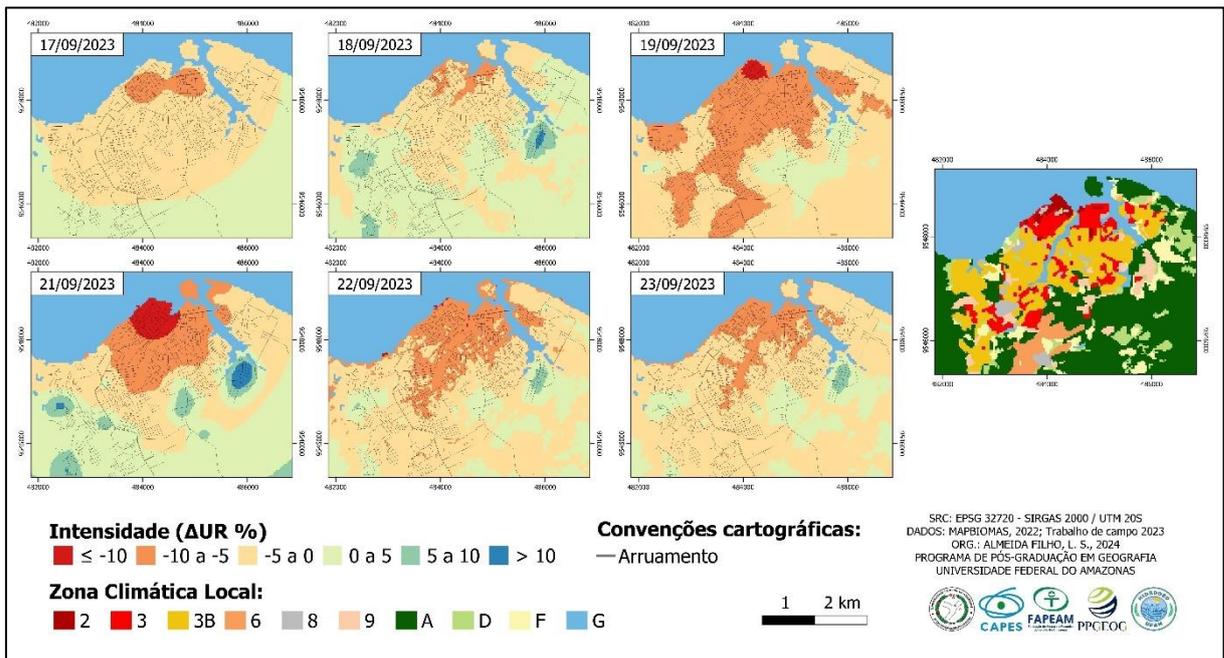


Fonte: Almeida Filho (2023)

No horário noturno as ilhas secas apresentaram um padrão semelhante ao da ilha de calor, tendo em vista que as variáveis estão relacionadas pelo comportamento físico da umidade relativa do ar em relação a temperatura do ar. No dia 21/09 tem-se a ocorrência do máximo de diferença entre todos os episódios registrando amplitude dentre de todas as classes de diferença, sendo a área do centro, característica de LCZ 2 e 3 a mais seca em relação as demais, também se destaca a ocorrência de ilhas de umidade na porção leste e sudoeste da cidade, em zonas climáticas do tipo 9 e A.

Na prancha 17 está espacializada o comportamento da umidade relativa do ar em função das variáveis usadas na modelagem e dos tipos de tempo que atuaram em Coari nas datas dos episódios considerados. É possível verificar um padrão de predomínio de diferenças na ordem -10% a -5% na área mais densamente construída e diferenças entre -5% e 0% nas demais áreas da cidade. Nas áreas vegetadas, predominam as classes de diferença entre 0% e maiores que 10% em áreas mapeadas principalmente como LCZ A.

Prancha 17 – Diferença da UR em Coari de 17 a 23 de setembro às 20h



Fonte: Almeida Filho (2023)

8 ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS

8.1 Zonas Climáticas Locais no Brasil

As investigações sobre clima urbano são voltadas principalmente para identificação, diagnóstico e descrição de fenômenos como as ilhas de calor. A contribuição de Monteiro (1975) com o paradigma do sistema clima urbano impulsionou metodologias e aplicações em cidades de diferentes tamanhos e dinâmicas, demonstrando que mesmo em cidades médias e pequenas há a constituição de um clima específico relacionado com a urbanização.

Comparar os estudos já realizados permite a compreensão da contribuição das áreas urbanas em problemas como a mudança climática, o que por sua vez orienta o desenvolvimento de políticas de adaptação baseadas na estrutura da paisagem, deixando claro a importância da heterogeneidade das cidades, seja pelo tamanho, pela cultura e pelo contexto social e macro climático (Stewart; Oke, 2012).

Os estudos de clima urbano geralmente analisam a temperatura do ar da cidade e estabelecem de forma geral a relação da cobertura da terra com o aumento da intensidade das ilhas de calor urbanas, sem abordar as especificidades da paisagem de cada cidade, as LCZs aparecem como alternativa que ao mesmo tempo em se propõe a superar a dicotomia subjetiva entre rural e urbano também contribui para desvelar a heterogeneidade da paisagem nas suas diferentes unidades que compõem um todo que não é homogêneo.

Assim, o objetivo deste tópico é apresentar como vem sendo aplicado o modelo teórico das Zonas Climáticas Locais de Stewart e Oke (2012) em cidades brasileiras por meio de uma revisão sistemática, que tem como finalidade responder a indagação referente ao emprego da metodologia das zonas climáticas locais em estudos no Brasil, quais tamanhos de cidades são analisado e apontar quais as principais adaptações feitas na metodologia para possibilitar aplicabilidade dos procedimentos em cidades brasileiras, a lista com os artigos selecionados para amostra pode ser acessada no apêndice D.

Os resultados demonstram que o uso das Zonas climáticas Locais em estudos no Brasil tem sido aplicado principalmente nas regiões Sudeste, Sul, Centro-Oeste e Nordeste em cidades de porte grande e médio a exemplo de São Paulo, Viçosa, Balneário Camboriú, Cuiabá, São José do Rio Preto e Presidente Prudente. Essa concentração nas regiões Sudeste e Sul refletem o desenvolvimento desigual da pesquisa no Brasil que concentra os centros nacionais consolidados de pesquisa nessas regiões, com a maior disponibilidade de programas de pós-graduação e financiamento para a pesquisa, fruto de um processo histórico relacionado a

dinâmica socioeconômica. No entanto, a menor disponibilidade de centros de pesquisas e programas de pós-graduação na região Norte, reflete a evolução assimétrica da pesquisa e pós-graduação no Brasil e se relaciona a escassez de estudos sobre as ZCLs (Guimarães; Brito; Santos, 2020).

Em todos os estudos foram empregadas outras metodologias consolidadas em investigações sobre clima urbano para espacialização da temperatura do ar como a coleta de dados de variáveis climáticas em pontos fixos (Masiero; Souza, 2014; Anjos, et al., 2020; Cardoso; Amorim, 2021; Teixeira e Amorim, 2022; Hoppe, 2022), transectos móveis (Cardoso; Amorim, 2018; Pinton, et al., 2021; Megda; Masiero, 2021; Writzl, et al, 2022) e produtos de sensoriamento remoto (Pellegatti, et al., 2019; Pacifi, et al., 2019; Schwandner, 2019; Ferreira; Ugeda Junior, 2020; Pereira, 2021; Zambonato, et al., 2021; Ferreira, et al., 2021).

A principal forma de mapear as LCZ observada no levantamento foi por meio do software desenvolvido no âmbito do projeto *WUDAPT* que utiliza o aplicativo denominado *LCZ generator* para mapeamento simplificado em três etapas das zonas climáticas locais em qualquer cidade do mundo. O aplicativo é baseado na proposta metodológica de Stewart e Oke (2012) e contribui para a formação de uma base de dados de paisagens urbanas baseadas em estudos microclimáticos o que facilita a acessibilidade e divulgação de mapas (Demuzere, et al., 2021). O resultado do processamento é um mapa de classificação da cobertura da terra baseada nas zonas climáticas locais.

A abordagem do *WUDAPT* foi utilizada principalmente para mapeamento em cidades grandes e regiões metropolitanas. Para cidades menores é a classificação por meio da interpretação de imagens de satélites que se mostrou mais empregada. Cardoso e Amorim (2018) e Pinton et al. (2021) definiram as classes de potenciais LCZ a partir da malha urbana que foi dividida a partir das quadras e o reconhecimento da diversidade paisagística feito a partir da imagem de satélite foi validado em campo.

No conjunto dos estudos analisados as variáveis que foram investigadas incluem o fator de visão do céu e temperatura de superfície (Masiero; Souza, 2014; Pacifici, et al., 2019; Megda; Masiero, 2021; Pereira, et al., 2021; Hoppe, et al., 2022; Writzl, et al., 2022) para definição e caracterização das classes de LCZ. Outras variáveis foram consideradas como complemento para interpretação mais abrangente do clima urbano através do emprego de índices como os de conforto térmico (Anjos, et al., 2020; Pereira, et al., 2021; Writzl, et al., 2022), variáveis de ocupação urbana (Zambonato, et al. 2021), dados climatológicos de

superfície (Cardoso e Amorim, 2018; Franco, et al. 2019; Pacifici, 2019) e dados demográficos como renda por setor censitário (Pereira, et al. 2021).

Os principais softwares que foram utilizados nas pesquisas para definição das Zonas Climáticas Locais são o Google Earth, o *LCZ generator*, *RayMan software*, ArcGis e o Qgis. Índices e modelos como o *Physiological Equivalent Temperature comfort index (PET)*, *Universal Thermal Climate Index (UTCI)*, o modelo *SOLar* e o *LongWave Environmental Irradiance Geometry (SOLWEIG)* relacionando temperatura e conforto. O *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*, *Enhanced Vegetation Index (EVI)* e o modelo *Weather Research and Forecasting with Chemistry (WRF/Chem)* estiveram relacionados a análise da vegetação e sua relação com o clima urbano.

A principal fonte de dados foi o sensoriamento remoto presente em 12 artigos dos trabalhos considerados em seguida a produção de dados primários a partir da coleta de dados de temperatura do ar com uso de transectos móveis e pontos fixos. O fator de visão do céu obtido por meio de fotografias com lentes “olho de peixe” e o uso de veículo aéreo não tripulado também foram presentes nos artigos (Megda; Masiero, 2021; Masiero; Souza, 2014; e Franco, et al., 2019).

Em relação ao tamanho das cidades que foram objetos de estudos, o IBGE considera que cidade de porte médio é aquela que possui população entre 100 mil e 500 mil habitantes, segundo critérios demográficos (França, 2007). Dos trabalhos considerados na revisão, 52,9% foram realizados em cidades médias, 35,3% em cidades grandes e 11,8% foram em cidades pequenas, isso ocorre em grande parte devido a importância que as cidades médias têm desempenhado no cenário nacional e por concentrarem a maioria da população brasileira (Amorim, 2000).

É importante destacar que não foram todos os artigos que apresentaram um mapa com as zonas climáticas locais para a área total das cidades, sete artigos apresentam o mapa e dez não o apresentam (Megda; Masiero, 2021).

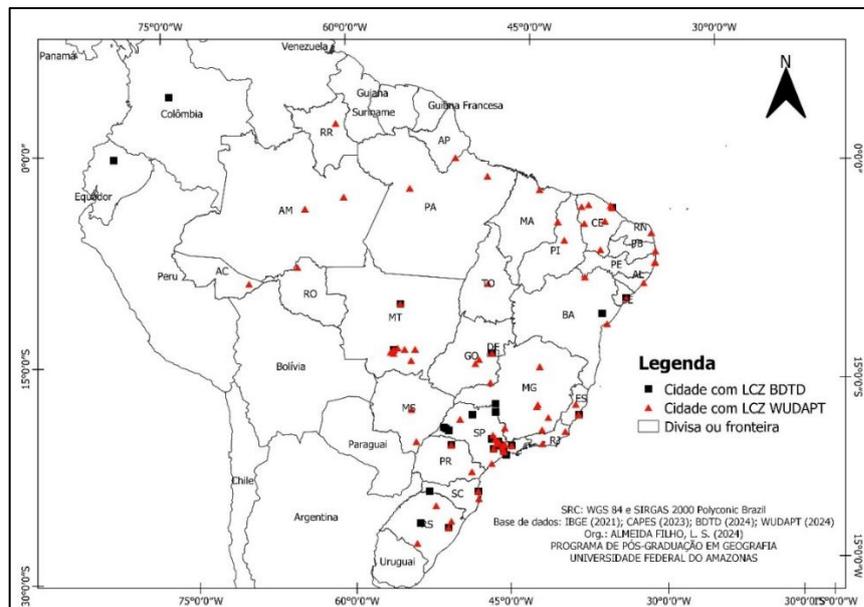
A metodologia de Stewart e Oke (2012) sugere a descrição de propriedades físicas como o fator de visão do céu, proporção do cânion urbano, média da altura das construções, rugosidade do terreno, fração da superfície construída, fração da superfície permeável, fração da superfície impermeável, admitância da superfície, albedo da superfície e fluxo de calor antropogênico.

Ao considerar a metodologia das pesquisas levantadas na revisão, observa-se que nenhum trabalho conseguiu descrever todas as variáveis sugeridas originalmente no sistema de classificação, o que nos coloca que em todos trata-se de potenciais zonas climáticas locais. O principal recurso empenhado para descrição das paisagens analisadas a partir do sistema foi a fotointerpretação de imagem de satélite e produtos de fotogrametria aérea por meio das quais a proporção de área construída, proporção da superfície permeável, proporção da superfície impermeável e relação altura/largura dos cânions urbanos foram os principais aspectos considerados na definição das LCZ.

Uma busca na BDTD a partir do termo “*Local Climate zone*” com a finalidade de verificar as cidades onde já foi aplicado o modelo das LCZs entre 2012 e 2023 retornou que 17 dissertações e 14 teses aplicaram o sistema em alguma cidade do Brasil. A espacialização das áreas de estudo, a partir do recorte temporal selecionado, mostra uma concentração das pesquisas no Sudeste e Sul do Brasil com a região norte sendo a única que não possui qualquer estudo relacionado.

Outro aspecto importante é o emprego da ferramenta *LCZ generator* da WUDAPT que se mostrou importante ferramenta nos estudos relacionados ao clima urbano. A disponibilização das aplicações de forma aberta no portal da organização permitiu verificar as cidades em que a ferramenta foi utilizada individualmente no Brasil. No mapa 3 é possível verificar a distribuição das áreas de estudos de pesquisas realizadas no Brasil e as cidades que constam classificadas por usuários no catálogo da WUDAPT.

Mapa 3 – Áreas de estudo das pesquisas sobre LCZ realizadas no Brasil de 2012 a 2024



Fonte: IBGE (2021); CAPES (2023); BDTD (2024); WUDAPT (2024)

A principal adaptação nos estudos analisados foi a subclassificação de zonas climáticas, principalmente na LCZ do tipo edificado 3 onde são agregadas características da cobertura da superfície como a vegetação arbórea esparsa ou rasteira, classe B e D do sistema de Stewart e Oke (2012).

Entre os principais achados dos artigos analisados estão que a variação das ilhas de calor possui relação com o fator de visão do céu a nível do pedestre e a 60 metros de altura principalmente no inverno (Megda; Masiero, 2021). Cardoso e Amorim (2021) identificaram uma diferença de até 6 °C entre zonas climáticas com diferentes geometrias e coberturas da terra sob condições sinóticas estáveis. Ferreira e Ugeda Júnior (2020) verificaram que a variação da temperatura de superfície varia diurna e sazonalmente em diferentes zonas climáticas do urbano, na estação seca a variação entre zonas edificadas e vegetadas não diferem, já no período chuvoso e durante a noite as zonas edificadas são mais aquecidas.

Stewart e Oke (2012) sugerem também que magnitude da ilha de calor seja aferida pela diferença de temperatura observada entre áreas amostrais das LCZ, uma alternativa ao tradicional ponto urbano e rural/periurbano, essa abordagem também foi presente em alguns estudos levantados na revisão sistemática (Anjos, et al., 2020; Cardoso e Amorim, 2018; Cardoso e Amorim, 2021; Ferreira, et al., 2021).

A partir dos estudos considerados, delimitou-se as LCZ em Coari com a metodologia que melhor contribuísse com a descrição da paisagem na cidade a partir dos elementos que causam interferência no campo termodinâmico da cidade, conforme exposto no tópico 8.2.

8.2 Zonas Climáticas Locais em Coari

Em Coari, as zonas climáticas locais foram mapeadas a partir da interpretação de imagens de satélite que foi validada em campo. Outras abordagens, como a classificação por meio do *LCZ Generator* do WUDAPT, não se mostraram adequadas para Coari devido ao tamanho da cidade, por ser pequena a classificação generalizou em demasia certas zonas não permitindo o entendimento da heterogeneidade da paisagem em Coari.

Dessa forma, neste item são apresentadas as Zonas Climáticas Locais importantes para a compreensão do fenômeno da ilha de calor urbana na cidade e são aquelas que devido a forma de ocupação e dinâmica das atividades humanas contribuem para as alterações no campo termodinâmico da cidade.

