



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CAMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE-SP
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**ILHAS DE CALOR E CONFORTO TÉRMICO EM CONJUNTOS HABITACIONAIS
CONSTRUÍDOS PELA COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO HABITACIONAL E
URBANO (CHDU) EM MARTINÓPOLIS-SP (BRASIL)**

Tiago Santos Milani

**Presidente Prudente
2022**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CAMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE-SP
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

Tiago Santos Milani

**ILHAS DE CALOR E CONFORTO TÉRMICO EM CONJUNTOS HABITACIONAIS
CONSTRUÍDOS PELA COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO HABITACIONAL E
URBANO (CDHU) EM MARTINÓPOLIS-SP (BRASIL)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, *Campus* de Presidente Prudente, como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

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

Pesquisa financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, Processo 2019/10041-2.

M637i

Milani, Tiago Santos

Ilhas de calor e conforto térmico em conjuntos habitacionais
construídos pela Companhia de Desenvolvimento Habitacional e
Urbano (CDHU) em Martinópolis-SP (Brasil) / Tiago Santos Milani. --
Presidente Prudente, 2022

154 f. : il., tabs.

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

1. Ilhas de Calor. 2. Conforto térmico. 3. Martinópolis. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Presidente Prudente

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Ilhas de Calor e Conforto Térmico em Conjuntos Habitacionais Construídos Pela Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU) em Martinópolis-SP

AUTOR: TIAGO SANTOS MILANI

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

Profa. Dra. DANIELLE CARDOZO FRASCA TEIXEIRA (Participação Virtual)
Departamento: Geografia / Pós-doutoranda - FCT Unesp

Profa. Dra. MARIA ELISA ZANELLA (Participação Virtual)
Departamento de Geografia / Universidade Federal do Ceará

Presidente Prudente, 25 de janeiro de 2022

*Em memória de José Goes Moreira (1948
– 2021)*

AGRADECIMENTOS

No primeiro momento, quero agradecer as pessoas diretamente ligadas ao desenvolvimento desse trabalho, em especial, a minha orientadora Prof. Dra. Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim (ou Margô), que não só aceitou me orientar nessa jornada, como me incentiva, constantemente, desde meados de 2014. Agradeço, também, as pessoas que gentilmente cederam suas casas e sítio para instalação dos equipamentos, sendo eles: Alan e família, Felipe, Tiago e Cris, Lucineide, Milena e Mariana, sem vocês esse trabalho seria impossível de acontecer da maneira que foi.

Ao Prof. Dr. João Gomes de Faria (FAAC – UNESP Campus de Bauru), pela ajuda na compreensão sobre a funcionalidade e aplicabilidade dos índices de conforto térmico.

À Danielle Teixeira, por ajudar com a análise rítmica e transectos móveis.

Aos colegas do GAIA (gaianos), pelos bons momentos que deixam saudades.

Aos novos amigos que tive o prazer de conhecer na pós-graduação Amanda, Marcos e Luís.

A Mariana (Mari), que já me aguenta desde a graduação e fez de tudo para se manter perto mesmo estando longe.

Aos amigos de longa data: Felipe, Jonatham (Jow), Paulo (Paulinho), Vitor, Gabriel (Teixera), Goes, William (Shogun).

Aos novos colegas de trabalho e toda equipe da E.E João Brediks, e, em especial a Prof. Giovana, que sempre “pega no meu pé” para terminar a dissertação e ao Prof. Tomás, pelas longas conversas reflexivas.

Ao apoio institucional o Programa de Pós Graduação em Geografia (FCT-UNESP)

Ao apoio Financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, processo 2019/10041-2.

E claro, a Caroline, companheira, parceira e amiga que me acompanhou ao longo de todo esse trabalho.

A sabedoria oferece proteção, como o faz o dinheiro, mas a vantagem do conhecimento é esta: a sabedoria preserva a vida de quem a possui. (Eclesiastes - 7:12)

RESUMO

A rápida urbanização brasileira que ocorreu, principalmente, após os anos de 1960, proporcionou várias formas de degradação do ambiente urbano, interferindo significativamente na qualidade de vida dos cidadãos, além de provocar déficit habitacional. A Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU) foi uma das iniciativas realizadas pelo Governo do Estado de São Paulo para amenizar esse déficit. No entanto, empreendimentos realizados pela companhia priorizaram construções em massa em detrimento da qualidade, muitas vezes ignorando as características climáticas e ambientais dos locais e uniformizando o padrão construtivo, favorecendo a alta densidade construtiva, com lotes pequenos e impermeabilização total ou parcial do solo. A partir da proposta teórica e metodológica do Sistema Clima Urbano (SCU) (MONTEIRO, 1976), esse trabalho teve como objetivo investigar a geração de ilhas de calor em Martinópolis/SP e verificar como o conforto térmico se manifesta em conjuntos habitacionais construídos pelo CDHU na cidade. O trabalho se utilizou de técnicas já consolidadas na investigação das ilhas de calor e do conforto térmico, tais como registros da temperatura e umidade do ar em pontos fixos, transectos móveis, imagens termais do satélite *LandSat 8*, e, para o cálculo do conforto térmico foi utilizado o índice THI de Thom (1959). Os resultados indicaram que o conforto térmico externo das moradias apresenta relações diretas com as ilhas de calor, sobretudo durante à tarde quando há, naturalmente, o aquecimento mais elevado, já o conforto térmico interno das moradias está mais associado aos sistemas atmosféricos atuantes.

Palavras – chave: Ilhas de Calor; Conforto térmico; Martinópolis (SP).

ABSTRACT

The urbanization process in Brazil was quickly after 1960s, this fact turn the urban environment quality worse as life of citizens, besides housing déficit. The Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU) was made by State Government of São Paulo to relieve this housing deficit. However, the company's developments prioritized mass construction over quality, often ignoring the climatic and environmental characteristics of the sites and standardizing the construction pattern, favoring high density construction, with small lots and total or partial soil sealing. From the theoretical-methodological proposal by Monteiro (1976), the Urban Climate System (SCU), aimed to investigate the generation of heat islands in Martinópolis/SP and to verify how thermal comfort manifests itself in housing developments built by CDHU in town. The research used techniques already consolidated in the investigation of heat islands and thermal comfort, such as records of air temperature and humidity at fixed points, mobile transects, thermal images from the LandSat 8 satellite and THI index by Thom (1959). The results indicated that the external thermal comfort index of the houses is directly related to the heat islands, especially in afternoon when there is naturally more heating, while the internal thermal comfort index was more associated with the atmospheric systems running.

Key-words: Heat Island; Thermal Confort Index, Martinópolis (SP).

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BNH - Banco Nacional de Habitação
CDH - Companhia de Desenvolvimento Habitacional do Estado de São Paulo
CDHU - Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo
Cecap - Caixa Estadual de Casas Para o Povo
CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CPTEC - Centro de Previsões de Tempo e Estudos Climáticos
FCT - Faculdade de Ciências e Tecnologia
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS - Imposto Sobre Circulação de Mercadorias
ICU – Ilha de Calor Urbano
IDH - Índice de Desenvolvimento Humano
IF - Ilha de Frescor
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
NDVI - Índice de Vegetação da Diferença Normalizada
PLANAHAP - Plano Nacional de Habitação Popular
PR - Paraná
SCU - Sistema Clima Urbano
SFH - Sistema Financeiro de Habitação
SP - São Paulo
TGS - Teoria Geral dos Sistemas
THI - Índice de temperatura e Umidade
TIRS - Sensor Infravermelho Termal
UBL - Urban Boundary Layer
UCL - Urban Canopy Layer
NASA – Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço
USGS – Serviço Geológico dos Estados Unidos
Ashrae - A Sociedade americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Equipamento Utilizado	24
Figura 2 - Abrigo Meteorológico	25
Figura 3 - Mapa Localização Dos Pontos Fixos	27
Figura 4 - Trajeto Percorrido Durante Os Transectos Moveis	29
Figura 5 - Equipamentos Utilizados Nos Transectos Móveis	30
Figura 6 - Esquema Representativo Do Perfil Clássico Da Ilha De Calor	46
Figura 7 - Camadas De Influência Da Ilha De Calor	47
Figura 8 - Variáveis Do Conforto Térmico	53
Figura 9 - Modelo Representativo Das Formas De Trocas Térmicas Do Ser Humano Com O Ambiente Ao Seu Entorno	60
Figura 10 - Projeto Arquitetônico De Habitações Dos Programas Sh1 E Sh2	71
Figura 11 - Mapa De Localização De Martinópolis	74
Figura 12 - Expansão Urbana De Martinópolis Entre 1918 E 2004 (Sem Escala)	75
Figura 13 - Climograma De Presidente Prudente (1969 – 2015).....	77
Figura 14 - Atuação Das Principais Massas De Ar No Oeste Do Estado De São Paulo.....	78
Figura 15 - Entorno Próximo Do Ponto Fixo 1	80
Figura 16 - Entorno Próximo Do Ponto Fixo 2	81
Figura 17 - Entorno Próximo Do Ponto Fixo 3	82
Figura 18 - Entorno Próximo Do Ponto Fixo 4	83
Figura 19 - Entorno Próximo Do Ponto Fixo 5	84
Figura 20 - Gráfico De Análise Rítmica De Agosto 2019.....	86
Figura 21 - Gráfico De Análise Rítmica De Setembro De 2019.....	98
Figura 22 - Transecto Móvel Realizado Em 27 De Setembro De 2019	102
Figura 23 - Gráfico De Análise Rítmica De Outubro De 2019	107
Figura 24 - Transecto Móvel Realizado Em 24 De Outubro De 2019.....	111
Figura 25 - Gráfico De Análise Rítmica De Novembro De 2019.....	118
Figura 26 - Gráfico De Análise Rítmica De Dezembro De 2019.....	132

Lista de Quadros

Quadro 1 - Faixas de conforto térmico (thi) a partir de autores brasileiros.....	34
Quadro 2 - Faixas de conforto besancenot (2001).....	35
Quadro 3 - Subsistemas do scu	43
Quadro 4 - Variáveis do conforto térmico humano.....	54
Quadro 5 - Energia metabólica média gasta por pessoas saudáveis.....	55
Quadro 6 - Resistência térmica de vestimentas (iso 7730 – 2005)	56
Quadro 7 - Índices de conforto/desconforto térmico mais utilizado na literatura	63
Quadro 8 - Limites de conforto/desconforto térmico na população a partir do ith de thom	66
Quadro 9 - Índice thi agosto de 2019	95
Quadro 10 - Índice thi setembro 2019	105
Quadro 11 - Índice thi outubro 2019.....	115
Quadro 12 - Índice thi novembro 2019.....	122
Quadro 13 - Índice thi dezembro 2019.....	137
Quadro 14 - Frequência horária mensal do conforto térmico interno e externo em todos os pontos urbanos estudados em 2019.....	140

Lista de Pranchas

Prancha 1 – Cartografia Do Sítio Urbano De Martinópolis/Sp – Hipsometria, Relevo Sombreado, Orientação De Vertentes E Declividade.....	79
Prancha 2 – Distribuição Espacial Das Ilhas De Calor Da Atmosfera Inferior, Ilhas De Calor Superficial E Ndvi Referentes Ao Mês De Agosto De 2019.	88
Prancha 3 – Distribuição Espacial Das Ilhas De Calor Da Atmosfera Inferior, Ilhas De Calor Superficial E Ndvi Referentes Ao Mês De Setembro De 2019	99
Prancha 4 - Distribuição Espacial Das Ilhas De Calor Da Atmosfera Inferior, Ilhas De Calor Superficial E Ndvi Referentes Ao Mês De Outubro De 2019.....	109
Prancha 5 - Questionários Aplicados Com Moradores Nas Proximidades Do Ponto 3 Correspondentes Aos Dias 1 A 14 De Outubro	113
Prancha 6 - Questionários Aplicados Com Moradores Nas Proximidades Do Ponto 5 Correspondentes Aos Dias 1 A 14 De Outubro	114
Prancha 7 - Distribuição Espacial Das Ilhas De Calor Da Atmosfera Inferior, Referentes Ao Mês De Novembro De 2019	119
Prancha 8 - Questionários Aplicados Com Moradores Nas Proximidades Do Ponto 3 Correspondentes Ao Período De 1 A 13 De Novembro.	124
Prancha 9 - Questionários Aplicados Com Moradores Nas Proximidades Do Ponto 5 Correspondentes Ao Período De 1 A 13 De Novembro.	125
Prancha 10 - Questionários Aplicados Com Moradores Nas Proximidades Do Ponto 3 Correspondentes Ao Período De 16 A 30 De Novembro	126
Prancha 11 - Questionários Aplicados Com Moradores Nas Proximidades Do Ponto 5 Correspondentes Ao Período De 16 A 30 De Novembro	127
Prancha 12 - Questionário Diário Aplicado Em Novembro De 2019	129
Prancha 13 - Distribuição Espacial Das Ilhas De Calor Da Atmosfera Inferior, Ilhas De Calor Superficial E Ndvi Referentes Ao Mês De Dezembro De 2019	134

Sumário

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	16
2 MATERIAIS E MÉTODOS	23
2.1 Levantamento do referencial teórico.....	23
2.2 Equipamentos de registro dos dados de temperatura e umidade relativa do ar	24
2.3 Critérios para seleção da localização dos pontos fixos e cálculo da intensidade e magnitude das ICU	26
2.4 Transecto Móvel	28
2.5 Imagens termais – Landsat 8.	30
2.6 Imagens do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).....	32
2.7 Conforto térmico	33
2.7.1 Adequação das faixas de Conforto THI.....	34
2.8 Questionário sobre conforto térmico com moradores dos bairros CDHU...36	
2.9 Questionário sobre o conforto térmico interno em residências localizadas no ambiente urbano.	37
2.10 Análise rítmica.....	38
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	40
3.1 Clima Urbano	40
3.2 Ilha de calor urbano	44
3.3 Conforto Térmico	49
3.4 Variáveis de conforto térmico humano.	52
3.4.1 Variáveis Humanas (individuais, fisiológicas e subjetivas)	53
3.4.2 Variáveis ambientais	57
3.5 Mecanismos de trocas térmicas	58
3.6 Mecanismos de termorregulação humana.....	60
3.7 Índices de conforto térmico	62
3.7.1 Índice de Temperatura e umidade (THOM, 1959)	65
3.8 As bases fundadoras da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU)	67
3.8.1 O início do programa habitacional e urbano do Estado de São Paulo	68
3.8.2 A produção de residências em larga escala	71
4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	73
4.1 Aspectos históricos	73
4.2 Aspectos físicos	76
4.2.1 Características do clima regional	76
4.2.2 Características predominantes do sítio urbano de Martinópolis.	78

4.3 Caracterização do entorno dos pontos fixos onde foram instalados os sensores de temperatura e umidade do ar em Martinópolis/SP	80
4.3.1 Ponto fixo 1: Rural Próximo	80
4.3.2 Ponto Fixo 2: Bairro Jardim O Pioneiro	80
4.3.3 Ponto fixo 3: Bairro da CDHU - 2013.....	81
4.3.4 Ponto fixo 4: Residência de alto padrão construtivo na área central da cidade.	82
4.3.5 Ponto fixo 5: Bairro CDHU 2004.....	83
5 RESULTADOS.....	85
5.1 Intensidade e magnitude das Ilhas de calor atmosféricas e superficiais de acordo com os sistemas atmosféricos atuantes em agosto de 2019.....	85
5.1.1 Conforto térmico interno e externo nas moradias do CDHU e de alto padrão construtivo em Martinópolis no mês de agosto de 2019.	93
5.2 Intensidade e magnitude das Ilhas de calor atmosféricas e superficiais de acordo com os sistemas atmosféricos atuantes em setembro de 2019	97
5.2.1 Conforto térmico interno e externo nas moradias do CDHU e de alto padrão construtivo em Martinópolis no mês de setembro de 2019.	103
5.3 Intensidade e magnitude das Ilhas de calor atmosféricas e superficiais de acordo com os sistemas atmosféricos atuantes em outubro de 2019.....	106
5.3.1 Conforto térmico interno e externo nas moradias do CDHU e de alto padrão construtivo em Martinópolis no mês de agosto de 2019.	111
5.4 Intensidade e magnitude das Ilhas de calor atmosféricas e superficiais de acordo com os sistemas atmosféricos atuantes em novembro de 2019	117
5.4.1 Conforto térmico interno e externo nas moradias do CDHU e de alto padrão construtivo em Martinópolis no mês de setembro de 2019.	120
5.5 Intensidade e magnitude das Ilhas de calor atmosféricas e superficiais de acordo com os sistemas atmosféricos atuantes em dezembro de 2019	131
5.5.1 Conforto térmico interno e externo nas moradias do CDHU e de alto padrão construtivo em Martinópolis no mês de dezembro de 2019.	135
6. SÍNTESE DOS RESULTADOS E PROPOSTA DE MITIGAÇÃO AOS EFEITOS DAS ICU.....	139
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	143
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	145
Apêndice A - Questionário aplicado com moradores dos pontos 3 e 5.....	151
Apêndice B – Questionário diário aplicado com moradores dos pontos 2, 3 e 5	152
Apêndice C – Dados brutos referente aos questionários de conforto térmico aplicado com moradores.....	153

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

As relações entre a sociedade e a natureza resultaram em grandes alterações na superfície da Terra ao longo do tempo. É nas cidades que as atividades humanas são mais intensas e provocam diversos efeitos na dinâmica do clima local. Segundo Lombardo (1985, p. 22) “[...] a cidade apresenta alterações climáticas muito diferenciadas das áreas circunvizinhas”.

Essa relação, nas cidades, tem gerado um clima próprio, denominado de clima urbano, que impacta diretamente na qualidade de vida das pessoas (MONTEIRO, 1976).

Um dos primeiros estudos relacionados ao clima urbano ocorreu em Londres (Inglaterra). Howard (1833) publicou a obra clássica *The Climate of London*, e, já nessa época, o estudo apontou diferenças significativas entre a temperatura atmosférica urbana de Londres, que já contava com indústrias, e o ambiente rural próximo.

Landsberg (1956) estudou os efeitos da cidade sobre o clima, tendo como base as pesquisas de Howard (1833). Em sua obra, Landsberg chamou a atenção para a diferença de temperatura do ar nas áreas mais densamente construídas em relação às áreas periféricas/rurais próximas. Além de Howard (1833), o autor também destacou o trabalho de Duckwort e Sandberg (1954), que estudaram o centro edificado da cidade de São Francisco (Estados Unidos da América) em comparação a um parque localizado na área periférica da cidade. Os resultados obtidos pelos autores apontaram a diferença de 6,5°C entre a área densamente construída e o parque. Todavia, Landsberg (1956) faz alguns apontamentos sobre o trabalho de Duckwort e Sandberg (1954), demonstrando que,

[...] no estudo de Duckworth e Sandberg, assim como em muitos outros, que produziam modelos de isotermas para cidades inteiras, confrontamo-nos com um fenômeno muito complexo. Muitos dos contrastes observados provavelmente ocorreriam mesmo que as cidades não estivessem presentes. São simplesmente resultados microclimáticos da topografia e posição (LANDSBERG, 1956, p. 104).

Isto posto, a partir de Landsberg (1956), verificou-se que não apenas as construções urbanas, mas, a localização, a orientação das vertentes, dentre outras características naturais, devem ser consideradas ao interpretar e analisar as

diferentes temperaturas que ocorrem no ambiente urbano. Ou seja, Landsberg (1956) destacou a relevância do microclima formado a partir da antropização e pela própria condição natural.

Outra referência clássica da climatologia urbana diz respeito ao trabalho de Oke (1978), que propôs a análise do clima por intermédio de diferentes superfícies levando-se em conta as propriedades físicas, tais como: a aerodinâmica, a radiação e a umidade, que compõem e caracterizam um sistema atmosférico. Segundo o autor, há duas camadas que se formam sobre a cidade, sendo elas: *Urban Canopy Layer* (UCL), decorrente dos processos atuantes na microescala e a *Urban Boundary Layer* (UBL), resultante de processos locais ou de mesoescala.

Nesse sentido, uma das contribuições de Oke (1978) foi apresentar o modelo clássico de ilha de calor, destacando o aumento da temperatura do ar à medida que se aproxima da parcela da cidade com maior adensamento populacional e atividades humanas. Em seu estudo, tal fenômeno ocorre, principalmente, no centro da cidade.

A temperatura do ar nos ambientes urbanos resulta, portanto, das condições meteorológicas decorrentes da escala regional e das atividades humanas. Monteiro (1997) estudou o clima urbano na cidade de Porto (Portugal) e em sua pesquisa, a autora atestou que a urbanização influenciou nas alterações climáticas locais, juntamente com a diferença de relevo, brisa marítima ou proximidade de rios e áreas verdes, alterando a forma das ilhas de calor, amenizando ou intensificando seu efeito.

O estudo do clima urbano sobre a perspectiva geográfica teve início no Brasil a partir de Monteiro (1976). Munido dos estudos de Sorre (1951) e Pedelaborde (1957), Monteiro (1971), propôs a concepção de ritmo de sucessão habitual dos estados da atmosfera, e, em 1976, apresentou a proposta teórica e metodológica denominada Sistema de Clima Urbano (SCU).

Foi com base na Teoria Geral dos Sistemas (TGS) de Bertalanffy (1950), que o SCU foi proposto como um sistema aberto, adaptativo e dinâmico, compreendendo a natureza, a cidade e os indivíduos, levando em consideração a percepção humana em relação ao clima.

A partir da perspectiva sistêmica, para o estudo do clima das cidades, Monteiro (1976) propôs a adoção de três subsistemas, vinculados aos canais de percepção humana, sendo eles: o Subsistema Termodinâmico (canal de percepção

do conforto térmico); o Subsistema Físico-Químico (da qualidade do ar); e o Subsistema Hidrometeorológico (referente aos impactos hídricos, mecânicos e elétricos).

Segundo Monteiro (2003) o subsistema termodinâmico impacta mais diretamente no conforto das pessoas, afirmando que:

Dentro do esquema SCU, esse canal atravessa toda a sua estrutura, pois que é o insumo básico, é transformado na cidade e pressupõe uma produção fundamental no balanço de energia líquida atuante do sistema. O uso do solo, a morfologia urbana, bem como suas funções, estão intimamente implicados no processo de transformação e produção. (MONTEIRO, 2003, p. 44).

O SCU considera a ação humana e os efeitos atmosféricos, uma vez que, mediante a interação entre os elementos, os efeitos podem ser sentidos em diversas escalas, desde a habitação (microclima), até mesmo na camada urbana como um todo, sendo influenciado pelo clima regional. Portanto, o clima urbano consiste em um “sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização” (MONTEIRO, 1976, p. 95).

O estudo da cidade de São Paulo, realizado por Lombardo (1985), foi pioneiro no uso do sensoriamento remoto para a identificação de ilhas de calor, sendo assim um marco para a climatologia brasileira.

A partir desse trabalho, o uso do sensoriamento remoto tornou-se mais frequente no campo da climatologia, como Mendonça (1994), ao estudar a cidade de Londrina-PR, utilizou-se de imagens de satélites para a caracterização da malha urbana.

A partir da década de 1990, a climatologia brasileira começou a apresentar estudos contemplando cidades médias e pequenas. Nessas cidades, os estudos têm mostrado que as ilhas de calor se apresentam como o principal fator na interferência do conforto térmico, provocando aumento da temperatura de determinada área e por vezes também associado à queda da umidade relativa do ar.

Pitton (1997), ao pesquisar alterações térmicas em cidades médias (Rio Claro e Araras) e pequenas (Cordeirópolis e Santa Gertrudes), constatou que esse fenômeno não é característico apenas das cidades de grande porte. Mesmo que em menor proporção, as diferenças térmicas e higrométricas estão presentes em cidades de médio e pequeno porte.

Amorim (2000), ao estudar o clima urbano de uma cidade média, Presidente Prudente (SP), obteve resultados significativos para a compreensão do fenômeno da ilha de calor em cidades deste porte, localizadas no clima tropical, constatando que:

[...] sob condições atmosféricas ideais, ou seja, em condições de céu claro e com vento calmo, ocorre a máxima intensidade da ilha de calor. Com relevo pouco acidentado, as temperaturas mais altas são observadas nas áreas mais densamente construídas e com pouca vegetação. Horizontalmente há diminuição da temperatura à medida que há aproximação da zona rural, caracterizado por um gradiente horizontal mais brando, este esquema geral é interrompido por locais quentes e frios associados com densidades de prédios altos e baixos. Parques e lagos são áreas frescas, e áreas com indústrias, complexos de apartamentos, áreas de comércio ou central da cidade são mais quentes (AMORIM, 2000, p. 29).

Santos (1993), explica que, embora o Brasil tenha passado por uma urbanização tardia, o êxodo rural foi uma realidade presente ao longo do século XX. Se por um lado as cidades atraíam, pela presença de infraestrutura e serviços, por outro lado, o campo repelia os pobres, forçando os mesmos a migrarem para as áreas urbanas. Nas décadas de 1970 e 1980 a população urbana no país cresceu de forma acelerada. Após 1970 a população brasileira, pela primeira vez em sua história, passou a ocupar majoritariamente as áreas urbanas. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2010, a população brasileira residente em áreas urbanas somou 84,36%.

Muitos dos problemas relacionados ao comprometimento do conforto térmico e ao surgimento de ilhas de calor têm sua origem no inadequado planejamento urbano. Segundo Mendonça (2003), a urbanização acelerada que ocorreu no Brasil e em outros países da América Latina, resultou em “[...] degradação das condições de vida e do ambiente urbano” (MENDONÇA, 2003, p. 24).

O processo acelerado da urbanização que ocorreu nos anos de 1980, além de provocar problemas ambientais, ocasionou, também, problemas sociais, sendo um deles o déficit habitacional. Prado e Pelin (1993) estimaram que o total de déficit habitacional no Brasil somava, no início da década de 1990, 12,7 milhões, sendo 3,2 milhões somente na região sudeste.

Como uma das formas de combater esse déficit habitacional foi criado, no Estado de São Paulo, em 1949, uma administração responsável pela Política Habitacional no Estado, voltada a atender o déficit habitacional da população de baixa renda. No entanto, a mesma se manteve conservadora e não muito expressiva.

No Estado de São Paulo, a Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU) começou a realizar empreendimentos voltados para erradicar o déficit habitacional a partir da década de 1980, quando o Banco Nacional da Habitacional (BNH) passa por graves crises (ROYER, 2002).

Royer (2002) aponta que a premissa do programa de habitação do Estado de São Paulo teve como orientação a eficiência, ou seja, se deu a partir da produção de unidades em massa, de modo que:

[...] a questão habitacional confundiu-se progressivamente com mecanismos de erradicação do déficit, em detrimento da qualidade das construções e da integração da moradia com outros vetores da inserção urbana (ROYER, 2002, p. 11).

Dessa forma, grande parte dos empreendimentos ligados à habitação popular no Estado de São Paulo possuem características que apresentam, de modo geral, alta densidade construtiva, impermeabilização generalizada do solo, baixo padrão construtivo e lotes pequenos. Tais características têm potencial de gerarem ilhas de calor de forte magnitude no ambiente tropical, como demonstram os estudos de Amorim (2000; 2020), Barbosa (2009), Ortiz Porangaba (2015), dentre outros autores.

De acordo com Lombardo (1985), áreas sujeitas a ilhas de calor apresentam temperaturas mais elevadas que às demais áreas circunvizinhas, à medida que, temperaturas extremamente altas, bem como as extremamente baixas, afetam o conforto térmico das pessoas no ambiente no qual se encontram. Segundo Nucci (1999, p. 15) “[...] o aparecimento da ilha de calor altera a qualidade ambiental trazendo sérios problemas ao bem-estar da população”.

Para alguns autores, o conforto térmico ocorre entre os intervalos de temperatura no qual os sistemas termorreguladores, que mantêm a temperatura corporal estável (em torno de 37°C em pessoas saudáveis), tem atuação mínima, ou mesmo nos casos em que o indivíduo atesta se sentir bem (GARCIA, 1996).

Frota e Schiffer (2003) e Monteiro e Alucci, (2007) realçam que variáveis individuais (sexo, idade, massa corporal, etc.) e ambientais (vento, temperatura, umidade relativa do ar, etc.) são essenciais para se compreender e mensurar o conforto térmico. Além disso, qualquer variável que interfira na capacidade de troca de calor entre o corpo humano e o meio ambiente, vestimentas, capacidade metabólica, hábitos alimentares, são levadas em consideração, pois interferem, agravando ou amenizando, o conforto térmico (GOLDEN *et al.*, 2008).

Em ambientes tropicais onde, naturalmente, as temperaturas são altas na maior parte do ano, o agravamento do desconforto térmico se torna presente no dia a dia da população, sobretudo nas áreas em que há ilhas de calor, que, no caso de ambientes tropicais, tendem a ocorrer em bairros com baixo padrão construtivo, como mostra Amorim (2020).

De acordo com a Declaração Universal dos Direitos Humanos de 1948, todo ser humano tem direito a saúde e bem-estar, bem como a moradia. Portanto, residir em um local que não afete a saúde e o bem-estar é um direito de todos.

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo investigar as ilhas de calor e verificar como o conforto térmico se manifesta em conjuntos habitacionais construídos pelo CDHU localizados na cidade de Martinópolis/SP. Como objetivos específicos, buscou-se: identificar as ilhas de calor da atmosfera inferior e superficial em Martinópolis; analisar e comparar o conforto térmico interno e externo em moradias localizadas em conjuntos habitacionais e em bairros de alto padrão construtivo em relação ao ambiente rural próximo; identificar as condições atmosféricas que causam maiores sensações de desconforto térmico; propor medidas mitigadoras para as ilhas de calor em conjuntos habitacionais populares, em cidades de pequeno porte, localizadas em ambiente tropical continental, que possam amenizar os fatores que levam a redução do conforto térmico.

A cidade de Martinópolis se encontra na região Oeste do estado de São Paulo, a 22° 08' 45" de latitude Sul e 51° 10' 15" de longitude Oeste, a cerca de 540 Km da capital paulista. O município de Martinópolis, que faz parte da região administrativa de Presidente Prudente, possui população de 24.219 habitantes¹, sendo que 20.310 (83%) residem em área urbana (censo de 2010)².

Martinópolis teve dois principais empreendimentos ligados a habitação popular. O primeiro ocorreu em 2004, com 260 casas. O segundo grande empreendimento de habitação popular, destinada a população de baixa renda, foi entregue em 2013 contando com 316 casas³.

Mendonça (2010) evidencia que a desigualdade social existente no Brasil, se reflete no padrão construtivo das residências, ocasionando em maior desconforto térmico para algumas pessoas, sobretudo para a população mais pobre.

¹ Estimativa para 2021 de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): 26.791.

² Censo IBGE (2010)

³ Disponível em: <<http://www.martinopolis.sp.gov.br/site/index.php?p=noticia&id=777>>. Acessado em 04 dez. 2019.

Acredita-se que estudar as ilhas de calor em uma cidade de pequeno porte, em uma faixa de clima quente associado a investigação do conforto térmico em conjuntos habitacionais, proporciona diversas contribuições para a proposição de medidas mitigadoras, visando o bem-estar das pessoas que residem nesses locais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Levantamento do referencial teórico

A presente pesquisa buscou compreender os efeitos da urbanização na produção desigual do espaço e como esta interfere no clima local e na vida dos cidadãos. De acordo com Monteiro (1976, p. 60):

O “adentrar” a cidade para sondar-lhe o clima significa avaliar as alterações ou derivações de propriedades que o ar sofre no interior deste organismo urbano, complexo fato sócio-econômico edificado segundo o cabedal tecnológico-cultural da sociedade a partir dos recursos diretos ou indiretos [...] da natureza. [...] Ao penetrar (ou adentrar) na cidade para investigar-lhe o clima, o procedimento preliminar básico dirige-se à análise do campo térmico, a partir do qual, todo um jogo de correlações e interações se produz na geração das características climáticas da cidade.

Isso posto, o aporte teórico metodológico utilizado nesta pesquisa se concentrou no SCU, com foco no subsistema termodinâmico, proposto por Monteiro (1976).

Para a definição dos procedimentos da pesquisa foram utilizadas referências nacionais e internacionais e dentre elas destacam-se: Lombardo (1985), Landsberg (1981), Monteiro (1976), Mendonça (1994), Pitton (1997), Fialho (2009), Amorim (2000, 2020), Gartland (2010), Ortiz Porangaba (2015), Oke (1976), Landsberg (1994), Fernández Garcia (1991; 1996), Gobo (2018). Tais trabalhos foram importantes para auxiliar na definição de pontos fixos para a instalação de sensores de temperatura e umidade, assim como para a organização e análise dos dados obtidos. Também foram consultados trabalhos acadêmicos que apresentam reflexões acerca dos processos de habitação popular urbana, tais como o de Royer (2002).

2.2 Equipamentos de registro dos dados de temperatura e umidade relativa do ar

Os registros dos dados meteorológicos de temperatura e umidade relativa do ar externo e interno nos ambientes, foram feitos através de sensores do tipo *Klima Logger TFA*, com sensor externo cujo o sinal é transmitidos por rádio frequência de 433 mhz. (Figura 1).

Figura 1 - Equipamento utilizado



Klima Logger TFA, unidades interna e externa.

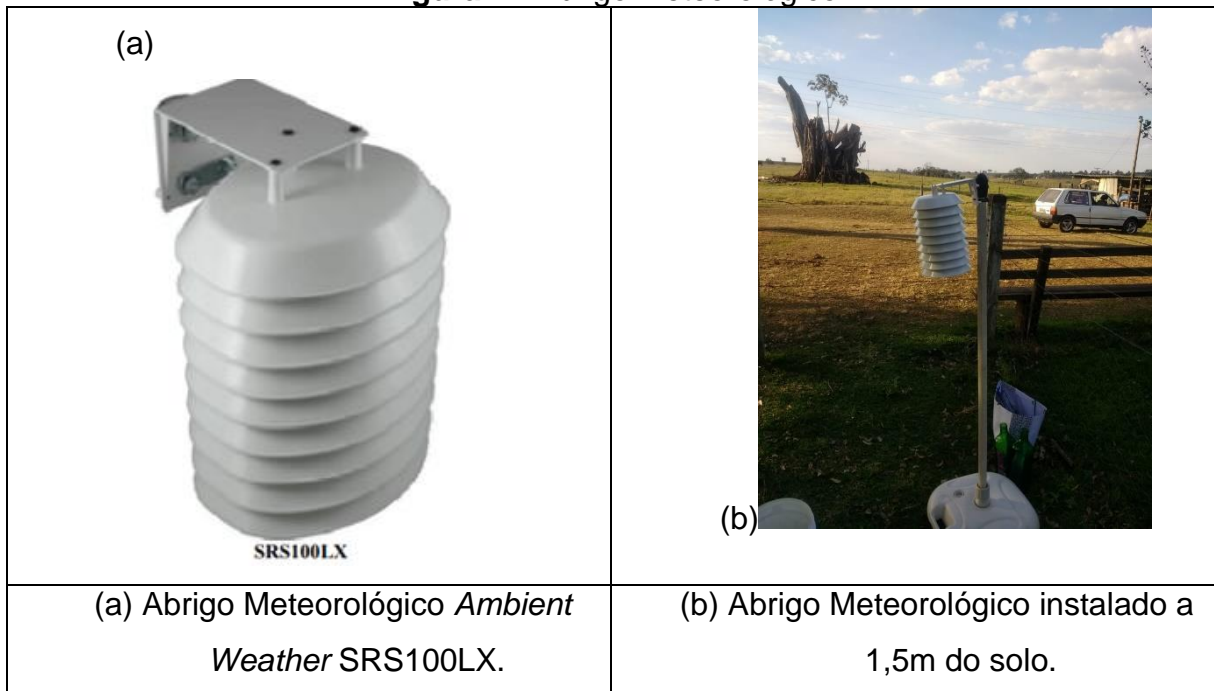
Fonte: Inconterm (2013).

A instalação dos pontos fixos seguiu o padrão já consolidado na literatura de acordo com os critérios estabelecidos por Oke (2004) adaptado para a realidade local, dando preferência para os locais com maior exposição solar (fachada norte), distanciamento do solo em 1,5m, distante de fontes de calor, paredes, muros, áreas com o tráfego de pessoas, animais e veículos.

Os sensores externos foram inseridos em abrigos meteorológicos *Ambient Weather*, modelo SRS 100 LX Pagoda⁴, que proporciona proteção contra incidência direta de raios solares e precipitação (Figura 2).

⁴ Marca registrada Ambient LLC

Figura 2 - Abrigo Meteorológico



Fonte: a) Ambiente Wheater, (2011); b) Fotografia obtida em campo (2020).

Os sensores internos *Klima Logger* TFA foram instalados preferencialmente nos quartos das residências com ao menos uma das paredes externas voltadas para o Norte, de tal modo que a diferença entre a quantidade de luz solar entre as estações do ano seja minimizada, distantes do teto, de aparelhos elétricos ou qualquer fonte de calor ou frescor⁵ seguindo os critérios descritos por Teobaldo Neto (2019).

Os sensores internos e externos foram devidamente calibrados entre si, com tolerância de 0,1°C de diferença de temperatura e até 3% de umidade relativa do ar para mais ou para menos. Todos os sensores foram instalados no mesmo ambiente fechado, abrigados da incidência dos raios solares e sem contato com qualquer fonte de calor, frescor ou vento. Foram coletadas 48h de dados dos sensores com intervalo de uma hora e não foram registradas diferenças superiores às anteriormente citadas.

⁵ Como aparelhos de ar-condicionado, aquecedores e aparelhos elétricos em geral.

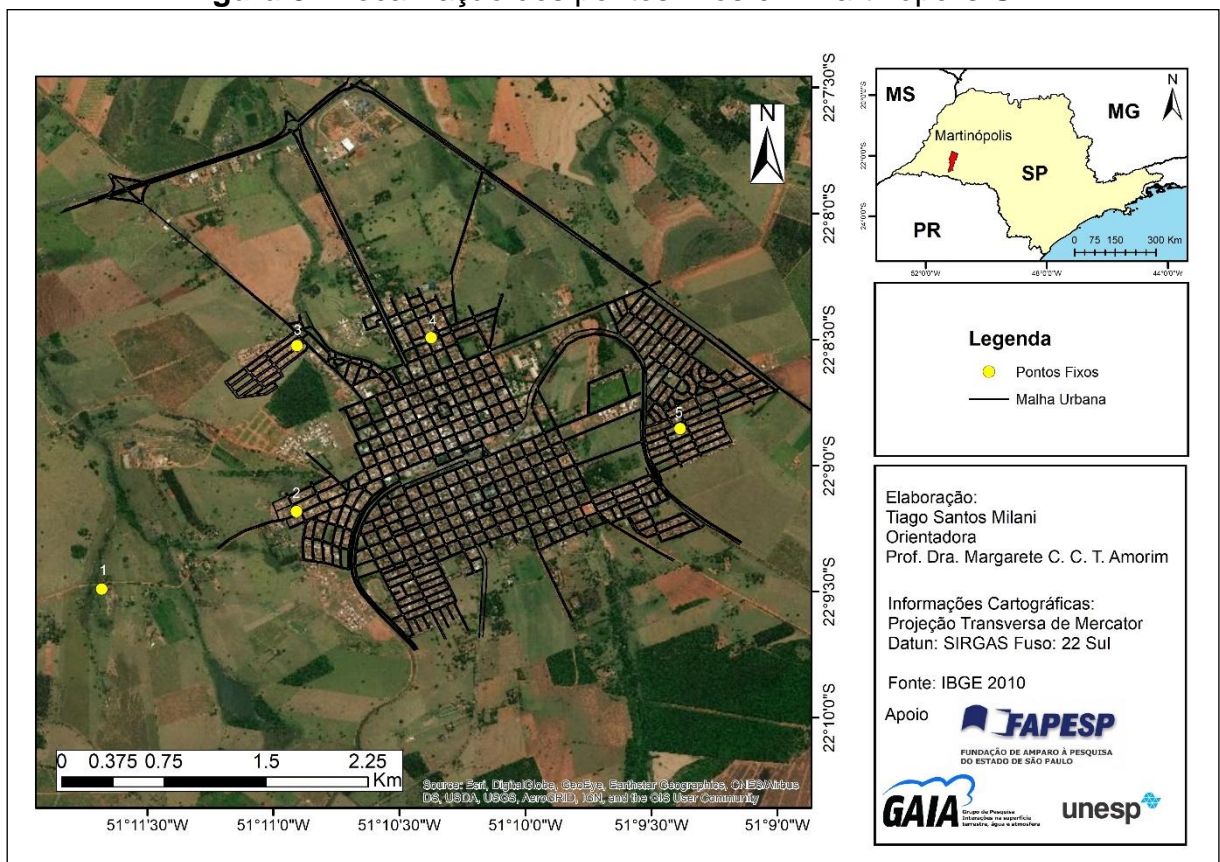
2.3 Critérios para seleção da localização dos pontos fixos e cálculo da intensidade e magnitude das ICU

Como a área de estudo está localizada à 22º de latitude sul, os pontos fixos externos foram instalados privilegiando a fachada norte das residências, uma vez que o período de análise (agosto a dezembro de 2019) apresenta características das estações do inverno, primavera e verão. Este posicionamento dos sensores privilegiou e amenizou a diferenciação da exposição solar ao longo do período.

Os locais selecionados para a instalação dos pontos fixos (Figura 3) seguiram os seguintes critérios:

- Serem representativos do entorno próximo;
- Contemplarem diferentes características dos ambientes urbanos;
- Localizado na fachada norte de cada residência estudada;
- Ausência de tráfego de pessoas, animais e veículos;
- Não interferir no “cotidiano” dos moradores;
- Local seguro.

Figura 3 - Localização dos pontos fixos em Martinópolis-SP



Fonte: Créditos na figura.

Os dados registrados em campo (temperaturas e umidade do ar em pontos fixos e transectos móveis) foram organizados no software Excel⁶ e tratados a partir do Sufer 11⁷ e ArcPro⁸

A partir dos registros de temperatura do ar externo obtido em pontos fixos, foi calculada a intensidade da ilha de calor nos horários representativos de cada período do dia (0h, 3h, 6h, 9h, 12h, 15h, 18h e 21h) a partir da equação 1

$$\Delta T = T_u - T_r \quad (1)$$

Onde:

ΔT = Diferença da temperatura em °C

T_u = Temperatura do ar no ambiente urbano em °C

T_r = Temperatura do ar no ambiente rural próximo em °C

⁶ Uma marca Microsoft Office.

⁷ Uma marca Golden Software.

⁸ Uma marca ESRI.

2.4 Transecto Móvel

Uma outra forma de medir as ilhas de calor da camada inferior da atmosfera é através do transecto móvel. Segundo Gartland (2010), os resultados obtidos a partir de transectos móveis refletem os efeitos da urbanização na temperatura do ar.

Amorim (2005), apresenta alguns critérios para que sejam realizados os transectos móveis com rigor. Segundo a autora, o procedimento,

[...] consiste na definição de dois transectos, com medidas móveis, utilizando-se de termômetros digitais, com sensores presos a haste de madeira de 1,5, de comprimento, acoplados na lateral de [...] veículos, que saem da periferia (rural), passando pelo centro, chegando ao extremo oposto da cidade (AMORIM, 2005, p.69).

Foram estabelecidos dois percursos (norte – sul) e (leste – oeste), priorizando os diferentes tipos de paisagens urbanas, de modo que os transectos foram realizados sempre em episódios com estabilidade atmosférica, ausência de precipitação nas 24h anteriores, até três horas após o pôr do sol e trajetos de no máximo uma hora de duração, critérios esses estabelecidos por Amorim (2020).

Os transectos móveis foram realizados nos dias 27 de setembro de 2019 e 24 de outubro de 2019, os registros iniciaram as 21h e os trajetos duraram cerca de 45 minutos.

