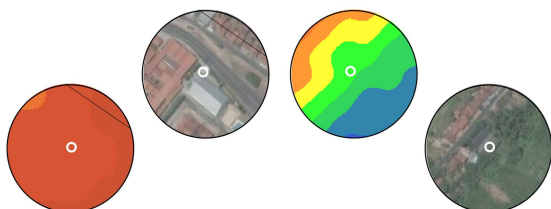
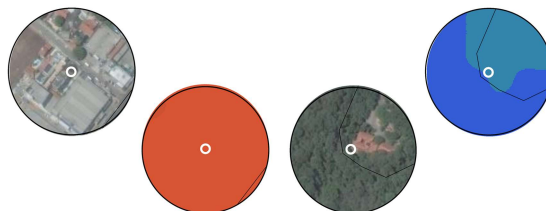


GUILHERME SILVA DE SOUSA



**O CLIMA E AS PRÁTICAS AGRÍCOLAS URBANAS E PERIURBANAS
EM NATAL (RN): análise sobre as ilhas de calor urbanas**



GUILHERME SILVA DE SOUSA

**O CLIMA E AS PRÁTICAS AGRÍCOLAS URBANAS E PERIURBANAS EM
NATAL (RN): análise sobre as ilhas de calor urbanas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG), da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade Ciências e Tecnologia (FCT) – Campus Presidente Prudente como requisito para aquisição do título de mestre em Geografia.

Área de concentração: Produção do espaço geográfico.

Mestrando: Guilherme Silva de Sousa

Orientadora: Profa. Dra. Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

Pesquisa financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) – **processo nº 03960-1**

Presidente Prudente – SP
2021

S725c

Sousa, Guilherme Silva de

O clima e as práticas agrícolas urbanas e periurbanas em Natal

(RN) : análise sobre as ilhas de calor urbanas / Guilherme Silva de Sousa. -- Presidente Prudente, 2021

119 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente
Orientadora: Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

1. Clima urbano. 2. Agricultura urbana e periurbana. 3. Temperatura. 4. Ilhas de calor urbanas. 5. Natal. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Presidente Prudente

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: O CLIMA E AS PRÁTICAS AGRÍCOLAS URBANAS EM NATAL (RN): análise sobre as ilhas de calor urbanas

AUTOR: GUILHERME SILVA DE SOUSA

ORIENTADORA: MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Geografia, área:
Produção do Espaço Geográfico pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM (Participação Virtual)
Departamento de Geografia / FCT/UNESP - Câmpus de Presidente Prudente

Prof. Dr. JOSE CARLOS UGEDA JUNIOR (Participação Virtual)
Departamento de Geografia / UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Profa. Dra. ROSANGELA APARECIDA DE MEDEIROS HESPANHOL (Participação Virtual)
Departamento de Geografia / FCT/UNESP - Câmpus de Presidente Prudente

Presidente Prudente, 28 de setembro de 2021

Dedico a todos(as) – *in memoriam* – que
tiveram suas vidas interrompidas pela
COVID-19, FORA BOLSONARO!

AGRADECIMENTOS

A pós-graduação é um desafio e uma grande oportunidade a ser alcançada, especialmente, por representar um amadurecimento não só do ponto de vista intelectual como também de vida. É um lugar cheio de enlaces e contrassensos, que envolve uma grande rede de colaboração, que não é apenas só profissional, mas também afetiva.

E, por tamanha oportunidade – com revés de privilégio e desejo pessoal de direito –, dedico esse espaço em agradecimento sincero, afetivo e íntimo a todos(as) aqueles(as) que de alguma forma fizeram parte deste ciclo. A vocês dedico admiração e grande respeito.

Espero não passar batido por nenhum nome, mas, caso esqueça, saiba que maior do que isso é o significado que carrego em mim como prova de gratidão e respeito.

Agradeço aos meus pais, Maria da Silva Filha e Antonio Martins de Sousa, por confiarem a mim o destino de um mundo melhor.

À minha irmã, Lilian Severo da Silva, por demonstrar que a nossa ligação ultrapassa os laços sanguíneos, tempo e distância e se afirma na afetividade e respeito mútuo.

Aos meus sobrinhos, Renan da Silva Nascimento e Gabriel da Silva Araújo, por crescerem com bastante sagacidade e por me darem o privilégio de reconhecê-los como os filhos que ainda não tenho.

Agradeço, em especial, à professora Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim, por todos esses anos de orientação, paciência, apoio, conselhos, conversas e risos, pelos quais serei grato em todo o caminhar da vida.

Dedico um muito obrigado a todos os professores do departamento de Geografia da FCT/UNESP e outros departamentos, sem os quais não seria possível mais uma formação consistente e de qualidade.

Em especial, à professora Maria Encarnação Beltrão Sposito (Carminha) e ao Eliseu Savério Sposito, por me ajudarem com tamanha gentileza no que se refere à permanência e residência em Presidente Prudente.

Ainda cabe aqui um agradecimento especial aos professores que consubstanciaram outras etapas da minha formação escolar no ensino básico e médio: professora Sônia Maria Guerato (História), professor Leandro Pam

(Geografia), a quem atribuo parte do estímulo para escolha da minha área de formação, e à professora Rosemar de Tilio (Filosofia e Sociologia),

Agradeço a todos(as) aqueles(as) que me deram o privilégio e oportunidade, durante todo esse período acadêmico, de chamá-los(as) de amigos(as). Levarei vocês em memória e coração pela infinidade e desdobramentos do universo.

Em especial a Barbara, Alceu, Brunara, Diana, Lenira, Nany, Gleice, Vitória, Gustavo, Luís, Juninho, Lucas Campesino, Nathália Cristiny, Natália Pires, Sara, Yago, Camilla, Vanessa, Lisie, Robson, Giulia, Agda, Jéssica, Caio Vinicius, Yuri, entre tantos outros(as). Vocês são excepcionais naquilo que são ou escolherem ser!

Um agradecimento mais que especial à minha amiga e companheira de casa, Letícia Fernanda de Lima, por todos esses 2 anos morando juntos e amadurecendo conjuntamente para a vida.

Agradeço aos colegas e amigos do Grupo de Pesquisa Interações na Superfície Terrestre, Água e Atmosfera (GAIA), pelas trocas, oficinas, reuniões, discussões, interações, etc.

Deixo um agradecimento aos(às) produtores(as) agrícolas urbanos(as) que me receberam em suas propriedades ou locais de cultivo em Natal e permitiram com bastante receptividade e acolhimento a execução de parte desta pesquisa.

Agradeço também aos gestores e equipe do “Parque Estadual das Dunas de Natal”, do Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente (IDEMA), Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), campus Zona Norte e a Guarda Municipal do Natal (GMN) pela permissividade de execução da pesquisa em vossas dependências.

É quase impossível definir em palavras o tamanho do agradecimento que devo à minha amiga Lorene, que me recebeu em Natal, de tal forma que as palavras me escapam à boca e aos dedos (risos). Amiga, muitíssimo, mas muitíssimo obrigado.

Deixo um agradecimento também a toda a comunidade LGBTQIA+, da qual faço parte, e sinalizo que este é um lugar [a pós-graduação] que devemos ocupar por direito. Não aceitaremos, nunca mais, menos do que isso, como forma de enfrentamento a todo o preconceito que permeia nossa sociedade.

Encerrando a lista de agradecimentos, destaca-se que este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – processo nº 88887.115964/2016-01.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – processo nº 33140/2019-9, pelos 2 meses de financiamento público da pesquisa.

E, por fim, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) – processo nº 03960-1/2019, pelo financiamento e oportunidade de desenvolvimento deste trabalho.

*“[...] Aqui em Nova Amsterdã, tem vibe de
ferveção. Faz calor o ano inteiro, 365 dias
de verão.”*

Luísa Nascim – Luísa e os Alquimistas

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar os efeitos ambientais das práticas agrícolas urbanas e periurbanas nas áreas selecionadas do município de Natal (RN), dando ênfase às condições de temperatura de superfície, temperatura do ar e heterogeneidade do ambiente urbano construído e não construído. O Sistema Clima Urbano (SCU) de Monteiro (1976) foi utilizado como pressuposto teórico-metodológico para investigar as especificidades das áreas com cultivo em relação às áreas construídas da cidade. A metodologia consistiu na observação de campo, utilização de técnicas e procedimentos do Sensoriamento Remoto, elaboração de mapas temais, de NDVI e de síntese da direção e velocidade do vento, painéis espaço-temporais, etc., que contribuíram para o diagnóstico das intensidades de temperatura de superfície, do ar e das ilhas de calor urbanas no recorte selecionado. Em complementação a esses procedimentos, foi utilizada a proposta teórico-metodológica da análise rítmica de Monteiro (1971) com o intuito de demonstrar a sucessão habitual dos tipos de tempo na cidade durante o trabalho de campo da pesquisa. Os resultados demonstraram que as práticas agrícolas urbanas e periurbanas, quando avaliadas sob a ótica das ilhas de calor urbanas, apresentam potenciais mitigatórios, no que se refere à caracterização da estrutura térmica da cidade. Por fim, considerou-se, por meio dos resultados, que tais práticas podem contribuir para o ordenamento e planejamento territorial urbano, especialmente, no que se refere à consolidação de cidades mais saudáveis e adaptadas à noção de sustentabilidade e, por conseguinte, ao bem-estar social e ambiental de sua respectiva população.

Palavras-chave: Clima urbano, Agricultura urbana e periurbana, Temperatura, Ilhas de calor urbanas, Natal (RN).

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the environmental effects of urban and peri-urban agricultural practices in selected areas of the city of Natal (RN), emphasizing the conditions of surface temperature, air temperature and heterogeneity of the built and non-built urban environment. Monteiro's (1976) Urban Climate System (SCU) was used as a theoretical-methodological assumption to investigate the specificities of areas with cultivation in relation to built-up areas in the city. The methodology consisted of field observation, use of Remote Sensing techniques and procedures, preparation of thermal maps, NDVI and wind direction and speed synthesis, spatiotemporal panels, etc., which contributed to the diagnosis of intensities of surface temperature, air temperature, and urban heat islands in the selected cutout. In addition to these procedures, Monteiro's (1971) theoretical-methodological proposal of rhythm analysis was used to demonstrate the usual succession of types of time in the city during the research fieldwork. The results showed that urban and peri-urban agricultural practices, when evaluated from the perspective of urban heat islands, present mitigating potential, regarding the characterization of the city's thermal structure. Finally, it was considered, through the results, that such practices can contribute to urban territorial planning and ordering, especially regarding the consolidation of healthier cities adapted to the notion of sustainability and, therefore, to the social and environmental well-being of its respective population.

Keywords: Urban climate, Urban and peri-urban agriculture, Temperature, Urban heat islands, Natal (RN).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – <i>Local Climate Zones</i> de Stewart (LCZ)	26
Figura 2 – Abrigo solar e <i>DATA LOGGER</i> (U23-002) – HOBO.....	32
Figura 3 – Perfil clássico de formação da ilha de calor urbana	43
Figura 4 – Processamento de imagens de satélite	50
Figura 5 – Mapa da localização de Natal – RN	53
Figura 6 – Mapa geológico do Rio Grande do Norte – RN.....	57
Figura 7 – Síntese dos tipos de climas do Brasil com base na frequência de TCA...58	
Figura 8 – Mapa da vegetação do Rio Grande do Norte.....	59
Figura 9 – Mapa das localidades com práticas agrícolas urbanas em Natal – RN....	61
Figura 10 – Mapa das áreas selecionadas para instalação dos sensores	62
Figura 11 – Caracterização paisagística do ponto nº 1 – AU, LCZ 3	64
Figura 12 – Caracterização paisagística do nº ponto 2 – Urbano, LCZ 28D	65
Figura 13 – Caracterização paisagística do ponto nº 3 – VD, LCZ A	66
Figura 14 – Classificação paisagística do ponto nº 4 – Urbano, LCZ 3.....	67
Figura 15 – Classificação paisagística do ponto nº 5 – Urbano, LCZ 7.....	68
Figura 16 – Classificação paisagística do ponto nº 6 – AU, LCZ 3D	69
Figura 17 – Classificação paisagística do ponto nº 7 – AP, LCZ 9.....	70
Figura 18 – Parque das Dunas em Natal, Rio Grande do Norte (RN).....	73
Figura 19 – Mapa-síntese da direção e velocidade do vento em Natal – RN no mês de fevereiro de 2020.....	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Enumeração espacial das áreas de registro	33
Tabela 2 – Propriedades radiativas dos materiais urbanos	51

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Fórmula de conversão de ND para radiância	28
Equação 2 – Fórmula de correção atmosférica com parâmetros de superfície	28
Equação 3 – Fórmula de conversão da temperatura em escala Kelvin (K).....	29
Equação 4 – Operação de conversão das temperaturas em K para °C.....	29
Equação 5 – Operação para obtenção das intensidades de temperatura.....	29
Equação 6 – Operações e divisão das faixas espectrais de conformação do NDVI .	30
Equação 7 – Fórmula para obtenção das intensidades de temperatura do ar	34

LISTA DE PRANCHAS

Prancha 1: Espacialização das intensidades de temperatura de superfície em Natal – RN no período chuvoso.....	79
Prancha 2: Espacialização dos valores de NDVI para Natal – RN no período chuvoso	80
Prancha 3: Espacialização das intensidades de temperatura de superfície em Natal – RN no período menos chuvoso	84
Prancha 4: Espacialização dos valores de NDVI para Natal – RN no período menos chuvoso	85
Prancha 5: Painéis espaço-temporais das intensidades de temperatura do ar para o mês de fevereiro de 2020 em Natal – RN	107

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Análise rítmica para o mês de fevereiro de 2020 em Natal – RN	91
--	----

LISTA DE SIGLAS

AMIGS = Associação de Amigos e Produtores de Hortaliças Moradores do Sítio Gramoré e Adjacências

AP = Agricultura Periurbana

AU = Agricultura Urbana

AUP = Agricultura Urbana e Periurbana

BANT = Base Aérea de Natal

CAPES = Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CNPq = Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

EMBRAPA = Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EUA = Estados Unidos da América

FAPESP = Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FCT = Faculdade de Ciências e Tecnologia

GAIA = Grupo de Pesquisa Interações na Superfície Terrestre, Água e Atmosfera

GOES = *Geostationary Operational Environmental Satellite*

IBGE = Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INFRAERO = Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária

INMET = Instituto Nacional de Meteorologia

INPE = Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IT = Instabilidade Tropical

L = Leste

LCZ = *Local Climate Zones*

MAPA = Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MDS = Ministério do Desenvolvimento Social

MG = Minas Gerais

MT = Mato Grosso

ND = Número Digitais

NE = Nordeste

NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR = *Near Infra Red*

PLC = Projeto de Lei da Câmara

PPGG = Programa de Pós-Graduação em Geografia

REM = Radiação Eletromagnética

Rep = Repercussões de Frente

RJ = Rio de Janeiro

RN = Rio Grande do Norte

S = Sul

SBNT = Aeroporto Internacional Augusto Severo

SBSG = Aeroporto Internacional de Natal

SCU = Sistema Clima Urbano

SC = Santa Catarina

SE = Sudeste

SO = Sudoeste

SP = São Paulo

mTa = Massa Tropical Atlântica

TIRS-1 = *Thermal Infrared Sensor 1*

UB = Urbano

UFRN = Universidade Federal do Rio Grande do Norte

UNESP = Universidade Estadual Paulista

USGS = *United States Geological Survey*

VD = Vegetação Densa

ZCIT = Zona de Convergência Intertropical

ZPA = Zona de Proteção Ambiental

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	19
2. OBJETIVOS	23
2.1 Objetivo geral	23
2.2 Objetivos específicos	23
3. PERCURSO METODOLÓGICO PARA DIAGNÓSTICO DOS EFEITOS AGRÍCOLAS NAS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE NATAL	24
3.1 Revisão bibliográfica e articulação dos temas de pesquisa	24
3.2 Análise das áreas agrícolas, mapeamento e seleção representativa	25
3.3 Caracterização das localidades agrícolas e urbanas: <i>Local Climate Zones</i> (LCZ)	26
3.4 Aquisição e tratamento de imagens termais do satélite <i>Landsat 8</i>	27
3.5 Aquisição e tratamento de imagens para elaboração do NDVI	30
3.6 Mensuração, coleta e tratamento de dados meteorológicos de superfície	32
3.7 Elaboração de painéis espaço-temporais de temperatura do ar	33
3.8 Gráfico de análise rítmica do mês de fevereiro de 2020	35
3.9 Síntese da direção e velocidade do vento do mês de fevereiro de 2020	35
4. TEORIA E PRÁTICA PARA O ESTUDO DO CLIMA URBANO E ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE NATAL	37
4.1 CLIMA URBANO: o ar comprometido e a atmosfera urbana	38
4.1.1 <i>Ilhas de calor urbanas: conceituação, tipos, intensidades e magnitudes</i>	42
4.2 PRÁTICAS AGRÍCOLAS URBANAS: conceituação, susceptibilidade ambiental e experiências	45
4.3 SENSORIAMENTO REMOTO: técnica, ciência e procedimento	50
5. ENTRE SOL E MAR: Natal (RN)	53
5.1 História e Urbanização	53
5.2 Fatores Geográficos e Associações Geoecológicas	56
6. PONTOS FIXOS: localização e caracterização	61
6.1 Caracterização paisagística dos pontos fixos	63
7. DIANÓSTICO DAS ILHAS DE CALOR URBANAS EM NATAL (RN)	71
7.1 As ilhas de calor de superfície no período chuvoso em Natal	72
7.2 As ilhas de calor de superfície no período menos chuvoso em Natal	81
7.3 As ilhas de calor atmosféricas em Natal: intensidades e magnitudes	86
7.3.1 <i>Análise rítmica do mês de fevereiro de 2020</i>	87

7.3.2 Síntese da direção e velocidade do vento para o mês de fevereiro de 2020	92
7.3.3 Análise das intensidades de temperatura do ar do mês de fevereiro de 2020.....	96
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111

As reflexões, opiniões, conclusões ou recomendações sugeridas por este trabalho são de integridade dos autores e não, necessariamente, refletem a visão da FAPESP.

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O processo de urbanização brasileira tem mostrado que os diferentes espaços urbanos foram construídos, muitas vezes, de forma desordenada ou associados aos diferentes tipos de interesses que beiram a área econômica e/ou política de diversos agentes produtores do espaço (SANTOS, 1993; 2006).

As consequências desse processo, que sistematicamente negligencia o tratamento adequado para com o ambiente e suas formas, indicam diferentes impactos nas dinâmicas da natureza, sobretudo, naquelas relacionadas à água, à vegetação, ao solo, ao clima, entre outros aspectos inscritos na paisagem antes de suas transformações (AMORIM, 2020).

O detrato com a questão ambiental tem sido avaliado desde os anos 1950 em inúmeras realidades urbanas pelo país. Esse período foi reconhecido pela intensificação da urbanização brasileira e consequente estruturação de diferentes espaços urbanos pelo território, que tendem a seguir uma lógica paradigmática pautada no capital imobiliário, que é agressivamente construtivo nas cidades (SANTOS, 1993).

Os estudos sobre o clima urbano a partir dessa perspectiva se mostram cada vez mais relevantes, pois possibilitam a caracterização e diagnóstico de parte desses processos, tais como a expansão territorial urbana, enquanto um possível fator de impacto à vida cotidiana dos(as) habitantes das cidades, principalmente no que diz respeito ao bem-estar social e à qualidade ambiental urbana.

Além disso, esses estudos podem demonstrar como a ineficiência do engajamento público dos agentes promotores da gestão, do planejamento e/ou ordenamento territorial urbano, tem sido vista como mais um elemento propulsor para a incursão de novos problemas de origem ambiental e/ou urbano nas respectivas áreas urbanas do país, principalmente naquelas em que a expansão territorial urbana tem avançado sem maior acuidade (SANTOS, 1993).

As consequências desse processo histórico são e foram frequentemente notabilizadas na perspectiva da qualidade ambiental urbana, que é reconhecida como uma das principais frentes para o enfrentamento dos atuais problemas urbanos relacionados às dinâmicas da natureza, sendo esta última, alvo constante da

desmobilização e descomprometimento público por parte de tais agentes produtores e interventores do espaço (LEFF, 2001; SANTOS, 2006).

A falta de mobilização pública, mencionada anteriormente, somada aos problemas ambientais de origem urbana, tem feito com que a crise ambiental não só perdure por mais tempo, como se intensifique de múltiplas formas e em diferentes lugares de nossa sociedade.

Isso, seja moldando nossa estrutura de sociedade por meio de limitações no domínio econômico e no desenvolvimento populacional, como também no aumento das desigualdades socioespaciais espalhadas pelo território, percebidas nas paisagens e solidificadas no(s) lugar(es) (LEFF, 2001; SOUZA, 2007).

Tais fatos têm refletido a necessidade urgente de se investir em alternativas que preconizam o desenvolvimento social ecologicamente mais sustentável, sobretudo na mitigação das condições de adversidades ocasionadas por tais movimentos e dinâmicas próprias do ambiente urbano em desequilíbrio com os processos e dinâmicas da natureza (MENDONÇA, 2001; SANTOS, 1993).

Nesse sentido, a agricultura praticada no interior e periferias das cidades se apresenta como um potencial à intencionalidade sugerida anteriormente, pois “[...] a utilização de pequenas superfícies situadas dentro das cidades ou em suas respectivas periferias para a produção agrícola e criação de pequenos animais, destinados ao consumo próprio ou à venda em mercados locais” (MACHADO e MACHADO, 2002, p.1), pode contribuir para a mitigação de problemas de ordem socioambiental ou urbano, como as ilhas de calor urbanas, o desconforto térmico, a poluição do ar, impermeabilização do solo, dentre outros.

A partir dessas considerações a respeito da agricultura urbana e periurbana, busca-se, com este trabalho, situar a potencialidade da referida atividade agrícola enquanto elemento geoecológico na estrutura do que se convencionou chamar de Sistema Clima Urbano de Monteiro (1976), como forma de mitigação aos problemas socioambientais decorrentes do desequilíbrio energético causado pela urbanização e o ambiente transformado.

A proposta teórico-metodológica do Sistema Clima Urbano (SCU) torna-se relevante para esse propósito, por abarcar uma perspectiva integradora e dinâmica da atmosfera, que considera o ar comprometido e a urbanização das superfícies terrestres, além de ser referência em diversos estudos de clima urbano no país e fora dele.

Na mesma abordagem integradora e dinâmica do clima urbano, destacam-se como significativos os estudos realizados por: MENDONÇA, 1994; BRANDÃO, 1996; AMORIM, 2000, 2020; UGEDA JUNIOR, 2012; RAMPAZZO, 2015, entre outros, que consideraram em seus trabalhos os pressupostos paisagísticos de ocupação, uso e cobertura da terra como elementos para a mitigação dos quadros climáticos notabilizados em suas pesquisas e abordagens.

Buscando alcançar a mesma eficiência científica de tais autores e sob o mesmo enquadramento teórico-metodológico do Sistema Clima Urbano, este trabalho esteve focado em analisar os efeitos ambientais das práticas agrícolas urbanas e periurbanas nas áreas selecionadas do município de Natal, Rio Grande do Norte (RN), dando ênfase às condições de temperatura da superfície, temperatura do ar e heterogeneidade do ambiente urbano construído e não construído.

Para isso, foi empreendido um percurso metodológico, que considerou uma sequência de procedimentos que perpassa desde a revisão teórica e bibliográfica, caracterização da área de estudo, seleção de pontos representativos e trabalho de campo até a elaboração de mapas, gráfico, tabelas e painéis espaço-temporais para melhor representação dos resultados.

Logo, estruturalmente, este trabalho está organizado em 9 seções, que seguem uma sequência lógica de organização do pensamento científico acerca dos objetos e temáticas selecionadas. Abaixo, apresenta-se de forma resumida cada um deles:

Nesta seção 1, intitulada INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA: apresenta-se de forma sintética e introdutória, os temas selecionados, a problemática de pesquisa, bem como parte dos percalços metodológicos utilizados para aferição, produção e reflexão de resultados.

Seção 2, intitulada OBJETIVOS: nesta seção, é indicado, de forma aberta e direta, o objetivo geral e objetivos específicos da pesquisa.

Seção 3, intitulada PERCURSO METODOLÓGICO PARA DIAGNÓSTICO DOS EFEITOS AGRÍCOLAS NAS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE NATAL: são ressaltados todos os procedimentos realizados para aferição e produção de resultados, segundo os propósitos delimitados no trabalho.

Seção 4, intitulada TEORIA E PRÁTICA PARA O ESTUDO DO CLIMA URBANO E ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE NATAL: é retratado, de forma panorâmica, o resultado da revisão bibliográfica acerca das temáticas, teoria e metodologias utilizadas na pesquisa.

Seção 5, intitulada ENTRE SOL e MAR: Natal (RN): é feita uma caracterização da área de estudo, considerando-se aspectos fundamentais para o seu reconhecimento, tais como: história, urbanização, fatores geográficos e associações geoecológicas.

Seção 6, intitulada PONTOS FIXOS: localização e caracterização: nesta seção é descrita, de forma ilustrativa e textual, a caracterização dos pontos fixos selecionados para mediação e coleta de dados em superfície na cidade de Natal no período que compreende o mês de fevereiro de 2020.

Seção 7, intitulada DIAGNÓSTICO DAS ILHAS DE CALOR URBANAS EM NATAL: são evidenciados, de forma esquemática e descritiva, os produtos, reflexões e análises a respeito das ilhas de calor de superfície e ilhas de calor atmosféricas.

Seção 8, intitulada CONSIDERAÇÕES FINAIS: é descrito, de forma sintética, como os resultados da pesquisa contribuíram para o enquadramento dos objetivos, sinalizando-se a expressão do objeto enfocado como potencial mitigador às condições das ilhas de calor urbanas e qualidade ambiental urbana na cidade de Natal.

E, por fim, seção 9, intitulada REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS: nesta seção são apresentadas todas as referências bibliográficas norteadoras e fomentadoras dos propósitos e anseios desta pesquisa.

Espera-se, com os resultados obtidos por este trabalho, em especial, aqueles a respeito do clima urbano, ilhas de calor urbanas e práticas agrícolas (peri)urbanas, contribuir para a elucidação dos potenciais climatológicos e ambientais que tais práticas agrícolas representam e oferecem à estrutura térmica da cidade selecionada.

Busca-se, ainda e por conseguinte, apresentar as práticas agrícolas à cidade de Natal e às outras realidades urbanas, como alternativa ecologicamente mais sustentável, passível de introdução ao planejamento e ordenamento territorial urbano, com base no pressuposto básico de atendimento ao bem-estar social dos respectivos habitantes da cidade e seus frequentadores.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar os efeitos ambientais das práticas agrícolas urbanas e periurbanas nas áreas selecionadas do município de Natal, Rio Grande do Norte (RN), dando ênfase às condições de temperatura de superfície, temperatura do ar e heterogeneidade do ambiente urbano construído e não construído.

2.2 Objetivos específicos

Dentre os objetivos específicos, destacam-se:

- 1) Diagnosticar como a atividade agrícola influencia na temperatura de superfície na área de estudo;
- 2) Analisar o papel desempenhado pela vegetação na atenuação das temperaturas dos alvos;
- 3) Diagnosticar como, no decorrer dos dias e horários, as temperaturas do ar nas áreas com cultivo se apresentam em relação às áreas construídas; e
- 4) Analisar as interferências das áreas destinadas à agricultura urbana/periurbana nas características térmicas do ambiente urbano construído e não construído.

3. PERCURSO METODOLÓGICO PARA DIAGNÓSTICO DOS EFEITOS AGRÍCOLAS NAS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE NATAL

A pesquisa, no desenrolar da sua trajetória, presume o estabelecimento de método(s) e/ou metodologia(s), como caminho, via, rumo, discernimento de direção para compreensão e representação de determinado(s) objeto(s) e sua imbricação na ação fundante do pensamento científico (OLIVEIRA, 1998).

O pensamento científico é permeado pela fundamentação teórica e epistemológica de que se utiliza o investigador como forma de apreensão e representação da realidade pretendida (OLIVEIRA, 1998). Logo, esta seção objetiva elucidar, de forma sintética, ainda que extensa, sobre as fontes, procedimentos e percalços de análises que foram adotados para a condução da pesquisa e análise dos resultados.

Para isso, parte-se do entendimento de que o método – e, neste caso, o científico – significa “uma investigação que segue um modo ou uma maneira planejada e determinada para conhecer alguma coisa; procedimento racional para o conhecimento seguindo um percurso fixado” (CHAUÍ, 1994, p. 354).

Na sequência dessas reflexões, apresentam-se de forma descritiva os percursos metodológicos adotados para o desenvolvimento deste trabalho, que, por sua vez, originaram produtos e/ou resultados que foram submetidos às análises interpretativas sob a tentativa de interlocução do objeto temático, prática agrícolas urbanas e periurbanas com o tema do clima urbano da cidade de Natal (RN) e suas derivações.

3.1 Revisão bibliográfica e articulação dos temas de pesquisa

Considerou-se de extrema importância a realização da revisão bibliográfica a respeito da conceituação, caracterização, particularidades e esquemas que englobam: a agricultura urbana e periurbana; o clima urbano; a dinâmica climática local e regional; a história e conformação urbana da cidade de Natal; as ilhas de calor urbanas e o Sensoriamento Remoto, com o intuito de promover a articulação necessária entre os objetivos e esta metodologia na apreensão e representação dos resultados.

As reflexões e direcionamentos a respeito desse procedimento comparecem, na maior parte, nos itens 4 e 5 deste trabalho com o intuito de prover uma apresentação panorâmica da bibliografia relacionada aos temas norteadores da proposta de pesquisa e área de estudo.

3.2 Análise das áreas agrícolas, mapeamento e seleção representativa

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram realizados trabalhos de campo pela equipe de pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), associada ao Laboratório de Estudos Rurais, Tecnologia Social e Inovação (LabAgrarius), com o objetivo de identificar as localidades em que estão inseridas as práticas de agricultura urbana e periurbana na cidade em estudo.

Para tanto, considerou-se como referência a observação das características, que incluem os tipos de cultivos, área de abrangência, caracterização do entorno com relação à densidade edificativa, os tipos de materiais construtivos predominantes, as funções das áreas relacionadas à sua ocupação e uso da terra urbana, a classificação oficial das áreas em urbanas, periurbanas e/ou rurais identificadas pelo IBGE (2010), o fluxo e intensidade de veículos e pessoas, os aparatos técnicos presentes, entre outras especificidades.

Com os desdobramentos alcançados por este procedimento, foi realizado um mapeamento das áreas de ocorrência do fenômeno agrícola de origem urbana, com o intuito de demonstrar a espacialização da prática agrícola no contexto intra e periurbano da cidade e, com isso, subsidiar na escolha das áreas representativas para os registros da temperatura do ar *in loco*.

Na sequência, foram selecionadas 7 localidades consideradas mais representativas para os propósitos da pesquisa e em conformidade, sobretudo, com a disponibilidade técnica e operacional alcançada pela equipe nos trabalhos de campo anteriores já mencionados.

As áreas escolhidas levaram em consideração o diagnóstico de alguns elementos climáticos, como: a temperatura de superfície; a temperatura do ar; a direção e velocidade do vento; e outros critérios selecionados pelo proponente da pesquisa, como: a área de abrangência; tipo de cobertura e a inter-relação com o seu entorno, que, por sua vez, caracteriza as complexidades de vínculos das áreas de cultivo.

3.3 Caracterização das localidades agrícolas e urbanas: *Local Climate Zones* (LCZ)

As caracterizações das áreas selecionadas foram feitas considerando-se os objetos, elementos e rugosidades que as compõem, com o propósito de situar o leitor sobre a significância das áreas quanto à diversidade das formas de ocupação e uso da terra urbana.

Para isso, utilizou-se a metodologia adaptada de Stewart (2011) e Cardoso (2015), que consiste em um sistema de classificação paisagístico, que considera a combinação dos elementos geocológicos de determinada paisagem, seja ela urbana ou rural, denominada *Local Climate Zones* (LCZ) ou zonas climáticas locais.

O sistema indica a classificação de 17 zonas (Fig. 1), cada uma é representada de forma local e única quando se trata da composição e cobertura da terra e também sob a morfologia de construção e propriedade térmica dos elementos geocológicos que as constituem (CARDOSO, 2015).