A média de temperatura de superfície nas figuras seguintes se refere ao dado registrado pelo satélite Landsat 8 no dia 23 de agosto de 2023, representativa do período sazonal seco. E

a estimativa da temperatura média do ar modelada foi realizada com base na temperatura modelada para o horário noturno entre os dias 17 e 23 de setembro de 2023, por ser o horário crítico para se analisar a constituição da ilha de calor urbana.

A zona climática local 2 é uma área que concentra prédios de comércio e serviços devido à proximidade com o porto da cidade que é o principal meio de acesso ao município. Na zona climática é alto o fluxo de veículos principalmente durante o dia em decorrência das feiras e comércio atacadista na principal avenida do centro (Figura 25).

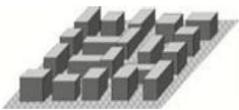
Figura 25 – Áreas representativas da classe 2



Fonte: Almeida Filho (2024)

A zona climática local 2 em Coari é caracterizada por edificações de até 4 pavimentos e representa áreas de ocupação consolidada (Figura 26). O principal bairro é o centro histórico onde se iniciou a ocupação da sede. A presença de vegetação é inexistente na maior parte da zona, sendo observada principalmente no paisagismo empregado na catedral e em trechos de avenidas. Apesar de concentrar as principais atividades econômicas da cidade, as ruas são estreitas o que torna a visão do céu reduzida. É a que apresenta maior média de temperatura do ar modelada.

Figura 26 – Zona Climática Local 2 em Coari

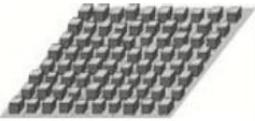
LCZ	Compacta de média elevação		2
Definição			
<p>Forma: construções de média elevação de 3 a 5 pavimentos de altura com pouco ou nenhum espaço para quintal; ruas estreitas e sem um alinhamento definido; a vista do céu é bastante reduzida; os materiais construtivos são pesados de alvenaria com telhados de fibrocimento e zinco. A cobertura da terra é pavimentada com pouca ou nenhuma vegetação arbórea; o fluxo do tráfego é moderado-alto;</p> <p>Função: comercial – com lojas, hotéis, escritórios e prédios institucionais; Localização: no centro histórico da cidade.</p>			
Ilustração			
Visão Oblíqua			
			
Visão lateral			
			
Propriedades		Stewart; Oke (2012)	Coari (2024)
<i>Altura média dos edifícios (metros) ou (baixa, média ou alta)</i>		10 - 25	Média
<i>Fração da superfície construída (%)</i>		40 - 70	49,24
<i>Fração da superfície impermeável (%)</i>		30 - 50	24,24
<i>Fração da superfície permeável (%)</i>		< 20	26,52
<i>Fluxo de tráfego (baixo / médio / alto)</i>		-	Alto
<i>Média da temperatura de superfície (°C)</i>		-	28,37
<i>Média da temperatura do ar modelada às 20h (°C)</i>		-	30,73

Fonte: Stewart e Oke (2012); Google Earth (2023); Almeida Filho (2024).

A LCZ 3 se localiza na porção norte da cidade, na área central. É predominantemente residencial, mas nas principais vias concentra lojas do comércio varejista e o que dá ao tráfego da zona o fluxo alto em certos horários do dia.

É caracterizada por possuir construções de baixa elevação com no máximo 2 pavimentos, construídas em lotes compactos e geminados. As ruas seguem um padrão estreito o que torna a visão do céu reduzida dependendo da posição no relevo. A presença de árvores é escassa, sendo observadas em pouca quantidade nos quintais das residências. Juntamente com a zona 2, são as zonas com maior média de temperatura do ar modelada (Figura 27).

Figura 27 – Zona Climática Local 3 em Coari

LCZ	Compacta de baixa elevação	3	
Definição			
<p>Forma: construções pouco espaçadas ou geminadas de 1 a 2 pavimentos de altura; as ruas são estreitas e sem um padrão alinhado perceptível. A vista do céu é significativamente reduzida; os materiais de construção são pesados de alvenaria com telhados de fibrocimento e zinco, por possuir casas geminadas as paredes se tornam espessas; a cobertura da terra é predominantemente pavimentada e possui pouca ou nenhuma árvore. O fluxo de tráfego é moderado-alto; Função: principalmente residencial de alta densidade; comercial com lojas em todos os segmentos; Localização: centro e periferia da cidade.</p>			
Ilustração			
Visão Oblíqua			
			
Visão lateral			
			
Propriedades		Stewart; Oke (2012)	Coari (2024)
<i>Altura média dos edifícios (metros) ou (baixa, média ou alta)</i>		3 - 10	Baixa
<i>Fração da superfície construída (%)</i>		40 - 70	52,20
<i>Fração da superfície impermeável (%)</i>		20 - 50	26,49
<i>Fração da superfície permeável (%)</i>		< 30	21,31
<i>Fluxo de tráfego (baixo / médio / alto)</i>		-	Alto
<i>Média da temperatura de superfície (°C)</i>		-	28,38
<i>Média da temperatura do ar modelada (°C)</i>		-	30,53

Fonte: Stewart e Oke (2012); Google Earth (2023); Almeida Filho (2024).

A LCZ 3B representa uma subclassificação, uma vez que ao se comparar os intervalos do modelo original (LCZ 3) apenas duas características coincidem: altura das construções e o espaçamento entre as construções. Tendo em vista que grande parte das áreas residenciais da cidade possui padrão construtivo compacto de baixa elevação é que estas foram consideradas como pertencente a LCZ 3, mas devido a presença de aglomerados esparsos de vegetação do tipo arbóreo nos quintais e entre as residências, seja por inaptidão da área para construção ou por interesse dos moradores, é que se classificou como uma subclasse (Figura 28).

Figura 28 – Áreas representativas da classe 3B



Fonte: Almeida Filho (2024)

As propriedades geométricas na figura 29 representam uma interpretação do que seriam as características da LCZ 3B a partir da diferenciação da LCZ3 ideal ou de outras classes de LCZ na proposta matriz (Pinton, et al. 2021). Com isso, temos que a área amostral da subclassificação obteve diferença na temperatura de superfície e temperatura do ar modelada o que ocorre devido a presença da vegetação, a diferença mesmo que pequena demonstra o papel de áreas vegetadas no arrefecimento da temperatura do ar nessas áreas.

De acordo com Ramírez-Aguilar (2019) as aplicações da metodologia das LCZs têm demonstrado que as propriedades geométricas e a cobertura da superfície não correspondem às propostas por Stewart e Oke (2012) em certas variáveis consideradas. Quando os valores das propriedades não coincidem encontra-se dificuldade em classificar de forma adequada as zonas, é dessa forma que a subclassificação pode ser um caminho para expressar melhor as características das áreas consideradas como amostrais.

Figura 29 – Zona Climática Local 3B em Coari

LCZ	Compacta de baixa elevação com vegetação esparsa	3B	
Definição			
<p>Forma: construções pouco espaçadas ou geminadas de 1 a 2 pavimentos de altura; as ruas são estreitas e sem um padrão alinhado perceptível. A vista do céu a partir da rua pode ser reduzida; os materiais de construção são de alvenaria com telhados de fibrocimento e zinco; a cobertura da terra é principalmente pavimentada e se diferencia da LCZ3 por possuir considerável cobertura de vegetação arbórea devido a presença de quintais arborizados por opção do morador ou por ser inapropriada para a construção civil; fluxo de tráfego é moderado-alto; Função: residencial de alta densidade; comercial com lojas em todos os segmentos; Localização: centro e periferia da cidade.</p>			
Ilustração			
Visão Oblíqua			
			
Visão lateral			
			
Propriedades		Stewart; Oke (2012)	Coari (2024)
<i>Altura média dos edifícios (metros) ou (baixa, média ou alta)</i>		3 - 10	Baixa
<i>Fração da superfície construída (%)</i>		< 50	35,57
<i>Fração da superfície impermeável (%)</i>		< 20	16,26
<i>Fração da superfície permeável (%)</i>		> 30	48,17
<i>Fluxo de tráfego (baixo / médio / alto)</i>		-	médio
<i>Média da temperatura de superfície (°C)</i>		-	28,23
<i>Média da temperatura do ar modelada (°C)</i>		-	29,98

Fonte: Stewart e Oke (2012); Google Earth (2023); Almeida Filho (2024)

A LCZ 6 é observada no sudoeste e nordeste da área urbana de Coari, são áreas de ocupação recente se comparadas ao centro e possuem padrão construtivo compacto tomando como base o tamanho dos lotes, são áreas residenciais e os materiais construtivos são aqueles empregados na alvenaria e carpintaria. A vegetação pode ser abundante dependendo da área da cidade e encontra-se dispersa na paisagem (Figura 30).

Figura 30 – Áreas representativas da classe 6



Fonte: Almeida Filho (2024)

As construções são de baixa elevação, com no máximo 2 pavimentos, a vista do céu pode ser reduzida e as casas estão organizadas em grades, como no residencial caracol, nas demais áreas segue um padrão de quarteirões onde as casas estão a uma certa distância uma das outras, conforme a figura 31.

Figura 31 – Zona Climática Local 6 em Coari

LCZ	Aberta de baixa elevação		6
Definição			
<p>Forma: pequenas construções de no máximo 2 pavimentos; separados ou organizados em fileiras em padrão de grade (residencial caracol); a vista do céu a partir da rua pode ser reduzida e os materiais de construção são de alvenaria e madeira com telhados em fibrocimento, cerâmico e zinco; possui vegetação arbórea dispersa e abundante. O fluxo do tráfego é baixo. Função: residencial de baixa densidade; Localização: periferia da cidade e subúrbio, também representam as comunidades rurais do município.</p>			
Ilustração			
Visão Oblíqua			
Visão lateral			
Propriedades	Stewart; Oke (2012)	Coari (2024)	
<i>Altura média dos edifícios (metros) ou (baixa, média ou alta)</i>	3 – 10	baixo	
<i>Fração da superfície construída (%)</i>	20 - 40	18,59	
<i>Fração da superfície impermeável (%)</i>	20 - 50	43,57	
<i>Fração da superfície permeável (%)</i>	30 - 60	37,84	
<i>Fluxo de tráfego (baixo / médio / alto)</i>	-	Baixo	
<i>Média da temperatura de superfície (°C)</i>	-	27,84	
<i>Média da temperatura do ar modelada (°C)</i>	-	28,62	

Fonte: Stewart e Oke (2012); Google Earth (2023); Almeida Filho (2024)

A LCZ 8 representa uma área onde se concentram grandes construções que atendem serviços como lojas do varejo, centro cultural, ginásios e escolas, se localiza a oeste do centro geográfico da cidade. O fluxo do tráfego é moderado e alto, é intenso nos horários da manhã e final da tarde devido as atividades humanas desenvolvidas (Figura 32). As avenidas são largas e possui considerável superfície impermeável, tanto devido as calçadas maiores quanto devido a área pavimentada com asfalto ao lado do centro cultural, ou seja, uma superfície com baixo albedo que intensifica os processos termodinâmicos na área.

Figura 32 – Áreas representativas da classe 8



Fonte: Almeida Filho (2024)

Na LCZ 8 as construções são de baixa elevação construídas em alvenaria e com telhados em zinco, no caso dos galpões das lojas e ginásios, e cerâmicos, no caso das escolas. A presença de vegetação é pouca e são observadas principalmente em quintais das poucas residências próximas e na margem de pequenos leitos d'água (Figura 33).

Figura 33 – Zona Climática Local 8 em Coari

LCZ	Grandes edificações de baixa elevação	8		
Definição				
<p>Forma: edifícios grandes e baixos com no máximo 3 andares separados por extensas superfícies pavimentadas; telhados planos e a vista do céu pode ser reduzida. Os materiais construtivos são de alvenaria e metal, os telhados são principalmente cerâmicos e de zinco. Há pouca presença de vegetação e a cobertura da terra é na maior parte pavimentada. O fluxo do tráfego é moderado-pesado dependendo do horário. Função: Comercial – lojas de departamento; Serviços – escolas, universidade, centro cultural, quartel e secretaria de obras. Localização: Periferia.</p>				
Ilustração				
Visão Obliqua				
Visão lateral				
Propriedades	Stewart; Oke (2012)	Coari (2024)		
<i>Altura média dos edifícios (metros) ou (baixa, média ou alta)</i>	3 - 10	5		
<i>Fração da superfície construída (%)</i>	30 - 50	29,95		
<i>Fração da superfície impermeável (%)</i>	40 - 50	61,09		
<i>Fração da superfície permeável (%)</i>	< 20	8,96		
<i>Fluxo de tráfego (baixo / médio / alto)</i>	-	Médio		
<i>Média da temperatura de superfície (°C)</i>	-	29,21		
<i>Média da temperatura do ar modelada (°C)</i>	-	29,17		

Fonte: Stewart e Oke (2012); Google Earth (2023); Almeida Filho (2024)

A LCZ 9 é representada principalmente por loteamentos residenciais de baixa densidade localizados na área sul e nordeste da cidade de Coari de recente ocupação. A presença de vegetação é abundante e as casas encontram-se dispersas ao longo da paisagem e são construídas principalmente com material pesado de alvenaria. O fluxo do tráfego é baixo por serem áreas residenciais de baixa densidade (Figura 34).

Figura 34 – Zona Climática Local 9 em Coari

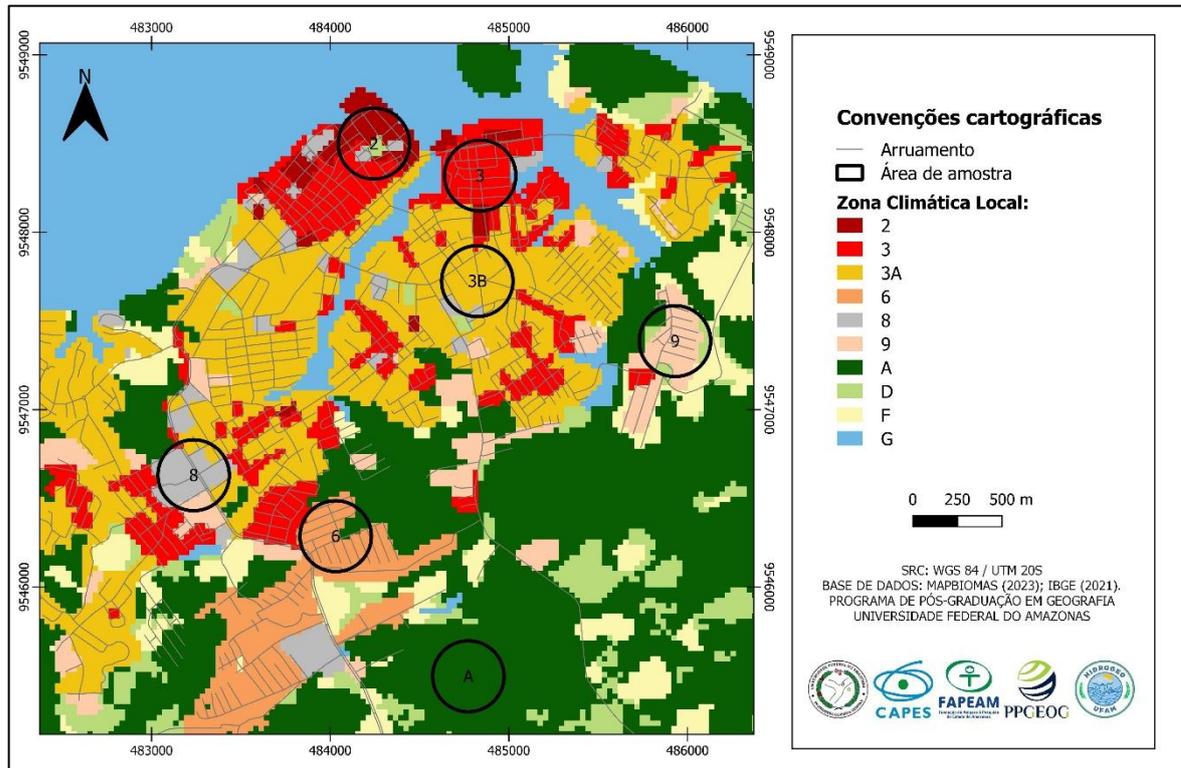
LCZ	Construções esparsas	9
Definição		
<p>Forma: construções de pequena ou média elevação e dimensão, espaçados ao longo da paisagem natural. É possível a vista total do céu a nível do solo e os materiais construtivos são principalmente de alvenaria e os telhados são em fibrocimento e zinco. Possui cobertura vegetal espaçada e abundante. O fluxo de tráfego é baixo. Função: Residencial - com poucas unidades de habitação; Comercial – poucas lojas, as observadas são mercearia e materiais de construção. Localização: Periferia de baixa densidade, recentemente ocupada.</p>		
Ilustração		
Visão Obliqua		
		
		
Visão lateral		
		
		
Propriedades		Stewart; Oke (2012)
<i>Altura média dos edifícios (metros) ou (baixa, média ou alta)</i>		3 - 10
<i>Fração da superfície construída (%)</i>		10 - 20
<i>Fração da superfície impermeável (%)</i>		< 20
<i>Fração da superfície permeável (%)</i>		60 - 80
<i>Fluxo de tráfego (baixo / médio / alto)</i>		-
<i>Média da temperatura de superfície (°C)</i>		-
<i>Média da temperatura do ar modelada (°C)</i>		-
		Coari (2024)
		Baixa
		3,25
		13,90
		82,85
		Baixo
		27,16
		27,32

Fonte: Stewart e Oke (2012); Google Earth (2023); Almeida Filho (2024).