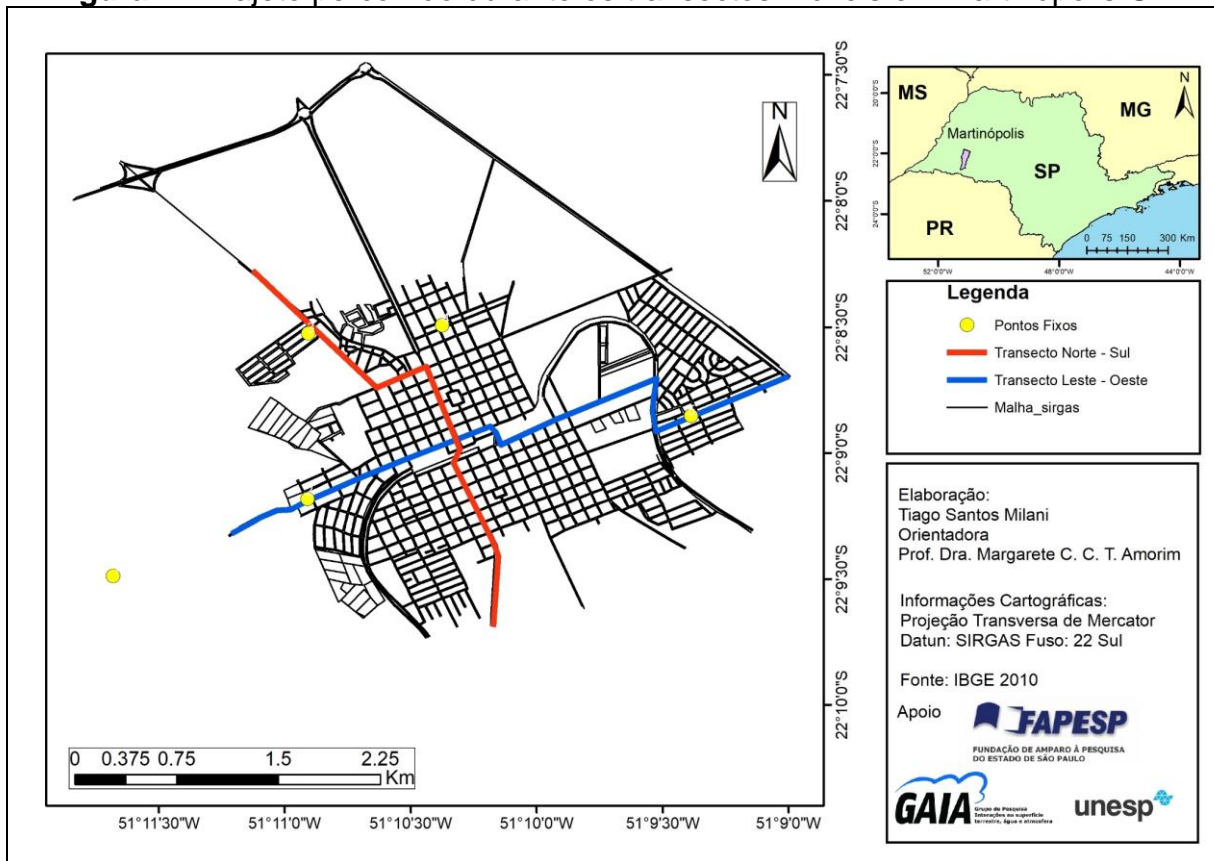
Os dados de intensidade da temperatura do ar obtido através dos transectos foram calculados subtraindo os valores registrados, ao longo do trajeto, em relação ponto fixo localizado no ambiente rural próximo de acordo com a data e horário correspondente a cada transecto realizado.

O veículo percorreu os dois trajetos (Figura 4) em uma velocidade de aproximadamente 20 km/h. Devido ao curto trajeto, 4,3 km e 3,6 km, um único veículo foi utilizado. A variação natural da temperatura do ar foi monitorada durante o intervalo da realização do transecto móvel a partir do ponto fixo localizado no ambiente rural próximo. A maior variação registrada no horário correspondente foi de 0,8°C⁹ e a menor variação registrada foi de 0,4°C¹⁰.

⁹ Ocorreu durante o transecto realizado no dia 27 de setembro de 2019.

¹⁰ Ocorreu durante o transecto realizado no dia 24 de outubro de 2019.

Figura 4 - Trajeto percorrido durante os transectos móveis em Martinópolis-SP






Fonte: Créditos na figura.

Para obter os dados de temperatura do ar foi utilizado um Termo-Higrômetro com sensor externo com ponta de metal, conectado através de um cabo de 1,5 metros preso em uma haste de madeira a 45 cm acima do teto do veículo e 1,9 m de altura em relação à superfície.

Os dados de temperatura foram registados manualmente a cada 100m percorridos, distância essa medida através do GPS de um aparelho *android*¹¹ e do hodômetro do veículo (Figura 5).

¹¹ Uma marca Google.

Figura 5 - Equipamentos utilizados nos transectos móveis

A	B	C
		
Termo-Higrômetro com sensor externo	Sensor Externo com ponta de metal	Veículo com haste de madeira com sensor externo fixado na ponta a 2m da superfície.

Fonte: Acervo do autor (2019).

2.5 Imagens termais – Landsat 8.

O sensoriamento remoto tem sido cada vez mais utilizado nos estudos do clima urbano, uma vez que auxiliam na compreensão da distribuição das fontes de calor na superfície terrestre e como as mesmas se organizam no espaço, identificando-se as ilhas de calor superficiais. (AMORIM; SANT'ANNA NETO; DUBREUIL, 2009.; OKE, *et al.*, 2017).

A investigação das ilhas de calor superficiais ocorreu através da tomada das imagens do satélite *Landsat 8* do canal infravermelho termal (TIRS 1 – banda 10), com resolução espectral de 10.60 – 11.19 μm e resolução espacial de 100m, mas, mediante tratamento, são disponibilizadas com 30m de resolução espacial, adquiridas gratuitamente no site “Serviço Geológico dos Estados Unidos da América” (USGS)¹².

Foram selecionados o maior número possível de imagens termais sem nuvens para cada mês que houve coleta de dados a partir dos pontos fixos. As imagens são capturadas a cada 16 dias às 10h25 horário local (-3h GMT).

O tratamento das imagens foi realizado no software *IDRISI*¹³, utilizando as constantes de calibração do sensor TIRS, convertendo os tons de cinza da imagem em radiância a partir do canal termal por meio da equação 2:

¹² Sigla em inglês. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov>>. Acessado em: fev. de 2020.

¹³ Uma marca registrada *Clark Labs*.

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

Onde¹⁴:

L_{λ} ; radiância espectral em sensor de abertura: (Watts/(m² SR μ M))

M_L ; Fator Multiplicador da banda 10 = 0.0003342;

Q_{cal} ; são os valores de pixel quantificados e calibrados do produto padrão (DN);

A_L ; Fator de Rendimento Aditivo da banda 10 = 0.1000.

Após a conversão da radiância em números digitais, foi feito o cálculo da correção atmosférica a partir da equação 3.

$$CV_{R2} = \frac{CV_{R1} - L_{\uparrow}}{\epsilon T} - \frac{1 - \epsilon}{\epsilon} L_{\downarrow} \quad (3)$$

Onde:¹⁵

CV_{R2} : É o valor de célula da correção atmosférica como radiância;

CV_{R1} : É o valor da célula como radiância da seção 1;

L_{\uparrow} : É o valor de *upwelling radiance*;

L_{\downarrow} : É o valor de *downwelling radiance*;

T : É o valor de transmitância;

ϵ : É a emissividade

As variáveis de *Transmittance* (Transmissividade Atmosférica), *Upwelling Radiance* (Radiância Emitida) e *Downwelling Radiance* (Radiância Recebida), foram obtidos através de dados atmosféricos locais, sendo calculado na ferramenta disponibilizada pela *National Aeronautics and Space Administration*¹⁶ (NASA). Para obter as variáveis necessárias, foram utilizados os dados da estação meteorológica A707¹⁷ de Presidente Prudente nas datas e horários correspondentes à tomada da imagem de satélite.

¹⁴ Os valores das constantes de calibração estão disponíveis dos arquivos metadados disponibilizados juntamente com as imagens geradas pela própria USGS.

¹⁵ De acordo com Coll, et al. 2010. Aplicado por Amorim (2017).

¹⁶ Link da ferramenta: Disponível em: <<http://atmcorr.gsfc.nasa.gov>>. Acessado em: junho de 2020.

¹⁷ Estação A707. Localização: 22°07'S e 51°24'O; altitude: 435,55m acima do nível do mar.

A etapa seguinte (equação 4), consistiu em converter os dados computacionais, devidamente calibrados, para temperatura. No caso, a temperatura obtida encontra-se na escala Kelvin.

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (4)$$

Onde:

T = Temperatura em Kevin;

K1 = Constante de Calibração 1;

K2 = Constante de Calibração 2;

L λ = Radiância espectral em sensor de abertura: (Watts/(m² SR μ M)).

Na sequência a temperatura Kelvin foi convertida para Celsius (°C), subtraindo-se os dados dos *pixels* por 273,15.

Por fim, para a delimitação da área de estudo foi acrescentada a base cartográfica da malha urbana na imagem de satélite.

2.6 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Nesta etapa do trabalho foi utilizado o cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) – (*Normalizer Difference Vegetation Index*) com intuito de identificar a disponibilidade de vegetação. Para isso, foram utilizadas imagens do satélite *Landsat 8*, dessa vez a partir da composição das bandas 4 (Vermelha 0.64 – 0.67 μ m) e 5 (Infravermelho Próximo 0.85 – 0.88 μ m), ambas com resolução espacial de 30 metros, realizados no *software* IDRISI, obtendo como produto o modelo resultante da combinação dos níveis de reflectância das bandas espectrais do vermelho e infravermelho a partir da equação (5):

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad (5)$$

Onde:

IVP: Valor de reflectância da banda no Infravermelho Próximo;

VP: Valor de reflectância da banda no espectro vermelho.

2.7 Conforto térmico

Como a região na qual Martinópolis se encontra, possui duas estações bem definidas (quente e úmido na primavera/verão e ameno e seco no outono/inverno) (SANT'ANNA NETO e TOMMASELLI, 2009), o conforto térmico é afetado de forma diferente em cada estação, pois, habitualmente, apresentam temperaturas e umidades do ar distintas entre si. Sendo assim, os registros da temperatura e umidade relativa do ar foram realizados, preferencialmente, nos períodos que, historicamente, sujeitam à população a tipos de tempos que possam provocar altos níveis de desconforto térmico, sobretudo àqueles relacionados ao calor. Para avaliar o conforto térmico na área de estudo, foi utilizado o índice proposto por Thom (1959), por ser adaptado ao ambiente tropical e frequentemente utilizado em estudos brasileiros (FUNARI, 2006).

O índice de conforto térmico de Thom (1959) leva em consideração variáveis climáticas como temperatura e umidade relativa do ar, estabelecendo o índice de temperatura e umidade (THI) (equação 6)

$$THI = T_s - (0,55 - 0,0055 \times UR) \times (T_s - 14,5) \quad (6)$$

Onde:

Ts: Temperatura do ar de Bulbo Seco.

UR: Umidade relativa do ar.

Este procedimento tem sido aplicado por autores como Funari (2006), Gobo (2013), Pereira, Aleixo e Silva Neto (2016), dentre outros. Azevedo e Galvani (2011, p. 126) realçam que “esse é um procedimento simples que fornece um bom indicador das condições de conforto e desconforto das pessoas, tanto para o frio e calor quanto por umidade alta e baixa”.

2.7.1 Adequação das faixas de Conforto THI

Classificar e interpretar os índices de conforto térmico torna-se um desafio frente as particularidades locais de cada área de estudo. No caso desse trabalho é agravado ainda mais devido à ausência de estudos elaborados exclusivamente no Brasil, especialmente para o clima tropical continental. São vários os autores, Fante (2016), Gobo (2013), Funari (2006), dentre outros, que ressaltaram a importância de, mediante a análise do pesquisador, selecionar o índice mais adequado levando em consideração o clima local, regional e também a disponibilidade de equipamentos, recursos humanos e opinião dos moradores de cada área de estudo.

Isto posto, os equipamentos disponíveis para essa pesquisa, mostrados na sessão 3.2, registraram os dados de temperatura de bulbo seco (°C) e umidade relativa do ar (%), sendo esses elementos fundamentais para o cálculo do conforto térmico humano.

Aliado a isso, o índice THI de Thom (1959) tem apresentado como uma ferramenta coerente para os estudos no ambiente tropical. No entanto, é necessário selecionar uma forma de classificar seu resultado em uma faixa de conforto térmico representativa da realidade local.

No contexto brasileiro, o índice THI foi classificado por dois autores em seus estudos: Funari (2006), ao estudar a região metropolitana de São Paulo-SP, e Pereira, Aleixo e Silva Neto (2016) em seus estudos realizados em Tefé-AM (Quadro 1).

Quadro 1 - Faixas de conforto térmico (THI) a partir de autores brasileiros

Faixas de conforto: Furnari (2006) e Pereira, Aleixo e Silva Neto (2016).	
Valores THI	Faixas de conforto
≤ 5.9	Resfriamento Muito Elevado
6.0 a 8.9	Resfriamento Elevado
9.0 a 11.9	Frio
12.0 a 14.9	Desconforto ao Frio
15.0 a 17.9	Leve Desconforto ao Frio
18.0 a 20.9	Limite inferior da Zona de Conforto
21.0 a 23.9	Centro da Zona de Conforto
24.0 a 26.9	Limite Superior da Zona de Conforto

27.0 a 29.9	Leve Desconforto ao Calor
30.0 a 32.9	Desconforto ao Calor
≥ 33	Aquecimento Elevado

Fonte: Funari (2006) e Pereira, Aleixo e Silva Neto (2016).

Outra classificação de faixas de conforto a partir de THI utilizada no âmbito nacional e internacional é a de Besancenot (2001) (Quadro 2).

Quadro 2 - Faixas de conforto Besancenot (2001)

Valores THI	Faixas de conforto
≤ -40	Hiperclacial
-39.9 a -20	Glacial
-19.9 a - 10	Extremamente Frio
-9.9 a - 1.7	Muito Frio
-1.6 a 12.9	Frio
13 a 14.9	Fresco
15 a 19.9	Confortável
20 a 26.4	Quente
26.5 a 29.9	Muito Quente
30	Tórrido

Fonte: Besancenot (2001).

Ao observar os quadros 1 e 2, é possível identificar que apresentam amplitudes e variações distintas entre si. No quadro 2 há mais faixas em relação ao desconforto referente ao frio e se equipara ao quadro 1 com o desconforto térmico referente ao calor. Nota-se também que o quadro 2 mostra uma amplitude maior do índice THI em relação ao quadro 1. Porém, na classificação de Besancenot (2001), a faixa de conforto é mais restrita se comparado com a de Furnari (2006) e Pereira, Aleixo e Silva Neto (2016).

Embora a classificação das faixas de conforto definidas por Furnari (2006) e Pereira, Aleixo e Silva Neto (2016) tenha sido elaborada a partir de cidades brasileiras, quando comparada com as respostas obtidas e mediante a aplicação questionários

com moradores¹⁸ que residem na área de estudo contemplada por esse trabalho, o mesmo conseguiu compreender 24% no universo de análise¹⁹, ao passo que, em nenhum momento, a classificação THI apresentada no quadro 1 alcançou a sensação de forte desconforto ao calor, sensação essa frequentemente descrita por grande parcela dos moradores.

A partir do índice calculado através de registros horários obtido por meio dos pontos fixos, houve apenas um único registro enquadrado nessa faixa, diferenciando totalmente das respostas dos moradores.

Todavia, a classificação de Besancenot (2001), representada no quadro 2, respondeu de forma mais coerente com a realidade local, ao passo que, em 56% dos casos, as respostas dos moradores coincidiram com a classificação do autor, principalmente as ligadas ao desconforto em relação ao calor.

Isto posto, no intuito de melhor interpretar os dados obtidos a partir dos pontos fixos e assim proporcionar maior rigor metodológico para essa pesquisa, os índices THI de Thom (1959) calculados foram analisados mediante a classificação dos índices proposta por Besancenot (2001) apresentadas no quadro 2 e organizados em tabelas dinâmicas concomitantemente considerando os índices para o ambiente interno e externo nas residências estudadas.

2.8 Questionário sobre conforto térmico com moradores dos bairros CDHU

Foram selecionados episódios de estabilidade atmosférica entre os meses de agosto e dezembro de 2019, nos quais foram aplicados questionários²⁰ a respeito do conforto térmico nos bairros do CDHU estudados nesse trabalho.

O total de 62 questionários foram aplicados em três episódios: 14 de outubro de 2019 (às 9 horas), 13 de novembro de 2019 (às 18 horas) e 03 de dezembro de 2019 (às 16 horas)²¹, cada um em uma residência distinta, não havendo repetição.

A aplicação do questionário ocorreu no formato “porta em porta”, no qual foram selecionadas diversas residências aleatoriamente nos bairros estudados, sendo aplicado um questionário por residência, sempre com adultos maiores de 18 anos.

¹⁸ Ver item 3.8

¹⁹ Resultado foi alcançado ao comparar a classificação do índice com a resposta referente ao conforto térmico, assim foi feito uma porcentagem simples entre os as duas variáveis, os dados utilizados encontram-se no apêndice C.

²⁰ Apêndice A

²¹ Horário local (-3 GMT - Brasília).

No momento da aplicação do questionário foi feito registro da temperatura e umidade do ar local através do sensor Termo-Higrômetro²². O sensor foi fixado na ponta de uma haste plástica com 30cm, evitando a interferência da temperatura corporal do pesquisador, sendo realizada entre 1,60m e 1,65m acima do solo, sempre o mais próximo possível do local onde foi aplicado cada questionário, majoritariamente feitos na via de passeio público.

Além das respostas concedidas pelos moradores e dos dados de temperatura e umidade relativa do ar, foi feito o registro das vestimentas do morador no momento da aplicação, priorizando aqueles com 0,05 a 0,5 *Clo*²³, de acordo com Gobo (2018).

O questionário abordou os seguintes aspectos: idade, altura, sexo, peso, sensação em relação a temperatura atual, predileção térmica em relação a temperatura atual e locais que sentem mais desconforto térmico (em casa ou fora de casa).

2.9 Questionário sobre o conforto térmico interno em residências localizadas no ambiente urbano.

Ao longo do mês de novembro de 2019 foram aplicados seis questionários com voluntários em três residências, sendo duas delas em bairros do CDHU (pontos 3 e 5) e na residência em bairro de classe média (ponto 2).

O mês de novembro foi escolhido por contemplar o fim da primavera, período no qual a região em que a área de estudos se encontra apresenta altas temperaturas. De acordo com Sant'Anna Neto e Tommaselli (2009), novembro é um dos meses mais quentes do ano. Portanto considerou-se como o período ideal para fazer estudos de conforto térmico em relação ao calor.

A aplicação do questionário teve como objetivo investigar o conforto térmico durante o período de repouso dos moradores, uma vez que, dessa forma, foi possível reduzir as variáveis que interferem no conforto térmico, além de mostrar que a temperatura pode interferir na qualidade do sono das pessoas.

Os moradores foram orientados a responder o questionário diariamente logo que despertassem pela manhã. Indagados pela questão sobre “como sentiu que estava a temperatura do quarto que dormiu”, as respostas eram de múltipla escolha e variaram na seguinte escala:

²² O mesmo equipamento utilizado nos transectos móveis descritos na sessão.

²³ *Clo* – Unidade de medida descrita na ISO 9920 (2007).

- Muito Frio
- Frio
- Pouco Frio
- Nem frio nem calor
- Pouco Calor
- Calor
- Muito calor.

Além disso, os moradores responderam se, “naquela noite”, haviam perdido o sono exclusivamente por causa do frio ou por causa do calor.

2.10 Análise rítmica.

A partir da concepção da sucessão habitual dos tipos de tempo proposta por Sorre (1951), Monteiro (1971), ao adotar em seus estudos a perspectiva da climatologia dinâmica, em oposição a meteorologia estática de Hanm (1882), propõe nova forma de investigar o comportamento atmosférico ao abandonar o uso exclusivo dos valores médios. Desse modo, propõe a análise rítmica permitindo identificar os tipos de tempo atuantes de forma individual ao longo de uma série histórica, sua frequência e comportamento, distanciando dos valores médios, trazendo precisão diária e até mesmo horária para análise. Nas palavras de Amorim, (2017, p. 33),

“[...] as técnicas ligadas à dinâmica climática que levam em consideração a gênese do clima são capazes de explicar as diversidades climáticas existentes não apenas para se compreender a intensidade e magnitude das ilhas de calor, mas também da superfície da terra”.

Assim, a análise rítmica é comumente expressa em gráficos com elementos como: temperatura do ar, pressão atmosférica, umidade relativa de ar, direção dos ventos, velocidade dos ventos, nebulosidade, precipitação e sistemas atmosféricos atuantes (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, (2007).

Na presente dissertação, a análise rítmica foi utilizada como ferramenta que permite a identificação dos sistemas atmosféricos atuantes associando com as ICU e o conforto térmico.

A elaboração dos gráficos de análise rítmica se deu a partir dos dados meteorológicos obtidos gratuitamente juntos ao Instituto Nacional de Meteorologia

(INMET), por meio da estação automática de Presidente Prudente localizada na mesma região climática que Martinópolis se encontra, e da estação da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), situada no mesmo local da estação do INMET, no intuito de complementar os dados de direção dos ventos.

Os gráficos de análise rítmica utilizados nesse trabalho foram organizados no *Excel* apresentando os seguintes dados: pressão atmosférica às 9h²⁴ (*hecto Pascal*), umidade relativa do ar às 9h (em porcentagem (%)), temperatura máxima do ar (°C), temperatura mínima do ar (°C), temperatura do ar às 9h (°C), precipitação (mm) acumulada (0h às 23h), direção predominante dos ventos entre 0h às 23h (em graus azimute), velocidade média das rajadas dos ventos entre 0h às 23h (m/s), nebulosidade predominante e sistema atmosférico atuante.

A interpretação dos dados foi feita com auxílio das Cartas Sinóticas disponibilizadas pela Marinha do Brasil, imagens do Satélite GOES 16 e boletins meteorológicos do Centro de Previsões de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), à luz da bibliografia referente ao tema.

²⁴ Horário local (Brasília – DF: -3 GMT).

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Clima Urbano

O estudo sistematizado do clima urbano remonta ao século XVIII, durante revolução industrial, por meio dos trabalhos de Howard (1818) com a obra *The Climate of London*. Tal obra já apontava a capacidade que a urbanização tem em alterar a dinâmica do clima local, principalmente, no que compete ao aumento da poluição e temperatura do ar.

Além de obra de Howard (1818), que contemplou a cidade de Londres (Inglaterra), o meteorologista Émien Renou (1863), também encontrou diferenças térmicas, sob mesma condição de tempo e altitude, na cidade de Paris entre as áreas mais e menos habitadas (FERNÁNDEZ GARCÍA, 1991).

No Brasil, Monteiro (1976) influenciado pela Teoria Geral dos Sistemas (TGS) de Bertalanffy (1901) desenvolveu a proposta teórica e metodológica do Sistema Clima Urbano (SCU), que passou a ser utilizada amplamente na Geografia Física brasileira na interpretação do clima urbano, até os dias atuais, abordando o conceito de clima associado com os múltiplos agentes (antrópicos e naturais), que moldam e exercem influência entre si.

Nesse sentido, segundo Monteiro, (1976, p.116) “O clima urbano é o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”, ou seja, apresenta características do clima regional ao qual está inserido acrescido da interferência humana provocada a partir de suas atividades, ao passo que,

[...] a natureza urbana do SCU implica em condições especiais de dinamismo interno consoante ao processo evolutivo do crescimento e desenvolvimento urbano, uma vez que várias tendências ou expressões formais de estrutura se sucedem ao longo do processo de urbanização (MONTEIRO, 1976, p. 125).

Portanto, a perspectiva teórica SCU proposta por Monteiro (1976) possibilita a investigação do clima de forma articulada entre os elementos sociais, ambientais e econômicos e seus impactos causados na cidade. Segundo Ugeda Júnior (2011, p. 67) “[...] acredita-se que as alterações climáticas que configuram o clima urbano

surgem devido à forma como a cidade é construída, e mais ainda, devido aos interesses econômicos por traz do avanço das cidades”.

São várias as formas em que o modo de vida da sociedade urbana interfere no clima local. Muitas vezes os problemas causados por essas alterações são ligados à falta de planejamento urbano, ao planejamento inadequado ou ainda ao planejamento que atende apenas aos interesses do setor imobiliário (AMORIM, 2000). Todavia, a própria retirada de vegetação nativa e introdução de construções já causam alterações nas trocas de energia do meio ambiente. Nas palavras de Amorim (2000, p. 25) “a cidade modifica o balanço energético, o balanço hidrológico, o relevo e a estrutura química da atmosfera. O modo de viver do Homem interfere de forma significativa no sistema clima urbano, recriando-o totalmente”. Desse modo,

[...] a presença de superfícies impermeáveis acelera o escoamento da água que estaria disponível para evaporação e a radiação solar absorvida é rapidamente convertida em calor, elevando sua temperatura, e conseqüentemente, a de seu entorno. Além disso, as edificações propiciam o armazenamento de radiação de ondas curtas pela incidência solar direta e por meio de múltiplas reflexões sofridas pelos raios solares ao encontrarem as superfícies das edificações, o que favorece o aumento de energia solar absorvida (BARBOSA, 2009, p. 12).

Logo, Mendonça (1994, p. 7) atesta que,

Sendo o clima um dos elementos de primeira ordem a compor a paisagem geográfica, nas cidades ele é resultante da interação entre os componentes da dinâmica atmosférica zonal, regional e local e os do espaço urbano-rural construído. O clima urbano é então derivado das seguintes principais alterações no ambiente natural: retirada da cobertura vegetal, introdução de novas formas de relevo, concentração de edificações, concentração de equipamentos e pessoas, impermeabilização do solo, canalização do escoamento superficial, rugosidade da superfície, lançamento concentrado e acumulação de partículas e gases na atmosfera, e produção de energia artificial.

Embora o modo de vida das sociedades modernas influencie diretamente no clima urbano, fatores naturais como orientação das vertentes, localização, altitude, declividade, dentre outras características naturais, exercem influência no microclima local e precisam ser levados em consideração juntamente com os fatores antrópicos (LANDSBERG, 1956). Nesse sentido, o autor salienta que algumas anomalias, na escala local, aconteceriam mesmo sem a introdução de um modo de vida social e urbano devido as próprias características naturais, tanto agravando quanto amenizando as condições relacionadas ao clima. No entanto,

[...] deve-se reconhecer também, que a existência de um clima urbano específico não é, necessariamente negativa ou elemento capaz de causar queda na qualidade ambiental e da vida da população. Sob certas condições climáticas como as polares, temperadas, desérticas, ou seja, sob condições climáticas severas, alterações intencionais causadas pela construção da cidade podem minimizar os impactos causados à qualidade de vida. [...] Contudo, todas essas modificações devem ocorrer a partir de uma intencionalidade e de um planejamento e gestão urbana adequada (UGEDA JÚNIOR, 2011 p.67).

Já no que diz respeito sobre a realidade brasileira Ugeda Júnior (2011, p. 67 – 68) aponta que,

[...] No Brasil, a existência do clima urbano, representa problemas à qualidade de vida da população. Isso porque, as alterações climáticas observadas nas cidades brasileiras não são intencionais, principalmente, devido ao fato de que o planejamento urbano no Brasil historicamente não é realizado a partir de premissas sociais, econômicas e ambientais, e sim, quase que exclusivamente, a partir de premissas econômicas. Sendo que, de modo geral, as cidades crescem sem levar em consideração as características do meio, ao qual, estão inseridas, o que acaba por levar a queda na qualidade ambiental.

Essas considerações reforçam que o estudo da climatologia em cidades brasileiras, independentemente do seu porte, é urgente, amplo e deve levar em consideração a realidade local de cada cidade estudada.

Frente à necessidade de reflexão sobre o ambiente urbano, que apresenta características de desigualdade e algumas limitações das propostas teórico-metodológicas do fim do século XX, Sant'Anna Neto (2001) propõe o paradigma da Geografia do clima, com o objetivo de compreender como as alterações ambientais acontecem em diferentes espaços urbanos no modo de produção capitalista. Nesse sentido o autor afirma que,

O modo de produção capitalista territorializa distintas formas de uso e ocupação do espaço definidas por uma lógica que não coincide com os critérios técnicos do desenvolvimento [...] sustentável. Assim, o efeito dos tipos de tempo sobre o espaço construído de maneira desigual gera problemas de origem climática, também desiguais (SANT'ANNA NETO, 2008, p. 61).

Assim sendo, o clima urbano é alterado em diversas esferas, desde a temperatura do ar, poluição, escoamento superficial da água da chuva, bem como a própria produção desigual do espaço, que coloca, em determinadas áreas, sobretudo as mais pobres, a população local sob condição de comprometimento do conforto térmico, alterando o clima local sem levar em consideração suas particularidades.

Isto posto, é por meio da obra de Monteiro (1976), que, ao propor SCU, estabeleceu três subsistemas que avaliam o impacto da ação humana no clima urbano, sendo eles o Termodinâmico; o Físico-Químico e o Hidrometeorológico (Quadro 3).

Quadro 3 - Subsistemas do SCU

Caracterização	Subsistemas do Sistema Clima Urbano		
	I - Termo Dinâmico (Conforto Térmico)	II - Físico-químico (Qualidade do ar)	III – Hidrometeorológico (Impacto Meteorológico)
Fonte	Atmosfera Radiação Circulação horizontal	Atividade urbana Veículos auto-motores Indústrias Obras-Limpeza	Atmosfera Estados especiais (Desvios rítmicos)
Trânsito no Sistema	Intercâmbio de operador e operando	De operando ao operando	Do operador ao operando
Mecanismo de ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação Núcleo ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódico (eventual)
Observação	Meteorológica especial (T. de campo)	Sanitária e Meteorológica especial	Meteorológica Hidrológica (T. de campo)
Correlações Disciplinares e tecnológicas	Bioclimatologia Arquitetura Urbanismo	Engenharia Sanitária	Engenharia sanitária e infraestrutura urbana
Produtos	“Ilha de Calor” Ventilação Aumento de precipitação	Poluição do ar	Ataques à Integridade Urbana
Efeitos Diretos	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários Doenças respiratórias, oftalmológicas, etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana.
Reciclagem Adaptativa	Controle do uso do solo Tecnologia de conforto Habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infraestrutura urbana e regularização fluvial. Uso do solo
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

Fonte: Adaptado de Monteiro (1976).

Assim, as alterações provocadas pelo modo de vida dos cidadãos podem ser sentidas em diversas escalas, desde a habitação (microclima), até mesmo na escala da camada urbana como um todo. Uma vez que cidades de pequeno porte raramente contam com fontes poluidoras potenciais ou verticalização excessiva, no ambiente tropical, as ilhas de calor em cidades pequenas atuam causando aumento na temperatura e diminuição na umidade relativa do ar, interferindo diretamente no conforto térmico (TEIXEIRA, 2015). Dessa forma a pesquisa em questão tem o foco voltado para o canal termodinâmico, ligado ao conforto térmico.

3.2 Ilha de calor urbano

O subsistema termodinâmico, a partir da proposta SCU, permite que o olhar do pesquisador se volte para as variáveis ambientais ligadas, principalmente, a temperatura, a umidade do ar e a velocidade do vento, contribuindo diretamente para o estudo do clima urbano e do microclima, de modo que, nas cidades, devido a ocupação desigual do espaço, o uso de diferentes materiais construtivos e distintas formas de atenção da natureza, resultam na formação da ilha de calor urbano (ICU) que caracteriza-se como um fenômeno capaz de provocar alterações perceptíveis a partir do subsistema termodinâmico.

A ICU proporciona aumento da temperatura do ar, queda na umidade relativa e, no caso de grandes centros urbanos, aumento da concentração de poluição em uma localidade, diferenciando-a dos arredores próximos. Oke (1987), descreveu ICU como o excesso de calor antropogênico, presente nas áreas urbanas, juntamente com as características ambientais e meteorológicas. Há, portanto, o aquecimento do ar, tornando-o diferente do ambiente rural próximo, ou seja, uma anomalia térmica.

Amorim *et al.* (2009, p. 2), descreveu ilha de calor como uma:

[...] cúpula de ar quente que cobre a cidade [...] é a manifestação do aumento das temperaturas causado por características físicas [...] e as atividades urbanas. [...] A ICU é essencialmente definida pela diferença de temperatura entre a área central da cidade e do ambiente rural ou zonas periféricas com baixa densidade de construções.

Fernández Garcia (1996) classifica as ilhas de calor através de sua intensidade e magnitude a partir da diferença térmica entre o ambiente urbano e o rural próximo. Nesse sentido, a magnitude fraca ocorre quando a intensidade da diferença térmica entre o urbano e o rural próximo está entre 0°C e 2°C; a magnitude média ocorre quando a diferença varia entre 2°C e 4°C, a magnitude forte quando essa diferença fica entre 4°C e 6°C e a magnitude muito forte ocorre quando a diferença ultrapassa os 6°C.

Devido ao aumento de temperatura, a ICU é um dos principais fatores responsáveis por provocar comprometimento no conforto térmico em áreas urbanas. Nucci (1999) ressalta que a ICU altera a qualidade ambiental urbana e gerando problemas no bem-estar dos cidadãos e, além disso, Gartland (2010), alerta que ICU provoca também problemas econômicos,

[...] ao aumentar a demanda de energia, ao despender maiores esforços para construção e manutenção de infraestruturas, para gerenciar enchentes e para disposição de resíduos. Além disso, as técnicas construtivas insustentáveis que promovem as ilhas de calor tendem a não ser atraentes, chamativas ou saudáveis para a flora e fauna urbanas (GARTLAND, 2010, p. 11).

Já, segundo Amorim (2010, p. 73),

Além das temperaturas mais elevadas, as ilhas de calor propiciam a circulação do ar na cidade que favorece a concentração de poluentes. As diferenças nas temperaturas provocam diferenças nas pressões, pois na escala local do clima, temperaturas maiores resultam em menores pressões e, conseqüentemente, o ar do entorno mais frio desloca-se para os lugares mais quentes. Nesse percurso, caso haja fontes emissoras de poluição no ar, tais poluentes são carreados para os lugares mais quentes, podendo resultar em problemas de saúde nas pessoas que respiram esse ar.

Todavia, Ugeda Júnior (2011, p. 79) alerta que a ICU apresenta distribuição temporal e espacial ao afirmar que,

[...] sendo que sua origem está na eficiência que os materiais construtivos utilizados na cidade têm em reter calor, e principalmente, na alteração do ritmo natural de ganho e perda de calor. Fatos que, garante a determinados setores da cidade conservar o calor adquirido, em períodos nos quais normalmente esses setores estariam menos aquecidos, como por exemplo, o período noturno.

Ao provocar aquecimento na temperatura do ar, nas baixas e médias latitudes, as ICU propiciam problemas ligados à saúde, além de problemas ambientais e econômicos ao despender mais energia para que ocorra a climatização artificial nos ambientes fechados. Em contrapartida, nas altas latitudes, durante o período de baixas temperaturas, as ICU podem agir como atenuadoras em relação ao frio, exigindo menos energia para aquecer os ambientes internos (GARTLAND, 2010).

Ao longo do século XX foram vários os estudos que identificaram alguma anomalia relacionada a temperatura do ar em ambientes urbanos. Além dos estudos de Emilen Renou (1863) e Howard (1818), já mencionados, Schmidt (1929) identificou alterações na temperatura a partir de medições itinerantes na cidade de Viena (Áustria).

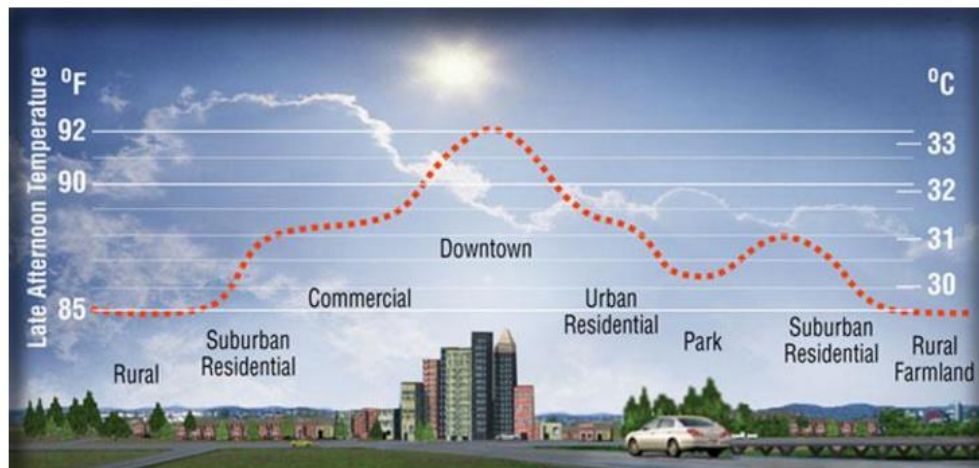
Chandler (1965), baseado nos estudos de Howard (1818), também investigou a cidade de Londres, discutindo as mudanças que a cidade causa no clima a partir de sua urbanização. Essa investigação se destaca por ser uma das pioneiras ao levar em consideração a alteração no padrão de ventilação e umidade do ar em sua análise (MONTEIRO, 1976).

A partir da obra “*Das Stadtklima*” (KRATZER, 1956) o autor acusa em seus estudos diferenças térmicas em distintos ambientes urbanos em cidades alemãs. Influenciado por seus estudos, outros autores também identificaram um fenômeno parecido em outras cidades do país como: Ruhr (STOCK E BECKRÖGE, 1983); Freiburg (NÜBLER, 1979; GROSS, 1988; ERNST, 1995); Bayer (MAYER, 1988).

A obra clássica *The Urban Climates* (LANDSBERG, 1981) propõe métodos sistematizados, por meio de modelos e técnicas estatísticas, que contribuíram nos estudos do clima urbano, permitindo a organização dos dados e comparação entre áreas distintas entre si.

Nessa perspectiva, Oke (1978) em *Boundary Layer Climates* discute a capacidade de aquecimento do ambiente urbano e sua interferência na atmosfera. Os estudos do autor apresentam o “Perfil clássico das ilhas de calor”, de modo que, ao contar com maior adensamento populacional, alto tráfego de veículos, concentração de serviços e menor índice de vegetação, o centro da cidade seria mais aquecido que a periferia, bem como o entorno rural próximo (Figura 6).

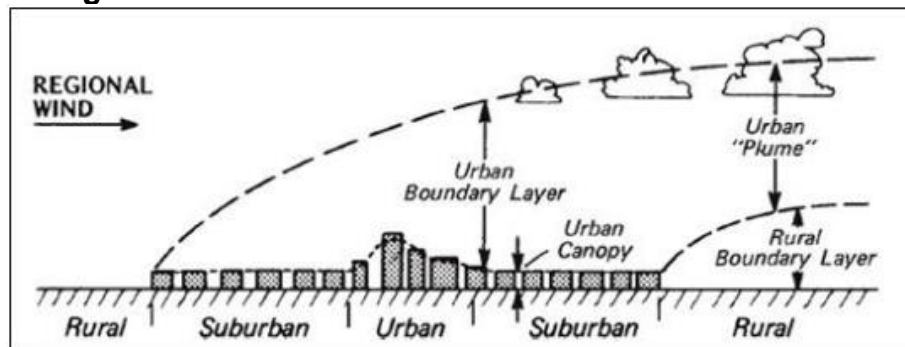
Figura 6 - Esquema representativo do Perfil clássico da ilha de calor



Fonte: Disponível em <<https://heatiland.lbl.gov/>>. Acessado em: 11 ago. 2020.

Desse modo, para Oke (1978), as alterações climáticas decorrentes da urbanização se manifestam por meio de duas camadas que encobrem a atmosfera da cidade, sendo elas: *Urban Canopy layer* (camada do dossel urbano) e a *Urban boundary layer* (camada limite urbana) como é mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Camadas de influência da ilha de calor



Fonte: Oke (1978, p. 274).

Assim sendo, a camada mais próxima do nível no qual se encontra as pessoas é a camada do dossel urbano, pois situa-se na escala do microclima entre o solo e o nível médio dos telhados. Esse microclima se origina a partir dos diversos materiais construtivos, da forma e função urbana, e dependendo da organização espacial, pode provocar “canyons” entre as edificações e costuma apresentar maior aquecimento que o entorno próximo dependendo das condições da atmosfera regional (OKE, 1978; AMORIM, 2000, 2020; UGEDA JUNIOR, 2011).

Isto posto, cabe destacar que,

[...] as ilhas de calor não se restringem às diferenças de temperatura entre o urbano e o rural, mas também decorrem das diferenças intraurbanas existentes, oriundas dos diferentes usos e coberturas da terra, da vegetação, do relevo, da geometria e densidade de edificações, dos tipos de materiais construtivos e do fluxo de calor gerado pelas atividades humanas (AMORIM, 2017, p. 46).

Com o advento da tecnologia através de imageamento por satélites, observa-se ainda um terceiro tipo de ilha de calor, essa identificada a partir de temperatura dos alvos na superfície terrestre, denominada Ilha de calor superficial (OKE *et al.*, 2017).

Os primeiros trabalhos que abordaram essa forma de ilha de calor são atribuídos a MATSON *et al.* (1978), Kidder; WU, (1987) e GALO *et al.* (1993), empreendidos por meio de imagens do satélite *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), de acordo com Amorim (2017).

A principal vantagem em utilizar as imagens de satélite na identificação de ilhas de calor superficial consiste na visualização da diferença de temperatura em grandes áreas, permitindo que sirva como parâmetros de comparação com a temperatura do ar. Não obstante, a temperatura de superfície não está relacionada diretamente à temperatura do ar, mas cabe ao pesquisador estabelecer relações entre

as características térmicas dos elementos da superfície e a temperatura do ar (AMORIM, 2020; UGEDA JUNIOR, 2011).

Assim sendo, o fenômeno Ilha de calor urbano foi identificado e priorizou os grandes centros urbanos durante boa parte do século XX. Todavia, a partir da década de 1990, o fenômeno pôde ser observado em cidades de pequeno e médio porte, em ambientes tropicais, como mostrado no trabalho de Pitton (1997).

Pitton (1997) analisou o clima urbano de quatro cidades localizadas no Estado de São Paulo: Araras, Cordeirópolis, Rio Claro e Santa Gertrudes, sendo essas cidades de pequeno e médio porte que já apresentavam diferenças no balanço energético e, assim, um clima com características próprias e diferentes do rural próximo.

Amorim (2000), ao investigar a cidade de Presidente Prudente/SP, encontrou tanto diferenças intraurbanas na temperatura do ar, quanto na umidade relativa, atestando a existência de um clima urbano específico daquela cidade.

Fialho (2009) ao estudar Viçosa/MG concluiu que, mesmo sendo uma cidade de pequeno porte, é possível identificar a existência de ilhas de calor noturna.

Ugeda Junior (2011) também estudou uma cidade de pequeno porte (Jales/SP). Em seus estudos, o autor utilizou de técnicas mais recentes de identificação de ilhas de calor e, em todas elas, foi constatado alteração no ambiente urbano alcançando até 10°C de intensidade sob condições de estabilidade atmosférica.

Teixeira (2015), ao estudar a cidade de Rancharia/SP, também de pequeno porte, constatou que áreas com maiores densidades construtivas apresentaram maiores intensidades de ilhas de calor, ao passo que, as características construtivas e quantidade de vegetação foram determinantes em seus resultados, uma vez que a orientação das vertentes não interferiu nos resultados devido à baixa declividade.

A partir da evidência que cidades de pequeno porte apresentam ilhas de calor até mesmo com intensidades altas e forte magnitude, a demanda por estudos nessas cidades tem aumentado nos últimos anos. Devido a esse fator, Amorim (2017), em sua tese de livre docência intitulada “Teoria e Método Para o Estudo das Ilhas de Calor em Cidades Tropicais de Pequeno e Médio Porte”, buscou sistematizar as metodologias mais comuns e recentes utilizadas na identificação de ilhas de calor e, a partir de vários autores e de seus próprios estudos, propõe métodos sistematizados para que ocorra esse diagnóstico. A autora ainda destacou que cada realidade local

deve ser levada em consideração, ao passo que, em alguns casos, é necessária nos métodos utilizados.

Contudo, é possível considerar que as Ilhas de calor têm sido diagnosticada em ambientes urbanos independentemente de seu tamanho, e ainda pode agravar ou comprometer de diversas maneiras a qualidade de vida dos cidadãos. Além disso, a vasta bibliografia referente ao tema aponta que, quanto maior é o adensamento populacional e a retirada de cobertura vegetal, mais grave tende a ser os problemas.

Isto posto, fica claro que os empreendimentos habitacionais de larga escala, que não consideram a realidade climática local, priorizando aspectos e ganhos econômicos, promovem impermeabilização generalizada do solo e retirada da vegetação, são, portanto, facilitadores na formação de ilhas de calor nas cidades de todos os tamanhos.

3.3 Conforto Térmico

Desde muito antes da organização dita “civilizada”, a relação do ser humano com o conforto térmico, assim como ocorre com o clima, principalmente após a revolução agrícola, foi fator importante para escolha dos pontos de fixação, deixando para trás a vida nômade como caçadores-coletores. Isso porque, na medida em que o conforto térmico esteve associado à proteção da vida, sobretudo em relação ao frio, grutas e cavernas serviam de abrigo contra eventos atmosféricos extremos e a perda de calor durante as noites frias (DIAMOND, 2013).

Embora o fogo fosse usado pelos aborígenes há 40.000 anos, durante o Paleolítico Superior, para moldar a paisagem e, com isso, conseguir mais alimentos e proteção frente a outros animais, a manipulação do fogo foi fator caro para a preservação da vida antes mesmo desse período, durante o período Paleolítico Inferior, devido a capacidade de aquecimento no entorno próximo (DIAMOND, 2013).