Figura 1 – *Local Climate Zones* de Stewart (LCZ)

Built types	Definition	Land cover types	Definition
1. Compact high-rise	Dense mix of tall buildings to tens of stories. Few or no trees. Land cover mostly paved. Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	A. Dense trees	Heavily wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
2. Compact midrise	Dense mix of midrise buildings (3–9 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	B. Scattered trees	Lightly wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
3. Compact low-rise	Dense mix of low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	C. Bush, scrub	Open arrangement of bushes, shrubs, and short, woody trees. Land cover mostly pervious (bare soil or sand). Zone function is natural scrubland or agriculture.
4. Open high-rise	Open arrangement of tall buildings to tens of stories. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	D. Low plants	Featureless landscape of grass or herbaceous plants/crops. Few or no trees. Zone function is natural grassland, agriculture, or urban park.
5. Open midrise	Open arrangement of midrise buildings (3–9 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	E. Bare rock or paved	Featureless landscape of rock or paved cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert (rock) or urban transportation.
6. Open low-rise	Open arrangement of low-rise buildings (1–3 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Wood, brick, stone, tile, and concrete construction materials.	F. Bare soil or sand	Featureless landscape of soil or sand cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert or agriculture.
7. Lightweight low-rise	Dense mix of single-story buildings. Few or no trees. Land cover mostly hard-packed. Lightweight construction materials (e.g., wood, thatch, corrugated metal).	G. Water	Large, open water bodies such as seas and lakes, or small bodies such as rivers, reservoirs, and lagoons.
8. Large low-rise	Open arrangement of large low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Steel, concrete, metal, and stone construction materials.	VARIABLE LAND COVER PROPERTIES	
9. Sparsely built	Sparse arrangement of small or medium-sized buildings in a natural setting. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees).	Variable or ephemeral land cover properties that change significantly with synoptic weather patterns, agricultural practices, and/or seasonal cycles.	
10. Heavy industry	Low-rise and midrise industrial structures (towers, tanks, stacks). Few or no trees. Land cover mostly paved or hard-packed. Metal, steel, and concrete construction materials.	b. bare trees	Leafless deciduous trees (e.g., winter). Increased sky view factor. Reduced albedo.
		s. snow cover	Snow cover >10 cm in depth. Low admittance. High albedo.
		d. dry ground	Parched soil. Low admittance. Large Bowen ratio. Increased albedo.
		w. wet ground	Waterlogged soil. High admittance. Small Bowen ratio. Reduced albedo.

Fonte: Stewart e Oke, 2012, p. 1.885.

Alinhando-se com o objetivo da caracterização das áreas, foram elaboradas 7 folhas-síntese para cada paisagem observada, que foram inseridas na seção 6, intitulada PONTOS FIXOS: localização e caracterização, item 6.1.

Além das informações obtidas em campo, utilizou-se como ferramenta para o atendimento deste procedimento, o *Google Earth*¹, que possibilitou o reconhecimento e a qualificação dos aspectos geoecológicos naturais e urbanos presentes em cada uma das áreas escolhidas.

3.4 Aquisição e tratamento de imagens termais do satélite *Landsat 8*

Para o diagnóstico das temperaturas dos alvos, foi utilizado o total de 10 imagens do satélite *Landsat 8*, que foram escolhidas conforme a menor quantidade de nuvens sobre a área de estudo, sendo este um fator que interfere na análise da temperatura dos alvos² e que, por conseguinte, justifica o período de coleta das imagens entre os anos de 2015 e 2019.

Por se tratar de área em ambiente litorâneo, a presença de nuvens nas imagens de satélite foi um fator bastante recorrente, devido à própria dinâmica de convergência e ascendência do ar em ambiente que apresenta altos índices de umidade, sendo necessário eleger as imagens que apresentassem menor quantidade de nuvens, a fim de não comprometer os propósitos desta metodologia e pesquisa.

As imagens correspondem à banda 10 com resolução espectral de 10.60 – 11.19 μm do sensor de imageamento TIRS-1 (*Thermal Infrared Sensor*) – canal termal, sendo capturadas a cada 16 dias com resolução espacial de 100 metros, reprocessadas e disponibilizadas gratuitamente pela *United States Geological Survey* (USGS) com resolução espacial de 30 metros³.

Para obter a intensidade de temperatura dos alvos, foram calculadas as diferenças das temperaturas intraurbanas e periurbanas em relação a uma área na imagem que apresentasse vegetação ampla e densa. Essa área está localizada na porção leste do município e é reconhecida como Parque das Dunas, que se

¹ © 2018 Google Inc. Todos os direitos reservados.

² Os procedimentos e fórmulas utilizadas no tratamento das imagens foram obtidos no sítio <https://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php>. Acesso em 09 ago. 2018.

³ O download das imagens pode ser feito no seguinte endereço eletrônico: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>.

denominou como área de referência para obtenção das intensidades de temperatura para todas as imagens.

Contudo, em algumas imagens, os corpos d'água apresentaram temperaturas próximas àsquelas identificadas na área de referência, configurando-se, em algumas circunstâncias, também como ponto de referência para respectiva obtenção das intensidades de temperatura dos alvos.

Para o tratamento das imagens e produção dos mapas termais de Natal, utilizou-se como ferramenta o *software Idrisi Selva*⁴, tendo como parâmetro os seguintes cálculos:

a) Conversão dos valores em números digitais (ND) para radiância, equação 1:

Equação 1 – Fórmula de conversão de ND para radiância

$$L_{\lambda} = ML * Q_{cal} + AL \quad (1)$$

Sendo:

L_{λ} = radiação do topo da atmosfera (Watts / (m² * srad * μm));

ML = Fator multiplicativo redimensionamento de cada banda presente nos metadados (RADIANCE_MULT_BAND_x, em que x é o número da banda) - (0.0003342);

AL = Fator aditivo de redimensionamento de cada banda presente nos metadados (RADIANCE_ADD_BAND_x, em que x é o número da banda) – (0.1000);

Qcal = Valores de pixel quantificados e calibrados do produto (ND) – (imagem).

b) Processamento da fórmula de correção atmosférica com parâmetros de superfície (temperatura horária, umidade horária, pressão atmosférica horária e altitude⁵), equação 2:

Equação 2 – Fórmula de correção atmosférica com parâmetros de superfície

$$CV_{R2} = \frac{CV_{R1} - L_{\uparrow}}{\epsilon \tau} - \frac{1 - \epsilon}{\epsilon} L_{\downarrow} \quad (2)$$

Sendo:

CVR2 = Valor da célula da correção atmosférica como radiância;

CVR1 = Valor da célula como radiância da seção 1;

⁴ IDRISI é marca registrada da Clark University.

⁵ Os dados horários aos quais se refere este procedimento são os das 09h28m, horário de passagem do satélite pela área de estudo.

$L_{\uparrow}$ = *upwelling radiance*;

$L_{\downarrow}$ = *downwelling radiance*;

T = transmitância;

ε = emissividade (0.95).

c) Processamento da fórmula de conversão da temperatura dos alvos para escala Kelvin (K), equação 3:

Equação 3 – Fórmula de conversão da temperatura em escala Kelvin (K):

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} \quad (3)$$

Sendo:

T = temperatura efetiva no satélite em (K);

$L\lambda$ = radiação espectral TOA (Watts / (m² * srad * μ m));

K1 = constante de conversão térmica específica da banda dos metadados;

(K1_CONSTANT_BAND_x, onde x é o número da banda térmica) - (774.89);

K2 = Constante de conversão térmica específica da banda dos metadados;

(K2_CONSTANT_BAND_x, onde x é o número da banda térmica) - (1321.08).

d) Subtração e processamento do valor de “-273.15”, para conversão da temperatura dos alvos em Kelvin para escala Celsius (°C), equação 4:

Equação 4 – Operação de conversão das temperaturas em K para °C:

$$T(^{\circ}C) = [imagem] - 273.15 \quad (4)$$

e) Subtração e processamento da menor temperatura registrada na área de vegetação ampla e densa (VD) “- <T°C”, para ajustamento da escala absoluta dos alvos para intensidades/diferenças, equação 5:

Equação 5 – Operação para obtenção das intensidades de temperatura:

$$\Delta T(^{\circ}C) = [imagem] - <T^{\circ}CVD \quad (5)$$

Sendo:

$\Delta T(^{\circ}C)$ = variação da intensidade de temperatura dos alvos;

[imagem] = imagem processada com valores de temperatura dos alvos em escala Celsius (°C);

<T°C = temperatura registrada na área de vegetação ampla e densa.

Após esses procedimentos, foi feita uma reclassificação na escala de atribuição das intensidades de temperatura com o objetivo de descartar os valores referentes à cobertura de nuvens na escala. Utilizou-se também uma palheta de cores associada à intensidade de temperatura dos alvos, identificando as superfícies mais aquecidas e menos aquecidas.

Por fim, houve a inserção da malha do setor censitário do município, disponibilizada pelo IBGE (2010), com o intuito de situar as áreas que apresentaram maior/menor aquecimento, tendo sido o *layout* de finalização dos mapas produzido e adaptado no *software* ArcGis 10.7.1⁶.

3.5 Aquisição e tratamento de imagens para elaboração do NDVI

Além do tratamento das imagens termais e em acréscimo aos procedimentos anteriores, optou-se pela utilização do *Normalized Difference Vegetation Index* – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), com o intuito de se obter “o realce das variações de densidade da cobertura vegetal” (MENESES e ALMEIDA, 2012, p. 147).

O índice é constituído por duas bandas espectrais: uma correspondente à faixa termal do infravermelho próximo (banda 5 – 0.85 – 0.88 µm) e outra, à faixa óptica do visível na região do vermelho (banda 4 – 0.64 – 0.67 µm), equação 6:

Equação 6 – Operações e divisão das faixas espectrais de conformação do NDVI:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (6)$$

Sendo:

NIR (*Near Infra Red*) = fator de reflectância bidirecional de superfície para as bandas do infravermelho próximo;

RED (*Red*) = fator de reflectância bidirecional de superfície para as bandas do vermelho.

⁶ ArcGIS é marca registrada da *Environmental Systems Research Institute (ESRI)*.

Os valores medidos por esse índice variam de -1 a +1, identificando áreas que apresentam vegetação em estado de exuberância em relação àquelas que não apresentam cobertura vegetal, em especial as áreas construídas ou de solo exposto, dado que as variações das condições atmosféricas são mais atenuadas na utilização desse índice (MENESES e ALMEIDA, 2012).

Assim, para a elaboração dos mapas de NDVI do município de Natal, foi utilizada a seguinte função do aplicativo *Idrisi Selva*, *Image Processing, Transformation, Vegindex* com inserção da banda 5, associada à região do infravermelho próximo e da banda 4, associada à região óptica do vermelho do visível.

Posteriormente, selecionou-se o tipo de índice a ser utilizado, sendo o *Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI para execução do processamento das imagens.

Atribuiu-se uma palheta de cores de NDVI associada ao realce das áreas que apresentam cobertura vegetal em relação às áreas que não possuem cobertura vegetal e/ou são construídas. As cores variam na escala do vermelho ao verde, sendo indicada(s), na primeira, a(s) menor(es) densidade(s) vegetativa(s) e, na cor verde, a(s) maior(es).

Por fim, houve a inserção da malha do setor censitário do município disponibilizada pelo IBGE (2010) com o objetivo de situar as áreas que apresentam maior/menor densidade vegetativa, tendo sido o *layout* de acabamento dos mapas produzido e adaptado no *software* ArcGis 10.7.1.

Os mapas termais e de NDVI resultantes do tratamento das imagens de satélite, por meio de técnicas do Sensoriamento Remoto, foram agrupados em sistema de representação de prancha, que considerou dois períodos, um chuvoso e outro menos chuvoso, tendo por base os dados de precipitação e sua consequente distribuição ao longo dos 30 dias anteriores à data de tomada de cada imagem pelo satélite *Landsat 8*, tal como propõe Amorim (2020).

Foram somados a esses mapas os dados de direção e velocidade do vento, medidos pelas estações meteorológicas dos aeroportos dos municípios do entorno, indicando-se a direção e velocidade do vento no horário mais próximo da tomada das imagens pelo satélite – entre as 9h e 10h (local) –, a direção predominante do vento diária e a média diária da velocidade em m/s.

3.6 Mensuração, coleta e tratamento de dados meteorológicos de superfície

Para o diagnóstico da temperatura do ar, foram instalados 7 sensores do tipo *DATA LOGGER* U23-002 da marca HOBO com sonda de 1,8m, inseridos em abrigos de radiação solar RS3 (Fig. 2) em áreas previamente selecionadas conforme critérios elencados anteriormente e com o objetivo de medir e coletar dados acerca da variável descrita.

Figura 2 – Abrigo solar e *DATA LOGGER* (U23-002) - HOBO⁷



Fonte: SOUSA, 2020.

As áreas foram escolhidas a partir das diferenças de temperaturas de superfície identificadas nos mapas termais, dos tipos de ocupação e uso da terra urbana (áreas densamente construídas e áreas ocupadas pelas práticas agrícolas) e a menor temperatura registrada nas cenas do satélite, que normalmente é registrada em áreas cobertas por fragmentos/remanescentes de vegetação densa do tipo arbórea, no caso desta pesquisa, o Parque das Dunas.

Para isso, foi necessário realizar trabalho de campo na cidade de Natal, no período que compreendeu o dia 25 de janeiro de 2020 ao dia 05 de março de 2020 para instalação dos respectivos sensores em pontos fixos. As áreas elegidas para abrigar os pontos fixos foram enumeradas da seguinte forma, tabela 1:

⁷ Esses equipamentos foram adquiridos com recursos do projeto de auxílio à pesquisa, aprovado pela FAPESP, processo n. 2014/16350-3, sob a coordenação da Profa. Dra. Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim.

Tabela 1 – Enumeração espacial das áreas de registro:

N	7	Agricultura Periurbana
	6	Agricultura Urbana
	5	Urbano
	4	Urbano
	3	Vegetação Densa
	2	Agricultura Urbana
↑S	1	Urbano

Org.: Guilherme Silva de Sousa, 2020.

A finalidade da enumeração das áreas teve por objetivo resguardar uma coerência espacial, que fora orientada na direção de sul para norte, de modo que fosse possível identificar uma respectiva área em todos os produtos ilustrativos que foram submetidos à análise nesta pesquisa.

É importante destacar que as áreas selecionadas para instalação dos pontos fixos se diferenciam pela forma de ocupação, uso e cobertura da terra, no caso das áreas urbanas, tratando-se de uso institucional e/ou residencial e, no caso das áreas de agricultura, foram preservadas as especificidades que as diferenciam entre si.

Os registros realizados nos pontos fixos foram feitos em dados horários da máxima, mínima e média para as temperaturas do ar do mês de fevereiro de 2020, sendo selecionados os horários das 0h, 3h, 6h, 9h, 12h, 15h, 18h e 21h para representação dos resultados em diferentes períodos do dia (manhã, tarde e noite).

3.7 Elaboração de painéis espaço-temporais de temperatura do ar

A organização e representação dos dados de temperatura do ar foram feitas por meio de 8 painéis espaço-temporais, cujas planilhas foram organizadas no *Microsoft Office Excel 2019*⁸, sendo posteriormente importadas no *software Surfer*⁹ versão 14.09.599.

⁸ Excel é marca registrada da Microsoft Co.

⁹ Golden Software, LLC.

Os painéis espaço-temporais são constituídos pela representação cartesiana dos pontos de registros em dois segmentos de linha, sendo o eixo x (abcissa) para representação dos dias de medição e o eixo y (ordenada) para ordenação da quantidade dos pontos seguindo a orientação espacial de sul para norte ou de oeste para leste (AMORIM, 2019; TEIXEIRA, 2019).

Os pares ordenados (z) entre essas duas informações são determinados pelos valores das intensidades de temperatura, calculadas conforme a adoção do procedimento seguinte (equação 7) – o que, por sua vez, possibilitou a conformação do gradiente das intensidades de temperatura – e ilustradas por isotermas, de modo a caracterizar espacialmente e temporalmente as ilhas de calor atmosféricas e/ou ilhas de frescor.

Assim sendo, foram utilizados dados médios horários da temperatura do ar com o intuito de demonstrar como, no decorrer dos três períodos do dia (manhã, tarde e noite), as intensidades da temperatura do ar nas áreas de cultivo se caracterizaram em relação às áreas construídas e de vegetação densa.

Logo, os dados médios registrados pelo ponto de nº 3, representativo da vegetação densa, foram utilizados como parâmetro para obtenção dos valores das intensidades de temperatura (equação 7) para os demais pontos de nº 1, 2, 4, 5, 6 e 7, tal como sintetiza a seguinte fórmula:

Equação 7 – Fórmula para obtenção das intensidades de temperatura do ar:

$$\Delta T^{\circ}C = UB - VD \quad (7)$$

Sendo:

$\Delta T^{\circ}C$ = variação da intensidade de temperatura dos pontos fixos;

UB = temperatura do ar do ponto fixo urbano, representado por dia e horário;

VD = temperatura do ar da área de vegetação densa por dia e horário.

Os painéis espaço-temporais foram organizados em sistema de prancha a fim de promover uma análise simultânea dos horários escolhidos das referidas intensidades de temperatura do ar.

3.8 Gráfico de análise rítmica do mês de fevereiro de 2020

Para caracterizar as condições atmosféricas durante o período de mensuração dos dados, optou-se pela utilização da proposta teórico-metodológica da análise rítmica de Monteiro (1971).

Foram utilizados dados da estação meteorológica automática A304 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da convencional de inscrição nº 82598, localizadas nas dependências da UFRN, com o propósito de diagnosticar sob quais sistemas atmosféricos atuantes os dados de mensuração da temperatura do ar se encontravam.

Além disso, para a identificação e caracterização dos sistemas atmosféricos atuantes, utilizaram-se imagens do satélite GOES – 16 disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e cartas sinóticas da Marinha do Brasil para o respectivo mês de análise.

A identificação dos sistemas atmosféricos atuantes é de suma importância para compreensão da sucessão habitual dos tipos de tempo, que compreende a dinâmica local e regional da circulação atmosférica em que está inserida a área de estudo.

O gráfico de análise rítmica, portanto, resulta da síntese do paradigma rítmico desenvolvido por Monteiro (1971) e consiste na representação sincrônica dos elementos básicos do clima, sendo eles: a temperatura do ar; a pressão atmosférica; a umidade relativa; a precipitação; a nebulosidade; a direção e velocidade do vento; e os sistemas atmosféricos atuantes.

3.9 Síntese da direção e velocidade do vento do mês de fevereiro de 2020

A cidade de Natal está localizada no nordeste do Brasil e, por ser litorânea, sofre influência das brisas marítimas e terrestres, além da dinâmica de ventos regionais de leste (L) e ventos alísios de sudeste (SE), que favorecem a manutenção da umidade relativa do ar em níveis superiores a 70%, conforme discussão na seção 5, item 5.2

A síntese da direção e velocidade do vento (Figura 19) foi elaborada com o propósito de elucidar as condições de vento no período que compreende a mensuração e a coleta de dados de superfície na cidade em questão e, com isso,

demonstrar como esse elemento climático pode influenciar nas respostas de temperatura do ar.

O mapa de direção e velocidade do vento teve sua elaboração pautada na referência de 3 estações meteorológicas de superfície, cujos dados foram utilizados para substantiar a análise do vento no mês de fevereiro de 2020, subitem 7.3.2.

Esses dados foram baixados por meio da plataforma online *Iowa Environmental Mesonet*, que é gerenciada pelo *Department of Agronomy* da *Iowa State University*¹⁰, localizada no estado de Iowa, Estados Unidos da América (EUA), e dispõe de dados de aeroportos situados nas mais diversas regiões do mundo.

Foram selecionados para tratamento os dados: (1) do Aeroporto Internacional Augusto Severo (SBNT), que está situado fora dos limites do município de Natal a uma distância aproximada de 15km (em linha reta) do centro da cidade, no município de Parnamirim (RN), sendo operado pela Base Aérea de Natal (BANT); (2) os da estação meteorológica convencional de inscrição nº 82598, gerenciada pelo INMET, que está situada na porção leste do município de Natal, a uma distância aproximada de 6 km (em linha reta) do centro da cidade nas dependências da UFRN; bem como (3) os do atual Aeroporto Internacional de Natal (SBSG), que está localizado na porção mais a oeste, fora dos limites do município, a aproximadamente 22km (em linha reta) de distância do centro da cidade, no município de São Gonçalo do Amarante (RN), e é operado pela Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO) com concessão operacional ao Consórcio Inframérica.

Na síntese da direção e velocidade do vento a nível diário, foram associados os sistemas atmosféricos atuantes identificados pela análise rítmica do mês de fevereiro de 2020, que está contida no subitem 7.3.1 da seção 7, gráfico 1.

Por fim, a utilização desse procedimento tem como propósito contribuir para as análises referentes à temperatura do ar na área de estudo, buscando denotar as especificidades litorâneas e climáticas como fatores de influência.

¹⁰ Copyright © 2001-2021 Iowa State University of Science and Technology All rights reserved.

4. TEORIA E PRÁTICA PARA O ESTUDO DO CLIMA URBANO E ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE NATAL

As cidades são pequenas parcelas territoriais distribuídas pelo espaço geográfico, resultantes dos diferentes planos de intervenção humana que consideram a lógica de transformação indiscriminada da natureza em paisagem cada vez mais artificializada (AMORIM, 2020).

O crescimento das cidades sob esses moldes e o processo intensivo de urbanização sobre o espaço geográfico, especialmente, a partir dos anos de 1950 no Brasil, indicam que há uma crescente (re)produção dos espaços urbanos pelo território brasileiro em bases descomprometidas com o bem-estar social e ambiental de suas respectivas populações, sejam elas residentes ou transitórias (SANTOS, 1993).

A historicidade da urbanização brasileira apresentada por Santos (1993) direciona parte das reflexões sobre os espaços urbanos para essa tendência cada vez mais regressiva das condições de desenvolvimento, que se relacionam às diversas dimensões da vida pública/privada dos(as) habitantes das cidades.

Nesse sentido e do ponto de vista ambiental, verifica-se que as consequências dessa forma de tratamento implicam na constituição de diferentes formas de comprometimento do ambiente natural, seja pela canalização e/ou alteração de cursos d'água, seja pela supressão da vegetação nativa para impermeabilização do solo, ou por qualquer modificação que rebata as características naturais do meio (AMORIM, 2020).

Além disso, essas formas de comprometimento da natureza também implicam na constituição de modos distintos de ocupação, uso e cobertura da terra urbana, marcadamente identificadas por objetos, fixos e fluxos consolidados pelo/no espaço geográfico, que podem ser traduzidos na concepção de infraestrutura urbana básica como precursora do bem-estar social e, por conseguinte, ambiental e urbano (SANTOS, 2012).

A complexidade das interações inerentes a cada realidade urbana sinaliza, portanto, a emergência de se pensarem práticas alternativas que consubstanciem espaços urbanos mais benéficos e primordialmente mais saudáveis para todas as formas de vida que dele façam uso ou morada.

Na urgência desses pressupostos e com o intuito de situar a qualidade ambiental de diferentes realidades urbanas, estudos como os de LOMBARDO, 1985, 1995; DANI-OLIVEIRA, 1987; TEIXEIRA, 2015; DORIGON, 2015; ORTIZ PORANGABA, 2015; GOMES, 2015, 2017, entre outros, foram importantes, sobretudo, na caracterização da intensificação do desconforto ambiental e, por conseguinte, do campo térmico em suas abordagens de pesquisa, sendo ele resultante da modificação do ambiente natural por vias não sustentáveis de estruturação urbana (AMORIM, 2020).

Em decorrência dos estudos já realizados acerca dessa problemática, constata-se que as modificações causadas no ambiente natural comportam limitações que reverberam na constituição dos lugares e suas respectivas condições ambientais e urbanas, de modo a provocar alterações também nos elementos do clima da cidade, que é compreendido como um “sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização” (MONTEIRO, 1976, p. 95).

É sob essa conceituação teórico-metodológica que este trabalho se guia, já que os estudos da atmosfera urbana, por muito tempo, se desenvolveram sob uma lógica, estática e condicionada pela matemática, enviesando as abordagens e evitando possíveis correlações com outras frentes do conhecimento e do saber.

4.1 CLIMA URBANO: o ar comprometido e a atmosfera urbana

A proposta teórica metodológica do Sistema Clima Urbano (SCU) de Monteiro (1976) emerge a partir de uma concepção integradora e dinâmica da atmosfera, buscando correlacionar suas abordagens à estruturação urbana e ao ar comprometido das cidades localizadas em diversas regiões do país.

Diante da bibliografia internacional concernente à temática do clima urbano, Monteiro (1976) afirmou que “[...] o caráter geral desta vasta produção é colocado sob perspectiva meteorológica onde a preocupação fundamental é avaliar o grau de transformação da atmosfera pela atividade urbana, persistindo aquele aspecto de abordagem em termos de homem versus natureza” (MONTEIRO, 1976, p.58).

É, então, a partir do funcionamento sistêmico da natureza, pautado na Teoria do Sistema de *Bertalanffy*, da noção de dinâmica da atmosfera de *Strahler* e da inquietação de alguns climatólogos na busca pela elucidação das possíveis inter-

relações entre a atmosfera, o sítio e o fato urbano (materialidade humana), que o clima da cidade passa ser focado sob um ponto de vista mais holístico, a considerar sua dimensão evolutiva, originando os estudos de climas urbanos como os já citados anteriormente (MENDONÇA, 1998).

As inter-relações entre os aspectos ditos humanos e físicos implicam na adoção de um conceito de clima como um “sistema aberto, activo, e complexo, cuja vitalidade está na dependência directa da capacidade de trocar energia e matéria com o exterior” (MONTEIRO, 1997, p.11).

A perspectiva sistêmica permite entender a interferência humana no clima das cidades, de modo a considerar as escalas que o organizam hierarquicamente no tempo e no espaço (SANT’ANNA NETO, 2001). No sistema climático, o clima global reflete diretamente nos subsistemas climáticos de escalas menores, a níveis regional e local, por exemplo, com objetivo sistêmico de filtrar, selecionar e conduzir a energia e a matéria para os demais.

Monteiro (1976) propõe o escalonamento das unidades climáticas em zonal, regional e local:

No nível zonal, por obra da latitude, decisiva no próprio fenómeno de diversificação, produz-se uma variedade setorial que, não se afirma em faixas contínuas, organiza-se em grandes células. Estas seriam a expressão do segundo nível, aquele da definição macrorregional. Nesta, os centros de ação e os sistemas meteorológicos vinculados a faixas zonais diferentes, participariam no sentido de produzir uma organização climática, gerada pelos mecanismos da circulação atmosférica regional, capaz de manter a organização espacial através do ritmo de sucessão temporal dos seus estados. [...] Dentro das regiões, os fatores geográficos, especialmente em suas associações ecológicas, poderiam, por sua vez, produzir nova gama de diversificações secundárias ou intermediárias até atingir os climas locais. Estes seriam graus de organização especializados, pelas íntimas integrações ecológicas no interior dos sistemas climáticos regionais, expressando-se, sobretudo, pelas variações quantitativas dos atributos. [...] um clima local diversifica-se inicialmente ao nível de sua compartimentação geoecológica, base mesma da identificação dos mesoclimas, passando a organizar-se no nível dos topoclimas e especializar-se nos microclimas (MONTEIRO, 1976, p. 115-116).

A grandeza escalar do clima urbano está diretamente relacionada aos elementos/aspectos geoecológicos que o definem, como, por exemplo, a extensão da cidade, sua posição no relevo, os objetos e rugosidades que compõem a paisagem urbana, como as práticas agrícolas urbanas, unidades de conservação, remanescentes florestais, cursos d’água, etc. (MONTEIRO, 1990c).

Essa abordagem escalar deixa explícita a não definição de limites rígidos, mas “[...] a preocupação em caracterizar a organização hierárquica em termos de ligações, no plano vertical, e entrelaçamento, no plano horizontal” (MONTEIRO, 1976, p.116), o que pressupõe na sua estrutura a conexão de suas partes, atendo-se ao cuidado de não sobrepor umas sobre as outras.

No Brasil, a respeito da teoria e metodologia para os estudos do clima urbano, Monteiro (1976 e 1990a, b, c) contribuiu decisivamente ao incitar a superação do tratamento homem *versus* natureza, desenvolvendo a noção de coparticipação entre esses dois fatores de conformação da atmosfera urbana e, por conseguinte, dos espaços urbanos.

A essa coparticipação de que trata Monteiro (1976) foi conferido o nome de Sistema Clima Urbano (SCU), cuja estrutura interna é definida pela conexão de suas partes, de modo que “a estrutura interna do SCU não pode ser definida pela simples superposição ou adição de suas partes (compartimentação ecológica, morfológica, ou funcional urbana), mas somente por meio da íntima conexão entre elas” (MONTEIRO, 2011, p.23), assim, a articulação entre o natural e o construído e, por conseguinte, a urbanização na estrutura do respectivo sistema acabam sendo inferências básicas para sua concepção.

O Sistema Clima Urbano tem no cerne de suas análises aquilo que Monteiro (1976) denominou como canais de percepção humana e seus resultados visam especialmente alcançar o planejamento e configuração territorial das cidades em favorecimento aos sujeitos sociais que nela vivem ou dela desfrutam.

Logo, verifica-se que, ao considerar o estudo do clima urbano numa perspectiva dinâmica e integradora, inclui-se também em suas análises a dimensão espacial, regional e ambiental com o intuito de prestar subsídios, sobretudo, ao ordenamento territorial urbano.

Na entrada de energia no Sistema Clima Urbano, destacam-se as seguintes referências analíticas:

Sistema Geral – compreende a circulação atmosférica regional como intermediador entre a radiação solar e a energia líquida recebida no local, proporcionando a calibragem do balanço de energia que envolve o sistema e suas inter-relações (MONTEIRO, 1976).

Posteriormente, têm-se os três subsistemas indicados para o estudo do clima urbano, sendo eles: o termodinâmico (conforto térmico); físico-químico (qualidade do

ar); hidrometeorico (impacto meteórico), todos organizados e hierarquizados horizontalmente na estrutura e verticalmente na função.

Da análise substantiva desses três subsistemas derivam os canais de percepção humana, tal como propõe o autor:

- a) Conforto térmico – Englobando as componentes termodinâmicas que, em suas relações, se expressam através do calor, ventilação e umidade nos referenciais básicos a esta noção. É um filtro perceptivo bastante significativo, pois afeta a todos permanentemente. Constitui, seja na climatologia médica, seja na tecnologia habitacional, assunto de investigação de importância crescente.
- b) Qualidade do ar – A poluição é um dos males do século, e talvez aquele que, por seus efeitos mais dramáticos, atraia mais atenção. Associada às outras formas de poluição (água, solo, etc.), a do ar é uma das mais decisivas na qualidade ambiente urbana.
- c) Meteoros do impacto – Aqui estão agrupadas todas aquelas formas de meteóricas, hídricas (chuva, neve, nevoeiros), mecânicas (tornados) e elétricas (tempestade), que assumindo, eventualmente, manifestações de intensidade são capazes de causar impacto na vida da cidade, perturbando-a ou desorganizando-lhe a circulação e o serviços (MONTEIRO, 2011, p. 24).

Nos estudos de clima urbano, o subsistema termodinâmico tem sido o mais utilizado em associação à umidade. Quanto a isso, Tarifa (1977, p. 73) ressaltou que “[...] alterações nas variações da temperatura e umidade, que nada mais são do que elementos ou variáveis respostas, conseqüentemente funções do balanço de energia por unidade de tempo, dentro de um espaço tridimensional”.

Assim, o SCU considera, portanto, e não somente, as variações da temperatura do ar, como também de umidade, elementos vistos como resultantes do balanço de energia, que se origina a partir das interações dos aspectos geoecológicos urbanos e naturais presentes em cada espaço urbano, tendo sido consolidado de forma particular, uma vez consideradas suas referidas histórias e planos de construção urbanísticos (MONTEIRO, 1976).

Nesse sentido, as práticas alternativas de promoção do desenvolvimento social e ecologicamente sustentável nas cidades, como a agricultura urbana e periurbana em conexão com as análises a respeito do clima urbano, comparecem neste trabalho com a finalidade de caracterizar a particularidade ensejada por tal elemento geoecológico na estrutura do respectivo sistema.

Instituições de pesquisa e governamentais como a EMBRAPA¹¹ e o MAPA¹² já indicaram, por meio de estudos próprios, os possíveis efeitos e vantagens dessas atividades agrícolas na escala microclimática, como também na qualidade ambiental urbana (poluição do ar) e outras componentes de origem urbana e/ou atmosférica.

Contudo, poucos foram os trabalhos de cunho científico que se propuseram a tal investigação (SILVA, 2018; SOUSA, 2018, 2019; AMORIM *et. al.* 2018), o que justifica a indispensabilidade da execução de mais pesquisas científicas que entrelacem essa prática espacial com a perspectiva do clima das cidades.

Portanto, as práticas agrícolas urbanas avaliadas pela ótica do clima urbano podem representar um potencial à mitigação de problemas ambientais urbanos, como as ilhas de calor urbanas, cujas particularidades podem ser intensificadas e/ou amenizadas pelas características paisagísticas das cidades e pela combinação de tais elementos geoecológicos urbanos e/ou naturais na estrutura do sistema enfocado.

4.1.1 Ilhas de calor urbanas: conceituação, tipos, intensidades e magnitudes

As ilhas de calor urbanas podem ser definidas como sendo “um ‘oásis inverso’, onde o ar e as temperaturas da superfície são mais quentes do que em áreas rurais circundantes” (GARTLAND, 2010, p. 1).

Essa definição permite compreender a ilha de calor urbana como sendo o excedente de calor antropogênico lançado sobre a atmosfera urbana, que induz respostas de temperaturas maiores do que aquelas verificadas em áreas do ambiente rural, em decorrência, sobretudo, das características térmicas das superfícies que compõem as cidades e que aquecem o ar localizado logo acima (OKE, 1978).

As ilhas de calor urbanas já foram diagnosticadas em diversas cidades pelo mundo, sendo os estudos pioneiros identificados em cidades de latitudes médias e em regiões de clima temperado, como Londres, Barcelona, Cidade do Porto, Rennes e etc. (HOWARD, 1818; CHANDLER, 1965; LANDSBERG, 1970, OKE, 1978; FERNÁNDEZ GARCÍA, 1996).