8.3 Propriedades térmicas das zonas climáticas locais de Coari

As propriedades geométricas e termodinâmicas de cada zona climática foram obtidas por meio da ferramenta de estatística zonal no Qgis. A aplicação permite que se obtenha valores máximos, mínimos e as médias dos valores de um raster a partir de um determinado polígono. Dessa forma, foram delimitados os recortes amostrais conforme a proposta de Stewart e Oke (2012) que recomenda uma área de abrangência de cada zona sendo de no mínimo 400 metros de diâmetro. Assim, de acordo com Silva (2020) as áreas amostrais precisam representar essa área de abrangência para que sejam realizadas as estimativas para cada potencial zona climática local, os polígonos delimitados são os que constam no mapa 4.

Mapa 4 – Áreas amostrais para as potenciais Zonas Climáticas Locais em Coari



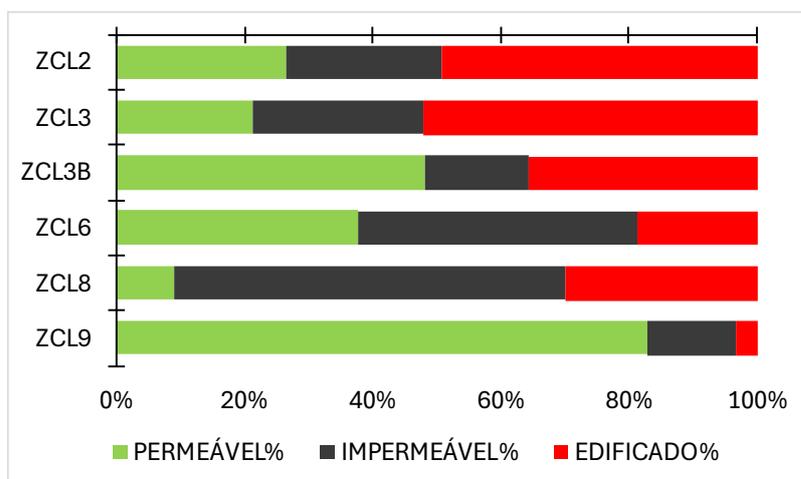
Fonte: Almeida Filho (2024)

A partir dos parâmetros de cobertura da terra, a superfície permeável representa as áreas de vegetação rasteira e solo exposto, já a superfície impermeável contém as ruas, avenidas, calçadas e áreas pavimentadas de estacionamento e a superfície edificada é a área ocupada por construções (Ramiréz-Aguilar, 2019).

As LCZs 2 e 3 são as que apresentam maior proporção de área edificada enquanto a zona 9 é que tem menor porcentagem da área edificada, as LCZs 6 e 8 apresentam as maiores áreas de superfície impermeáveis fator que contribui para a definição do perfil térmico nas áreas em que se apresentam. A zona climática 9 é a zona de morfologia urbana que apresenta maior área de superfície permeável, que são as áreas de vegetação rasteira e arbórea, também possuem áreas permeáveis significativas dentro das que representam a morfologia urbana as LCZs 6 e 3B.

A subclassificação da zona climática 3, quando comparados os valores da cobertura da terra, demonstra a possível influência que a vegetação dos quintais pode causar no campo térmico das áreas em que foram classificadas. No geral, observa-se que as zonas mais distantes da área central são as que apresentam maior proporção da superfície permeável o que aponta para o entendimento do fenômeno da ilha de calor na cidade (Gráfico 5).

Gráfico 5 – Proporção dos parâmetros de cobertura da terra nas LCZs em Coari



Fonte: OSM (2022); IBGE (2021); Planet Team (2023); Open Building (2021)

O comportamento térmico das zonas climáticas demonstra médias de temperatura de 30 °C nas LCZs 2, 3 e 3B que são aquelas com maior proporção de superfícies impermeáveis e edificadas, o que favorece maior absorção de radiação solar e consequente aumento da temperatura média.

As zonas climáticas 6 e 8 apresentaram perfil térmico semelhantes com temperatura média modelada na faixa dos 29 °C, fator que pode ser explicado pelo padrão construtivo espaçados na zona 8 o que favorece maior circulação dos ventos, outro fator como albedo das cores dos materiais podem influenciar para menor absorção de calor nas construções do tipo 8 uma vez que há um predomínio de cores claras.

As zonas climáticas locais 9 e A apresentaram menores médias de temperatura do ar modelada, 27 °C, característica esperada em áreas com predomínio de cobertura permeável, em alguns dias a LCZ 9 apresentou menor temperatura se comparada com a classe de referência A. A diferença máxima observada entre as médias é de 3,4 °C (Tabela 18).

Tabela 18 – Temperatura do ar (°C) modelada nas áreas amostrais de cada LCZ

LCZ	17/set	18/set	19/set	21/set	22/set	23/set	Média
2	29,8	28,2	32,7	30,9	31,8	31,0	30,7
3	29,8	28,3	32,5	30,5	31,5	30,6	30,5
6	28,3	26,8	31,0	28,1	30,1	28,9	28,9
8	28,6	27,0	31,1	28,0	30,2	29,0	29,0
9	28,3	25,8	28,9	25,7	28,7	26,6	27,3
3B	29,1	27,6	32,2	30,1	30,9	30,0	30,0
A	27,2	26,3	28,7	26,1	28,7	26,8	27,3

Fonte: Almeida Filho (2023)

A variação da umidade segue o padrão da temperatura em ordem inversa, enquanto as zonas climáticas de maior adensamento construtivo e menor superfície permeável são as de menor média de umidade relativa do ar modelada, as zonas com maior proporção de superfície permeável ou de padrão construtivo do tipo aberto são as que possuem maior média de umidade relativa do ar modelada.

As LCZs 2, 3 e 3B são as mais secas com média abaixo dos 80%, já as zonas 6, 8 e A são as que apresentam maiores médias, a zona 9 apresentou média superior a LCZ A, fato que pode ser explicado pela proximidade com corpos hídricos e distância do centro, é importante destacar que a zona 9 é de predomínio residencial de baixa densidade e que a ocupação da área é recente. A diferença máxima observada é de 11% entre as médias de umidade relativa do ar das distintas zonas climáticas locais (Tabela 19).

Tabela 19 – Umidade Relativa do ar (%) modelada nas áreas amostrais de cada LCZ

LCZ	17/set	18/set	19/set	21/set	22/set	23/set	Média
2	80	75	71	78	72	77	76
3	79	75	74	81	72	78	77
6	85	81	77	89	76	81	82
8	84	82	77	91	76	82	82
9	85	88	85	93	84	89	87
3B	83	78	75	83	73	79	79
A	86	81	82	91	80	84	84

Fonte: Almeida Filho (2023)

Werneck (2022) ao buscar integrar a classificação das LCZs com dados de sensoriamento remoto termal coloca fatores que podem ser limitantes como a periodicidade e qualidade dos dados que são afetados por mudanças temporais da vegetação, sombreamento e por fatores dinâmicos como atividades humanas. Ao mesmo tempo em que ressalta que o mapeamento termal por meio do sensoriamento remoto possibilita a cobertura espacial completa da cidade.

A temperatura de superfície observada nas LCZs apresentou médias que variaram de acordo com o período sazonal e com a zona correspondente. Na tabela 20 é possível observar que as médias são maiores no período com menos chuva variando entre 25,4 °C e 29,8°C, a imagem representativa para o período é do mês de agosto.

Por outro lado, no período chuvoso ocorre uma diminuição nos valores médios de temperatura de superfície que varia entre 25,3 °C e 29,1 °C, a imagem representativa é do mês de fevereiro. O que se observa é que a diferença entre os períodos sazonais não é significativa,

principalmente porque as imagens são tomadas às 10h da manhã, mas oferecem um indicativo do comportamento da temperatura dos alvos nas distintas zonas.

No geral, a LCZ A apresentou estabilidade nos valores de temperatura de superfície entre os períodos sazonais, a zona 2, 3, 8 e 6 são as que apresentaram maior média de temperatura ao mesmo tempo em que as zonas 3B e A são as que apresentaram menores médias.

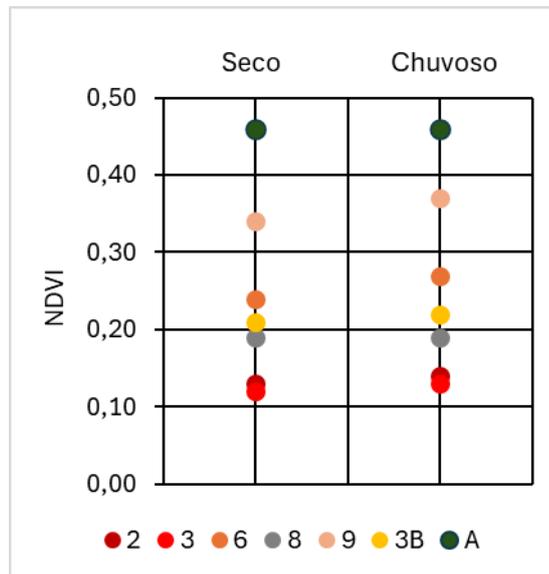
Tabela 20 – Temperatura de superfície a partir das áreas amostrais de cada LCZ

LCZ	Agosto			Fevereiro		
	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média
2	29,5	29,1	29,0	28,2	27,1	27,8
3	29,6	28,3	29,0	29,0	27,3	28,3
3B	29,4	28,2	28,9	28,6	26,9	28,7
6	30,3	27,4	29,7	29,1	28,8	29,1
8	31,4	27,3	29,8	30,9	26,7	27,0
9	29,2	26,5	28,0	27,6	26,0	28,1
A	25,6	25,2	25,4	25,6	25,1	25,3

Fonte: USGS (2023; 2024)

Índices espectrais, como o NDVI, também oferecem importante contribuição para análise do ambiente térmico urbano (Werneck, 2022). Em Coari o NDVI não apresentou variação significativa entre os períodos sazonais nas zonas climáticas locais classificadas. O gráfico 6 apresenta o comportamento da média do índice nas zonas, é possível observar que a zona A é a que apresenta maior índice devido a floresta Amazônica ser de vegetação ombrófila densa e perene. Os menores valores de NDVI foram constatados nas zonas 3, 2 e 8, respectivamente, com as zonas 3B e 6 variando entre 0,20 e 0,30.

Gráfico 6 – NDVI para as LCZs por período sazonal



Fonte: USGS (2023; 2024)

Os resultados da análise do perfil termo-higrométrico da paisagem de Coari a partir das LCZs demonstrou que as classes de zonas com maior proporção de área construída e superfície impermeável são as que apresentem maiores médias de temperatura do ar e de superfície contra as zonas que possuem maior proporção de superfície permeável ou áreas vegetadas, convergindo para resultados encontrados em estudos que aplicam o sistema para a compreensão da ilha de calor em cidades de ambiente tropical (Soeira, 2019; Pinton, et al., 2021; Castro, 2022; Werneck, 2022).

Ferreira (2020) coloca que os processos de aquecimento se acentuam ao passo que a umidade, vegetação e sombra diminuem, sendo, portanto, mais intensos em áreas onde há o predomínio de superfícies impermeabilizadas.

A LCZ 8 apresentou maior temperatura de superfície devido ao padrão e tipo de ocupação. A presença de construções grandes construídas com material pesado e com cobertura de telhados feitos principalmente em zinco associados a pouca cobertura vegetal rasteira ou arbórea favorece para a LCZ 8 ser a mais aquecida (Ferreira, 2020; Castro, 2022).

O mapeamento das classes de cobertura da terra e tipo edificado em Coari, a partir do sistema proposto por Stewart e Oke (2012) demonstrou ser aplicável ao se constatar que as maiores magnitudes de ilha de calor e de ilhas secas são observadas nas áreas caracterizadas como zonas com tipo edificado compacto e com pouca vegetação do tipo arbóreo, convergindo para o mesmo resultado de trabalhos realizados com a mesma finalidade no Brasil.

É importante destacar que estudos aprofundados com mais variáveis, como o albedo de superfície e direção do vento, são necessários para um diagnóstico mais preciso das condições colocadas o que pode oferecer alternativas assertivas no que diz respeito a métodos de intervenção e mitigação da problemática levantada.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cidade de Coari, localizada em tipo climático equatorial com uma dinâmica territorial e social que preserva uma relação íntima com o rio, tem reproduzido uma forma de construção da cidade que é exógena e seletiva, onde as construções são feitas principalmente com materiais inapropriados para o tipo climático e dispostas na paisagem de forma compacta, o que tem dado condições para o desenvolvimento da ilha de calor urbana, tal como observado em outras cidades de mesmo porte ou maior.

O fenômeno da ilha de calor em Coari tem um perfil marcado pela presença de uma área quente e seca na área central próxima ao porto e quanto maior a distância do centro a temperatura do ar tende a ser mais amena e a umidade relativa do ar tende a ser mais próxima do observado no periurbano, principalmente no horário noturno e matutino.

Os resultados do mapeamento da temperatura da superfície indicam que na área urbana de Coari as diferenças entre a temperatura na cidade e no periurbano próximo é maior no período seco, chegando a registrar diferenças de até 10,23 °C entre os alvos na cidade. No período chuvoso os elevados valores de precipitação contribuem para diminuição da diferença devido a maior perda de calor por meio da evaporação em decorrência da maior disponibilidade de água no sistema. No período seco a ilha de calor de forte magnitude se estende por toda a área urbana, por outro lado, no período chuvoso ela se torna mais concentrada na área central e na porção sudoeste da malha urbana.

O NDVI também apresentou diferenças entre os períodos sazonais, porém, não foram significativas. No período chuvoso são registrados maiores valores de NDVI devido a disponibilidade hídrica na atmosfera o que melhora o estado da vegetação, mas por se encontrar na Amazônia no período seco os valores do índice não reduzem de forma significativa no processamento realizado nesta pesquisa.

A análise descritiva da temperatura do ar coletada na cidade mostra que às 20h ocorrem as maiores diferenças da temperatura entre os pontos, chegando a registrar 5,2 °C de intensidade, ou seja, ilha de calor de forte magnitude. Durante a manhã houve o registro de ilhas de frescor e também ilha de calor de moderada magnitude, a tarde a temperatura apresenta padrão mais homogêneo registrando ilhas de calor de moderada magnitude e em alguns dias registrando pontos com ilha de frescor.

A umidade relativa do ar apresenta diferenças que chegaram a 18 % negativos. As maiores diferenças foram registradas no horário da noite e manhã. Predominam medidas nas

classes de 0 a 5 % de diferença. Com os pontos representativos da área densamente construída sendo os mais secos da cidade. A circulação local dos ventos demonstrou um predomínio de ventos de calmaria a brisas leves a partir da classificação da velocidade dos ventos da escala de Beaufort, atingindo velocidade máxima durante as coletas de 2,5 m/s.

A modelagem da ilha de calor demonstrou ser uma importante ferramenta para o entendimento da distribuição do fenômeno na cidade. As equações geradas para a temperatura do ar a noite (horário crítico para estudo do fenômeno da ICU atmosférica) explicaram mais de 70% da variação observada demonstrando o papel das variáveis independentes selecionadas na configuração do campo termo-higrométrico de Coari.

Em relação a umidade relativa do ar, os resultados apontam para a necessidade de se considerar outros fatores para explicação da distribuição da variável que não foram abrangidas nos modelos utilizados o que explica a pouca porcentagem da classe de aproximação das medidas tomadas e das modeladas. Contudo, as diferenças observadas na umidade demonstram que a ilha seca se concentra na área do centro onde há pouca ou nenhuma vegetação de porte arbóreo. Para o horário das 13h, os modelos gerados demonstraram um padrão da umidade relativa do ar que pode ser orientado pelo relevo e classes de cobertura da terra. À noite as ilhas secas apresentaram um padrão semelhante ao da ilha de calor, tendo em vista que as variáveis estão relacionadas pelo comportamento físico de ambas.

A aplicação da modelagem permitiu ainda determinar estatisticamente que a distância do centro e as classes de cobertura influenciam mais o comportamento da temperatura do ar do que variáveis como o NDVI e o relevo. Para a umidade relativa do ar variáveis como o relevo e a distância do centro foram as que mais influenciaram. Importante frisar, para estudos futuros, que variáveis como a distância de corpos hídricos, distância de áreas verdes e direção do vento podem oferecer resultados mais promissores na modelagem estatística.

A revisão sistemática permitiu verificar a distribuição das cidades onde o sistema das LCZ foi aplicado com vistas a compreensão do clima urbano e as ferramentas que têm sido aplicadas no mapeamento. De maneira geral tem se aplicado a fotointerpretação de imagens de satélite e o software do projeto WUDAPT o que tem permitido a criação de uma base dados sobre o campo termodinâmico de cidades pelo país.

O sensoriamento remoto é a principal forma de análise e em todos os trabalhos sobre LCZ e também se verificou que há uma carência do mapeamento das propriedades termiais, radiativas e metabólicas o que ocorre pela limitação e necessidade de equipamentos e

abordagens específicas. Assim, as zonas climáticas locais têm sido delineadas pelas propriedades geométricas e de cobertura da superfície, ou seja, são potenciais zonas climáticas locais. A principal adaptação realizada na metodologia nas pesquisas é a subclassificação das zonas para melhor expressar as características observadas nas cidades brasileiras.