O domínio do fogo e a capacidade de selecionar ambientes termicamente estáveis possibilitou que o desconforto ao frio extremo fosse superado pelo homem primitivo, podendo assim se manter aquecido, ressaltando a importância para o ser humano de se manter termicamente confortável.

Já no início do século XX, vários autores como American Society of Heating and Air Conditioning Engineers (1997) e Tromp (1980) iniciaram, de forma

sistematizada, os estudos sobre o conforto térmico do ser humano e sua capacidade de sobrevivência frente as adversidades atmosféricas. Esse campo do conhecimento é denominado Bioclimatologia que, por sua vez, contempla as pesquisas que envolvem as relações entre os elementos climáticos, a saúde e o bem-estar do ser humano.

Jendritzky (1993, p.733) afirma que,

O conhecimento bioclimatológico pode servir para avaliar o ambiente atmosférico, podendo também ser útil no campo do planejamento de prevenção, para conservar e desenvolver o clima como um recurso natural que toma em consideração a saúde, o bem-estar e o desempenho dos indivíduos.

Galvani (2004) destaca a necessidade do trabalho multidisciplinar na bioclimatologia, uma vez que há diversos aspectos distintos a serem levados em consideração, tais como: meteorológico, atmosférico, fisiológico, biológico, comportamental, social, dentre outros.

Assim, os primeiros estudos realizados encaravam o clima de determinada porção do território, como fator condicionante para o tipo de doenças e aspectos negativos daquela população (ALVES, 2008). Além do mais, sob a influência do determinismo geográfico, o meio físico também influenciaria na capacidade de desenvolvimento dos povos, sendo uma relação de causa e efeito frente ao clima que estavam submetidos. Com o avanço das pesquisas em aspectos sociais e biológicos, entendeu-se que essa relação causa e efeito não apresenta coerência sustentável, de tal forma que Sorre (1984), mostrou que a relação entre meio físico e doenças não se explicava unicamente pelos fatores climáticos, mesmo influenciando diretamente nos hábitos, nos aspectos sociais e nos individuais.

Logo, desde o início da revolução industrial e a crescente demanda pelo modo de vida urbano, as condições atmosféricas locais, bem como o aumento significativo do tempo despendido em ambientes internos, exercem necessidade de adaptação muito mais rápida do que a natural do ser humano Pietrobon *et al*, (1994). Nesse sentido, a grande variação de temperatura entre diversos ambientes frequentados pelas pessoas impõe a necessidade de superar, através da técnica, as adversidades ligadas ao conforto térmico.

Sendo assim, o estudo do tema, mesmo com seu início determinista, sempre esteve associado a capacidade de proporcionar bem-estar e saúde dos indivíduos, uma vez que humanos, em condições térmicas favoráveis, ficam aptos a produzirem

mais, aumentando sua eficiência. Exemplo disso foi o estudo de Haldane (1905) *apud* Pietrobon et al, (1994. p.12), no qual buscou diagnosticar o *stress* térmico baseado nas condições de trabalho nas minas em Cornwall (Inglaterra). Seus estudos concluíram que, sob condições de *stress* térmico por um longo período, o desempenho dos trabalhadores foi drasticamente reduzido.

Diante disso, cabe ressaltar que, de acordo com Escorrou (1988), o conceito de *stress* térmico não é bem definido, podendo esse ser uma sensação na qual o indivíduo experimenta a ativação de todos os sistemas corporais, o que pode acarretar na redução da capacidade de tomar decisões, praticar atividades e provocar alterações de personalidade (humor), podendo levar a problemas de saúde, tais como: acidentes vasculares, cardíacos, carcinomas, dentre outros problemas.

Todavia, mesmo nos dias atuais, o conceito de conforto térmico apresenta diversas definições mediante a necessidade de cada linha de pesquisa e seus respectivos autores. Por outro lado, em certa medida, há o consenso de que o conforto térmico é atingido quando o indivíduo se sente bem em relação a condição atmosférica que está submetido, ou seja, a situação oposta ao *stress* térmico. Nesse sentido, Fante (2019), ao realizar uma revisão bibliográfica a respeito do tema, tanto em nível nacional como internacional, atestou que o bem-estar do indivíduo, em relação ao clima, é uma das condições principais para se obter o conforto térmico saudável.

Fernández Garcia (1996), considera que o conforto térmico é atingido quando ocorre equilíbrio entre a perda e ganho de energia entre o corpo e o meio no qual a pessoa se encontra. Gobo (2013, p.14) também segue a mesma linha teórica atestando que “o conforto térmico em um determinado ambiente pode ser definido como a sensação de bem-estar experimentada por uma pessoa”. Neste mesmo sentido, Asharae (1992), dentre outros autores, utilizam-se dessa concepção para sistematizar seus estudos.

De acordo com Frota e Schifer (2003, p. 19 - 20),

O homem é um animal homeotérmico. Seu organismo é mantido a uma temperatura interna sensivelmente constante. Essa temperatura é da ordem de 37°C, com limites muito estreitos – entre 36,1 e 37,2°C -, sendo 32°C o limite inferior e 42°C o limite superior para sobrevivência, em estado de enfermidade. [...] O organismo, através do metabolismo, adquire energia. Cerca de 20% dessa energia é transformada em potencialidade de trabalho. Então, termodinamicamente falando, a “máquina humana” tem um rendimento muito baixo. A parcela restante, cerca de 80%, se transforma em calor, que deve ser dissipado para o organismo seja mantido em equilíbrio. [...] O organismo humano experimenta sensação de conforto térmico quando

perde para o ambiente, sem recorrer a nenhum mecanismo de termorregulação, o calor produzido pelo metabolismo compatível com a sua atividade.

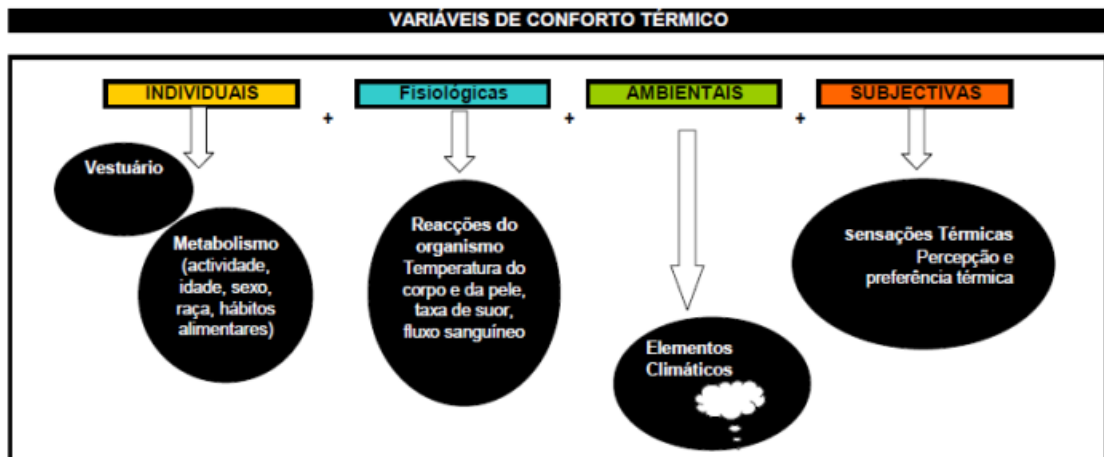
No entanto, Fanger (1970) define a condição supracitada como neutralidade térmica, sendo ela um fator facilitador para se atingir o conforto térmico. Não obstante, essa condição sozinha não é garantia de conforto térmico, visto que o indivíduo pode não estar satisfeito com a neutralidade, preferindo sentir calor ou frio, estar irritado ou insatisfeito, sendo obrigado ou se submetendo por vontade própria àquela condição. Logo, o conforto térmico necessita também de fatores psicológicos para ser alcançado.

Golden *et al.* (2008) e Monteiro e Alucci (2007) realçam que variáveis individuais (sexo, idade, massa corporal, predileção térmica, tempo de exposição, hábitos alimentares, dentre outras) e variáveis ambientais (vento, temperatura do ar, umidade relativa do ar) são essenciais para se compreender e mensurar o conforto térmico. Além disso, qualquer variável que interfira na capacidade de troca de calor entre o corpo humano e o meio ambiente pode interferir, agravando ou amenizando, o conforto térmico de cada um. Segundo Lamberts (2014) devido a capacidade de percepção do ser humano frente ao meio que está inserido, a sensação de conforto ou desconforto é individual.

3.4 Variáveis de conforto térmico humano.

Como mostra Carvalho (2006) (Figura 8), as variáveis condicionantes do conforto térmico são muitas. A autora as divide em quatro grupos sendo elas: individuais (características físicas); fisiológicas (caráter inconsciente e biológico); ambientais (condições da atmosfera) e subjetivas (da ordem da psique humana).

Figura 8 - Variáveis do conforto térmico



Fonte: Carvalho (2006, p. 54)

3.4.1 Variáveis Humanas (individuais, fisiológicas e subjetivas)

A variáveis humanas estão ligadas às condições fisiológicas, características individuais e subjetivas, sendo particulares de cada indivíduo, influenciadas pela cultura, sexo, idade, atividade desenvolvida, vestimenta, hábitos alimentares, idade, estado de saúde, capacidade de aclimação, gordura corporal, dentre outras.

Sendo o ser humano um animal homeotérmico, o metabolismo basal desempenha função fundamental no que tange a manutenção da temperatura corporal constante, sendo influenciado pela anatomia e fisiologia de cada um. Oliveira *et al.* (1995) sintetiza em oito o número das principais influências e causas das características individuais de cada um (Quadro 4).

Quadro 4 - Variáveis do conforto térmico humano

Variável	Causa
Idade	Pessoas mais velhas preferem ambientes mais aquecidos.
Sexo	Mulheres apresentem metabolismo menos acelerado que de homens, assim sente-se mais confortáveis em ambientes aquecidos.
Hábitos alimentares	Afetem o metabolismo de acordo com a dieta.
Forma do Corpo	O volume de superfície afeta a preferência térmica.
Gordura corporal	Mantém o aquecimento interno por mais tempo agindo como um isolante térmico.
Vestuário	Também funciona como isolante térmico, afetando as trocas térmicas.
Estado de saúde	Condições de saúde deficitárias alteram a temperatura corporal.
Aclimação	A capacidade do ser humano de se adaptar a condições diferentes altera seus hábitos e sensação em relação ao calor ou ao frio.

Fonte: Adaptado de Carvalho (2006).

Desta forma, Carvalho (2006) divide o fator metabolismo em dois principais processos fisiológicos: o primeiro ligado ao metabolismo basal, esse desempenhado mesmo durante o repouso, produzindo energia o suficiente para a manter os órgãos humanos funcionando, além de manter a temperatura adequada para a manutenção da vida; o segundo associado ao metabolismo mecânico, que se refere à produção de energia para desempenhar atividades físicas, como andar, correr, levantar peso, dentre qualquer outra atividade que necessite de força física.

Segundo Carvalho (2006, p.55), “O metabolismo pode ser expresso em W/m^2 de pele ou e Met , unidade do metabolismo cujo o valor unitário corresponde a uma pessoa relaxada”. De acordo com Koenigsberg (1997) cada atividade necessita de quantidades diferentes de energia metabólicas para serem desempenhadas (Quadro 5).

Quadro 5 - Energia metabólica média gasta por pessoas saudáveis

Atividade	Consumo em Watt (W)
Repouso/Dormindo	70 (mínimo)
Sentado, movimentos moderados	130 - 160
Em pé, trabalho leve	160 - 190
Sentado, com braços e pernas em movimento	190 - 230
Em pé, trabalho moderado, às vezes andando	220 - 290
Caminhando, levantando pesos moderados	290 - 410
Carregando pesos pesados	440 - 580
Trabalho pesado	580 - 700
Trabalho muito pesado (por 30 minutos)	1100 (máximo)

Fonte: Koenigsberger, 1977 *apud* Carvalho (2006, p. 56).

Isto posto, estudar a condição de conforto térmico durante o repouso é uma das formas de amenizar as muitas variáveis presentes que afetam a sensação em relação ao conforto térmico de cada um.

Além do metabolismo basal e mecânico, outro fator que influencia diretamente o conforto térmico do indivíduo é a quantidade de roupas que, ao funcionar como barreira térmica, pode alterar significativamente a sensação. De acordo com a ISO 7730, a resistência térmica fornecida pelas roupas possui unidade medida em *clo*. Quanto maior o índice, maior é a resistência, assim impedindo a troca de calor com o meio (Quadro 6).

Quadro 6 - Resistência térmica de vestimentas (ISO 7730 – 2005)

Vestimenta	Índice de resistência térmica – (clo)
Meias	0,02
Meia calça grossa	0,10
Meia calça fina	0,03
Calcinha e sutiã	0,03
Cueca	0,03
Cuecão longo	0,10
Camiseta de Baixo	0,09
Camiseta de baixo mangas compridas	0,12
Camiseta manga curta	0,15
Camiseta fina mangas compridas	0,20
Camiseta mangas compridas	0,25
Camiseta flanela manga comprida	0,30
Saia Fina	0,15
Saia grossa	0,25
Vestido leve manga curta	0,20
Vestido grosso manga comprida	0,40
Suéter	0,28
Jaqueta	0,30
Bermuda	0,06
Calça Fina	0,20
Calça média	0,25
Calça flanela	0,28
Botas	0,10
Sapatos	0,04

Fonte: Lamberts *et al.* (2005, p. 10).

Outro fator humano que cabe destaque devido a seu aparente consenso entre pesquisadores da área é a idade. Diversos autores como Costa (2003), Carvalho (2006) e Rodrigues (2015), apontam que as pessoas com idade mais avançada, devido à queda na taxa metabólica basal, tendem, em sua maioria, a preferir ambientes mais aquecidos.

Todavia, sendo o conforto térmico em essência uma sensação individual, não fica claro na literatura qual variável exerce maior influência na sensação de conforto ou desconforto em relação a temperatura em momentos de normalidade. Nikolopoulou e Seteemers (2003) atestam que variáveis psicológicas podem interferir em até 50%

na sensação de conforto. Nesse sentido Gobo (2018) salienta que, quando um período é mais quente ou mais frio do que a normal climatológica, as pessoas podem se sentir mais desconfortáveis, tanto para o frio quanto para o calor. Essa sensação, de acordo com Hoppe (1999), pode se agravar de acordo com o tempo de exposição a essa condição.

Contudo, quando se trata de variáveis humanas, em condições atmosféricas habituais, não é claro, tão pouco previsível, qual irá exercer maior influência no que tange ao conforto térmico de cada indivíduo. Porém, em situações de *stress* devido ao trabalho intenso, entende-se que o metabolismo fornecerá maior desconforto (variável humana/individual); já em situações de repouso, mas com temperaturas extremas, como durante uma onda de calor, serão as variáveis ambientais que exercerão maior influência.

3.4.2 Variáveis ambientais

As variáveis ambientais, assim como as humanas, mesmo que em condições semelhantes, podem interferir de maneiras diferentes nos grupos sociais que, devido a sua condição desigual de acesso a tecnologias que permitem superar as adversidades climáticas, são afetados de diferentes modos (TEXEIRA, ORTIZ PORANGABA, (2021). De qualquer forma, o fato é que qualquer ser vivo, inclusive os seres humanos, estão sujeitos às manifestações do meio ao qual se encontram (BESANCENOT, 2001). De acordo com Fante (2019), mesmo que as variáveis ambientais (elementos do clima) estejam interligadas, as que mais afetam diretamente o conforto térmico são: temperatura do ar, umidade, vento e radiação solar.

A variável ambiental mais básica e presente no dia-a-dia das pessoas, divulgadas em jornais de meteorologia e noticiários, é a temperatura do ar. Essa variável afeta diretamente o mecanismo termorregulador do ser humano forçando a produzir mais calor quando a temperatura do ar é inferior a temperatura basal, e a perder calor quando a temperatura do ar é superior a temperatura basal, em torno de 37°C, de acordo com Monteiro (2013).

Outra variável ambiental de grande relevância é a umidade do ar. A umidade relativa do ar mede a quantidade de vapor d'água disponível em um dado volume cúbico sob determinada pressão atmosférica medido em porcentagem (%), “[...] em ambientes com temperatura elevada a tendência é que haja uma diminuição na

quantidade de vapor d'água em detrimento da expansão da atmosférica" (Fante, 2019, p. 78).

O vento, ou deslocamento de ar no caso de ambientes internos, pode atuar como um atenuador no desconforto térmico frente ao calor, ou um agravante frente ao frio. Ao entrar em contato com a camada superior da pele (epiderme), o vento altera drasticamente as trocas calóricas do sujeito com o meio, acelerando a dissipação de calor produzido pelo corpo.

Já a radiação solar, assim com o vento, interfere diretamente sobre a pele, ao produzir calor radiante de forma aguda (no caso de ambientes externos), e pode aquecer o ambiente, afetando ainda mais aqueles que estão submetidos a ambientes fechados sem o projeto adequado, podendo chegar a altas temperaturas mesmo horas depois do pôr-do-sol, como mostrou Teobaldo Neto (2019).

3.5 Mecanismos de trocas térmicas

Embora as variáveis humanas e ambientais exerçam suas funções no que tange ao conforto térmico, são os mecanismos de trocas térmicas, também chamado de transferências térmicas, os responsáveis pelos ganhos e perdas de calor quando há dois corpos com temperaturas diferentes. As trocas térmicas acontecem quando um corpo mais aquecido cede calor para um corpo menos aquecido buscando o equilíbrio térmico (BESANCENOT, 2001, p.21). Nas palavras de Carvalho (2006, p. 51),

Os requisitos de equilíbrio térmico do organismo implicam na realização de uma série de processos, através dos quais realiza ganhos ou perdas de calor, entre o corpo e o ambiente. Deste modo, o balanço energético do corpo humano encontra-se dependente de trocas que podem ocorrer por condução, radiação, convecção e evaporação.

Assim, as trocas térmicas, que ocorrem a todo momento, desempenham distintos papéis no que compete a necessidade biológica do ser humano em manter o equilíbrio térmico, na medida que:

- A condução: ocorre através da dissipação de calor da parte mais aquecida de um corpo para outra menos aquecida, ou mesmo de um corpo aquecido para um outro corpo menos aquecido, de modo que o corpo com a temperatura mais alta transfere calor para o corpo com a

temperatura mais baixa através do contato físico (BESANCENOT, 2001).

- A radiação: Diferente da condução, a radiação ocorre sem o contato físico entre objetos e corpos próximos através da propagação de comprimentos de ondas longas ou curtas (infravermelho). Se tratando do corpo humano, as trocas

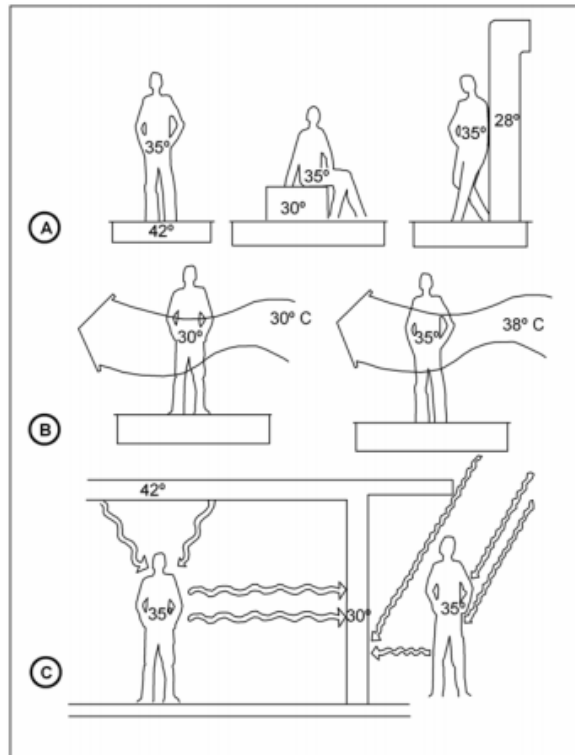
dependem das diferenças térmicas entre os corpos e o seu entorno, produzindo-se perdas se a temperatura do envolvente é inferior a 35°C e ganhos se as temperaturas são superiores” (GARCIA, 1995, p. 202).

- A convecção:

No caso do processo de convecção, as trocas realizam-se através da remoção do calor excessivo criado pelo corpo, ou seja, sempre que a temperatura do corpo é superior a do ambiente realiza-se essa transferência. Todavia, também pode acontecer, que o fluxo de calor seja realizado a partir do ar em direção ao corpo humano quando a temperatura do envolvente é superior à da pele” (CARVALHO, 2006, p. 52).

Na Figura 9 pode ser observado três formas de trocas de calor onde: A representa a troca térmica por condução; B troca térmica por convecção e C troca térmica por radiação.

Figura 9 - Modelo representativo das formas de trocas térmicas do ser humano com o ambiente ao seu entorno



Fonte: Gonzáles (1986) apud Carvalho (2006, p. 53)

Essas formas de trocas de calor são denominadas trocas secas. Existe ainda a troca úmida que ocorre por meio da evaporação e exerce significativa importância para a manutenção da temperatura do corpo humano, afetando, também, o conforto térmico. Considerando um ser humano saudável, a evaporação ocorre quando o corpo, utilizando os mecanismos de termorregulação, perde calor para o meio através da liberação de água pelos poros presentes na camada superior da pele ou da expiração liberada pelos pulmões (CARVALHO, 2006).

3.6 Mecanismos de termorregulação humana

O ser humano, um animal homeotérmico, requer que seu corpo se adapte frente à temperatura do ambiente ao qual se encontra e mantenha a temperatura interna constante e dentro de certos limites ($36,1^{\circ}\text{C}$ e $37,2^{\circ}\text{C}$) (FROTA E SCHIFFER, 2001, p.19). Fernández Garcia (1996) aponta que temperaturas internas superiores a 40°C podem causar lesões graves e até mesmo levar a pessoa ao estado de coma. Já a temperatura inferior a 32°C ultrapassa o limite que permite a sobrevivência da

pessoa (FROTA; SCHIFFER, 2001, p.19). Nesse sentido, esse mecanismo que regula a temperatura corporal pode ser dividido em dois: termorregulação ao calor e a termorregulação ao frio.

O mecanismo de termorregulação ao calor ocorre,

[...] Quando as perdas de calor são inferiores às necessárias para a manutenção de sua temperatura interna constante, o organismo reage por meio de seus mecanismos automáticos – sistema nervoso simpático -, proporcionando condições de trocas de calor mais intensa entre o organismo e o ambiente e reduzindo as combustões internas (FROTA; SCHIFFER, 2001, p. 20).

Em outras palavras, o corpo reduz a atividade metabólica e, em casos mais extremos, ativa os sistemas de trocas térmicas através da evaporação de modo que o mesmo possa perder calor para o ambiente com maior facilidade. Isso ocorre pelo aumento das secreções das glândulas sudoríferas, aumentando o resfriamento da camada superior da pele em contato com o ar (MONTEIRO, 2013). De acordo com Fernández Garcia (1996), a taxa de liberação de suor pela pele pode oscilar de 20gr/h e 3kg/h, dependendo do calor e da atividade desempenhada pela pessoa. Já segundo Lamberts (2014), o suor começa a ser liberado quando a temperatura interna do corpo é maior que 37°C. Quando os mecanismos de termorregulação não são suficientes para o corpo perder calor para o ambiente, a pessoa pode vir a ser acometida por fadiga, tontura, dores de cabeça, náuseas, vômitos, falta de ar, desordem mental e até mesmo apatia e irritabilidade (GOBO, 2013).

Já os mecanismos termorreguladores em relação ao frio, diferente dos mecanismos termorreguladores ao calor, ao invés de perder calor para o ambiente, seu objetivo é manter o calor produzido pelo corpo.

Quando as condições ambientais proporcionam perdas de calor do corpo além das necessárias para a manutenção de sua temperatura interna constante, o organismo reage por meio de seus mecanismos automáticos, [...] buscando reduzir as perdas e aumentar as combustões internas. A redução de trocas térmicas entre o indivíduo se faz através do aumento da resistência térmica da pele por meio da vasoconstrição, do arrepio, do tiritar (FROTA e SCHIFFER, 2001, p. 20).

A principal forma que o mecanismo de termorregulação ao frio possui é a vasoconstrição “[...] que consiste na contração da circulação sanguínea junto à pele, de modo a reduzir a sua temperatura e a torná-la num bom isolante que evite a perda contínua de calor” (CARVALHO, 2006, p. 53). Segundo Lamberts (2014), os mecanismos de regulação ao frio são ativados quando a temperatura do corpo está

menor do que a temperatura neutra, ao passo que, quando menor de 35°C ocorre a perda de eficiência, isto é, além da vasoconstrição, o corpo passa a tremer (tiritar) na intenção de produzir mais calor e, caso atinja temperatura inferior a 31°C, o indivíduo pode vir a falecer.

3.7 Índices de conforto térmico

No intuito de relacionar as inúmeras variáveis que interferem no conforto térmico humano, bem como encontrar faixas de conforto na qual a maioria das pessoas tende a se sentir confortável, são estabelecidos modelos matemáticos que buscam revelar se um ambiente é termicamente adequado. Atualmente existem diversas formas de obter essa resposta, através de Índices de conforto e desconforto, diagramas e modelos computacionais. O estabelecimento de índices é o método mais antigo utilizado para tratar do assunto. Nesse sentido Gobo (2013, p. 24) aponta que,

[...] Os primeiros esforços organizados para estabelecimento de índices de conforto térmico foram realizados nos Estados Unidos no período de 1913 a 1923. Desde então, e até hoje, esse assunto vem sendo estudado em diferentes partes do mundo. Para tanto, vários métodos para avaliação de conforto térmico têm sido propostos.

Assim sendo, a avaliação do conforto térmico pode ser representada de maneiras diferentes de acordo objetivo do pesquisado, seja com o uso de equações, que estabelecem as zonas de conforto, gráficos (diagramas) ou, mais recentemente, com a incorporação da tecnologia computacional, por meio de softwares como COMFORT (GADI, 2000) e o Ray Man, desenvolvido pelos pesquisadores A. Matzarakis e H. Mayer da universidade de Freiburg. No decorrer do tempo, foram realizados diversos estudos que envolvem a proposição de índices, calibração de índices pré-estabelecidos e elaboração de diagramas, tanto na literatura internacional quanto na nacional.

Bogo *et al.* (1994) classificou os índices de conforto térmico de acordo com o objetivo do pesquisador. Para os autores, os índices buscam encontrar, por meio do comportamento humano ante o ambiente térmico, qual é a faixa de conforto ideal para cada indivíduo. Os mesmos autores, ao citarem Scazatto (1988), apontam que os índices podem ser agrupados em três classes: índices térmicos e fisiológicos, que tem por finalidade medir o desgaste físico humano em determinadas condições de trabalho; índices subjetivos, que buscam estabelecer em quais condições climáticas

o indivíduo tende a se sentir mais confortável; e os índices psico-fisiológicos, que lançam mão de dados subjetivos, estabelecendo dados fisiológicos mensuráveis, o que permite a análise comparativa. Não obstante, Carfan (2011) divide os índices em duas categorias: os empíricos, que consideram a fisiologia humana, atividade e vestimenta; e os racionais, que trabalham com o fluxo de trocas térmicas de calor latente e sensível.

Devido a sua importância para a saúde e para o desempenho humano, o conforto térmico despertou o interesse de diferentes áreas do conhecimento, que, de acordo com cada especialidade, adaptou seus métodos e formas de obtenção de dados. Nesse sentido, ocorreu a elaboração de diferentes índices de conforto. Os estudos realizados por Fante (2019) levantaram um total de 44 índices (Quadro 7) de conforto/desconforto térmico, fisiológico, biofísico, subjetivos além de 53 equações, ao passo que, em alguns casos, um único índice apresentou mais de uma equação.

A autora alerta ainda que,

[...] em alguns casos foram encontrados problemas e discrepâncias entre referências bibliográficas, como por exemplo, situações em que os índices tinham as mesmas denominações, mas com equações diferentes, ou o contrário, mesmas equações, mas com denominações discrepantes. [...] O fato é que grande parte dos índices existem há mais de 50 e até 100 anos impediu a conferência e o contato direto com a bibliografia original e, portanto, acredita-se que estes índices foram modificados pouco a pouco a cada nova citação (FANTE, 2019, p. 102).

Quadro 7 - Índices de conforto/desconforto térmico mais utilizado na literatura

Índices de Conforto	Quantidade de equação encontrada por índice
Heat Stress Index (HSI) – Belding e Hatch (1955)	1
Índice de termômetro seco e de globo (WBGT) – Yaglou e Minard (1957)	2
Índice tensão fisiológica relativa	1
Índice PMV (<i>Predicted Mean Vote</i>) – Fanger (1972)	2
Índice PPD (<i>Predicted Percentage of Dissatisfied</i>) - Fanger	1
Índice de Tensão térmica – Givone (1962)	1
<i>Index termal Stress</i> (ITS) –Givone (1976)	2
Predict 4 hour swat rate (P4SR) – McArdle et al (1947)	1
Temperatura Efetiva (ITE) – Houghton e Yaglou (1923)	2
Temperatura efetiva corrigida (TEC)	1
Índice de temperatura resultante (ITR) ou temperatura efetiva – Missenard (1948)	2
Novo índice de temperatura efetiva (NET) ou índice de temperatura efetiva com vento (TEv)	1

Índice de <i>Wind Chill</i> (I WV) e/ou Temperatura resfriada pelo vento – Siple e Passel (1945)	3
Índice de resfriamento da pele nú – Siple e Passel (1945)	1
Novo Índice de <i>Wind Chill</i> – Court (1948)	1
Novo Índice de <i>Windo Chill</i> e/ou Nova temperatura resfriada pelo vento (NWCT) – Bluestein e Osczevski (2002)	1
Índice K de resfriamento eólico (<i>Cooling Power</i>)	1
Índice de temperatura e umidade (THI) – Thom (1959)	4
<i>Heat balance modelling</i> (MEMI)	1
Modelo de Munique (MEMI) – Hoppe (1999)	3
Temperatura neutra exterior (TNE) – Humphreys (1975)	1
Índice de Hill – Hill (1972)	2
Índice Te – Steadman (2001)	1
Temperatura aparente ou Índice do bem estar – Ono e Kawamura (1991)	2
Temperatura ótima (TO) Peguy (1961)	1
Índice de sensação térmica (IST)	2
Método COMFA ou Fórmula de conforto – Brown e Gillespie (1995)	1
Temperatura fisiológica equivalente (<i>Physiological Equivalent Temperaure</i> – PET) – Mayer e Hoppe (1987)	1
Índice HUMIDEX – Masterton e Richardson (1979)	1
Índice Equatorial de conforto (<i>Equatorial Comfort</i> – EC) – Webb (1960)	1
Diagramas	
Diagrama bioclimático de Olgyay – Olgyay (1963)	Diagrama
Diagrama bioclimático de Carrier	Diagrama
Diagrama bioclimático de ASHRAE	Diagrama
Diagrama bioclimático de GIVONI (1992)	Diagrama
Diagrama de Szokolay (1987)	Diagrama
Diagrama bioclimático de Watson e Labs (1983)	Diagrama
Diagrama do conforto humano – INMET (2006)	Diagrama

Fonte: Fante (2019, p. 103 – 104).

Isto posto, fica evidente que a bibliografia referente ao tema é vasta e diversa. Por essa razão, mesmo que ao longo desse trabalho tenha ocorrido o contato com vários índices de conforto/desconforto térmico humano além de diagramas, o foco dessa pesquisa ficou centrado apenas aos índices que, de alguma forma, apresentaram relevância e aplicabilidade no entendimento do cenário estudado.

3.7.1 Índice de Temperatura e umidade (THOM, 1959)

O índice de temperatura e umidade (THI)²⁵ é um dos índices mais comuns presentes na literatura, utilizados por diversos autores, tais como: Fernández Garcia (1996); Beasancenot (2001); Carvalho (2006); Gobo (2013); Pereira, *et. al* (2016). Acredita-se que se deve ao fato de sua facilidade, versatilidade e capacidade explicativa principalmente no que se refere às variáveis ambientais. Todavia, como abordado por Fante (2019), esse índice apresenta algumas variações na literatura,

[...] Contudo parece haver uma confusão entre os pesquisadores que utilizam esse índice. Foram encontradas 4 equações diferentes intituladas como Índice de temperatura e umidade de Thom (1959): todas com referência ao mesmo autor, ano da publicação e as mesmas características de índices de temperatura-umidade (FANTE, 2019, p. 106).

Isto posto, baseados nos estudos de Fante (2019) são mencionadas as quatro equações atribuídas ao mesmo índice e autor:

- Índice de temperatura-umidade (ITH)

$$ITH = T - 0,55 (1 - UR) (T - 14)$$

Onde:

T = temperatura do ar (°C)

UR = Umidade relativa do ar (%)

Essa equação é referenciada por Carvalho (2006, p. 71), nesse contexto, a autora indica a utilização desse índice durante verão.

Em outro trabalho, Monteiro e Carvalho (2013) apresenta uma variação da mesma equação:

$$ITH = T - 0,55 (1 - 0,01UR) (T - 14,5)$$

Onde:

T = Temperatura de termômetro de bulbo seco

UR = Umidade relativa do ar (%)

Nessa perspectiva, Monteiro e Carvalho (2013) (Quadro 8) apresentam alguns limites de temperatura a partir da equação supracitada.

²⁵ Do inglês *Temperature Humidity Index*.

Quadro 8 - Limites de conforto/desconforto térmico na população a partir do THI de thom

Nível de alerta	Índice de desconforto	Impactos do conforto térmico na população
Nível I	< 21°C	Sem desconforto
Nível II	21°C – 24°C	Menos da metade da população sente desconforto
Nível III	25°C – 27°C	Mais da metade da população sente desconforto
Nível IV	28°C – 29°C	Mais da metade da população sente desconforto e deterioração das condições fisiológicas
Nível V	30°C – 32°C	A totalidade da população sente elevadíssimo desconforto
Nível VI	>32°C	Emergência sanitária devido a um desconforto capaz de provocar acidentes vasculares cerebrais

Fonte: Monteiro e Carvalho (2013, p. 128).

- Índice de temperatura e umidade (THI)

Nos estudos de Garcia (1996, p. 218) o índice de temperatura e umidade, também atribuído a Thom (1959), aparece com uma outra variação:

$$THI = Tx - (0,0055 * UR) - (Tx - 14,5)$$

Onde:

Tx = Temperatura do ar (°C)

UR = Umidade relativa no momento da temperatura máxima do ar (%)

- Índice de temperatura e umidade (2)

Essa outra variação do índice de temperatura e umidade apresenta uma maior frequência na literatura consultada sendo referenciada por autores como (Besancenot (2001); Funari (2006); Gobo (2013); Pereira *et. al.* (2016). No entanto, a mesma

equação aparece referenciada como Índice de Desconforto (DI)²⁶ pelos autores Yousif e Tahir (2013).

$$THI = T_s - (0,55 - 0,0055 \cdot UR) \cdot (T_s - 14,5)$$

Onde:

T_s = Temperatura do ar do bulbo seco (°C)

UR – Umidade relativa do ar (%)

A adoção desse índice ao longo dessa pesquisa se deve a alguns fatores como: sua abrangência na literatura consultada, disponibilidade de equipamento que permita a coleta dos dados necessários, clareza quanto aos dados usados, uma vez que, na literatura, é evidenciado que os dados de temperatura são sempre de bulbo seco e medidos em Graus Celsius (°C) e a umidade relativa do ar é medida em porcentagem (%).

Cabe destacar que,

Em todos os casos os autores agruparam os resultados em classes de desconforto termo-higrométricos. Besancenot (2001, p. 46), por exemplo, definiu como confortável a faixa de intervalo de THI de 15,0°C a 19,9°C; desconfortável ao frio os valores inferiores a 15°C, e desconfortável ao calor valores superiores a THI 20°C; Funari (2006) e Pereira, Aleixo e Silva Neto por sua vez definiram o limite da zona de conforto entre 21 a 23,9°C, desconforto ao frio valores inferiores a 20,9°C; e, desconforto ao calor os valores superiores a 24°C (FANTE, 2019, p. 107).

3.8 As bases fundadoras da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU)

A política habitacional adotada pelo Governo do Estado de São Paulo teve início a partir dos primeiros anos após a instauração da ditadura militar em 1964. Durante esse período, as políticas federais de habitação apresentaram problemas e, na ausência de um mecanismo de transferência de renda entre a União e os Estados, as demandas populares passaram a ser, em sua maioria, responsabilidade dos Estados. Somente em 1994 o Governo do Estado de São Paulo iniciou de forma expressiva seu programa de habitação popular que viria a se tornar, nos dias de hoje, o maior programa habitacional existente no país (CDHU, 2016).

²⁶ *Discomfort Index.*

Não cabe aqui avaliar a competência do programa, bem como problemas estruturais, locacionais, ou mesmo sociais gerados a partir de escolhas equivocadas adotadas ao longo de sua história, tendo em vista que outros autores como Royer (2002) e Namur (2004) tem feito trabalho aprofundado acerca do tema.

É importante ressaltar que, embora existam problemas, os empreendimentos de habitação popular, desde os vinculados ao BNH até a atual CDHU, representaram enorme importância para o acesso à moradia por pessoas antes excluídas do mercado imobiliário formal, sobretudo as mais pobres (ROYER, 2002).

3.8.1 O início do programa habitacional e urbano do Estado de São Paulo

Desde o início do século XX o governo brasileiro passou a realizar, de forma incipiente, algumas intervenções na política habitacional. Seja através de autarquias, fundações, instituições e sociedade de economia mista, o tema de habitação popular foi incluído na agenda governamental. No Estado de São Paulo, a partir da década de 1940, foi instaurado o primeiro órgão responsável pela definição de estratégias no que tange à política habitacional, sendo esse o programa Caixa Estadual de Casas Para o Povo (Cecap).

Como mostra Bonduki (1998), o governador Adhemar de Barros²⁷, em seu primeiro mandato, almejou promover políticas habitacionais independentes da política nacional. Assim, instaurou, em 1949, a Cecap que funcionou como autarquia.

A Cecap, da forma como foi instituída em 1949, funcionava como autarquia vinculada à Secretaria do Trabalho, Indústria e Comércio. Criada pela Lei n.º 483, de 10/10/1949, somente foi regulamentada por decreto em 20/02/1964. A fragilidade das finanças públicas estaduais, além da inexistência de um sistema nacional de transferência de recursos vinculados à habitação e a indefinição quanto ao aporte de recursos, vai fazer com que a Cecap exista apenas nominalmente até 1964 (ROYER, 2002, p. 35-36).

Em 1967, foram entregues as primeiras residências empreendidas pela Cecap como uma autarquia, que funcionava através da Caixa Econômica do Estado de São Paulo vinculado aos Sistema Financeiro de Habitação (SFH) e ao BNH. Todavia, em 1975, após a Lei n.º 905/75, a Cecap passou de autarquia para sociedade de ações.

Após a mudança na gestão interna, a companhia começou a ter mais autonomia, além de contar com maior corpo de funcionários e a celebrar maior

²⁷ Governador do Estado de São Paulo por dois mandatos: (1947 – 1951); (1963 – 1966).

números de contratos. “Depois de sua mudança para sociedade por ações, a Cecap deixou de ser agente promotor do SFH para agente financeiro e promotor do sistema operando dentro do PLANAHAP²⁸” (ROYER, 2002, p. 36). Nesse sentido os contratos celebrados pela antiga autarquia ficaram a cargo da nova companhia.

A reestruturação foi de grande importância para o futuro da companhia, visto que, entre os períodos de 1964 a 1974, foram entregues 4.085 unidades e entre os anos de 1975 e 1982 foram entregues 25.014²⁹ unidades, incluindo as 4.680 unidades do Conjunto Habitacional Zezinho Magalhães, construído em Guarulhos/SP, sendo esse o empreendimento que seria modelo para o futuro da companhia (ROYER, 2002).

Outra forma de atuação da Cecap, que buscava superar o fim do BNH como agente que disponibilizava recursos financeiros, foi a gestão compartilhada com pequenos municípios, que ficavam encarregados de doar o terreno e executar obras de acesso e terraplanagem. Portanto, a Cecap passou a dedicar todos seus recursos financeiros e técnicos à construção das unidades habitacionais, o que possibilitou o aumento substancial no número total de residências entregues.

No período que se iniciou em 1983 e encerrou em 1988, foi criada a Companhia de Desenvolvimento Habitacional do Estado de São Paulo (CDH) e a questão da habitação popular começou a ser encarada como uma política pública no Governo do Estado de São Paulo, com a criação da Secretaria Executiva da Habitação no ano de 1983 (CDHU, 2016)

Após a Assembleia geral de 22 de março de 1984, a CDH foi vinculada à pasta de Habitação, tendo como presidente Martoni Branco. No mesmo ano, baseado na experiência de parceria com pequenos municípios, a CDH iniciou o Programa Municipal de Habitação (PMH) com o mesmo intuito de superar as dificuldades financeiras e a falta de incentivo da união.

A organização da PMH seguiu a diretriz geral de descentralização e participação popular estabelecida pelo governo, proporcionando intenso envolvimento das prefeituras e da população na execução do Programa [...]. As prefeituras doavam os terrenos e executavam obras de infraestrutura necessárias para a construção, [...] e colocavam à disposição equipe técnica composta por engenheiros, mestre de obras e técnicos sociais para capacitação da população sobre o Programa [...]. O Estado repassava os recursos do orçamento por meio de convênio celebrados com os municípios, e a CDH os projetos, prestava assistência técnica aos profissionais

²⁸ Plano Nacional de Habitação Popular.

²⁹ Fonte: CDHU (2016, p. 13).

desenvolvia locais (obras e social), identificava e selecionava a demanda, fiscalizava a obra e liberava os recursos [...]. Por fim a população participava da construção das moradias, em forma de mutirão ou autoconstrução. (CDHU, 2016, p. 120-121)

Os empreendimentos realizados pela CDH entre 1983 e 1988 seguiam as antigas regras do BNH, com o acréscimo de que, pela primeira vez, havia no orçamento especificações sobre construções que seriam reservadas, exclusivamente, para as camadas mais pobres (1 a 3 salários mínimos por família). O novo critério de seleção possibilitou a inserção de pessoas antes excluídas do mercado imobiliário formal, proporcionando, além de melhora na qualidade de vida, documentos que comprovassem sua residência, sendo esse o maior legado para o período (ROYER, 2002).

Além disso, Royer (2002) destaca que o governo paulista, em 1986, através da Loteria Estadual de São Paulo, promoveu formas alternativas de acesso ao financiamento habitacional. Todavia, foi somente com a promulgação da constituição de 1988 que a Companhia, por meio da nova legislação tributária, conseguiu obter aumento significativo e promover construção de habitações em larga escala, volume este nunca antes empreendido.

Nesse mesmo período, a empresa deixou de ter um modelo diretamente participativo, voltando-se para um novo modelo calcado em atacar o déficit habitacional em massa, abandonando as ações de produção através de mutirão e autoconstrução para um gerenciamento de construtoras, com produção massiva de unidades habitacionais (ARRETCHE, 1998)

Assim sendo,

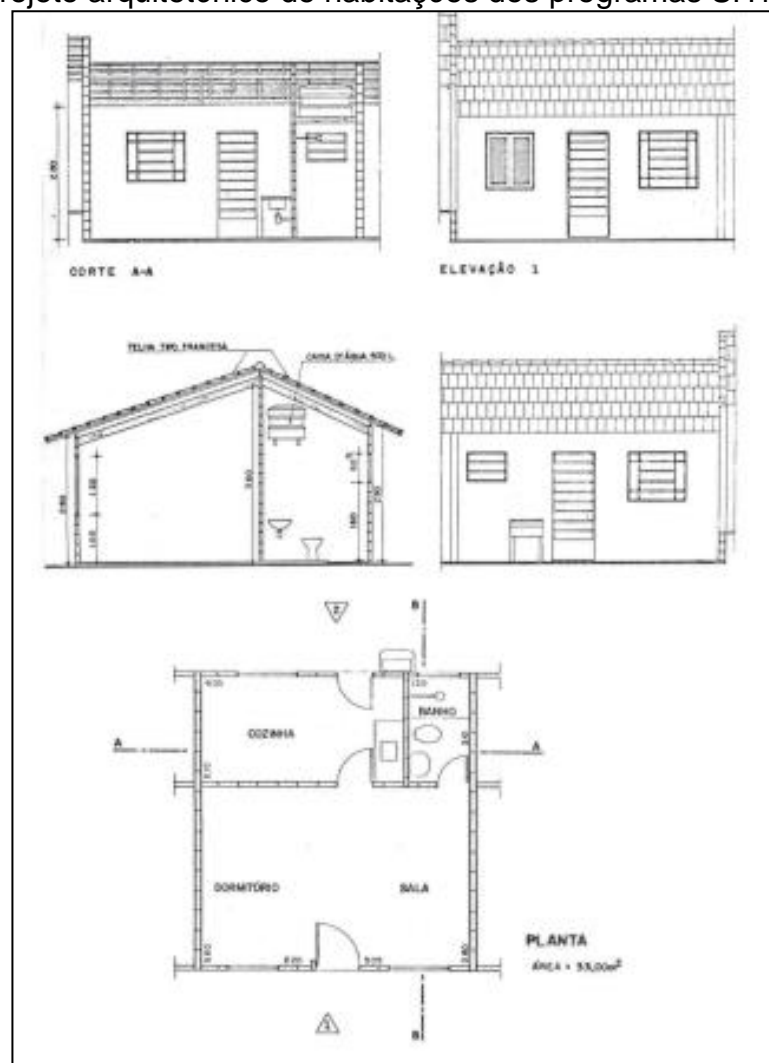
[...] pode-se dizer que, ao término de 1988, estava lançadas as bases técnicas, financeiras e políticas para uma produção em larga escala, que contaria com o apoio de empresas do setor privado e da construção civil para dar maior celeridade à construção de moradias” (CDHU, 2016, p. 130).