No ambiente tropical, os estudos acerca dessa temática são um pouco mais recentes, sendo identificadas ilhas de calor urbanas em cidades de diferentes portes em países como: China (WENG, 2003); Colômbia (RAMÍREZ-AGUILAR, 2019); Chile

¹¹ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

¹² Ministério Agricultura Pecuária e Abastecimento.

(ROMERO *et. al.*, 2019); Brasil (TARIFA, 1977; SAMPAIO, 1981; BRANDÃO, 1996; AMORIM, 2000; MENDONÇA, 2015), dentre outros.

A classificação das ilhas de calor urbanas, conforme a literatura internacional, presume três tipos em função da camada da atmosfera em que são encontradas, sendo:

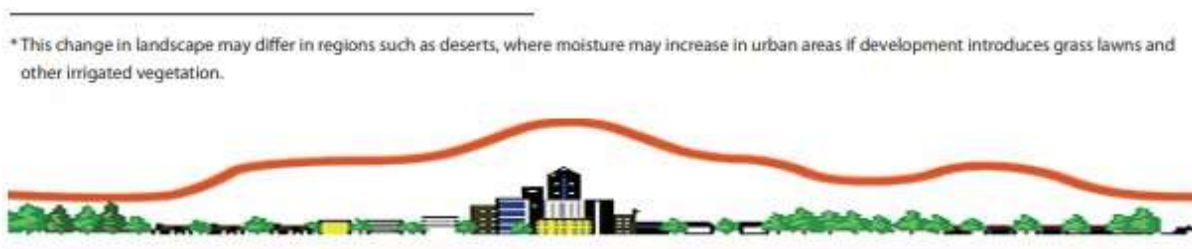
1 – a ilha de calor superficial, que é diagnosticada com técnicas e procedimentos de Sensoriamento Remoto (ARNFIELD, 2003);

2 – a ilha de calor atmosférica inferior (*urban canopy layer*), identificada entre o nível do solo e o nível médio dos telhados, podendo ser diagnosticada por diferentes metodologias, como transectos móveis, pontos fixos com suporte de estações meteorológicas e/ou registradores automáticos (OKE, 1978);

3 – a ilha de calor urbana da atmosfera superior (*urban boundary layer*), que compreende o limite da anterior, sobrepondo-se a anterior e alcançando, em determinadas circunstâncias, a atmosfera livre. O diagnóstico dela presume outras metodologias, como sensores acoplados a balões e a aeronaves de pequeno porte, como drones, por exemplo (OKE, 1978).

Na Figura 3, apresenta-se o perfil clássico de formação da ilha de calor urbana sobre a estrutura física das cidades e seu entorno.

Figura 3 – Perfil clássico de formação da ilha de calor urbana



Fonte: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-05/documents/reducing_urban_heat_islands_ch_1.pdf> Acesso em: 05 fev. 2021.

A característica mais importante para o diagnóstico da ilha de calor atmosférica, segundo Oke (1978), é a sua intensidade, compreendida na diferença do valor máximo de temperatura do ar registrada no ambiente urbano em relação ao mínimo da temperatura do ar registrado no ambiente rural (AMORIM, 2020).

Diante disso, não se quer dizer que as ilhas de calor atmosféricas não possam ser avaliadas e definidas em termos de valores absolutos, contudo é a intensidade da temperatura do ar que pode ser entendida como um indicativo da magnitude da ilha

de calor, que permite qualificar objetivamente o fenômeno em termos da percepção e sensibilidade térmica atrelada ao conforto térmico das cidades (FERNANDEZ GARCÍA, 1996; AMORIM, 2020).

Nesse sentido, Fernández García (1996) definiu classes que delimitam a magnitude da ilha de calor urbana conforme a variação das intensidades de temperatura do ar da seguinte forma:

- a) ilha de calor urbana de fraca magnitude, quando as diferenças entre os pontos mais quentes situados no ambiente urbano e os mais frios localizados no ambiente rural se situam na faixa de 0°C a 2°C;
- b) ilha de calor urbana de média magnitude, caracterizada quando as diferenças se enquadram na faixa de 2°C a 4°C;
- c) ilha de calor urbana de forte magnitude, como aquela cujas diferenças correspondem à classe de 4°C a 6°C;
- d) ilha de calor urbana de muito forte magnitude, quando as intensidades passam a ser superiores a 6°C.

Amorim (2020, p. 29) defende que “os principais fatores que contribuem à formação das ilhas de calor urbanas resultam do balanço de energia que é consequência dos aspectos naturais e urbanos” que compõem as superfícies das cidades.

Dentre eles, pode-se destacar a dinâmica climática e os tipos de tempo, a morfologia do sítio urbano e a presença de superfícies vegetadas, como sendo fatores de origem natural, assim como as particularidades dos espaços construídos e as atividades decorrentes do metabolismo urbano, como sendo fatores de origem urbana (AMORIM, 2020; OKE *et. al.*, 2017).

Essa afirmação, na concepção analítica das ilhas de calor urbanas, claramente se entrelaça com a proposta teórico-metodológica do Sistema Clima Urbano de Monteiro (1976), que considera, no cerne de sua estrutura, os aspectos geoecológicos de origem natural e artificial para compreensão do balanço de energia na estrutura do respectivo sistema.

Por fim, destaca-se que nesta pesquisa as ilhas de calor urbanas foram diagnosticadas e avaliadas de acordo com os pressupostos teóricos desta revisão, sendo representadas, na análise dos resultados, as ilhas de calor urbanas superficiais (seção 7, item 7.1) e as ilhas de calor urbanas atmosféricas (item 7.3), tendo por base sua caracterização, intensidades e magnitudes.

4.2 PRÁTICAS AGRÍCOLAS URBANAS: conceituação, susceptibilidade ambiental e experiências

As práticas agrícolas urbanas têm despertado crescente atenção de diversas esferas sociais que integram a sociedade urbana e rural de nosso tempo, principalmente, na busca pela articulação dessa atividade a uma perspectiva mais sustentável de ocupação e uso das superfícies nas cidades e seus respectivos contextos urbanos.

Diante disto, presume-se que essas práticas, enquanto fenômeno, passam por constante processo de teorização científica e acadêmica, que visa enquadrar os resultados de suas práxis em pressupostos constitutivos e organizacionais dos subespaços advindos de uma conotação urbana e, por vezes, periurbana.

As aproximações conceituais e empíricas observadas no leque da bibliografia nacional e internacional costumam denominar genericamente o fenômeno como Agricultura Urbana e/ou Periurbana (AUP).

Isso se deve, num primeiro momento, ao fato de a análise clássica acerca desse objeto considerar a sua integração na dinâmica intraurbana e periurbana de uma dada cidade e/ou recorte territorial urbano e distritos urbanos, por exemplo, enviesando a abordagem que trata do conteúdo e do espaço urbano (MOUGEOT, 2000).

Essa abordagem implica, de imediato, a diferenciação espacial das práticas agrícolas urbanas em relação às práticas ditas tradicionais, sendo que “a característica principal da agricultura urbana [e periurbana], que a distingue decisivamente da agricultura rural, é sua integração no sistema econômico e ecológico urbano” (MOUGEOT, 2000, p. 5), o que se convencionou chamar de ecossistema urbano, segundo esse mesmo autor.

A localização também assume um lugar de importância na caracterização das atividades agrícolas de origem urbana, sendo indispensável se ponderar sobre a capacidade de inter-relação e complexidade de vínculos que elas mantêm com o ambiente urbano densamente construído (MOUGEOT, 2000). Assim, a agricultura urbana e periurbana pode ser definida como um

[...] conceito **multidimensional** que inclui a produção, a transformação e a prestação de serviços, de forma segura, para gerar produtos agrícolas (hortaliças, frutas, plantas medicinais, ornamentais, cultivados ou advindos do agroextrativismo, etc) e pecuários (animais de pequeno, médio e grande porte) voltados para o auto consumo,

trocas e doações ou comercialização, (re)aproveitando-se, de forma eficiente e sustentável, os recursos e insumos locais (solo, água, resíduos, mão-de-obra, saberes, etc.). Essas atividades podem ser praticadas nos espaços intra-urbanos ou periurbanos, estando vinculadas às dinâmicas urbanas ou das regiões metropolitanas e **articuladas com a gestão territorial e ambiental das cidades**. Essas atividades devem pautar-se pelo respeito aos saberes e conhecimentos locais, pela promoção da equidade de gênero através do uso de tecnologias apropriadas e processos participativos promovendo a gestão urbana social e ambiental das cidades, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população urbana e para a sustentabilidade das cidades (SANTANDREU; LOVO, 2007, p.13, *tradução nossa*, **grifo nosso**).

Diante dessa definição, percebe-se, por meio da relação Sociedade-Natureza, referência no pensamento científico e na ciência geográfica, que as práticas agrícolas urbanas e periurbanas se guarnecem de uma dimensão espacial que se solidifica no território, se imputa na paisagem e dinamiza a vida cotidiana do/no lugar por meio de particularidades que lhes são próprias (SANTOS, 2006).

Nesse sentido, “identificar, reconhecer, incentivar e aprender com práticas agrícolas na cidade corresponde a uma das formas de pensar a cidade a partir da cultura e de saberes em relação à terra [...]” (ALMEIDA; COSTA, 2012, p. 1). Entretanto, entende-se que, para a análise ambiental alcançar tais potencialidades das práticas agrícolas urbanas, é preciso “[...] ultrapassar tanto a cultura anti-urbana ainda prevalente no campo ambiental, como a concepção de que as atividades agrícolas nas cidades são meros resquícios de atividades rurais [...]” (ALMEIDA; COSTA, 2012, p. 14).

Para isso, é importante que as experiências agrícolas perpassem pelo estímulo e tratamento adequado de suas atividades, seja por meio de incentivos públicos, por amparo técnico de profissionais especializados, pela atividade coparticipativa entre diferentes esferas sociais a contar as associações de produtores, os movimentos sociais do campo e da cidade, as cooperativas, as universidades e etc. (ALMEIDA; COSTA, 2012).

Busca-se, com isso, contribuir para a consolidação efetiva dessas práticas nos espaços advindos de um dimensionamento urbano de que são e devem ser parte, tal como pressupõem ALMEIDA; COSTA (2012), ao analisarem as experiências de agricultura urbana/periurbana na região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais.

As experiências agrícolas urbanas pelo mundo têm mostrado que existe uma diversidade de tipologias que as definem, indicando a transversalidade de sua escala de atuação no ecossistema urbano e no reconhecimento público e simbólico que elas ensejam, seja por quem cultiva ou se apropria de seu conteúdo (VIDEIRO ROSA, 2011). Nesse sentido,

A AUP é praticada por indivíduos ou organizações formais ou informais nas mais **diversas condições sociais**, sendo necessário para sua prática à disposição individual, coletiva e a viabilização das condições necessárias para tanto. A prática da AUP está relacionada também com o lazer, a saúde, a cultura, a economia e **o ambiente**. **Destacamos o envolvimento de grupos vulneráveis como: mulheres, desempregados, migrantes rurais, portadores de necessidades especiais, crianças jovens e idosos, produtores periurbanos, comunidades tradicionais entre outros.** (SANTANDREU, A; LOVO, I. C, 2007, p.12, **grifo nosso**).

Os resultados dessas experiências agrícolas em ambientes urbanos têm indicado o fortalecimento da qualidade ambiental urbana, sobretudo, ao se levar em consideração o bem-estar social e ambiental dos(as) habitantes das cidades que necessitam de espaços de vivência cada vez mais saudáveis e adaptados à noção de sustentabilidade, tal como sugere Dubbeling (2014, p. 2, **grifo nosso**) sobre as potencialidades ambientais da AUP:

Redução do efeito de ilha de calor urbana, ao proporcionar mais sombra e reforçar a evapotranspiração; redução dos impactos relacionados com a elevada pluviosidade através do maior armazenamento do excesso de água, mais interceptação e infiltração nas áreas verdes, redução das enxurradas e riscos de inundação relacionados, e uma melhor reposição das águas subterrâneas; e conservação da biodiversidade, ao proteger uma base genética mais ampla e variada de plantas (e animais).

Assim, identifica-se que a prática da agricultura urbana e periurbana, enquanto fenômeno, está presente e associada à dinâmica de diversos países e cidades pelo mundo, como Cuba, Colômbia, Alemanha, França, Rússia, Canadá, Portugal, Argentina, Japão, entre outros.

Tais práticas são caracterizadas de acordo com a multifuncionalidade que empregam nas estruturas das cidades e suas respectivas histórias de conformação, ora se anunciando como fonte de complementação de renda e geração de postos de trabalho; em outros momentos, como prática de lazer e entretenimento; e, em outras

situações, como possibilidade ao abastecimento alimentar e segurança nutricional (MADALENO, 2001).

No Brasil, o fenômeno é baseado, do ponto de vista legal, nos seguintes pontos: na relevância ocasional que a atividade pode exercer nas políticas públicas ambientais e de ordenamento territorial urbano; nas temáticas de segurança alimentar e nutricional, produção agrícola, abastecimento e saúde; e na legislação específica sobre AUP, que inclui a criação de políticas e programas voltados exclusivamente à prática em sua multifuncionalidade (VIDEIRO ROSA, 2011).

Nesse sentido, no ano de 2017, tramitou no Senado brasileiro o Projeto de Lei da Câmara (PLC) nº 182/2017, que institui a Política Nacional de Agricultura Urbana, com o objetivo de ampliar e qualificar a segurança alimentar e nutricional das populações urbanas socioeconomicamente vulneráveis e garantir a (re)funcionalização de espaços urbanos desocupados, no intuito de gerar renda alternativa e atividade ocupacional à população (SENADO, 2017).

Destaca-se também o Programa Nacional de Agricultura Urbana e Periurbana que foi lançado pelo Ministério do Desenvolvimento Social (MDS) em 2018, sendo previsto o investimento de R\$ 1,9 milhão, podendo ser ampliado até R\$ 5 milhões, cujo objetivo se alinha ao Projeto de Lei da Câmara nº 182/2017 em promover a segurança alimentar e nutricional e incentivar o uso de tecnologias agroecológicas (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL, 2018).

Nas cidades brasileiras, observam-se consideráveis exemplos das práticas agrícolas urbanas indicando que, em alguns casos, houve a consolidação de políticas e/ou programas de apoio ao desenvolvimento da agricultura urbana e periurbana em seus respectivos contextos territoriais.

Algumas dessas políticas, inclusive, foram incorporadoras aos planos diretores das cidades com apoio da ação coparticipativa de sujeitos sociais que exercitam a prática agrícola cotidianamente, podendo-se citar, como exemplo, as cidades de Belo Horizonte (MG), Florianópolis (SC), São Paulo (SP), Rio de Janeiro (RJ), Cuiabá (MT), Presidente Prudente (SP), dentre outras.

Em Natal (RN), com base na Lei Orgânica do Município, que institui como sua competência “incentivar o comércio, a indústria, **a agricultura**, o turismo e outras atividades que visem ao desenvolvimento econômico” (NATAL, 1990, **grifo nosso**), e com base no Plano Diretor do Município do ano de 2007, observa-se que o poder público municipal pouco tem apoiado e incentivado essa atividade na organização e

estruturação da cidade e, por conseguinte, nas questões ambientais de origem urbana (NATAL, 2007; LOCATEL e AZEVEDO, 2010).

Isso não significa que a prática da agricultura urbana e/ou periurbana não esteja difundida e consolidada pelo território potiguar e, sobretudo, natalense, pois expressivos são os exemplos e localidades que abrigam esse tipo de prática espacial na realidade urbana de Natal, alguns, inclusive, apresentados nesta pesquisa.

A título de exemplo, destaca-se a experiência da Associação de Amigos e Produtores de Hortaliças Moradores do Sítio Gramoré e Adjacências (AMIGS), que tem atuado na zona norte da cidade, mais especificamente no bairro Lagoa Azul, com o objetivo de transpor a barreira da produção convencional para o cultivo orgânico como forma de produção ecologicamente mais sustentável (HESPANHOL, 2015).

Por fim, e em virtude das reflexões feitas acerca da conceituação, experiências e susceptibilidade ambiental desse objeto/fenômeno de estudo, considera-se que as práticas agrícolas urbanas se apresentam como forma de melhoria na qualidade de vida dos(as) habitantes das cidades em diversas frentes, seja na política, na cultura, no âmbito social, econômico e, não menos importante, ambiental.

No que se refere à frente ambiental, indica-se que “[...] a utilização de pequenas superfícies situadas dentro das cidades ou em suas respectivas periferias para a produção agrícola e criação de pequenos animais, destinados ao consumo próprio ou à venda em mercados locais” (MACHADO e MACHADO, 2002, p. 1), representa possibilidades de mitigação das condições adversas originadas por problemas socioambientais urbanos, como as ilhas de calor urbanas, estresse térmico nas cidades e a falta de permeabilidade no solo.

É acerca dessa última colocação que se apostou no desafio investigativo desta pesquisa, com expressa manifestação de análise deste objeto sob a perspectiva do clima urbano, além de na contribuição científica para a sua construção no âmbito das questões relacionadas à qualidade ambiental e climática nas cidades brasileiras, tendo por referência a cidade de Natal, Rio Grande do Norte (RN).

4.3 SENSORIAMENTO REMOTO: técnica, ciência e procedimento

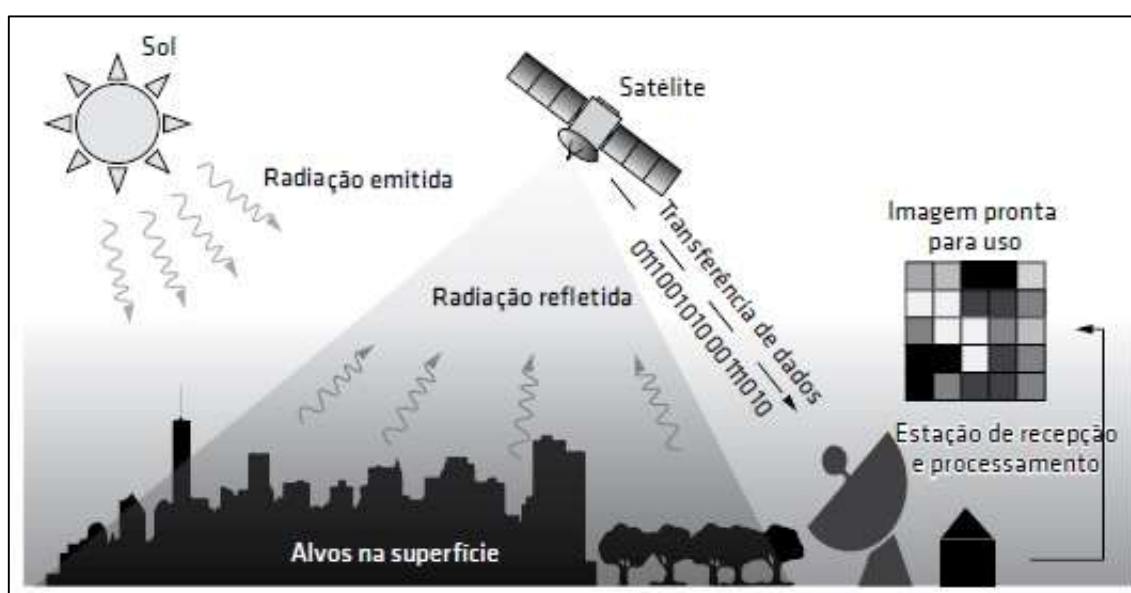
O Sensoriamento Remoto pode representar “[...] uma técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto” (MENESES e ALMEIDA, 2012, p. 3).

Entretanto, considera-se como requisitos básicos para seu entendimento a ausência de matéria no espaço entre o objeto e o sensor e a capacidade de transporte da informação do objeto pelo espaço vazio através da radiação eletromagnética (REM), de modo que a ligação entre ambos se dá a partir de uma fonte emissora de energia, como o sol por exemplo (MENESES e ALMEIDA, 2012).

O Sensoriamento Remoto é, então, melhor definido como “uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres” (MENESES e ALMEIDA, 2012, p. 3).

A detecção e medição das respostas originadas pela interação da radiação eletromagnética com alvo são realizadas por sensores imageadores acoplados nas plataformas de satélites orbitais, de forma que esse campo do conhecimento conta com diversos sensores imageadores dos tipos: multiespectral, na faixa óptica; termais, na faixa termal; radiométricos como radares de abertura sintética; dentre outros (Fig. 4).

Figura 4 – Processamento de imagens de satélite



Fonte: Extraído de Oficinas de Textos, Processamento de Imagens de Satélite, 2019.

O sensor que interessa a esta pesquisa está localizado na plataforma do satélite *Landsat 8*, na faixa termal do sensor TIRS-1 (*Thermal Sensor Infrared*) de imageamento.

É importante, para a utilização e tratamento das imagens de satélite, compreender que os elementos e rugosidades que compõem a superfície terrestre se comportam como fontes emissoras da radiação eletromagnética, que se manifesta com diferentes intensidades de emitância, que são proporcionais à temperatura de brilho da superfície de cada alvo (MENESES e ALMEIDA, 2012).

A bibliografia consultada sobre esse aspecto indica que as superfícies revestidas por vegetação têm maior capacidade térmica, quando comparadas a superfícies e objetos presentes no ambiente urbano, sendo necessário maior quantidade de energia para que sua temperatura aumente 1°C (JENSEN, 2009).

Na tabela 2, apresenta-se a heterogeneidade das respostas dos elementos e objetos constitutivos da paisagem urbana em interação com a energia eletromagnética captada pelos sensores de imageamento, mostrando a variedade das taxas de emissividade e refletância.

Tabela 2 – Propriedades radiativas dos materiais urbanos

SUPERFÍCIE		ALBEDO	EMISSIVIDADE
1. Ruas com asfalto		0,05 - 0,20	0,95
2. Paredes	Concreto	0,10 - 0,35	0,71 - 0,90
	Tijolos	0,20 - 0,40	0,90 - 0,92
	Pedras	0,20 - 0,35	0,85 - 0,95
	Madeiras		0,90
3. Telhados	Piche Cascalho	0,08 - 0,18	0,92
	Telhas	0,10 - 0,35	0,90
	Ardósia	0,10	0,90
	Sapé - Folhagem	0,15 - 0,20	
	Chapa Ondulada	0,10 - 0,16	0,13 - 0,28
4. Janelas (vidros claros, zênite)	Ângulo menor 40°	0,8	0,87 - 0,94
	Ângulo de 40° a 80°	0,09 - 0,52	0,87 - 0,94
5. Pinturas	Branças Caiadas	0,50 - 0,90	0,85 - 0,95
	Vermelha, marrom, verde	0,20 - 0,35	0,85 - 0,95
	Preta	0,02 - 0,15	0,90 - 0,98
6. Áreas urbanas	Variações	0,10 - 0,27	0,90 - 0,96
	Médias	0,15	0,95

Fonte: Oke, 1978, p. 247, tradução nossa.

Org.: Guilherme Silva de Sousa, 2020.

Na concepção do Sensoriamento Remoto, admite-se, ainda, que as condições ambientais e climáticas e as propriedades térmicas (capacidade térmica,

condutividade térmica, inércia termal) de cada superfície interferem nas temperaturas dos alvos, alterando-as em curtos intervalos de tempo (MENESES e ALMEIDA, 2012).

Portanto, a tarefa de caracterização das condições atmosféricas, nas quais a área de estudo se encontrava no momento anterior à tomada/ao registro da imagem, se apresenta como elemento fundamental, utilizando-se, por exemplo, de dados de precipitação (em mm) e vento (direção e velocidade em m/s ou km/h) de estações meteorológicas de superfície, tais como as do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e outras fontes secundárias como de aeroportos, por exemplo.

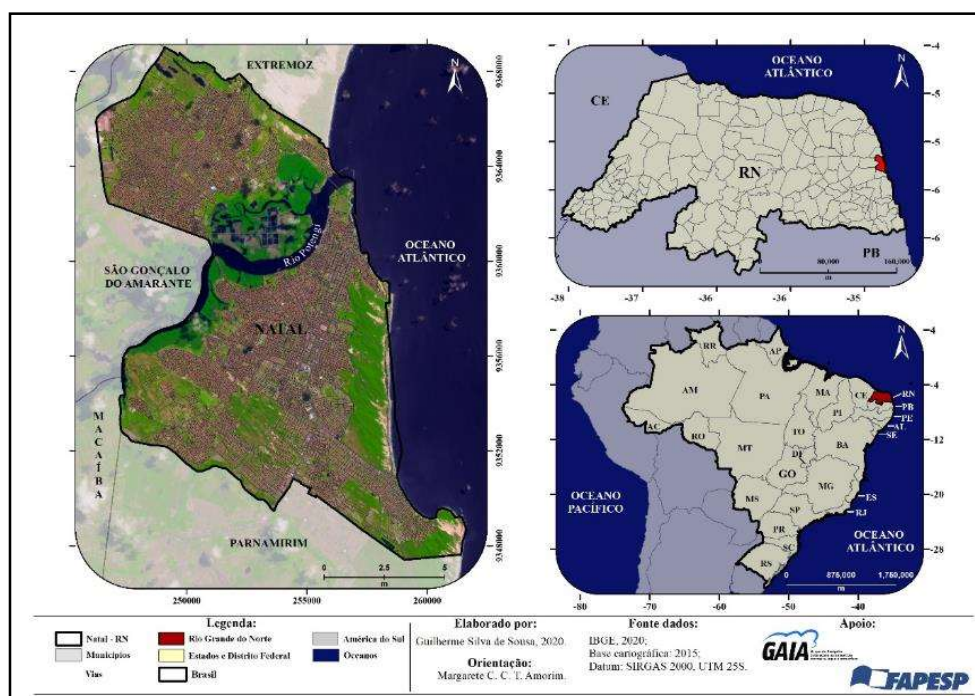
Por fim, o Sensoriamento Remoto apresenta-se para esta pesquisa como uma importante ferramenta de obtenção e consolidação de resultados, em especial acerca da interação espacial e temporal dos fenômenos enquadrados na problemática de pesquisa, possibilitando afirmar ou refutar hipóteses sobre a temperatura de superfície dos alvos.

5. ENTRE SOL E MAR: Natal (RN)

5.1 História e Urbanização

Natal é capital do Rio Grande do Norte (RN) e está localizada na região Nordeste do Brasil, a 5° de latitude ao sul e 35° de longitude a oeste. O município possui população de 803.739 habitantes e densidade demográfica de 4.805,24 hab./km², segundo o censo do IBGE (2010). A população estimada para o ano de 2020 é de 890.480 habitantes com área territorial de 167.401 km² (IBGE, 2020) – (Fig. 5).

Figura 5 – Mapa da Localização de Natal (RN)



Org.: Guilherme Silva de Sousa, 2020.

A fundação de Natal data do dia 25 de dezembro de 1599, em virtude da ordem do Rei D. Felipe II da Espanha e I de Portugal, com a finalidade de fixar o domínio português sobre essa área do território, que, desde as primeiras décadas do século XVI, já contava com o aporte dos franceses que aqui contrabandeavam o pau-brasil (TEIXEIRA, 2017).

O rei da recém unificada península ibérica (1540-1840), por meio de cartas régias, determinou que, em 6 de janeiro de 1598, fosse construído um forte denominado “Fortaleza dos Reis Magos”, como forma de demarcar o domínio português sobre a Capitania do Rio Grande (RIBEIRO, 1995).

Em sua constituição jurídica e antes mesmo de se materializar no espaço potiguar, Natal se origina com o *status* de cidade e, desde então, tem experienciado diversos momentos de expansão territorial urbana conforme a sucessão dos fatos históricos que a envolveram e da economia urbana de que fez ou faz parte (TEIXEIRA, 2019).

Na passagem abaixo e ainda se tratando dos primórdios da história de conformação da cidade do Natal, nome que provavelmente lhe foi dado devido à data de sua fundação, é possível imaginar como eram os limites territoriais do sítio urbano no início de sua formação:

O chão elevado e firme à margem direita do rio que os portugueses chamavam Rio Grande e os potiguares o Potengi compreende o pequeno platô da colina que sobe pela rua Junqueira Aires e desce pela avenida Rio Branco até o Baldo, praça Carlos Gomes. A demarcação foi feita com os cruzeiros de posse tão comuns. Uma cruz no monte [...] A cruz ficara chantada no lado esquerdo da elevação [...] [atual Praça das Mães] A Cruz do Sul fincou-se no declive do Baldo, margem de um córrego [...] o velho Rio da Bica, Rio de Beber [...] (CASCUDO, 1999, p. 51)

A cidade ainda contou com a incursão e fixação dos holandeses (1633-1654), que a transformaram em “a Nova Amsterdã”. Esse período de sua história é marcado por fortes conflitos e massacres contra os povos nativos da terra que ali habitavam, os potiguares (NATAL, 2008). Ainda que os nativos estivessem dispostos a fazerem alianças políticas, num primeiro momento, com os franceses e, num segundo, com os holandeses, as suas intenções eram de manter a liberdade e autonomia de se viver sobre a terra (MONTEIRO, 2000).

Tal objetivo foi decisivamente liquidado pelo domínio português, que impôs a essas populações a sua quase total dizimação e escravização no período colonialista da história de ocupação da Capitania do Rio Grande (MONTEIRO, 2000).

Assim, até os altos do século XVIII, Natal – e grande parte do território norte-rio-grandense – apresentou lento crescimento urbano e populacional, devido à necessidade territorial da coroa portuguesa de colonizar e fixar seu domínio sobre o interior da capitania (CASCUDO, 1999).

Nesse sentido, um processo emigratório para o interior foi induzido pela coroa portuguesa, tendo a pecuária como principal atividade econômica de ocupação, propiciando o surgimento de pequenos assentamentos portugueses e não

portugueses pelos interiores da capitania, o que futuramente viria a constituir as possíveis vilas e/ou cidades de outrora (CASCUDO, 1999).

É no século XIX que grande parte do território potiguar experimentou um grande salto no processo de expansão urbana, sendo que, em 1807, já era possível identificar 1 cidade (Natal) e 7 vilas (Vila de São José de Mipibu, Vila de Extremoz, Vila de Arez, Vila Flor, Vila da Princesa, Vila de Portalegre e Vila do Príncipe) no território potiguar (TEIXEIRA, 2017).

No final desse século e no ano de 1900, já era possível contabilizar 37 municípios originários desse processo de expansão urbana, significando “[...] um processo importante de crescimento no número de aglomerações urbanas e da população, ainda que a imensa maioria dessas localidades fossem pequenos núcleos sem expressividade” (TEIXEIRA, 2017, p. 16).

Ainda mais expressivo do que no século passado, o século XX para Natal representou um intenso processo de urbanização marcado por alguns planos de intervenção urbanísticos, impulsionados pelo governo do estado e/ou a administração pública municipal (NATAL, 2010).

Dentre eles destaca-se o Plano Master ou Polidrieli, que foi responsável pelo processo de embelezamento da área chamada de Cidade Nova, constituída hoje pelo bairro de Petrópolis e Tirol, a fim de enunciar a ideia de progresso urbano que só viria a beneficiar a elite local da época (CASCUDO, 1999).

Contata-se, ainda, o Plano Palumbo de saneamento, na década de 1920, e o Plano de Expansão de Natal, no ano de 1935, cujas intervenções centravam-se no problema de abastecimento público de água e na adequação das vias públicas (NATAL, 2010).

Ainda durante esse período de sua história, identifica-se a passagem de tropas americanas nos últimos anos da Segunda Guerra Mundial (1939-1945), que, por sua vez, originou a construção de diversos prédios e instalações que serviram de apoio à Base Naval de Natal e a *Parnamirim Field*, esta última construída no município de Parnamirim, a 15km de distância (NATAL, 2010).

Ocupando um lugar de importância no contexto econômico e social do estado e sobre a insurgência da crise das economias interioranas, a cidade recebeu grande contingente migratório que buscava empregabilidade e melhor qualidade de vida, o que resultou na necessidade de se repensar o plano urbanístico de habitação,

originando novos bairros nos poucos vazios urbanos que ainda restavam (NATAL, 2010).

Hoje a maior parte da economia da cidade é orientada para o setor terciário, apresentando diversidade de serviços e comércio, sobretudo, os ligados ao turismo, enquanto outra parte é direcionada para o setor secundário, abrigando indústrias especializadas na construção civil, confecção, têxtil, etc. (IBGE, 2010). Destaca-se também a atividade petrolífera no município impulsionada pela Petrobrás (LOCATEL e AZEVEDO, 2010).

A dinâmica do turismo natalense está estruturada especialmente na concepção do turismo de Sol e Mar, em virtude das belas paisagens que resguarda, alvo da espetacularização financeira do capital por meio do ambiente, de modo a induzir planos de intervenção urbanística que tendem a um processo de embelezamento das áreas urbanas, cuja finalidade é o usufruto turístico e apropriação da elite local (FURTADO, 2008).

Portanto, de forma similar a outras realidades urbanas no Brasil, verifica-se, na história atual e de expansão urbana do município, um realinhamento de propósitos já identificados no passado, que tendem a favorecer determinadas minorias em desfavor da maior parte da população urbana, sendo suas demandas/necessidades esquecidas e/ou tratadas com menor prioridade pelas gestões públicas do estado e/ou do município.