Em Coari, assim como na maioria dos estudos realizados, as LCZs foram mapeadas considerando a proporção da área edificada, a proporção da área permeável, a proporção da área impermeável, altura média dos edifícios e a distribuição das construções na paisagem. Foram identificadas 10 zonas climáticas em Coari, sendo seis do tipo construído e 4 do tipo de cobertura.

Das zonas representativas que causam alteração no clima urbano foram selecionadas 7 áreas amostrais para descrição das características de cada e comportamento da temperatura e umidade relativa do ar nas distintas zonas. As zonas com maior proporção de superfície impermeável e área edificada (LCZ 2, 3 e 3B) foram as que apresentaram maiores médias e valores máximos de temperatura do ar, com diferença máxima entre as zonas de até 3,4 °C, e menores valores médios de umidade relativa do ar, com uma diferença de 11% entre as zonas.

Em relação à temperatura de superfície os valores máximos e médios não apresentam grande variação entre os períodos sazonais com as médias oscilando entre 25,0 °C e 29,0 °C nos dois períodos. As zonas 2, 3, 8 e 6 são as que apresentam maior média de temperatura da superfície, já as zonas 3B e A são as que apresentam menores médias e máximas. O NDVI não apresentou variações significativas entre os períodos sazonais, mas entre as zonas os valores demonstram que as classes 2, 3 e 8 são as que possuem menor índice, abaixo dos 0,20 e a classe de vegetação arbórea é a que apresenta maior índice.

Os resultados desta pesquisa ainda que com limitações (como a falta de medição em pontos fixos, falta de equipamentos para medição da direção do vento, dados de uma estação de superfície sem falhas na área do município e a falta de recursos para campos mais duradouros que permitiriam observações das condições ao longo dos períodos sazonais) foram suficientes para alcançar os objetivos propostos ao evidenciarem não apenas a configuração do fenômeno físico das ilhas de calor urbanas, mas também indicando as possíveis causas atreladas a produção desigual da cidade pautada em um modelo econômico que impõe racionalidade ao espaço, sujeitando os habitantes da cidade, a um contexto climático urbano que pode ser inadequado para o conforto.

Desenvolver estudos voltados para problemas do clima local são importantes quando se pensa em desenvolvimento sustentável e a agenda 2030 tendo em vista que ao se levantar informações das especificidades dos climas urbanos, especialmente nas cidades da Amazônia, contribui-se para medidas que busquem o cumprimento dos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) que possuem relação direta com a cidade e com a população que nela reside como o ODS 11 (Cidades e comunidades sustentáveis), o ODS 13 (Ação contra a mudança global do clima) e o ODS 3 (Saúde e bem-estar).

Entender como a cidade de Coari tem sido organizada, quais são os problemas na sua produção que têm conduzido para um contexto microclimático desfavorável e quais são as ferramentas disponíveis para a população se adaptar contribui para as ações contra a mudança do clima ao permitir uma análise de conjunto, com isso oferecer medidas nas políticas, estratégias e planejamentos em busca da redução de impactos por meio de medidas precoces (Unicef Brasil, 2023).

Para pesquisas futuras é importante considerar mais variáveis do sítio urbano que podem se relacionar com fenômenos do clima urbano, como brisas fluviais ou albedo de superfície. Importância também deve ser dada para revelar quais grupos sociais habitam Coari e como são afetados de maneiras distintas pelas adversidades do clima urbano, especialmente em questões que relacionam saúde, bem estar, renda e acesso a serviços básicos.

10 REFERÊNCIAS

- AGUIAR, F. E. O. **Análise climática da província petrolífera do Rio Urucu (AM)**. Tese (Doutorado em Geografia Física), Universidade de São Paulo, 2002. Disponível: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-31082022-103705/>. Acesso: 26 abr. 2024.
- ALEIXO, N. C. R. **Pelas lentes da climatologia e da saúde pública: doenças hídricas e respiratórias na cidade de Ribeirão Preto/SP**. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2012. Disponível: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/101455>. Acesso: 23 maio 2023.
- ALEIXO, N. C. R. Temos nosso próprio tempo: desafios e perspectivas da construção social e cultural do clima na Amazônia. In.: SANT'ANNA NETO, J. L. **Clima, Sociedade e Território**. Jundiaí: Paco Editorial, 2020. p. 67-91.
- ALEIXO, N. C. R.; NETO, J. C. A. S. Índice de vegetação e comportamento da temperatura do ar em Tefé/Amazonas/Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 3, p. 864–876, 2018. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.3.p864-876>. Acesso: 26 abr. 2024.
- ALEIXO, N. C. R.; SILVA NETO, J. C. A. O campo térmico em área urbana na Amazônia brasileira: análise episódica na cidade de Tefé-AM. **Revista GeoUERJ**, Rio de Janeiro, n. 34, 2019. Disponível: <https://doi.org/10.12957/geouerj.2019.40949>. Acesso: 26 abr. 2024
- ALEIXO, N. C. R.; SILVA NETO, J. C. A. S.; ALVES, C. S.; FIGUEIRA FILHO, A. Ilhas de calor em cidade de pequeno porte na Amazônia brasileira: análise de Uarini-AM. **Revista Georaguaiá**, v.11, 2021. p. 166–186. Disponível: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/>. Acesso: 02 out. 2022.
- ALMEIDA FILHO; ALEIXO, N. C. R.; SILVA NETO, J. C. A. Ilhas de calor urbanas na cidade de Coari-AM. **Revista GeoAmazônia**, v. 10, n. 20, p. 116–134, 2022. Disponível: <http://dx.doi.org/10.18542/geo.v10i20.13661>. Acesso: 23 abr. 2024.
- ALVES, E. **Migração rural-urbana, agricultura familiar e novas tecnologias: coletânea de artigos revistos**. Brasília: EMBRAPA, 2006.
- AMAZONAS. **Produto interno bruto – PIB Municipal**. Manaus: SEDECTI, 2022. Disponível: https://www.selecti.am.gov.br/wp-content/uploads/2023/12/PIB-MUNICIPAL_2021.pdf. Acesso: 25 abr. 2024.
- AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor em Birigui/SP. **Revista brasileira de climatologia**, v. 1, n. 1, 2005a. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abelima.v1i1.25234>. Acesso: 10 out. 2023.
- AMORIM, M. C. C. T. **Ilhas de calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte: teoria e prática**. Curitiba: Appris, 2020. 161 p.
- AMORIM, M. C. C. T. Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP: episódios de inverno. **Geosul**, v. 20, n. 39, p. 64–82, 2005b. Disponível: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/13307>. Acesso: 25 abr. 2023.
- AMORIM, M. C. C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente**. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-26122022-144828/>. Acesso: 23 maio 2023.
- AMORIM, M. C. C. T. Spatial variability and intensity frequency of surface heat island in a Brazilian city with continental tropical climate through remote sensing. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 9, p. 10–16, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.11.001>.

AMORIM, M. C. C. T.; DUBREIL, V.; CARDOSO, R. S. Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente (SP). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, 2015.

AMORIM, M. C. C. T.; DUBREIL, V.; QUENOL, H.; SANT' ANNA NETO, J. L. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). **Confins**, v. 7, n. 7, 2009. Disponível: <https://doi.org/10.4000/confins.6070>. Acesso: 25 set. 2023.

AMORIM, M. C. C. T.; SANT' ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. (Organizadores). **Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso**. 1. ed. São Paulo: Outras Expressões, 2013.

ANDRIOTTI, J. L. S. **Introdução à Geoestatística**. 1988. Disponível: <http://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/14835>. Acesso: 27 abr. 2024.

ANJOS, M. W. B.; GANHO, N.; ARAÚJO, H. M. Uma análise dos contrastes topoclimáticos no espaço urbano e periurbano de Aracajú/SE. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 13, 2013. Disponível: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/31090/22596>. Acesso: 21 set. 2023.

ANJOS, M.; LOPES, A.; LUCENA, A. J.; et al. Sea Breeze Front and Outdoor Thermal Comfort during Summer in Northeastern Brazil. **Atmosphere**, v. 11, n. 9, p. 1013, 2020. Disponível: <https://doi.org/10.3390/atmos11091013>. Acesso: 21 set. 2023.

ARAÚJO, A. P.; ALEIXO, N. C. R.; MENEZES, B. B.; SOUZA, C. G.; RIVERO, C. A.V.; MONTEZANI, E.; BRAIDO, L. M. H.; AMORIM, M. C. C. T. Ensaio metodológico sobre a utilização de transectos móveis no período diurno em Presidente Prudente/SP. **Revista Formação (Presidente Prudente)**, v. 1, p. 77-95, 2010.

ARAÚJO, L. F. **Ilhas de calor em Sinop-MT: análise das características térmicas em conjunto com aspectos socioeconômicos e ambientais**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, 2021.

ARMOND, N. B. A call for a critical urban climatology: Lessons from critical physical geography. **Wires Clim Change**, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/wcc.773>. Acesso: 10 dez. 2023.

AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. SANTOS, M. J. Z. (Tradução). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332 p.

BALCHIN, W. G. V.; PYE, N. A micro-climatological investigation of bath and the surrounding district. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 73, n. 317–318, p. 297–323, 1947. Disponível: <https://doi.org/10.1002/qj.49707331706>. Acesso: 21 set. 2023.

BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às Ciências Sociais**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2012.

BARBOSA, N. P. **Estimativa do conforto térmico humano a partir do transecto móvel no município de Humaitá-AM**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Universidade Federal do Amazonas, 2023. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/9973>. Acesso: 7 maio 2024.

BARBOSA, P. H. D.; COSTA, A. C. L.; CUNHA, A. C.; et al. Variabilidade de elementos meteorológicos e de conforto térmico em diferentes ambientes na Amazônia brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, 2015. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/43048>. Acesso: 27 abr. 2024.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. COSTA, R. C. (Tradução). Porto Alegre: Bookman, 9. Ed. 2013.

BECKER, B. K. **Amazônia**. São Paulo: Ática, 1990.

BENEDETTO, H. M. M. **Sistema clima urbano de Manaus: uma proposta de análise de unidades climáticas de escala de topoclima de Manaus**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Amazonas, 2019. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/8712>. Acesso: 7 maio 2024.

BESANCENOT, J. P. **Clima e saúde**. Universitaires de France, 2001. (Médecine et société). Disponível: <https://www.cairn.info/climat-et-sante--9782130523628.htm>.

BORGES, V. O.; NACIMENTO, G. C.; CELUPPI, M. C.; et al. Zonas climáticas locais e as ilhas de calor urbanas: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 31, p. 98–127, 2022. Disponível: <https://doi.org/10.55761/abclima.v31i18.15755>. Acesso: 15 out. 2022.

BRANDÃO, A. M. P. M.; TARIFA, J. R. O campo térmico na cidade do Rio de Janeiro. In: VI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 1995, Goiânia. **VI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Goiânia: UFG, v. 2. p. 45-49, 1995.

BRASIL. Câmara dos deputados. **Gasoduto Coari-Manaus e província petrolífera de Urucu: um marco no desenvolvimento do país**. Brasília: Câmara dos deputados, coordenação de publicações, 2007. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cindra/publicacoes/>. Acesso: 15 jul. 2023.

CALADO, P. A. D. P. **Validação dos dados da espessura ótica dos aerossóis dos sensores MODIS e OMI e do modelo MERRA-2 através dos dados observados da AERONET**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas, ICA, Maceió, 2021. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/8963>. Acesso em: 14 de abr. 2024.

CAMARGO, E. S.; MENOTTI, S. S.; AMORIM, M. C. C. T. A cidade e o campo: um estudo comparativo da variação da temperatura e umidade relativa na cidade de Presidente Prudente. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 24, 2002. Disponível: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/7368>. Acesso: 15 out. 2022.

CAMARGO, M. G.; FURLAN, M. M. D. P. Resposta Fisiológica do Corpo às Temperaturas Elevadas: Exercício, Extremos de Temperatura e Doenças Térmicas. **Saúde e Pesquisa**, v. 4, n. 2, 2011. Disponível: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/saudpesq/article/view/1723>. Acesso: 21 abr. 2024.

CARDOSO, R. S. **Classificação de potenciais unidades climáticas em Presidente Prudente-SP**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, 2015. Disponível: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/138512>. Acesso: 23 maio 2023.

CARDOSO, R. S. **Modelagem do microclima e estratégias de mitigação do calor urbano em zonas climáticas locais**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, 2021. Disponível: <http://hdl.handle.net/11449/214539>. Acesso: 26 abr. 2024.

CARDOSO, R. S.; AMORIM, M. C. C. T. Intensidade das ilhas de calor em Presidente Prudente (SP) através de zonas climáticas locais (LCZ). **XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, v. 1, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2105>. Acesso em: 23 set. 2023.

CARDOSO, R. S.; AMORIM, M. C. C. T. Propriedades da superfície e variáveis climáticas para modelagem de zonas climáticas locais em Presidente Prudente. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, 2021. Disponível: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/77636>. Acesso: 6 jun 2023.

CARDOSO, R. S.; AMORIM, M. C. C. T. Urban heat island analysis using the 'local climate zone' scheme in Presidente Prudente, Brazil. **Investigaciones Geográficas**, n. 69, p. 107-118, 2018. <https://doi.org/10.14198/INGEO2018.69.07>. Acesso: 17 out. 2022.

CAREY, M. Climate and history: a critical review of historical climatology and Climate change historiography. **Wires Clim Change**, v. 13, 2012, p. 233–249. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/wcc.171>. Acesso: 21 dez. 2023.

CARLOS, A. F. A. **A cidade**. São Paulo: Contexto, 9 ed., 2013.

CASTILHO, F. J. V. Abordagem geográfica do clima urbano e das enfermidades em São José do Rio Preto/SP. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, 2006. Disponível: <http://hdl.handle.net/11449/95695>. Acesso: 21 abr. 2024.

CASTRO, E. M. R. Urbanização, pluralidade e singularidades das cidades amazônicas. In: Edna Maria Ramos de Castro (Org.). **Cidades da Floresta**. São Paulo: Annablume, 2009, v. 1, p. 13-39.

CASTRO, L. G. **Zonas climáticas locais em cidades pequenas: relação entre temperatura e morfologia urbana**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Ceará, 2022. Disponível: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/68170>. Acesso: 22 abr. 2024.

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, 2009. 468 p.

CLARKE, J. F. Nocturnal urban boyndry Layer over Cincinnati, Ohio. **Mounthly Weather Review**, v. 97, n. 8, 1969. Disponível em: [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1969\)097<0582:NUBLOC>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1969)097<0582:NUBLOC>2.3.CO;2). Acesso: 08 set. 2024.

COARI. **Plano diretor participativo de desenvolvimento do município de Coari**. 2007. Disponível em: https://issuu.com/danielmacielgomes/docs/tomo_1.2_-_27-02-08_anexo. Acesso em: 19 de set. 2023.

CORRÊA, P. B.; CANDIDO, L. A.; SOUZA, R. A. F. ANDREOLI, R. V. A.; KAYANO, M. T. Estudo do fenômeno da ilha de calor na cidade de Manaus/AM: um estudo a partir de dados de sensoriamento remoto, modelagem e estações meteorológicas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, 2016. Disponível: <https://doi.org/10.1590/0102-778631220150012>. Acesso: 15 mar. 2023.

CORRÊA, R. L. A Periodização da rede urbana da Amazônia. **Revista Brasileira de Geografia**, 1987. Disponível: <https://www.rbg.ibge.gov.br/index.php/rbg/article/view/963>. Acesso: 27 abr. 2024.

CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. Ática: São Paulo, 2004.

CORREA, W. S. C.; VALE, C. C. Contribuição à compreensão do campo térmico da regional praia do canto em vitória (ES) pela metodologia de transectos. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 38, p. 50, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v38i0.41854>. Acesso: 24 abr. 2024.

COSTA, A. C. L. **Estudo de variações termo-higrométricas de cidade equatorial devido ao processo de urbanização: o caso de Belém - PA**. Tese (Doutorado em Geografia Física), Universidade de São Paulo, 1998. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000949443>. Acesso: 7 maio 2024.

CUNHA, J.; NÓBREGA, L. B.; RUFINO, I.; ERASMI, S.; GALVÃO, C.; VALENTE, F.; Surface albedo as a proxy for land-cover clearing in seasonally dry forests evidence from the brazilian Caatinga. **Remote Sensing of Environment**, n. 238, 2020. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111250>. Acesso: 13 de fev. 2024.

DAVID, N. O valor económico da paisagem – uma análise comparativa entre métodos de valoração económica. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, v. 0, n. 12, p. 101–125, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17127/got/2017.12.005>. Acesso: 13 fev. 2024.

DEMUZERE, M.; KITTNER, J.; BECHTEL, B. LCZ Generator: A Web Application to Create Local Climate Zone Maps. **Frontiers in Environmental Science**, v. 9, 2021. Disponível: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2021.637455>. Acesso: 24 out. 2023.