No ano de 1989, após a vinculação da CDH com a Secretaria de Habitação e Desenvolvimento, foi promulgada a Lei estadual nº 6.556/1989 que vinculava a arrecadação do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS) com o programa de habitação, o que levou a Companhia a abandonar a sigla CDH para adotar o novo nome e sigla - Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU) – usado até os dias de hoje.

3.8.2 A produção de residências em larga escala

Uma vez que o objetivo principal (após 1988) foi aumentar a construção de unidades habitacionais, se fez necessário adotar novas diretrizes com maior padronização de projetos e tipologias (CDHU, 2016). Para tanto, o custo operacional precisaria ser reduzido; assim, houve queda na qualidade de acabamento e os projetos habitacionais, antes de 42m², passaram a ser de 35m² como mostrado na Figura 10 (SÃO PAULO, 1998).

Figura 10 - Projeto arquitetônico de habitações dos programas SH1 e SH2



Fonte: São Paulo (1998, p. 67).

Dessa forma, nos anos de 1990, o pleno funcionamento dos programas SH1 (1988 – 1992), SH2 (1988 – 1993) e SH3 (1990 – 2005), que juntos produziram

131.619³⁰ unidades habitacionais em São Paulo, a CDHU avançou para o sentido do interior do estado, num primeiro momento através de escritórios regionais, sendo alguns deles os de Araçatuba, Araraquara, Campinas, Marília e Presidente Prudente (ROYER, 2002).

À vista disso, até o ano de 2015, considerando todos os programas empreendidos desde a Cecap até CDHU, inclusive os de moradia rural, moradia indígena e moradia quilombola, foram entregues o total de 507.200³¹ unidades de habitação social entre os anos de 1976 a 2015.

Embora ao longo da história tenha ocorrido vários planos de atuação, cada um com suas especificidades, regiões e mesmo com projetos arquitetônicos distintos frente a cada objetivo, a máxima que consiste em produzir habitação em massa a um baixo custo, principalmente para famílias com rendas de 1 a 3 salários mínimos, esteve presente em todos os empreendimentos.

Isto posto, fica evidente que o modo de construção adotado pela Companhia não levou em consideração realidades climáticas locais, promoveu construções padronizadas com material construtivo de baixa qualidade, além de corroborar com o adensamento populacional, promovendo construções que proporcionam comprometimento da qualidade de vida e do clima urbano local, principalmente no que se refere ao subsistema termodinâmico (MONTEIRO, 1976).

³⁰ Fonte: CDHU/GGI (2016).

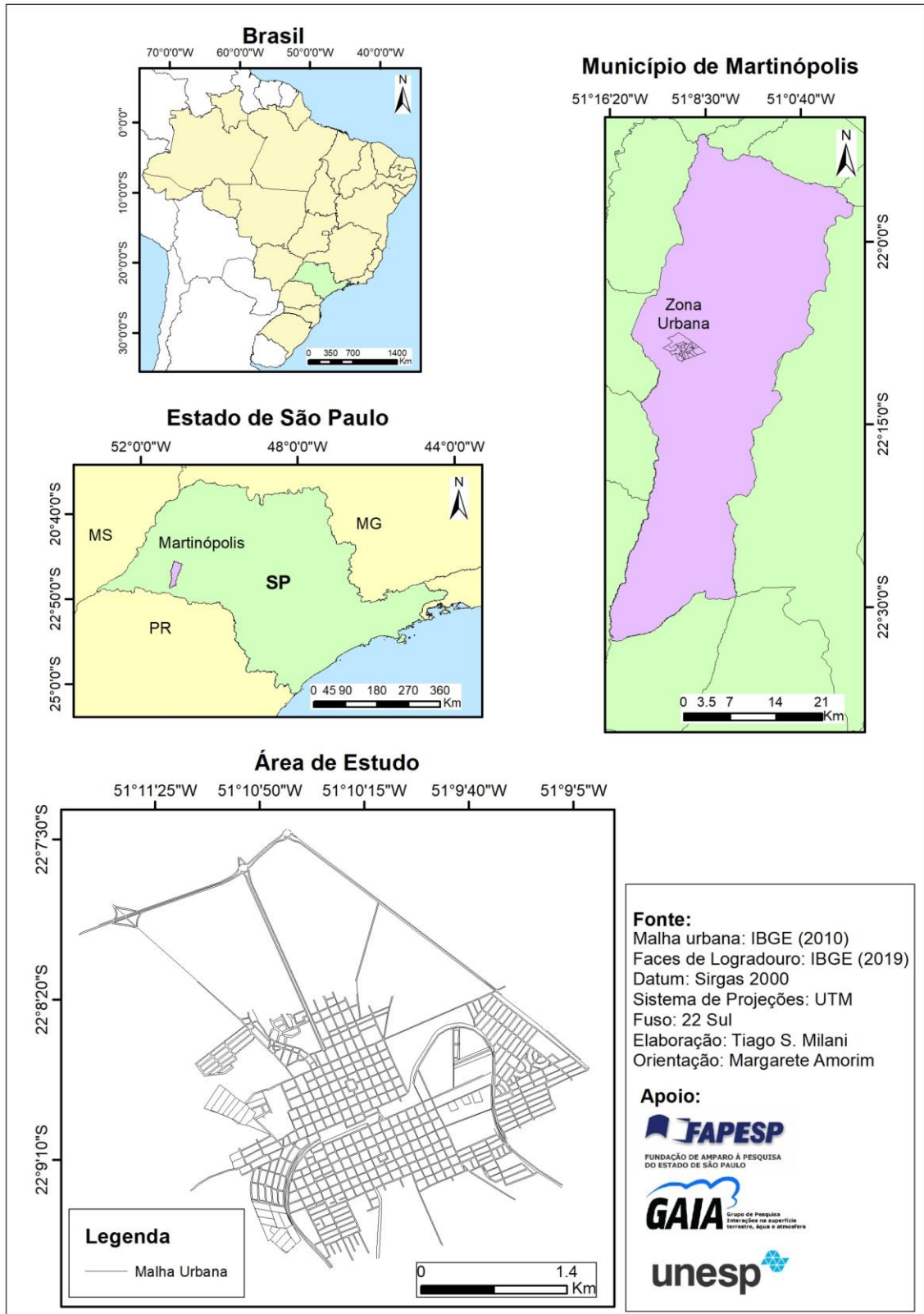
³¹ Fonte: Idem.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 Aspectos históricos

O município de Martinópolis apresenta área territorial de 1.253,564 km² com densidade demográfica de 19,33 habitantes por Km² e o Índice de desenvolvimento humano (IDH) é de 0,721 (IBGE, 2010).

Figura 11 - Mapa de Localização de Martinópolis

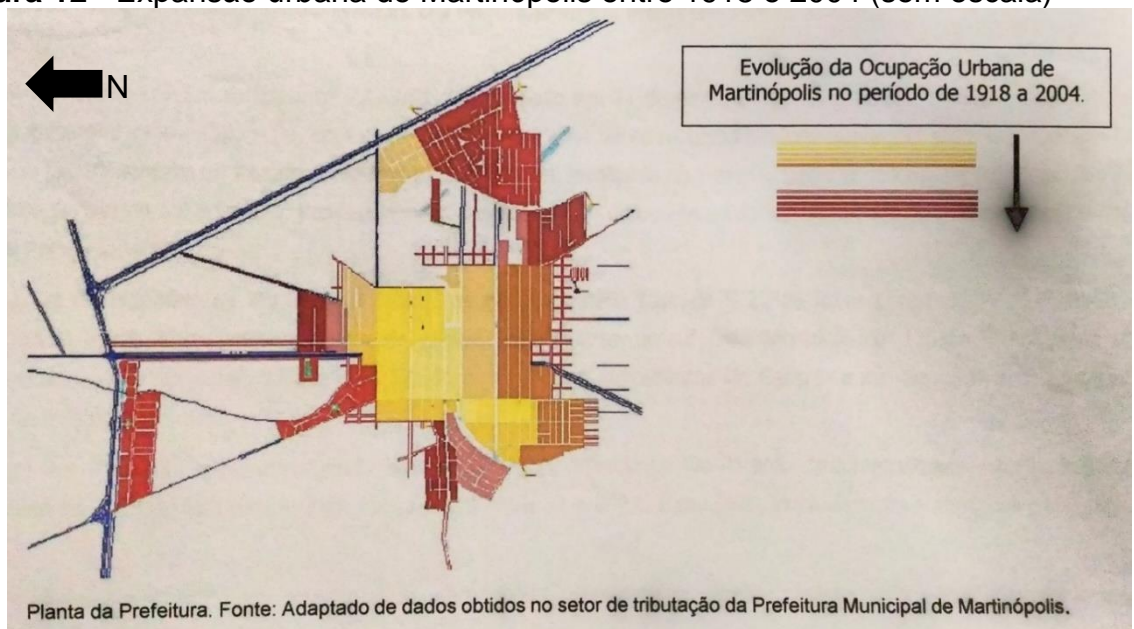


Fonte: Créditos na figura

A origem de Martinópolis remonta a expansão da Estrada de Ferro Sorocabana e a atuação de empresas colonizadoras, como a Viação São Paulo-Mato Grosso e a Colonização Martins (ALMEIDA, 2021), que ocorreu no início do século XX seguindo o percurso do espigão divisor de águas das bacias dos Rios do Peixe-Paranapanema, alcançando a localidade onde hoje é a cidade de Martinópolis no ano de 1917 (DALTOZO, 1999).

A conjuntura econômica da época, localização geográfica e a existência da Estrada Boiadeiro culminavam em fatores que favoreciam a exploração das companhias colonizadoras (RUIVO; MOREIRA, 2008). A Companhia de Colonização Martins foi proprietária de boa parte das terras no entorno da estação ferroviária, que até o momento funcionava como posto telegráfico, e promoveu alguns loteamentos formando o primeiro núcleo urbano em 1924 sendo que, em 1939, passou a ser nomeado como Martinópolis em homenagem a seu colonizador (DALTOZO, 1999). Dessa forma, a ocupação se deu primeiramente a partir da estação ferroviária, a partir do parcelamento do solo realizados por João Gomes Martins (1877 – 1937) e posteriormente as periferias foram ocupadas (Figura 12)

Figura 12 - Expansão urbana de Martinópolis entre 1918 e 2004 (sem escala)



Fonte: Adaptado de Plano diretor Urbanístico de Martinópolis (2005).

No ano de 1945, foi instaurada a comarca de Martinópolis, consolidando a criação do município com extensão territorial de 1256 km², além de outros dos

distritos, tais como Teçaindá e Vila Escócia. A malha urbana seguiu um padrão ortogonal, sendo esse o padrão ainda predominante nos dias atuais.

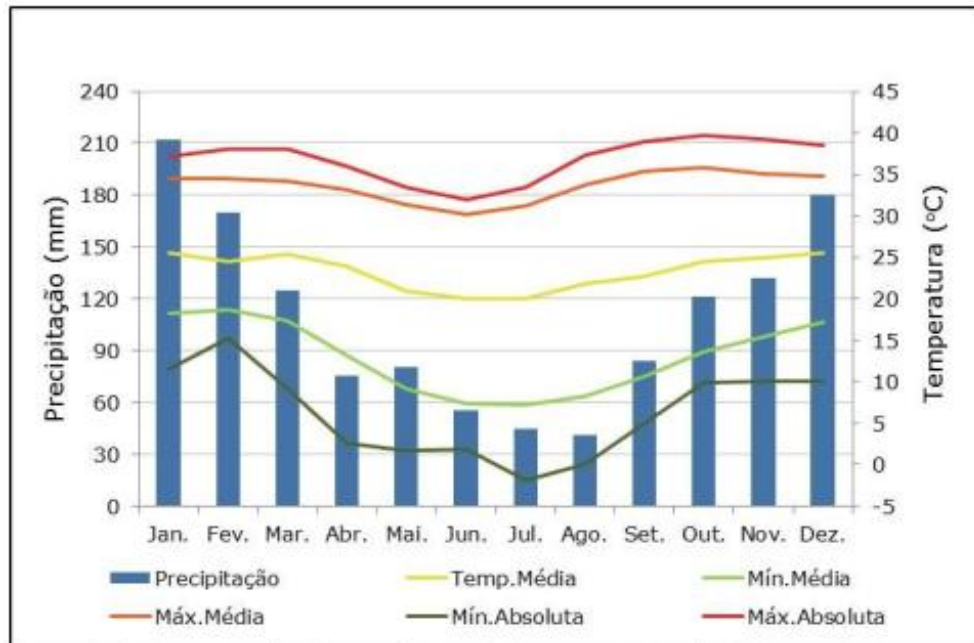
Nas décadas de 1950 e 1960, o cultivo do amendoim também obteve importância na economia local, mas a partir dos anos 1960 “[...] as pastagens tomaram o lugar das lavouras, com a derrubada das poucas matas remanescentes” (DALTOZO, 2008, p. 49). Atualmente, além das pastagens, há o cultivo de cana-de-açúcar, algodão e de forma incipiente o cultivo de agricultura familiar. Nos últimos dez anos foi possível notar o crescimento do setor terciário, sendo esse predominante na economia local³².

4.2 Aspectos físicos

4.2.1 Características do clima regional

A região Oeste do Estado de São Paulo apresenta duas estações bem definidas ao longo do ano. A primavera e o verão (outubro a março) caracterizam-se pelas temperaturas mais elevadas e possuem maiores totais de precipitação. No outono e no inverno (abril a setembro) há diminuição das temperaturas e dos totais de precipitação. A pluviosidade média anual é de 1300mm, sendo que os maiores volumes ocorrem durante o verão (cerca de 70%), principalmente no mês de janeiro, enquanto o inverno é seco (Figura 13), (SANT’ANNA NETO; TOMMASELLI, 2009).

³² Fonte: IBGE cidades. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/martinopolis/panorama>> Acessado em: 09 jul. 2020

Figura 13 - Climograma de Presidente Prudente (1969 – 2015)

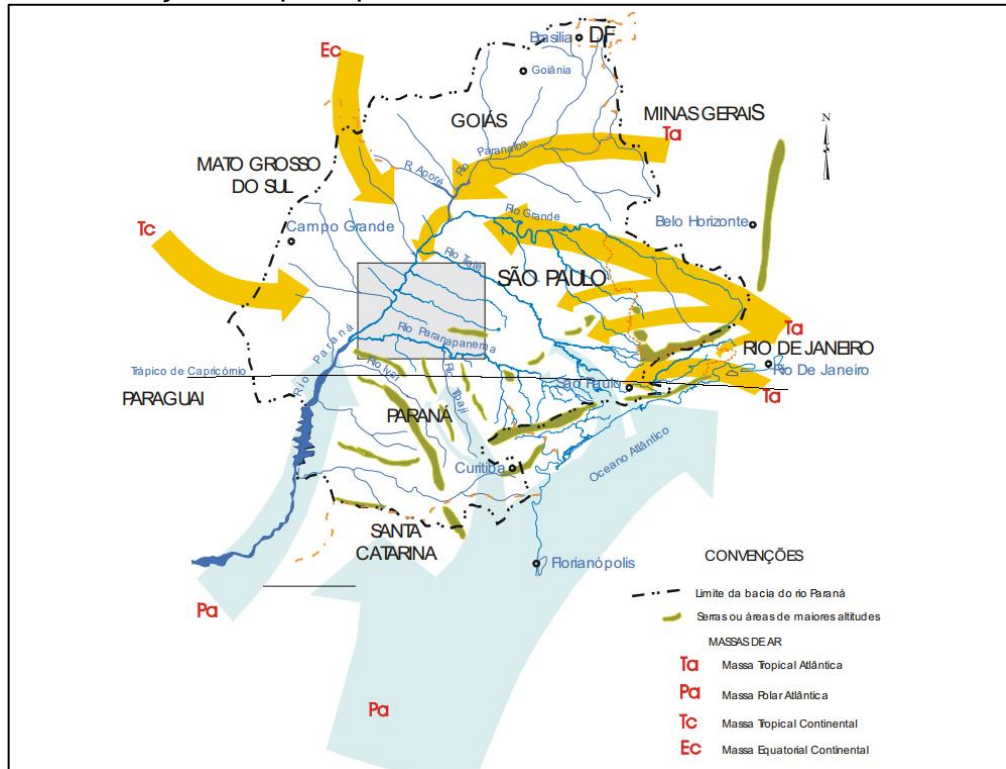
Fonte: Amorim (2017, p. 25).

Devido a essa condição particular, a circulação geral da atmosfera que ocorre na América do Sul reflete diretamente na dinâmica climática da região oeste do estado de São Paulo. O anticiclone semifixo do Atlântico Sul, ao se deslocar no sentido leste-oeste altera a pressão atmosférica que influencia as entradas de massas de ar no continente, proporcionando a chegada de massas de ar com maior umidade. Em contrapartida, o anticiclone migratório polar, formado no extremo Sul da América do Sul, durante o inverno, é responsável pela entrada de massas de ar polar no continente, que, ao entrar em contato com a Cordilheira dos Andes, se divide em massa de ar polar atlântica (Pa) e massa de ar polar pacífica (Pp). A Pa alcança as menores latitudes no interior do continente nessa época do ano (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

As massas de ar que mais atuam no Oeste do Estado de São Paulo são: massa de ar tropical atlântica (Ta), que, devido a sua origem, apresenta características de ar quente e úmido; a massa de ar equatorial continental (Ec) também apresenta características de ar quente e úmido, atuando no centro Oeste do Brasil e Noroeste e Oeste do Estado de São Paulo; a massa de ar tropical continental (Tc), essa apresenta ar quente e seco; a massa de ar polar atlântica (Pa) que é responsável por provocar queda na temperatura durante o inverno e instabilidade

atmosférica durante a sua passagem (Figura 14), (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007)

Figura 14 - Atuação das principais massas de ar no oeste do Estado de São Paulo



Fonte: BOIN, (2000, p. 197).

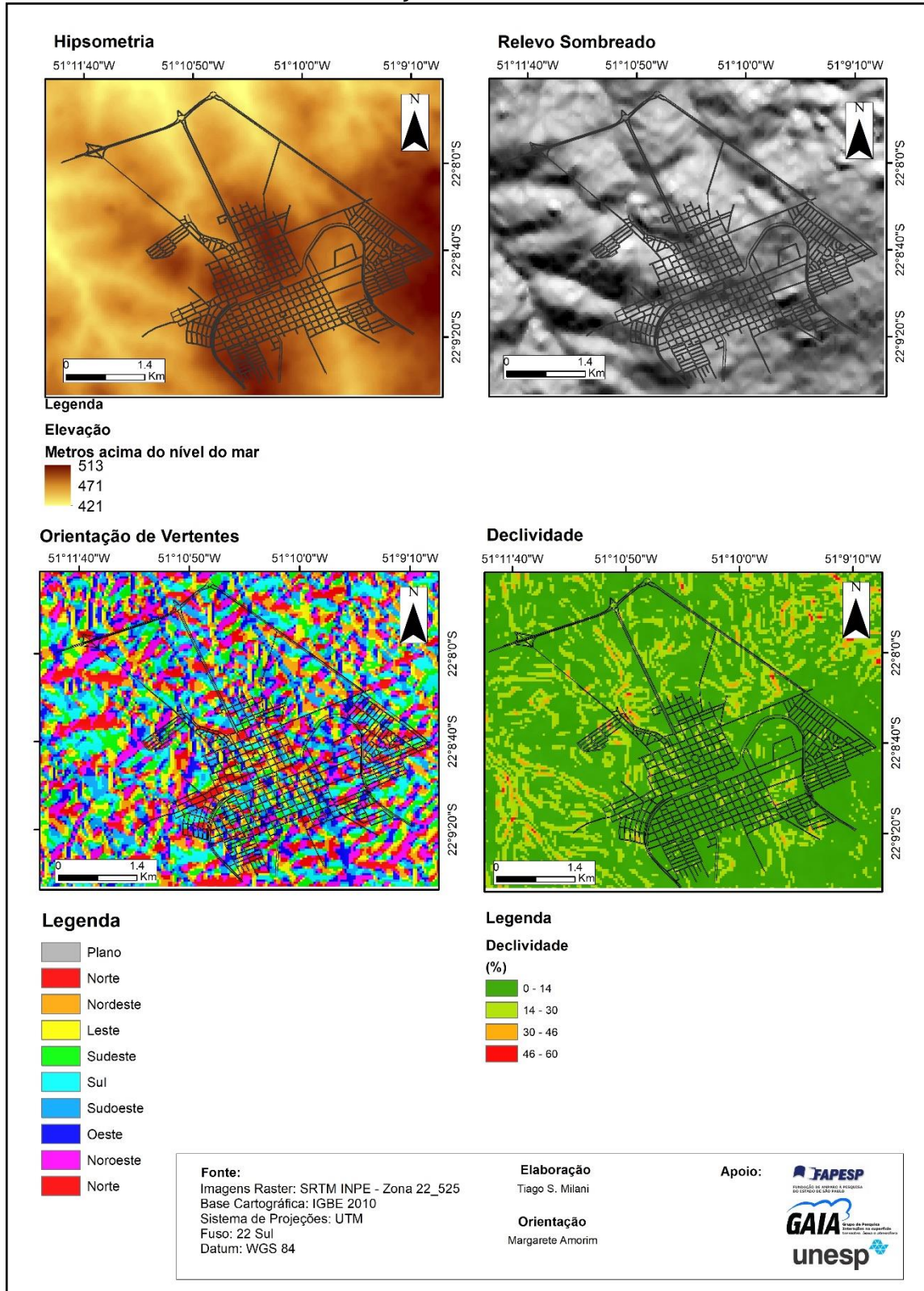
A Ta atua a maior parte do ano na região, constituindo-se como a responsável pelas temperaturas elevadas e tempo estável. Todavia, a Pa desempenha papel fundamental na dinâmica do clima regional, uma vez que, durante a primavera e verão, por meio de entradas das frentes frias, provoca aumento no volume de precipitação, já no outono e inverno proporciona quedas acentuadas na temperatura (SANT'ANNA NETO; TOMASELLI, 2009).

4.2.2 Características predominantes do sítio urbano de Martinópolis.

O relevo de Martinópolis apresenta características levemente onduladas, majoritariamente com declividades que variam de 0% a 14% e altitude de 513 metros em seus picos mais altos e 421 metros nos fundos de vale, como pode ser observado na Prancha 1. O Norte e Sudoeste da área urbana são mais elevados enquanto o Sudeste e Nordeste são os mais baixos. Ainda se observa que nas áreas mais altas

as vertentes apresentam orientação para Norte e Leste, enquanto as áreas mais baixas apresentam orientação de vertentes para Sul, Sudoeste e Oeste (Prancha 1).

Prancha 1 – Cartografia do sítio urbano de Martinópolis/SP – hipsometria, relevo sombreado, orientação de vertentes e declividade.



Fonte: Créditos na prancha.

4.3 Caracterização do entorno dos pontos fixos onde foram instalados os sensores de temperatura e umidade do ar em Martinópolis/SP

4.3.1 Ponto fixo 1: Rural Próximo

O ponto fixo localizado no ambiente rural próximo fica a Oeste da malha urbana, distante cerca de 2,6 km do centro comercial, a uma altitude de 474 metros acima do nível do mar, com vertentes predominantemente voltadas para noroeste. O entorno próximo apresenta amplos campos de pastagem, arborização dispersa e ínfimas plantações voltadas para o consumo familiar. Há algumas edificações distantes umas das outras e estrada sem pavimentação (Figura 15)

Figura 15 - Entorno próximo do ponto fixo 1

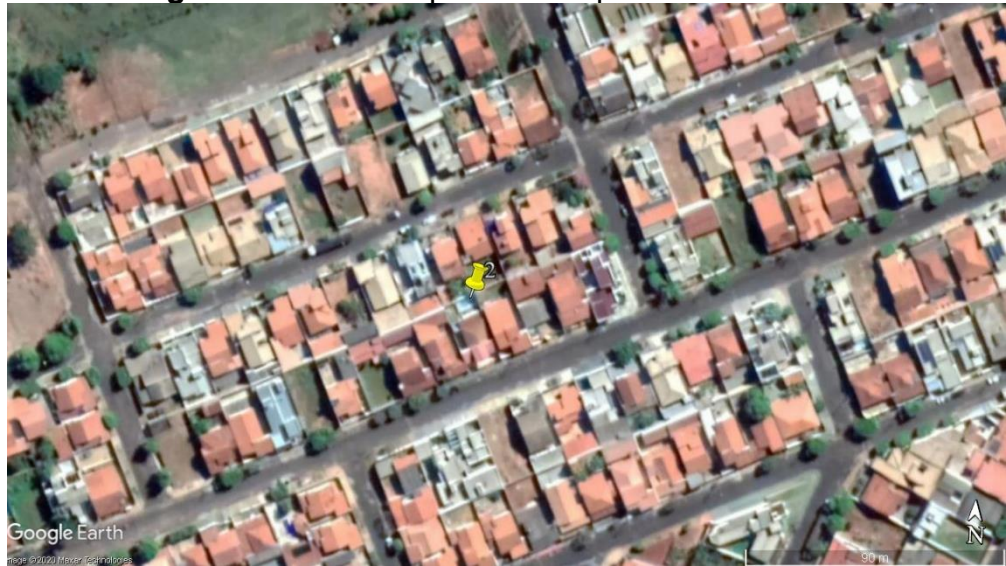


Fonte: Google Earth (2020)

4.3.2 Ponto Fixo 2: Bairro Jardim O Pioneiro

O entorno do ponto fixo 2, fica a 485 metros acima do nível do mar com vertentes voltadas para oeste. Apresenta lotes de aproximadamente 300m², que, em sua maioria, não possuem área permeável e as edificações utilizam a maior parte da área útil, proporcionando alta densidade construtiva. Há poucas árvores na via de passeio público (Figura 16).

Figura 16 - Entorno próximo do ponto fixo 2



Fonte: Google Earth (2020).

4.3.3 Ponto fixo 3: Bairro da CDHU - 2013

O entorno próximo do ponto fixo 3 consiste em um bairro empreendido pela CDHU, denominado Hídeo Nagai³³, inaugurado em 2013. Está a 468 metros acima do nível do mar, com vertestes voltas para o quadrante Leste e conta com 316 residências em lotes de 200 m² cada.

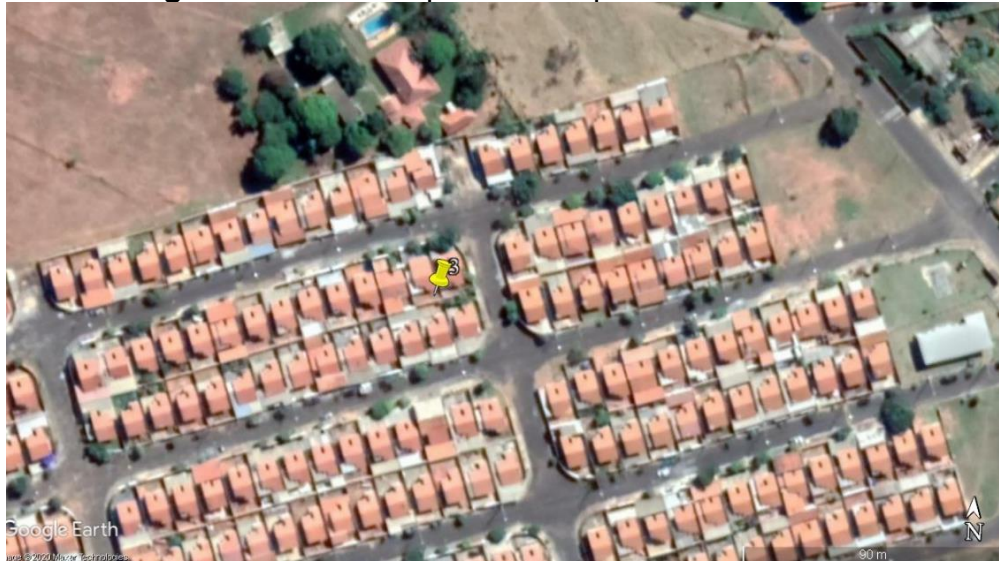
A CDHU viabilizou a obra através do modelo “Empreitada Global” mediante licitação. Na ocasião, as obras foram realizadas pela Construpac Construções e Empreendimentos LTDA, de Osvaldo Cruz/SP, com o investimento de R\$ 15 milhões³⁴ custeados pela Companhia.

Originalmente o projeto de cada residência contava com 52,36m², todavia, com o passar dos anos, houve ampliação, agravando a densidade construtiva, além da redução da permeabilidade do lote. O bairro ainda conta com uma Unidade Básica de Saúde (UBS) e áreas destinadas a função social, sem edificações até o período de realização desse trabalho (Figura 17).

³³ Nos relatórios da CDHU é possível encontrar o bairro identificado como Martinópolis J.

³⁴ Disponível em: <<https://www.portalprudentino.com.br/noticia/arquivos/portal-do-ruas-arquivos/empresa-prepara-construcao-de-316-casas-em-martinopolis>>. Acessado em: 20 jul. 2020.

Figura 17 - Entorno próximo do ponto fixo 3



Fonte: Google Earth (2020)

4.3.4 Ponto fixo 4: Residência de alto padrão construtivo na área central da cidade.

O ponto fixo 4 está localizado na área central e mais antiga da cidade, a 504 metros acima no nível do mar com vertentes predominantemente voltadas para leste. Apresenta lotes com tamanho médio de 370m², cuja ocupação varia, havendo alguns com boa parcela do lote permeável, enquanto em outros a área permeável é inexistente. A densidade construtiva é menor se comparado com os outros pontos fixos localizados na área urbana, enquanto a arborização do passeio público é bem distribuída. O bairro é, dentre os estudados, o mais próximo do centro comercial (cerca de 450 metros de distância) e, no entorno próximo, existe órgãos públicos, áreas de lazer e centros religiosos (Figura 18).

Figura 18 - Entorno próximo do ponto fixo 4



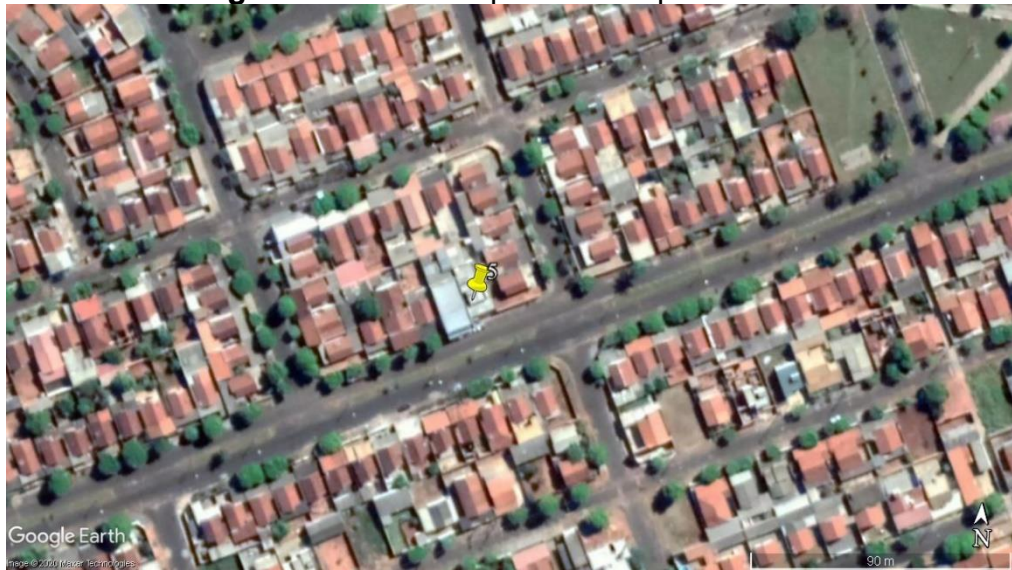
Fonte: Google Earth (2020)

4.3.5 Ponto fixo 5: Bairro CDHU 2004

O ponto fixo 5 localiza-se no bairro Pedro e Zulmira Bergamini³⁵, construído pela CDHU, viabilizado pelo Pró-Lar Autoconstrução (Habiteto), foi inaugurado em 13 de junho de 2004. Contou com investimento de R\$ 2,3 milhões, possuindo 11.226,8 m² de área construída com o total de 260 residências, originalmente com 43,18m² em lotes de aproximadamente 202m². Está a 498 metros acima do nível do mar e possui vertentes predominantemente voltadas para norte e noroeste. O bairro conta com arborização esparsa, impermeabilização generalizada dos lotes e alguns pequenos comércios locais (Figura 19).

³⁵ Nos relatórios da CDHU é possível encontrar o bairro identificado como Martinópolis G.

Figura 19 - Entorno próximo do ponto fixo 5



Fonte: Google Earth (2020)

5 RESULTADOS

Nesta seção estão apresentadas as análises das ICUs na cidade de Martinópolis entre agosto e dezembro de 2019, por meio de painel-espço temporal (pranchas 2, 3, 4, 7 e 13), imagens termais do satélite *LandSat 8* e mapas sínteses com os registros obtidos durante transectos móveis (Figuras 22 e 24). Foram também analisados os resultados do índice de conforto térmico interno e externo das moradias (Quadros 9, 10, 11, 12 e 13), considerando-se os gráficos de análise rítmica (Figuras 20, 21, 23, 25 e 26) e a síntese dos questionários de conforto térmico aplicados (Pranchas 5, 6, 8, 9, 10, 11 e 12).

As análises foram organizadas cronologicamente conforme o período mensal e horário, iniciando com o gráfico de análise rítmica mensal, na sequência foram analisadas as ilhas de calor da camada inferior, superficiais e a análise mensal se encerra com a exposição do conforto térmico interno e externo de cada um dos pontos estudados e sua relação com as ICUs e os sistemas atmosféricos atuantes.

Por meio dos materiais e métodos apresentados e a partir das análises desenvolvidas foi possível investigar a geração das ilhas de calor na cidade e verificar como o conforto térmico se manifesta nos principais conjuntos habitacionais empreendidos pela CDHU em Martinópolis relacionando com as condições atmosféricas atuantes.

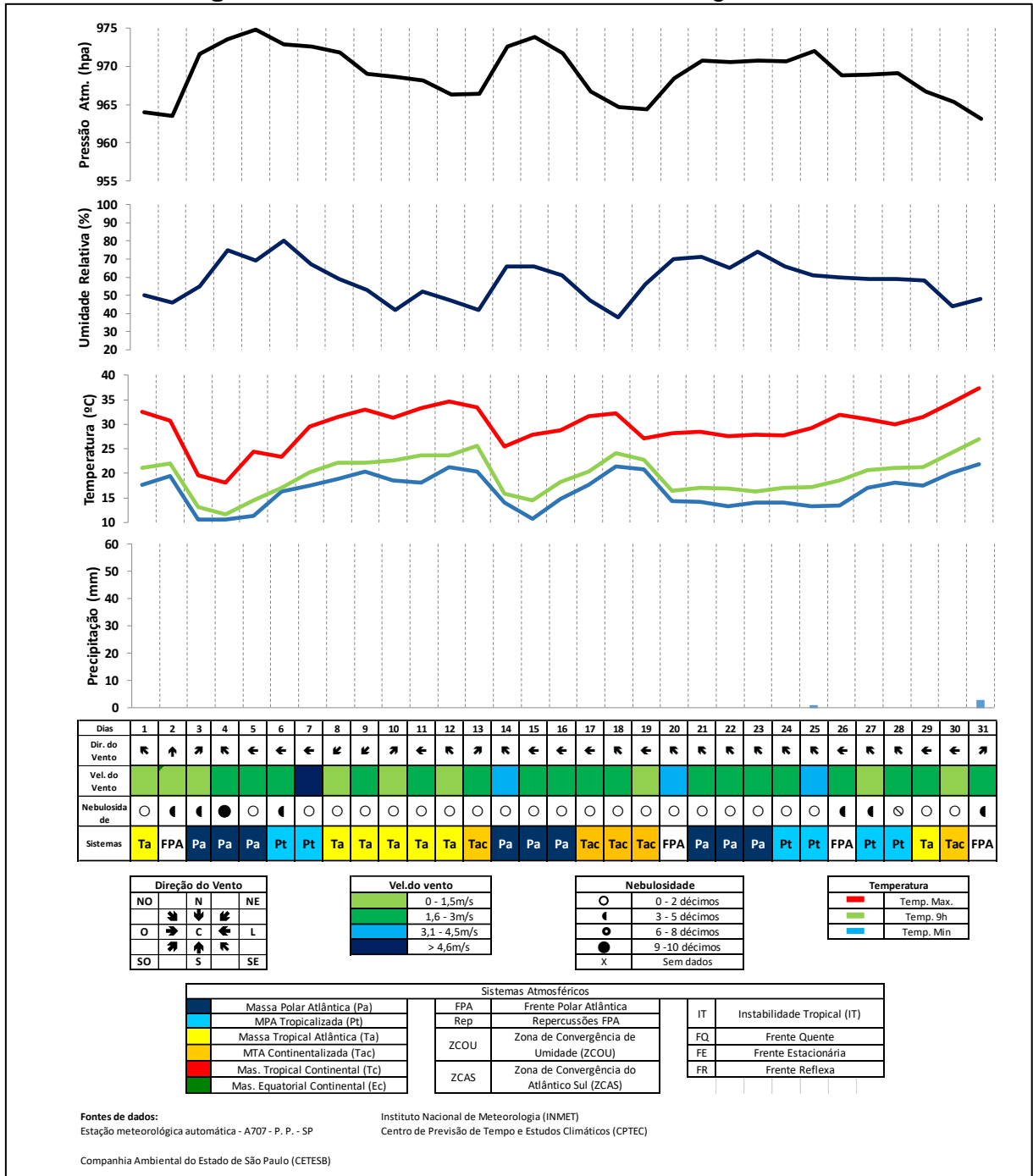
5.1 Intensidade e magnitude das Ilhas de calor atmosféricas e superficiais de acordo com os sistemas atmosféricos atuantes em agosto de 2019

No mês de agosto de 2019 foi observado o predomínio de estabilidade atmosférica, sem precipitação e sem ventos fortes na maioria dos dias do mês (Figura 20). Foram registrados eventos de precipitação em apenas dois dias, com total acumulado inferior a 10 mm. Prevaleceram dias com velocidades do vento abaixo de 3m/s e em apenas um deles a velocidade ficou acima de 4,6m/s e em três deles ficou entre 3,1 e 4,5 m/s. Logo, como já apresentado nesse trabalho, as condições de estabilidade atmosféricas que predominaram ao longo do mês de agosto de 2019 foram favoráveis para a formação de ilhas de calor atmosféricas, como se verifica na Prancha 2A.

As diferenças de temperatura do ar entre os pontos urbanos e o rural registradas nos pontos fixos estão representados na Prancha 2A e seguem

ordenamento espacial Oeste-leste no *eixo X* (*abscissas*), iniciando no ponto fixo localizado a oeste da malha urbana (ponto 1 - rural próximo) até o ponto fixo localizado na porção leste da malha urbana (ponto fixo 5 – CDHU 2004)³⁶. O *eixo y* (*ordenadas*) do painel espaço-temporal representa o período de observação (dia/mês).

Figura 20 - Gráfico de Análise Rítmica de agosto 2019

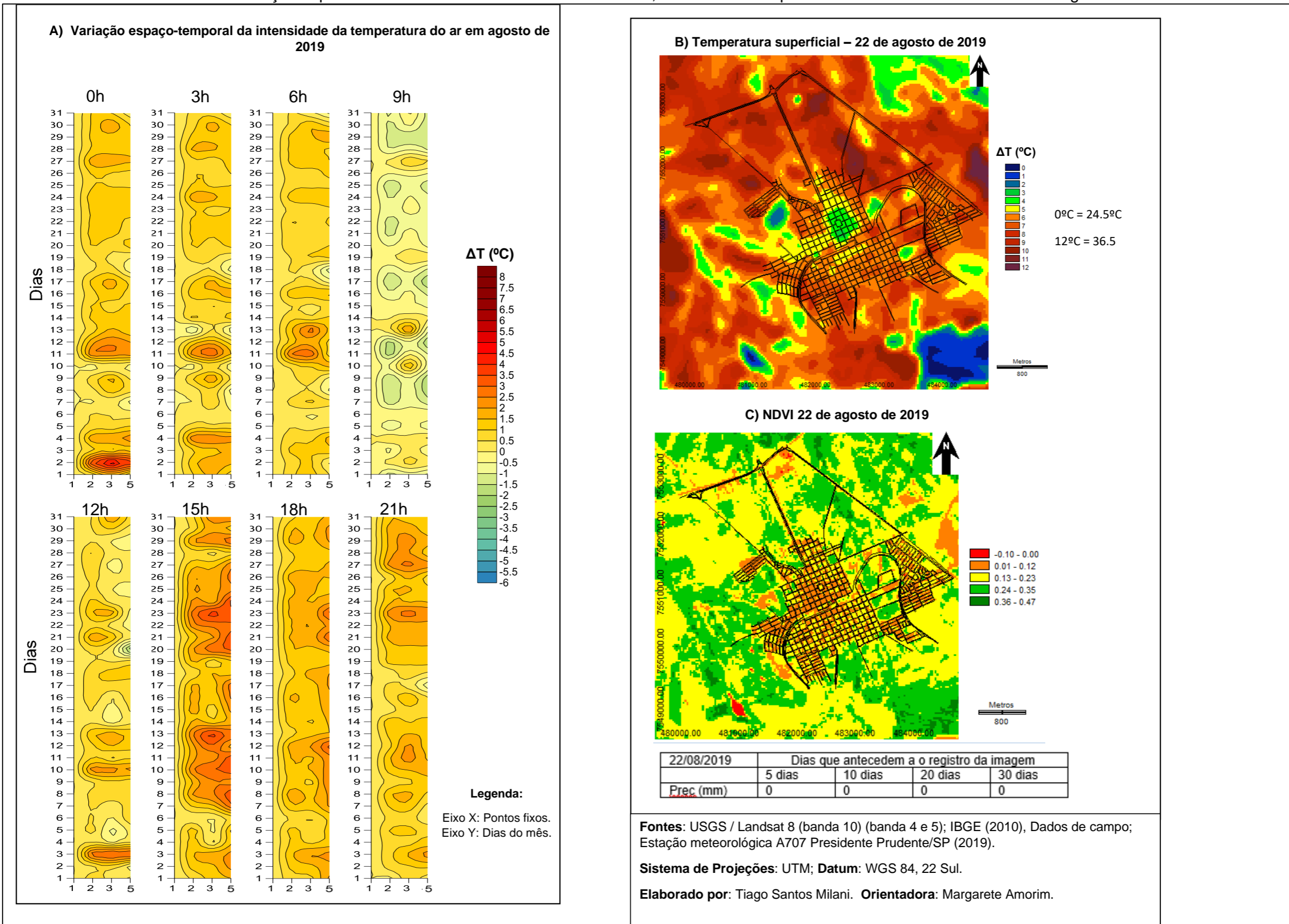


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

³⁶ No mês de agosto de 2019, o ponto fixo 4 (residência de alto padrão localizado na área central da cidade) não foi incluso no universo de análise, pois os registros tiveram início, neste ponto, somente no dia 30.

Verificou-se que depois da atuação da Frente Polar Atlântica (FPA), que ocorreu no dia 02, a entrada da massa Polar Atlântica (Pa), no dia 03, provocou queda nas temperaturas (máximas, mínimas e das 9h). Além disso, foi justamente no dia 02, com a entrada da FPA, que ocorreu o registro da mais alta intensidade de ilhas de calor atmosférica para o mês de agosto de 2019, alcançando 5°C às 0h no ponto fixo 3 (Prancha 2A).

Prancha 2 – Distribuição espacial das ilhas de calor da atmosfera inferior, ilhas de calor superficial e NDVI referentes ao mês de agosto de 2019.