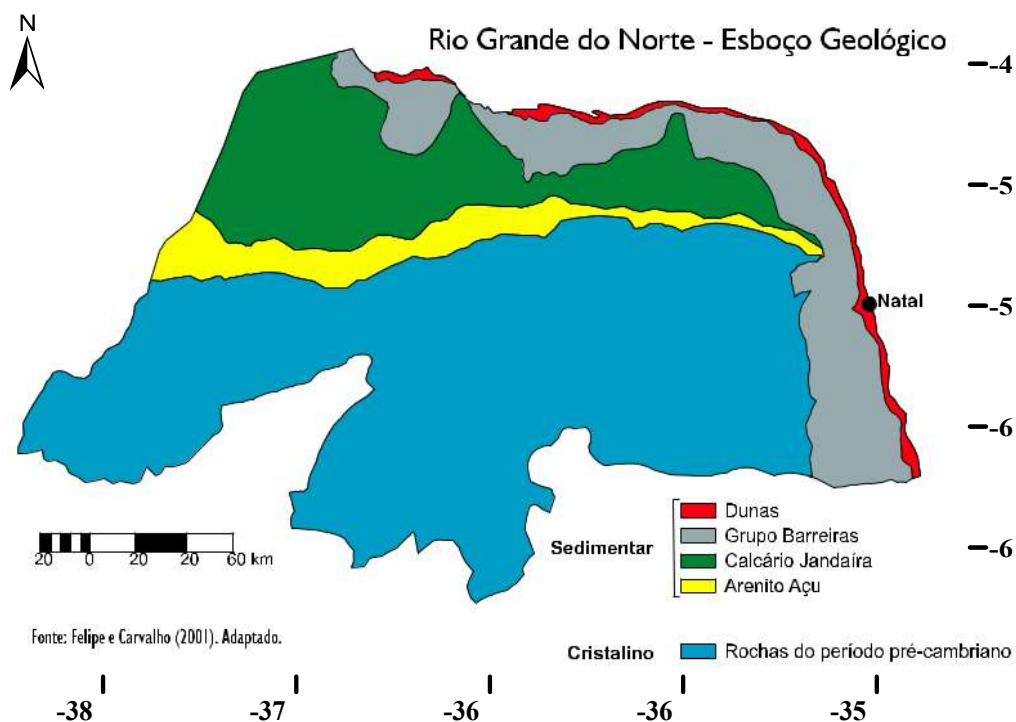
Atualmente a cidade de Natal conta com 61,8% de esgotamento sanitário urbano adequado, 44,7% de arborização em vias públicas e 16,5% de urbanização das vias, o que de fato indica que, ao se tratar da qualidade ambiental urbana, há muito o que melhorar em seu respectivo contexto e espaço urbano (IBGE, 2010).

5.2 Fatores Geográficos e Associações Geoecológicas

O sítio urbano de Natal está assentado em área morfoestrutural constituída estratigraficamente (de baixo para cima) por embasamento cristalino do período pré-cambriano com rochas magmáticas e metamórficas, sobrepostas por depósitos mesozoicos correspondentes ao grupo Barreiras, que contém rochas areníticas e de calcário com ocorrência arenítica e argilítica (VILAÇA, 1985).

Além disso, conforme a Figura 6, constata-se a deposição de sedimentos recentes e sub-recentes derivados de depósitos dunares, praias, das planícies de deflação, estuarianos, aluvionares e de cobertura de espriamento (VILAÇA, 1985).

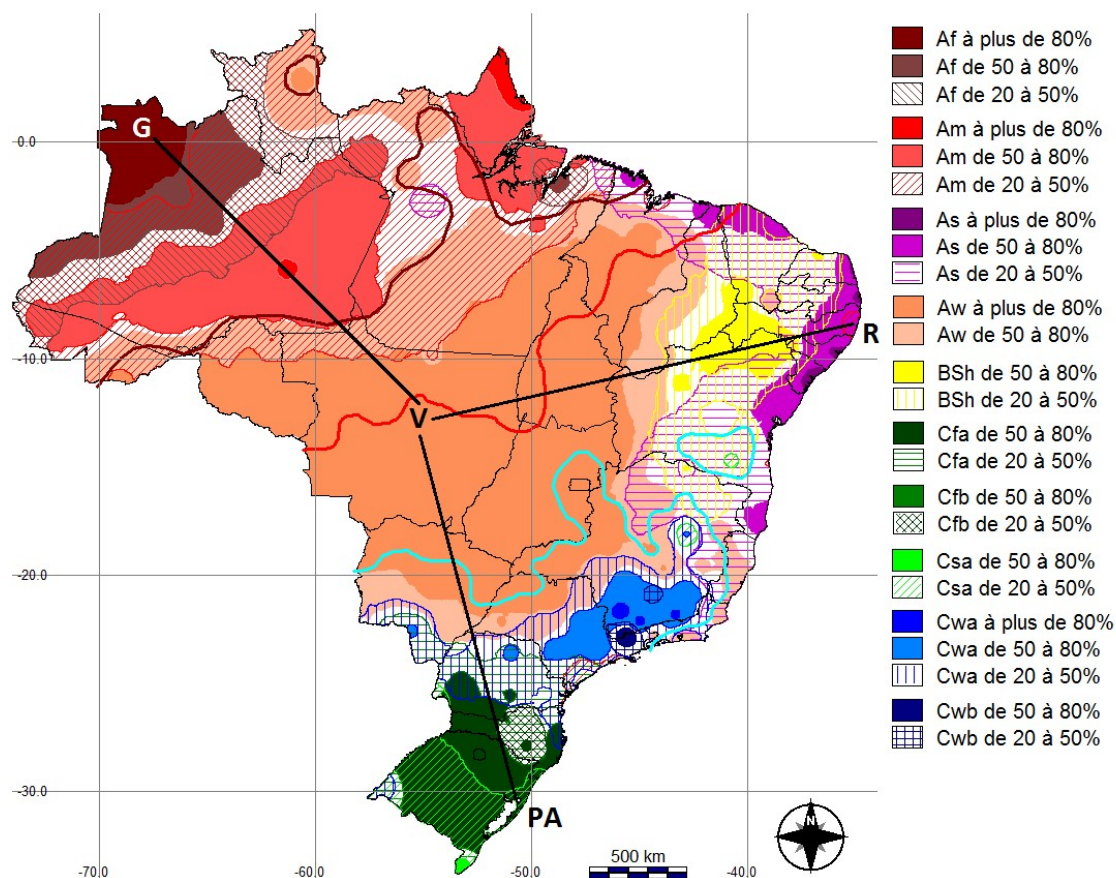
Figura 6 – Mapa geológico do Rio Grande do Norte (RN)



No que se refere à morfoescultura, a área do município apresenta, em relação ao nível do mar, altitude média de 30m com terrenos planos e suavemente ondulados, comuns em áreas costeiras, sendo possível identificar tabuleiros costeiras, planícies costeiras, fluviais e lacustres (FELIPE; CARVALHO, 2001). Dentre as formas mais comuns identificadas na paisagem natalense, têm-se os vales interdunares, os vales fluviais, os vales lacustres, as dunas, as falésias, os recifes e praias (NATAL, 2010).

O clima de Natal, segundo a classificação de Köppen (1900) e Dubreuil *et al.* (2017) é As', é caracterizado como típico clima quente e úmido (Fig. 7).

Figura 7 – Síntese dos tipos de climas do Brasil com base na frequência de TCA¹³



A sazonalidade climática na qual está inserida a cidade confere a ocorrência de uma estação chuvosa compreendida entre os meses de abril e agosto e uma estação menos chuvosa entre os meses de setembro e março (NATAL, 2010).

A temperatura média anual é de 29,6°C, observando-se uma boa distribuição anual dos totais de chuvas ao longo dos anos, sendo a média pluviométrica anual de 1.721,4 mm (INMET, 2018).

Devido à sua posição geográfica, a cidade recebe influência direta dos ventos alísios provenientes de leste (L) e sudeste (SE), que favorecem a manutenção da umidade relativa do ar em índices superiores a 70% na maior parte dos anos (NIMER, 1989; SERHID 1998a).

Os principais sistemas atmosféricos que atuam na área do município são a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), responsável por causar totais pluviométricos elevados, sobretudo no outono; a massa de ar Tropical Atlântica (mTa), responsável pelas ondas de leste, que são caracterizadas por causar totais

¹³ Tipos de Clima Anuais.

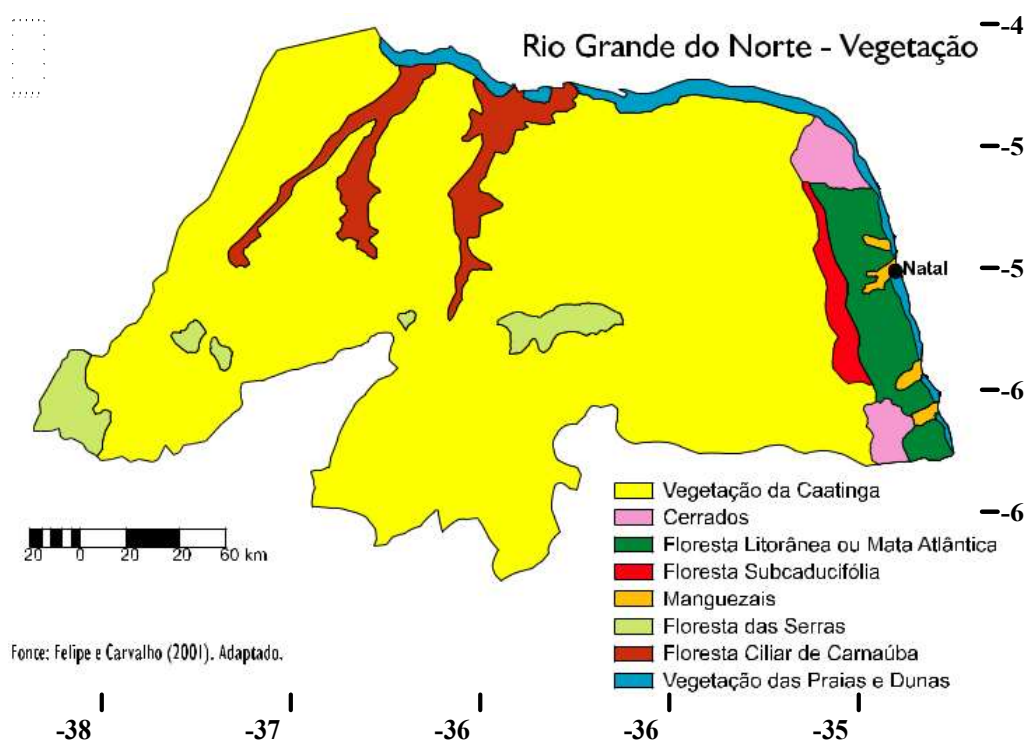
pluviométricos significativos ao longo das suas trajetórias; e as Repercussões de Frente (Rep), quando elas conseguem transpor as latitudes mais baixas, incorrendo em chuvas frontais e pós-frontais (NIMER, 1989; ANA, 2012).

A área de abrangência do município apresenta solos predominantemente permeáveis, formados por Areias Quartzosas Distróficas Marinhas, na conformação de dunas; e Areias Quartzosas Distróficas, com baixo teor de argila, nas áreas de tabuleiro costeiro (VILAÇA, 1985; VILAÇA *et al.*, 1986).

Apresenta, também, Latossolo Amarelo em formas planas de relevo; solos Aluviais Eutróficos de Textura Indiscriminada, com boa presença de argila; e solos Indiscriminados de Mangues de Textura Indiscriminada, presentes em Baixadas Litorâneas (VILAÇA, 1985; VILAÇA *et al.*, 1986).

No que tange à composição vegetativa (Fig. 8), a área apresenta três classes de vegetação, sendo: Formação de Tabuleiros Litorâneos (vegetação de restinga); Floresta Sub-perenifólia; e Manguezal. As fisionomias indicadas são partes constituintes do bioma mais amplo denominado como Mata Atlântica, que se encontra em estado expressivo de devastação (FELIPE; CARVALHO, 2001; IDEMA, 2005).

Figura 8 – Mapa da Vegetação do Rio Grande do Norte (RN)



Fonte: Extraído e modificado de Natal, 2010.

No que se refere à hidrografia, Natal tem como principal curso d'água o estuário do Rio Potengi/Jundiaí, formado pela progressão das marés. Têm-se, ainda, o Rio Doce e afluentes, que fazem limite físico com o município de Extremoz, e o Rio Pitimbu e afluentes, que também fazem limite físico com o município de Parnamirim (FELIPE; CARVALHO, 2001).

Além disso, identificam-se, a nível de subsuperfície, mananciais subterrâneos e/ou aquíferos do tipo freático, confinado e semiconfinado, sendo o principal e responsável pelo abastecimento urbano o Aquífero Barreiras (BARROS, 2003; NATAL, 2010).

Após essa breve caracterização do meio físico, destacam-se os principais problemas ambientais observados na área de estudo, sendo: o saneamento básico; a coleta e destinação de resíduos sólidos e orgânicos; o baixo índice de arborização urbana; a alta impermeabilização do solo; a aceleração do processo de verticalização urbana; os alagamentos, enchentes e inundações; dentre outros (NATAL, 2010).

Em razão da expansão territorial urbana, pautada, sobretudo, no aumento da densidade edificativa e impermeabilização do solo, acrescenta-se aos problemas ambientais a conformação das ilhas de calor urbanas e a poluição atmosférica, fenômenos associados ao clima de diversas cidades pelo país (DE OLIVEIRA ALEXANDRE; GARCÍA, 2013; SOUSA, 2019; ALVES *et. al.* 2010; SILVA e SANTO, 2015).

Recentemente, Natal passa pela revisão do seu plano diretor, sendo sinalizado o interesse de verticalização construtiva nas proximidades de zonas de proteção ambiental (ZPAs), como a do Parque das Dunas, o que pode agravar ainda mais os problemas indicados anteriormente (TRIBUNA DO NORTE, 2019).

Portanto, ainda que Natal siga uma tendência vigorosa de crescimento e desenvolvimento urbano, ressalta-se que é necessário sobrelevar a perspectiva ambiental urbana na qual se insere o município, enquanto forma de consolidação de espaços mais saudáveis e equilibrados, sobretudo ao se considerar a dinâmica da natureza como precursora da dinâmica da sociedade.

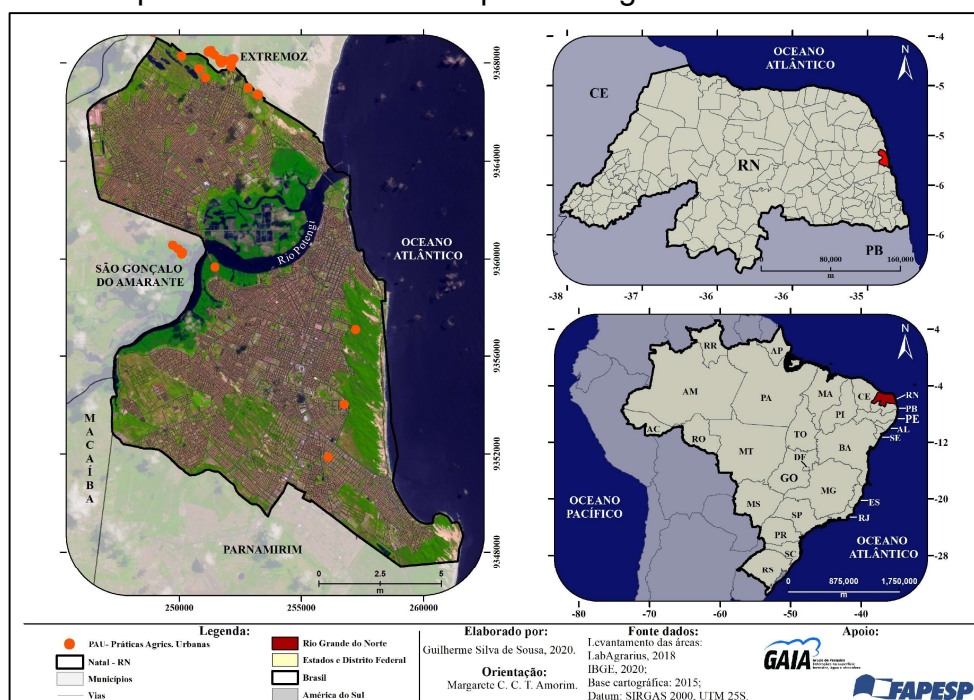
6. PONTOS FIXOS: localização e caracterização

O mapeamento das localidades em que foi identificada a ocorrência das práticas agrícolas urbanas contabilizou 65 pontos na região metropolitana de Natal e 10 pontos no respectivo município (Fig. 9).

A espacialização das áreas com práticas agrícolas na cidade de Natal e entorno, ainda que indique a transversalidade de experiências observadas em campo (VIDEIRO ROSA, 2011), demonstrou que a escala de ocupação desse tipo de atividade no município se mantém limitada a suas bordas e/ou áreas periféricas da cidade.

Essa limitação pode representar um comprometimento das formas de interações e/ou conexões que tal prática espacial possui e mantém com o todo do ecossistema urbano (MOUGEOT, 2000), estando seu alcance nivelado à escala local de abastecimento dos bairros.

Figura 9 – Mapa das localidades com práticas agrícolas urbanas em Natal (RN)



Fonte: Laboratório de Estudos Rurais, Tecnologia Social e Inovação – LabAgrarius¹⁴

Org.: Guilherme Silva de Sousa, 2020.

É importante destacar que possivelmente as práticas agrícolas urbanas e periurbanas na cidade de Natal, assim como em outras realidades urbanas no país,

¹⁴ Laboratório vinculado ao Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes (CHHLA) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), coordenado pelo Professor Dr. Celso Donizete Locatel.

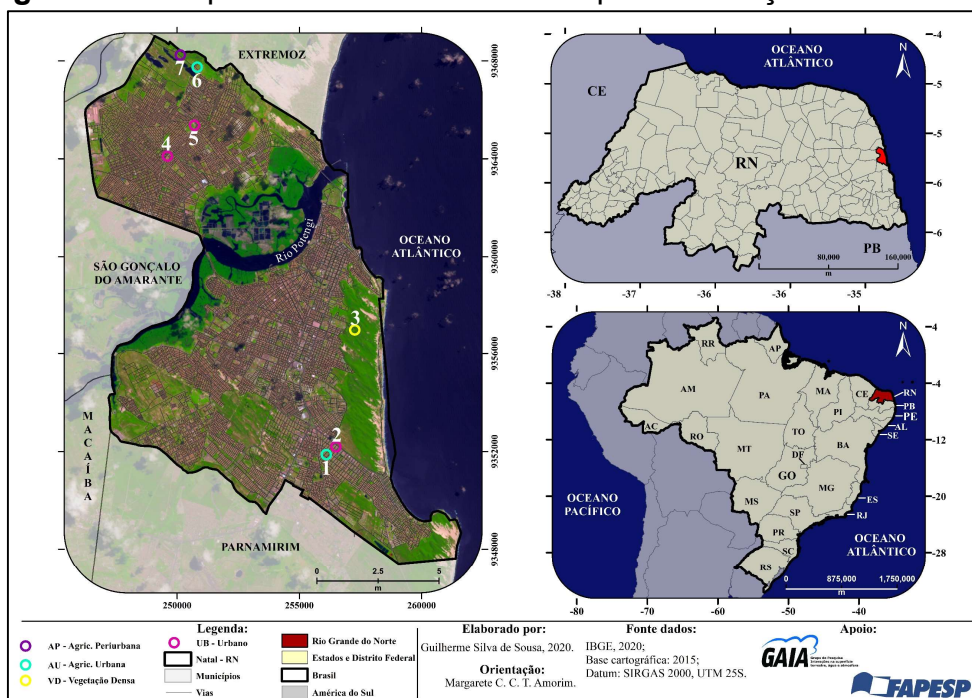
apresentam condições temporárias de existência na dinâmica das cidades, ou seja, são vistas como reserva de valor pelo capital imobiliário, em suas múltiplas formas e determinações, que segue uma tendência cada vez mais especulativa sobre as áreas ocupadas por tais atividades a fim de vender seus interesses.

O mapeamento das áreas com cultivo serviu de referência aos propósitos desta pesquisa, de modo que foram selecionadas 7 localidades que são características das diferentes formas de ocupação e uso da terra urbana, enumeradas de 1 a 7, conforme coerência espacial já discutida na seção 3, que possibilita a interpretação simultânea dos mapas temais, de NDVI e painéis espaço-temporais em todos os produtos ilustrativos que fomentaram os resultados finais da pesquisa.

As práticas agrícolas selecionadas para os registros em campo foram nomeadas de AU – Agricultura Urbana (pontos n° 1 e 6) e de AP – Agricultura Periurbana (ponto n° 7). Também foram selecionadas 3 áreas representativas do ambiente urbano densamente construído, impermeabilizado e com pouca vegetação do tipo arbórea, diferenciadas em si pelo uso e ocupação, sendo nomeadas de UB – Urbano (pontos n° 2, 4 e 5).

Por fim, foi selecionada uma área representativa da vegetação ampla e densa, nomeada de VD – Vegetação Densa (ponto n° 3), sendo referência para os cálculos estatísticos e análises de temperatura do ar (Fig. 10).

Figura 10 – Mapa das áreas selecionadas para instalação dos sensores



Org.: Guilherme Silva de Sousa, 2020.

Além disso, considerou-se importante a caracterização paisagística dos pontos e seus respectivos entornos, delimitando os elementos ge ecológicos (artificiais e naturais) presentes em cada um deles.

Assim, utilizou-se de forma adaptada a metodologia da folha-síntese pautada na classificação paisagística da *Local Climate Zones* ou zonas climáticas locais de Stewart (2011), que considera a densidade construtiva, a densidade de cobertura vegetal arbórea, tamanho e elevação das edificações, os tipos de materiais de construção predominantes, a permeabilidade das superfícies, a intensidade do fluxo de tráfego, a temperatura do ar, a umidade relativa do ar, bem como a ocupação, uso, cobertura da terra e localização dos pontos (CARDOSO, 2015).

Dessa proposta metodológica resultaram as seguintes caracterizações para cada localidade escolhida: pontos nº 1 e 4 – compacta de baixa elevação e pavimentada (3); ponto nº 2 – compacta de média elevação com galpões e vegetação (2_{BB}); ponto nº 3 – vegetação densa (A); ponto nº 5 – compacta de baixa elevação e com solo exposto (7); ponto nº 6 – compacta de baixa elevação com vegetação rasteira (3_D); e ponto nº 7 – pouco construída e com vegetação rasteira (9).

Reforça-se que a finalidade dessas classificações é auxiliar na caracterização paisagística das áreas em que foram instalados os sensores de registros da temperatura do ar, portanto não é foco deste trabalho oferecer resultados mais abrangentes sobre essa metodologia nem proporcionar uma classificação paisagística para toda a cidade de Natal e/ou entorno dos pontos fixos.

Adiante, apresenta-se detalhadamente cada caracterização paisagística das localidades selecionadas.

6.1 Caracterização paisagística dos pontos fixos

A Figura 11 apresenta a ilustração da LCZ 3 (ponto nº 1), cuja morfologia edificativa é descrita como densamente construída, com reduzida presença de cobertura vegetal arbórea, e apresenta ruas pavimentadas com edificações pequenas e médias de baixa e média elevação.

Com relação à cobertura da terra, a LCZ 3 apresenta pouca permeabilidade do solo devido à alta densidade construtiva e superfícies revestida com asfalto e/ou cimento. Compreende áreas predominantemente residenciais e de uso agrícola

orgânico, localizadas em região de maior poder aquisitivo na cidade, com fluxo de tráfego médio, situada ao sul da malha territorial urbana.

A temperatura média do ar para o mês de fevereiro de 2020 nessa área foi de 28,3°C e a umidade relativa média do ar foi de 80%.

Figura 11 – Caracterização paisagística do ponto nº 1 – Agricultura Urbana, LCZ 3

LCZ	COMPACTA DE BAIXA ELEVÇÃO E PAVIMENTADA	3
DEFINIÇÃO		
<i>Localização:</i> coordenadas UTM 256106.00 e 9351870.00 m S, alt. 47 m, zona sul da cidade; <i>Forma:</i> Paisagem densamente construída com edifícios pequenos e médios de baixa e média elevação, predomínio de materiais pesados (pedra, cimento, tijolos) telhados de cerâmica e fibrocimento; <i>Ocupação e uso:</i> Predominante residencial, pavimentada e com reduzida presença de cobertura vegetal arborea e agrícola; <i>Tráfego:</i> fluxo médio.		
ILUSTRAÇÃO		
Vista área		
Vista superfície		
PROPRIEDADES		
<i>Altura da rugosidade superficial (baixa - média - alta):</i> baixa		
<i>Fração de superfície impermeável (baixa - média - alta):</i> alta		
<i>Fluxo de tráfego (nulo - baixo - médio - alto):</i> médio		
Temperatura média do ar (fevereiro): 28.3°C		
Umidade relativa média do ar (fevereiro): 80.4%		
Fonte: Adaptado de Stewart (2011) e Cardoso (2015); Org.: Guilherme Silva de Sousa, 2020; Orientador(a): Prof. Dra. Margarete Cristiane Trindade de Costa Amorim.		

A Figura 12 apresenta a ilustração da LCZ 28B (ponto nº 2), cuja morfologia edificativa é descrita como densamente construída, com edifícios pequenos, médios e galpões de baixa e média elevação, tendo como materiais de construção predominantes os seguintes: cimento, tijolos, pedra com telhados de cerâmica, fibrocimento e metálico.

Com relação à cobertura da terra, a LCZ 28B apresenta baixa permeabilidade com presença de cobertura vegetal arborea, compreende áreas de uso residencial, institucional e comercial com fluxo de tráfego alto nas proximidades da Avenida Roberto Freire na zona sul da malha territorial urbana.

A temperatura média do ar para o mês de fevereiro nessa área foi de 28,7°C e a umidade relativa média do ar foi de 77%.

Figura 12 – Caracterização paisagística do ponto nº 2 – Urbano, LCZ 28B

LCZ	COMPACTA DE MÉDIA ELEVÇÃO COM GALPÕES E VEGETAÇÃO	2 8 B
DEFINIÇÃO		
<i>Localização:</i> coordenadas UTM 256497.00 e 9352186.00 m S, alt. 51 m, zona sul da cidade; Forma: Paisagem densamente construída com edifícios pequenos e médios de baixa e média elevação, predomínio de materiais pesados (pedra, cimento, tijolos) telhados de cerâmica, fibrocimento e metálico; Ocupação e uso: Residencial, institucional e comercial, significativamente pavimentada e com presença de cobertura vegetal arbórea; Tráfego: fluxo alto.		
ILUSTRAÇÃO		
<i>Vista oblíqua</i>		
<i>Vista superfície</i>		
PROPRIEDADES		
<i>Altura da rugosidade superficial (baixa - média - alta):</i> média		
<i>Fração de superfície impermeável (baixa - média - alta):</i> alta		
<i>Fluxo de tráfego (nulo - baixo - médio - alto):</i> alto		
Temperatura média do ar (fevereiro): 28.7°C		
Umidade relativa média do ar (fevereiro): 77.3%		
Fonte: Adaptado de Stewart (2011) e Cardoso (2015); Org.: Guilherme Silva de Sousa, 2020; Orientador(a): Prof. Dra. Margarete Cristiane Trindade de Costa Amorim.		

A Figura 13 apresenta a ilustração da LCZ A (ponto nº 3), representativa de remanescente florestal arbóreo com baixa densidade construtiva, inserida na Zona de Proteção Ambiental – 2, regulamentada pela Lei nº 7.237, de 22 de novembro de 1977.

Com relação à cobertura da terra, a LCZ A apresenta alta permeabilidade com substancial presença de cobertura vegetal arbórea do tipo sub-perenifólia representativa da Mata Atlântica. Trata-se de área de uso institucional representada pela Unidade de Conversação “Parque Estadual das Dunas de Natal”, administrado pelo Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente (IDEMA), com fluxo de tráfego baixo, localizado na zona leste da malha territorial urbana.

A temperatura média do ar para o mês de fevereiro nessa área foi de 27,9°C e a umidade relativa média do ar foi de 84%.

Figura 13 – Caracterização paisagística do ponto nº 3 – VD, LCZ A

LCZ	VEGETAÇÃO DENSE	A
DEFINIÇÃO		
Localização: coordenadas UTM 257270.00 e 9356963.00 m S, alt. 41 m, zona leste da cidade; Forma: Paisagem indicativa de remanescente vegetal arbóreo, apresenta alta densidade vegetativa de porte médio e alto, com poucas edificações e de baixa elevação; Ocupação e uso: Zona de Proteção Ambiental - 2, Unidade de Conservação (UC) e institucional (Parque das Dunas), pouco pavimentada e com elevada presença de cobertura vegetal arbórea; Tráfego: fluxo baixo.		
ILUSTRAÇÃO		
<i>Vista oblíqua</i>  <i>Vista superfície</i> 		
PROPRIEDADES		
<i>Altura da rugosidade superficial (baixa - média - alta):</i> baixa <i>Fração de superfície impermeável (baixa - média - alta):</i> baixa <i>Fluxo de tráfego (nulo - baixo - médio - alto):</i> baixo Temperatura média do ar (fevereiro): 27.9°C Umidade relativa média do ar (fevereiro): 84.2%		
Fonte: Adaptado de Stewart (2011) e Cardoso (2015); Org.: Guilherme Silva de Sousa, 2020; Orientador(a): Prof. Dra. Margarete Cristiane Trindade de Costa Amorim.		

A Figura 14 apresenta a ilustração da LCZ 3 (ponto nº 4), cuja morfologia edificativa é descrita como densamente construída, com reduzida presença de cobertura vegetal arbórea, e apresenta ruas pavimentadas com edificações pequenas e médias de baixa e média elevação.

Com relação à cobertura da terra, a LCZ 3 apresenta pouca permeabilidade do solo, devido à alta densidade construtiva e superfícies revestidas com asfalto e/ou cimento, e compreende áreas residenciais e institucionais, representada pelo Instituto Federal do Rio Grande do Norte campus zona norte (IFRN), com fluxo de tráfego alto nas proximidades da Avenida Rio Doce, situada ao norte da malha territorial urbana.

A temperatura média do ar para o mês de fevereiro de 2020 nessa área foi de 28,8°C e a umidade relativa média do ar foi de 78%.

Figura 14 – Classificação paisagística do ponto nº 4 – Urbano, LCZ 3

LCZ	COMPACTA DE BAIXA ELEVACÃO E PAVIMENTADA	3
DEFINIÇÃO		
<i>Localização:</i> coordenadas UTM 249605.00 e 9364108.00 m S, alt. 53 m, zona norte da cidade; <i>Forma:</i> Paisagem densamente cons-truída com edifícios pequenos e médios de baixa e média elevação, predomínio de materiais pesados (pedra, cimento, tijolos) telhados de cerâmica e metálico; <i>Ocupação e uso:</i> Residencial, institucional, significativamente pavimentada e com reduzida presença de cobertura vegetal arborea; <i>Tráfego:</i> fluxo alto.		
ILUSTRAÇÃO		
<i>Vista oblíqua</i>		
<i>Vista superfície</i>		
PROPRIEDADES		
<i>Altura da rugosidade superficial (baixa - média - alta):</i> média		
<i>Fração de superfície impermeável (baixa - média - alta):</i> alta		
<i>Fluxo de tráfego (nulo - baixo - médio - alto):</i> alto		
Temperatura média do ar (fevereiro): 28.8°C		
Umidade relativa média do ar (fevereiro): 77.9%		
Fonte: Adaptado de Stewart (2011) e Cardoso (2015);		
Org.: Guilherme Silva de Sousa, 2020;		
Orientador(a): Prof. Dra. Margarete Cristiane Trindade de Costa Amorim.		

A Figura 15 apresenta a ilustração da LCZ 7 (Ponto nº 5), cuja morfologia edificativa é descrita como densamente construída, com edifícios pequenos e médios de baixa elevação, tendo sido encontrados os seguintes materiais de construção: fragmentos de rocha, cimento, tijolos com telhados de cerâmica.

Com relação à cobertura da terra, a LCZ 7 apresenta média permeabilidade com reduzida presença de cobertura vegetal arborea, rasteira e solo exposto, e compreende áreas de uso residencial e institucional, representada pela Guarda Municipal do Natal (GMN), com fluxo de tráfego alto nas proximidades da Avenida Rio Doce, localizada ao norte da malha territorial urbana.

A temperatura média do ar para o mês de julho nessa área foi de 28,6°C, e a umidade relativa média do ar foi de 78%.

Figura 15 – Classificação paisagística do ponto nº 5 – Urbano, LCZ 7

LCZ	COMPACTA DE BAIXA ELEVACÃO E COM SOLO EXPOSTO	7
DEFINIÇÃO		
<i>Localização:</i> coordenadas UTM 250712.00 e 9365364.00 m S, alt. 52 m, zona norte da cidade; <i>Forma:</i> Paisagem compacta, densamente construída com edifícios pequenos de baixa elevação, apresenta materiais pesados (pedra, cimento, tijolos) e telhados de cerâmica; <i>Ocupação e uso:</i> Residencial e institucional (Guarda Municipal do Natal - GMN), pouco pavimentada e com solo exposto e reduzida presença de cobertura vegetal arborea; <i>Tráfego:</i> fluxo alto.		
ILUSTRAÇÃO		
<i>Vista oblíqua</i>		
<i>Vista superfície</i>		
PROPRIEDADES		
<i>Altura da rugosidade superficial (baixa - média - alta):</i> baixa		
<i>Fração de superfície impermeável (baixa - média - alta):</i> média		
<i>Fluxo de tráfego (nulo - baixo - médio - alto):</i> alto		
Temperatura média do ar (fevereiro): 28.6°C		
Umidade relativa média do ar (fevereiro): 78.7%		
Fonte: Adaptado de Stewart (2011) e Cardoso (2015); Org.: Guilherme Silva de Sousa, 2020; Orientador(a): Prof. Dra. Margarete Cristiane Trindade de Costa Amorim.		