DEMUZERE, M.; KITTNER, J.; MARTILLI, A.; et al. A global map of local climate zones to support earth system modelling and urban-scale environmental science. **Earth System Science Data**, v. 14, n. 8, p. 3835–3873, 2022. Disponível: <https://zenodo.org/record/6364594>. Acesso: 3 set. 2023.

DORIGON, L. P. **As ilhas de calor urbanas em Jundiaí-SP**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/191440>. Acesso: 15 abr. 2024.

FANTE, K. P. **Variabilidade da temperatura em áreas urbanas não metropolitanas do estado de São Paulo - Brasil no período de 1961 a 2011**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, 2014. Disponível: https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UNSP_f827a3ae49258090b854f4464811d450. Acesso: 3 mar. 2023.

FERNANDES, M. E. **Configuração urbana e conforto térmico ao nível do pedestre: estudos na cidade de São Carlos - SP**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de São Carlos, 2019. Disponível: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/11717>. Acesso: 27 abr. 2024.

FERREIRA, F. L. S. **Estimativas de temperatura superficial por satélite e análise climática em município de grande porte no Brasil**. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2020.

FERREIRA, F. L. S.; PEREIRA, E. B. GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; BEZERRA, F. G. S. An explicitly spatial approach to identify heat vulnerable urban areas and landscape patterns. **Urban Climate**, v. 40, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.101021>.

FERREIRA, H. V. L.; UGEDA JÚNIOR, J. C. Variação da temperatura da superfície através de imagens ASTER em zonas climáticas locais em Cuiabá, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 2020. Disponível: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/67546>. Acesso: 6 jun. 2023.

FERREIRA, I. O.; SANTOS, G. R.; RODRIGUES, D. D. Estudo sobre a utilização adequada da krigagem na representação computacional de superfícies batimétricas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 65, n. 5, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/rbcv65n5-43864>. Acesso em: 27 abr. 2024.

FERREIRA, L. S.; DUARTE, D. H. S. Exploring the relationship between urban form, land surface temperature and vegetation indices in a subtropical megacity. **Urban Climate**, v. 27, p. 105–123, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.11.002>. Acesso: 2 fev. 2024

FIALHO, E. S. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira**. Tese (Doutorado em Geografia Física), Universidade de São Paulo, 2009. Disponível: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-22022010-154045/>. Acesso: 2 fev. 2024.

FIALHO, E. S. Ilhas de calor: reflexões acerca de um conceito. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, Ed. Esp. Climatologia Geográfica, 2012. pp.61-76. Disponível: <https://doi.org/10.5654/acta.v0i0.1094>. Acesso: 15 out. 2022.

FIALHO, E. S. Unidades climáticas urbanas: o caso da Ilha do Governador-RJ. **Revista de Ciências Humanas**, n. 1, 2010. Disponível: <https://periodicos.ufv.br/RCH/article/view/3493>. Acesso: 19 mar. 2024.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. **Clima da Amazônia**. CPTEC/INPE. Disponível: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliEsp10a/fish.html>.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **ACTA Amazônica**, v. 22, n. 2, 1998. p. 101-126. Disponível: <https://doi.org/10.1590/1809-43921998282126>. Acesso: 15 out. 2023.

FOISSARD, X. L'îlot de chaleur urbain et le changement climatique: application à l'agglomération rennaise. Thèse (doctorat en Géographie), Université Rennes 2, 2015. Disponible sur: <https://theses.hal.science/tel-01381999>.

FOLI, A. C. A.; LUIZ, G. C. Variação termo-higrométrica entre ambientes urbanos de área tropical continental: análise da primavera de 2018 em Ituiutaba - MG. **Geoambiente**, n. 35, p. 271–292, 2019. Disponível: <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i35.59875>. Acesso: 15 out. 2022.

FRANÇA, I. S. A cidade média e suas centralidades: o exemplo de Montes Claros no norte de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Uberlândia, 2007. Disponível: <http://www.ppgeo.ig.ufu.br/node/73>. Acesso: 29 jun. 2023.

FRANCO, D. M. P.; ANDRADE, M. F.; YNOUE, R. Y.; CHING, J. Effect of Local Climate Zone (LCZ) classification on ozone chemical transport model simulations in Sao Paulo, Brazil. **Urban Climate**, v. 27, p. 293–313, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.12.007>. Acesso: 15 mar. 2024.

GARCÍA, F. F. **Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. Madrid: Síntesis, 1996.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: Como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. Tradução por GONÇALVES, S. H. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

GMAO. MERRA-2 USA: Goddard Space Flight Center Distributed Active Archive Center (GSFC DAAC). **Gmao**, 2015. Disponível: <https://power.larc.nasa.gov/beta/data-access-viewer/>. Acesso em: 01 de abr. 2024.

GÓES, A. W. C. **Nunca mais Coari: A fuga dos Jurimáguas**. Coari: Editora Coari.com, 2 ed., 2022.

GOMES, W. P.; AMORIM, M. C. C. T.; DUBREIL, V. Modelagem da ilha de calor urbana aplicada ao ambiente litorâneo – Ubatuba Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 34, 2017.

GUIMARÃES, A. R.; BRITO, C. S.; SANTOS, J. A. B. Expansão e financiamento da pós-graduação e desigualdade regional no Brasil (2002-2018). **Revista Práxis Educacional**, v. 16, n. 41, p. 47–71, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.22481/praxisedu.v16i41.7244>. Acesso 23 Dez. 2024.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2011. Disponível: <https://cssjd.org.br/imagens/editor/files/2019/Abril/Tratado%20de%20Fisiologia%20M%C3%A9dica.pdf>. Acesso: 15 abr. 2024.

HAESBAERT, R. Ordenamento territorial. **Boletim goiano de geografia**, v. 26, n. 1, 2006. <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/3572>. Acesso: 18 out. 2022.

HOPPE, I. L.; WOLLMANN, C. A.; BUSS, A. S.; GOBO, J. P. A.; SHOOSHTARIAN, S. Local climate zones, Sky view factor and magnitude of daytime/nighttime urban heat islands in Balneário Camboriú, SC, Brazil. **Climate**, v. 10, n. 12, p. 197, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/cli10120197>. Acesso: 18 abr. 2024.

IBGE. **BDIA - Banco de Dados e Informações Ambientais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>. Acesso em: 27 abr. 2024.

IBGE. **Censo demográfico de 2022**. Disponível: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2022/primeiros-resultados-populacao-e-domicilios>. Acesso: 20 abr. 2024.

IBGE. **Censos demográficos de 1940-2010**. Disponível: <https://memoria.ibge.gov.br/sinteses-historicas/historicos-dos-censos/censos-demograficos.html>. Acesso: 20 out. 2023.

IBGE. **Enciclopédia dos Municípios**. Rio de Janeiro: IBGE, 1957.

IBGE. **Mapa de clima do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. Escala 1:5 000 000. Disponível: <http://mapas.ibge.gov.br/tematicos.html>. Acesso: 20 out. 2022.

INMET. **Normais climatológicas (NCB-1981-2010)**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso: 05 de jun. 2024

IPCC. **Summary for Policymakers**. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34. Disponível: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>.

JARDIM, C. H. **Proposta de síntese climática a partir do comportamento térmico e higrométrico do ar em áreas urbanas**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade de Campinas, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2007.401321>. Acesso: 19 mar. 2024.

KEGLER, J. J.; WOLLMANN, C. A.; DUARTE, V. A.; HOPPE, I. L.; IENSSE, A. C. Variabilidade espacial da temperatura do ar com uso de transectos móveis em Erechim/RS, sob domínio polar em processo de tropicalização. *Ciência e Natura*, v. 38, n. 1, p. 215–231, 2016. Disponível: <https://doi.org/10.5902/2179460X19357>. Acesso: 25 abr. 2023.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos multivariados**. São Paulo: Oficina de textos, 2011. 208 p.

LANDIM, P. M. B.; STURARO, J. **Krigagem indicativa aplicada à elaboração de mapas probabilísticos de riscos**. Unesp. 2002.

LANDSBERG, H. E. **The Urban Climate**. Academic Press, New York, 1981. 269 p.

LEVIN, J. **Estatística aplicada a ciências humanas**. São Paulo: Harbra, 2 ed., 1987.

LIMA, L. O. S.; ASCURRA, R. E.; VALIN JR, M. M. O.; SANTOS, F. M. M. Análise por meio de transecto móvel das ilhas de calor e de frescor na região do Coxipó em Cuiabá – MT (Brasil). *Engineering and Science*, v. 10, n. 3, p. 46–60, 2021. Disponível: <https://doi.org/10.18607/ES20211012972>. Acesso: 15 mar. 2024.

LIMA, M. C. **Quando o amanhã vem ontem: a institucionalização da região metropolitana de Manaus e a indução ao processo de metropolização do espaço na Amazônia ocidental**. Tese (Doutorado em Geografia Humana), Universidade de São Paulo, 2014. Disponível: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-06042015-191044/>. Acesso em: 27 abr. 2024.

LIRA, S. H. **As mudanças do habitus a partir da exploração de petróleo e gás natural em Coari-AM**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia), Universidade Federal do Amazonas, 2013. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/4313>. Acesso em: 27 abr. 2024.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 244 p. 1985.

LOPES, J. S. G. **O campo térmico e higrométrico de Tefé - AM**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Amazonas, 2020. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/8247>. Acesso: 27 abr. 2024.

LÓPEZ, D. P. M. **Ciudad y Cambio Microclimático**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade de Brasília, 2020. Disponível: <http://repositorio2.unb.br/jspui/handle/10482/38827>. Acesso: 27 abr. 2024.

LUCENA, A. J. Notas conceituais e metodológicas em clima urbano e ilhas de calor. **Revista Continentes (UFRRJ)**, ano 2, n.2, 2013. p. 28-59. Disponível: <https://www.revistacontinentes.com.br/index.php/continentes/article/view/17>. Acesso: 15 out. 2022.

MACHADO, J. J. **Microclima Urbano e Ambiente Construído: Estratégias de Monitoramento e Simulação para estudo de Ilhas de Calor Urbanas em Manaus**. Tese (Doutorado em Clima e Ambiente, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2023. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/40357>. Acesso: 8 maio 2024.

MAGALHÃES, M. G. S. D. **Amazônia Brasileira: processo histórico do extrativismo vegetal na mesorregião sul de Roraima**. Tese (Doutorado em História das Sociedades Ibero-Americanas), Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006. Disponível: <http://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/2470>. Acesso: 12 de abr. 2024.

MAPBIOMAS. **Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. 2022. Disponível: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>. Acesso: 27 mar. 2024.

MASIERO, É.; CHRISTOFORO, A. L.; KOWALSKI, L. F.; FERNANDES, M. E. Urban morphology and prediction models of microclimatic phenomena in dry atmospheric context. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 31, p. 259–284, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.55761/abclima.v31i18.15707>. Acesso: 15 mar. 2024.

MASIERO, E.; SOUZA, L. C. L. Estabilidade atmosférica e comportamento de zonas climáticas locais em São José do Rio Preto - SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 15, 2015. Disponível: <http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/36455>. Acesso: 6 jun. 2023.

MEGDA, O. R. **Identificação de ilhas de calor urbano em cidade de porte médio: proposta metodológica adaptada às zonas climáticas locais – ZCLs**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de São Carlos, 2020. Disponível: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/13870>. Acesso: 27 abr. 2024.

MEGDA, O. R.; MASIERO, E. Análise das Ilhas de Calor Urbano sobre Zonas Climáticas Locais com o uso de VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado - em uma cidade média. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 13, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.46421/entac.v18i.709>. Acesso: 15 mar. 2024.

MELEM, V. M. Utilização da geoestatística na construção de mapas de temperatura média mensal para o Estado do Paraná. 2002. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, 2002. Disponível: <http://hdl.handle.net/11449/101952>. Acesso: 4 fev. 2024.

MENDONÇA, F. O estudo do clima urbano no Brasil. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. **Clima urbano**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2015. 175-192.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MINAKI, C. Características da variabilidade e do clima urbano em Maringá-PR. **Geosul**, v. 36, n. 78, p. 610–634, 2021. Disponível: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e72350>. Acesso: 15 out. 2022.

MINAKI, C.; AMORIM, M. C. C. T. Análise da temperatura e da umidade relativa do ar na primavera-verão em Araçatuba/SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 13, 2013. Disponível: <https://doi.org/10.5380/abclima.v13i0.32976>. Acesso: 15 mar. 2023.

MINITAB BLOG. **Análise de regressão múltipla: Use o R-quadrado ajustado e o R-quadrado predito para incluir o número correto de variáveis**. Disponível em: <https://blog.minitab.com/pt/analise-de-regressao-multipla-use-o-r-quadrado-ajustado-e-o-r-quadrado-predito-para-incluir-o-numero-correto-de-variaveis>. Acesso em: 15 jul. 2024.

MOLION, L. B. Climatologia dinâmica da região Amazônica: mecanismos de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2, 1987. p. 107-117.

MOLION, L. C. B.; DALLAROSA, R. L. G. Pluviometria da Amazonia: são os dados confiáveis? **Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v. 5, n. 3, p. 40-42, 1990. Disponível em: <http://urlib.net/ibi/6qtX3pFwXQZ3r59YCT/GUkFo>.

MONTEIRO, C. A. F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul**, n. 9, 1990. Disponível: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/12739>. Acesso: 15 out. 2022.

MONTEIRO, C. A. F. Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia**, n. 1, p. 1-21, 1971 (Tradução).

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: USP/F.F.L.C.H, Tese de livre-docência, 1976. Disponível: <https://www.abclima.ggf.br/publicacoes.php>.

MONTEIRO, F. F. **Ilha de calor urbana e sua influência na microfísica de nuvens em metrópoles brasileiras**. Tese (Doutorado em Ciências Climáticas), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/32264>. Acesso: 7 maio 2024.

MONTEIRO, J.; ARIDE, P. H. R.; OLIVEIRA, A.; SANTOS, S. M. Descrição da Temperatura e Umidade Relativa do Ar em diferentes localidades no bairro do Parque Dez - Manaus/AM. **Biota Amazônia**, v. 4, p. 20–27, 2014. Disponível: https://www.researchgate.net/publication/284353591_Descricao_da_Temperatura_e_Umidade_Relativa_do_Ar_em_Diferentes_Localidades_no_Bairro_do_Parque_Dez_-_ManausAM. Acesso: 7 maio 2024.

MONTEIRO, V. S. **Zonas climáticas locais e a relação com a morfologia urbana: estudo de caso: Campinas/SP**. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana), PUC Campinas, 2018. Disponível: <http://repositorio.sis.puc-campinas.edu.br/xmlui/handle/123456789/15124>. Acesso: 23 maio 2023.

MORAES, A. C. R. **Geografia: Pequena história crítica**. São Paulo: Hucitec, 1994.

MOREIRA, A. B. **A vulnerabilidade socioespacial à ilha de calor urbana na Cidade de Recife – PE, Brasil**. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/47059>. Acesso em: 7 maio 2024.

MOTA, A. B. S. **Mapeamento termo higrométrico do município de Coari-AM utilizando transecto móvel**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal do Mato Grosso, 2017. Disponível em: <http://ri.ufmt.br/handle/1/2005>. Acesso em: 27 abr. 2024.

MOTA, V. C. **Metodologia geoestatística para caracterizar a vulnerabilidade temporal de elementos climáticos de Juiz de Fora – MG**. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação

agropecuária), Universidade Federal de Lavras, 2008. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/handle/1/3763>. Acesso: 25 abr. 2024.

MOURA, M. O. **Anomalias das temperaturas extremas do ar em Fortaleza: correlações com a morbidade hospitalar por doenças cardiovasculares**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal do Ceará, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/8335>. Acesso em: 27 abr. 2024.

NASCIMENTO JÚNIOR, L. **Clima urbano, risco e vulnerabilidade em cidades costeiras do mundo tropical: estudo comparado entre Santos (Brasil), Maputo (Moçambique) e Brisbane (Austrália)**. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2018. Disponível: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/154130>. Acesso: 22 out. 2022.

NIMER, E. Clima da Região Norte. In: NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2 ed., 1989, p. 363 – 390.

NIMER, E. Clima. In.: IBGE. **Geografia do Brasil: Região Norte**. Rio de Janeiro: IBGE, v. 3, 1991.

NOVAIS, G. T. **Climas do Brasil: classificação climática e aplicações**. Porto Alegre: Totalbooks, 2023. Disponível: <https://ppgeo.iesa.ufg.br/n/173326-lancamento-do-livro-climas-do-brasil-classificacao-climatica-e-aplicacoes>. Acesso: 27 maio 2024.

OBREGÓN, G. O. O clima da Amazônia: principais características. In.: BORMA, L. S.; NOBRE, C. A. **Secas na Amazônia: causas e consequências**. São Paulo: Oficina de textos, 2013. p. 339-357.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. London: Routledge, 1987, 435 p.

OKE, T. R. The distinction between canopy and boundary-layer urban heat island. **Atmosphere**, v. 14, n. 4, 1976. Disponível: <https://doi.org/10.1080/00046973.1976.9648422>. Acesso: 15 out. 2022.

OKE, T. R.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. A. **Urban Climates**. Cambridge University, 2017.

OLIVEIRA, A. P.; FITZJARRALD, D. The Amazon river breeze and the local boundary layer. **Boundary-Layer Meteorology**, n. 63, 1993, p. 141-162. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00705380>. Acesso: 27 maio 2024.