Neste mesmo horário (0h), nos demais dias do mês, as ICUs não superaram os 2,5°C, mostrando o papel das áreas construídas no aumento da temperatura do ar. A explicação para a maior intensidade no dia 02, pode estar relacionada com a mudança brusca da temperatura decorrente da chegada da massa polar, que proporcionou o resfriamento mais rápido na área rural próxima e demorou para diminuir a temperatura nas áreas construídas, em decorrência do armazenamento de calor nos materiais urbanos. Nos horários das 3h e 6h, as características das intensidades das ICU foram muito parecidas com as registradas às 0h.

Nas primeiras horas da manhã (às 9h) ocorreu queda generalizada na intensidade das ICU, comparando-se com os horários anteriores, independentemente do sistema atmosférico atuante, registrando, inclusive, ilhas de frescor (IF) atmosférico de até -2°C.

O fenômeno das ilhas de frescor durante a manhã foi observado em outras cidades (pequenas e médias) que se encontram na mesma região climática que Martinópolis, sendo algumas delas: Álvares Machado, Presidente Venceslau, Santo Anastácio (TEIXEIRA, 2019) e Presidente Prudente (AMORIM, 2017).

Acredita-se que o fenômeno das ilhas de frescor ocorre nesse horário da manhã (9h) em decorrência da alta densidade construtiva, vegetação arbórea e orientações das vertentes, proporcionando o efeito sombra na área urbana (AMORIM, 2017). A sombra gerada impede a incidência direta dos raios solares na superfície urbana, aquecendo de forma mais lenta, ao passo que, na área rural, devido à ausência de adensamento construtivo e a baixa densidade de cobertura vegetal, o efeito sombra não interfere, facilitando a incidência direta dos raios solares na superfície, aquecendo-a de forma mais rápida e homogênea.

No caso de Martinópolis, o efeito sombra gerado a partir da orientação das vertentes é fundamental para a explicação da formação das IF às 9h. Os pontos 2 e 5, que contam com vertentes voltadas para o quadrante oeste, apresentaram, respectivamente, ilhas de frescor em 90% e 81%, respectivamente, dos dias do mês de agosto de 2019 às 9h. Já no ponto 3, as IF ocorreram em 68% dos casos, sendo que este possui vertentes voltadas para sudeste, facilitando a incidência direta dos raios solares nas primeiras horas da manhã (ver prancha 2)³⁷.

³⁷ Ao calcular a porcentagem de ilhas de frescor, se considerou os 31 dias do mês de agosto, sendo esse realizado no Microsoft Office Excel.

Às 12h as IF ocorreram com menor frequência e apenas nos pontos 3 e 5 (moradias do CDHU) durante atuação da Pa. Acredita-se que o ponto fixo 2 ao apresentar aquecimento mais elevado em relação aos pontos 3 e 5 devido, dentre outros fatores, decorre da escassez de vegetação arbórea, a sua posição geográfica na malha urbana. Como está localizado na porção oeste, os ventos que sopram do quadrante leste levam consigo características do clima urbano, aliado a incidência solar, provocam o aumento da temperatura do ar no ponto 2 mais rapidamente. Após a entrada e estabilização dos sistemas polares, e durante a atuação das massas de ar tropicais (Ta e Tac), não se registrou nenhuma IFs durante às 12h. As ICUs, por sua vez, foram de fraca magnitude em todos os pontos, exceto no dia 10, sob atuação da Ta que ocorreu ICU de média magnitude (3°C), uniformemente em todos os pontos.

Às 15h, com o aumento da temperatura do ar, as IFs ficaram restritas apenas ao ponto 3 durante atuação da Pa entre os dias 5 ao 7. Nos demais episódios de atuação dos sistemas polares, as ICUs no ponto 3 foram até 1°C menor do que os pontos 2 e 5. Por outro lado, durante a atuação dos sistemas tropicais (Ta e Tac), foi durante às 15h que as ICUs atmosféricas adquiriram forma e padrão mais claro, ocorrendo com maior frequência e regularidade, superando os 3°C de intensidade, principalmente nos pontos fixos 3 e 5, registrando ICU máxima de 3,8°C e 3,6°C respectivamente. A ocorrência da ICU nesses pontos explica-se por meio do padrão organizacional e construtivos adotados pela CDHU, ao privilegiar a quantidade em detrimento da qualidade, as moradias apresentam lotes pequenos, parcial ou totalmente impermeabilizados, pouca vegetação arbórea e alta densidade construtiva.

Tais características limitam a evapotranspiração que propiciam a retirada de calor sensível da atmosfera. Assim, devido à ausência de materiais construtivos no ambiente rural próximo, as diferenças térmicas entre o urbano e o rural próximo se intensificam (Amorim, 2017). Além disso, a baixa densidade de vegetação também reduz a evapotranspiração, responsável por amenizar as ICUs,

“[...] as menores quantidades de vapor d'água intensificam a diferença entre o urbano e o rural próximo na medida em que a radiação solar recebida durante o dia fica armazenada nas construções que possuem capacidade diferenciadas em absorvê-la e em refleti-la, dependendo das propriedades dos materiais (AMORIM, 2017, p. 146).

Às 18h as ICU de média magnitude ficaram restritas ao ponto 5 durante atuação da Ta no dia 12 e da Pa nos dias 21, 22 e 23. Além da alta densidade

construtiva, a orientação das vertentes do ponto 5, voltadas para oeste, proporcionaram a incidência solar direta das últimas horas do dia, explicando o aquecimento superior aos demais pontos. De acordo com Amorim (2017, p. 35) “[...] com exceção da estação de verão, as vertentes voltadas para o norte naturalmente recebem maior incidência dos raios solares resultando no aumento da temperatura em relação às vertentes voltadas para o sul.” Mas, em Martinópolis, mesmo se encontrando na região climática de Presidente Prudente, área de estudo da autora, foi possível notar que, assim como as vertentes voltadas para norte, as vertentes voltadas para oeste também apresentaram aquecimento elevado em virtude do favorecimento dos raios solares no fim da tarde.

Foi durante a atuação da Pa, do dia 21 ao dia 26, que os pontos 2 e 3 registraram as maiores intensidades de ICU (1,4°C a 1,9°C) para o horário. Já, sob atuação dos sistemas tropicais (Ta e Tac), as ICUs registraram intensidade entre 0,5°C a 1,8°C.

Cabe destacar que, mesmo sob atuação de diferentes sistemas atmosféricos, em todos os episódios de ocorrência de ICU de média magnitude às 18h, houve céu claro ao longo de todo o dia.

Durante às 21h, as ICUs mantiveram fraca magnitude em todos os pontos da área urbana, com no máximo 0,5°C de diferença entre si. No entanto, durante os episódios que predominaram os ventos do sudeste, com velocidades entre 1,6m/s e 3m/s, o ponto fixo 3, ao se localizar a Noroeste da malha urbana, recebeu ventos aquecidos que atravessaram toda a área urbana levando consigo características do microclima urbano, se mantendo mais aquecido do que os demais pontos, principalmente nos dias 23 e 27, quando registrou ICU de média magnitude.

Com relação as ilhas de calor superficiais diagnosticadas por meio das imagens termais do satélite Landsat 8 (Prancha 2B), tomadas às 10h22 no dia 22 do mesmo mês, verificou-se que devido à falta de precipitação, típica desta época do ano, foram observadas temperaturas elevadas no urbano e no rural próximo. Algumas áreas no intraurbano e nas áreas rurais com vegetação mais densa tiveram diferenças de temperaturas menores.

Esta característica pode ser atribuída à baixa quantidade de cobertura vegetal disponível no ambiente rural próximo, como pode ser visto na Figura C (Prancha 2) que exhibe o NDVI para período. A presença de gramíneas no ambiente rural, com a

falta de precipitação, seca e deixa o solo exposto, proporcionando o aumento das temperaturas dos alvos. As relações entre presença de vegetação e intensidade das temperaturas dos alvos, podem ser verificadas na Prancha 2 nas imagens C (NDVI) e B (intensidade das temperaturas dos alvos).

5.1.1 Conforto térmico interno e externo nas moradias do CDHU e de alto padrão construtivo em Martinópolis no mês de agosto de 2019.

No mês de agosto de 2019 houve três períodos marcados por atuação dos sistemas atmosféricos polares (Pa e Pt). Esses ocorreram entre os dias 02 ao 07, 14 ao 16 e 21 ao 25, como demonstrado anteriormente na Figura 20.

Nos horários noturnos (0h e 6h), considerando o ambiente externo das moradias do CDHU e de alto padrão construtivo, houve comprometimento no THI levando ao desconforto térmico em relação ao frio, principalmente no primeiro período (dia 02 ao 07). No segundo período (entre 14 e 16/08) o desconforto para o frio aconteceu somente no dia 15. Já no terceiro e último período (entre 21 e 25/08), o THI externo registrou índice de frescor no ambiente externo às 6h, enquanto nos demais horários houvesse conforto ou desconforto ao calor (quente).

Portanto, entende-se que a atuação das massas polares foram distintas umas das outras nos três períodos. No primeiro, dentre os três, a massa polar provocou queda nas temperaturas máximas (ficando abaixo dos 25°C), principalmente devido ao vento do quadrante sul e, em razão das características distintas do sistema tropical que atuava anteriormente, também ocorreu nebulosidade de 3 a 5 décimos nos dias 2, 3 e 6. No dia 04, ficou em 9 a 10 décimos, aumentando a umidade relativa do ar para 70% e reduzindo as máximas para 15°C e as mínimas para 10°C.

A segunda massa polar que atuou no mês de agosto, não provocou queda nas temperaturas máximas como a primeira (ficando acima dos 25°C). As mínimas estiveram próximas dos 15°C, não houve registro de nebulosidade e sua atuação foi a mais curta, durando apenas três dias. A terceira massa polar foi ainda mais branda, ao passo que, as temperaturas máximas ficaram próximas aos 30°, enquanto as mínimas e a temperatura às 9h foram próximas dos 15°C.

Durante o horário noturno (0h e 6h), quando ocorreu desconforto externo em relação ao frio, o lado interno das moradias apresentaram sensação de conforto de acordo com o índice THI, principalmente no primeiro e segundo períodos de atuação das massas de ar polar. Já no terceiro período, registrou-se THI quente do lado interno às 0h e conforto às 6h. Logo, entende-se que, nos episódios de atuação das massas polares, as moradias do CDHU e de alto padrão construtivo conseguiram proporcionar

sensação de conforto térmico aos ocupantes do lado interno, protegendo-os das condições climáticas adversas do ambiente externo ligadas ao frio (quadro 9).

Quadro 9 - Índice THI agosto de 2019

Dia	Índice THI - às 0h						Índice THI - às 6h						Índice THI - às 12h						Índice THI - às 15h						Índice THI - às 18h					
	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P5 INT	P5 EXT	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P5 INT	P5 EXT	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P5 INT	P5 EXT	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P5 INT	P5 EXT	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P5 INT	P5 EXT
1	21.4	18.8	21.9	19.4	21.2	18.7	20.4	17.0	20.0	17.2	20.3	16.7	20.2	25.0	20.7	24.5	21.4	24.8	21.1	26.8	22.5	26.0	22.6	27.2	22.2	23.7	23.7	23.6	22.5	24.3
2	21.9	20.6	22.5	21.3	22.1	20.7	21.8	20.1	21.8	20.2	21.6	19.6	22.2	24.7	22.2	24.8	22.3	24.2	22.8	26.9	23.6	26.5	23.4	27.0	23.1	21.6	24.3	21.6	23.4	22.0
3	21.2	15.5	21.5	15.5	21.1	15.7	19.5	12.6	18.8	12.4	19.7	12.7	18.5	18.6	18.3	18.8	19.0	18.7	18.9	18.5	19.4	18.6	20.0	18.9	19.1	16.8	19.6	17.1	19.7	17.2
4	18.7	14.2	18.4	14.2	19.0	14.5	17.6	10.9	16.8	10.8	18.0	11.5	16.9	14.9	16.3	14.3	17.4	14.9	17.1	18.0	16.5	16.9	17.8	18.0	17.7	15.7	17.6	15.5	17.8	15.7
5	17.1	12.7	16.4	12.5	17.2	12.9	16.4	11.7	15.4	11.5	16.8	11.6	16.9	20.8	16.7	19.8	17.8	20.4	17.9	22.0	18.8	21.0	19.2	22.0	18.7	19.3	19.7	18.9	19.3	19.3
6	18.7	16.6	18.8	16.4	18.9	16.3	18.2	15.8	17.6	15.6	18.6	15.8	18.6	19.9	18.6	19.4	19.2	20.2	18.8	21.2	19.2	21.0	19.5	21.5	19.1	19.8	19.7	19.7	20.1	
7	19.1	17.4	19.1	17.7	19.2	16.9	18.7	16.5	18.4	16.9	19.1	16.5	19.0	24.3	20.2	23.9	21.0	24.3	20.2	25.3	22.1	25.2	22.1	26.2	21.4	23.8	23.3	23.5	22.2	24.1
8	21.4	19.6	22.1	20.3	21.5	19.8	20.7	18.3	20.7	18.6	20.7	17.8	21.1	25.4	21.6	25.3	22.1	25.3	21.6	26.5	23.2	26.3	23.3	26.9	22.7	24.3	24.4	23.9	23.0	24.3
9	22.4	20.2	22.9	20.7	21.9	19.9	21.5	18.8	21.2	19.1	21.2	18.4	22.0	25.8	22.0	25.8	22.3	25.7	22.1	26.4	23.4	26.7	23.3	26.6	22.9	24.2	24.4	23.8	23.2	24.8
10	22.6	20.8	22.9	20.9	22.4	20.7	21.8	17.5	21.5	17.7	21.6	18.3	21.4	25.6	22.1	25.5	22.9	25.2	22.2	26.4	23.7	26.4	24.1	26.6	23.3	24.0	24.8	24.0	24.1	24.4
11	22.8	19.2	23.4	19.0	23.3	19.0	21.6	18.5	21.4	18.7	22.0	16.9	22.0	26.6	22.2	25.7	23.3	26.2	23.3	26.8	24.2	26.8	24.0	27.4	23.8	24.9	25.0	24.6	23.8	25.0
12	22.9	21.2	23.4	21.4	22.9	21.2	22.4	19.5	21.8	19.9	22.0	19.3	22.5	26.7	22.5	26.7	23.3	26.5	23.7	27.8	24.3	28.0	24.2	27.4	24.4	25.6	25.7	25.6	24.3	26.0
13	23.6	22.1	24.6	22.5	23.5	22.3	23.2	20.0	23.1	20.7	22.9	19.8	22.9	26.9	23.5	26.8	24.0	26.7	24.1	27.6	25.0	28.0	24.7	27.5	24.4	25.0	25.7	25.1	24.7	25.3
14	23.4	19.2	24.1	19.1	23.5	19.3	21.4	14.2	20.8	13.9	21.2	14.4	20.2	20.9	19.8	20.3	20.7	20.8	20.6	22.7	21.2	22.3	21.5	22.7	21.2	19.6	22.1	19.2	21.4	19.7
15	19.7	12.8	19.5	12.5	19.3	12.8	18.0	11.8	17.2	11.7	18.0	11.8	18.3	21.7	17.8	21.1	18.9	21.7	20.6	24.8	19.8	24.2	20.7	24.8	21.3	22.7	21.6	22.4	21.0	22.9
16	20.8	18.2	21.2	18.6	20.6	18.1	19.7	14.0	19.4	13.8	19.7	14.2	19.6	23.7	19.6	23.1	20.8	23.7	20.3	24.5	21.3	23.9	21.6	24.6	21.3	22.3	22.4	22.0	21.5	22.4
17	21.2	19.0	21.1	19.3	20.6	18.8	20.1	16.9	19.5	17.1	19.8	16.4	20.0	24.9	20.6	24.6	21.6	24.6	21.1	26.2	22.6	25.6	22.8	26.5	22.4	24.1	23.9	23.9	22.8	24.3
18	22.1	20.9	22.5	21.0	21.8	20.4	21.5	19.8	21.6	19.5	21.1	18.6	22.2	25.3	22.3	25.3	22.6	25.3	22.7	25.5	23.3	25.9	23.4	25.7	23.3	23.4	24.1	23.9	23.6	24.0
19	23.1	22.0	23.1	21.8	23.0	21.7	22.5	20.1	22.4	20.4	22.6	20.5	22.1	21.4	21.9	21.3	22.4	21.6	22.4	24.3	22.5	23.4	22.8	24.1	22.7	22.1	23.1	21.8	22.9	22.1
20	21.5	16.3	21.3	15.8	21.4	16.4	19.9	14.3	19.0	14.0	20.2	14.3	19.4	22.5	19.4	22.0	20.5	21.5	20.3	25.0	21.3	25.3	21.9	25.6	21.3	23.0	22.7	22.8	22.2	23.0
21	21.1	18.2	21.9	18.0	21.3	17.8	19.9	14.2	19.5	13.8	20.0	14.1	19.5	23.6	20.1	23.2	20.8	22.6	20.3	24.3	21.8	24.4	22.2	25.3	21.2	22.4	22.8	22.3	22.0	23.1
22	20.5	18.2	21.9	18.2	21.1	17.9	19.1	13.7	19.4	13.5	19.7	13.7	18.6	22.5	19.5	22.0	20.1	21.8	19.4	23.9	21.2	23.8	21.3	23.9	20.4	21.5	22.2	21.3	21.0	21.6
23	20.1	16.3	21.0	16.1	20.4	16.5	18.9	14.3	18.7	14.2	19.5	14.6	18.8	23.1	19.3	23.1	20.1	22.0	19.7	24.3	21.2	24.5	21.6	24.4	20.6	22.0	22.3	21.7	21.4	22.7
24	20.2	17.9	21.1	18.0	20.6	17.9	19.4	14.4	19.6	14.6	19.8	14.6	19.0	23.0	19.9	22.2	20.4	22.3	19.9	24.3	21.3	23.5	21.7	24.8	21.2	22.0	22.1	21.7	21.5	21.9
25	20.4	16.1	20.8	16.1	20.4	16.1	19.3	13.2	18.3	13.2	19.2	13.2	18.9	22.8	18.8	22.3	20.0	22.3	20.2	25.0	20.8	24.5	21.5	24.8	21.3	22.9	22.1	22.8	21.5	22.7
26	21.2	17.3	21.3	17.1	20.8	17.1	19.9	13.5	18.7	13.3	19.4	13.8	19.6	24.3	19.3	23.8	20.8	23.9	20.4	26.6	21.6	26.0	22.5	26.8	21.7	24.5	23.2	24.2	22.5	24.1
27	21.9	19.7	22.3	19.6	21.6	19.5	20.8	17.0	20.4	17.2	20.8	16.8	20.5	25.3	21.1	24.4	21.6	24.8	21.3	25.6	22.8	25.3	22.8	26.4	22.1	24.1	23.6	24.1	22.9	24.3
28	22.2	21.1	23.1	21.1	22.4	21.1	21.7	17.8	21.5	17.7	21.5	17.6	21.0	25.0	21.8	24.2	22.2	24.4	21.7	25.4	22.7	24.9	22.9	25.1	22.3	23.9	23.4	23.9	23.1	24.0
29	22.2	20.7	22.8	20.7	22.4	20.6	21.4	16.6	21.2	16.8	21.6	17.3	21.0	25.2	21.0	24.6	22.0	24.6	21.7	26.1	22.7	26.0	23.3	26.3	22.6	24.4	23.8	24.1	23.0	24.5
30	22.5	21.0	23.1	21.4	22.6	20.9	21.6	18.9	21.5	19.4	21.7	19.0	21.7	26.4	22.7	26.6	23.1	26.0	22.6	29.8	24.2	30.0	24.2	30.0	23.9	25.9	25.3	25.6	24.1	26.0
31	23.5	22.7	24.4	22.5	23.2	22.1	23.1	21.1	23.0	20.8	22.8	20.4	23.1	27.2	23.6	27.8	24.2	27.1	23.9	29.9	25.3	30.1	25.4	30.2	24.5	22.4	26.1	22.6	25.2	22.8
										Frio			Fresco			Confortável			Quente			Muito Quente			Tórrido					

Fonte: Dados obtidos em campo

Durante os horários diurnos (12h e 15h), no primeiro período de atuação dos sistemas polares (03 a 07/08), foi possível identificar a ocorrência de conforto térmico do lado externo e interno das moradias, enquanto nos demais períodos de atuação dos sistemas polares, houve predomínio do desconforto ao calor (quente) internamente. Assim, a sensação de conforto ficou restrita a menos da metade dos dias do mês durante esses horários. Ao passo que, na moradia de alto padrão construtivo (ponto 2) registrou 45% de episódios com conforto térmico às 12h e 22% às 15h, contra 41% às 12h e 16% às 15h no ponto 3 (CDHU - 2013) e em 16% às 12h e em 10% dos casos às 15h no ponto 5 (CDHU – 2004).

Já no ambiente externo, durante às 12h e 15h, predominou a sensação de desconforto ao calor (quente e muito quente), em todos os pontos, durante o mês de agosto, de modo que, a situação mais grave de desconforto ao calor, classificada como tórrido, de acordo com Besancenot (2001), aconteceu nos pontos 3 e 5, ambos moradias do CDHU, durante a transição entre a massa de ar tropical atlântica continentalizada (Tac) e a entrada da FPA entre os dias 30 e 31, devido as altas temperaturas comuns das massas tropicais continentais e continentalizadas, correspondendo a 3% dos episódios do mês.

Durante às 18h os ambientes internos e externos de todas as moradias tiveram a mesma classificação de THI ao longo de todo o mês, indicando 13% de conforto térmico para o ambiente interno e 16% para o ambiente externo, exceto o ponto 5 que registrou 13% dos episódios com conforto térmico no ambiente externo. Vale destacar que os episódios de conforto ocorreram somente durante atuação dos sistemas polares (Pa e Pt). Para os demais episódios registrou-se desconforto térmico (quente) ao longo de todo o mês.

No que compete ao ambiente interno das moradias, sob atuação dos sistemas atmosféricos tropicais (Ta e Tac), esses com temperaturas mais elevada em relação aos sistemas polares, em 100% dos casos, independente do horário, o registro do THI foi classificado como quente. Portanto, todas as moradias estudadas apresentaram desconforto ao calor durante todo o dia, indicando que há necessidade de rever as disposições das entradas e saídas de ar, melhorando a circulação e trocas de calor com o ambiente externo, possibilitando maior conforto térmico para os moradores.

Nos horários noturnos (0h, 6h e 18h), as ICU pouco influenciaram no conforto térmico externo das moradias, independentemente dos sistemas atmosféricos

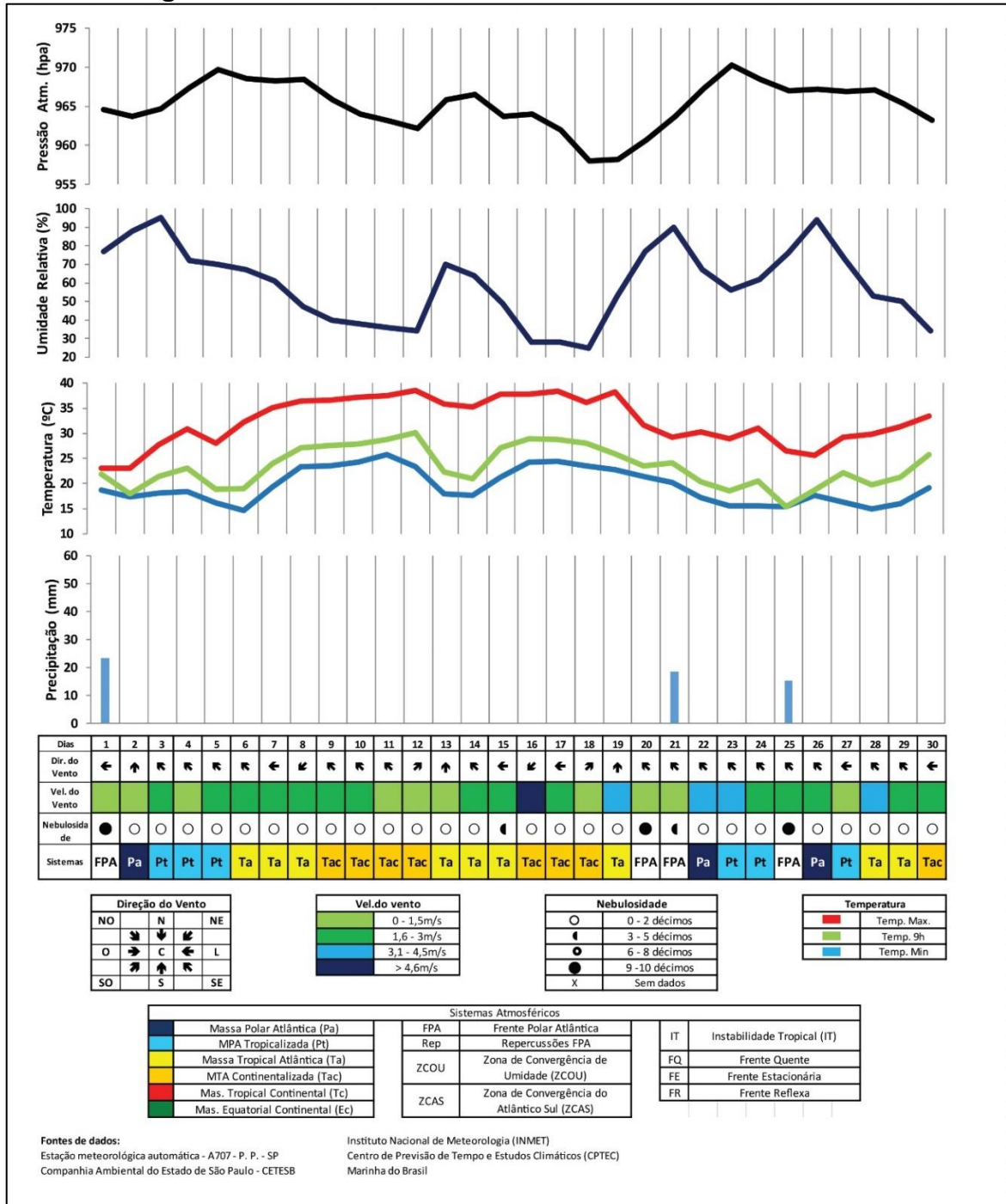
atuantes, uma vez que, mesmo havendo diferenças numéricas nos THI registrados, os resultados obtidos para cada moradia tiveram classificação igual em relação ao conforto térmico para cada horário. Entretanto, às 12h e, principalmente, às 15h, as ICUs influenciaram diretamente no conforto térmico externo, agravando a sensação de desconforto ao calor, sobretudo no ponto fixo 5, durante a atuação dos sistemas atmosféricos tropicais (Ta e Tac).

No ambiente interno das moradias, a relação entre o conforto térmico e as ICUs não são evidentes tão pouco conclusivas, ao passo que, do ponto de vista da classificação do índice THI adotado, todas as moradias apresentaram resultados semelhantes, estando sujeitas mais ao sistema atmosférico atuante do que em relação as ICUs.

5.2 Intensidade e magnitude das Ilhas de calor atmosféricas e superficiais de acordo com os sistemas atmosféricos atuantes em setembro de 2019

Assim como agosto de 2019, no mês de setembro do mesmo ano houve o predomínio de estabilidade atmosférica com ventos de até 3 m/s e céu claro (Figura 21), todavia, o mês de setembro marca o fim do inverno e o início da primavera, o que trouxe instabilidade atmosférica nos últimos dez dias do mês. A precipitação acumulada atingiu a marca de 55 mm, ocorrendo em três episódios distintos marcados pela entrada de frentes polares. Durante os dias 6 a 19 houve predomínio da atuação de sistemas tropicais (Ta e Tac), o que elevou a temperatura máxima (Figura 21), todavia, devido à baixa umidade relativa do ar e a ausência de nuvens, que atuam retendo parte do aquecimento na superfície que ocorreu ao longo do dia, durante à noite, as temperaturas mínimas alcançaram valores abaixo dos 20 °C, fazendo com que houvesse amplitude térmica diária superior a 20°C (MILANI; AMORIM, 2020). Essa característica marcou o período de atuação dos sistemas tropicais no mês de setembro de 2019, proporcionou clara distinção no padrão das ICUs entre o período diurno, que concentrou as maiores intensidades e magnitudes, e o período noturno, quando foram mais brandas (Prancha 3A). Ao longo do mês de setembro houve, também, a entrada de três frentes polares que provocaram precipitação de até 23 mm e quedas nas temperaturas, principalmente nas máximas.

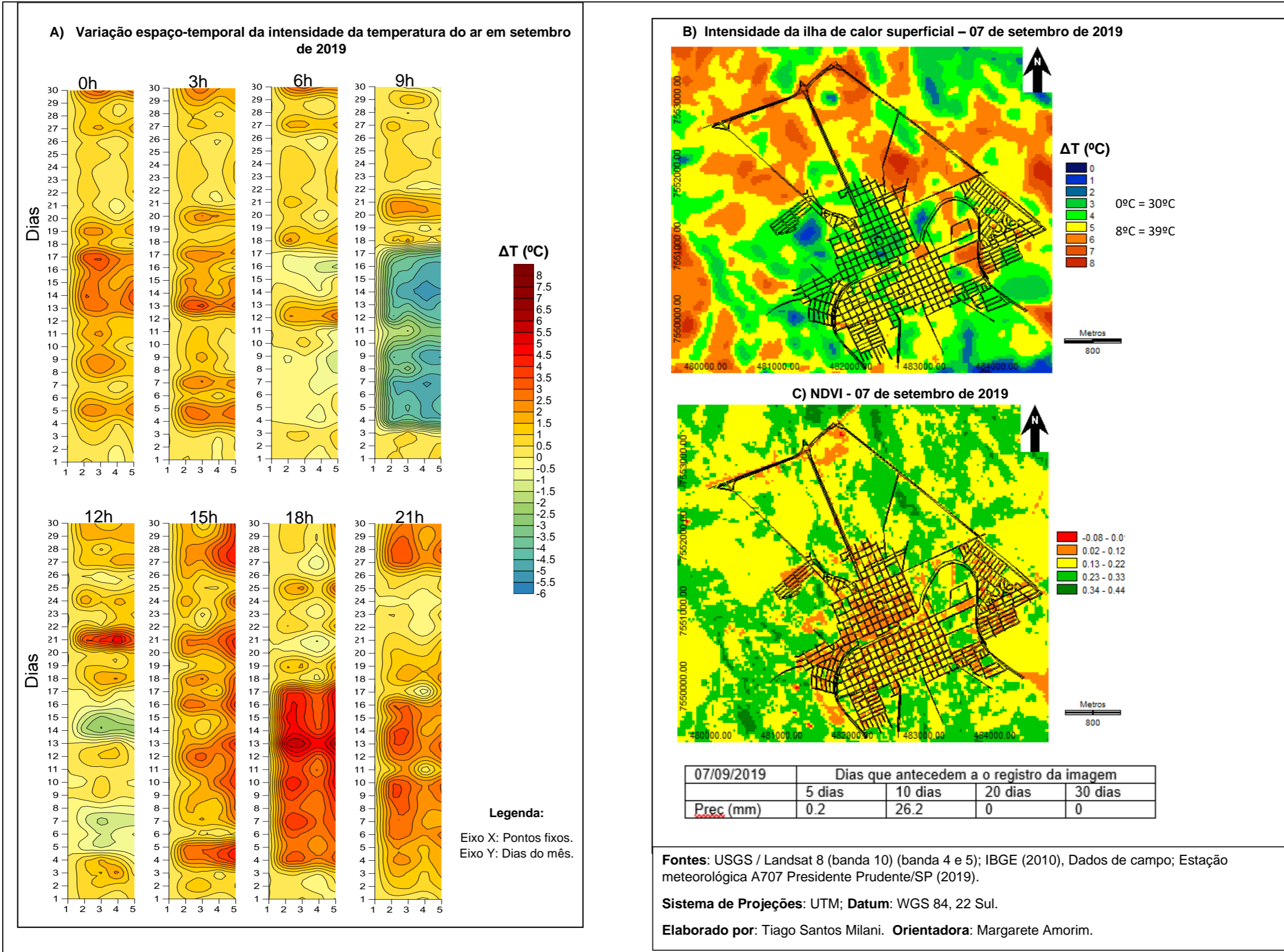
Figura 21 - Gráfico de Análise Rítmica de setembro de 2019



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Entre dos dias 20 a 27, a velocidade do vento foi maior que nos demais períodos, ficando entre 1,6 m/s e 4,5 m/s com céu encoberto nos dias 20 e 25 (Figura 21).

Prancha 3 – Distribuição espacial das ilhas de calor da atmosfera inferior, ilhas de calor superficial e NDVI referentes ao mês de setembro de 2019



Às 0h, horário início dos registros das ICUs, verificou-se intensidade máxima de 3,5°C e 3,6°C nos pontos 2 e 3, respectivamente, no dia 17 após a mudança no padrão dos ventos trazendo consigo a características da Tac (quente e seco), substituindo a Ta (quente e úmida) que atuava até então. Essa mudança fez com que a umidade relativa do ar diminuísse além de provocar alteração na direção predominantes dos ventos, agora, soprando do quadrante leste com até 3 m/s no dia (Figura 21). Os ventos, levaram ar quente da cidade para os pontos 2 e 3 os mantendo mais aquecido que os pontos 4 e 5 mesmo durante o horário noturno. Se observa que, na grande maioria dos episódios em que houve predomínio de ventos do quadrante leste, nordeste e sudeste, os pontos 2 e 3 foram 0,5°C a 1,5°C mais aquecidos que os demais pontos urbanos.

O padrão de ICU registrado às 0h se repetiu às 3h, mantendo ICU de média magnitude, conforme a classificação de Fernandez Garcia (1996), nos episódios de estabilidade atmosférica, principalmente nos pontos 2 e 3. Porém, às 6h, a intensidade das ICUs diminuiu em todos os pontos, sendo registradas ICUs de fraca magnitude, além de ilhas de frescor no ponto 5, estes mais a Leste da malha urbana, o que favorece a entrada de ar arrefecido que sopra do rural próximo, possibilitando que os mesmos fiquem mais frescos que os demais pontos, inclusive o ponto fixo no ambiente rural utilizado nessa pesquisa, que se localiza a Oeste da malha urbana.

Durante às 9h, assim como o mês de agosto, foi o horário que ocorreu o registro das ilhas de frescor mais intensas em todos os pontos urbanos, atingindo até -5,5°C em relação ao rural próximo. Como descritos nos trabalhos de Amorim (2017) e Teixeira (2019), já citados nesta pesquisa, o efeito sombra, gerado pela inclinação das vertentes e intensificado com a construção civil presente na área urbana, fez com que o aquecimento do ar e da superfície fosse desigual, assim, no ambiente rural próximo, devido à vegetação esparsa e a ausência de densidade construtiva, o aquecimento da superfície ocorreu de forma mais rápida e homogênea.

As ilhas de calor superficiais no (Prancha 3B), registradas às 10h22, também se mostraram com intensidade branda, variando entre 1°C e 5°C. No caso de Martinópolis nota-se o aquecimento desigual da superfície no ambiente urbano às 10h22, dado que a intensidade da ICU superficial no ambiente urbano variou de 1°C a 5°C de intensidade, enquanto, no rural próximo, a variação foi de 4°C a 8°C. Esse fato é explicado devido à escassez de vegetação no ambiente rural próximo, comum

nessa época do ano, na medida que o solo exposto aquece mais rapidamente que o ambiente urbano como mostrou Amorim (2017).

Assim como aconteceu no mês de agosto às 12h, em setembro às ilhas de frescor são registradas em poucos episódios, se concentrando nos pontos 3, 5 e também no ponto fixo 4³⁸ principalmente sob atuação da Ta.

As ICUs, às 12h, foram de fraca magnitude ao longo da maior parte dos dias durante este horário em decorrência do aquecimento tardio da área urbana, ao passo que, as ICUs tiveram caráter homogêneo com destaque para o ponto 3 que, em geral foi até 1°C mais aquecido que os demais. Todavia, o padrão que predominou ao longo do mês foi superado durante a entrada da FPA no dia 21 que provocou precipitação de 20 mm, resfriando o ambiente rural próximo mais rapidamente que urbano, provocando ICU de forte magnitude em todos os pontos urbanos (Prancha 3A).

Às 15h o padrão e a espacialização das ICUs foram semelhantes aos das 12h, mas, com o aquecimento da superfície urbana e rural devido à exposição à luz do sol, diferente das 12h, às ICUs foram de média e forte magnitude. A principal diferença no padrão das ICUs em relação às 12h ocorre no ponto 5, que, em decorrência da alta densidade construtiva, ausência de vegetação (Prancha 3C) e impermeabilização generalizada do solo, se destacou como o mais aquecido que os demais, apresentando, em todos os episódios de estabilidade atmosférica, ICUs entre 3,5°C e 4,5°C.

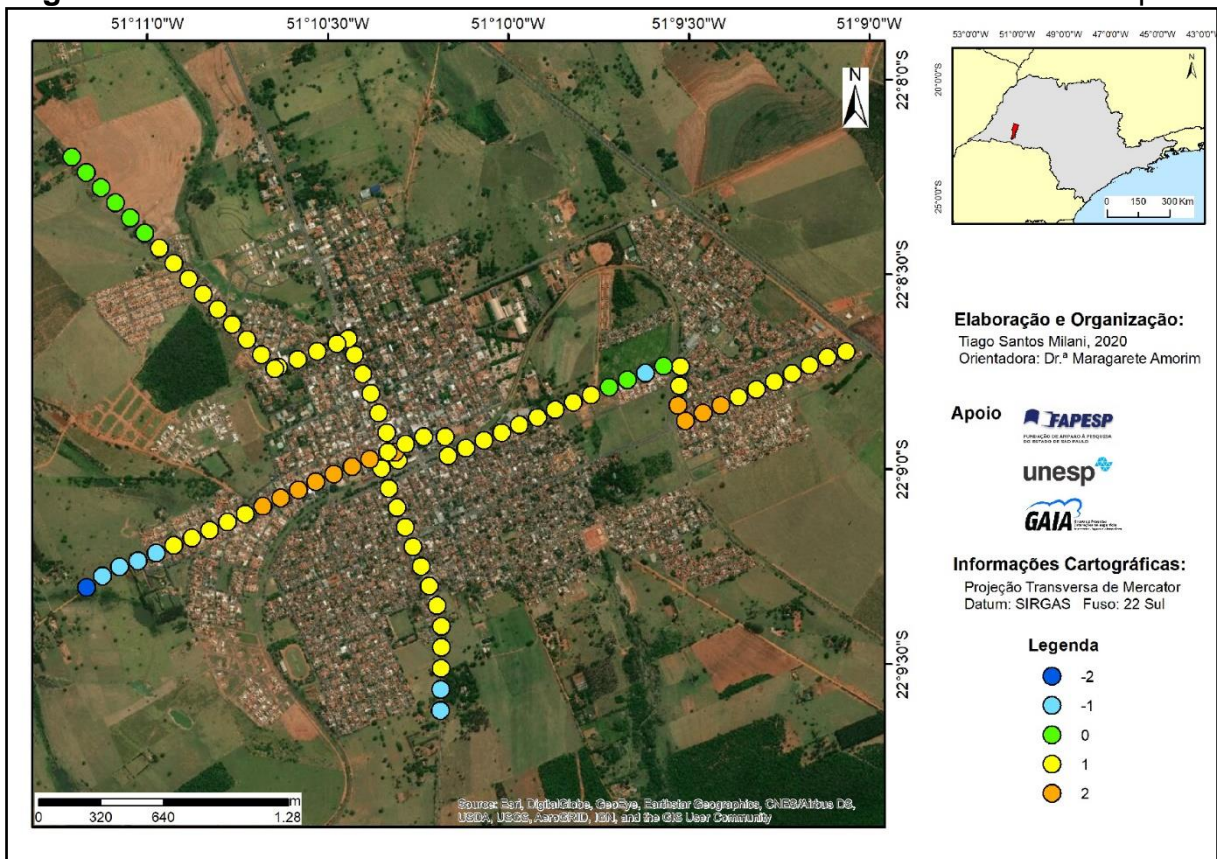
Já às 18h, diferentemente dos outros horários analisados no mês de setembro, foi observado dois padrões distintos das ICUs. No período de estabilidade atmosférica que perdurou entre os dias 4 a 18 marcado pelas Ta e Tac, as ICUs tiveram magnitudes médias e fortes nos pontos 2 e 3. No ponto 4 ocorreu apenas ICU de média magnitude. O ponto 5, apresentou ICU de magnitude forte e muito forte, com intensidade de até 6,2°C, também sob atuação da Tac. No segundo período, a partir do dia 19 com a mudança no padrão dos ventos, soprados de sul com velocidades de até 4,5 m/s, e a entrada de sistemas polares, a instabilidade atmosférica provocou homogeneização das características do ar no ambiente urbano, como já foi abordado por Amorim (2017), fazendo com que não se registre ICUs de forma clara, e, quando ocorreu foi de fraca magnitude.

³⁸ Os registros de temperatura e umidade relativa do ar no ponto 4 teve início apenas no mês de setembro de 2019, como foi especificado na sessão de materiais e métodos.

Às 21h, a intensidade e magnitude das ICUs diminuíram, tornando seu efeito mais brando, assim como ocorreu no mês de agosto de 2019, porém, com fim do inverno e o pôr do sol cada vez mais tarde, além do ponto 3, que já apresentava ICU superiores os demais pontos urbanos, o ponto 2, ao se localizar na porção Oeste da malha urbana e possuir vertentes também voltadas também para oeste, possibilitou o aquecimento até as últimas horas de sol, fazendo com o que permanecesse mais aquecido, registrando ICU de até 3,6°C, sendo esse o pontos mais quentes às 21h ao longo de todo o mês de setembro.

Ainda no mês de setembro foi realizado um transecto móvel às 21h no dia 27, cujo os resultados (Figura 22) mostram que há o aquecimento elevado na porção Oeste da cidade, registrando ICU de 2°C em um trajeto de 900 metros, de modo que volta a reduzir para 1°C ao se aproximar da área rural próxima. Já na porção Leste predomina ICU de 1°C, chegando a 2°C nos locais de maiores densidades construtivas.

Figura 22 - Transecto móvel realizado em 27 de setembro de 2019 em Martinópolis



Fonte: Créditos na figura.

5.2.1 Conforto térmico interno e externo nas moradias do CDHU e de alto padrão construtivo em Martinópolis no mês de setembro de 2019.

No que se refere aos sistemas atmosféricos atuantes, no mês de setembro de 2019 houve dois padrões distintos. O primeiro, foi marcado por massas de ar polares (Pa e Pt) que, devido as suas características, provocaram instabilidade atmosférica (ventos e precipitação), queda nas temperaturas e umidade relativa do ar acima dos 60%, esse padrão atuou em dois períodos, entre os dias 1 ao 5 e entre os dias 20 ao 27; o segundo padrão foi tipificado por atuação de sistemas tropicais (Ta e Tac) com temperaturas altas, umidade relativa abaixo dos 50% e estabilidade atmosférica, que atuou, principalmente, entre 6 a 19 e 28 a 30 de setembro (Figura 21). Destacar essa dinâmica é importante pois, ao que se tem observado, como nos trabalhos de Gobo (2018), Fante (2019), dentre outros, as massas de ar exercem influência direta no conforto térmico.

Assim sendo, no horário noturno (0h e 6h), durante atuação das massas de origem polar, foi quando se concentrou os índices de conforto térmico do lado externo em todos os pontos (Quadro 10) mesmo com a presença ICU de fraca magnitude nos pontos 2 e 3. Em dois episódios (dias 6 e 28), logo após a saída dos sistema polar, o índice de conforto térmico classificado como frescor (leve desconforto ao frio), de acordo com Besancenot (2001), ocorreu em virtude da diminuição da umidade relativa do ar (Figura 21) assim que o sistema tropical começa atuar, evidenciando a importância que umidade relativa do ar exerce no índice de conforto térmico utilizado nessa pesquisa, além dos ventos de até 4,5 m/s que levaram ar arrefecido do ambiente rural próximo para o urbano.

Todavia, durante atuação dos sistemas polares, em nenhum momento houve desconforto ao frio no lado interno em nenhuma das residências estudadas, inclusive, foi durante atuação dos sistemas polares, que ocorreu registros de conforto térmico interno nas residências, principalmente no ponto 3, destacando a capacidade das residências da CDHU em proteger seus moradores do frio. Nos episódios em que houve atuação predominante dos sistemas tropicais, às 0h e 6h, em todos os pontos estudados, o índice de conforto térmico interno das residências foi classificado como quente, a partir dos dados analisados, pode-se afirmar que nenhuma das residências estudadas, seja ela CDHU ou de alto padrão construtivo, o projeto arquitetônico levou em consideração a realidade climática local, todavia, destaca-se que, famílias de

melhor poder aquisitivo podem superar o possível desconforto ao calor utilizando climatização artificial, ferramenta que nem sempre está disponível em todas residências, sobretudo das famílias com menor poder aquisitivo.