A Figura 16 apresenta a ilustração da LCZ 3D (ponto nº 6), cuja morfologia edificativa é descrita como moderadamente construída, com reduzida presença de cobertura vegetal arborea e predomínio de vegetação rasteira, e apresenta ruas pouco pavimentadas com edificações pequenas e médias de baixa elevação.

Com relação à cobertura da terra, a LCZ 3D apresenta média permeabilidade a nível do solo e compreende áreas de uso misto residencial e agrícola. Está localizada em área de menor poder aquisitivo na cidade, com fluxo de tráfego alto, situada ao extremo norte da malha territorial urbana nas proximidades da Avenida Moema Tinoco da Cunha Lima.

Essa área compõe parte da Zona de Proteção Ambiental – 9, regulamentada pela Lei Complementar nº 082, de 21 de junho de 2007, que trata do plano diretor do município e é caracterizada pelo ecossistema de lagoas e dunas ao longo do Rio Doce (CAMPOS, 2018).

Além disso, a área conta com a atividade agrícola de origem urbana em grande expressão, delimitada por uma comunidade rural que existe há mais de um século, chamada popularmente de “Gramorezinho”, sendo constituída pela migração da população rural do interior para a cidade (CAMPOS, 2018).

A temperatura média do ar para o mês de fevereiro de 2020 nessa área foi de 28,4°C e a umidade relativa média do ar foi de 81%.

Figura 16 – Classificação paisagística do ponto nº 6 – AU, LCZ 3D

LCZ	COMPACTA DE BAIXA ELEVÇÃO COM VEGETAÇÃO RASTEIRA	3 D
DEFINIÇÃO		
<i>Localização:</i> coordenadas UTM 250821.00 e 9367741.00 m S, alt. 18 m, extremo da zona norte da cidade; <i>Forma:</i> Paisagem compacta, moderadamente construída com edifícios pequenos e médios de baixa elevação, predomínio de materiais pesados (pedra, cimento, tijolos) telhados de cerâmica; <i>Ocupação e uso:</i> Residencial, agrícola e institucional, pouco pavimentada , predomínio de vegetação rasteira e com reduzida presença de cobertura vegetal arborea; <i>Tráfego:</i> fluxo alto.		
ILUSTRAÇÃO		
<i>Vista oblíqua</i>		
<i>Vista superfície</i>		
PROPRIEDADES		
<i>Altura da rugosidade superficial (baixa - média - alta):</i> baixa		
<i>Fração de superfície impermeável (baixa - média - alta):</i> média		
<i>Fluxo de tráfego (nulo - baixo - médio - alto):</i> alto		
Temperatura média do ar (fevereiro): 28.4°C		
Umidade relativa média do ar (fevereiro): 80.9%		
Fonte: Adaptado de Stewart (2011) e Cardoso (2015); Org.: Guilherme Silva de Sousa, 2020; Orientador(a): Prof. Dra. Margarete Cristiane Trindade de Costa Amorim.		

A Figura 17 apresenta a ilustração da LCZ 9 (ponto nº 7), cuja morfologia edificada é descrita como pouco construída, com presença expressiva de cobertura vegetal arbustiva e rasteira, e apresenta ruas pouco pavimentadas com edificações pequenas e de baixa elevação.

Com relação à cobertura da terra, a LCZ 9 apresenta alta permeabilidade do solo e compreende áreas de uso misto predominantemente agrícola e residencial. Está localizada em área de menor poder aquisitivo na cidade, com fluxo de tráfego

alto, situada ao extremo norte da malha urbana nas proximidades da Avenida Moema Tinoco da Cunha Lima.

Essa área também compõe parte da Zona de Proteção Ambiental – 9, regulamentada pela Lei Complementar nº 082, de 21 de junho de 2007, que trata do plano diretor do município, e é caracterizada pelo ecossistema de lagoas e dunas ao longo do Rio Doce e também está inserida na comunidade rural chamada popularmente de “Gramorezinho”, sendo constituída historicamente pela migração da população rural do interior para a cidade (CAMPOS, 2018).

A temperatura média do ar para o mês de fevereiro de 2020 nessa área foi de 28°C e a umidade relativa média do ar foi de 80%.

Figura 17 – Classificação paisagística do ponto nº 7 – AP, LCZ 9

LCZ	POUCO COSTRUÍDA COM VEGETAÇÃO RASTEIRA	9
DEFINIÇÃO		
Localização: coordenadas UTM 250132.00 e 9368237.00 m S, alt. 21 m, extremo da zona norte da cidade; Forma: Paisagem pouco construída com edifícios pequenos e de baixa elevação, apresenta materiais pesados (pedra, cimento, tijolos) e telhados de cerâmica; Ocupação e uso: Agrícola e residencial, pouco pavimentada, predomínio de vegetação rasteira e arbustiva com reduzida presença de cobertura vegetal arborea; Tráfego: fluxo alto.		
ILUSTRAÇÃO		
<i>Vista oblíqua</i>  <i>Vista superfície</i> 		
PROPRIEDADES		
Altura da rugosidade superficial (baixa - média - alta): baixa Fração de superfície impermeável (baixa - média - alta): baixa Fluxo de tráfego (nulo - baixo - médio - alto): alto Temperatura média do ar (fevereiro): 28.0°C Umidade relativa média do ar (fevereiro): 80.3%		
Fonte: Adaptado de Stewart (2011) e Cardoso (2015); Org.: Guilherme Silva de Sousa, 2020; Orientador(a): Prof. Dra. Margarete Cristiane Trindade de Costa Amorim.		

7. DIANÓSTICO DAS ILHAS DE CALOR URBANAS EM NATAL (RN)

Como já mencionado, as ilhas de calor urbanas já foram identificadas em cidades de diversos países pelo mundo, num primeiro momento, naqueles cuja localização geográfica se insere nas latitudes médias da superfície terrestre (CHANDLER, 1965; LANDSBERG, 1970; OKE, 1978; GARCÍA, 1996; MONTEIRO, 1997).

O primeiro estudo realizado nesse sentido foi de Howard (1818), que comparou as medidas de temperaturas de Londres com o seu entorno rural próximo, de modo a verificar diferenças significativas entre o período noturno e diurno, configurando a conformação da ilha de calor urbana.

Atualmente, os estudos também têm focado em verificar os benefícios e problemáticas desse fenômeno na composição atmosférica das suas referidas cidades, bem como no cotidiano dos indivíduos que por ele são afetados (GARTLAND, 2010).

Em cidades de clima temperado, por exemplo, a ocorrência da ilha de calor urbana pode representar uma condição em potencial para a amenização do frio, economia de energia e conforto térmico (TEIXEIRA, 2019).

Em cidades de clima tropical, as investigações acerca desse tema são mais recentes, porém já contam com uma gama de estudiosos que direcionaram parte de suas reflexões teórico-metodológicas para os diferentes contextos urbanos do ambiente tropical, dentre eles: TARIFA, 1977; LOMBARDO, 1985; ZAMPARONI, 1995; AMORIM, 2000; NAKATA-OSAKI *et. al.*, 2016.

Buscando contribuir com parte desse arcabouço de estudiosos, nesta seção, serão apresentados resultados alcançados por essa pesquisa, no que se refere às ilhas de calor urbanas e clima da cidade de Natal, Rio Grande do Norte (RN).

Nos itens 7.1 e 7.2, são apresentadas as análises interpretativas das ilhas de calor de superfície, diagnosticadas por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto no intervalo que compreende imagens do ano de 2015 a 2019, considerando o agrupamento em dois períodos representativos: um chuvoso e outro menos chuvoso, com base nos totais pluviométricos registrados pela estação meteorológica convencional nº 82598, do INMET, dos 30 dias anteriores à tomada de cada imagem do satélite *Landsat 8* (AMORIM, 2020).

Além disso, somam-se aos valores de intensidades de temperatura da superfície os dados de direção e velocidade do vento medidos pelas estações meteorológicas dos aeroportos dos municípios do entorno, indicando a direção e velocidade do vento no horário mais próximo da tomada das imagens pelo satélite¹⁵, entre as 9h e 10h (local), com a direção predominante diária do vento do dia e média diária da velocidade em m/s.

Posteriormente, são apresentadas, no item 7.3, as análises das ilhas de calor urbanas atmosféricas, identificadas na cidade de Natal no período que compreende o mês de fevereiro de 2020, considerando-se com pressuposto analítico a caracterização das condições sinóticas por meio do encadeamento rítmico dos tipos de tempos (MONTEIRO, 1971) e condições de vento para a área de estudo, a contar as particularidades das áreas litorâneas.

7.1 As ilhas de calor de superfície no período chuvoso em Natal

Na prancha 1, são apresentados 5 mapas termais referentes ao período chuvoso e 1 de localização da área de estudo. Já, na prancha 2, são apresentados 5 mapas de NDVI também referentes ao período chuvoso e 1 de localização. Tais mapas se referem às imagens termais do satélite *Landsat 8* (canal 10) relacionadas a dias do período que compreende os anos de 2015 a 2019.

As imagens selecionadas para a elaboração dos mapas passaram pela análise da ausência de cobertura de nuvens sobre a cena, porém, considerada a natureza climática do ambiente litorâneo, não foi possível selecionar imagens contendo esse ideal metodológico, logo foram selecionadas imagens que tivessem em sua composição a menor quantidade de nuvens para tratamento, o que justifica o período mencionado acima de coleta das imagens.

No tratamento das imagens e para a elaboração dos mapas termais, foi considerada a intensidade de temperatura dos alvos. Essas intensidades foram calculadas tendo como pressuposto a diferença térmica das temperaturas intraurbanas e periurbanas em relação a uma área da imagem que apresentasse vegetação ampla e densa (AMORIM, 2020).

¹⁵ O caminho orbital percorrido pelo satélite *Landsat 8* para captura e imageamento da área de estudo está situado em WRS Path: 214 e WRS Row: 014; o horário local da tomada de imagem ocorre às 09h28m (do horário de Brasília).

A área destacada em tons de azul e verde na Figura 18 é reconhecida como Parque das Dunas, uma unidade de conservação, que se fixou como ponto de referência para obtenção dos valores das intensidades de temperatura dos alvos para todas as imagens, tanto no período chuvoso quanto no período menos chuvoso.

Figura 18 – Parque das Dunas em Natal, Rio Grande do Norte (RN)



Fonte: IBGE 2010 e 2015, *Basemap* ESRI 10.7.1

Elaboração: Guilherme Silva de Sousa, 2020.

Cabe ressaltar, ainda, que em algumas imagens os corpos d'água (rios, áreas alagadas, lagoas, etc.) apresentaram temperaturas semelhantes àsquelas identificadas na área de referência, configurando-se, em alguns casos, como pontos de referência em conjunto com a área vegetada para obtenção das intensidades de temperatura dos alvos na área de estudo.

Os mapas termais e de NDVI, tanto no período chuvoso como no menos chuvoso, demonstraram, de modo geral, que em Natal as áreas mais aquecidas e com maiores intensidades de temperatura são aquelas densamente construídas e típicas do ambiente urbano.

Por outro lado, as áreas menos aquecidas e com as menores intensidades de temperatura de superfície são aquelas revestidas por vegetação densa, em especial do tipo arbóreo, identificadas em parques, unidades de conservação e/ou zonas de proteção ambiental em estado de vigor vegetativo, como é o Parque das Dunas e Parque da Cidade do Natal Dom Nivaldo Monte, localizado no sudoeste da malha urbana.

No que diz respeito às áreas caracterizadas pelas práticas agrícolas urbanas e em se tratando da temperatura de superfície, verificaram-se duas possibilidades analíticas para o fenômeno na cidade em questão.

A atividade, quando associada a uma composição paisagística de origem mista, como vegetação densa e cultivo agrícola (Fig.17, LCZ 9), implica respostas de intensidades de temperatura da superfície menores. Isso se deve à densificação da vegetação, ao estado de exuberância vegetativa e à baixa densidade construtiva e, por conseguinte, populacional da área em si.

Por outro lado, verificou-se que, quando a atividade está inserida no ambiente urbano de forma confinada e construída (Fig.11, LCZ 3), as características do ambiente urbano nas possibilidades de respostas dos alvos passam a ser predominantes, induzindo intensidades de temperatura maiores.

Isso se deve, num primeiro momento, ao tamanho da área de abrangência para plantio, o que, por sua vez, implica a resolução espacial do sensor de captação das respostas de temperatura dos alvos e também do tipo de cultivo a ser praticado, que, na maior parte das experiências, é de espécies vegetais de pequeno porte, tais como: alface, couve, coentro, salsa, cebolinha, entre outros (Fig. 11, LCZ 3).

Destaca-se, ainda, que, nas áreas de ocorrência da prática agrícola urbana, há manutenção periódica da umidade no solo. Isso se deve à própria demanda dos tipos de culturas semeadas, o que confere a essa superfície e à do entorno um estado de vigor vegetativo constante, mesmo em situações com observada diminuição dos totais pluviométricos, tal como é no período nomeado menos chuvoso (prancha 3).

A seguir, são apresentados, de forma mais detalhada, os aspectos descritos anteriormente enquanto forma de resultados, considerando as especificidades de

cada dia selecionado para análise e a correlação da espacialização da temperatura de superfície ao Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

Esse índice varia na escala de -1 a +1, de forma que, quanto mais próximo de +1, a vegetação apresenta estado de exuberância vegetativa mais significativa e, quanto mais próximo de -1, a vegetação passa a ser inexistente, indicando a possibilidade de solos expostos ou as áreas construídas (MENESES e ALMEIDA, 2012).

Nas pranchas 1 e 2, os mapas do item A correspondem ao dia 11/02/2016. O total pluviométrico dos 30 dias anteriores à tomada da imagem foi de 182,2 mm, bem distribuídos durante o período. Ademais, a direção do vento próxima ao horário da tomada de imagem pelo satélite era de sul (S), com uma velocidade média de 2,1 m/s. A velocidade média do dia foi de 4,2 m/s, sendo a direção predominante do vento de sudeste (SE).

A espacialização das intensidades de temperatura de superfície nesse dia variou na escala de 0°C a 15°C, sendo o valor máximo da escala identificado no ambiente intraurbano, enquanto a espacialização dos valores de NDVI variou na escala de -0,20 a 0,56.

Dentro desses intervalos, foram selecionados recortes avaliativos considerando diferentes usos e coberturas da terra urbana na cidade, dentre eles: uma área construída de uso residencial (Fig. 12, LCZ 2_{8B}); uma área de vegetação densa (referência, Fig. 13, LCZ A); uma área construída de uso institucional (Fig. 14, LCZ 3); e uma área de prática agrícola urbana (Fig. 17, LCZ 9).

Os recortes apresentaram valores de intensidades de temperatura e de NDVI distintos, caracterizando o potencial térmico e vegetativo dos diferentes usos e coberturas da terra no que concerne à composição térmica e paisagística de superfície da cidade.

As áreas urbanas selecionadas apresentaram, em relação à área de vegetação densa, intensidades de temperatura de 8°C, enquanto a área de prática agrícola urbana apresentou 4°C. A diferença entre as áreas urbanas e a área de cultivo corresponde a 4°C de intensidade, indicando o potencial térmico da atividade quando comparada ao ambiente urbano densamente construído.

No que diz respeito ao NDVI, as áreas urbanas selecionadas se situaram na escala do índice de 0,04 a 0,16, enquanto a área de vegetação densa e prática

agrícola urbana ficaram na faixa de 0,37 a 0,56, indicando o máximo do estado de vigor vegetativo em ambas as áreas.

No dia 18/04/2017, em relação aos mapas do item B, o total pluviométrico dos 30 dias anteriores à tomada da imagem foi de 198,2 mm, bem distribuídos durante o período. A direção do vento, próximo ao horário da tomada de imagem pelo satélite, era de sul (S), com uma velocidade média de 6,2 m/s. A velocidade média do dia foi de 4,4 m/s, sendo a direção predominante do vento de sul (S).

A espacialização das intensidades de temperatura de superfície nesse dia variou na escala de 0°C a 15°C, sendo o valor máximo da escala identificado no ambiente intraurbano, enquanto a espacialização dos valores de NDVI variou na escala de -0,24 a 0,64.

Na análise dos recortes, as áreas urbanas apresentaram, em relação à área de vegetação densa, intensidades de temperatura de 9°C, enquanto a área de prática agrícola urbana apresentou 4°C. A diferença entre as áreas urbanas e a área de cultivo corresponde a 5°C de intensidade.

No NDVI (prancha 2, item B), as áreas urbanas selecionadas se situaram na escala do índice de 0,04 a 0,16, enquanto a área de vegetação densa e prática agrícola ficaram na faixa de 0,39 a 0,64, indicando o máximo do estado de vigor vegetativo em ambas as áreas.

Os mapas do item C correspondem ao dia 08/08/2017. O total pluviométrico dos 30 dias anteriores à tomada da imagem foi de 222 mm, bem distribuídos durante o período. A direção do vento, próximo ao horário da tomada de imagem pelo satélite, era de sul (S), com uma velocidade média de 7,5 m/s. A velocidade média do dia foi de 5,9 m/s, sendo a direção predominante do vento de sul (S).

A espacialização das intensidades de temperatura de superfície nesse dia variou na escala de 0°C a 12°C, sendo o valor máximo da escala identificado no ambiente intraurbano, enquanto a espacialização dos valores de NDVI variou na escala de -0,21 a 0,58.

Na análise dos recortes, as áreas urbanas apresentaram em relação à área de vegetação densa intensidade de temperatura de 8°C e 9°C. Nesse dia, não foi possível analisar a intensidade da área de prática agrícola urbana devido à presença de nuvens sobre a cena.

No NDVI (prancha 2, item C), as áreas urbanas selecionadas se situaram na escala do índice de 0,02 a 0,14, enquanto a área de vegetação densa ficou na faixa de 0,35 a 0,58, indicando o máximo do estado de vigor vegetativo nessa área.

No dia 08/06/2018, em relação aos mapas do item D, o total pluviométrico dos 30 dias anteriores à tomada da imagem foi de 259,2 mm, bem distribuídos durante o período. A direção do vento, próximo ao horário da tomada de imagem pelo satélite, era de sudeste (SE), com uma velocidade média de 6,2 m/s. A velocidade média do dia foi de 4,0 m/s, sendo a direção predominante do vento de leste (L).

A espacialização das intensidades de temperatura de superfície neste dia variou na escala de 0°C a 11°C, sendo o valor máximo da escala identificado no ambiente intraurbano, enquanto a espacialização dos valores de NDVI variou na escala de -0,25 a 0,59.

Na análise dos recortes, as áreas urbanas apresentaram, em relação à área de vegetação densa, intensidades de temperatura de 6°C e 7°C, enquanto a área de prática agrícola urbana apresentou 3°C. A diferença entre as áreas urbanas e a área de cultivo corresponde a 3°C e 4°C de intensidades.

Nesse dia, verifica-se uma diminuição das intensidades de temperatura tanto na área agrícola quanto nas áreas urbanas. Isso se deve ao efeito proporcionado pelos totais de precipitação ocasionados nos dias anteriores à tomada da imagem, que, em 5 dias, contabilizaram 158,7 mm.

No NDVI (prancha 2, item D), as áreas urbanas selecionadas se situaram na escala do índice de 0,03 a 0,15, enquanto a área de vegetação densa e prática agrícola ficou na faixa de 0,36 a 0,59, indicando o máximo do estado de vigor vegetativo em ambas as áreas.

Os mapas do item E correspondem ao dia 26/05/2019. O total pluviométrico dos 30 dias anteriores à tomada da imagem foi de 175,1 mm, bem distribuídos durante o período. A direção do vento, próximo ao horário da tomada de imagem pelo satélite, era de sul (S), com uma velocidade média de 3,6 m/s. A velocidade média do dia foi de 4,3 m/s, sendo a direção predominante do vento de sudeste (SE).

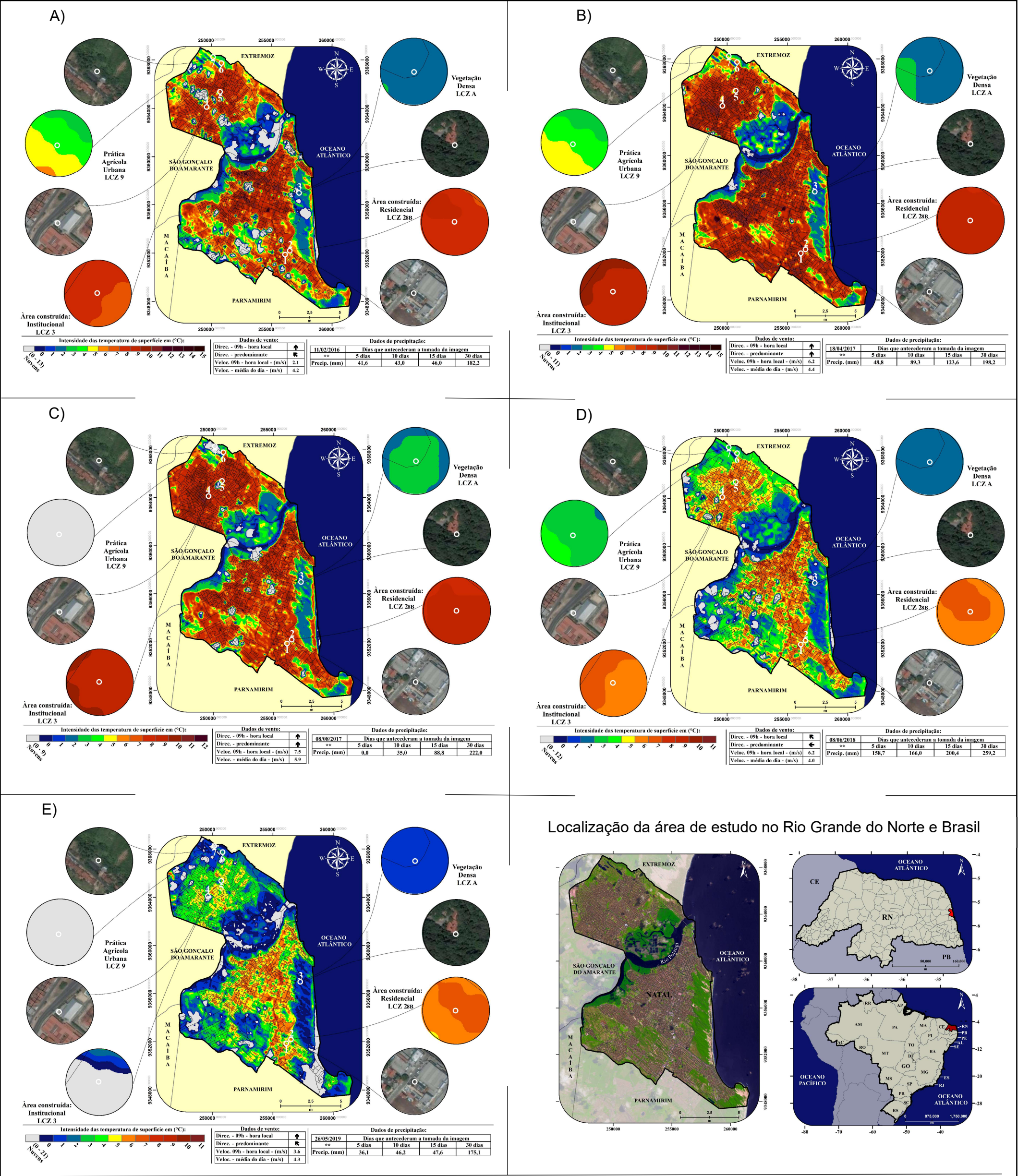
A espacialização das intensidades de temperatura de superfície nesse dia variou na escala de 0°C a 11°C, sendo o valor máximo da escala identificado no ambiente intraurbano, enquanto a espacialização dos valores de NDVI variou na escala de -0,21 a 0,62.

Na análise dos recortes, uma das áreas urbanas apresentou 7°C de intensidade em relação à área de vegetação densa. Nesse dia, não foi possível analisar a intensidade da área de prática agrícola urbana, devido à presença de nuvens sobre a cena.

Nesse dia, também se verificou uma diminuição nas intensidades de temperatura nas áreas urbanas. Isso se deve ao efeito proporcionado pelo volume de precipitação nos dias anteriores à tomada da imagem, que, em 5 dias, contabilizou 36,1 mm.

No NDVI (prancha 2, item E), uma das áreas urbanas selecionadas contabilizou valores na escala do índice de 0,03 a 0,16, enquanto a área de vegetação densa se situou na faixa de 0,38 a 0,62, indicando o máximo do estado de vigor vegetativo.

Prancha 1: Espacialização das intensidades de temperatura de superfície em Natal (RN) no período chuvoso



Elaborado por:

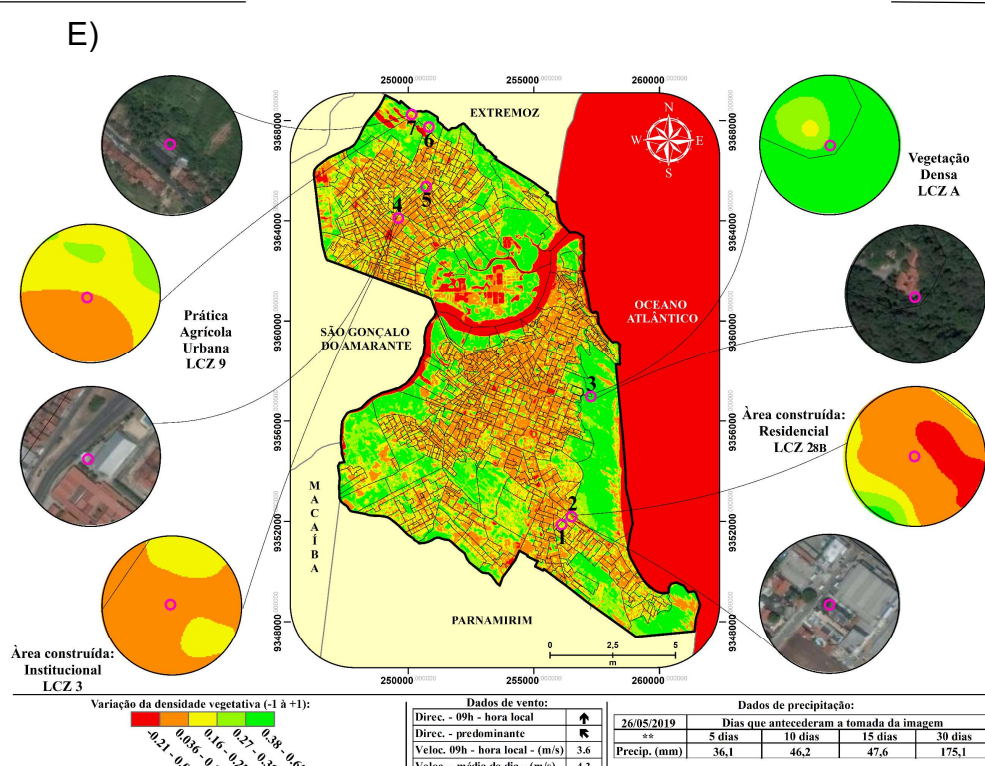
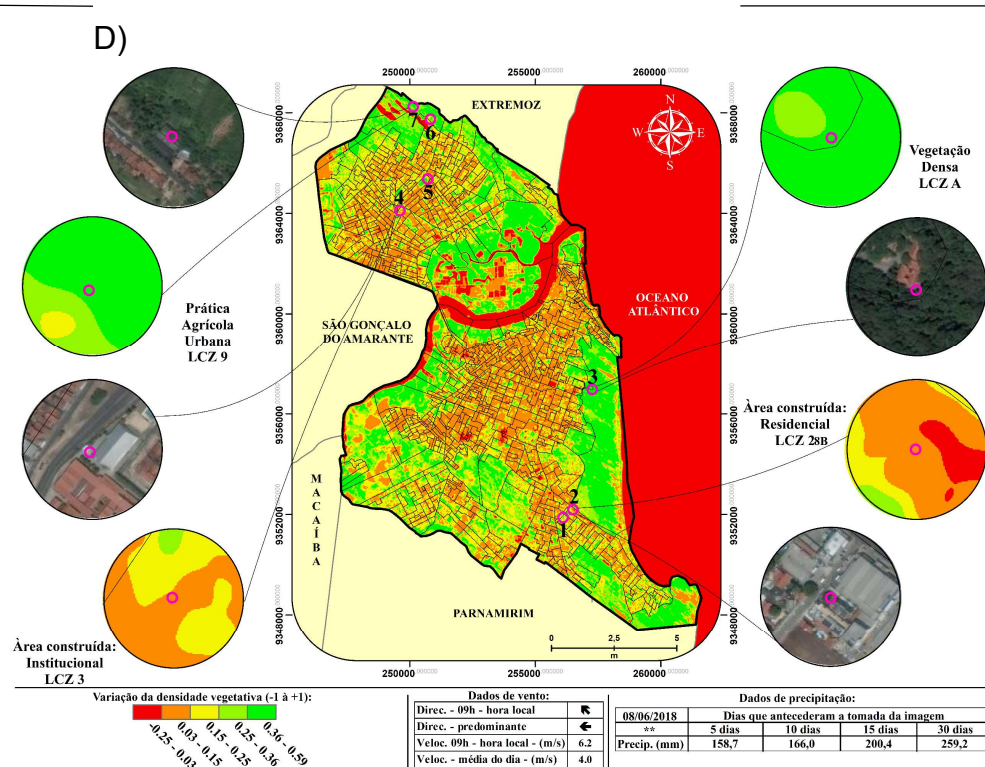
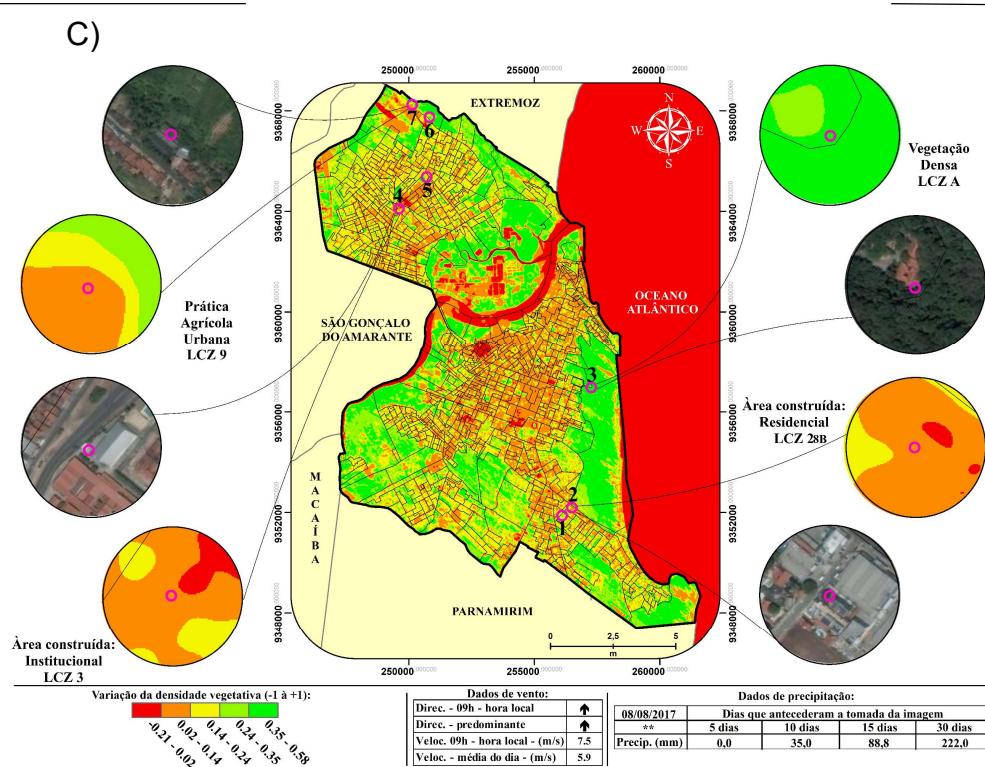
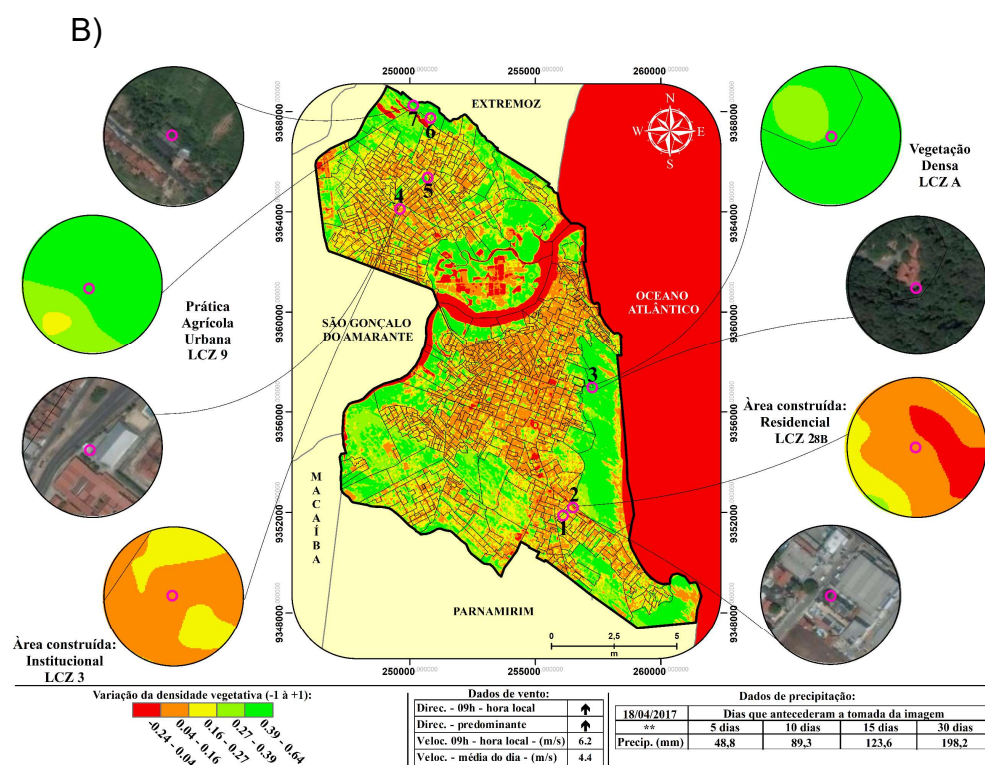
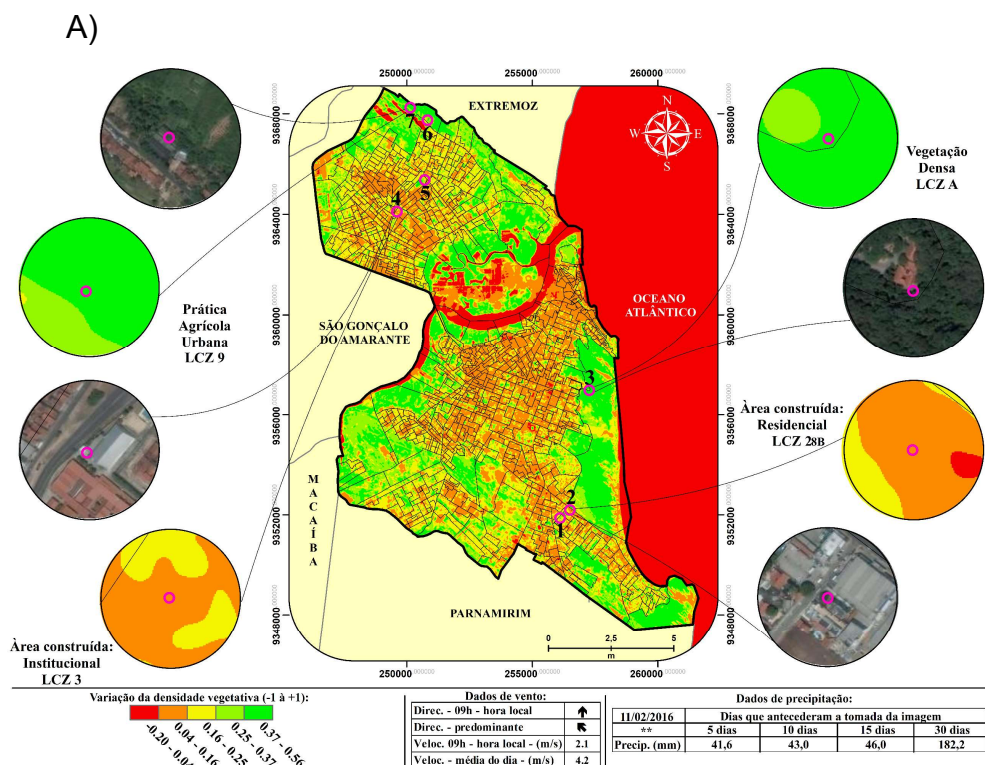
Guilherme Silva de Sousa, 2020;
Orientação: Profa. Dra. Margarete
Cristiane da Costa Trindade Amorim.