OLIVEIRA, E. G. **Caracterização dos impactos ambientais na bacia hidrográfica do Espírito Santo/Coari (AM) no período de 1990 a 2010**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas, 2012.

OLIVEIRA, G. S. **O El niño e você: o fenômeno climático**. Editora Transtec: São José dos Campos, 2001. Disponível: <http://enos.cptec.inpe.br/elniño/pt>. Acesso: 02 jun. 2024.

OLIVEIRA, H. M.; QUERINO, J. K.; ALVES, P. V.; PAGANI, C. H.; QUERINO, C. A. Avaliação dos efeitos da arborização nas variáveis de temperatura e umidade relativa do ar na cidade de Manicoré, Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 32, p. 292–310, 2023. Disponível: <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16453>. Acesso: 26 abr. 2024

OLIVEIRA, J. A. **Urbanização da Amazônia: novas e velhas formas de exclusão**. VI Encontro de Geógrafos da América Latina, Argentina, 1997. Disponível: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal6/Geografiasocioeconomica/Geografiaurbana/52.pdf>.

OMM. **Guidance on Measuring, Modelling and Monitoring the Canopy Layer Urban Heat Island (CL-UHI)**. Disponível em: <https://library.wmo.int/records/item/58410-guidance-on->

measuring-modelling-and-monitoring-the-canopy-layer-urban-heat-island-cl-uhi?offset=10. Acesso em: 27 abr. 2024.

ONU - Organização das Nações Unidas. **World cities report**. Genebra: 2022. Disponível: <https://unhabitat.org/wcr/>. Acesso: 26 abr. 2021

PACIFICI, M.; RAMA, F.; MARINS, K. R. Analysis of temperature variability within outdoor urban spaces at multiple scales. **Urban Climate**, v. 27, p. 90–104, 2019. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.11.003>. Acesso: 15 mar. 2024.

PAGE, M. J.; MCKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I.; HOFFMAN, T. C.; MULROW, C. D.; SHAMSEER, L.; TETZLAFF, J. M.; MOHER, D. Updating guidance for reporting systematic reviews: development of the PRISMA 2020 statement. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 134, p. 103–112, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2021.02.003>.

PEDREIRA JUNIOR, A. L. P.; GOIS, D. A.; PINHEIRO, E. N.; BARBOSA, J. O. B. QUERINO, C. A. S. Temperatura, umidade relativa do ar e índice de desconforto térmico (IDT) no município de Boca do Acre Amazonas. **Educamazônia**, v. 20, n. 1, Jan-Jun, p. 75–86, 2018. Disponível: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/educamazonia/article/view/4617>. Acesso: 26 abr. 2024.

PEREIRA, C. T.; MASIERO, É.; BOURSCHIEDT, V. Socio-spatial inequality and its relationship to thermal (dis)comfort in two major Local Climate Zones in a tropical coastal city. **International Journal of Biometeorology**, v. 65, n. 7, p. 1177–1187, 2021. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02099-9>. Acesso: 15 mar. 2024.

PEREIRA, M. V.; ALECRIM, J. D.; AGUIAR, F. E. O. Elementos constituintes e fatores influenciadores do clima da Amazônia. In.: ALBUQUERQUE, A. R. C. **Contribuições teórico-metodológicas da Geografia Física**. Manaus: Edua, 2010. p. 155-192.

PEREIRA, R. M. **Climatologia e conforto térmico do espaço urbano: Um estudo de caso do município de Humaitá-AM, entre 2016 e 2020**. 2022. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/8847>. Acesso: 7 maio 2024.

PINTON, L. G.; RIBEIRO, M. C. A.; SUIZU, T. M.; et al. Magnitudes do fenômeno da ilha de calor urbana em Sacramento (MG): Perspectivas de aplicação do sistema das Zonas Climáticas Locais em cidade de pequeno porte. **Caminhos de Geografia**, v. 22, n. 79, p. 161–179, 2021. Disponível: <https://doi.org/10.14393/RCG227953890>. Acesso: 25 abr. 2024.

PITTON, S. E. C.; DOMINGOS, A. E. Tempo e doenças: efeitos dos parâmetros climáticos nas crises hipertensivas nos moradores de Santa Gertrudes - SP. **Estudos Geográficos**, v. 2, n. 1, p. 75–86, 2004. Disponível: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/view/287>. Acesso: 15 mar. 2024

PLANET. **Norway's International Climate and Forests Initiative Satellite Data Program**. 2022. Disponível: <https://www.planet.com/nicfi/>. Acesso: 13 fev. 2024.

PORANGABA, G. F. O.; AMORIM, M. C. C. T. Análise de ilhas de calor diagnosticadas por meio de transectos móveis em Assis, Cândido Mota, Maracá e Tarumã (SP). **Confins**, v. 33, 2017. Disponível: <https://journals.openedition.org/confins/12729>. Acesso: 21 de set. 2022.

PORANGABA, G. F. O.; TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. C. T. Procedimentos metodológicos para análise das ilhas de calor em cidades de pequeno e médio porte. **Revista brasileira de climatologia**, a. 3, v. 21, 2017. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.48832>. Acesso: 15 out. 2022.

RAMÍREZ-AGUILAR, E. A. **Forma urbana, densidade da população e zonas climáticas locais: influências e avaliação da ilha de calor urbana em Bogotá, Colômbia**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, 2019. Disponível: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/11129>. Acesso: 15 mar. 2024.

RAMPAZZO, C. R. **Clima e produção do espaço urbano: contribuição ao estudo da Geografia do clima no contexto das cidades de São Carlos e Marília**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015. Disponível: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/126529>. Acesso: 15 out. 2022.

RAMPAZZO, C. R. **Clima urbano, risco climático e vulnerabilidade socioespacial mediados pela produção do espaço urbano em cidades paulistas (São Carlos, Marília e Presidente Prudente)**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2019. Disponível: <http://hdl.handle.net/11449/182355>. Acesso: 15 out. 2022.

REIS, R. R. **A relação entre o modelo Zona Franca em Manaus-AM e as questões climáticas: período de 1958 a 2017**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Amazonas, 2019. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/7364>. Acesso em: 27 abr. 2024.

RIBEIRO, H. **Heat island in São Paulo, Brazil: Effects on health**. Critical Public Health, 2005. Disponível: <https://www-tandfonline.ez87.periodicos.capes.gov.br/doi/abs/10.1080/09581590500151756>. Acesso: 21 abr. 2024.

RODRIGUES, P. K. A. **A urbanização de Coari em função da dinâmica orçamentária: o caso do saneamento básico**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Amazonas, 2013. Disponível: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/2788>. Acesso em: 27 abr. 2024.

RODRIGUES, P. K. A.; SANTANA, P. V. Finanças públicas municipais e saneamento básico em Coari/AM. In.: SCHOR, T.; SANTANA, P. V. **Dinâmica urbana na Amazônia brasileira**. Manaus: Editora Valer, v. 2, 2015.

ROMERO, H.; PAIVA, J. C.; OPAZO, D. Geografia crítica, topoclimatologia e o extrativismo mineiro no Salar de Atacama. **Revista brasileira de climatologia**, a. 15, ed especial, 2019. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v0i0.64776>. Acesso: 21 abr. 2024.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS**. NASA, 1974. Disponível: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19740022614>. Acesso: 20 set. 2022.

ROVANI, F. F. M. R.; COSTA E. R. C.; CASSOL, R.; SARTORI, M. da G. B. Ilhas de calor e frescor urbanas no bairro Camobi, Santa Maria/RS, em situação atmosférica de domínio da massa polar atlântica no inverno. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 6, 2010. Disponível: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25582/17154>. Acesso: 21 set. 2022.

ROVANI, F. F. M.; RODRIGUES, E. C.; SARTORI, M. G. B.; CASSOL, R. Ilhas de calor e frescor urbanas no bairro Camobi, Santa Maria/RS, em um dia sob domínio da massa polar velha ou modificada na primavera. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 10, 2012. Disponível: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/13624>. Acesso: 27 abr. 2024.

SALVIA, A. L.; SANDOVAL, A. D. O.; MARTÍNEZ, M. R. G. R.; KALIL, R. M. L. Análise do Espaço Público, por meio de Variáveis Climáticas, na Zona Central de Cidade do Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 8, n. 1, p. 19–37, 2019. Disponível: <https://doi.org/10.5585/geas.v8i1.13762>. Acesso: 21 set. 2023.

SANT' ANNA NETO, J. L. As dimensões geográficas do clima. In.: SANT' ANNA NETO, João Lima. **Clima, sociedade e território**. Jundiaí: Paco editorial, p. 212, 2020.

SANT' ANNA NETO, J. L. **História da Climatologia no Brasil: Gênese, Paradigmas do Clima como Fenômeno Geográfico**. Apresentada inicialmente como Tese de Livre-Docência. Presidente Prudente: FTC/UNESP. 2001.

SANT' ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social. **Revista brasileira de climatologia**, V.8, 2011. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v8i0.25794>. Acesso: 22 de nov. de 2021.

SANT' ANNA NETO, J. L. **Os Climas das Cidades Brasileiras**. 1. ed. Presidente Prudente: Programa de Pós-Graduação em Geografia da FCT/UNESP, v. 1., 2002. 277 p.

SANT' ANNA NETO, J. L. Por uma Geografia do clima: antecedente históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Terra Livre**, n. 17, p. 49-62, 2001. Disponível: <https://publicacoes.agb.org.br/terralivre/article/view/339>. Acesso: 22 nov. 2023.

SANTANA, P. V. As corporações e o espaço urbano amazonense. In.: SCHOR, T.; SANTANA, P. V. **Dinâmica urbana na Amazônia brasileira**. Manaus: Editora Valer, 2015.

SANTOS, C. A. C.; LIMA, J. R. A. Análise dos efeitos da expansão urbana de Manaus-AM sobre parâmetros ambientais através de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n., 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v06.1.p001-014>. Acesso: 26 mar. 2023.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Edusp, 4 ed., 2006.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. São Paulo: Huitec, 1993

SANTOS, P. F. C. **Microclimas urbanos na cidade do Recife-PE: proposta de zoneamento sob o enfoque do conforto térmico**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Pernambuco, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/32867>. Acesso: 7 maio 2024.

SARAIVA, A. L. B. C. **O clima urbano de Mossoró (RN): o subsistema termodinâmico**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Espírito Santo, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/2050>. Acesso: 7 maio 2024.

SCHOR, T.; COSTA, D. P. Rede urbana na Amazônia dos grandes rios: uma tipologia para as cidades na calha do rio Solimões-Amazonas - AM. In: **X SIMPURB**, 2007, Florianópolis. Trajetórias da geografia urbana no Brasil: tradições e perspectivas, 2007.

SEABRA, V. N. **A indústria petrolífera em Coari - AM e suas implicações nas transformações territoriais**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional), Universidade de Santa Cruz do Sul, 2022. Disponível em: <http://repositorio.unisc.br:8080/jspui/handle/11624/3363>. Acesso em: 27 abr. 2024.

SILVA, A. L. Breve discussão sobre o conceito de cidade média. Geoiंगा: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PGE/UEM), v. 5, n. 1, p. 58-76, 2013. Disponível: <https://doi.org/10.4025/geoinga.v5i1.49203>. Acesso: 24 abr. 2024.

SILVA, B. G.; SILVA, C. F. O impacto da vegetação no conforto térmico na escala local do Distrito Federal - DF. **Mix Sustentável**, v. 6, n. 2, 2020. Disponível: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/4119>. Acesso: 6 jun. 2023.

SILVA, E. N. **Ambientes atmosféricos intraurbanos na cidade de São Paulo e possíveis correlações com doenças dos aparelhos: respiratório e circulatório**. Universidade de São Paulo, 2010. Disponível: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-11052010-170222/>. Acesso: 21 abr. 2024.

SILVA, F. D. A. **Iha de calor urbana: diagnóstico como ferramenta de gestão ambiental urbana para a cidade de Coari (AM)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal do Amazonas, 2023. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/9803>. Acesso em: 27 abr. 2024.

SILVA, M. A. Balateiros da Flota do Paru: relações de trabalho, conhecimentos tradicionais e memória como experiência social. **Revista Ciências da Sociedade**, v. 2, n. 3, 2018. Disponível: <http://ufopa.edu.br/portaldeperiodicos/index.php/revistacienciasdasociedade/article/view/630> Acesso em: 25 de ago. 2023.

SIPAM. **Boletim climático da Amazônia: prognóstico novembro e dezembro/2023 e janeiro/2024**. Ano 20, n. 288, outubro de 2023. Disponível: www.sipam.gov.br. Acesso: 19 jun. 2024.

SIRKO, W.; KASHUBIN, S.; RITTER, M.; ANNKAH, A.; BOUCHAREB, Y. S. E.; DAUPHIN, Y.; KEYSERS, D.; NEUMANN, M.; CISSE, M.; QUINN, J. **Continental-Scale Building Detection from High Resolution Satellite Imagery**. 2021. Disponível: <http://arxiv.org/abs/2107.12283>. Acesso: 7 fev. 2024.

SOEIRA, M. R. C. **A relação entre o fator de visão do céu e a temperatura do ar em diferentes zonas climáticas locais**. Dissertação (Mestrado em Geografia), PUC Campinas, 2019. Disponível: <http://repositorio.sis.puc-campinas.edu.br/xmlui/handle/123456789/15107>. Acesso: 27 abr. 2024.

SOLER, C. A cidade de Coari/AM e os reflexos da exploração de petróleo e gás natural pela Petrobrás. **Papers do NAEA**, v. 1, n. 1, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18542/papersnaea.v1i1.11414>. Acesso em: 27 abr. 2024.

SOUZA, B. R. G. **Balata: da floresta à feira**. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia), Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufopa.edu.br/jspui/handle/123456789/289>. Acesso em: 22 de ago. 2023.

SOUZA, C. A.; FILHO, A. C. P.; GUARALDO, E. Estudo bibliométrico sobre ilhas de calor urbanas e zonas climáticas locais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 2020. Disponível: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14199>. Acesso: 23 maio 2023.

SOUZA, C. A.; PARANHOS FILHO, A. C.; GUARALDO, E. **Determinação do campo térmico a partir da classificação da paisagem dos ambientes climáticos intraurbanos**. 2020. Disponível: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/4271>. Acesso: 6 jun. 2023.

SOUZA, D. M.; NERY, J. T. Parâmetros climáticos de Ourinhos, Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum: Human and Social Sciences**, v. 33, n. 1, p. 107-115, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/134733>. Acesso: 15 mar. 2023.

SOUZA, D. O.; AVALÁ, R. C. S. Observational evidence of the urban heat island of Manaus City, Brazil. **Meteorological Applications**, 2014. Disponível: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/met.1340>. Acesso: 27 abr. 2024.

SPOSITO, M. E. B. **Capitalismo e urbanização**. 1. ed. São Paulo: Contexto, 1988.

STEWART, I. D. Redefining the urban heat island. Tese (Doutorado em Geografia) University of British Columbia, 2011. Disponível:

<https://open.library.ubc.ca/soa/cIRcle/collections/ubctheses/24/items/1.0072360>. Acesso: 23 maio 2023.

STEWART, I. D.; MILLS, G. **The Urban Heat Island: A Guidebook**. 1. ed., Elsevier, 2021. Disponível: <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02872-0>. Acesso: 17 mar. 2024.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local Climate Zone for urban Temperature studies. **BAMS**, v. 93, n. 12, 2012. Disponível: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>. Acesso: 10 out. 2022.

TARIFA, J. R.; ARMANI, G. As Unidades Climáticas Urbanas da Cidade de São paulo: os climas e a (re) produção do espaço nas metrópoles. **VIII Encuentro de geógrafos de América Latina**. Santiago: USC, 2001.

TARTARI, R.; MACHADO, N. G.; ANJOS, M. R.; CUNHA, J. M.; MUSIS, C. R.; NOGUEIRA, J. S.; BIUDES, M. S. Análise de índices biofísicos a partir de imagens TM Landsat 5 em paisagem heterogênea no Sudoeste da Amazônia. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, p. 943–953, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1663>. Acesso: 25 mar. 2023.

TEIXEIRA, D. C. F. **O clima urbano de cidades de pequeno porte do oeste paulista: análise do perfil térmico de Presidente Venceslau, Santo Anastácio e Álvares Machado, Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, 2019.

TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. C. T. Intensidade, magnitude e evolução diária da ilha de calor atmosférica em cidades de pequeno porte: análise simultânea a partir das Zonas Climáticas Locais (LCZs). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, p. 377–401, 2022. Disponível: <https://doi.org/10.55761/abclima.v30i18.14882>. Acesso: 23 abr. 2024.

TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. C. T. Perfil térmico noturno de cidade pequena do ambiente tropical em episódio de inverno. **Ra'e Ga**, v.36, p. 208-228, 2016. Disponível: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/42290/28001>. Acesso: 21 de set. 2022.

TEJAS, G. T. **Sazonalidade do campo térmico da cidade de Porto Velho/RO, Brasil, entre 2017 e 2018**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente), 2019. Disponível em: <https://ri.unir.br/jspui/handle/123456789/3000>. Acesso: 7 maio 2024.

TEOBALDO NETO, A. **A Geografia do risco e da Vulnerabilidade ao calor em espaços urbanos da Zona Tropical: O caso Cuiabá/MT**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2019. Disponível: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/181337>.