Se a relação entre as ICUs e o conforto térmico externo das residências estudadas não apresentaram dependência direta horário noturno, no horário diurno (12h, 15h e 18h), as ICUs de magnitude forte ou muito forte provocaram comprometimento no conforto térmico em todos os pontos, ao passo que, registrou-se como “Muito quente” (Quadro 10) às 12h e 15h, principalmente entre os dias 04 e 18. Mas às 18h, no ponto 4 que apresenta ICU de média magnitude (Prancha 3A), o comprometimento do conforto térmico foi mitigado, isso deve, principalmente, em decorrência dos lotes grandes, baixa densidade construtiva a presença vegetação arbórea.

No ambiente interno das residências, durante o horário diurno, somente nos pontos 3 e 5, ambas empreendidas pela CDHU, é que apresentam comprometimento grave do conforto térmico em relação ao calor, classificado como muito quente. Ao passo que, os pontos 2 e 4 tiveram comprometimento mais brando nos mesmos episódios (Quadro 10).

Diferentemente do mês de agosto de 2019, em setembro do mesmo ano, sob atuação dos sistemas polares, no horário diurno, não houve registro expressivo de conforto térmico no ambiente interno das residências investigadas, ao passo que, em todas elas predominou o desconforto ao calor.

Contudo, observa-se que as ilhas de calor de forte e muito forte magnitude comprometem o conforto térmico externo, principalmente nos pontos 2, 3 e 5, porém no que se refere ao ambiente interno, as mesmas exercem influência direta apenas nas moradias do CDHU, tendo em vista que os pontos 3 e 5 foram os que mais apresentaram comprometimento do conforto térmico no ambiente interno em relação ao calor, principalmente às 18h (Quadro 10), horário esse em que houve o registro das ICUs de maiores magnitudes e intensidades no mês de setembro de 2019 (Prancha 3A)

Quadro 10- Índice THI setembro 2019

Dia	Índice THI - às 0h								Índice THI - às 6h								Índice THI - às 12h								Índice THI - às 15h								Índice THI - às 18h							
	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P4 INT	P4 EXT	P5 INT	P5 EXT	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P4 INT	P4 EXT	P5 INT	P5 EXT	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P4 INT	P4 EXT	P5 INT	P5 EXT	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P4 INT	P4 EXT	P5 INT	P5 EXT	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P4 INT	P4 EXT	P5 INT	P5 EXT
1	23.7	20.2	24.3	20.0	24.9	19.4	24.1	20.2	22.8	19.3	22.6	19.0	23.4	18.7	23.1	19.2	22.4	21.8	22.4	21.6	23.3	21.2	23.5	22.0	22.4	21.0	22.4	21.0	23.5	19.8	23.1	20.4	22.0	19.1	21.9	18.9	23.2	18.6	22.7	19.4
2	21.3	18.6	21.2	18.6	22.6	18.1	21.9	18.9	21.0	17.9	20.1	17.9	22.2	17.6	21.8	18.3	20.8	19.6	20.7	19.8	22.0	19.4	21.6	19.8	21.0	21.5	21.0	21.8	22.1	21.2	21.8	21.4	21.2	21.1	21.3	21.0	22.3	20.6	22.0	21.4
3	21.0	19.1	20.6	19.2	22.0	18.6	21.6	19.2	20.4	17.8	19.7	17.9	21.5	17.5	21.1	18.0	20.7	24.5	20.8	24.3	21.7	25.3	22.2	24.0	21.5	24.8	22.7	24.7	22.0	24.3	23.1	24.9	22.4	23.8	23.6	23.6	22.5	23.1	23.2	23.8
4	22.1	20.2	22.5	20.3	22.5	19.6	22.7	20.3	21.2	17.9	21.1	17.6	21.9	17.4	21.9	18.0	21.4	27.2	22.1	27.3	22.1	26.8	23.1	26.3	22.6	27.2	24.5	27.0	23.1	27.5	24.5	28.0	23.4	24.7	25.1	24.7	23.4	24.2	24.4	25.0
5	22.5	21.2	24.0	21.1	23.2	20.7	23.6	21.3	21.4	15.9	21.6	15.7	22.0	15.4	21.6	16.2	20.7	23.0	21.6	22.6	21.5	22.9	21.7	22.8	21.4	24.1	22.5	24.0	22.0	24.1	23.0	24.7	21.8	20.9	23.0	20.7	22.0	20.5	22.3	21.0
6	20.5	15.8	21.0	15.6	21.1	15.3	20.7	16.0	19.2	14.5	19.2	14.5	20.3	14.3	19.6	15.1	19.7	25.6	20.8	24.8	20.6	25.0	21.1	25.2	20.8	26.2	22.6	26.1	21.3	26.0	22.6	26.1	22.2	25.4	24.0	25.3	21.9	24.8	23.2	25.1
7	21.8	19.3	23.1	19.3	22.5	18.8	22.2	19.3	21.1	18.7	21.1	18.6	21.6	18.2	21.4	18.5	22.9	27.1	22.3	26.4	22.4	26.7	23.8	26.7	24.3	28.1	24.3	28.0	24.2	27.9	24.7	28.5	24.6	26.3	25.3	25.9	24.5	25.8	24.3	26.4
8	24.1	23.1	24.5	23.4	23.5	23.1	24.0	22.9	23.4	21.5	23.4	21.8	23.3	21.4	23.3	21.1	23.6	27.9	24.7	27.8	23.5	27.7	25.0	28.5	24.4	28.9	25.9	28.3	24.6	28.2	25.8	29.4	25.0	26.4	26.2	26.1	24.5	25.7	25.3	26.6
9	24.8	23.7	25.2	23.9	24.5	23.6	24.7	23.2	23.8	21.3	24.1	21.6	24.0	21.1	23.7	20.8	24.1	27.9	24.8	27.9	23.9	27.7	24.8	28.9	24.6	28.6	26.1	28.4	24.6	28.3	25.6	28.9	25.7	26.9	26.6	26.4	24.8	26.0	25.5	26.8
10	24.9	23.4	25.2	23.6	24.9	23.1	24.5	22.8	24.0	21.8	24.0	21.9	24.3	21.6	24.0	21.2	24.0	28.2	24.8	28.5	24.1	28.0	25.0	28.8	24.9	28.3	26.1	28.5	24.7	29.4	26.1	29.6	25.8	27.2	27.0	27.1	25.2	26.4	27.0	27.6
11	25.2	23.9	25.7	24.0	25.8	23.5	25.1	23.6	24.4	22.8	24.7	22.9	24.8	22.4	24.4	22.1	25.2	28.7	25.2	28.2	24.6	28.5	25.4	28.5	26.0	28.6	26.0	28.6	24.8	28.4	26.1	29.2	26.1	26.7	26.8	26.9	25.2	26.1	26.1	27.1
12	25.2	24.2	25.6	24.2	25.0	23.8	24.9	24.0	24.5	22.2	24.7	22.0	24.5	22.0	24.3	22.7	24.3	28.7	25.2	28.5	24.2	28.8	25.3	28.0	25.2	29.3	26.5	28.8	24.9	28.8	26.2	28.9	26.1	27.5	27.2	27.3	25.7	26.8	26.4	27.5
13	25.5	21.8	25.8	21.9	25.7	21.5	25.7	22.0	24.1	19.2	24.1	19.1	24.9	18.9	23.8	19.2	24.1	28.1	24.1	27.7	25.1	28.1	25.4	27.4	24.9	28.7	25.8	28.5	25.8	28.8	26.2	29.5	25.6	27.0	26.7	26.8	26.0	26.3	25.9	27.0
14	24.4	20.9	25.2	20.3	23.2	20.1	24.6	21.0	22.2	17.3	22.7	17.0	23.5	16.6	22.9	17.4	22.7	26.7	22.6	26.1	23.3	26.5	23.9	26.2	23.4	28.8	24.5	27.6	24.0	28.6	25.1	28.5	24.3	26.8	25.7	26.3	25.1	25.9	25.2	26.6
15	24.5	23.2	25.1	23.0	25.1	22.4	24.7	23.2	23.6	19.6	23.8	19.3	24.1	19.1	23.9	20.0	23.8	27.9	23.8	27.2	23.7	27.6	25.1	27.7	25.5	28.9	25.2	28.2	24.0	28.6	25.8	29.1	25.6	27.0	26.0	26.7	24.7	26.2	25.6	27.1
16	24.8	23.3	24.9	23.7	24.6	23.2	24.5	22.9	23.7	20.9	23.7	20.9	24.3	21.1	23.6	20.8	24.2	27.7	24.3	27.7	24.0	27.3	24.9	27.5	25.4	28.7	25.6	28.2	24.3	28.0	25.6	28.8	25.9	26.3	26.7	26.1	24.6	25.5	25.5	26.7
17	25.1	23.6	25.3	23.5	24.8	22.9	24.8	23.0	24.0	21.5	24.0	21.5	24.2	21.7	23.9	21.8	24.0	27.9	24.9	28.1	24.1	28.3	26.3	28.3	24.8	28.9	25.9	28.4	24.6	28.2	25.7	29.5	25.9	26.8	26.5	26.3	25.2	26.1	26.3	27.2
18	24.9	23.4	24.6	23.4	24.3	23.0	24.5	22.9	24.2	21.9	24.0	21.2	24.2	21.3	23.9	21.6	24.0	27.1	24.2	27.3	24.0	27.4	25.7	28.6	25.1	28.8	25.8	28.8	25.3	28.3	26.1	28.8	26.1	26.8	27.1	26.7	26.4	26.1	26.6	27.0
19	25.5	23.7	25.8	23.5	25.0	23.1	25.9	23.6	24.7	21.3	24.6	21.2	25.2	20.7	25.1	21.4	24.4	28.4	24.9	28.2	25.0	27.8	25.6	28.3	25.2	28.9	26.2	29.2	25.4	29.1	26.4	29.5	25.9	27.7	26.6	27.5	25.7	27.1	26.2	27.6
20	25.8	22.4	26.1	22.3	26.3	21.8	26.2	22.5	24.7	20.9	24.5	20.6	25.7	20.1	25.3	20.7	24.1	23.1	24.4	23.1	25.4	23.1	25.2	23.7	24.7	27.2	25.2	26.6	25.6	27.0	25.6	28.0	25.1	25.7	25.8	25.3	25.9	24.9	25.8	25.6
21	24.4	20.3	25.0	20.1	24.4	19.6	25.0	20.2	23.8	21.0	23.2	20.7	24.5	20.3	24.0	20.5	23.6	25.5	24.4	25.7	24.0	26.5	24.8	25.3	24.6	27.1	25.4	26.9	24.9	28.0	25.7	27.9	25.0	25.3	26.0	25.0	25.3	24.7	25.6	25.7
22	23.7	19.8	24.4	19.6	24.2	19.3	24.2	20.0	22.0	16.8	22.1	16.4	23.1	16.3	22.4	17.2	22.0	24.5	23.2	23.9	22.8	24.9	23.0	24.4	23.1	26.2	24.1	25.3	24.0	26.6	24.1	26.9	23.8	24.3	24.9	23.9	23.9	23.6	24.1	24.3
23	22.5	17.4	23.2	17.1	23.2	16.9	22.4	17.5	20.8	15.6	20.6	15.5	22.0	15.0	20.9	15.7	20.5	22.9	20.9	22.7	21.4	23.4	21.7	23.2	21.4	25.4	22.5	24.4	22.2	25.1	22.9	25.3	22.6	22.4	23.6	22.1	22.6	21.9	22.7	22.5
24	21.4	16.3	21.8	16.0	21.9	15.8	21.0	16.5	20.1	15.5	20.0	15.4	21.3	15.0	20.3	15.6	20.4	25.2	20.6	24.3	21.3	24.8	21.9	24.6	21.5	27.2	22.8	26.3	22.2	26.5	23.5	27.7	22.8	25.2	24.3	25.3	23.1	24.5	25.0	25.7
25	22.9	21.5	24.0	21.3	23.6	21.0	23.4	21.4	22.0	18.0	22.4	17.7	22.6	17.3	22.2	18.0	21.0	16.9	20.4	16.5	21.9	16.1	20.6	16.9	20.7	18.1	20.2	17.6	22.1	17.5	21.0	18.2	20.7	17.8	20.1	17.5	22.9	17.3	21.0	17.9
26	20.3	17.5	20.1	17.3	21.8	16.9	20.9	17.6	20.1	17.4	19.7	17.2	21.3	16.8	20.7	17.6	20.1	21.2	19.8	20.8	21.1	21.3	20.9	21.1	20.8	24.1	21.6	23.0	21.4	23.5	21.9	23.9	21.6	22.4	22.2	21.9	21.8	21.5	22.0	22.7
27	21.4	18.4	21.5	18.6	22.1	18.1	21.5	18.9	20.6	17.1	19.9	17.1	21.6	16.8	21.0	17.1	20.9	24.4	21.1	23.9	21.8	24.3	22.3	24.3	21.6	25.3	22.6	24.6	22.1	25.8	23.3	26.3	22.8	23.4	23.6	23.2	22.6	22.7	23.0	23.9
28	21.8	19.2	22.5	19.2	22.4	18.7	22.2	19.1	20.5	14.9	20.4	14.9	21.2	14.5	20.6	14.9	20.1	24.0	20.7	23.3	21.0	23.9	21.8	23.8	21.4	25.1	22.1	25.0	21.5	25.7	23.0	26.0	22.3	23.2	23.6	23.0	21.9	22.5	22.8	23.7
29	21.7	19.4	21.9	19.4	21.9	18.8	21.8	19.1	20.8	15.6	20.6	15.4	20.5	14.9	20.6	15.6	20.8	24.7	21.2	24.3	22.1	24.5	22.2	24.5	22.1	26.3	22.7	25.2	23.2	25.9	23.0	26.6	22.7	23.7	23.7	23.6	23.0	23.1	22.9	24.3
30	22.5	20.2	23.3	20.5	21.9	19.7	22.1	20.3	21.7	18.0	21.5	18.3	21.6	17.8	21.4	17.8	21.5	26.2	22.3	25.3	22.0	25.6	22.6	26.8	22.6	27.9	23.9	26.9	23.0	26.7	24.0	29.0	24.0	25.3	24.7	25.0	23.2	24.5	23.9	26.0

Frio Fresco Confortável Quente Muito Quente Tórrido

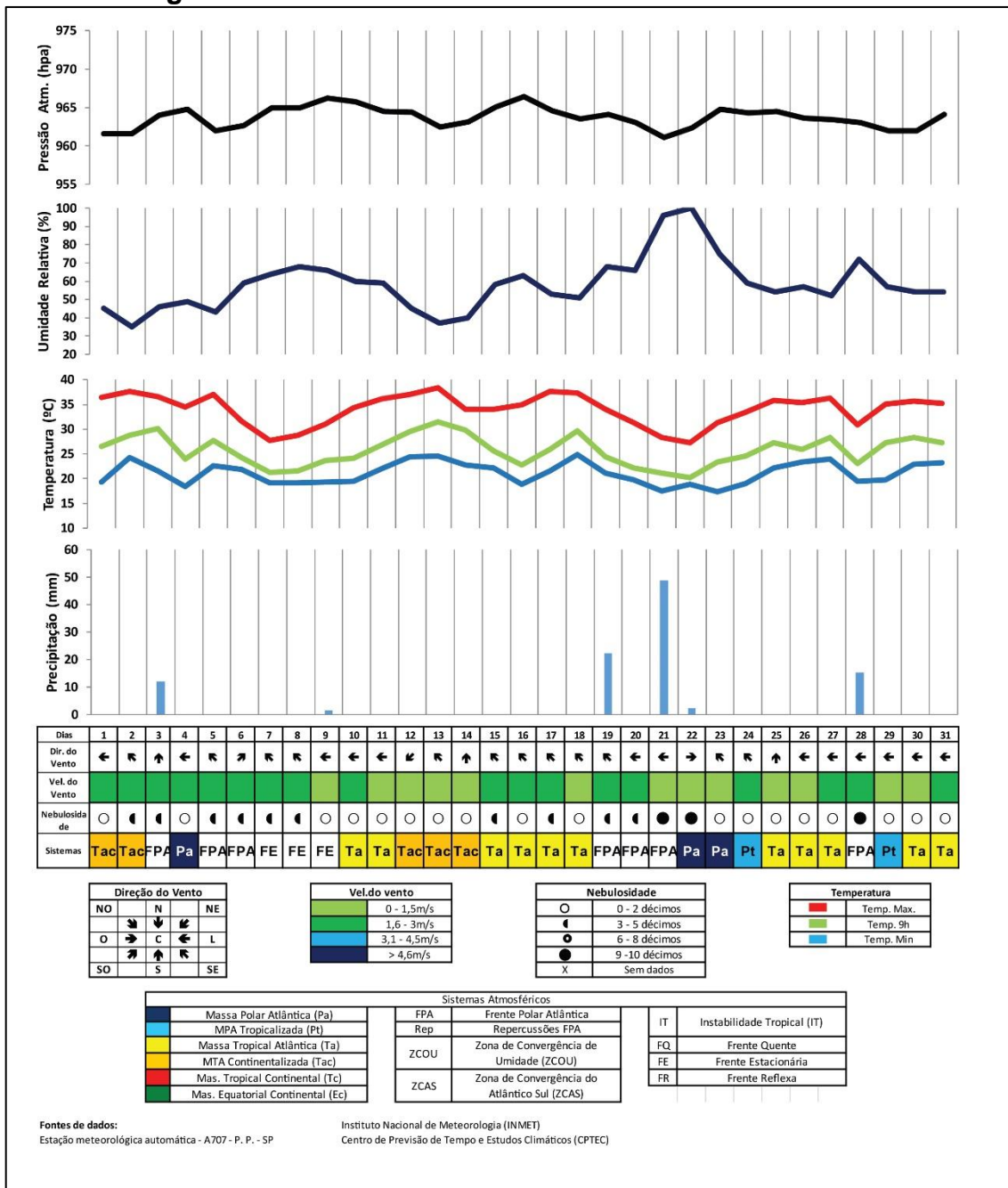
Fonte: Dados obidos em campo

5.3 Intensidade e magnitude das Ilhas de calor atmosféricas e superficiais de acordo com os sistemas atmosféricos atuantes em outubro de 2019

Embora no mês de outubro de 2019 tenha-se registrado 90 mm de precipitação (Figura 23), 30 mm a menos do que a média histórica (SANT' ANNA NETO; TOMMASELLI, 2009), houve 15 dias de instabilidade atmosférica com atuação de sistemas atmosféricos responsáveis por provocarem instabilidade atmosférica, como as frentes polares (FPA) e Frentes Estacionarias (FE) que predominaram, juntas, ao longo de dez dias no mês de outubro, principalmente na primeira metade do mês. Já na segunda metade do mês foi marcada por estabilidade atmosférica com atuação dos sistemas tropicais Ta e Tac.

Nos episódios de estabilidade atmosféricas, houve registro de grandes amplitudes térmicas, superiores aos 10°C (Figura 23) entre as máximas e mínimas, atingindo o pico máximo de amplitude no dia 13, quando houve 16 °C de amplitude. Devido à diferença no padrão de aquecimento e resfriamento entre o ambiente urbano e o rural próximo, esse fenômeno foi responsável por favorecer ICU de forte e muito forte magnitude.

Figura 23 - Gráfico de Análise Rítmica de outubro de 2019



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Como já é apontado na literatura (AMORIM, 2020), (TEIXEIRA, 2019), (UGEDA JÚNIOR, 2012), os episódios de instabilidade atmosféricas não favorecem a ocorrência das ICUs, ao passo que, diferente dos meses anteriores, agosto e setembro, em outubro, devido a recorrência de vários episódios marcados pela entrada de frentes (polares e estacionárias), na maior parte dos dias ao longo do mês de outubro de 2019, se registrou ICU de fraca e média magnitude (Prancha 4A).

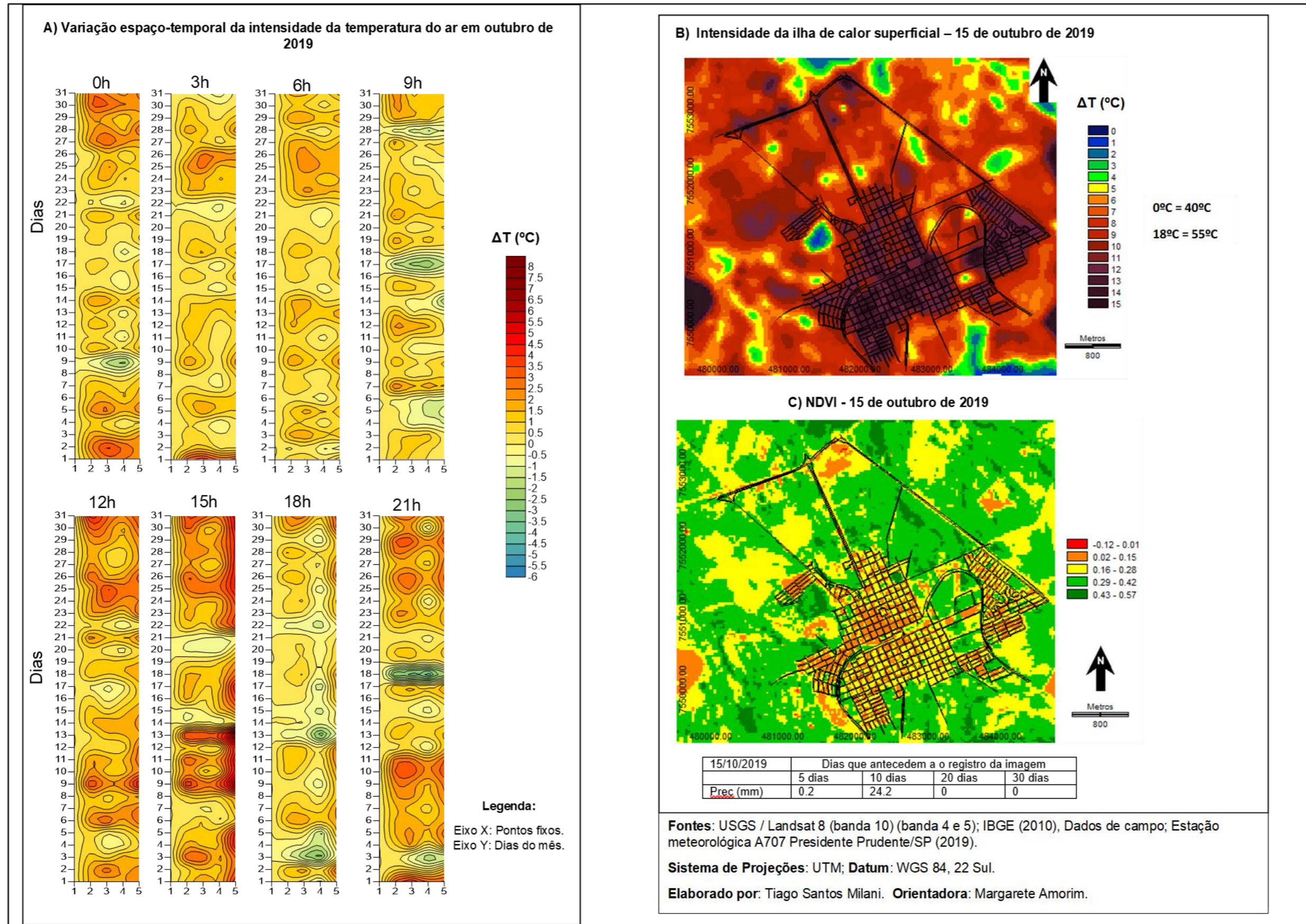
Às 0h se observa que as ICUs se concentram nos pontos 2 e 3 (Prancha 4A) assim como no mês de setembro, a posição geográfica, localizados na porção Oeste da malha urbana, favoreceu o aquecimento até as últimas horas do dia e, quando houve ventos predominantes do quadrante leste, o ar aquecido da área urbana impediu o resfriamento do entorno próximo desses pontos. Assim, o ponto 3, devido à densidade construtiva, nos episódios de atuação da Tac, a intensidade chega a ser até 1,5°C superior a ICU registrada no ponto 2 no mesmo episódio. Por outro lado, no ponto 4, as ICU foram mais brandas, prevalecendo as de médias magnitudes, independente do sistema atmosférico atuante, revelando a importância da baixa densidade construtiva, vegetação arbórea e lotes grandes na mitigação do efeito da ICU.

Às 3h e 6h, o padrão das ICUs continuam semelhantes aos das 0h, porém, a magnitudes e intensidades foram mais brandas (predomina ICU de fraca e média magnitude) na medida que o ambiente urbano segue de resfriando ao longo da noite. Destacando que, nos episódios que a temperatura máxima (Figura 23) não superou os 30°C o ponto 4, que apresenta menor densidade construtiva e com maior quantidade de vegetação arbórea nas proximidades, não registrou ICU, mesmo estando localizado próximo ao centro da malha urbana.

Às 9h houve o predomínio das ICUs de fraca magnitude, como foi em agosto e setembro, mas, devido ao fato que, com o avanço da primavera o nascer do sol ocorre cada vez mais cedo devido a transição da órbita solar, promovendo o aquecimento da superfície. O efeito sombra, responsáveis por provocar ilhas de frescor intensas durante das 9h nos meses anteriores, encontra-se atenuado em outubro, tendo em vista que a superfície urbana passou mais tempo recebendo luz solar, assim, às 9h, boa parte já se encontra aquecida tanto quanto ou até mais do que no ambiente rural próximo. Isso fica claro, na medida que se registrou ilhas de frescor significativas apenas no ponto 4 (Prancha 4A).

No mês de outubro de 2019 foi possível registrar ICU de superfície às 10h no dia 15. Na ocasião, às ICU superficiais apresentaram intensidade de até 15°C acima do rural próximo, concentrando-se nas porções Sul e Leste da malha urbana (Prancha 4B). Ao comparar com o NDVI (Prancha 4C) nota-se que o aquecimento superficial não correu nos locais com menor índice de vegetação, mas sim nos que recebem os primeiros raios de sol do dia.

Prancha 4 - Distribuição espacial das ilhas de calor da atmosfera inferior, ilhas de calor superficial e NDVI referentes ao mês de outubro de 2019



Diferente do período de inverno quando às 15h, ocorreu o registro de ilhas de frescor, em outubro, após a consolidação da primavera, as ilhas de frescor não ocorreram em nenhum episódio. Já as ICUs de forte e muito forte magnitude ocorreram em 16 dos 31 dias no ponto 5, atingindo intensidade máxima de 7,8°C, a mais alta registrada neste trabalho. Os demais pontos estudados também registraram ICU de forte magnitude e, em menor frequência, no ponto 4.

O registro de ICU de magnitude muito forte ocorreu apenas no ponto 5 sob atuação do Tac, em virtude da característica do encorno próximo que conta com alta densidade construtiva, lotes residenciais pequenos e pouca vegetação arbórea.

Assim como nos meses de agosto e setembro, em outubro as ICUs foram de fraca magnitude durante episódios de instabilidade atmosférica durante às 15h, que, nesse caso, além da FPA, também contou, ao longo de três dias consecutivos, com a atuação de uma Frente Estacionária (FE).

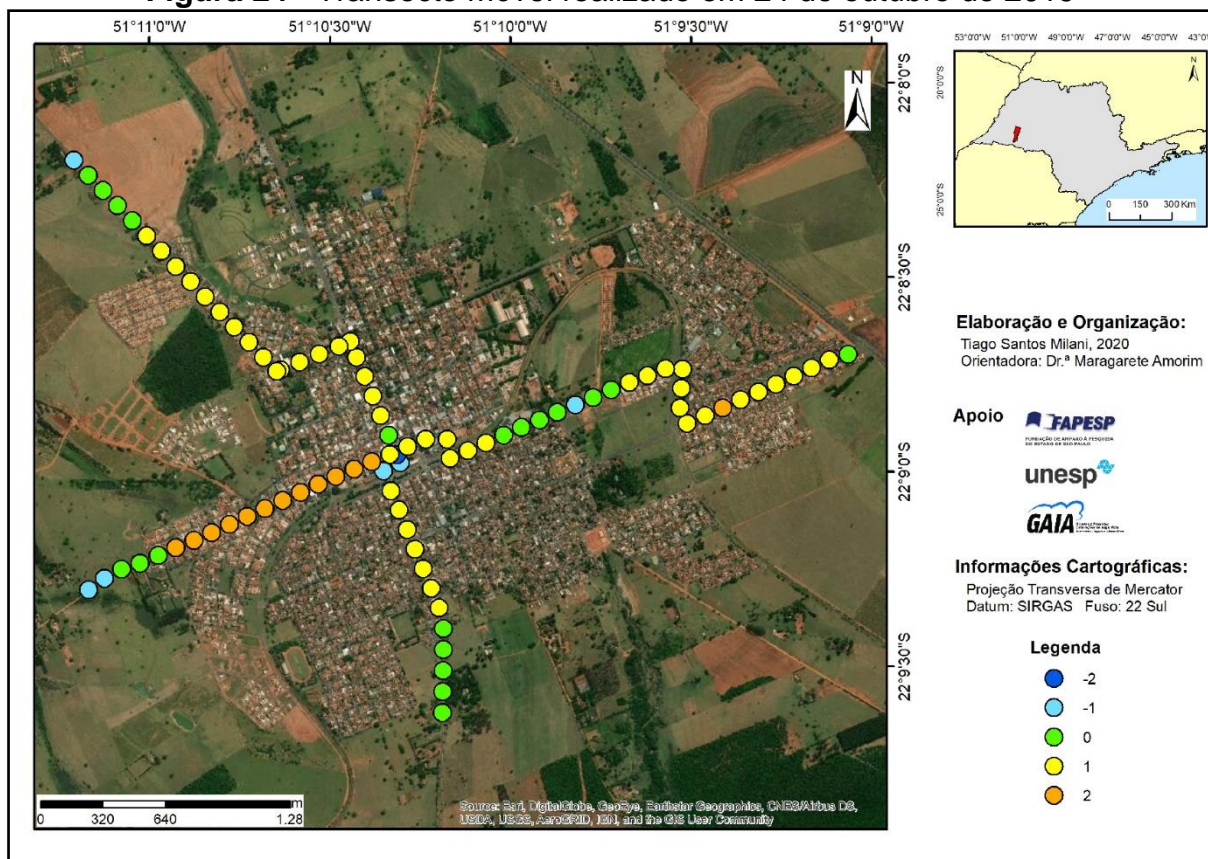
Às 18h, a magnitude das ICUs é significativamente atenuada, ao passo que, nos pontos 2, 3 e 4 ocorrem o registro de ICU de fraca magnitude, e média magnitude no ponto 5, alcançando intensidade de 3,2°C. Acredita-se que esse fenômeno tenha ocorrido devido ao aquecimento do ambiente rural próximo nas últimas horas de sol em virtude da orientação das vertentes que aprontam para noroeste, favorecendo o aquecimento homogêneo da superfície, fato esse que não ocorreu no ambiente urbano, assim o aquecimento acontece de maneira desigual devido as sombras causadas pelas edificações, ou seja, o efeito sombra, já mencionado nesse trabalho para explicar as ilhas de frescor às 9h, em outubro, ocorreu às 18h. Esse fato se confirma ao notar que as intensidades e magnitudes das ICU aumentam durante às 21h, quando o ambiente rural perde calor mais rapidamente que o ambiente urbano.

Às 21h predominaram as ICU de média magnitude nos pontos 2 e 3 que foram os mais aquecidos, como aconteceu nos meses anteriores para este horário. O ponto 5, o mais aquecido ao longo do período da tarde (12h, 15h e 18h), manteve ICU de média magnitude, assim como os pontos 2 e 3, porém a intensidade foi, em geral 0,5°C menor. Já o ponto 4, assim como tem sido nos demais horários, apresentou ICU de fraca magnitude ou mesmo ausência de ICU.

No transecto móvel realizado às 21h no dia 24 de outubro (Figura 24) corroborou com os dados dos pontos fixos no mesmo horário revelando a porção

Oeste da malha urbana mais aquecido que as demais. Nota-se, também, que na proximidade Oeste de um sítio urbano e na praça localizada na área central, as ICUs foram amenizadas, ou seja, a baixa densidade construtiva presente na praça e no sítio urbano proporcionou que as mesmas funcionassem como áreas redutoras de calor em uma distância inferior a 1 quilômetro (TEOBALDO NETO, 2019).

Figura 24 - Transecto móvel realizado em 24 de outubro de 2019



Fonte: Créditos na figura

5.3.1 Conforto térmico interno e externo nas moradias do CDHU e de alto padrão construtivo em Martinópolis no mês de agosto de 2019.

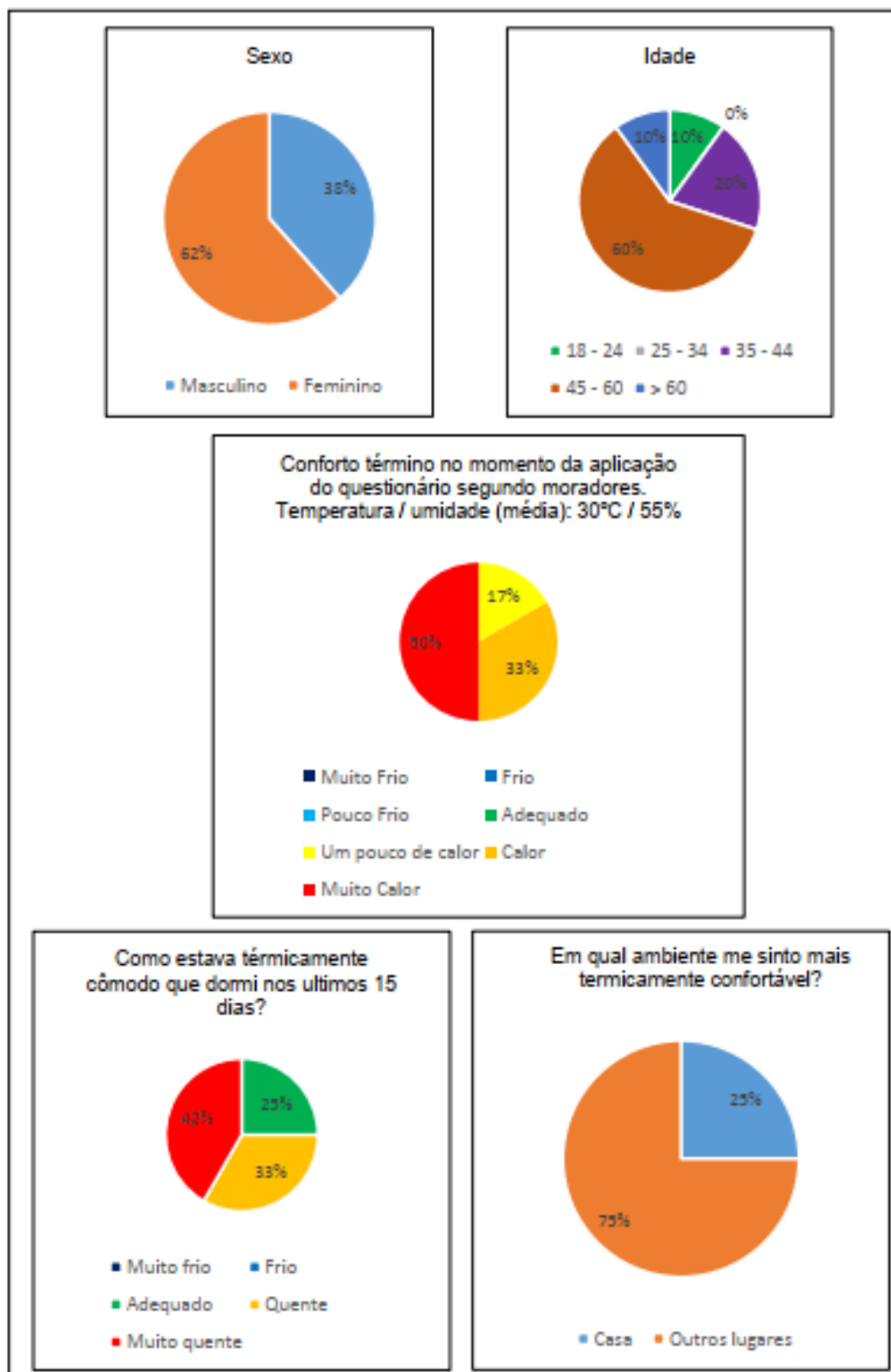
Em outubro de 2019, durante o horário noturno (0h e 6h), o conforto térmico externo nas residências estudadas durante episódios de estabilidade atmosférica encontrou-se comprometido em relação ao calor principalmente às 0h (Quadro 11). Às 6h, quando a temperatura do ar tende a ser mais baixa, as ICUs registradas na área de pesquisa se mostraram amenas refletindo em uma situação de conforto térmico no ambiente externo em todos os pontos, principalmente durante a atuação

das frentes estacionárias e sistemas polares. Todavia essa melhora no conforto térmico externo não proporcionou nenhum efeito no conforto térmico interno nas residências, seja ela de alto padrão construtivo ou da CDHU, pois, como pode ser observado no Quadro 11, em 100% dos episódios analisados entre 0h e 6h, todos os ambientes internos estudados apresentaram algum grau de comprometimento do conforto térmico.

Esse comprometimento no conforto térmico interno é confirmado por meio dos questionários de conforto térmico aplicado no dia 14 de outubro de 2019 com moradores de residências empreendidas pelas CDHU (pontos 3 e 5). Ao serem questionados sobre o conforto térmico no ambiente de repouso, no caso o quarto, durante o horário noturno, 75% das pessoas entrevistadas que moram em residências empreendidas pela CDHU nas proximidades do ponto 3 apontaram sentir desconforto térmico em relação ao calor, enquanto as pessoas que residem próximo ao ponto 5, também residências do CDHU, 100% disseram sentir-se desconfortáveis (Prancha 5 e 6).

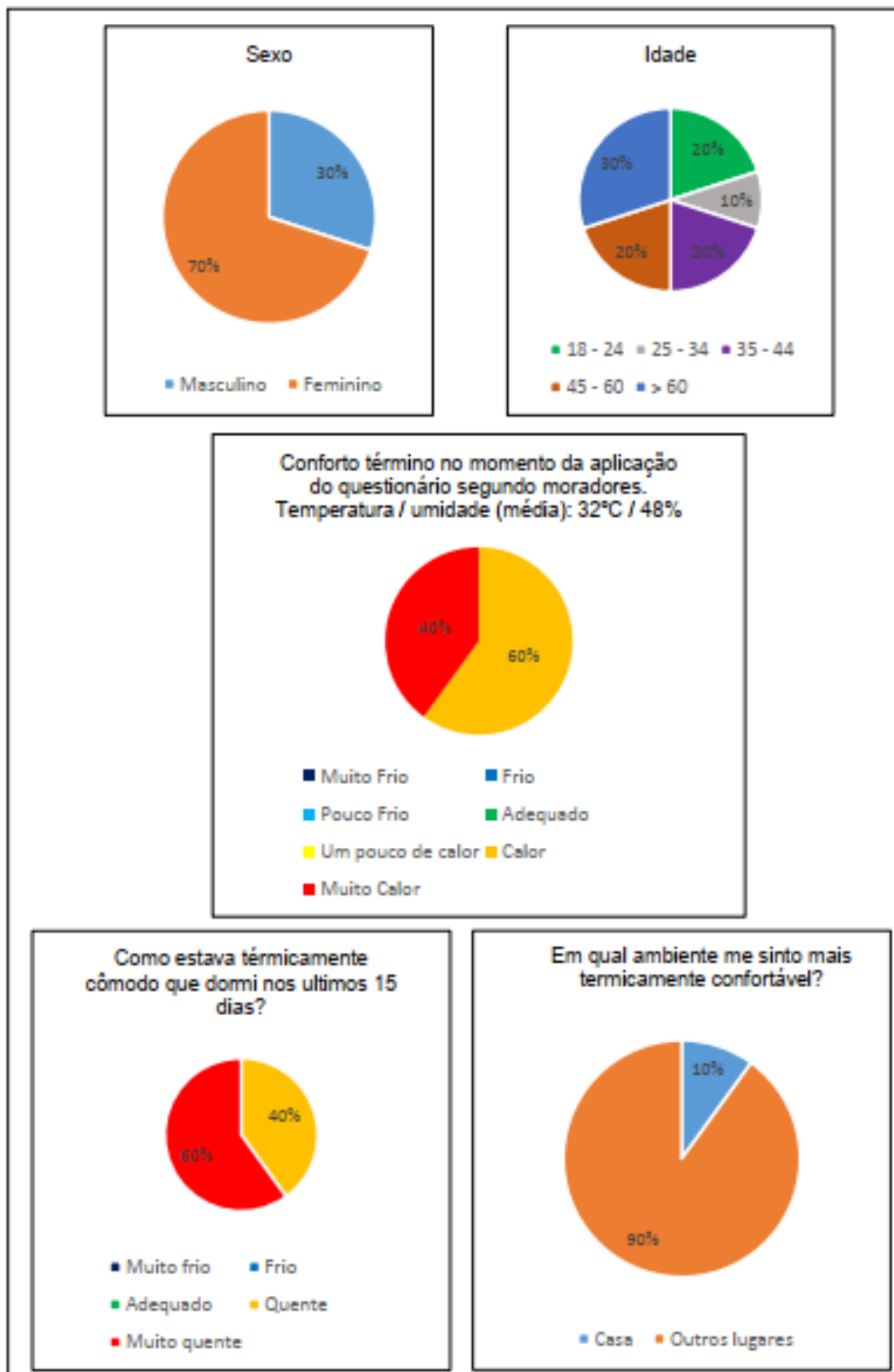
Outro dado que chama atenção é que, ao ser questionado em quais ambientes as pessoas sentem mais confortáveis, no entorno próximo dos pontos 3 e 5, 75% e 90%, respectivamente, das pessoas alegaram se sentir mais confortáveis em outros ambientes revelando que, na maior parte do tempo, suas residências não proporcionam conforto térmico adequado a partir de seus pontos de vista (prancha 5 e 6).

Prancha 5 - Questionários aplicados com moradores nas proximidades do ponto 3 correspondentes aos dias 1 a 14 de outubro



Fonte: Dados coletados em campo.