Fonte de dados:

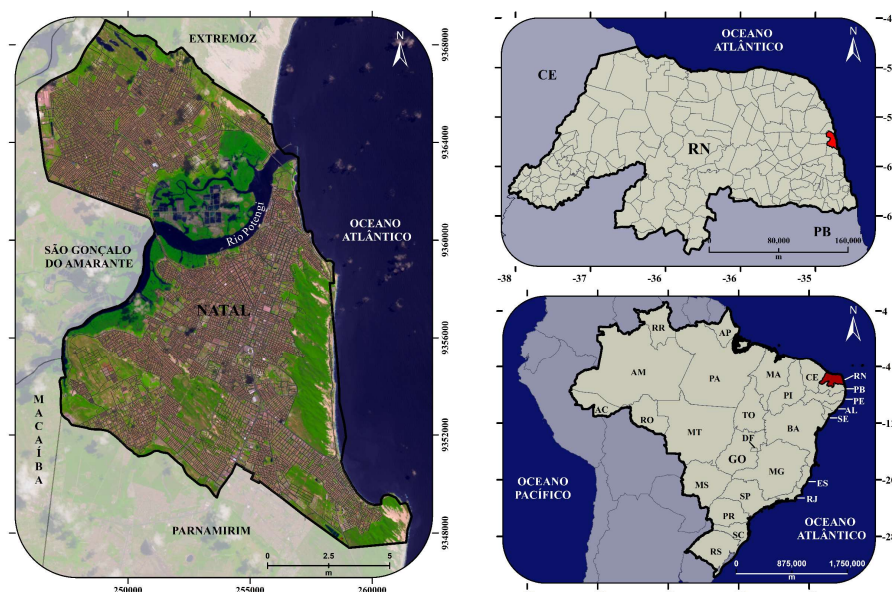
<<http://earthexplorer.usgs.gov/>>;
Base cartográfica: IBGE 2010 e 2015;
Basemap ESRI: 10.7.1
Datum: SIRGAS 2000, UTM 25S.



Prancha 2: Espacialização dos valores de NDVI para Natal (RN) no período chuvoso



Localização da área de estudo no Rio Grande do Norte e Brasil



Elaborado por:

Guilherme Silva de Sousa, 2020;
Orientação: Profa. Dra. Margarete
Cristiane da Costa Trindade Amorim.

Fonte de dados:

<<http://earthexplorer.usgs.gov/>>;
Base cartográfica: IBGE 2010 e 2015;
Basemap ESRI: 10.7.1
Datum: SIRGAS 2000, UTM 25S.

Apoio:



7.2 As ilhas de calor de superfície no período menos chuvoso em Natal

Na prancha 3, são apresentados 5 mapas termais, referentes ao período menos chuvoso, e 1 de localização da área de estudo. Já na prancha 4 também são apresentados 5 mapas de NDVI, referentes ao período menos chuvoso, e 1 de localização. Tais mapas se referem às imagens termais do satélite *Landsat 8* (canal 10), referentes a dias do período de 2015 a 2019.

Os mapas do item A correspondem ao dia 22/10/2015. O total pluviométrico dos 30 dias anteriores à tomada da imagem foi de 20,9 mm, bem distribuídos durante o período. A direção do vento, próximo ao horário da tomada de imagem pelo satélite, era de leste (L) com uma velocidade média de 6,7 m/s. A velocidade média do dia foi de 6,4 m/s, sendo a direção predominante do vento de sudeste (SE).

A espacialização das intensidades de temperatura de superfície nesse dia variou na escala de 0°C a 20°C, sendo o valor máximo da escala identificado no ambiente intraurbano, enquanto a espacialização dos valores de NDVI variou na escala de -0,19 a 0,61.

Dentro desses intervalos, foram selecionados os mesmos recortes avaliativos para diferentes usos e coberturas da terra urbana na cidade do período chuvoso, sendo eles: uma área construída de uso residencial (Fig. 12, LCZ 2_{8B}); uma área de vegetação densa (referência, Fig. 13, LCZ A); uma área construída de uso institucional (Fig. 14, LCZ 3); e uma área de prática agrícola urbana (Fig. 17, LCZ 9).

Os recortes nesse período também apresentaram valores de intensidades de temperatura e de NDVI distintos, o que, por sua vez, caracteriza o potencial térmico e vegetativo dos diferentes usos e coberturas da terra, no que concerne à composição térmica e paisagística de superfície da cidade.

As áreas urbanas selecionadas apresentaram, em relação à área de vegetação densa, intensidades de temperatura de 11°C, enquanto a área de prática agrícola urbana apresentou 3°C. A diferença entre as áreas urbanas e a área de cultivo corresponde a 8 °C de intensidade, indicando o potencial térmico da atividade quando comparada ao ambiente urbano densamente construído.

No que diz respeito ao NDVI, as áreas urbanas selecionadas se situaram na escala do índice de 0,02 a 0,13, enquanto a área de vegetação densa e prática agrícola ficaram na faixa de 0,35 a 0,61, indicando o máximo de estado de vigor vegetativo em ambas as áreas.

No dia 22/09/2016, em relação aos mapas do item B, o total pluviométrico dos 30 dias anteriores à tomada da imagem foi de 60,7 mm, mal distribuídos durante o período. A direção do vento, próximo ao horário da tomada de imagem pelo satélite, era de sudeste (SE), com uma velocidade média de 2,6 m/s. A velocidade média do dia foi de 5,4 m/s, sendo a direção predominante do vento de sudeste (SE).

A espacialização das intensidades de temperatura de superfície nesse dia variou na escala de 0°C a 15°C, sendo o valor máximo da escala identificado no ambiente intraurbano, enquanto a espacialização dos valores de NDVI variou na escala de -0,26 a 0,61.

Na análise dos recortes, as áreas urbanas apresentaram, em relação à área de vegetação densa, intensidades de temperatura de 9°C e 10°C. Nesse dia, não foi possível analisar a intensidade da área de prática agrícola urbana, devido à presença de nuvens sobre a cena.

No NDVI (prancha 4, item B), as áreas urbanas selecionadas se situaram na escala do índice de 0,01 a 0,14, enquanto a área de vegetação densa ficou na faixa de 0,36 a 0,61, indicando o máximo do estado de vigor vegetativo nessa área.

Os mapas do item C correspondem ao dia 25/11/2016. O total pluviométrico dos 30 dias anteriores à tomada da imagem foi de 18,7 mm, mal distribuídos durante o período. A direção do vento, próximo ao horário da tomada de imagem pelo satélite, era de sudeste (SE) com uma velocidade média de 5,1 m/s. A velocidade média do dia foi de 5,6 m/s, sendo a direção predominante do vento de sudeste (SE).

A espacialização das intensidades de temperatura de superfície nesse dia variou na escala de 0°C a 16°C, sendo o valor máximo da escala identificado no ambiente intraurbano, enquanto a espacialização dos valores de NDVI variou na escala de -0,19 a 0,59.

As áreas urbanas selecionadas apresentaram, em relação à área de vegetação densa, intensidades de temperatura de 8°C, enquanto a área de prática agrícola urbana apresentou 4°C. A diferença entre as áreas urbanas e a área de cultivo corresponde a 4°C de intensidade.

No NDVI, as áreas urbanas selecionadas se situaram na escala do índice de 0,02 a 0,14, enquanto a área de vegetação densa e prática agrícola ficou na faixa de 0,34 a 0,59, indicando o máximo do estado de vigor vegetativo em ambas as áreas.

No dia 12/09/2018, em relação aos mapas do item D, o total pluviométrico dos 30 dias anteriores à tomada da imagem foi de 77,1 mm, bem distribuídos durante o

período. A direção do vento, próximo ao horário da tomada de imagem pelo satélite, era de sul (S), com uma velocidade média de 3,3 m/s. A velocidade média do dia foi de 6,3 m/s, sendo a direção predominante do vento de sudeste (SE).

A espacialização das intensidades de temperatura de superfície nesse dia variou na escala de 0°C a 14°C, sendo o valor máximo da escala identificado no ambiente intraurbano, enquanto a espacialização dos valores de NDVI variou na escala de -0,28 a 0,61.

Na análise dos recortes, as áreas urbanas apresentaram, em relação à área de vegetação densa, intensidades de temperatura de 8°C e 9°C, enquanto a área de prática agrícola urbana apresentou 4°C. A diferença entre as áreas urbanas e a área de cultivo corresponde a 4°C e 5°C de intensidades.

No NDVI (prancha 4, item D), as áreas urbanas selecionadas se situaram na escala do índice de 0,00 a 0,15, enquanto a área de vegetação densa e prática agrícola ficaram na faixa de 0,36 a 0,61, indicando o máximo do estado de vigor vegetativo em ambas as áreas.

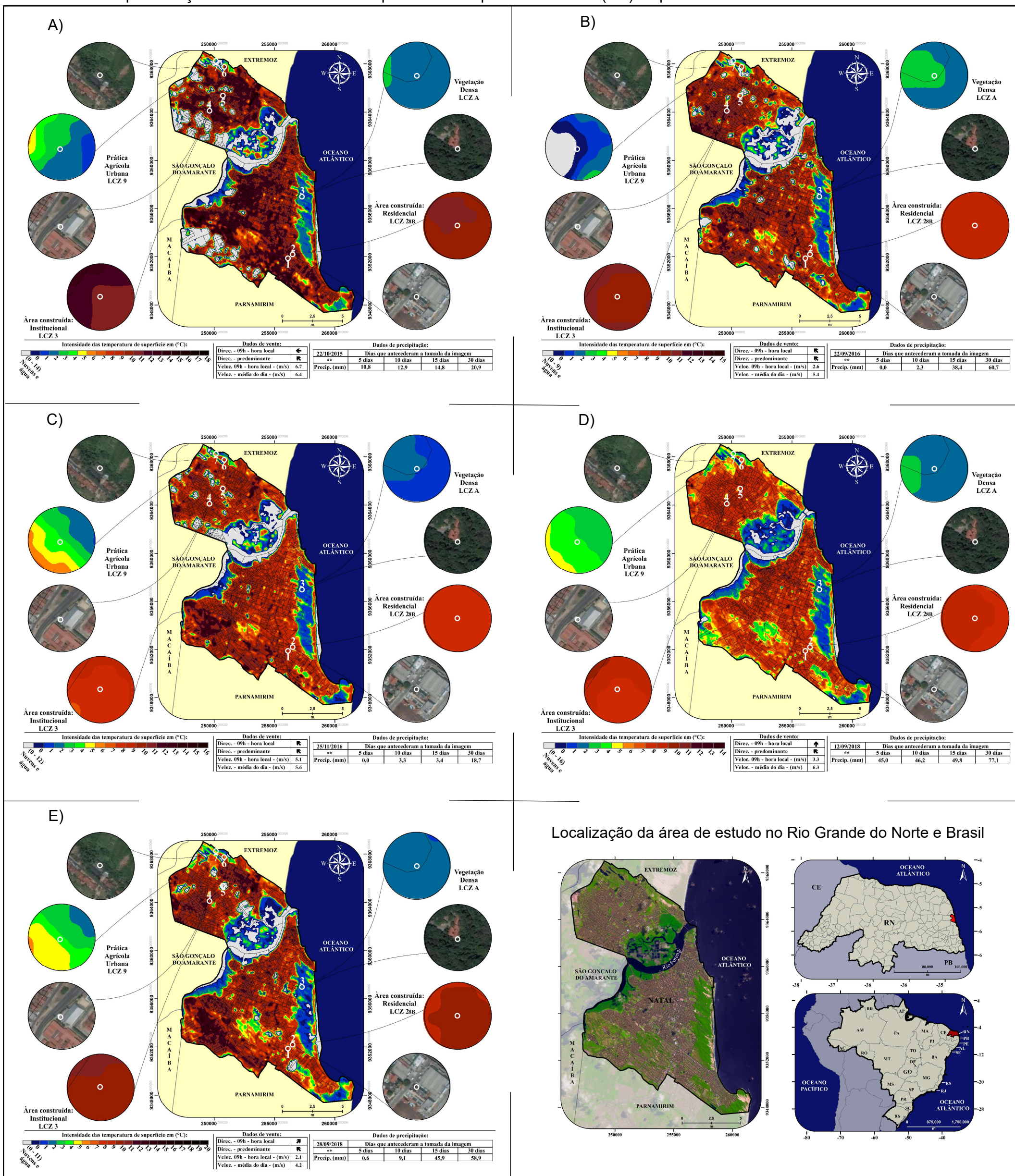
Os mapas do item E correspondem ao dia 28/09/2018. O total pluviométrico dos 30 dias anteriores à tomada da imagem foi de 58,9 mm, mal distribuídos durante o período. A direção do vento, próximo ao horário da tomada de imagem pelo satélite, era de sudoeste (SO) com uma velocidade média de 2,1 m/s. A velocidade média do dia foi de 4,2 m/s, sendo a direção predominante do vento de sudeste (SE).

A espacialização das intensidades de temperatura de superfície nesse dia variou na escala de 0°C a 20°C, sendo o valor máximo da escala identificado no ambiente intraurbano, enquanto a espacialização dos valores de NDVI variou na escala de -0,23 a 0,64.

As áreas urbanas selecionadas, em relação à área de vegetação densa, apresentaram intensidades de temperatura de 10°C, enquanto a área de prática agrícola urbana apresentou 4°C. A diferença entre as áreas urbanas e a área de cultivo corresponde a 6°C de intensidade.

No NDVI, as áreas urbanas selecionadas se situaram na escala do índice de 0,01 a 0,14, enquanto a área de vegetação densa e prática agrícola ficou na faixa de 0,37 a 0,64, indicando o máximo do estado de vigor vegetativo em ambas as áreas.

Prancha 3: Espacialização das intensidades de temperatura de superfície em Natal (RN) no período menos chuvoso



Elaborado por:

Guilherme Silva de Sousa, 2020;
Orientação: Profa. Dra. Margarete
Cristiane da Costa Trindade Amorim.

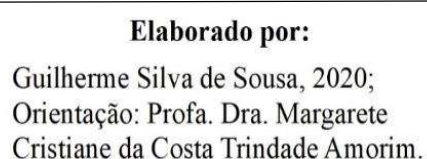
Fonte de dados:

<<http://earthexplorer.usgs.gov/>>;
Base cartográfica: IBGE 2010 e 2015;
Basemap ESRI: 10.7.1
Datum: SIRGAS 2000, UTM 25S.



Apoio:





<<http://earthexplorer.usgs.gov/>>;
Base cartográfica: IBGE 2010 e 2015;
Basemap ESRI: 10.7.1
Datum: SIRGAS 2000, UTM 25S.

GAIA Grupo de Pesquisa
Interações na superfície
terrestre, água e atmosfera



7.3 As ilhas de calor atmosféricas em Natal: intensidades e magnitudes

Na prancha 5, são apresentados 8 painéis espaço-temporais das intensidades de temperatura do ar para o mês de fevereiro de 2020, na cidade de Natal. Os valores das intensidades de temperatura demonstraram que, nos diferentes pontos selecionados para coleta de dados, houve a conformação das ilhas de calor atmosféricas e/ou ilhas de frescor.

As ilhas de frescor são caracterizadas no ambiente intraurbano/periurbano como áreas que apresentam intensidades de temperatura menores do que aquelas identificadas no ambiente rural e/ou seu entorno próximo (MENDONÇA, 1994; STEINECKE, 1999; AMORIM, 2000; RIZWAN; DENNIS; LIU, 2008; TEIXEIRA, 2019).

Os registros feitos pelos pontos fixos em superfície se referem aos dados horários da máxima, mínima e média das temperaturas do ar, sendo selecionados para as análises os horários das 0h, 3h, 6h, 9h, 12h, 15h, 18h e 21h, por abarcar todos os períodos do dia (manhã, tarde e noite).

Os painéis espaço-temporais consistem na representação cartesiana dos pontos de registros em dois segmentos de linha, sendo o eixo x (abscissa) para representação dos dias de medição e o eixo y (ordenada) para ordenação da quantidade dos pontos, seguindo a orientação espacial de sul para norte ou de oeste para leste (AMORIM, 2019).

Os pares ordenados (z), obtidos por meio da inter-relação dessas duas variáveis, são determinados pelos valores das intensidades de temperatura auferidos em cada ponto de coleta, possibilitando a conformação do gradiente das intensidades de temperatura por isothermas e demonstrando espacial e temporalmente a conformação das ilhas de calor atmosféricas e/ou ilhas de frescor.

Os dados médios horários registrados pelo ponto de nº 3 representativo da vegetação densa (Fig. 13, LCZ A) foram utilizados como parâmetro para obtenção dos valores das intensidades de temperatura para os demais pontos de nº 1, 2, 4, 5, 6 e 7 (Figs. de 11 a 17).

Antes de apresentar as análises dos painéis espaço-temporais, considerou-se como importante a caracterização das condições de tempo sob cuja influência os dados de temperatura do ar estiveram durante o período de produção e coleta na área de estudo, subitem 7.3.1.

Para alcançar tal propósito, optou-se pela utilização da proposta teórico-metodológica da análise rítmica de Monteiro (1971), que utiliza dados de estações meteorológica de superfície, como a estação automática A304 e convencional nº 82598 do Instituto Nacional de Meteorologia, localizadas nas dependências da UFRN.

Essa proposta teórico-metodológica, além de apresentar de forma simultânea os elementos básicos do clima, como temperatura, umidade, precipitação, pressão atmosférica, dentre outros, possibilita identificar, junto com as imagens do satélite GOES e cartas sinóticas da Marinha do Brasil, os sistemas atmosféricos que estavam atuando sobre a área de estudo durante o período de mensuração dos dados de superfície.

A identificação dos sistemas atmosféricos atuantes apresenta-se como um aspecto fundamental para as análises, sobretudo para a compreensão da sucessão habitual dos tipos de tempo, que compreende a dinâmica local e regional da circulação atmosférica da área de estudo (MONTEIRO, 1971).

Outro aspecto que é considerado de suma importância para análise dos painéis espaço-temporais é a caracterização da dinâmica do vento no recorte selecionado, visto que se refere a uma área litorânea que desfruta de uma dinâmica própria de vento proporcionada pelo efeito da brisa marinha e maritimidade.

Essa dinâmica, associada à transposição de umidade por meio do vento proveniente do mar/oceano para o continente, pode ocasionar nas intensidades de temperatura do ar diferentes respostas, uma vez consideradas as singularidades das áreas elegidas para análise neste estudo, portanto, no subitem 7.3.2, é apresentada uma síntese da direção e velocidade do vento para o mês de fevereiro de 2020, na cidade de Natal e seu entorno.

7.3.1 Análise rítmica do mês de fevereiro de 2020

Para subsidiar as análises dos 8 painéis espaço-temporais das intensidades de temperatura do ar, descritas mais à frente, considerou-se necessária a caracterização do tempo no mês de fevereiro de 2020 para a cidade de Natal.

O gráfico de análise rítmica, gráfico 01 (p. 91), tem como intuito caracterizar as condições sinóticas no período que compreende a mensuração e a coleta de dados em superfície, a fim de desvelar como as condições de tempo, sobretudo dos sistemas

atmosféricos atuantes, podem influenciar nas respostas de temperatura do ar e ilhas de calor atmosféricas.

No mês de fevereiro, para a cidade de Natal, a temperatura máxima foi registrada no dia 25, representando 31,7°C, enquanto que a temperatura mínima foi de 25,7°C e ocorreu no dia 13. A média do mês foi de 29,3°C.

Com relação à umidade relativa do ar, a máxima registrada ocorreu no dia 19 com 98%, enquanto que a mínima ocorreu nos dias 13 e 15 com 58%. A média da umidade relativa para o período foi de 75%.

A pressão atmosférica apresentou poucas variações durante todo o mês, situando-se na escala do gráfico na faixa que compreende 1.005 a 1.010 (hPa), em razão da predominância de sistemas atmosféricos atuantes estáveis sobre a área de estudo.

Foram contabilizados 182 mm de precipitação durante todo o mês de fevereiro, sendo um mês típico da estação chuvosa que abarca boa parte da região litorânea do nordeste brasileiro.

Desse universo, verifica-se que a distribuição da precipitação durante os dias ocorreu de forma concentrada e mal distribuída, sendo os maiores volumes identificados no dia 13 com 44,2 mm, no dia 19 com 96,6 mm e no dia 20 com 24,0 mm.

A direção do vento nesse mês teve predomínio no quadrante leste (L) e ventos de sudeste (SE), com velocidades que variaram de 0,0 m/s (calmaria) a valores maiores que 4,6 m/s.

A nebulosidade na área de estudo, a contar todos os dias do mês, situou-se na escala que compreende 3 a 10 décimos, indicando que não houve nenhum dia com céu totalmente aberto e sem presença de nuvens.

No que diz respeito à identificação dos sistemas atmosféricos atuantes ao nível diário, observou-se equilíbrio entre sistemas estáveis e instáveis na maior parte dos dias, sendo o predomínio marcado pela massa de ar Tropical Atlântica (Ta) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

Destaca-se a ocorrência, em 5 dias, das Instabilidades Tropicais (IT), responsáveis pela insurgência de pequenos totais pluviométricos sobre a área de estudo, o que contribui para a manutenção dos índices de umidade tal como demonstra o gráfico.

A massa de ar Tropical Atlântica (Ta) atuou sobre a área de estudo por 12 dias, demonstrando parte do seu predomínio no mês em questão, sendo possível identificar suas características nos elementos básicos do clima, como temperatura, umidade e vento. Esse sistema de alta pressão se caracteriza pela estabilidade das condições sinóticas de tempo e clima.

Outro sistema atmosférico que apresentou predominância durante o período foi a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que atuou por 12 dias na área de estudo, sendo possível identificar suas características nos elementos básicos do clima, como temperatura, umidade, precipitação e vento. Esse sistema se caracteriza pela instabilidade das condições sinóticas de tempo e clima.

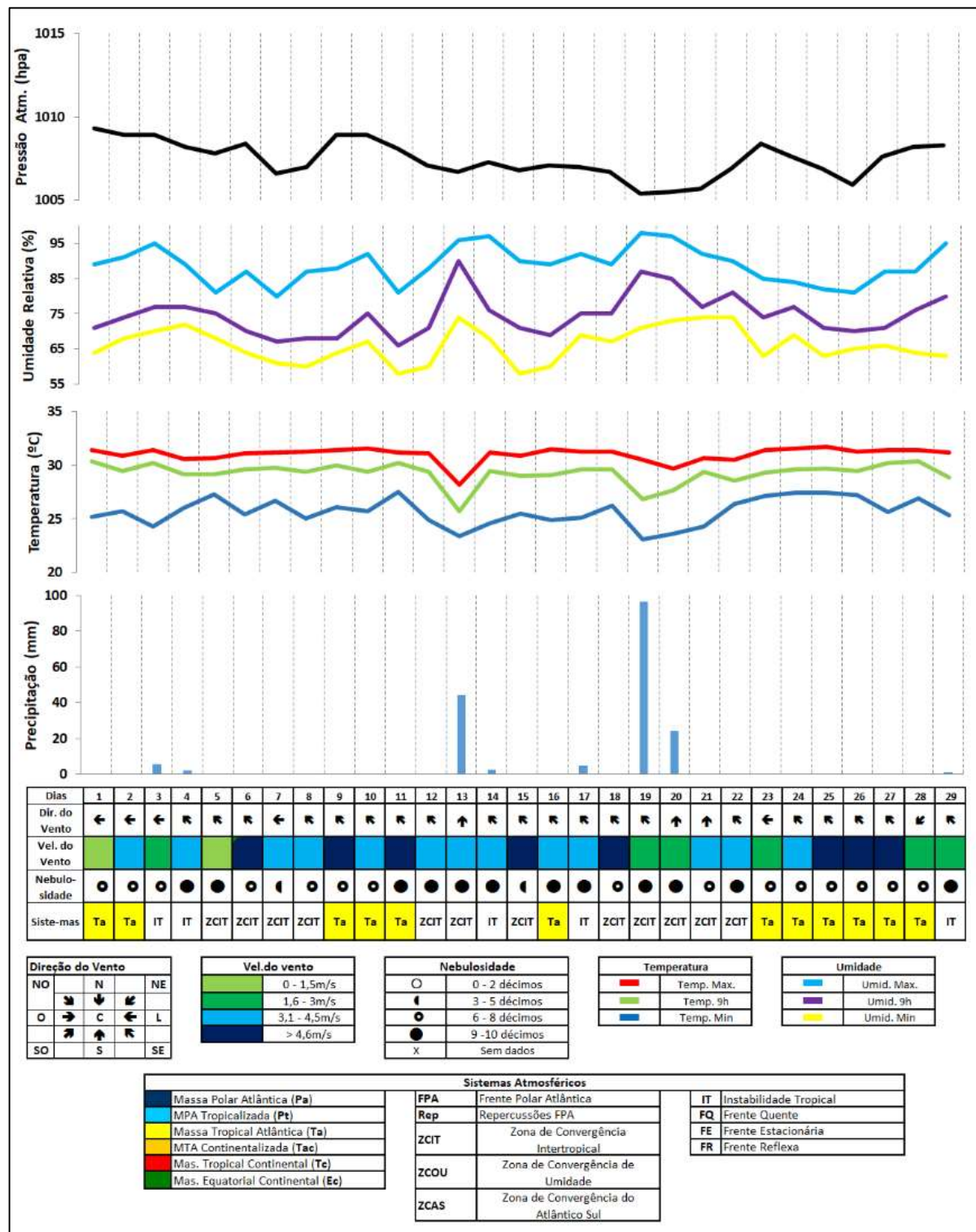
Devido à sazonalidade climática entre os hemisférios, a ZCIT, no verão do hemisfério sul, se desloca em torno de 2° a 4° de latitude sentido sul, situando-se próximo à costa do nordeste brasileiro e fixando-se sobre áreas reconhecidas da região norte do Brasil.

Após a análise descritiva do gráfico de análise rítmica, apresenta-se uma caracterização breve e objetiva de cada sistema atmosférico identificado, com o intuito de situar o leitor sobre suas especificidades e dinamismo:

- ❖ Instabilidades Tropicais (IT): são singularidades atmosféricas de escala local, que se originam em conformidade com as condições de tempo, impressas por sistemas atmosféricos atuantes de larga escala. Normalmente, formam-se em decorrência do movimento convergente e ascendente do ar sobre a superfície, formando pequenas zonas de baixa pressão com ocorrência de nuvens, ventos e pequenos totais pluviométricos;
- ❖ Massa Tropical Atlântica (mTa): é uma das principais massas de ar da dinâmica climática da América do Sul. Origina-se no centro de alta pressão subtropical do Oceano Atlântico Sul e atua, sobretudo, no leste do território brasileiro com bastante força no verão. É formada sobre a porção oceânica e se caracteriza como um sistema atmosférico bastante úmido que vai se “continentalizando” à medida que se desloca para o interior do continente, por meio de ventos predominantes de leste (L) e nordeste (NE);

- ❖ Zona de Convergência Intertropical (ZCIT): é formada pela confluência dos ventos alísios provenientes do hemisfério norte com os ventos alísios que se originam no hemisfério sul. A convergência desses ventos provoca o movimento de ascensão do ar quente e úmido, ocasionando a conformação de nuvens numa faixa longitudinal próximo à Linha do Equador. Esse sistema é responsável por promover altas temperaturas, intensa atividade convectiva e precipitação (FERREIRA *et. al.*, 2005).

Gráfico 1: Análise rítmica para o mês de fevereiro de 2020 em Natal (RN)



Fonte: Estação Meteorológica A304 e convencional 82598 (INMET);

Elaboração: Guilherme Silva de Sousa, 2020.

7.3.2 Síntese da direção e velocidade do vento para o mês de fevereiro de 2020

Para dar mais sustentação às análises dos 8 painéis espaços-temporais (prancha 5) descritas no subitem 7.3.3, considerou-se necessária a caracterização das condições de vento para a cidade de Natal no período que compreende o mês de fevereiro de 2020.

É importante ressaltar novamente que a área de estudo está situada em uma porção litorânea do nordeste brasileiro, o que lhe confere características próprias de vento, sobretudo, ao se considerarem os efeitos da brisa marinha e maritimidade nos elementos básicos do clima, que, para esta pesquisa, não podem ser descartados.

Partindo-se desse pressuposto, é necessário entender como funciona a dinâmica dos ventos e, em especial, da brisa de origem marinha e terrestre na dinâmica climática de áreas litorâneas como Natal.

O vento é definido, basicamente, como sendo o ar em movimento que se origina em uma área de alta pressão atmosférica e se desloca para uma área de baixa pressão atmosférica (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). A diferença de pressão dessas áreas é responsável por conferir ao vento movimento e velocidade, que normalmente é medida em metros por segundos (m/s) ou quilômetros por hora (km/h).

As brisas de origem marinha e terrestre são ventos resultantes das diferenças térmicas e barométricas (de pressão) exercidas pelas superfícies classificadas como continentais e/ou marinhas (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). O aquecimento diferencial dessas superfícies provoca uma alternância no fluxo de vento durante o dia e a noite.

O ar aquecido sobre as superfícies continentais adjacentes à superfície marinha, durante o dia, provoca a insurgência de uma zona de baixa pressão atmosférica devido às propriedades térmicas da superfície continental, que se aquece mais rapidamente do que a superfície marinha (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A pressão atmosférica, ao criar uma célula convectiva de convergência e ascendência do ar sobre o continente e subsidência sobre o mar, faz com que a superfície marinha passe a apresentar uma zona de alta pressão atmosférica, que é dispersora de ventos para o continente, o que, por sua vez, caracteriza a brisa de origem marinha (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A inversão dos campos barométricos (de pressão) durante a noite ocorre também devido ao aquecimento diferencial de ambas as superfícies. As áreas continentais litorâneas, durante a noite, possuem propriedades térmicas de resfriamento mais rápidas do que a superfície marinha, que se aqueceu durante o dia e se apresenta mais quente durante a noite.