TERCEIRO, A. D. S.; ESPINDOLA, G. M.; CARNEIRO, E. L. N. C. Paisagem urbana em Teresina: implicações da distribuição espacial da densidade populacional. **Gaia Scientia**, v. 12, n. 1, 2018. Disponível: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/gaia/article/view/28559>. Acesso: 23 maio 2023.

UGEDA JÚNIOR, C. J. **Clima urbano e planejamento na cidade de Jales-SP**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, 2012. Disponível em: <http://acervodigital.unesp.br/handle/11449/101422>. Acesso: 7 maio 2024.

UGEDA JÚNIOR, J. C.; AMORIM, M. C. C. T. Avaliação dos espaços livres de construção na cidade de Jales-SP. **Formação**, v. 2, n. 18, 2011. Disponível: <https://doi.org/10.33081/formacao.v2i18.1244>. Acesso: 15 mar. 2023.

UNICEF-BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento do Milênio – Agenda 2030**. UNICEF, 2023. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel>.

USGS. **Using the USGS Landsat Level-1 Data Product**. Disponível: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/using-usgs-landsat-level-1-data-product>. Acesso em: 27 abr. 2024.

- VALIN JÚNIOR, M. O. V.; SANTOS, F. M. M. Levantamento bibliográfico da utilização de transectos em pesquisas de clima urbano no Brasil: recomendações de padronização nos procedimentos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 2020. Disponível: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14219>. Acesso: 23 maio 2023.
- VIANA, V. M. Abordagem sistêmica para o desenvolvimento sustentável da Amazônia profunda. **Revista Tempo do Mundo**, n. 27, p. 71–100, 2021.
- VIANA, V. M. Bolsa Floresta: um instrumento inovador para a promoção da saúde em comunidades na Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 64, 2008. p. 143-153.
- VIDAL, B. S.; NETO, J. C. A. S. Sensoriamento remoto e clima urbano na Amazônia: Análise de Alvarães, Amazonas, Brasil. **Revista Geonorte**, v. 14, n. 43, 2023.
- WANDERLEY, H. S.; FERNANDES, R. C.; AMORIM, R. F. C.; CARVALHO, F. O. Interpolação da temperatura pelo método de krigagem para o estado de Alagoas. **XVI Congresso brasileiro de Agrometeorologia**, 2009. Disponível em: <https://www.sbagro.org/files/biblioteca/2491.pdf>. Acesso em: 15 out. 2023.
- WERNECK, D. R. **Variabilidade da temperatura de superfície diurna entre as zonas climáticas locais (LCZ): um estudo para a área urbana do Distrito Federal**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, 2022. Disponível: http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/45320/1/2022_DanielaRochaWerneck.pdf. Acesso: 15 jul. 2023.
- WRITZL, L.; WOLLMANN, C. A.; COSTA, I. T.; GOBO, J. P. A.; SHOOSHTARIAN, S.; MATZARAKIS, A. Outdoor Human Thermal Comfort along Bike Paths in Balneário Camboriú/SC, Brazil. **Atmosphere**, v. 13, n. 12, p. 2092, 2022. Disponível: <https://doi.org/10.3390/atmos13122092>. Acesso: 23 abr. 2024.
- ZAMBONATO, B.; LIMA, K. F. S.; LEHR, P. M.; ALBERNARD, R. S.; GRIGOLETTI, G. C. Caracterização de zonas climáticas locais na cidade de Santa Maria - Rio Grande do Sul. **Revista de Geografia**, v. 38, n. 2, p. 85–107, 2021. Disponível: <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2021.245685>. Acesso: 23 abr. 2024.
- ZAVATINI, J. A. A Climatologia geográfica brasileira: o enfoque dinâmico e a noção de ritmo climático. **Revista Geografia**, v. 23, n. 3, 1998.

APÊNDICE A – Equações de regressão geradas para os modelos analisados

Tabela – Temperatura do ar 7h

17/09	$t_{17} = 30.888074 + 0.127457 * C_{6_{61x61}} - 0.092298 * distancia_centro_km - 0.066898 * relevo - 2.105042 * ndvi - 0.040011 * C_{9_{61x61}}$														
18/09	$t_{18} = 29.078350 - 0.147750 * distancia_centro_km - 0.194751 * C_{2_{61x61}} + 0.165088 * C_{6_{69x69}} - 0.041007 * C_{9_{61x61}} - 2.177491 * ndvi$														
19/09	$t_{19} = 30.981015 - 0.051176 * C_{9_{61x61}} - 0.113273 * C_{2_{61x61}} - 0.074758 * distancia_centro_km - 0.032673 * relevo + 0.024823 * C_{5_{69x69}}$														
20/09	$t_{20} = 28.866773 - 0.174386 * distancia_centro_km - 0.102753 * C_{2_{61x61}} + 0.018110 * C_{6_{69x69}} - 0.022503 * relevo - 1.090517 * ndvi + 0.021148 * C_{5_{69x69}} + 0.034304 * C_{9_{61x61}}$														
21/09	$t_{21} = 25.906775 - 0.057238 * distancia_centro_km + 0.040800 * C_{6_{69x69}} - 0.003958 * C_{9_{61x61}} - 1.043586 * ndvi - 0.017669 * relevo - 0.040340 * C_{2_{61x61}} + 0.025123 * C_{5_{69x69}}$														
22/09	$t_{22} = 30.047864 - 0.055178 * C_{9_{61x61}} - 0.037745 * C_{2_{61x61}} + 0.036769 * C_{6_{61x61}}$														
23/09	$t_{23} = 29.014146 - 0.032108 * relevo - 0.205062 * distancia_centro_km + 0.004355 * C_{5_{61x61}} - 0.017203 * C_{4_{61x61}}$														
<p>C2 61x61 → Janela de abrangência ↓ Classe de LCZ</p> <p>Classes de LCZ:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td>C2 – LCZ 9</td> <td>C9 – LCZ A</td> </tr> <tr> <td>C3 – LCZ 6</td> <td>C10 – LCZ D</td> </tr> <tr> <td>C4 – LCZ 3B</td> <td>relevo: altitude (m)</td> </tr> <tr> <td>C5 – LCZ 3</td> <td>ndvi: índice de vegetação</td> </tr> <tr> <td>C6 – LCZ 2</td> <td>distancia_centro_km: distância em quilômetros</td> </tr> <tr> <td>C7 – LCZ F</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C8 – LCZ 8</td> <td></td> </tr> </table>		C2 – LCZ 9	C9 – LCZ A	C3 – LCZ 6	C10 – LCZ D	C4 – LCZ 3B	relevo: altitude (m)	C5 – LCZ 3	ndvi: índice de vegetação	C6 – LCZ 2	distancia_centro_km: distância em quilômetros	C7 – LCZ F		C8 – LCZ 8	
C2 – LCZ 9	C9 – LCZ A														
C3 – LCZ 6	C10 – LCZ D														
C4 – LCZ 3B	relevo: altitude (m)														
C5 – LCZ 3	ndvi: índice de vegetação														
C6 – LCZ 2	distancia_centro_km: distância em quilômetros														
C7 – LCZ F															
C8 – LCZ 8															

Tabela – Temperatura do ar 13h

17/09	$t_{17} = 37.868554 - 0.076432 * C_{5_{3x3}} + 0.020316 * C_{6_{3x3}} - 0.025759 * relevo - 0.231743 * C_{10_{33x33}}$														
18/09	$t_{18} = 38.321071 - 0.424295 * distancia_centro_km - 0.144479 * C_{2_{61x61}} - 0.081250 * C_{3_{33x33}} + 0.036013 * C_{4_{61x61}}$														
19/09	$t_{19} = 39.910182 + 0.110983 * C_{8_{33x33}} - 0.039996 * C_{4_{3x3}} + 0.075713 * C_{6_{3x3}}$														
20/09	$t_{20} = 37.353517 - 0.328369 * distancia_centro_km - 0.114797 * C_{8_{69x69}} - 0.027555 * C_{9_{33x33}}$														
21/09	$t_{21} = 36.096018 + 0.094372 * C_{6_{3x3}} - 0.052409 * C_{9_{61x61}}$														
22/09	$t_{22} = 37.744270 + 0.014587 * C_{4_{13x13}} - 0.026097 * C_{5_{3x3}} + 0.046002 * C_{8_{69x69}} + 0.087872 * distancia_centro_km - 0.155856 * C_{10_{33x33}}$														
23/09	$t_{23} = 35.042240 - 0.062988 * C_{9_{61x61}} + 0.294596 * C_{7_{3x3}}$														
<p>C2 61x61 → Janela de abrangência ↓ Classe de LCZ</p> <p>Classes de LCZ:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td>C2 – LCZ 9</td> <td>C9 – LCZ A</td> </tr> <tr> <td>C3 – LCZ 6</td> <td>C10 – LCZ D</td> </tr> <tr> <td>C4 – LCZ 3B</td> <td>relevo: altitude (m)</td> </tr> <tr> <td>C5 – LCZ 3</td> <td>ndvi: índice de vegetação</td> </tr> <tr> <td>C6 – LCZ 2</td> <td>distancia_centro_km: distância em quilômetros</td> </tr> <tr> <td>C7 – LCZ F</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C8 – LCZ 8</td> <td></td> </tr> </table>		C2 – LCZ 9	C9 – LCZ A	C3 – LCZ 6	C10 – LCZ D	C4 – LCZ 3B	relevo: altitude (m)	C5 – LCZ 3	ndvi: índice de vegetação	C6 – LCZ 2	distancia_centro_km: distância em quilômetros	C7 – LCZ F		C8 – LCZ 8	
C2 – LCZ 9	C9 – LCZ A														
C3 – LCZ 6	C10 – LCZ D														
C4 – LCZ 3B	relevo: altitude (m)														
C5 – LCZ 3	ndvi: índice de vegetação														
C6 – LCZ 2	distancia_centro_km: distância em quilômetros														
C7 – LCZ F															
C8 – LCZ 8															

Tabela – Temperatura do ar 20h

17/09	$t_{17} = 29.600585 - 0.534589 * distancia_centro_km - 0.034219 * C_{9_{61x61}} + 0.047754 * C_{5_{69x69}}$
18/09	$t_{18} = 28.045131 - 0.478932 * distancia_centro_km - 0.099426 * C_{2_{61x61}} - 0.012027 * C_{9_{61x61}} - 0.098602 * C_{7_{61x61}} + 0.047742 * C_{5_{61x61}}$
19/09	$t_{19} = 32.966838 - 0.114792 * C_{9_{61x61}} - 0.241654 * C_{2_{61x61}} - 0.348194 * distancia_centro_km - 1.835138 * ndvi$
20/09	
21/09	$t_{21} = 31.386900 - 0.330344 * C_{2_{61x61}} - 0.045475 * C_{6_{61x61}} - 0.075296 * C_{9_{61x61}} - 1.204744 * distancia_centro_km$

22/09	$t22 = 31.152790 - 0.311019 * distancia_centro_km - 0.073625 * C9_{61x61} - 0.169748 * C2_{61x61} + 0.040487 * C5_{69x69} + 0.072149 * C6_{61x61}$
23/09	$t23 = 30.634990 - 0.104300 * C9_{61x61} - 0.263071 * C2_{61x61} - 0.319500 * distancia_centro_km - 1.526516 * ndvi + 0.066809 * C6_{61x61} + 0.021605 * C5_{61x61}$
C2 61x61 → Janela de abrangência ↓ Classe de LCZ	Classes de LCZ: C2 – LCZ 9 C9 – LCZ A C3 – LCZ 6 C10 – LCZ D C4 – LCZ 3B relevo: altitude (m) C5 – LCZ 3 ndvi: índice de vegetação C6 – LCZ 2 distancia_centro_km: distância em quilômetros C7 – LCZ F C8 – LCZ 8

Tabela – Umidade relativa do ar 7h

17/09	$u17 = 70.878725 + 0.112201 * relevo + 0.904560 * distancia_centro_km + 0.716861 * C2_{61x61} + 8.188378 * ndvi - 0.026251 * C9_{61x61} + 0.244890 * C4_{69x69}$
18/09	$u18 = 68.787567 + 0.977027 * C2_{61x61} + 1.482263 * distancia_centro_km + 5.185610 * ndvi - 0.205007 * C5_{69x69}$
19/09	$u19 = 71.833217 + 0.358951 * C2_{61x61} + 0.271171 * distancia_centro_km - 0.087926 * C5_{69x69} + 3.290415 * ndvi + 0.065916 * relevo$
20/09	$u20 = 70.107593 + 1.237869 * distancia_centro_km + 0.456190 * C2_{61x61} - 0.149679 * C5_{61x61} + 4.741628 * ndvi - 0.136597 * C9_{61x61} + 0.040648 * relevo$
21/09	$u21 = 79.117928 + 1.843111 * distancia_centro_km - 0.192686 * C5_{69x69} + 4.420431 * ndvi - 0.103591 * C9_{61x61} + 0.041359 * relevo - 0.334859 * C7_{61x61}$
22/09	$u22 = 63.743704 + 0.163917 * relevo + 0.254698 * C9_{61x61} - 0.187753 * C6_{33x33}$
23/09	$u23 = 77.224388 + 0.527054 * C2_{61x61} + 0.055168 * C9_{61x61} + 0.167006 * relevo - 0.170657 * C5_{61x61} + 5.605135 * ndvi - 0.655723 * distancia_centro_km$
C2 61x61 → Janela de abrangência ↓ Classe de LCZ	Classes de LCZ: C2 – LCZ 9 C9 – LCZ A C3 – LCZ 6 C10 – LCZ D C4 – LCZ 3B relevo: altitude (m) C5 – LCZ 3 ndvi: índice de vegetação C6 – LCZ 2 distancia_centro_km: distância em quilômetros C7 – LCZ F C8 – LCZ 8

Tabela – Umidade relativa do ar 13h

17/09	$u17 = 48.995659 - 0.095087 * C4_{3x3} + 0.047459 * C5_{33x33} - 0.624396 * distancia_centro_km + 5.516190 * ndvi$
18/09	$u18 = 40.301172 + 0.245772 * relevo + 0.350441 * C2_{33x33} - 0.158575 * C6_{3x3} - 1.033285 * distancia_centro_km$
19/09	$u19 = 32.032250 + 0.125647 * relevo - 0.354204 * C6_{3x3} - 1.297286 * C7_{61x61} + 0.210229 * C9_{33x33}$
20/09	$u20 = 42.352138 + 0.175929 * relevo - 0.293632 * C6_{3x3} + 0.205044 * C9_{33x33} - 0.914850 * distancia_centro_km$
21/09	$u21 = 40.934108 + 0.230711 * C5_{13x13} + 0.268772 * relevo$
22/09	$u22 = 39.949116 + 0.194294 * C5_{33x33} - 0.309389 * C8_{33x33} - 0.630249 * C7_{61x61} + 0.198312 * relevo$
23/09	$u23 = 52.086553 + 0.316091 * C5_{33x33} - 0.304612 * C8_{33x33} + 0.172307 * relevo$
C2 61x61 → Janela de abrangência ↓ Classe de LCZ	Classes de LCZ: C2 – LCZ 9 C9 – LCZ A C3 – LCZ 6 C10 – LCZ D C4 – LCZ 3B relevo: altitude (m) C5 – LCZ 3 ndvi: índice de vegetação C6 – LCZ 2 distancia_centro_km: distância em quilômetros C7 – LCZ F C8 – LCZ 8

Tabela – Umidade relativa do ar20h

17/09	$u17 = 81.779488 + 1.508651 * distancia_centro_km - 0.306327 * C5_{61x61}$	
18/09	$u18 = 69.352579 + 1.865026 * distancia_centro_km + 0.907124 * C2_{61x61} + 0.162451 * relevo - 0.180476 * C9_{61x61} - 0.155588 * C5_{61x61} + 3.290518 * ndvi$	
19/09	$u19 = 75.969593 + 0.953485 * C2_{61x61} + 0.412174 * C9_{61x61} - 0.839420 * distancia_centro_km - 0.666665 * C6_{61x61}$	
20/09		
21/09	$u21 = 78.351040 + 4.087159 * distancia_centro_km + 1.955578 * C2_{61x61} - 0.178537 * C6_{69x69}$	
22/09	$u22 = 63.784656 + 0.890730 * C2_{61x61} + 0.063077 * C9_{61x61} + 0.430288 * distancia_centro_km + 8.190151 * ndvi + 0.185774 * relevo$	
23/09	$u23 = 72.929224 + 0.991780 * C2_{61x61} + 0.144665 * C9_{61x61} - 0.067599 * distancia_centro_km - 0.269739 * C6_{61x61} + 0.142690 * relevo + 3.196869 * ndvi$	
C2 ↓ Classe de LCZ	<p>Janela de abrangência</p> <p>→</p>	<p>Classes de LCZ:</p> <p>C2 – LCZ 9 C9 – LCZ A</p> <p>C3 – LCZ 6 C10 – LCZ D</p> <p>C4 – LCZ 3B relevo: altitude (m)</p> <p>C5 – LCZ 3 ndvi: índice de vegetação</p> <p>C6 – LCZ 2 distancia_centro_km: distância em quilômetros</p> <p>C7 – LCZ F</p> <p>C8 – LCZ 8</p>