Prancha 6 - Questionários aplicados com moradores nas proximidades do ponto 5 correspondentes aos dias 1 a 14 de outubro



Fonte Dados coletados em campo

Quadro 11 - Índice THI outubro 2019

Dia	Índice THI - às 0h								Índice THI - às 6h								Índice THI - às 12h								Índice THI - às 15h								Índice THI - às 18h							
	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P4 INT	P4 EXT	P5 INT	P5 EXT	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P4 INT	P4 EXT	P5 INT	P5 EXT	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P4 INT	P4 EXT	P5 INT	P5 EXT	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P4 INT	P4 EXT	P5 INT	P5 EXT	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P4 INT	P4 EXT	P5 INT	P5 EXT
1	23.3	21.2	23.6	21.7	23.4	21.5	23.2	21.4	22.5	18.1	22.2	18.2	22.6	17.6	22.3	18.5	22.7	27.8	24.4	27.5	23.2	27.4	24.2	28.0	23.9	28.8	25.3	29.0	23.8	28.7	25.6	30.0	25.2	27.5	26.4	27.1	24.4	26.6	25.7	27.7
2	24.9	23.7	25.7	24.1	24.5	23.8	24.9	23.5	24.1	21.9	24.6	22.0	23.9	21.6	23.8	21.4	24.3	28.8	25.2	29.0	24.5	28.5	25.4	28.6	25.4	29.5	26.6	29.4	25.1	29.4	26.5	30.2	26.4	28.0	27.6	28.1	25.7	27.5	26.5	28.6
3	25.8	23.3	26.4	23.1	26.6	22.8	25.8	23.4	24.8	22.4	24.9	22.5	25.2	21.9	25.1	22.1	24.8	29.1	25.8	28.3	25.3	29.1	26.8	29.0	25.9	30.1	27.0	29.8	26.0	29.1	27.4	30.2	26.2	23.4	27.2	22.8	26.3	22.2	26.8	24.1
4	23.6	21.9	24.6	21.6	24.6	21.3	24.0	21.6	22.6	17.9	23.0	17.7	23.5	17.2	22.8	17.9	22.3	26.4	23.2	25.4	23.5	25.7	24.1	26.3	23.4	28.3	24.4	27.7	23.9	27.8	25.2	28.9	24.6	26.4	25.6	26.1	24.4	25.8	24.9	26.7
5	24.2	23.5	25.0	23.8	24.5	23.1	24.4	23.6	23.4	20.5	21.0	20.9	23.8	20.4	21.0	20.6	23.7	28.2	25.6	27.6	26.2	27.9	25.6	28.3	24.5	28.9	25.7	28.6	26.4	28.9	26.4	30.2	25.8	27.3	28.0	27.2	26.7	26.1	28.0	27.6
6	26.0	23.2	26.6	23.2	26.4	22.8	26.7	23.4	24.7	20.8	25.2	20.5	25.1	20.2	25.2	21.0	23.8	25.5	25.1	25.7	25.2	25.0	25.4	25.7	24.4	24.9	25.7	25.1	25.5	24.5	25.7	25.1	24.8	23.3	25.7	23.3	25.8	22.8	25.4	23.4
7	23.7	21.1	24.4	20.9	23.9	20.6	24.8	21.1	22.4	18.8	22.8	18.5	23.2	18.2	22.9	18.9	22.4	23.5	23.3	23.0	23.1	23.7	23.4	24.0	22.8	25.0	24.2	24.0	23.6	23.7	24.1	24.5	23.3	22.2	24.4	21.9	23.6	21.7	23.8	22.7
8	22.9	19.6	22.9	19.3	23.1	19.0	23.1	19.9	22.2	18.3	21.5	18.1	22.6	17.7	22.3	18.6	22.0	25.0	22.2	24.3	22.7	24.6	23.1	24.7	22.7	25.4	23.5	25.4	23.1	25.4	24.0	26.0	23.4	24.4	24.4	24.6	24.3	23.9	24.1	24.9
9	23.9	21.4	24.2	20.7	23.9	20.2	24.2	21.6	22.7	19.2	22.7	18.7	23.3	18.4	23.2	19.4	23.3	26.0	23.7	25.0	23.4	25.2	24.2	26.5	24.1	27.2	24.2	26.2	23.7	26.7	24.9	28.3	24.5	25.5	25.0	25.4	23.9	24.9	24.8	26.1
10	24.1	22.6	24.4	22.4	24.1	21.9	24.4	22.7	23.0	19.0	22.7	18.6	23.4	18.3	23.3	19.1	23.1	27.0	23.5	26.1	23.4	26.3	24.3	26.8	24.6	28.0	24.5	26.8	24.6	27.1	25.2	29.0	25.3	26.4	25.8	25.9	24.6	25.5	24.9	26.5
11	25.4	23.4	25.1	23.1	24.7	22.4	24.9	23.3	24.7	21.0	23.8	20.7	24.7	20.2	24.3	20.8	24.5	28.3	24.7	27.7	24.6	27.6	25.8	28.3	25.5	29.5	26.1	28.8	25.2	28.7	26.6	30.0	26.5	27.6	27.6	27.3	25.6	26.7	26.3	28.0
12	26.0	24.4	25.9	24.2	25.6	23.7	25.5	24.2	25.0	22.6	24.9	22.1	25.1	21.7	24.9	22.0	25.4	28.6	25.8	28.3	25.2	28.4	26.6	30.1	26.3	29.2	27.0	28.5	25.7	28.6	27.2	30.6	27.3	27.3	27.5	27.1	26.0	26.6	27.4	27.9
13	26.2	24.8	26.1	24.5	25.3	24.1	26.0	24.5	25.4	22.6	25.2	22.5	25.5	22.4	25.5	22.9	25.7	28.9	26.6	28.9	26.0	29.2	26.8	31.0	26.4	28.9	27.5	28.8	26.1	28.8	27.7	30.4	26.3	21.1	27.3	21.3	26.9	19.8	27.3	21.4
14	25.0	22.4	24.5	22.1	24.9	21.6	25.7	22.3	24.1	20.9	23.3	20.9	24.7	20.1	24.6	20.3	24.5	27.6	24.9	27.7	25.2	27.5	25.9	27.9	25.4	26.9	25.8	26.8	25.8	26.4	26.2	27.1	25.0	24.8	25.7	24.6	25.6	24.1	25.7	24.8
15	24.7	23.3	25.0	23.2	25.4	22.7	25.6	23.3	24.3	20.8	23.9	20.6	24.8	20.3	24.4	20.7	23.9	27.3	24.5	26.4	24.8	27.2	25.4	27.3	24.7	27.4	25.5	27.4	25.2	28.3	26.3	28.7	25.5	25.9	26.4	25.6	25.7	25.1	26.0	26.1
16	23.9	20.5	24.9	20.1	24.6	19.9	24.4	20.7	22.6	18.1	22.9	18.1	23.9	17.7	23.0	18.4	23.3	27.1	23.3	26.1	24.0	26.7	24.6	27.0	25.0	28.9	24.8	27.8	24.6	28.6	25.8	29.5	25.5	27.2	26.4	26.9	25.2	26.4	25.7	27.5
17	25.2	23.8	25.7	23.6	25.7	23.3	25.4	23.9	24.1	20.3	24.2	20.0	24.6	19.7	24.1	20.5	23.9	26.4	25.3	25.8	24.5	26.2	24.9	27.0	24.5	29.5	25.5	28.8	24.9	29.1	26.1	30.6	25.9	27.7	26.8	27.6	25.5	26.6	26.0	28.2
18	25.7	24.8	26.0	24.8	25.6	24.2	25.6	24.6	25.3	23.0	25.1	22.9	25.2	22.5	25.3	23.0	25.5	28.9	25.7	28.2	25.5	28.7	26.1	28.7	26.6	30.0	27.1	29.7	26.1	29.4	27.4	30.3	27.3	27.7	27.9	27.9	26.6	27.1	27.1	28.4
19	25.2	20.5	25.1	20.1	25.6	19.8	25.4	20.8	23.7	20.2	23.5	20.1	25.0	19.8	24.3	20.3	23.8	27.1	24.8	26.8	25.1	26.7	25.4	27.2	25.3	28.2	25.7	27.9	25.7	28.2	26.5	28.7	25.9	26.8	26.5	27.1	26.2	26.4	27.6	27.3
20	25.2	23.4	26.0	23.3	26.1	22.9	25.8	23.6	24.1	19.1	24.2	18.9	24.9	18.6	24.1	19.5	23.3	26.0	23.7	25.3	24.4	25.1	24.5	25.7	24.1	26.2	24.9	25.9	26.0	26.0	25.3	26.8	24.8	25.7	25.5	25.6	26.0	25.1	25.4	25.9
21	24.3	21.6	24.7	21.4	24.4	21.0	24.7	21.8	23.4	18.4	23.0	18.2	23.7	17.7	23.8	18.4	23.3	23.9	23.2	23.1	24.2	23.1	24.2	24.0	22.7	18.0	23.0	17.8	24.0	17.6	23.5	17.9	22.2	19.5	22.2	19.5	23.9	19.1	23.2	19.7
22	21.6	18.9	21.7	18.7	24.3	18.4	22.9	19.2	21.3	19.0	20.9	18.9	23.3	18.6	22.7	19.0	21.8	22.3	21.9	22.1	23.3	21.5	23.0	22.0	22.4	24.4	22.9	23.8	23.3	24.8	23.7	25.9	22.9	22.6	23.3	22.5	23.5	22.1	23.7	23.1
23	22.5	18.7	22.2	18.4	24.8	18.3	22.8	18.7	21.7	17.4	20.7	18.3	23.0	17.8	22.0	17.7	22.7	25.8	22.6	25.5	23.1	25.0	23.7	26.3	23.3	26.8	24.0	26.2	24.2	26.6	24.9	27.6	24.3	25.1	24.5	24.8	23.9	24.1	24.4	25.3
24	23.3	21.6	23.4	21.7	23.0	21.0	24.0	21.4	23.0	18.6	22.4	18.6	22.4	18.2	22.9	18.6	22.6	26.8	23.7	28.3	23.1	26.4	24.3	27.5	23.5	27.5	24.6	27.1	24.2	27.4	25.6	29.4	24.7	25.6	25.5	25.7	24.4	25.0	25.4	25.9
25	24.1	21.7	24.3	22.4	23.8	21.8	24.2	22.0	23.3	20.2	23.2	20.9	23.4	20.5	23.3	20.5	24.1	27.9	24.6	30.1	24.3	28.4	25.5	30.1	25.2	28.8	25.8	28.5	24.9	28.7	26.6	29.6	26.1	26.9	26.7	27.1	25.7	26.1	26.1	27.2
26	25.6	23.7	26.2	24.1	24.6	23.6	25.5	24.3	24.5	21.3	24.9	21.5	23.9	21.1	24.6	21.4	24.5	28.6	25.0	28.4	25.6	27.8	26.0	28.8	25.4	29.6	26.2	28.8	26.2	29.2	28.0	30.0	26.7	27.7	27.3	27.3	27.1	26.7	26.7	28.0
27	25.7	24.1	26.0	24.3	25.7	23.3	25.9	23.7	25.2	21.7	24.9	21.8	25.5	21.2	25.1	21.7	25.6	29.3	26.1	28.4	26.9	28.6	26.5	30.3	27.0	29.7	27.2	29.0	27.7	29.1	27.4	30.6	27.2	27.8	28.0	27.7	28.1	27.4	28.0	28.5
28	26.4	24.0	29.9	24.1	26.3	23.4	26.6	24.5	25.2	19.9	24.7	19.4	25.9	19.2	25.0	19.9	24.7	26.8	24.8	26.0	25.8	26.0	25.6	26.8	25.3	27.2	25.6	27.1	25.8	26.9	26.2	28.1	25.3	20.3	25.9	19.8	25.8	19.3	25.7	20.2
29	23.8	20.5	24.0	20.1	25.3	19.6	24.6	20.4	22.9	19.7	22.3	19.6	24.4	19.2	23.6	19.7	23.6	28.9	25.0	29.4	24.7	27.4	25.5	28.0	25.4	29.1	25.8	29.4	25.2	29.1	26.7	29.8	26.4	27.5	26.8	27.3	25.9	26.7	26.7	28.0
30	25.8	24.6	26.0	24.6	25.7	24.3	25.9	24.3	25.2	21.8	24.7	21.6	25.6	21.2	25.2	21.6	25.6	30.5	26.1	30.1	25.6	28.5	26.6	29.8	26.9	30.3	27.2	29.6	26.2	29.1	27.8	30.6	27.5	28.6	27.6	27.9	26.6	27.1	27.3	29.2
31	26.8	25.1	27.2	24.5	26.4	24.3	26.8	24.8	25.6	21.8	25.5	21.6	26.1	21.1	25.6	21.8	25.5	29.3	26.3	28.5	25.9	28.5	26.8	30.5	26.3	30.1	27.0	31.1	26.3	29.5	27.6	30.6	27.0	28.0	27.6	28.0	26.8	27.1	27.3	28.3

Frio
 Fresco
 Confortável
 Quente
 Muito Quente
 Tórrido

Fonte: Dados obidos em campo

No horário diurno, 12h e 15h, observa-se comprometimento severo do conforto térmico externo (Quadro 11), principalmente nos pontos 3 e 5, durante atuação de sistemas atmosféricos que proporcionam estabilidade, ao passo que, diferente de agosto e setembro, quando os sistemas atmosféricos polares proporcionaram melhora no conforto térmico externo às 12h e 15h, em novembro isso não aconteceu. Como pode ser observado na Figura 23, as temperaturas máximas superam os 30°C, ou seja, mesmo sob sistemas polares, houve comprometimento do conforto térmico.

Devido isso, fica ainda mais claro que as ICUs de magnitude forte e muito forte que ocorreram nos pontos 3 e 5 afetaram significativamente o conforto térmico externo, já no ambiente interno, embora seja possível observar que os pontos 3 e 5 foram mais aquecidos que os 2 e 4, não é possível afirmar que isso se deve diretamente a influência das ICUs, tendo em vista que outras variáveis, como abertura de portas e janelas, que permitem a ventilação natural, as atividades humanas realizadas na residência e a absorção de calor dos materiais construtivos podem influenciar em maior ou menor grau o conforto térmico.

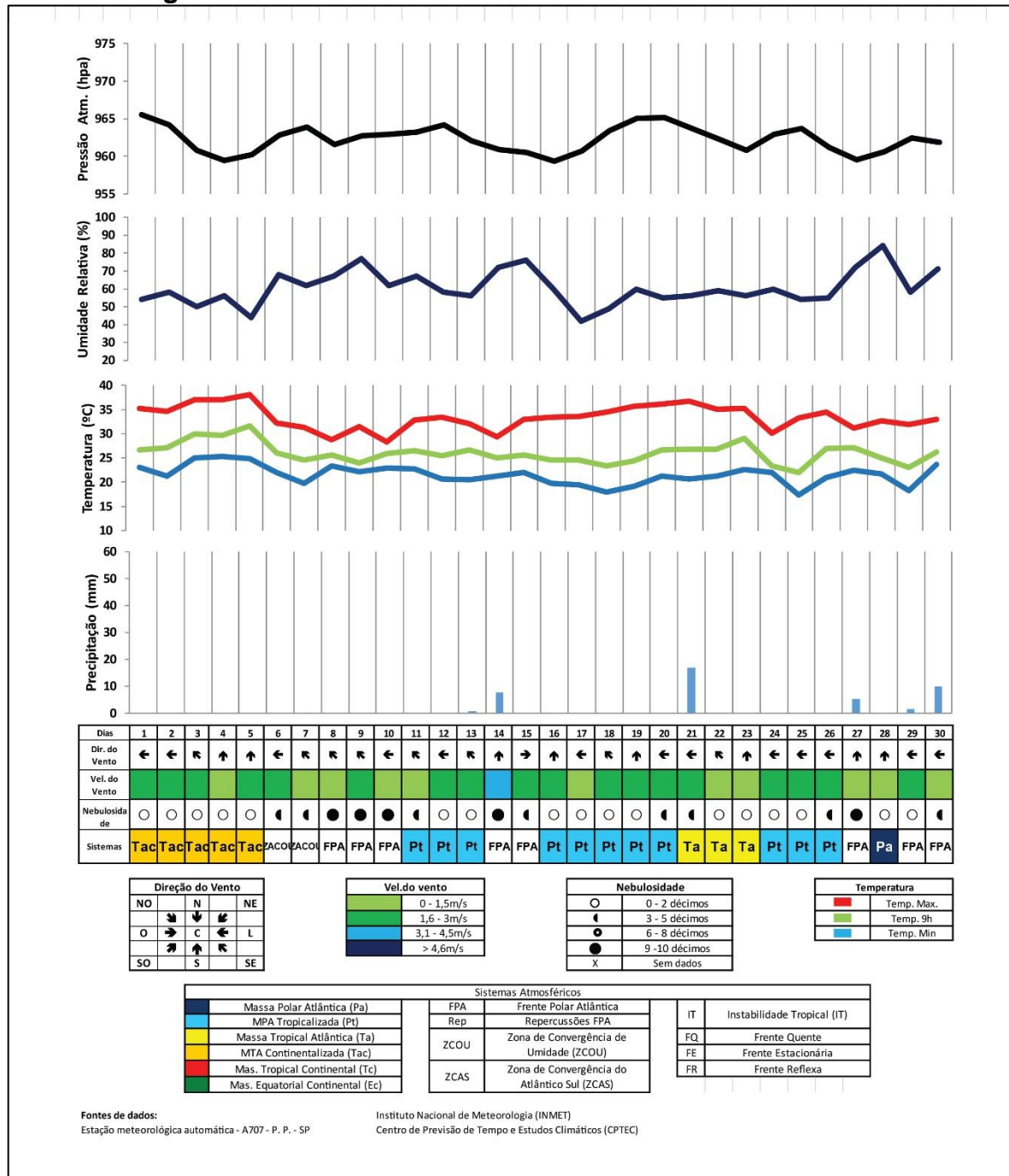
Às 18h o conforto térmico externo se apresenta em melhores condições do que nos horários anteriores, justamente é nesse horário que às ICUs são enfraquecidas, ou seja, observa-se então que a partir das 12h há relações entre as ICUs e o comprometimento do conforto térmico nas áreas externas das residências estudadas. No ambiente interno das residências, às 18h nota-se o comprometimento maior do conforto térmico quando comparado com às 12h e 15h. Esse fenômeno pode ter ocorrido devido à chegada dos moradores em suas casas, que, ao desenvolverem suas atividades e, ao abrirem as portas e janelas, permitindo circulação da ventilação natural e a troca com o ar externo que foi aquecido ao longo de toda a tarde.

Contudo, é importante ressaltar que em nenhuma das residências estudadas houve comprometimento severo (classificado como tórrido) do conforto térmico no ambiente interno.

5.4 Intensidade e magnitude das Ilhas de calor atmosféricas e superficiais de acordo com os sistemas atmosféricos atuantes em novembro de 2019

Em novembro de 2019, a precipitação acumulada na região climática que Martinópolis ficou abaixo da média histórica de 129,1 mm (SANT' ANNA NETO; TOMMASELLI, 2009.), totalizando 51 mm, de modo que os sistemas atmosféricos que costumeiramente provocam instabilidade de precipitação como FE, FPA e ZACOU, não resultaram em precipitação superiores a 10mm, mas houve registro de nebulosidade e ventos que variaram entre 1,6 m/s e 4,5 m/s que sopram do quadrante sul, sudeste e leste, principalmente, na primeira quinzena do mês. A precipitação total acumulada se concentrou na segunda quinzena, totalizando 44 mm durante a transição entre sistemas polares e tropicais, levando a redução das temperaturas (máximas, às 9h e mínimas) e o aumento da umidade relativa do ar. Deste modo, a primeira metade do mês de novembro foi o período de maiores temperaturas máximas, atingindo 39°C no dia 5, ao passo que, a partir do dia 15, às máximas ficaram próximas aos 35°C e do dia 21 até o dia 30, período com maior volume de precipitação, as máximas ficaram próximas aos 30°C. Outro destaque para o mês de novembro foi a ocorrência de nebulosidade, total ou parcial, superior aos demais meses observados, ocorrendo em 14 dos 30 dias do mês (Figura 25). Esse fenômeno impactou também no registro da ICU de superfície, uma vez que, para que ocorra esse registro é necessário que não haja nuvens na passagem do satélite Landsat 8, sendo assim não foi possível fazer registro de ICU no mês de novembro de 2019 para a área estudada.

Figura 25 - Gráfico de Análise Rítmica de novembro de 2019

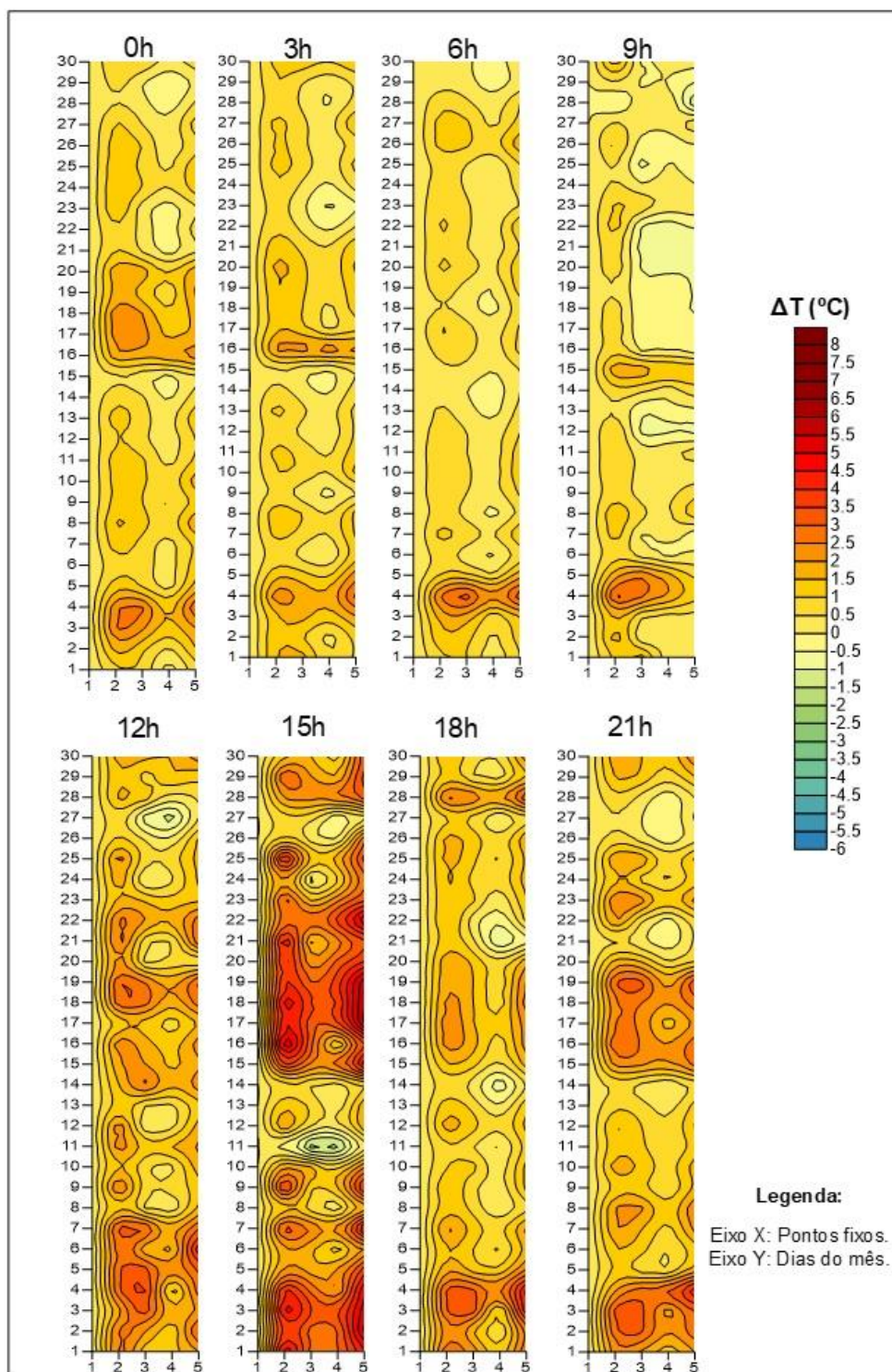


Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

As ICUs noturnas (0h, 3h e 21h) e nas primeiras horas da manhã (6h e 9h) no mês de novembro de 2019 apresentaram padrão semelhante ao mês de outubro do mesmo ano, porém mais enfraquecidas, de tal forma que às 0h, 3h, 6h e às 9h se registrou ICUs predominantes de fraca magnitude com pico de 3,3°C de intensidade no ponto 3 às 6h. Os pontos 2 e 3, assim como em outubro, foram até 1°C mais

aquecidos que os demais pontos urbanos e o ponto 4 foi o que menos apresentou ICU nesses horários (Prancha 7).

Prancha 7 - Distribuição espacial das ilhas de calor da atmosfera inferior, referentes ao mês de novembro de 2019



Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante o período da tarde (12h, 15h e 18h), assim como o horário noturno, o padrão das ICUs é semelhante ao mês de outubro, às 12h e 15h foi quando predominam as ICUs de forte magnitude com pico de 6,4°C às 15h no ponto 5 atingindo ICU de magnitude muito forte.

No dia 21, quando ocorreu situação de instabilidade atmosférica com precipitação de 20mm, se registrou ICU de média e forte magnitude (pontos 5 e 2 respectivamente), situação essa incomum, pois é esperado que as ICU se formem em situação de estabilidade atmosférica (AMORIM, 2017), mas, nos estudos de Teixeira (2019) ao pesquisar a cidade de Presidente Venceslau, em período compatível a primavera, a autora afirma que,

[...] Uma peculiaridade do período foi a prevalência de intensidades térmicas pronunciadas (forte e muito forte magnitude) em eventos chuvosos regidos pelas ZACAS, ZCOU e da FPA, o que é sugestivo de que a precipitação foi localizada no ponto rural (TEIXEIRA, 2019, p. 122).

Um aspecto importante no mês de novembro que o diferencia dos meses anteriores, sob condições de estabilidade atmosférica não ocorreu a formação de ilhas de frescor em nenhum dos horários estudados, isso em virtude do aumento da nebulosidade que permite a manutenção da temperatura no ambiente urbano e rural próximo, mitigando o aquecimento e resfriamento desigual entre os ambientes. Outro fator é o aumento das horas de sol ao longo do dia que favorecem o aquecimento de toda a superfície de forma igual e ameniza o efeito sombra que foi presente, principalmente às 9h, nos meses de agosto, setembro e outubro responsável por favorecer as ilhas de frescor.

5.4.1 Conforto térmico interno e externo nas moradias do CDHU e de alto padrão construtivo em Martinópolis no mês de setembro de 2019.

No início do mês de novembro de 2019 predominou atuação da Massa de ar Tac (Figura 25), o conforto térmico interno às 0h foi comprometido em todos os pontos principalmente nos pontos 3, 4 e 5 sendo os que mais apresentaram desconforto térmico para o calor (Quadro 12). Assim, se observa que o sistema atmosférico exerceu maior influência no conforto térmico interno do que as ICUs, de modo que o ponto 4 foi o que apresentou ICUs mais brandas neste horário, mesmo assim houve

comprometimento no conforto térmico interno tanto quanto os pontos 3 e 5 (Quadro 12). Já no ambiente externo às 0h, independente da magnitude da ICU e dos sistemas atmosféricos atuantes, todos os pontos apresentaram comprometimento do conforto térmico em relação ao calor de forma semelhante, destaque apenas para o dia 25 que houve queda das temperaturas mínimas durante atuação do sistema Pt registrando sensação de conforto térmico no ambiente externo em todos os pontos.

Às 6h houve melhora no conforto térmico externo se comparado com às 0h, principalmente entre os dias 11 e 20, quando predominou a Pt acarretando temperaturas mínimas abaixo dos 20°C (Figura 25), mas esse efeito não foi observado no ambiente interno, dado que, em 100% dos episódios analisados às 6h, houve comprometimento do conforto térmico.

Durante a tarde, 12h e 15h, assim como nos meses de setembro e outubro, houve comprometimento severo (tórrido) do conforto térmico externo nos pontos 2, 3 e 5, principalmente durante atuação da Tac, que provocou temperaturas máximas acima dos 35°C. Ainda durante o período da tarde, quando ocorreu as ICUs de magnitude muito forte nos dias 17 e 18 no ponto 5, sob atuação da Pt, embora o índice THI de conforto tenha sido superior que os demais, conforme a classificação térmica de Besancenot (2001) utilizada nesse trabalho, o efeito da ICU de muito forte magnitude não foi suficiente para provocar comprometimento maior no conforto térmico se comparado com os demais pontos urbanos, tendo em vista que as principais variáveis adotadas pelo índice THI (temperatura e umidade relativa do ar) não favoreceram o agravamento do conforto, como observado na Figura 25, a temperatura máxima do ar nesses dias foi inferior a 35°C, e a umidade relativa do ar esteve abaixo dos 50%.

No que se refere ao ambiente interno às 12h e 15h, no mês de novembro de 2019 foi quando se registrou os índices mais alto de desconforto térmico, ao passo que em nenhum momento houve registro de conforto térmico.

Às 18h o conforto térmico externo apresentou melhora quando comparado com às 12h e 15h, porém, assim como ocorreu em outubro, no ambiente interno o índice THI registrou leve aumento em todos os pontos, mas não foi o suficiente para avançar na classificação de desconforto de Besancenot (2001) (quadro 12).

Quadro 12 - Índice THI novembro 2019

Dia	Índice THI - às 0h								Índice THI - às 6h								Índice THI - às 12h								Índice THI - às 15h								Índice THI - às 18h							
	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P4 INT	P4 EXT	P5 INT	P5 EXT	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P4 INT	P4 EXT	P5 INT	P5 EXT	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P4 INT	P4 EXT	P5 INT	P5 EXT	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P4 INT	P4 EXT	P5 INT	P5 EXT	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P4 INT	P4 EXT	P5 INT	P5 EXT
1	25.7	23.9	26.4	23.7	26.6	23.0	26.6	23.8	25.4	21.7	24.8	22.3	26.0	21.1	25.5	21.8	25.0	30.5	25.6	29.3	25.7	28.5	28.4	28.7	26.1	30.2	26.6	30.0	25.9	29.1	27.3	30.0	27.0	27.8	27.3	27.3	26.4	26.8	29.1	28.4
2	25.6	23.4	26.8	22.9	26.3	22.5	25.9	23.3	24.7	20.8	24.9	20.6	25.7	19.9	25.0	20.7	25.3	29.9	25.5	28.6	26.9	28.1	28.2	29.2	26.2	29.5	27.0	28.6	27.5	29.0	27.2	30.1	26.7	27.8	27.6	27.3	27.7	26.8	29.0	28.0
3	26.4	25.1	26.6	24.7	26.4	24.1	26.5	24.6	25.9	23.1	25.7	23.1	26.2	22.3	26.0	22.9	26.2	29.2	26.6	29.8	27.8	29.1	29.1	29.4	27.2	30.5	27.8	29.7	28.1	30.0	27.9	30.4	27.8	28.1	28.1	28.0	28.4	26.8	28.0	28.5
4	27.1	25.2	27.1	25.2	27.3	24.4	27.4	25.4	26.3	23.1	26.3	23.5	27.2	22.7	26.7	23.5	26.9	29.7	27.3	30.3	27.5	28.8	29.1	30.2	27.8	30.8	28.3	30.0	27.9	29.5	28.8	30.8	28.1	27.1	28.5	26.8	28.0	26.5	28.4	27.7
5	27.3	25.3	27.0	24.9	27.6	24.5	27.6	25.4	26.4	23.7	26.2	23.7	27.3	23.2	27.0	24.2	26.4	29.9	27.4	31.2	27.1	29.9	29.1	30.7	27.0	27.2	28.2	26.8	27.6	27.0	28.5	27.8	26.7	25.1	28.0	24.6	27.8	24.5	28.1	25.3
6	25.0	21.8	25.9	21.7	26.7	21.4	25.4	22.1	24.3	21.8	24.6	21.4	26.4	21.1	25.3	21.8	24.8	27.3	25.6	23.9	26.2	26.3	26.3	27.9	25.7	27.1	26.4	26.8	26.6	26.4	26.8	27.1	25.4	24.8	26.6	24.3	26.5	24.0	25.6	24.8
7	24.2	21.8	25.1	21.4	25.5	21.1	25.0	21.7	23.3	19.2	23.6	18.9	24.8	18.6	23.8	19.4	23.7	26.7	24.4	26.4	24.7	25.8	25.0	26.4	24.9	27.9	26.0	27.2	25.5	27.2	26.1	28.5	25.7	26.2	26.3	25.5	25.8	25.3	25.9	26.1
8	25.0	23.4	25.3	23.0	25.8	22.8	25.2	23.6	24.4	22.2	24.6	21.9	25.3	21.6	24.9	22.2	24.7	25.8	25.3	25.1	25.6	24.9	25.6	26.0	25.0	25.2	25.7	24.8	25.9	24.5	25.9	25.5	25.1	23.7	25.3	23.2	25.9	22.8	25.7	23.5
9	24.5	22.7	24.5	22.5	25.3	22.1	25.2	22.7	23.8	21.6	23.8	21.1	25.0	21.0	24.8	21.7	23.9	27.0	24.2	25.6	25.9	25.9	25.2	26.1	24.9	28.3	25.3	26.8	26.0	27.2	26.2	28.5	25.9	26.7	26.1	26.1	26.7	25.9	26.3	26.7
10	25.6	23.1	25.7	23.0	26.2	22.6	25.7	23.4	24.7	21.6	24.6	21.3	25.5	21.0	25.2	22.0	25.1	26.3	25.5	25.6	26.3	25.5	26.0	26.3	25.3	26.4	25.9	26.2	26.2	27.0	26.4	26.5	25.5	24.9	26.1	24.9	26.2	24.3	26.2	25.2
11	25.3	23.5	25.4	23.2	26.0	22.7	25.9	23.4	24.5	21.9	24.5	21.4	25.3	21.2	25.2	22.1	24.7	28.1	25.3	27.4	25.3	27.7	26.0	27.9	25.3	24.2	26.5	24.0	26.0	23.2	26.7	24.7	25.4	25.4	26.2	25.0	26.1	24.6	26.3	25.5
12	24.3	21.5	24.7	21.1	24.0	20.8	24.7	21.4	23.4	19.7	23.2	19.5	24.0	19.2	23.6	19.9	23.4	27.9	25.0	26.4	24.3	26.6	25.7	27.4	24.8	28.1	25.6	27.1	25.1	27.1	26.3	27.8	25.5	27.2	26.3	26.5	25.6	26.3	26.1	29.0
13	24.7	21.9	25.3	21.4	25.4	21.1	24.7	21.9	23.7	19.9	23.4	19.5	24.1	19.2	23.7	19.9	23.9	27.4	24.5	26.9	24.7	26.9	25.7	27.3	24.8	27.5	25.6	27.1	25.3	26.8	25.9	27.5	25.4	26.3	26.3	26.0	25.6	25.6	26.0	26.3
14	25.2	21.5	25.2	21.2	25.7	20.6	25.7	21.4	24.6	21.0	23.6	20.6	25.2	20.3	24.8	21.1	24.4	26.3	25.1	27.0	25.3	26.3	25.6	26.8	24.7	22.3	25.6	23.1	26.4	21.9	25.6	22.5	24.2	23.8	25.6	23.5	25.8	22.6	25.5	23.7
15	24.1	22.0	24.1	21.8	25.2	21.5	24.9	22.1	24.0	21.1	23.6	21.1	24.8	20.8	24.5	21.2	24.1	26.9	25.0	26.7	24.9	26.5	25.8	26.8	24.5	27.9	25.4	26.8	25.0	27.3	26.3	28.1	25.3	25.4	25.9	25.1	24.9	24.8	25.7	25.5
16	24.4	21.2	24.1	19.9	24.1	21.2	24.3	21.4	24.0	19.6	23.2	19.6	24.1	19.2	24.0	20.0	23.1	27.4	24.1	26.7	24.3	26.6	24.9	27.1	23.8	28.1	25.1	26.7	25.1	25.6	25.3	28.0	25.2	26.0	25.7	25.6	25.6	25.0	25.2	25.9
17	24.5	22.2	24.6	22.0	24.3	21.5	24.4	21.8	23.6	18.5	23.2	18.1	23.9	17.8	23.2	18.5	23.5	26.0	23.3	25.8	23.1	25.8	23.8	26.0	23.6	27.7	24.4	26.8	23.8	27.3	25.1	28.3	24.6	25.5	24.7	24.8	24.4	24.7	24.9	25.3
18	23.8	21.5	23.7	21.3	24.2	20.7	23.7	21.1	22.3	17.2	22.2	16.9	23.4	16.6	22.5	17.4	21.9	26.6	22.9	26.3	23.3	25.9	23.8	26.4	23.9	28.1	24.1	27.2	23.8	27.4	25.2	28.5	24.7	25.6	25.2	25.0	24.3	24.6	24.9	25.8
19	24.3	21.9	24.6	21.5	24.3	21.1	24.3	22.1	23.6	18.7	22.8	18.3	24.2	18.0	23.5	19.0	23.4	28.3	24.3	27.7	24.3	27.6	25.4	28.1	25.1	28.6	25.6	27.8	23.0	28.5	26.4	30.0	25.9	27.0	26.2	26.5	25.0	26.1	25.8	27.1
20	25.3	23.2	25.2	23.0	24.9	22.6	25.0	23.2	24.6	20.5	24.0	20.2	24.4	19.9	24.7	20.7	24.4	28.9	25.0	27.9	25.9	28.3	26.0	27.9	25.3	29.0	26.1	27.7	26.1	28.5	27.7	28.7	26.1	26.6	26.6	26.2	26.1	25.9	26.3	26.5
21	25.8	23.8	26.0	23.4	25.7	22.9	25.8	23.4	24.4	20.3	24.1	19.9	25.1	19.6	24.5	20.3	24.4	29.2	25.3	27.9	25.5	27.9	26.6	30.4	25.3	30.2	26.6	30.0	25.9	29.0	27.2	30.1	26.1	24.0	27.2	23.5	26.4	22.5	26.4	23.2
22	25.5	22.6	25.5	22.0	25.9	21.7	25.4	22.5	24.7	20.4	23.7	19.9	25.3	19.7	24.6	20.8	24.5	28.4	25.3	28.0	25.4	27.7	26.4	29.2	25.5	28.8	26.4	28.3	26.7	29.1	27.0	30.3	26.5	26.4	27.4	25.6	26.6	25.3	27.1	26.3
23	25.7	23.7	25.9	22.9	26.6	22.5	25.7	23.1	25.0	21.9	24.7	21.6	25.8	21.1	25.1	21.6	25.0	28.4	26.5	28.3	26.1	28.2	27.1	28.4	25.7	30.1	26.8	28.3	25.9	29.0	27.1	30.1	26.5	27.3	27.6	26.9	26.6	26.4	27.2	27.2
24	26.4	24.3	26.7	23.9	26.3	23.6	26.8	24.2	25.0	21.1	24.8	20.8	25.2	20.5	25.0	21.1	24.5	25.3	24.9	24.0	24.6	24.4	24.6	25.1	25.2	26.9	25.2	25.4	25.2	26.2	26.5	27.2	25.4	24.9	25.4	24.4	26.0	24.4	25.5	25.0
25	24.2	19.7	24.4	19.2	24.7	18.9	24.1	19.7	22.4	16.8	21.7	16.6	23.3	16.2	22.2	17.0	22.1	26.4	22.8	25.4	23.5	25.5	23.9	26.0	23.3	30.0	24.5	30.0	23.9	27.3	26.0	28.3	24.8	26.7	25.9	26.2	25.3	26.0	25.7	26.5
26	25.2	23.8	25.4	23.5	25.5	22.9	25.0	23.5	23.9	20.1	24.0	20.0	24.7	19.8	24.1	20.7	24.1	27.3	24.5	26.7	25.1	26.6	25.3	27.5	25.1	28.8	26.0	28.3	25.8	28.1	27.2	30.0	25.9	26.0	26.8	25.6	26.2	25.2	26.5	25.8
27	26.0	24.0	26.0	23.6	26.2	23.3	26.0	24.1	25.7	23.4	25.3	23.3	26.0	22.7	25.7	23.4	25.6	26.1	26.7	25.2	26.1	24.9	26.4	26.1	25.7	22.1	26.5	22.1	26.4	21.1	27.1	21.7	25.1	22.3	25.1	22.1	26.1	21.3	25.9	22.2
28	24.9	22.2	24.3	21.9	25.8	21.5	25.4	22.3	24.5	21.3	23.5	21.0	25.2	20.7	24.8	21.4	24.2	27.3	25.1	26.8	25.1	26.3	25.8	26.7	24.9	27.7	26.0	27.6	25.6	27.6	27.0	28.2	25.6	25.1	26.6	24.9	26.2	24.5	26.7	25.8
29	24.0	20.4	24.3	19.9	24.0	19.5	24.5	20.1	22.4	17.7	22.4	17.6	23.6	17.2	22.7	17.7	22.1	26.2	23.0	25.5	23.8	26.1	24.4	25.9	23.4	27.7	24.5	27.0	24.8	26.8	25.8	28.1	24.7	26.4	25.4	25.9	25.5	25.8	25.7	26.6
30	25.1	23.4	25.2	23.3	25.6	22.8	25.5	23.3	24.6	22.4	24.3	22.0	25.5	21.7	24.9	22.3	24.8	28.8	25.5	28.4	26.7	28.5	26.8	28.9	25.7	26.7	26.5	26.6	26.6	26.1	27.3	27.7	26.4	27.0	27.1	26.4	27.1	26.2	27.8	27.3

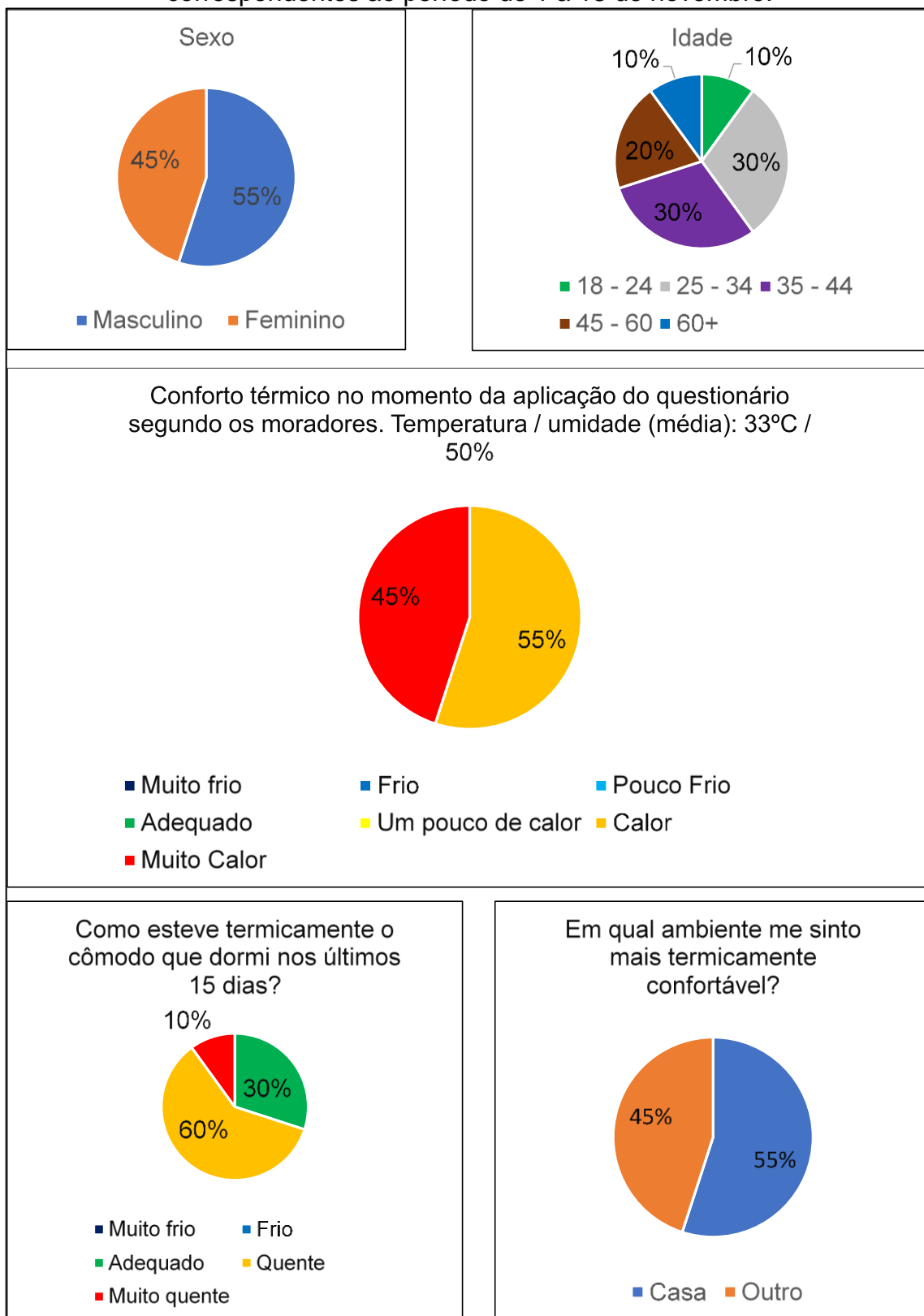
Frio Fresco Confortável Quente Muito Quente Tórido

Fonte: Dados obidos em campo

Conforme apresentado no Quadro 12, o longo de todo o mês de novembro, não houve nenhum registro de conforto térmico (THI) no ambiente interno das residências estudadas, isso se confirma por meio dos questionários de conforto térmico aplicado com moradores que residem no entorno próximo nos pontos 3 e 5 que apresentaram sensação de desconforto, ao longo de todo mês de novembro.