Assim, nesse período do dia, ocorre uma inversão dos campos barométricos em ambas as superfícies, formando uma zona de alta pressão sobre o continente e uma zona de baixa pressão sobre o mar que recebe ventos do continente, caracterizando a brisa de origem terrestre (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A cidade de Natal, em decorrência da sua posição geográfica e característica litorânea, está inserida nessas dinâmicas do vento, somando-se, ainda, ao fato de que a brisa marítima é frequentemente potencializada pela influência dos ventos de leste (L) e alísios de sudeste (SE), que favorecem, inclusive, a manutenção da umidade relativa do ar em índices superiores a 70% na maior parte do ano.

A síntese da direção e velocidade do vento (Fig. 19) tem como objetivo caracterizar, portanto, como as condições de vento se sucederam no período que compreende a mensuração e a coleta de dados em superfície em Natal, de forma a demonstrar como esse elemento climático, associado às particularidades da área de estudo, pode influenciar nas respostas de temperatura do ar e ilhas de calor atmosféricas.

O mapa de direção e velocidade do vento (Fig. 19, item A) apresenta 3 pontos de dados de superfície, que foram utilizados como referências para análise do vento em fevereiro de 2020 em Natal.

Na orientação de sul para norte, o primeiro ponto está situado fora dos limites do município natalense a aproximadamente 15km de distância do centro da cidade, no antigo Aeroporto Internacional Augusto Severo (SBNT), e é operado pela Base Aérea de Natal (BANT).

O segundo ponto está situado na porção leste da cidade a aproximadamente 6 km de distância do centro da cidade, na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), e é operado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

O terceiro ponto também está situado fora dos limites do município natalense no sentido oeste a aproximadamente 22km de distância do centro da cidade, no atual Aeroporto Internacional de Natal (SBSG), e é operado pela Empresa Brasileira de

Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO) com concessão operacional ao Consórcio Inframérica.

A rosa dos ventos do primeiro ponto, nomeado SBNT, demonstrou que, para o mês de fevereiro de 2020 (Fig. 19, item A), as direções predominantes do vento foram de leste (L) e de sudeste (SE) e que a maior parte do volume dos dados referentes à velocidade média do vento em metros por segundo enquadrou-se na faixa de 5,7 a 8,8 m/s.

No segundo ponto nomeado INMET, a rosa dos ventos indicou que, para o mês de fevereiro de 2020 (Fig. 19, item A), as direções predominantes do vento foram de sudeste (SE) e que a maior parte do volume dos dados referentes à velocidade média do vento em metros por segundo enquadrou-se na faixa de 3,6 a 5,7 m/s.

Já no terceiro ponto nomeado SBSG, a rosa dos ventos apontou que, para o mês de fevereiro de 2020 (Fig. 19, item A), as direções predominantes do vento foram de sul (S) e sudeste (SE) e que a maior parte do volume de dados referentes à velocidade média do vento em metros por segundo enquadrou-se na faixa de 2,1 a 3,6 m/s.

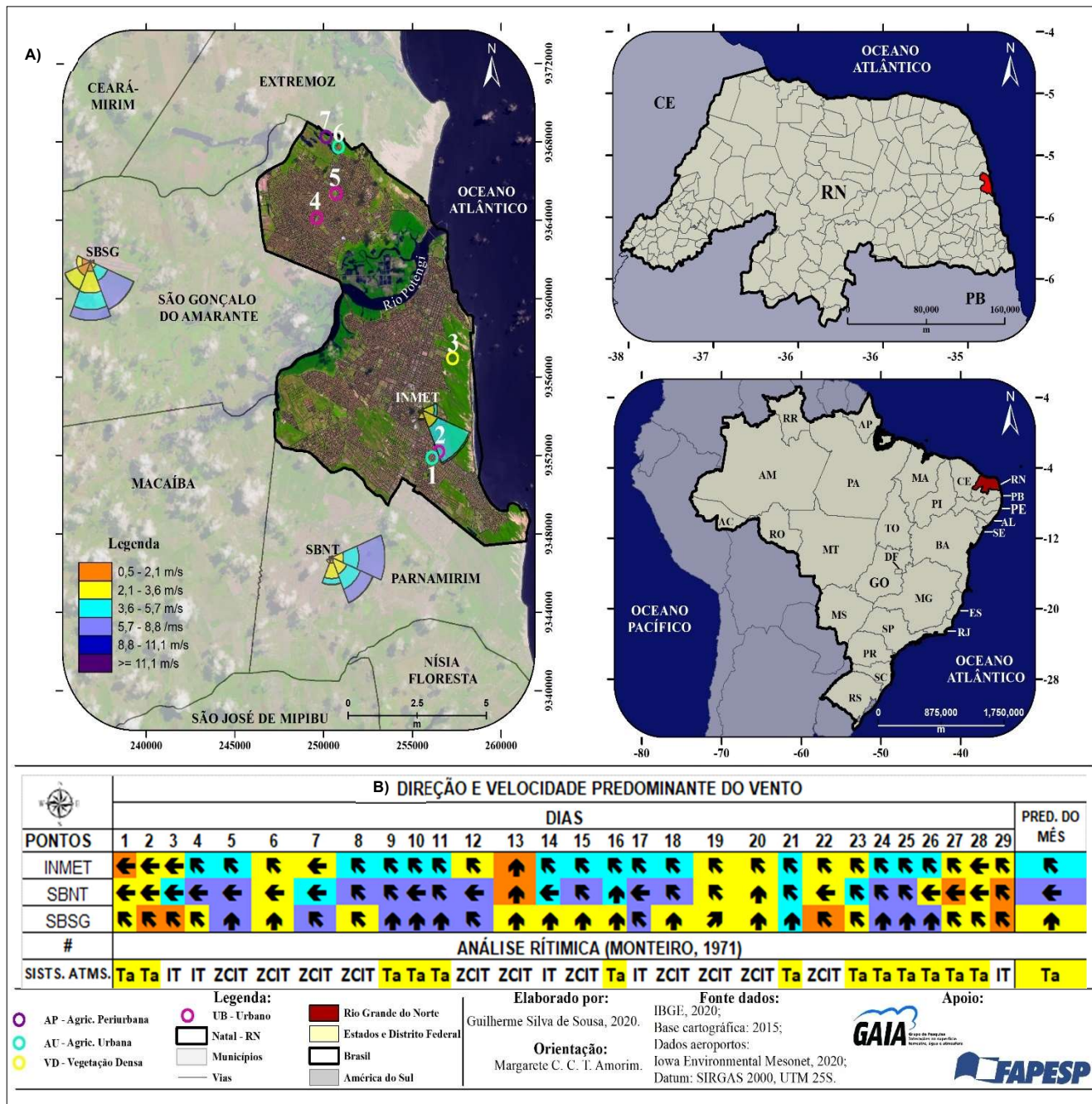
No que diz respeito ao nível diário da análise das condições de vento (Fig. 19, item B), observou-se que, tanto no primeiro ponto (SBNT) quanto no segundo (INMET), as direções predominantes do vento por dia se enquadraram em leste (L) e sudeste (SE) com variabilidade dos valores indicativos da velocidade média do vento por dia. O terceiro ponto (SBSG) apresentou no nível diário predominância da direção do vento no quadrante sul (S), com variabilidade dos valores indicativos da velocidade média do vento por dia.

Na análise diária da direção e velocidade do vento, foram associados os sistemas atmosféricos atuantes identificados pela análise rítmica do mês de fevereiro de 2020, no subitem 7.3.1, gráfico 1.

Por fim, ao denotar as condições da direção e velocidade do vento para o referido mês de análise, evidenciou-se de forma empírica a validação das características climáticas da área de estudo descrita na seção 5 do item 5.2, em que se observa a insurgência direta de ventos providos do quadrante leste (L) e de sudeste (SE) sobre a área de estudo.

O mesmo também pôde ser verificado no gráfico de análise rítmica (subitem 7.3.1, graf. 1), em que a direção predominante do vento é de sudeste (SE) com velocidades que variaram de 0 a 4,6 m/s.

Figura 19 – Mapa-síntese da direção e velocidade do vento do mês de fevereiro de 2020 em Natal - RN



Adiante, no subitem 7.3.3, são apresentadas as análises interpretativas das intensidades de temperatura do ar identificadas espacial e temporalmente nos painéis do mês de fevereiro.

7.3.3 Análise das intensidades de temperatura do ar do mês de fevereiro de 2020

Nos 8 painéis espaço-temporais da prancha 5 (itens de A - H, p. 111), são apresentadas as intensidades da temperatura do ar calculadas para o mês de fevereiro de 2020. Elas refletem, basicamente, a formação das ilhas de calor atmosféricas urbanas e/ou ilhas de frescor identificadas sobre o recorte analítico.

“As ilhas de calor atmosféricas urbanas são bolsões de ar quente que se formam sobre os ambientes urbanos” (AMORIM, 2020, p. 80) e são resultantes do balanço de energia contido nos materiais e superfícies das cidades, somando-se, ainda, o calor antropogênico gerado pelas atividades humanas lançado na atmosfera urbana.

Para diagnosticar as intensidades e magnitudes das ilhas de calor atmosféricas em Natal, foram instalados 7 sensores de mensuração da temperatura do ar em pontos fixos, que foram distribuídos na orientação de sul para norte pela malha urbana da área de estudo (Fig. 10). Os pontos e suas especificidades foram caracterizados no item 6.1 da seção 6.

O ponto de nº 3, representativo da vegetação densa (Fig. 13, LCZ A), foi selecionado como parâmetro para o processamento dos cálculos de intensidades de temperatura do ar ($\Delta T^{\circ}\text{C} = \text{UB} - \text{VD}$) para os demais pontos de nº 1, 2, 4, 5, 6 e 7 (Figs. de 11 a 17).

As diferenças térmicas entre o ambiente urbano e o ambiente rural, identificadas pelas intensidades de temperatura, permitiram classificar qualitativamente a magnitude das ilhas de calor atmosféricas, que, segundo Fernandez García (1996), podem ser de fraca magnitude, quando as intensidades variam de 0°C a 2°C; média magnitude, quando se situam na faixa de 2°C a 4°C; forte magnitude, quando se caracterizam entre 4°C e 6°C; e, por fim, muito forte magnitude, quando as intensidades são superiores 6°C.

Em Natal, de modo geral, os painéis espaço-temporais dos horários selecionados para análise demonstraram que os picos de intensidade da temperatura em alguns dias variaram numa escala de 2°C a 4°C sob a ação predominante de sistemas atmosféricos atuantes de características estáveis. Esses intervalos permitem classificar a magnitude da ilha de calor atmosférica como de média magnitude (FERNANDEZ GARCÍA, 1996).

A evolução horária e diária da ilha de calor atmosférica sobre a área de estudo (prancha 5) demonstrou que, até o começo do período noturno (das 21h às 6h, itens A, B, C e H), as intensidades de temperatura nos pontos caracterizados como típicos de ambiente urbano (ponto nº 1, 4 e 5) tenderam a ser maiores do que aquelas verificadas nas áreas com ocorrência da prática agrícola urbana, com exceção para o ponto de nº 1, que é uma área de agricultura urbana inserida no intraurbano de forma confinada e tem seus efeitos amenizados pelo entorno construído (Fig. 11, LCZ 3)

A partir do momento em que os horários avançam durante o dia e no começo da noite (9h, 12h, 15h e 18h, itens D, E, F e G), verifica-se que as ilhas de calor atmosféricas se tornam particularizadas e que sofrem atenuação das suas intensidades, que chegam ao entorno de 2°C, configurando ilhas de calor de fraca magnitude. Nesses horários e no respectivo mês de análise, também se registraram ilhas de frescor nas áreas elegidas para instalação dos sensores em pontos fixos.

As circunstâncias que podem explicar a atenuação das intensidades de temperatura das ilhas de calor nesses horários podem ser de duas naturezas. A primeira está relacionada à intensificação da brisa marinha sobre o continente, próximo do horário das 9h até o início da noite (18h). Verifica-se, nesse intervalo, uma intensificação dos valores de velocidade do vento em m/s.

A segunda em associação com a primeira refere-se à capacidade de sombreamento proporcionada pelas estruturas físicas (edificações, árvores, etc.) situadas na superfície do ambiente urbano, que, por sua vez, provocam amenização das temperaturas registradas pelos sensores em determinados horários do dia, configurando, inclusive, situações de ilhas de frescor ou intensidades abaixo de 0°C.

Ainda se consideram como possibilidade argumentativa os dias em que ocorreram totais pluviométricos significativos na atenuação das intensidades de temperatura entre os pontos e consequente homogeneização da temperatura do ar acima da superfície, como no dia 13, que totalizou 44,2 mm, no dia 19, que contabilizou 96,6 mm, e no dia 20, que registrou 24,0 mm (Gráfico 1).

Essas possibilidades podem ser verificadas de acordo com a dinâmica climática a nível local e regional, caracterizada pelo gráfico de análise rítmica (Gráfico 1) e pelo mapa da síntese da direção e velocidade do vento da área de estudo do mês de fevereiro de 2020 (Figura 19).

Além disso, no horário noturno (21h), observou-se novamente a intensificação das intensidades de temperatura das ilhas de calor em todos os pontos, com raras

exceções para o ponto de nº 7 (área agrícola peri/urbana, LCZ 9), que, em alguns dias e sob a atuação de determinados sistemas atmosféricos, apresentou a conformação das ilhas de frescor.

Destaca-se, ainda, que nesse horário já se verifica a inversão dos campos térmicos e barométricos entre o ambiente terrestre e marinho, passando a predominar ventos do primeiro sobre a área de estudo, o que pode contribuir para a intensificação das ilhas de calor, visto que esse ambiente durante a noite está se resfriando e, portanto, liberando energia em forma de calor para o ar logo acima da superfície.

Adiante, são apresentadas as análises particularizadas de cada horário selecionado, a fim de denotar as considerações gerais sugeridas anteriormente sobre o fenômeno das ilhas de calor atmosféricas urbanas na cidade de Natal (RN).

Na prancha 5, o item A corresponde ao horário da 0h (hora local). Nele, verificou-se nesse período, a conformação característica da ilha de calor atmosférica nos pontos de nº 1, 2, 4 e 5.

O valor máximo da intensidade de temperatura nesse horário para o ponto nº 1 (agricultura urbana, LCZ 3) ocorreu no dia 1º do mês de fevereiro, sendo 1,4°C, caracterizando a ilha de calor atmosférica de fraca magnitude sob a atuação da massa de ar Tropical Atlântica (Ta) e do vento de leste (L) a uma velocidade de 2,0 m/s, sem ocorrência de chuva.

Enquanto que, para o ponto de nº 2 (área urbana de uso residencial, LCZ 2_{BB}), o ápice da intensidade de temperatura também foi no dia 1º com 1,7°C, caracterizando também a ilha de calor atmosférica de fraca magnitude sob as mesmas condições de tempo descritas anteriormente.

Já os pontos de nº 4 e 5 (áreas urbanas institucionais, LCZs 3 e 7) tiveram os valores máximos das intensidades de temperatura registrados no dia 29, sendo 1,6°C e 1,2°C, respectivamente, caracterizando também a conformação da ilha de calor atmosférica de fraca magnitude sob a influência de uma Instabilidade Tropical (IT) e vento de sudeste (SE) a uma velocidade de 0,5 m/s, sem ocorrência de chuva.

Os pontos de nº 6 e 7 (práticas agrícolas urbanas, LCZs 3_D e 9) apresentaram valores de intensidade de temperatura abaixo do ponto de referência nº 3 (LCZ A), configurando, em diversos dias sob o predomínio de dois sistemas atmosféricos atuantes, massa de ar Tropical Atlântica (Ta) e Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), ilhas de frescor que variaram na escala de intensidade de temperatura entre 2,1°C a 0°C.

O item B da prancha 5 corresponde ao horário das 3h (hora local). Nele verificou-se a conformação característica da ilha de calor atmosférica nos pontos de nº 1, 2, 4 e 5.

O valor máximo da intensidade de temperatura para o ponto de nº 1 (agricultura urbana, LCZ 3), nesse horário, ocorreu no dia 2 do mês de fevereiro com 1,9°C, caracterizando a ilha de calor atmosférica de fraca magnitude sob a atuação da massa de ar Tropical Atlântica (Ta) e vento de leste (L) a uma velocidade de 2,0 m/s, sem ocorrência de chuva.

Enquanto que, para o ponto de nº 2 (área urbana de uso residencial, LCZ 2_{8B}), o ápice da intensidade de temperatura também foi no dia 02 com 2,0°C, caracterizando também a ilha de calor atmosférica de fraca magnitude sob as mesmas condições de tempo descritas anteriormente.

Os pontos de nº 4 e 5 (áreas urbanas institucionais, LCZs 3 e 7) tiveram os valores máximos das intensidades de temperatura registrados no dia 13 com 1,5°C e 1,4°C, respectivamente, caracterizando também a conformação da ilha de calor atmosférica de fraca magnitude sob a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) com ventos de sul (S) e sudeste (SE) a uma velocidade de 2,1 e 2,9 m/s, sem ocorrência de chuva para o horário.

Os pontos de nº 6 e 7 (práticas agrícolas urbanas, LCZ 3_D e 9) apresentaram valores de intensidade de temperatura abaixo do ponto de referência nº 3 (LCZ A), configurando, em diversos dias e sob o predomínio de dois sistemas atmosféricos atuantes – massa de ar Tropical Atlântica (Ta) e Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) –, ilhas de frescor que variaram na escala de intensidade de temperatura entre -2,2°C a 0°C.

Conforme os dados auferidos pela estação meteorológica automática A304 do INMET, destaca-se que os totais pluviométricos registrados nesse dia ocorreram mais tardiamente em relação ao ápice dos dados de intensidade registrados.

No item C, às 6h (hora local) verificou-se a conformação característica das ilhas de calor atmosféricas nos pontos de nº 1, 2, 4 e 5 com expansão de sua área de influência para os pontos de nº 6 e 7 (agricultura urbana, LCZ 3_D e peri/urbana, LCZ 9).

O valor máximo da intensidade de temperatura nesse horário para o ponto de nº 1 (agricultura urbana, LCZ 3) ocorreu no dia 1º do mês de fevereiro com 1,4°C, caracterizando a ilha de calor atmosférica de fraca magnitude sob a atuação da massa

de ar Tropical Atlântica (Ta) e vento de oeste (O) a uma velocidade de 1,3 m/s, sem ocorrência de chuva.

Enquanto que, para o ponto de nº 2 (área urbana de uso residencial, LCZ 2_{BB}), o ápice da intensidade de temperatura foi no dia 2 com 2,1°C, caracterizando a ilha de calor atmosférica de média magnitude sob a mesma atuação do sistema atmosférico atuante descrito anteriormente e com vento de sudoeste (SO) a uma velocidade de 1,3 m/s.

Os pontos de nº 4 e 5 (áreas urbanas institucionais, LCZs 3 e 7) tiveram os valores máximos das intensidades de temperatura registrados no dia 1º com 1,0°C e 1,8°C, respectivamente, caracterizando também a conformação das ilhas de calor atmosféricas de fraca magnitude sob a atuação da massa de ar Tropical Atlântica (Ta) com ventos de sudoeste (SO) e oeste (O) a uma velocidade de 1,3 e 1,5 m/s, sem ocorrência de chuva.

Os pontos de nº 6 e 7 (práticas agrícolas urbanas, LCZs 3_D e 9) apresentaram valores de intensidade de temperatura acima do ponto de referência nº 3 (LCZ A) na maior parte dos dias nesse horário, estando sob a influência das ilhas de calor atmosféricas de fraca e média magnitude e predomínio de dois sistemas atmosféricos – a massa de ar Tropical Atlântica (Ta) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) –, indicando poucos dias de ocorrência das ilhas de frescor que variaram na escala de intensidade de temperatura -2,0°C a 0°C.

Ainda na prancha 5, o item D corresponde ao horário das 9h (hora local). Nele verificou-se a atenuação das intensidades das ilhas de calor atmosféricas que passam a ser identificadas de forma mais particularizada em alguns dias nos pontos nº 1, 2, 4, 5, 6 e 7. A predominância do padrão a partir desse período entre os pontos situa-se na ocorrência das ilhas de frescor e/ou intensidades abaixo de 0°C.

É importante ressaltar que, próximo desse horário, a incidência da brisa marinha sobre a superfície terrestre se intensifica, o que pôde ser verificado por meio das velocidades dos ventos que aumentaram gradativamente. Além disso, considera-se a possibilidade, a partir desse horário, de as áreas em que foram instalados os sensores de temperatura estarem sob o efeito de sombra das estruturas físicas da cidade, o que também pode provocar a amenização das intensidades de temperatura do ar.

O valor máximo da intensidade de temperatura nesse horário para o ponto nº 1 (agricultura urbana, LCZ 3) ocorreu no dia 2 do mês de fevereiro com 2,1°C,

caracterizando a ilha de calor atmosférica de média magnitude sob a atuação da massa de ar Tropical Atlântica (Ta) e vento de sul (S) a uma velocidade de 2,6 m/s, sem ocorrência de chuva.

Enquanto que, para o ponto de nº 2 (área urbana de uso residencial, LCZ 2_{8B}), o ápice da intensidade de temperatura foi no dia 29 com 3,7°C, caracterizando a ilha de calor atmosférica de média magnitude sob a atuação de uma Instabilidade Tropical (IT) e vento de sudeste (SE) a uma velocidade de 1,9 m/s, sem a ocorrência de chuva.

O ponto nº 4 (área urbana institucional, LCZ 3) teve o valor máximo da intensidade de temperatura registrado no dia 3 com 2,0°C, caracterizando a conformação da ilha de calor atmosférica de fraca magnitude sob a influência de uma Instabilidade Tropical (IT) e vento de sudeste (SE) a uma velocidade de 4,1 m/s sem a ocorrência de chuva nesse horário, sendo contabilizado 5,2 mm às 4h (hora local).

Já o ponto de nº 5 (área urbana institucional, LCZ 7) teve o valor máximo da intensidade de temperatura registrado no dia 29 com 3,3°C, caracterizando a conformação da ilha de calor atmosférica de média magnitude sob a influência de uma Instabilidade Tropical (IT) e vento de sul (S) a uma velocidade de 3,1 m/s, sem ocorrência de chuva.

Os pontos de nº 6 e 7 (práticas agrícolas urbanas, LCZ 3_D e 9) apresentaram valores de intensidade de temperatura abaixo do ponto de referência nº 3 (LCZ A) na maior parte dos dias, contudo apresentaram a conformação da ilha de calor atmosférica de média magnitude no dia 29 de fevereiro, sendo 3,1°C e 3,3°C, respectivamente, sob a atuação de uma Instabilidade Tropical (IT) e vento de sul (S) a uma velocidade de 3,1 m/s, sem ocorrência de chuva.

O item E corresponde ao horário das 12h (hora local). Nele verificou-se a conformação da ilha de calor atmosférica nos primeiros dias do mês (de 1 a 4) nos pontos de nº 1, 2, 4, 5, 6 e 7 e posteriormente ocorreu atenuação das intensidades de temperatura nos demais dias nos pontos de nº 1, 2, 6 e 7.

O valor máximo da intensidade de temperatura nesse horário, para o ponto nº 1 (agricultura urbana, LCZ 3), ocorreu no dia 2 do mês de fevereiro com 3,6°C, caracterizando a ilha de calor atmosférica de média magnitude sob a atuação da massa de ar Tropical Atlântica (Ta) e vento de leste (L) a uma velocidade de 6,2 m/s, sem ocorrência de chuva.

Enquanto que, para o ponto de nº 2 (área urbana de uso residencial, LCZ 2_{8B}), o ápice da intensidade de temperatura também foi no dia 02 com 3,4°C,

caracterizando, da mesma forma, a ilha de calor atmosférica de média magnitude sob as mesmas condições de tempo descritas anteriormente.

O ponto de nº 4 (área urbana institucional, LCZ 3) teve o valor máximo da intensidade de temperatura registrado nos dias 2 e 3 com 3,6°C, caracterizando a conformação e manutenção da ilha de calor atmosférica de média magnitude, sob a influência de uma Instabilidade Tropical (IT), no dia 2, e uma massa de ar Tropical Atlântica (Ta), no dia 03, com ventos de leste (L) a uma velocidade de 5,7 e 5,1 m/s, sem a ocorrência de chuva nesse horário, sendo contabilizado 5,2 mm às 4h (hora local).

Já o ponto de nº 5 (área urbana institucional, LCZ 7) teve o valor máximo da intensidade de temperatura registrado também no dia 2 com 2,7°C, caracterizando a conformação da ilha de calor atmosférica de média magnitude sob a influência de uma Instabilidade Tropical (IT) e vento de leste (L) a uma velocidade de 5,7 m/s, sem ocorrência de chuva.

Os pontos de nº 6 e 7 (práticas agrícolas urbanas, LCZ 3D e 9) apresentaram valores de intensidades de temperatura abaixo do ponto de referência nº 3 (LCZ A) na maior parte dos dias, contudo apresentaram a conformação da ilha de calor atmosférica de média magnitude no dia 2 de fevereiro, sendo 2,3°C e 2,4°C, respectivamente, sob a atuação de uma Instabilidade Tropical (IT) e vento de leste (L) a uma velocidade de 5,7 m/s, sem ocorrência de chuva.

No item F (15h - hora local), verificou-se a conformação da ilha de calor atmosférica nos primeiros dias do mês (de 1 a 4), nos pontos de nº 1, 2, 4 e 5, e, posteriormente, a atenuação das intensidades de temperatura nos demais dias, nos pontos de nº 1, 2, 5, 6 e 7, ficando a ilha de calor caracterizada temporal e espacialmente no ponto de nº 4.

Nesse horário, o valor máximo da intensidade de temperatura para o ponto de nº 1 (agricultura urbana, LCZ 3) ocorreu no dia 2 do mês de fevereiro com 2,2°C, caracterizando a ilha de calor atmosférica de média magnitude sob a atuação da massa de ar Tropical Atlântica (Ta) e vento de sudeste (SE) a uma velocidade de 5,7 m/s, sem ocorrência de chuva.

Enquanto que, para o ponto de nº 2 (área urbana de uso residencial, LCZ 2_{8B}), o ápice da intensidade de temperatura também foi no dia 2 com 1,9°C, caracterizando a ilha de calor atmosférica de fraca magnitude, sob as mesmas condições de tempo descritas anteriormente.

O ponto de nº 4 (área urbana institucional, LCZ 3) teve o valor máximo da intensidade de temperatura registrado no dia 12 com 2,7°C, caracterizando a conformação da ilha de calor atmosférica de média magnitude, sob a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e vento de sudeste (SE) a uma velocidade de 7,7 m/s, sem a ocorrência de chuva.

Já o ponto de nº 5 (área urbana institucional, LCZ 7) teve o valor máximo das intensidades de temperatura registrado no dia 20 com 1,7°C, caracterizando a conformação da ilha de calor atmosférica de fraca magnitude, sob a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e vento de leste (L) a uma velocidade de 3,1 m/s, com 0,8 mm de chuva.

Os pontos de nº 6 e 7 (práticas agrícolas urbanas, LCZs 3D e 9) apresentaram valores de intensidade de temperatura próximos aos do ponto de referência nº 3 (LCZ A) na maior parte dos dias, com poucos dias de conformação da ilha de calor atmosférica de fraca magnitude, sendo o máximo da intensidade de temperatura auferido no dia 20 de fevereiro com 1,7°C, em ambas as áreas sob a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e vento de leste (L) a uma velocidade de 3,1 m/s, com 0,8 mm de chuva.

Ainda na prancha 5 (item G), às 18h (hora local), verificou-se o início da intensificação da ilha de calor atmosférica do período noturno, sobretudo, nos primeiros dias do mês (de 1 a 4), nos pontos de nº 1, 2, 4 e 5. Observou-se, ainda, o aumento das intensidades durante os dias nos pontos nº 4 e 5.

O valor máximo da intensidade de temperatura nesse horário, para o ponto nº 1 (agricultura urbana, LCZ 3), ocorreu no dia 2 do mês de fevereiro com 2,1°C, caracterizando a ilha de calor atmosférica de média magnitude sob a atuação da massa de ar Tropical Atlântica (Ta) e vento de leste (L) a uma velocidade de 2,6 m/s, sem ocorrência de chuva.

Enquanto que, para o ponto 2 (área urbana de uso residencial, LCZ 28B), o ápice da intensidade de temperatura também foi no dia 2 com 2,2°C, caracterizando a ilha de calor atmosférica de média magnitude sob as mesmas condições de tempo descritas anteriormente.

O ponto de nº 4 (área urbana institucional, LCZ 3) teve o valor máximo da intensidade de temperatura registrado no dia 4 com 2,0°C, caracterizando a conformação da ilha de calor atmosférica de fraca magnitude, sob a atuação de uma

Instabilidade Tropical (IT) e vento de sudeste (SE) a uma velocidade de 5,7 m/s, sem a ocorrência de chuva nesse horário.

Já o ponto nº 5 (área urbana institucional, LCZ 7) teve o valor máximo da intensidade de temperatura registrado no dia 2 com 1,6°C, caracterizando a conformação da ilha de calor atmosférica de fraca magnitude, sob atuação da massa de ar Tropical Atlântica (Ta) e vento de sudeste (SE) a uma velocidade de 3,6 m/s, sem a ocorrência de chuva.

Os pontos 6 e 7 (práticas agrícolas urbanas, LCZs 3D e 9) apresentaram valores de intensidade de temperatura abaixo do ponto de referência nº 3 (LCZ A), sob a atuação de dois sistemas atmosféricos – a massa de ar Tropical Atlântica (Ta) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) –, configurando, na maior parte dos dias, ilhas de frescor que variaram na escala de intensidade de temperatura entre -0,9°C a 0°C.

Por fim, o item H corresponde ao horário das 21h (hora local). Nele verificou-se a intensificação da ilha de calor atmosférica no período noturno em todos os pontos, com exceção do ponto de nº 7 (área de prática agrícola peri/urbana, LCZ 9), que apresentou a conformação de ilhas de frescor em boa parte dos dias, com intensidades abaixo do ponto de referência nº 3 (LCZ A) nos dias próximos ao fim do mês.

O valor máximo da intensidade de temperatura nesse horário, para o ponto de nº 1 (agricultura urbana, LCZ 3), ocorreu no dia 1º do mês de fevereiro com 1,4°C, caracterizando a ilha de calor atmosférica de fraca magnitude sob a atuação da massa de ar Tropical Atlântica (Ta) e vento de nordeste (NE) a uma velocidade de 1,6 m/s, sem ocorrência de chuva.

Enquanto que, para o ponto de nº 2 (área urbana de uso residencial, LCZ 2_{8B}), o ápice da intensidade de temperatura foi no dia 19 com 1,6°C, caracterizando a ilha de calor atmosférica de fraca magnitude sob a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e vento de sudeste (SE) a uma velocidade de 4,4 m/s com 0,2 mm de chuva.

O ponto de nº 4 (área urbana institucional, LCZ 3) teve o valor máximo da intensidade de temperatura registrado no dia 28 com 2,1°C, caracterizando a conformação da ilha de calor atmosférica de média magnitude sob a atuação da massa de ar Tropical Atlântica (Ta) e vento de leste (L) a uma velocidade de 1,5 m/s, sem a ocorrência de chuva.

Já o ponto de nº 5 (área urbana institucional, LCZ 7) teve o valor máximo das intensidades de temperatura registrado no dia 29 com 1,8°C, caracterizando a conformação da ilha de calor atmosférica de fraca magnitude sob a atuação de uma Instabilidade Tropical (IT) e vento de sudeste (SE) a uma velocidade de 2,1 m/s, sem a ocorrência de chuva.

O ponto de nº 6 (prática agrícola urbana, LCZ 3_D) apresentou poucos dias com valores de intensidade de temperatura abaixo do ponto de referência nº 3 (LCZ A), sendo identificadas poucas ilhas de frescor durante o mês, com registro de intensidade máxima de temperatura de 1,2°C no dia 20, caracterizando a formação da ilha de calor atmosférica de fraca magnitude sob a influência Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e vento de sudeste (SE) a uma velocidade de 1,5 m/s, sem a ocorrência de chuva neste horário.

Por fim, o ponto 7 (prática agrícola urbana, LCZ 9) apresentou, na maior parte dos dias, valores de intensidade de temperatura abaixo do ponto de referência nº 3 (LCZ A), sob o predomínio de dois sistemas atmosféricos – a massa de ar Tropical Atlântica (Ta) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) –, configurando ilhas de frescor que variaram na escala da intensidade de temperatura entre -2,3°C a 0°C.

As considerações gerais sugeridas sobre as representações dos dados de superfícies em painéis espaço-temporais no início deste subitem, bem como as análises particularizadas dos pontos por horário, não permitem afirmar que os pontos caracterizados como sendo típicos do ambiente urbano (ponto nº 2, 4 e 5, LCZs 2_{8B}, 3 e 7) só apresentaram de forma padronizada a conformação das ilhas de calor atmosféricas de fraca ou média magnitude.

Ademais, não é possível afirmar que os pontos caracterizados pela cobertura e/ou presença vegetativa, seja ela densa (LCZ A) ou de cultivo agrícola (LCZs 3, 3_D e 9), só apresentaram ilhas de frescor ou baixas intensidades de temperatura.