APÊNDICE B – Coeficientes de correlação e determinação da temperatura do ar

Tabela – Temperatura do ar às 7h

	C2		C3		C4		C5		C6		C7	
	LCZ9		LCZ6		LCZ3B		LCZ3		LCZ2		LCZF	
	r	R ²	r	R ²	r	r	r	R ²	r	R ²	r	R ²
17/09	-0,50	25,10	-0,15	2,28	-0,34	11,88	0,24	6,12	0,65	42,92	-0,10	1,00
18/09	-0,45	20,85	-0,14	2,24	-0,17	2,97	-0,16	2,69	0,61	38,13	-0,08	0,64
19/09	-0,72	53,14	-0,27	7,32	0,06	0,43	0,53	28,29	0,40	16,78	-0,36	13,25
20/09	-0,65	42,38	-0,25	6,29	-0,11	1,32	0,51	26,90	0,65	42,26	-0,52	27,01
21/09	-0,58	34,76	-0,23	5,76	-0,26	6,84	0,55	30,44	0,65	42,40	-0,25	6,23
22/09	-0,54	30,06	-0,11	1,23	-0,05	0,31	0,21	4,51	0,41	17,20	0,004	0
23/09	-0,43	19,18	-0,21	4,70	-0,40	15,89	0,41	17,12	0,56	31,55	-0,26	6,90
	C8		C9		C10		NDVI		Relevo		D. do centro	
	LCZ8		LCZA		LCZD							
	r	R ²	r	R ²	r	R ²	r	R ²	r	R ²	r	R ²
17/09	0,08	0,66	-0,51	26,86	-0,06	0,45	-0,52	27,60	-0,61	38,03	-0,62	38,85
18/09	0,13	1,74	-0,6	36,97	-0,02	0,07	-0,56	32,34	-0,47	22,81	-0,66	43,71
19/09	-0,10	1,00	-0,74	56,08	-0,25	6,65	-0,55	30,88	-0,57	33,29	-0,64	41,78
20/09	-0,27	7,35	-0,51	26,35	-0,15	2,52	-0,54	29,49	-0,61	37,88	-0,75	56,62
21/09	-0,02	0,07	-0,61	38,27	-0,21	4,75	-0,61	37,32	-0,59	35,98	-0,71	51,49
22/09	0,21	4,52	-0,64	41,37	-0,11	1,40	-0,46	21,60	-0,40	16,70	-0,42	18,13
23/09	-0,17	2,92	-0,29	8,91	-0,11	1,40	-0,34	11,96	-0,68	47,23	-0,57	33,30

Tabela – Temperatura do ar às 13h

	C2		C3		C4		C5		C6		C7	
	LCZ9		LCZ6		LCZ3B		LCZ3		LCZ2		LCZF	
	r	R ²	r	R ²	r	r	r	R ²	r	R ²	r	R ²
17/09	0,18	3,38	-0,15	2,25	0,02	0,08	-0,22	4,89	0,22	4,85	-0,18	3,56
18/09	-0,58	33,84	-0,44	20,02	0,40	16,01	0,15	2,55	0,34	11,59	-0,32	10,47
19/09	-0,06	0,48	-0,008	0,01	-0,37	13,90	-0,14	2,16	0,37	13,86	0,21	4,49
20/09	-0,39	15,87	-0,23	5,37	0,24	6,00	0,22	4,85	0,34	11,61	-0,28	8,16
21/09	-0,36	13,15	0,004	0	0,15	2,55	-0,16	2,71	0,47	22,41	-0,08	0,65
22/09	0,06	0,47	0,10	1,04	0,30	7,96	-0,26	7,16	-0,06	0,43	0,03	0,12
23/09	-0,32	10,81	0,17	3,15	0,28	7,98	-0,06	0,45	-0,04	0,23	0,33	10,93
	C8		C9		C10		NDVI		Relevo		D. do centro	
	LCZ8		LCZA		LCZD							
	r	R ²	r	R ²	r	R ²	r	R ²	r	R ²	r	R ²
17/09	0,12	1,46	-0,04	0,17	-0,18	3,56	-0,11	1,36	-0,25	6,34	-0,01	0,01
18/09	-0,19	3,63	-0,50	25,68	-0,12	1,53	-0,23	5,61	-0,18	3,34	-0,65	43,21
19/09	0,48	23,21	-0,20	4,12	0,17	3,01	-0,29	8,49	-0,002	0	-0,17	2,98
20/09	-0,47	22,30	-0,41	17,51	0,008	0,01	-0,21	4,47	-0,32	10,36	-0,64	42,00
21/09	-0,07	0,51	-0,42	17,87	-0,05	0,35	-0,24	6,05	-0,40	16,28	-0,27	7,65
22/09	0,24	6,18	-0,09	0,95	-0,20	4,29	0,14	2,12	0,04	0,20	0,24	5,98
23/09	0,27	7,57	-0,38	14,75	-0,03	0,10	-0,01	0,01	0,03	0,13	0,18	3,56

Tabela – Temperatura do ar às 20h

	C2		C3		C4		C5		C6		C7	
	LCZ9		LCZ6		LCZ3B		LCZ3		LCZ2		LCZF	

	r	R ²	r	R ²	r	r	r	R ²	r	R ²	r	R ²
17/09	-0,60	37,20	-0,28	7,63	0,04	0,16	0,60	35,70	0,55	29,70	-0,40	16,46
18/09	-0,66	43,56	-0,30	9,26	0,16	2,82	0,60	35,77	0,48	22,84	0,60	35,95
19/09	-0,74	55,57	-0,19	3,83	0,18	3,44	0,44	19,72	0,43	18,57	-0,002	0
20/09												
21/09	-0,72	51,30	0,27	6,95	0,19	3,59	0,38	14,07	0,49	23,87	0,33	10,84
22/09	-0,75	56,53	-0,21	4,45	0,05	0,25	0,52	27,84	0,58	34,26	-0,30	9,48
23/09	-0,80	65,20	-0,13	1,79	0,10	1,03	0,47	22,09	0,57	32,52	-0,33	10,96
	C8		C9		C10		NDVI		Relevo		D. do centro	
	LCZ8		LCZA		LCZD							
	r	R ²	r	R ²	r	R ²						
17/09	-0,16	2,64	-0,66	43,63	-0,17	2,85	-0,61	37,54	-0,33	11,33	-0,81	65,76
18/09	-0,28	7,78	-0,65	42,54	-0,18	3,70	-0,56	30,98	-0,32	10,21	-0,82	67,64
19/09	0,11	1,43	-0,80	62,73	-0,07	0,49	-0,61	37,30	-0,23	5,46	-0,70	46,43
20/09												
21/09	0,34	0,11	-0,63	40,0	0,05	0,28	-0,53	29,03	-0,20	4,21	-0,77	58,59
22/09	0,009	0,01	-0,77	59,14	-0,06	0,42	-0,62	39,43	-0,37	13,45	-0,77	59,30
23/09	-0,01	0,02	-0,83	69,10	-0,09	0,83	-0,65	42,6,	-0,35	12,65	-0,77	59,32

APÊNDICE C – Coeficientes de correlação e determinação da umidade relativa

Tabela – Umidade relativa do ar às 7h

	C2		C3		C4		C5		C6		C7	
	LCZ9		LCZ6		LCZ3B		LCZ3		LCZ2		LCZF	
	r	R ²	r	R ²	r	r	r	R ²	r	R ²	r	R ²
17/09	0,50	24,52	0,11	1,36	0,40	16,23	-0,42	17,86	-0,47	22,98	0,07	0,63
18/09	0,68	46,73	0,21	4,53	0,10	1,13	-0,50	25,04	-0,51	26,64	0,15	2,27
19/09	0,65	43,21	0,30	9,03	0,11	1,34	-0,51	27,01	-0,42	18,35	0,20	3,99
20/09	0,67	45,27	0,26	6,94	0,09	0,89	0,60	36,61	-0,50	25,76	0,40	16,76
21/09	0,50	25,19	0,26	7,07	0,20	3,74	-0,61	37,86	-0,54	30,00	0,36	13,65
22/09	0,33	10,95	-0,02	0,05	0,17	2,87	0,05	0,32	-0,38	14,74	-0,15	2,50
23/09	0,61	37,36	0,09	0,98	0,22	5,16	-0,53	28,72	-0,32	10,77	0,003	0
	C8		C9		C10		NDVI		Relevo		D. do centro	
	LCZ8		LCZA		LCZD							
	r	R ²	r	R ²	r	R ²	r	R ²	r	R ²	r	R ²
17/09	0,07	0,51	0,40	16,44	0,12	1,58	0,48	23,70	0,54	32,96	0,55	31,23
18/09	-0,007	0	0,58	34,37	0,19	3,89	0,50	25,65	0,36	13,55	0,65	42,85
19/09	-0,07	0,50	0,54	29,93	0,16	2,88	0,51	26,66	0,50	25,15	0,61	38,06
20/09	0,23	5,71	0,56	32,15	0,17	3,08	0,57	32,61	0,49	24,74	0,80	62,81
21/09	0,24	5,88	0,47	22,94	0,12	1,46	0,55	31,04	0,47	22,72	0,77	60,19
22/09	-0,28	7,99	0,41	17,16	-0,06	0,46	0,32	10,48	0,42	17,67	0,24	6,24
23/09	-0,08	0,76	0,59	33,92	0,21	4,59	0,45	20,75	0,54	29,44	0,45	20,16

Tabela – Umidade relativa do ar às 13h

	C2		C3		C4		C5		C6		C7	
	LCZ9		LCZ6		LCZ3B		LCZ3		LCZ2		LCZF	
	r	R ²	r	R ²	r	r	r	R ²	r	R ²	r	R ²
17/09	0,08	0,75	-0,04	0,19	-0,28	8,24	0,29	7,91	-0,08	0,77	0,07	0,61

18/09	0,27	7,82	0,13	1,96	-0,27	7,68	0,22	5,22	-0,26	6,84	0,07	0,59
19/09	0,21	4,45	-0,05	0,35	0,08	0,69	0,14	2,11	-0,03	8,54	-0,24	5,83
20/09	0,30	9,31	-0,01	0,01	0,16	2,68	0,12	1,65	-0,43	18,67	-0,03	0,13
21/09	0,04	0,25	0,01	0,01	-0,08	0,78	0,34	11,62	-0,28	8,10	-0,05	0,35
22/09	-0,02	0,04	-0,06	0,41	-0,10	1,13	0,38	14,13	-0,11	1,28	-0,24	6,17
23/09	0,04	0,21	-0,18	3,23	-0,07	0,59	0,43	19,26	-0,20	3,99	-0,23	5,42
	C8		C9		C10		NDVI		Relevo		D. do centro	
	LCZ8		LCZA		LCZD							
	r	R ²	r	R ²	r	R ²						
17/09	-0,06	0,48	0,17	3,02	0,10	1,16	0,11	1,32	0,15	0,54	-0,18	3,46
18/09	0,03	0,10	0,20	3,74	-0,02	0,07	0,01	0,03	0,43	18,64	0,15	2,40
19/09	-0,20	3,70	0,22	5,05	-0,008	0,01	0,08	0,78	0,27	7,33	0,04	0,21
20/09	-0,01	0,01	0,38	14,96	-0,02	0,08	0,25	6,11	0,53	28,48	0,27	7,66
21/09	-0,18	3,38	0,07	0,60	0,01	0,02	-0,04	0,23	0,30	9,45	-0,05	0,26
22/09	-0,31	10,01	0,04	0,25	-0,10	1,05	-0,07	0,59	0,14	2,03	-0,23	5,35
23/09	-0,29	8,98	0,04	0,24	0,03	0,10	-0,06	0,45	0,09	0,99	-0,23	5,55

Tabela – Umidade relativa do ar às 20h

	C2		C3		C4		C5		C6		C7	
	LCZ9		LCZ6		LCZ3B		LCZ3		LCZ2		LCZF	
	r	R ²	r	R ²	r	r	r	R ²	r	R ²	r	R ²
17/09	0,41	17,24	0,13	1,69	0,12	1,56	-0,61	37,82	-0,38	15,10	0,35	12,39
18/09	0,74	55,85	0,21	4,82	0,04	0,16	-0,55	30,84	-0,60	36,06	0,50	25,60
19/09	0,71	51,07	0,08	0,75	0,07	0,59	-0,21	4,45	-0,55	30,81	0,07	0,63
20/09												
21/09	0,75	57,53	0,24	6,00	-0,08	0,74	-0,32	10,35	-0,56	31,48	0,28	8,25
22/09	0,71	51,21	0,06	0,94	0,14	2,06	-0,34	11,68	-0,61	37,30	0,16	2,59
23/09	0,76	58,57	0,06	0,39	0,05	0,27	-0,37	14,18	-0,56	31,93	0,06	0,48
	C8		C9		C10		NDVI		Relevo		D. do centro	
	LCZ8		LCZA		LCZD							
	r	R ²	r	R ²	r	R ²	r	R ²	r	R ²	r	R ²
17/09	0,24	6,16	0,34	12,09	0,13	1,79	0,43	18,99	0,17	2,90	0,58	34,37
18/09	0,29	8,47	0,60	35,62	0,19	3,90	0,51	26,44	0,61	38,37	0,80	64,82
19/09	-0,10	1,16	0,69	48,67	0,09	0,84	0,52	28,04	0,50	25,74	0,57	32,95
20/09												
21/09	0,002	0	0,61	37,50	0,02	0,08	0,50	26,00	0,31	10,00	0,76	58,07
22/09	-0,08	0,68	0,65	43,47	0,14	2,20	0,55	30,36	0,54	29,25	0,62	39,45
23/09	-0,03	0,10	0,68	46,74	0,09	0,83	0,51	26,38	0,54	30,20	0,63	40,31

APÊNDICE D – Artigos usados como amostra na revisão sistemática

Título	Autoria	Ano de publicação
Estabilidade atmosférica e comportamento de zonas climáticas locais em São José do Rio Preto - SP	MASIERO, E.; e SOUZA, L. C. L.	2014
Urban heat island analysis using the ‘local climate zone’ scheme in Presidente Prudente, Brazil	CARDOSO, R. S.; e AMORIM, M. C. C. T.	2018
Relationship between urban form, land surface temperature, and vegetation indices in a subtropical megacity	FERREIRA, L. S.; e DUARTE, D. H. S.	2019
Effect of LCZ classification on ozone chemical transport model simulations in Sao Paulo, Brazil	FRANCO, D. M. P.; ANDRADEA, M. F.; YNOUEA, R. Y.; CHING, J.	2019
Analysis of temperature variability within outdoor urban spaces	PACIFICI, M.; RAMAB, F.; e MARINS, K. R. C.	2019
Sea Breeze Front and Outdoor Thermal Comfort during Summer in Northeastern	ANJOS, M.; LOPES, A.; LUCENA, A. J.; e MENDONÇA, F.	2020
Variação da temperatura da superfície através de imagens ASTER em zonas climáticas locais da cidade de Cuiabá	FERREIRA, H. V. L. e UGEDA JÚNIOR, J. C.	2020
Propriedades da superfície e variáveis climáticas para modelagem de zonas climáticas locais em Presidente Prudente	CARDOSO, R. S.; e AMORIM, M. C. C. T.	2021
An explicitly spatial approach to identify heat vulnerable urban areas and landscape patterns	FERREIRA, F. L. S.; PEREIRA, E. B. GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; BEZERRA, F. G. S.	2021
Análise por meio de transecto móvel das ilhas de calor e de frescor na região do Coxipó em Cuiabá – MT (Brasil)	LIMA, L. O. S.; ASCURRA, R. E.; VALIN JR, M. O.; SANTOS, F. M. M.	2021
Análise das Ilhas de Calor Urbano sobre Zonas Climáticas Locais com o uso de VANT em uma cidade média	MEGDA, O. R.; e MASIERO, E.	2021
Socio-spatial inequality and its relationship to thermal (dis)comfort in two major LCZ in a tropical coastal city	PEREIRA, C. T.; MASIERO, E.; e BOURSCHEIDT, V.	2021
Magnitudes do fenômeno da ilha de calor urbana em Sacramento (MG)	PINTON, L. G.; RIBEIRO, M. C. A.; SUIZU, T. M.; e AMORIM, M. C. C. T.	2021
Caracterização de zonas climáticas locais na cidade de Santa Maria - RS	ZAMBONATO, B.; LIMA, K. F. S.; LEHR, P. M.; ALBERNARD, R. S.; e GRIGOLETTI, G. C.	2021
LCZ, SVF and Magnitude of Daytime/Nighttime Urban Heat Islands in Balneário Camboriú, SC, Brazil	HOPPE, I. L.; WOLLMANN, C. A.; BUSS, A. S.; GOBO, J. P. A.; e SHOOSHTARIAN, S.	2022
Intensidade, magnitude e evolução diária da ilha de calor atmosférica em cidades de pequeno porte	TEIXEIRA, D. C. F.; e AMORIM, M. C. C. T.	2022
Outdoor Human Thermal Comfort along Bike Paths in Balneário Camboriú/SC, Brazil	WRITZL, L.; WOLLMANN, C. A.; COSTA, I. T.; GOBO, J. P. A.; SHOOSHTARIAN, S.; e MATZARAKIS, A.	2022

Todos os direitos reservados



Manaus – AM
2025