No conjunto e totalidade dos dados auferidos, foram observadas exceções em determinados dias e horários em todas as áreas representativas dos diferentes usos e coberturas da terra urbana, porém, nas análises desta pesquisa, foram privilegiados os padrões mais recorrentes que caracterizam termicamente essas diferentes paisagens na concepção do ambiente térmico e urbanização do espaço.

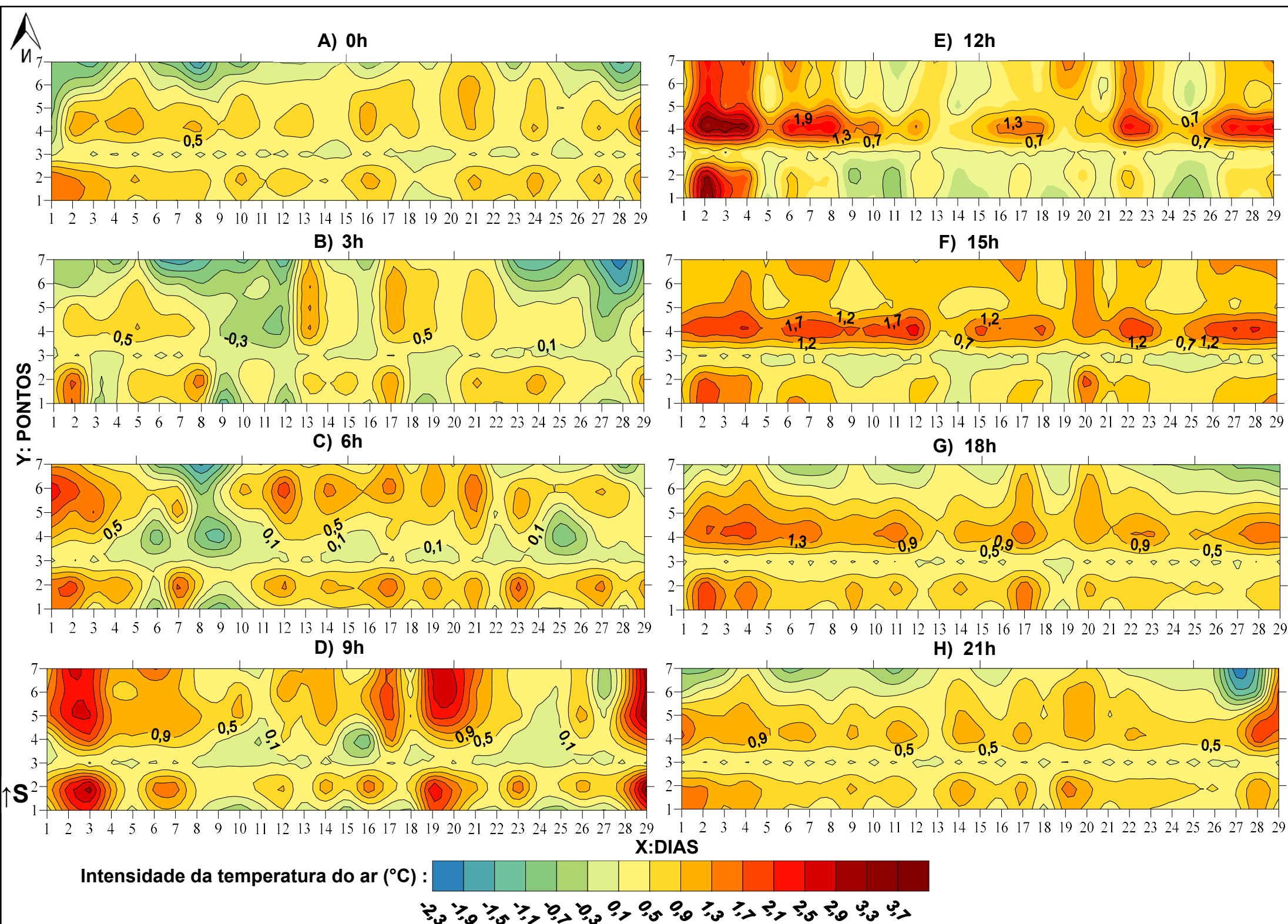
Ainda é possível afirmar, na análise de conjuntura dos dados de superfície – e, neste caso, incluindo-se todos os horários e intensidades, inclusive aqueles não

representados –, que a ilha de calor atmosférica urbana predominante na cidade de Natal no referido mês é de fraca magnitude.

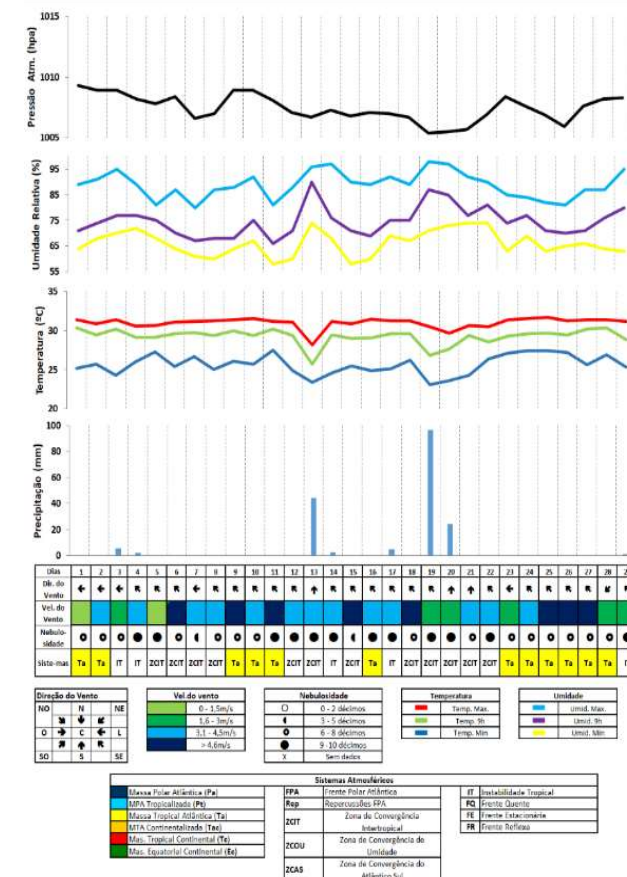
Embora a ilha de calor atmosférica tenha evoluído em sua intensidade para uma condição de magnitude média, esse não foi o padrão observado no conjunto de dados. Contata-se, portanto, que houve a particularização do fenômeno que se situou em determinados dias e horários nessa faixa de intensidades e magnitude, atrelando-se, especialmente, a pontos cujas características paisagísticas refletem a urbanização e densidade edificativa.

Conclui-se, portanto, que, nas análises das intensidades de temperatura do ar para o mês de fevereiro de 2020, ficou evidenciada a potencialidade da atividade agrícola (peri)urbana, no que se refere às condições térmicas do ar, cuja dinâmica é influenciada pela atuação dos ventos e das brisas marinha e terrestre em diferentes horários do dia e sob a atuação de diferentes sistemas atmosféricos atuantes, que caracterizaram a dinâmica climática a nível local e regional no período e área de estudo em questão.

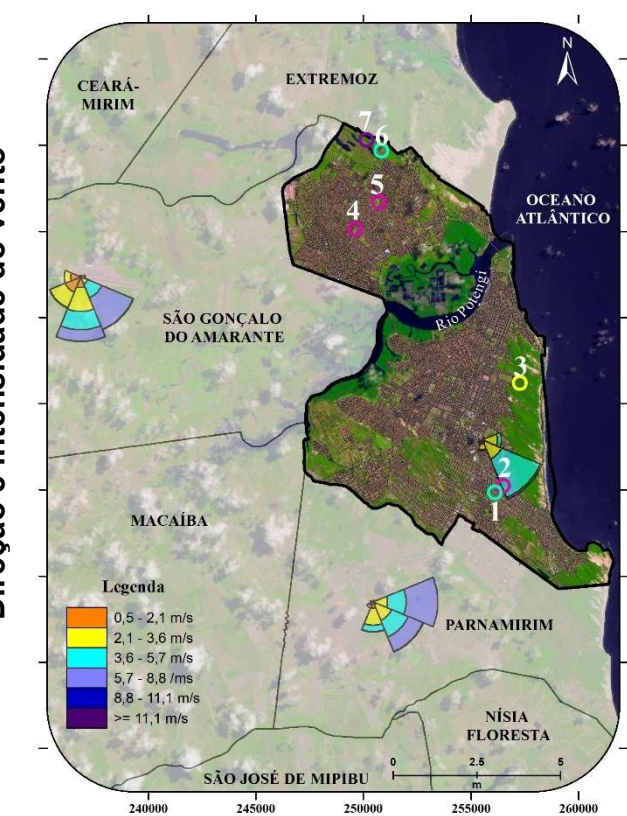
Prancha 5: Painéis espaço-temporais das intensidades de temperatura do ar do mês fevereiro de 2020 em Natal (RN)



Análise rítmica fevereiro de 2020



Direção e intensidade do vento



Elaborado por:

Guilherme Silva de Sousa, 2020;
Orientação: Profa. Dra. Margarete
Cristiane da Costa Trindade Amorim.

Fonte de dados:

Dados obtidos em campo:
25/01/2020 a 05/03/2020;
Estações meteorológicas (INMET):
A304 (automática); e 82598 (convencional).



Apoio:



8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento desta pesquisa permitiu relacionar as práticas agrícolas urbanas ao clima da cidade, enquanto elemento potencialmente mitigador dos efeitos das ilhas de calor urbanas em Natal, contribuindo acerca das reflexões do desenvolvimento dos espaços urbanos e seus respectivos tratamentos de questões ambientais.

Os resultados apresentados e descritos no item 7 e suas respectivas subdivisões permitiram fazer algumas ponderações de acordo com os objetivos propostos pela pesquisa.

No que se refere ao objetivo 1, os resultados e análises feitas nos itens 7.1 e 7.2 permitiram verificar que as práticas agrícolas urbanas, quando relacionadas à conformação de uma paisagem mista de composição arbórea e cultivo, apresentam maior potencial na amenização das temperaturas de superfície, correspondendo a valores de intensidades que variaram na escala entre 4°C e 5°C, no período chuvoso, estando abaixo das intensidades de temperatura identificadas no ambiente intraurbano densamente construído.

Além disso, constatou-se que, no período menos chuvoso, ocorreu um aumento das intensidades de temperatura de superfície nas áreas caracterizadas como típicas do ambiente urbano, havendo dias em que as intensidades mediram 20°C, sobretudo em áreas cuja fisionomia é marcada por superfícies impermeabilizadas e materiais construtivos de uso pesado, tais como: telhas metálicas e de fibrocimento.

As duas constatações feitas anteriormente sobre as ilhas de calor de superfície indicam que os valores de precipitação medidos nos dias anteriores às tomadas das imagens são fundamentais para a compreensão do aumento e/ou diminuição das intensidades de temperatura associadas à exuberância vegetativa expressa no índice de NDVI e seus respectivos mapas.

Ainda sobre esse período menos chuvoso, verificou-se que a área de prática agrícola urbana, conjuntamente com a área representativa de vegetação densa e arbórea, apresentou baixas intensidades de temperatura de superfície se situando na escala entre 3°C e 4°C.

Assim, indica-se, por meio desses resultados, que esse tipo de superfícies, ocupação e uso da terra urbana implicam um potencial térmico às condições de

temperatura das estruturas físicas e térmicas da cidade, demonstrando que as áreas vegetadas, em toda sua multifuncionalidade e enquanto elemento paisagístico e geocológico, possuem ação mitigadora relacionada à temperatura e, por conseguinte, ao conforto ambiental urbano, entrecruzando-se com o objetivo 2 desta pesquisa.

Nos objetivos 3 e 4, os resultados alcançados no item 7.3 com subsídios de produtos e materiais contidos nos sub subitens 7.3.1 e 7.3.2 para o diagnóstico e compreensão das ilhas de calor atmosféricas urbanas do sub subitem 7.3.3, permitiram chegar a algumas conclusões sobre a caracterização espacial e temporal desse fenômeno nas características térmicas do ar da cidade de Natal (RN).

As medidas de temperatura do ar das áreas agrícolas urbanas ou periurbanas apresentaram intensidades que estão abaixo daquelas observadas nas paisagens caracterizadas como típicas do ambiente urbano, principalmente nas áreas enumeradas como pontos de nº 6 e 7 (Fig. 16, LCZ 3D e Fig. 17, LCZ 9), caracterizadas como experiências de práticas agrícolas urbanas que apresentam características distintas.

A ilha de calor atmosférica, durante esse período, apresentou intensidades que variaram de 0°C a 2°C, o que caracteriza o fenômeno como sendo de fraca magnitude. Destaca-se que esse foi o padrão predominante identificado em todo o conjunto dos dados, inclusive nos horários que não foram selecionados para a análise e representação.

Além disso, também foi observado no conjunto de dados que, em determinados dias e horários, ocorreu a intensificação das ilhas de calor atmosféricas, principalmente na faixa de horários diurnos, que compreende das 9h às 18h, configurando situações de insurgência de ilhas de calor atmosféricas de média magnitude, não sendo esse o padrão, mas sim a particularidade, como já destacado.

Considera-se, ainda, que, para a leitura e interpretação desses dados, as condições sinóticas do tempo, evidenciadas pela análise rítmica, e a síntese da direção e velocidade do vento foram e são fundamentais, visto que a dinâmica climática a nível local e regional ganha expressa centralidade explicativa, sobretudo ao associar os sistemas atmosféricos atuantes, a precipitação, a direção e a velocidade do vento nos diferentes horários analisados.

No período noturno, observou-se o aumento das intensidades das ilhas de calor atmosféricas em todos os pontos fixos, indicando a potencialização desse fenômeno

nas características térmicas da cidade, sendo caracterizada como sendo de média magnitude. Destaca-se, ainda, que, no ponto de nº 7 (LCZ 9), agricultura periurbana, houve a frequência maior de ilhas de frescor e/ou intensidades abaixo de 0°C, o que denota a diferenciação desse tipo de cobertura em relação às áreas construídas da cidade.

É possível, portanto, afirmar, por meio dos resultados, que as interferências das áreas destinadas à agricultura urbana/periurbana na estrutura térmica de Natal são positivas do ponto de vista da temperatura de superfície e do ar, visto que as áreas com destacada ocorrência dessa prática apresentaram intensidades menores do que aquelas identificadas em áreas construídas.

Tais áreas apresentaram, inclusive, intensidades abaixo da área de referência caracterizada pela vegetação ampla e densa (Fig. 13, LCZ A), configurando situações de conformação de ilhas de calor de menor intensidade e/ou ilhas de frescor em diversos dias e horários, o que se torna, mais uma vez, um indicativo do seu potencial térmico e paisagístico.

É importante destacar a diversidade de tipologia que envolve as práticas agrícolas urbanas e sua imbricação pelo espaço, pois isso pode influenciar em respostas de temperatura com menor efetividade em relação às áreas cuja paisagem é um misto de vegetação cultivada, nativa e menos construída, dado o exemplo do ponto nº 1, que é uma área de agricultura urbana confinada e mais pressionada pelas características do ambiente urbano construído do entorno.

Por fim, conclui-se que as práticas agrícolas urbanas e periurbanas, no contexto do clima das cidades e (re)estruturação urbana, prestam grandes contribuições no que se refere à temperatura de superfície e do ar da cidade de Natal (RN), podendo ser um potencial indicador da qualidade ambiental urbana em diferentes contextos urbanos, principalmente, por induzir respostas de temperatura mais amenas e, por conseguinte, mais confortáveis à percepção humana e bem-estar social e ambiental.

Sugere-se, portanto, que tais práticas associadas ao uso ecologicamente sustentável das superfícies urbanas são totalmente passíveis de inclusão nas estratégias de intervenção do planejamento e ordenamento territorial urbano nas cidades, implicando na melhoria da qualidade de vida dos(as) habitantes, não só do ponto de vista ambiental, como também alimentar.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA D. A. O; COSTA, H. S. de M. AGRICULTURA URBANA: possibilidades de uma *praxis* espacial?. **Cadernos de Estudos Culturais**, v. 4 n. 8, 2012. Disponível em: <

<https://periodicos.ufms.br/index.php/cadec/article/view/3528#:~:text=Resumo,e%20ambientais%20no%20contexto%20brasileiro>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

ALVES, K. M. da S.; ALVES, A. E. L.; SILVA, F. M. da. Poluição do ar e saúde nos principais centros comerciais da cidade de Natal/RN. **HOLOS**, [S.l.], v. 4, p. 81-95, jan. 2010. ISSN 1807-1600. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/349>>. Acesso em: 19 MAI. 2020. doi:<https://doi.org/10.15628/holos.2009.349>.

AMORIM, M.C.C.T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP**. São Paulo, 2000. 378p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciência Humanas – USP.

AMORIM, M. C. C. T; SILVA, G. H. P; SOUSA, G. S. Os efeitos da agricultura urbana e periurbana nas características térmicas de Presidente Prudente e Álvares Machado/Brasil. In: XII Bienal del coloquio transformaciones territoriales: Interrogantes y desafios en las territorialidades emergentes, 2018, Bahía Blanca. Libro de Resúmenes Extendidos. Bahía Blanca: AUGM - **Asociación de Universidades Grupo Montevideo**, 2018. v. 1. p. 907-917.

AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise. **Revista Brasileira de Climatologia**, Edição Especial – Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica – 2018, jun. 2019. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/65136>>. Acesso em: 16 mar. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v0i0.65136>.

AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte: teoria e prática. 1. ed. Curitiba: Appris, 2020. v. 1. 161p.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Estudos Hidrogeológicos para a Orientação do Manejo das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana de Natal**. Brasília: ANA, 2012, volume 1 – apêndices.

ARNFIELD, A. J. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. **International Journal of Climatology**, v. 23, n. 01, p. 1-26, 2003.

BARROS, M. L. C. M. de. **Estudo da vulnerabilidade e riscos de contaminação dos aquíferos de Natal - RN pelos sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial**. Natal: UFRN, 2003.

BRANDÃO, A. M. de P. M. **O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro**. São Paulo, 1996. 362p. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1996.

CAMPOS, J. de A. **Entre o urbano e o rural: uma análise da periurbanização na região metropolitana de Natal-RN**. 2018. 170f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/25797>>.

CARDOSO, R. dos S. **Classificação de potenciais unidades climáticas em Presidente Prudente-SP**. 2015. 135 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/138512>>.

CASCUDO, L. da C. **História da Cidade do Natal**. Natal: RN Econômico, 1999, 474p.

CHANDLER, T. J. **The climate of London**. London: Hutchison of London, 1965, 287p.

CHAUÍ, M. **Introdução à história da filosofia**, v. 1 Dos pré-socráticos a Aristóteles. São Paulo: Brasiliense, 1994, p. 354.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Aspectos temporo-espaciais da temperatura e umidade relativa de Porto Alegre em Janeiro de 1982**: contribuição ao estudo do clima urbano. 1987. 129f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

DE OLIVEIRA ALEXANDRE, M. J *et. al*. Las oscilaciones climáticas en la atmosfera urbana de la ciudad de Natal, Brasil através de las series largas de temperaturas del aire. **HOLOS**, [S.l.], v. 5, p. 137-156, out. 2013. ISSN 1807-1600. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1706>>. Acesso em: 17 mai. 2020. doi:<https://doi.org/10.15628/holos.2013.1706>.

DORIGON, L. P. **Clima urbano em Paranavaí/PR: análise do espaço intraurbano**. 2015. 121f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente.

DUBBELING, M. **A agricultura urbana como estratégia de redução de riscos e desastres diante da mudança climática**. Revista de Agricultura Urbana. n. 27, p. 2-12, março. 2014.

DUBREUIL, V *et. al*. Les types de climats annuels au Brésil: une application de la classification de Köppen de 1961 à 2015. **EchoGéo**, (41), 2017.

FELIPE, J. L; A & CARVALHO, E. A. **Atlas Escolar do Rio Grande do Norte**, João Pessoa: GRAFSET, 2001.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F. F. **Manual de climatología aplicada**: clima, medio ambiente y planificación. Madrid: Editorial Síntesis, S.A., 1996. 285p.

FERREIRA, N. S. et al. Loczcit um procedimento numérico para localização do eixo central da zona de convergência intertropical no atlântico tropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 2, p. 159-164, 2005.

FURTADO, E. M. O TURISMO NA CAPITAL POTIGUAR: visões sobre o espaço urbano de Natal/RN (tourism in capital potiguar: views on the urban area of natal-RN). **Mercator**, Fortaleza, v. 6, n. 11, p. p. 49 a 58, nov. 2008. ISSN 1984-2201. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/56>>. Acesso em: 05 jun 2020.

GARTLAND, I. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de textos, 2010, 256p.

GOMES, W. P. **Características da temperatura na zona costeira: análise do clima urbano em Ubatuba-SP**. 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2017. 207f. Disponível em: Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/152123>>.

GOMES, W. P. **A gênese e a distribuição socioespacial das chuvas no município de Ubatuba-SP**. 2015. 1 CD-ROM. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/124160>>.

HESPANHOL, R. M. A agricultura urbana em Natal (RN): da produção convencional à orgânica. **Confins [Online]**, n. 24, 2015. Disponível em: <<http://confins.revues.org/10309>>. Acesso em: 05 ago. 2019. DOI: 10.4000/confins.10309.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Densidade demográfica**: IBGE, Censo Demográfico 2010, Área territorial brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População estimada**. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1o de julho de 2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

IDEMA - INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE. **Perfil do seu município**: Natal. Natal: IDEMA, 2005.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010**. Disponível em:<

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>. Acesso em: 27 jan. 2020.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604p.

KÖPPEN W. Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. **Geogr. Zeitschrift**, 6, 657–679, 1900.

LANDSBERG, H. E. **The urban climate**. New York: Academia Press, 1981, 276 p.

LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. São Paulo, Cortez Editora, 2001.

LOCATEL, C. D.; AZEVEDO, F. F. Gestão do território e a prática da agricultura urbana na cidade de Natal (RN – Brasil). Scripta Nova. **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**. [En línea]. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de agosto de 2010, vol. XIV, nº 331 (55). Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-331-55.htm>>. Acesso em: 12 fev. 2020.

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

LUKE, H. **The Climate of London Deduced from Meteorological Observations**. London: W. Phillips, 1818.

MACHADO, A. T.; MACHADO, C. T. de T. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Agricultura Urbana**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. Disponível em: <http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2002/doc/doc_48.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2020.

MADALENO, I. M. **Políticas de apoio à agricultura urbana em Lisboa e Presidente Prudente**. In Revista Agricultura Urbana nº 04. Julho - 2001. Disponível em <<http://agriculturaurbana.org.br/RAU/AU04/AU4lisboa.html>>. Acesso em 19 fev. 2017.

MENDONÇA, F. de A. **O clima e o planejamento urbano de cidade de porte médio e pequeno**: proposição metodológica para estudo e aplicação à cidade de Londrina, PR. 1994. 322f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MENDONÇA, F. de A. O clima no planejamento da cidade: Um desafio aos urbanistas na defesa da qualidade ambiental. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 3, 1998, Salvador. **Anais...CD-Rom**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 1998.

MENDONÇA, F. de A. Geografia socioambiental. **Terra Livre**, São Paulo, n. 16, p. 139-158, 1º sem., 2001. Disponível em: <<https://www.agb.org.br/publicacoes/index.php/terralivre/article/view/352>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

MENDONÇA, F. de A; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. 67. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MENDONÇA, F. de A. O estudo do SCU - Sistema Clima Urbano - no Brasil: aplicações e avanços. In: MONTEIRO, C. A. de F. (org.). **A construção da climatologia geográfica no Brasil**. Campinas: Alínea, 2015. p. 155-165.

MENESES, P. R; ALMEIDA, T. de (Orgs.). **Introdução ao Processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UNB/CNPq, 2012. 266 p. Disponível em: < <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>. Acessado em: 29 fev. 2020.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL (MDS). **MDS cria o Programa Nacional de Agricultura Urbana e Periurbana**. Disponível em: < <http://mds.gov.br/area-de-imprensa/noticias/2018/fevereiro/mds-cria-o-programa-nacional-de-agricultura-urbana-e-periurbana>>. Acesso em: 20 set. 2019.

MONTEIRO, C. A. de F. **Análise rítmica em climatologia**. São Paulo: IGEOG/USP, 1971.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. (Série Teses e Monografias, 25).

MONTEIRO, C. A. de F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos do clima urbano no Brasil. **Geosul**, Florianópolis, v.5, n.9, p.7-19, 1990a.

MONTEIRO, C. A. de F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul**, Florianópolis, v.5, n.9, p. 61-79, 1990b.

MONTEIRO, C. A. de F. A cidade como processo derivador ambiental e estrutura geradora de um “clima urbano”. **Geosul**, Florianópolis, v.5, n.9, p. 80-114, 1990c.

MONTEIRO, C. A. de F. Teoria e Clima Urbano. In: MENDONÇA, F; MONTEIRO, C. A. de F (Orgs.). **Clima urbano**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2011.

MONTEIRO, A. **O clima urbano do Porto: contribuição para a definição das estratégias de planejamento e ordenamento do território**. Fundação Calouste Gulbenkian, Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica, 1997. 485p.

MONTEIRO, D. M. **Introdução à história do Rio Grande do Norte**. Natal: EDUFRN, 2000.

MOUGEOT, L. J. A. Agricultura Urbana – conceito e definição. In **Revista Agricultura Urbana** nº 01. Julho - 2000. Disponível em <http://www.agriculturaurbana.org.br/RAU/AU_revista.html>. Acesso em 19 fev. 2017.

NAKATA-OSAKI, C. M.; SOUZA, L. C. L de; RODRIGUES, D. S. Impacto da geometria do cânion urbano na intensidade da ilha de calor noturna: análise através de um modelo simplificado adaptado a um SIG. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 3, p. 73-87, jul./set. 2016.

NATAL, Prefeitura Municipal. **Lei complementar nº 082 de 21 de junho de 2007**. Natal: Prefeitura Municipal de Natal, 2007.

NATAL. Prefeitura Municipal. **Lei Orgânica do Município de Natal**, Seção II, Art. 7º, inciso XIII, 1990.

NATAL. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo – SEMURB. **Natal: geografia e meio ambiente**. Natal: SEMURB, 2010.

NATAL. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo – SEMURB. **Natal: história, cultura e turismo**. Natal: SEMURB, 2008.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. IBGE, Rio de Janeiro, 1989, 421 pp.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. London: Methuen & Ltd. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 1978. 372p.

OKE, T. R.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. **A. Urban Climates**. Cambridge: Cambridge University Press, 2017. doi:10.1017/9781139016476.

OLIVEIRA, P. S. **Metodologia das Ciências Humanas**. São Paulo: Fundação Editora UNESP, 1998.

ORTIZ PORANGABA, G. F. **O clima urbano das cidades do interior do estado de São Paulo: uma análise do campo térmico de Assis, Cândido Mota, Maracá e Tarumã**. 2015. 345f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente.

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. 165f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019.

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 (SP)**. 2015. 304f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente.

RIBEIRO, D. **O povo brasileiro: a formação e o sentido do Brasil**. São Paulo: Companhia da Letras, 1995.

RIZWAN, A. M.; DENNIS, Y. C. L.; LIU, C. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. **Journal of Environmental Sciences**, n. 20, p. 120-128, 2008.

ROMERO, M. A. B; *et. al.* **Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas**. Brasília: Editora ETB, 2019, 149p.

SAMPAIO, A. H. L. **Correlações entre uso do solo e ilha de calor no ambiente urbano: o caso de Salvador**. 1981. 103f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981.

SANT'ANNA NETO, J. L. **História da Climatologia no Brasil: gênese, paradigmas e a construção de uma Geografia do Clima**. Tese de Livre-Docência. Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2001.

SANTANDREU, A.; LOVO, I. C. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. **Panorama Da Agricultura Urbana E Periurbana No Brasil E Diretrizes Políticas Para Sua Promoção**: Identificação e Caracterização de Iniciativas de AUP em Regiões Metropolitanas Brasileiras. Belo Horizonte, 2007, v.1. Disponível em: < http://www.agriculturaurbana.org.br/textos/panorama_AUP.pdf>. Acesso em 19 jan. 2019.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4ª edição. São Paulo: Hucitec, 2006.

SANTOS, M. **A Urbanização brasileira**. São Paulo: Hucitec, 1993.

SANTOS, M. **Por uma Geografia Nova**. 6ª edição. São Paulo: EDUSP, 2012 (Coleção Milton Santos, v. 2).

SENADO. **Projeto institui Política Nacional de Agricultura Urbana**. Disponível em: < <http://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2017/12/27/projeto-institui-politica-nacional-de-agricultura-urbana>>. Acesso em: 20 set. 2019.

SERHID. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte – Relatório Síntese**. Natal: HIDROSERVICE, 1998a.

SILVA, C. M. S.; SANTO, A. R. S. E. Perspectivas da qualidade do ar na cidade de Natal-RN. **Parque da Cidade em Revista**, v.5, n. 5. p. 18-23, out/dez 2015. ISSN 2447-0295. Disponível em: < https://natal.rn.gov.br/semurb/revistas/edicoes/artigos/outubro2015/5_PERSPECTIVAS_QUALIDADE_AR.pdf> Acesso em: 10 de mai. 2020.

SILVA, G. H. P. da. **A agricultura urbana/periurbana e sua interferência nas características térmicas e higrométricas de Álvares Machado - SP**. 2018. 1 CD-ROM. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade

Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2018. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/156339>>.

SOUSA, G. S. Agricultura urbana e periurbana: potencialidade ao planejamento urbano e ambiental na cidade de Natal – RN. In: XIII ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE – XIII ENANPEGE, 2019, São Paulo. **Anais eletrônicos**. São Paulo: Associação Nacional de Pós-Graduação em Geografia – ANPEGE, 2019, p. 1 – 12. Disponível em: <enanpege2019.anpege.ggf.br/resources/anais/8/1562634251_ARQUIVO_ENANPEGE_COMPLETO_GUILHERME.pdf>. Acesso em 10 jan. 2020.

SOUSA, G. S. **Agricultura urbana e periurbana [recurso eletrônico]: efeitos nas características térmicas e higrométricas de Presidente Prudente – SP**. 2018. 1 CD-ROM. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2018. Disponível em: <<http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/capelo/2020-01-20/000927571.pdf>>.

SOUZA, M. L. de. Da “diferenciação de áreas” à “diferenciação socioespacial”: a “visão (apenas) de sobrevôo” como uma tradição epistemológica e metodológica limitante. **Cidades**, Presidente Prudente, v. 4, n. 6, p. 101-114, jan./dez., 2007.

STEINECKE, K. Urban climatological studies in the Reykjavik subarctic environment, Iceland: **Atmospheric Environment**, v. 33, n. 24, p. 4157-4162.

STEWART, I. D. **Redefining the urban heat island**. Vancouver. 2011. 368p. Thesis (Doctor of Philosophy). The Faculty of Graduate Studies, The University of British Columbia.

STEWART, I. D; OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 93 (12), p. 1879-1900, 2012. 10.1175/BAMS-D-11-00019.1.

TARIFA, J. R. Análise comparativa da temperatura e umidade na área urbana e rural de São José dos Campos (SP). **Geografia**, v.2, n.4, p.59-80, outubro 1977.

TEIXEIRA, D. C. F. **O clima urbano de Rancharia - SP**. 2015. 217f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente.

TEIXEIRA, D. C. F. **O clima urbano das cidades de pequeno porte do oeste paulista**: análise do perfil térmico de Presidente Venceslau, Santo Anastácio e Álvares Machado. 2019. 225f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2019.

TEIXEIRA, R. B. Gênese e formação histórica do território potiguar: uma breve análise a partir da cartografia. **Confins [Online]**, n. 32, 2017. Disponível em:

<<http://journals.openedition.org/confins/12355>>. Acesso em: 02 mai. 2019. DOI: 10.4000/confins.12355.

TEIXEIRA, R. B. NATAL, VILA OR CIDADE?. **Mercator**, Fortaleza, v. 18, jan. 2019. ISSN 1984-2201. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/e18001>>. Acesso em: 06 jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2019.e18001>.

TRIBUNA DO NORTE. **Revisão do Plano Diretor de Natal tem foco a orla urbana**. Disponível em <<http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/revisa-o-do-plano-diretor-de-natal-tem-foco-na-orla-urbana/459415>>. Acesso em: 11 jan. 2020.

UGEDA JUNIOR, J. C. **Clima urbano e planejamento na cidade de Jales/SP**. 2012. 383 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

VIDEIRO ROSA, P. P. Políticas Públicas em agricultura urbana e periurbana no Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, p. 1-17, 2011.

VILAÇA, J. G. et al. Geologia ambiental da área costeira de Ponta de Búzios a Barra de Maxaranguape - RN. In: ATAS DO XII SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 10, 1986, João Pessoa. **Boletim da sociedade brasileira de Geologia** - Núcleo Nordeste. João Pessoa; [s.n.], 1986, p. 220-227.

VILAÇA, J. G. **Geologia ambiental costeira da região de Extremoz (RN)**. Natal: UFRN, 1985.

WENG, Q. Fractal analysis of satellite-detected urban heat island in a tropical city. **Habitat International**, Oxford, v. 29, p. 547-558, 2003.

ZAMPARONI, C. A. P. G. **Ilha de Calor em Barra do Bugres e Tangará da Serra – MT: uma contribuição ao estudo do clima urbano em cidades de pequeno porte em área tropical**. 1995. 116f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.