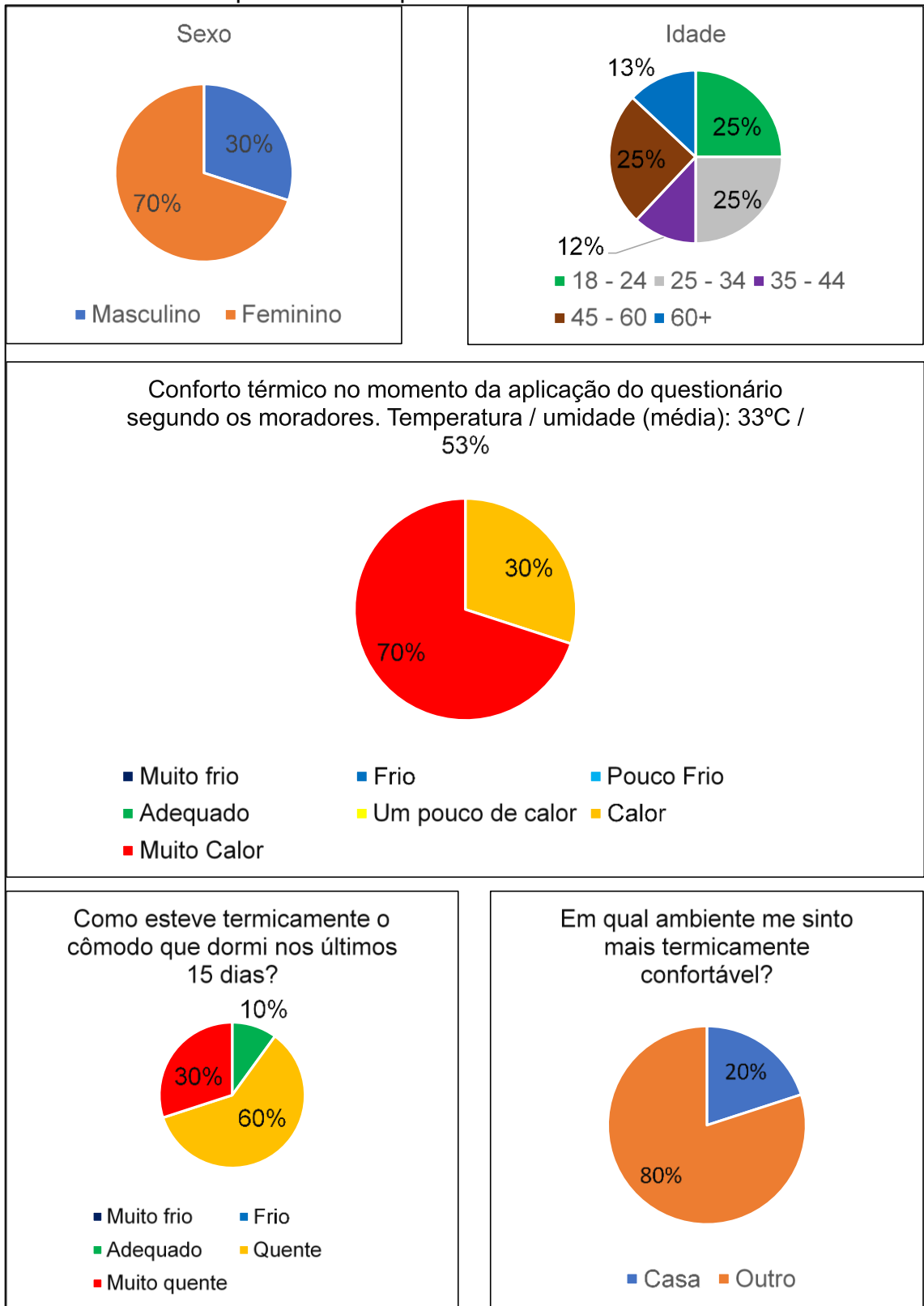
Nas proximidades do ponto 3, no período que se refere do dia 1 ao 13, 73% dos moradores alegaram que o cômodo que utilizaram para repouso apresentou algum desconforto para o calor (prancha 8) e 90% dos moradores nas proximidades do ponto 5 tiveram a mesma impressão (prancha 9). No período que corresponde dos dias 16 ao 30, nas proximidades do ponto 3 e 5, 100% dos entrevistados disseram sentir algum desconforto ao calor ao repousar. Assim sendo, se considerou que o índice THI de Thom (1959), aliado a classificação de conforto de Besancenot (2001), foram adequadas para explicar o universo de análise com precisão adequada.

Prancha 8 - Questionários aplicados com moradores nas proximidades do ponto 3 correspondentes ao período de 1 a 13 de novembro.



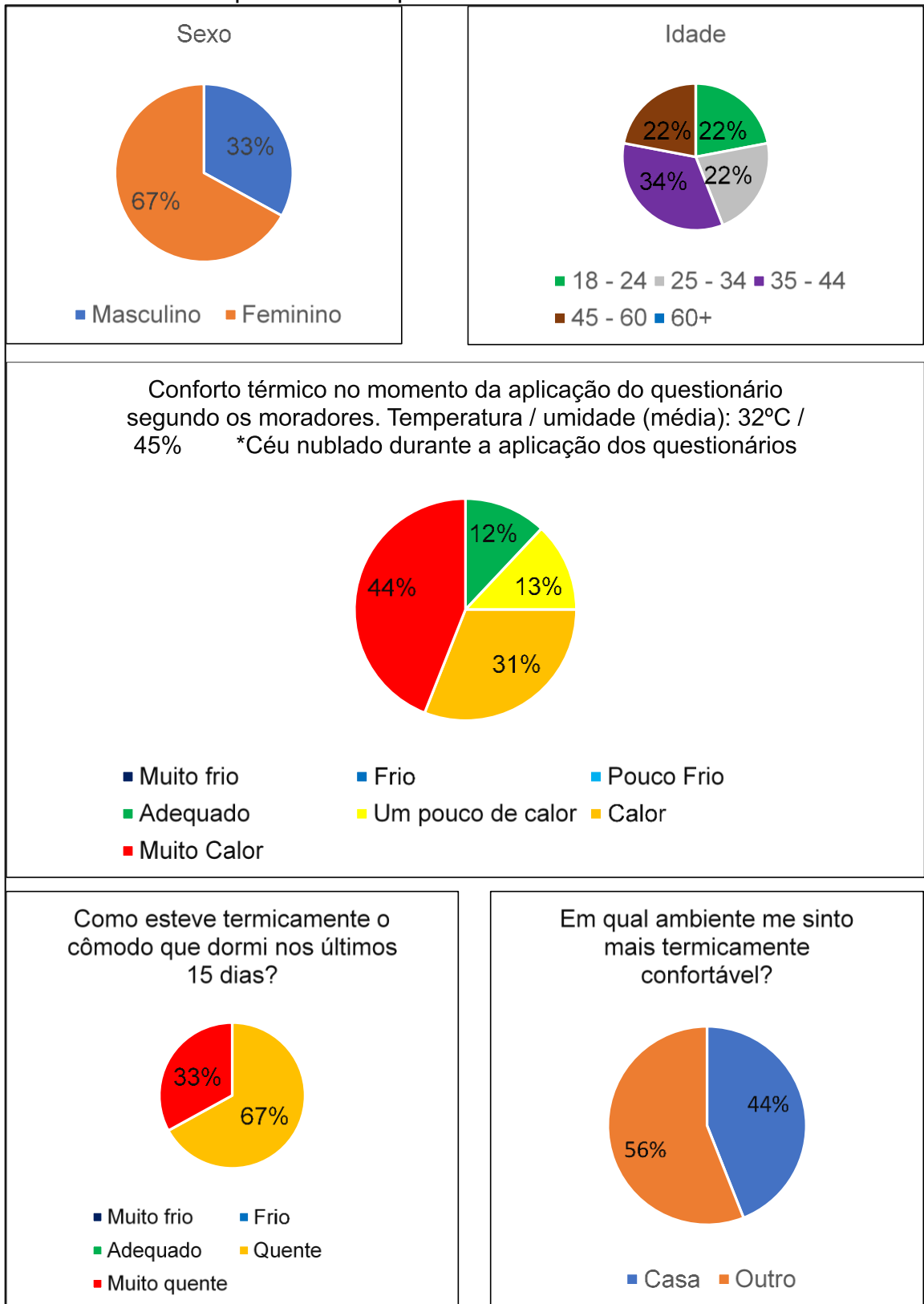
Fonte: Dados coletados em campo

Prancha 9 - Questionários aplicados com moradores nas proximidades do ponto 5 correspondentes ao período de 1 a 13 de novembro.



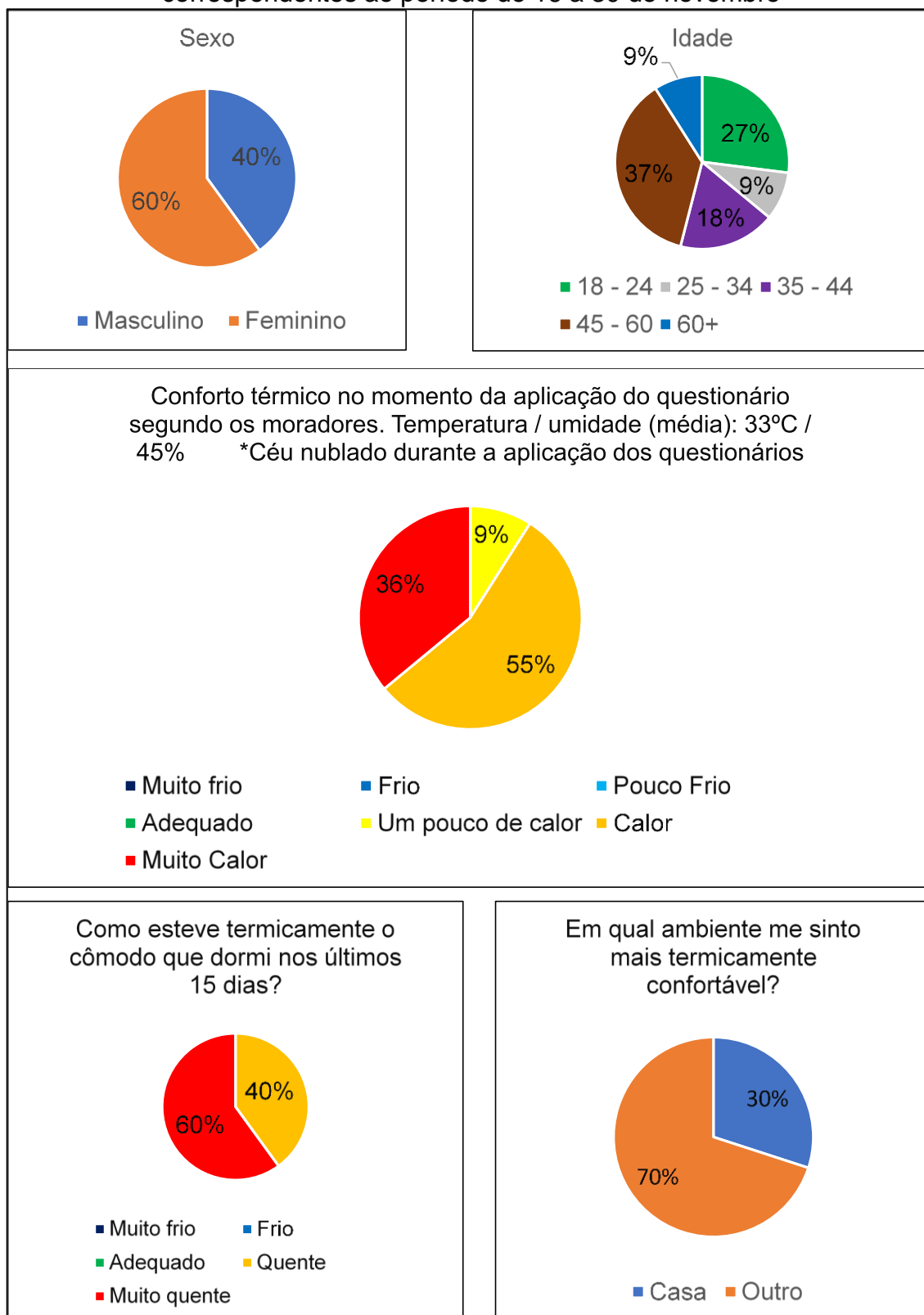
Fonte: Dados coletados em campo

Prancha 10 - Questionários aplicados com moradores nas proximidades do ponto 3 correspondentes ao período de 16 a 30 de novembro



Fonte: Dados coletados em campo.

Prancha 11 - Questionários aplicados com moradores nas proximidades do ponto 5 correspondentes ao período de 16 a 30 de novembro

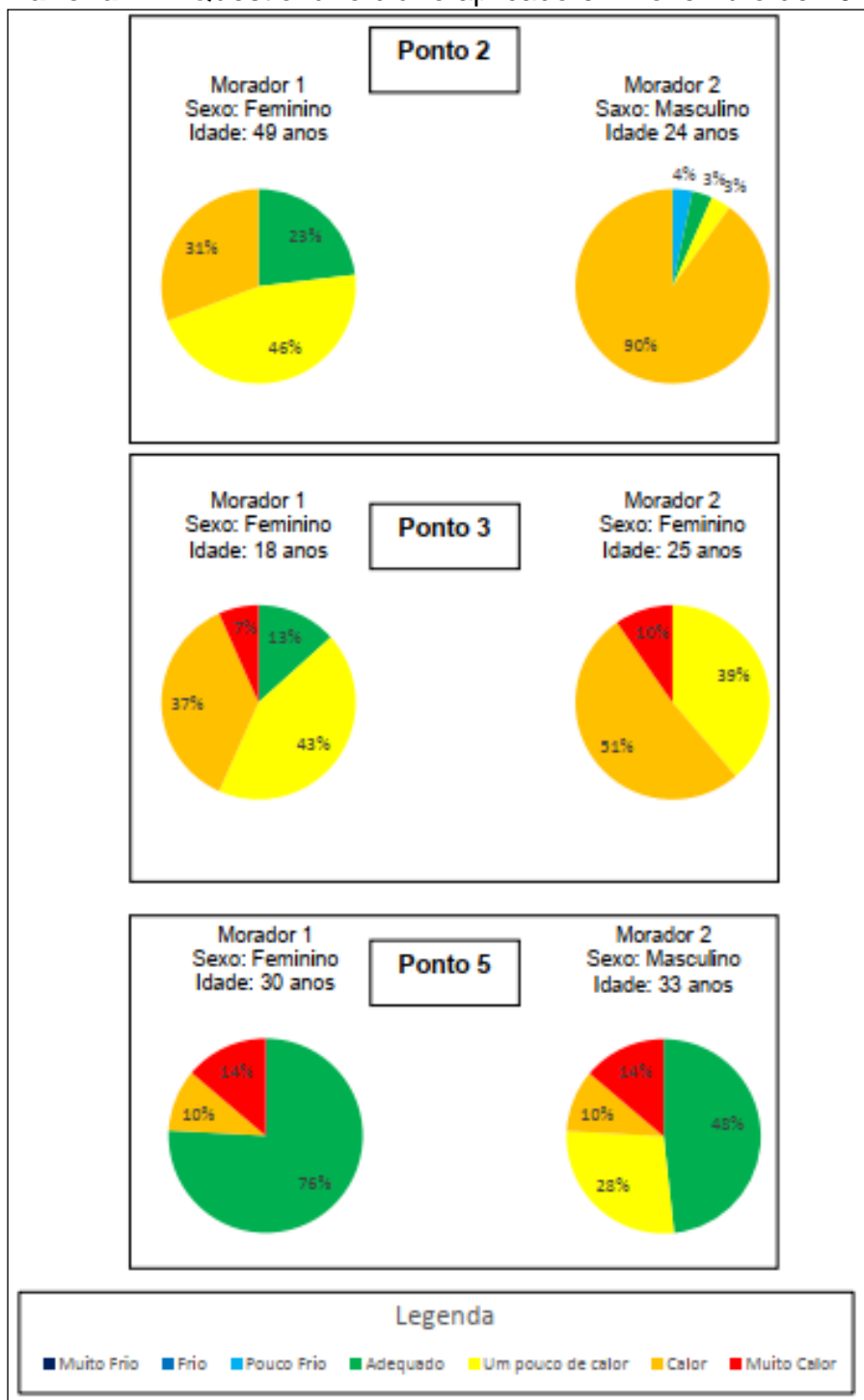


Fonte: Dados coletados em campo.

Diferente do questionário aplicado no dia 13, com diversos moradores, que considerou principalmente as duas primeiras semanas do mês de novembro, o questionário diário aplicado com moradores dos pontos 2, 3 e 5, dois em cada uma das residências considerou todo o mês de novembro.

Orientados a responder diariamente a respeito de suas impressões sobre o cômodo em que utilizou para repousar, revelou-se que, em 70% do período, houve desconforto para o calor com os moradores dos pontos 2 e 3, corroborando com o índice THI e com os questionários de conforto aplicado com moradores que residem próximos ao ponto 3 e 5, mas os questionários aplicados com os moradores do ponto 5 forneceu resultados diferentes, apontando sensação de conforto térmico em até 75% dos casos (Prancha 12).

Prancha 12 - Questionário diário aplicado em novembro de 2019



Fonte: Dados coletados em campo

Descartado a possibilidade de uso de aparelhos que condicionam artificialmente a temperatura do ar, dado que o próprio índice THI interno dessa residência não apresentou resultados diferentes dos demais como foi demonstrado no quadro 13, as respostas referentes ao conforto térmico destoantes dos demais

entrevistados se explica por meio de fatores psicológicos que interferem em até 50% na sensação de conforto ou desconforto (NIKOLOPOULOU; SETEEMERS, 2003) e a capacidade individual de aclimação (FROTA; SCHIFFER, 2001).

5.5 Intensidade e magnitude das Ilhas de calor atmosféricas e superficiais de acordo com os sistemas atmosféricos atuantes em dezembro de 2019

O mês de dezembro marca o fim da primavera o início do verão na região climática onde Martinópolis se encontra, levando ao aumento de episódios de instabilidade atmosférica e precipitação. De acordo com Sant'Anna Neto e Tommaselli (2009), considerando a média histórica entre 1968 e 2007, a precipitação média acumulada nessa região climática para o mês de dezembro é de 178,5 mm, sendo o segundo mês com maior volume de precipitação para a região. Todavia, em 2019, a precipitação total no mês de dezembro foi de 107,2 mm, ficando abaixo da média histórica.

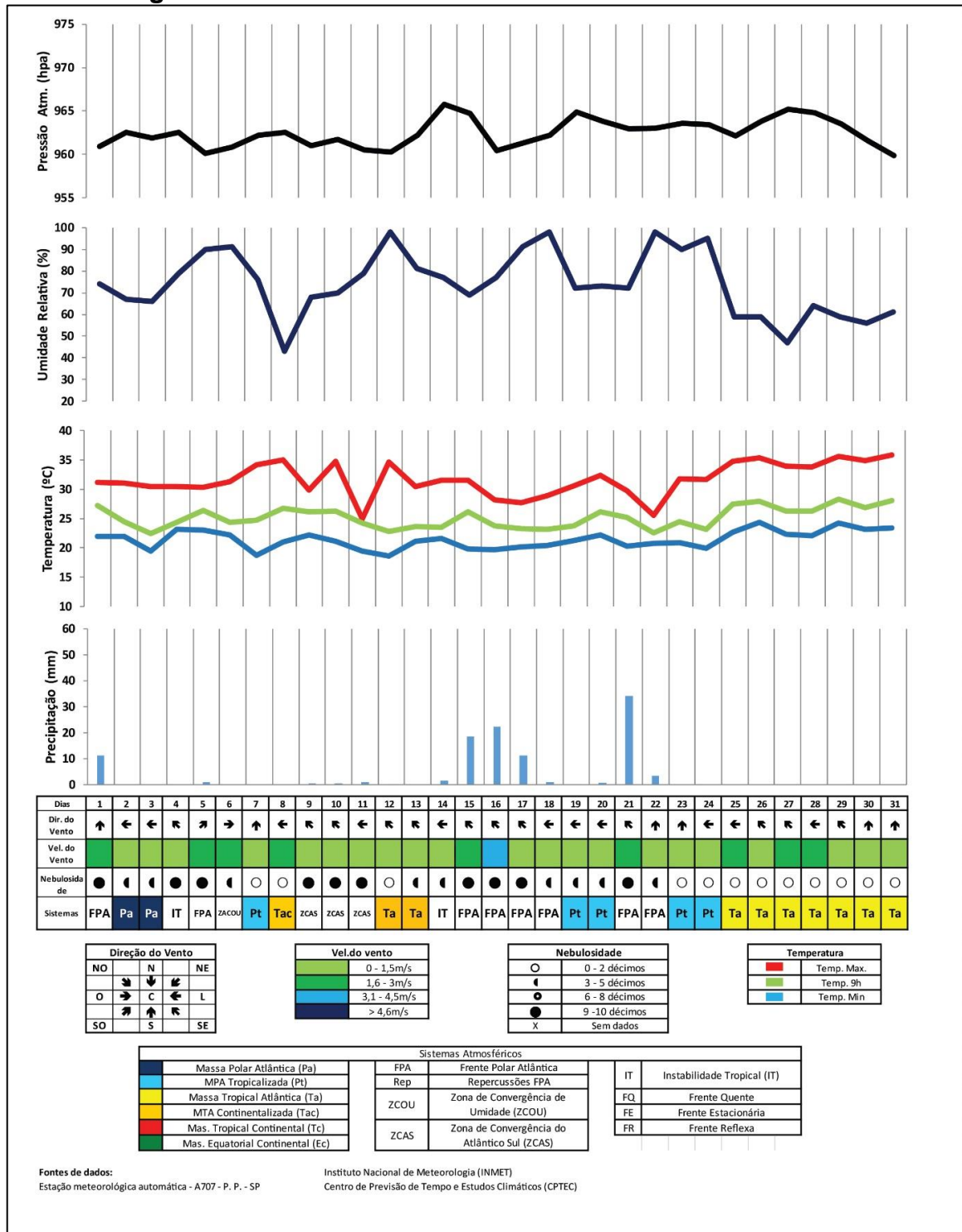
Ainda que a precipitação tenha sido 70 mm abaixo do esperado para o período, houve constantes episódios de instabilidade atmosférica, ocorrendo em 19 dos 31 dias do mês, concentrando-se entre os dias 1 a 23, provocando principalmente nebulosidade e precipitação (Figura 26).

A FPA foi a principal responsável pelo aumento da precipitação, sobretudo, entre os dias 15 e 21, período que concentrou 90 mm de precipitação ao longo do mês

Além da FPA, outro sistema que causou instabilidade atmosférica foi a Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), embora não tenha provocado precipitação superior a 5mm, causou nebulosidade de 9 a 10 décimos e queda superior a 5°C na temperatura máximas (Figura 26).

O período do mês de dezembro que ocorreu estabilidade atmosférica se concentrou na última semana, a partir do dia 25, quando a Ta se estabeleceu, com céu claro e velocidade dos ventos entre 0 e 1,5 m/s.

Figura 26 - Gráfico de Análise Rítmica de dezembro de 2019



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Com o predomínio das instabilidades atmosféricas as ICU, durante o horário noturno e nas primeiras horas da manhã (0h, 3h, 6h e 9h), foram majoritariamente de fraca magnitude, havendo ocorrência de ICU de média magnitude nos pontos 3 e 5.

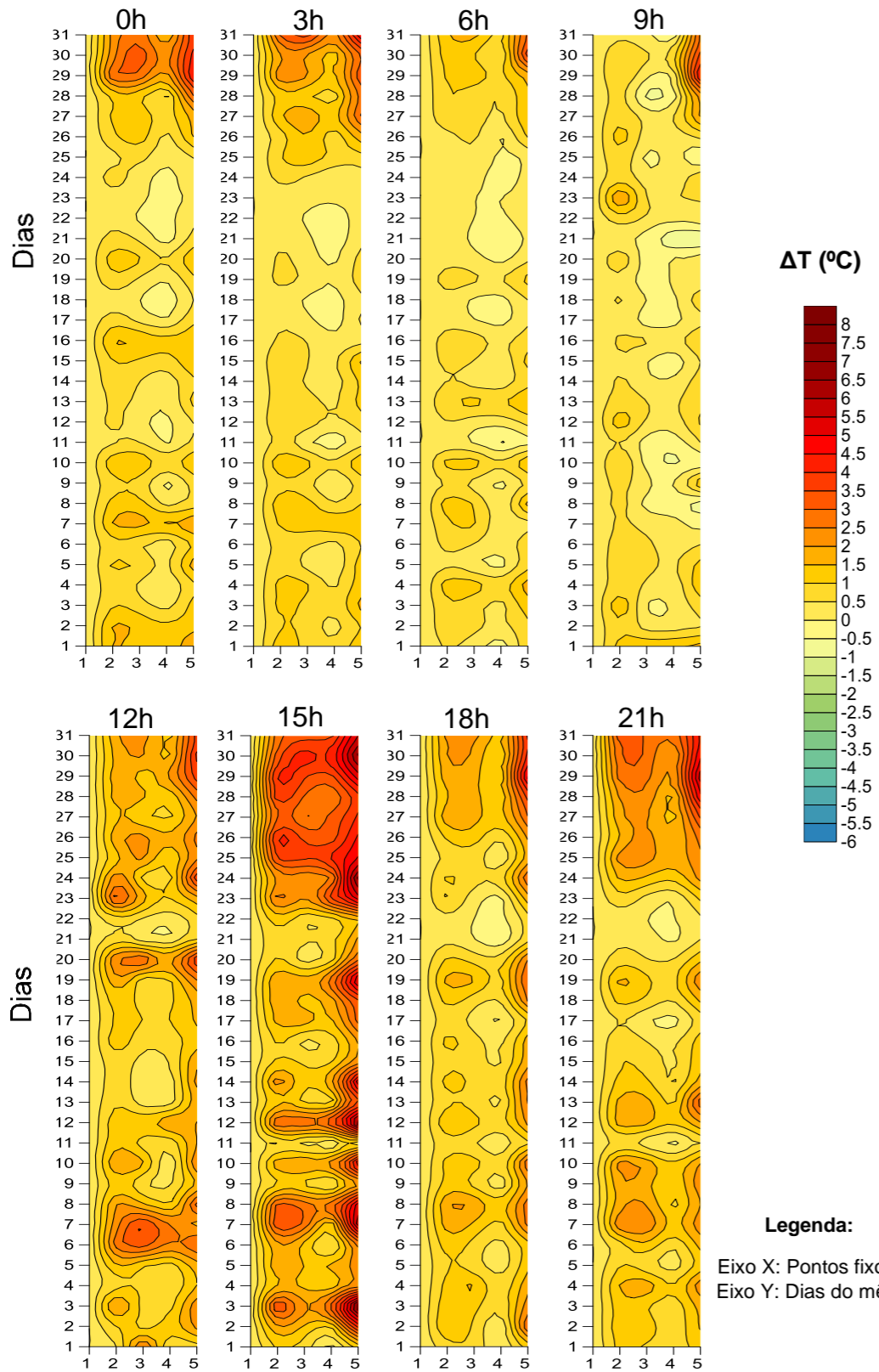
Na medida que se encerra o período de instabilidade atmosférica, a intensidade das ICU aumentam de magnitude intensidade nesses horários em todos os pontos atingindo o pico de 5°C no ponto 5 às 3h no dia 31 sob atuação da Ta, sendo essa a mais alta intensidade de ICU registrada para o horário ao longo de todo o período que se desenvolveu este trabalho.

Às 12h, embora a intensidade e magnitude das ICUs tenham sido menores no período de instabilidade, houve registros de ICU de fraca e média magnitude em todos os pontos, principalmente no 3 e no 5 (Prancha 13A). Apesar de menor intensidade se observa um padrão semelhante ao que ocorreu em outubro e novembro para o mesmo horário. Mesmo após o dia 25, com o predomínio de estabilidade atmosférica, não se percebe aumento na intensidade das ICUs, exceto no ponto 5, quando, no dia 30, ocorreu ICU de forte magnitude.

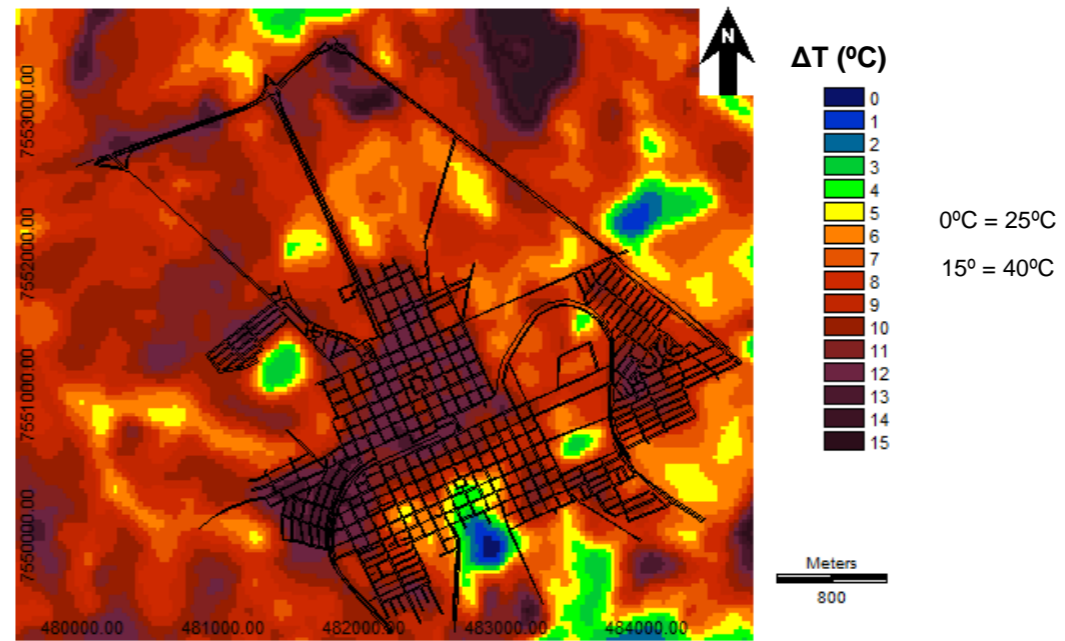
Às 15h a intensidade e magnitude das ICUs foi superior ao registrado às 12h no ponto 5 (Prancha 13A), registrando ICU de magnitude forte e muito forte, mesmo em episódios que contaram com nebulosidade e precipitação inferior a 20 mm. Além da própria característica do entorno próximo ao ponto 5, a precipitação em volumes menores que 20 mm, assim como ocorreu em novembro e nos trabalhos de Teixeira (2019), pode ter ocorrido apenas no ambiente rural próximo ou em pontos isolados da malha urbana resfriando de maneira desigual a superfície intensificando o registro da ICU.

Prancha 13 - Distribuição espacial das ilhas de calor da atmosfera inferior, ilhas de calor superficial e NDVI referentes ao mês de dezembro de 2019

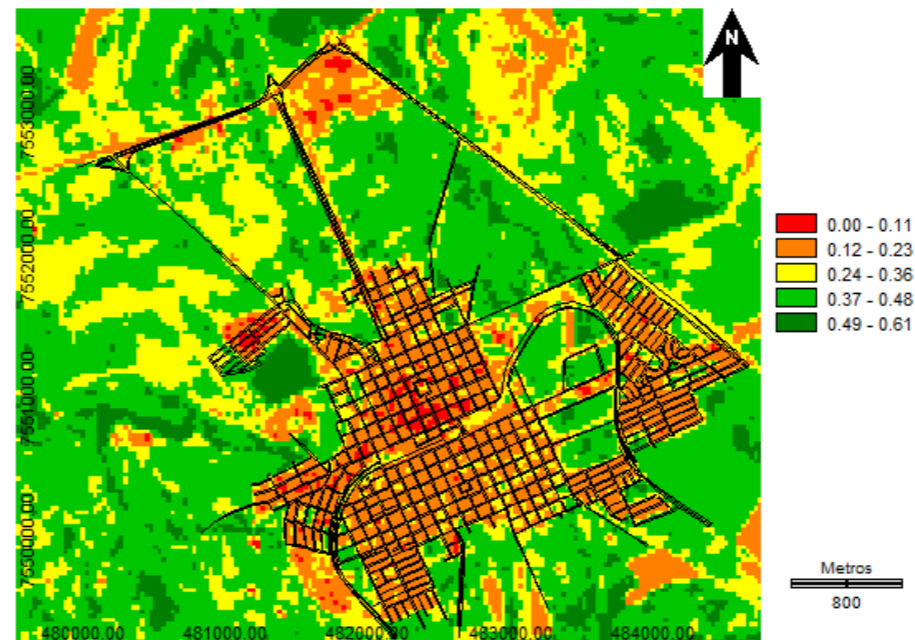
A) Variação espaço-temporal da intensidade da temperatura do ar em dezembro de 2019



B) Temperatura superficial – 28 de dezembro de 2019



C) NDVI 28 de dezembro de 2019



28/12/	28/12/2019	Dias que antecedem a o registro das imagens			
		5 dias	10 dias	20 dias	30 dias
Prec (l	Prec (mm)	0	45.6	56.6	23.4

Fontes: USGS / Landsat 8 (banda 10) (banda 4 e 5); IBGE (2010), Dados de campo; Estação meteorológica A707 Presidente Prudente/SP (2019).

Sistema de Projeções: UTM; **Datum:** WGS 84, 22 Sul.

Elaborado por: Tiago Santos Milani. **Orientadora:** Margarete Amorim.

Às 18h e 21h, as ICUs foram mais proeminentes nos pontos 3 e 5 (Prancha 13A), predominando as de fraca e média magnitude no período que houve instabilidade atmosféricas e forte magnitude últimos meses de dezembro. Diferente do que aconteceu nos meses anteriores, as intensidades e magnitudes das ICUs nesses horários foram parecidos entre si. Acredita-se que isso tenha ocorrido principalmente por dois fatores 1) o aumento da nebulosidade manteve calor na atmosfera inferior permitindo o resfriamento mais gradual tanto no ambiente rural quanto urbano; 2) o fato do pôr-do-sol acontecer mais tarde, tanto os ambientes rurais quanto os urbanos se mantiveram aquecidos por mais tempo mantendo o padrão semelhante das ICUs.

No que se refere as ICU superficiais os resultados para o mês de dezembro revelaram as mais altas intensidades atingindo 15°C no ambiente urbano (Prancha 13B) onde há concentração urbana e ausência de vegetação (Prancha 13C). Diferente dos outros meses quando a tomada da imagem termal ocorreu em um período seco, em dezembro a imagem foi registrada no dia 28 de dezembro, ao passo que, o total de precipitação acumulada nos 30 dias anteriores a tomada da imagem foi de 120,6 mm o que proporciona clara distinção entre a superfície entre a área construída e o ambiente rural próximo, de acordo com Amorim (2017, p.118)

Isso ocorre porque, no período com os menores totais de precipitação, a vegetação fica menos exuberante e, como está se trabalhando com intensidades de ilhas de calor, comparando uma área vegetada com diversos tipos de cobertura da terra no intraurbano e com outros pontos rurais, os gradientes entre o urbano e o rural diminuem [...]. Assim não é porque a cidade ficou mais “fresca” e sim porque o campo ficou mais quente devido à diminuição de biomassa

Já nos períodos com os maiores totais de precipitação, a vegetação fica com as folhas mais desenvolvidas e há maior umidade no solo, fazendo que, comparativamente, as temperaturas superficiais nessas áreas sejam menores do que nos ambientes construídos.

5.5.1 Conforto térmico interno e externo nas moradias do CDHU e de alto padrão construtivo em Martinópolis no mês de dezembro de 2019.

Devido ao fato de o mês de dezembro de 2019 ter apresentado instabilidade atmosférica, em certa medida, nos primeiros vinte dias do mês, estabelecer relações entre o conforto térmico interno e externo nas moradias de alto padrão construtivo e nas de interesse social empreendidas pela CDHU, torna-se um desafio ainda maior, visto que às 0h e 6h, mesmo sob condição de estabilidade atmosférica essa relação nem sempre ficou clara nos meses anteriores.

Isto posto, no que se refere ao conforto térmico às 0h e 6h se observa que não há relação evidente com as ilhas de calor, mas ao considerar os sistemas atmosféricos atuantes, observa-se que durante o período de instabilidade atmosférica, quando as temperaturas máximas foram inferiores a 35°C e as mínimas variaram entre 22°C e 15°C (Figura 26), o comprometimento do conforto térmico interno e externo foi brando, sendo classificado como quente de acordo com Besancenot (2001), destacando o dia 12, no qual, às 0h e 6h se registrou sensação de conforto térmico externo em todos os pontos (Quadro 14). Esse fenômeno ocorreu devido ao fato que, no dia 11, o sistema ZCOU provocou queda nas temperaturas máximas, atingindo 25°C (Figura 26), assim, nas primeiras horas do dia 12, houve sensação de conforto térmico.

Às 12h e 15h durante os vinte primeiros dias do mês de dezembro, quando houve instabilidade atmosférica, assim como nos horários 0h e 6h, a relação entre ICU e o conforto térmico não foi evidente, como exemplo se destaca o dia três: sob atuação da Pa, houve registro de ICU de magnitude muito forte no ponto 5, atingindo 7,2°C de intensidade, a mais alta para o mês de dezembro, o índice THI externo do ponto 5 foi de 29,6, classificado como muito quente de acordo com Besancenot (2001), porém, os demais pontos que registraram ICU de média e fraca magnitude, variando entre 2°C a 3,7°C de intensidade, embora tenham registrado THI externo inferior ao ponto 5 (entre 26,7 e 27,8) como pode ser observado no Quadro 13, também se classificam como muito quente, igualmente o ponto 5. Ou seja, embora a ICU de forte magnitude tenha comprometido o conforto térmico calculado a partir do THI de Thom (1959), durante os episódios de instabilidade atmosférica ou atuação de sistemas polares, não foi o suficiente para progredir na classificação de conforto térmico, tendo em vista que, as temperaturas máximas nesse episódio não superaram os 35°C.

Quadro 13 - Índice THI dezembro 2019

Dia	Índice THI - às 0h								Índice THI - às 6h								Índice THI - às 12h								Índice THI - às 15h								Índice THI - às 18h							
	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P4 INT	P4 EXT	P5 INT	P5 EXT	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P4 INT	P4 EXT	P5 INT	P5 EXT	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P4 INT	P4 EXT	P5 INT	P5 EXT	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P4 INT	P4 EXT	P5 INT	P5 EXT	P2 INT	P2 EXT	P3 INT	P3 EXT	P4 INT	P4 EXT	P5 INT	P5 EXT
1	26.5	24.5	26.4	24.1	26.9	24.0	26.6	24.8	25.2	20.7	25.0	20.7	26.0	20.2	25.4	21.0	25.6	27.4	25.8	28.5	26.5	27.3	27.0	27.5	25.8	23.6	26.1	23.2	26.3	22.6	26.4	24.0	24.5	23.3	25.4	23.4	25.5	22.6	25.5	23.5
2	24.4	22.4	24.1	22.2	25.3	21.9	25.1	22.2	24.2	21.4	23.7	21.4	24.7	21.2	24.6	21.7	24.0	27.1	24.6	26.6	24.5	27.0	25.6	27.6	25.2	27.8	25.9	27.2	25.3	27.1	26.8	28.7	25.7	25.7	26.7	25.2	26.0	24.6	26.6	26.7
3	24.9	22.2	25.0	21.9	25.0	21.6	25.5	22.4	23.9	18.5	19.9	18.5	23.9	18.3	19.4	18.8	23.3	26.2	23.8	25.0	23.7	25.1	24.4	26.1	24.4	27.8	25.1	26.7	24.7	27.4	25.8	29.6	25.0	25.9	26.0	25.7	25.4	25.3	25.8	26.4
4	24.6	22.9	24.5	22.6	25.0	22.3	24.9	23.0	24.6	22.3	24.1	22.3	25.1	21.9	25.0	22.3	24.6	25.6	24.8	25.6	25.4	25.3	25.3	26.0	25.1	27.3	26.0	27.1	25.6	27.0	26.2	27.4	25.7	26.1	26.5	26.4	26.0	25.6	26.5	26.4
5	25.8	23.1	26.2	23.0	26.1	22.5	26.1	23.7	25.4	22.2	25.0	22.2	25.9	22.0	25.6	22.5	25.2	26.7	25.8	26.4	25.8	26.1	26.2	26.8	25.5	27.0	26.2	26.7	25.9	26.7	26.7	27.2	25.7	25.2	26.4	25.0	26.0	24.6	26.5	25.5
6	24.9	22.2	25.0	21.9	26.3	21.6	25.9	22.4	24.5	21.9	24.3	21.9	25.4	21.7	25.3	22.2	24.3	27.0	25.2	27.1	25.3	26.7	25.9	27.0	24.9	27.3	26.2	26.8	25.6	26.2	26.3	27.5	25.5	26.2	26.0	26.0	25.5	25.7	26.1	26.2
7	25.0	21.5	24.9	21.5	24.2	21.4	25.0	21.8	22.9	19.4	23.3	19.4	23.6	18.7	23.7	19.3	23.6	27.6	24.5	28.7	24.6	27.3	25.6	27.2	24.6	27.8	25.6	27.2	24.6	26.3	26.1	28.8	25.4	26.0	26.3	25.6	24.9	25.3	25.7	26.2
8	24.8	22.9	24.9	22.8	25.3	22.3	24.4	22.6	23.9	19.5	23.9	19.5	24.3	18.8	24.0	19.8	24.1	28.3	24.6	28.2	24.4	27.3	25.7	28.4	25.3	30.5	25.7	30.4	25.0	28.4	26.5	30.1	26.3	27.0	26.6	26.7	26.6	26.4	26.3	27.3
9	25.7	23.1	25.3	23.0	25.6	22.4	25.2	23.0	25.0	21.7	24.5	21.7	25.4	21.3	23.9	21.9	24.5	23.0	24.4	22.5	24.8	22.4	24.4	23.2	24.5	24.0	24.7	23.9	24.9	23.5	25.0	24.4	24.6	23.0	24.7	22.6	25.0	22.3	24.9	23.5
10	24.3	22.3	24.0	22.2	24.9	21.8	24.5	22.3	23.9	20.9	23.5	20.9	24.5	20.3	24.2	20.8	24.4	27.8	25.0	27.4	25.1	26.6	25.8	28.0	25.4	28.1	26.7	28.2	26.4	28.2	26.9	29.6	26.3	25.9	27.1	25.9	26.4	25.4	27.0	26.8
11	25.6	20.6	25.7	20.6	26.0	20.2	25.6	20.8	23.9	20.2	23.6	20.2	25.0	19.8	24.3	20.4	24.4	23.6	23.7	23.1	25.0	23.0	24.6	24.1	23.3	22.7	23.8	22.5	23.9	22.2	24.6	24.1	24.2	22.3	24.3	22.0	24.7	21.7	24.5	22.4
12	22.8	19.0	22.4	18.5	23.7	18.3	23.2	18.9	22.4	18.6	21.6	18.6	23.4	18.6	22.5	18.9	22.9	26.8	23.2	26.5	23.9	26.9	24.7	27.0	23.7	27.7	24.6	27.6	24.6	27.8	25.9	29.8	24.9	26.4	25.5	26.1	25.3	25.8	26.1	26.8
13	25.0	21.9	25.2	21.7	25.4	21.3	25.4	22.3	24.4	20.6	24.0	20.6	24.9	20.4	24.5	20.5	23.9	25.8	24.2	25.0	24.8	25.1	24.9	26.3	24.3	27.1	25.1	26.6	25.2	26.6	25.8	28.2	25.1	26.7	25.7	26.5	25.6	26.3	26.0	27.7
14	25.0	23.0	24.8	22.7	25.3	22.5	25.2	23.1	24.1	20.4	23.6	20.4	24.7	20.3	24.0	20.6	23.8	24.8	23.7	24.2	24.7	24.2	24.6	25.8	24.4	27.5	25.1	26.6	25.1	27.1	25.8	29.1	25.3	26.4	25.9	26.0	26.5	25.9	26.0	27.1
15	25.6	23.8	25.2	23.6	25.6	23.5	25.6	24.2	24.4	20.9	24.0	20.9	24.9	20.6	24.7	21.1	24.4	26.0	24.5	25.5	25.0	25.7	25.5	26.7	25.1	27.3	25.3	27.1	25.4	27.1	26.0	27.9	25.7	26.5	26.0	26.1	25.6	26.0	26.2	26.8
16	25.6	24.0	25.9	24.7	26.5	24.5	26.1	24.8	25.5	23.7	25.5	23.7	25.6	23.4	25.8	23.8	24.3	23.3	25.0	22.6	24.8	22.7	25.2	23.1	24.4	24.9	24.9	24.2	24.8	24.5	25.3	25.4	24.8	23.8	25.0	23.3	25.1	23.1	25.4	24.1
17	23.6	20.4	23.6	19.9	24.3	19.7	24.5	20.5	23.5	19.9	22.6	19.9	23.9	19.7	23.7	20.2	23.2	24.4	23.1	24.3	24.0	24.2	24.3	24.8	23.7	25.4	24.1	25.3	25.2	25.0	25.0	26.2	24.1	22.8	24.7	22.5	25.0	22.2	24.9	23.1
18	23.0	19.9	23.2	19.7	24.4	19.4	23.9	20.2	23.1	19.9	22.3	19.9	24.0	19.8	23.6	20.3	23.5	25.3	23.2	24.9	24.0	24.8	24.2	25.8	23.8	26.3	24.0	25.7	25.2	25.9	25.1	27.0	24.8	24.8	25.0	24.4	25.0	24.2	25.1	25.7
19	24.3	22.3	24.4	21.8	24.8	21.5	24.6	22.3	23.7	20.3	23.4	20.3	24.1	20.2	23.8	20.4	23.7	27.6	24.2	26.3	24.3	26.6	25.0	27.7	24.5	27.1	25.4	26.7	25.3	27.4	26.0	29.1	25.4	24.2	25.4	23.9	25.0	23.4	25.3	25.1
20	25.0	22.7	24.6	22.5	25.5	22.0	24.7	22.9	24.4	21.2	23.7	21.2	24.9	20.9	24.3	21.3	24.4	27.6	25.0	27.6	24.9	27.0	25.8	28.3	25.1	26.1	25.9	25.4	25.6	25.6	25.9	27.0	25.6	25.9	25.6	25.7	25.8	25.5	25.7	26.5
21	24.9	20.7	25.0	20.3	25.9	19.8	25.0	20.7	23.9	20.0	23.3	20.0	24.9	19.7	24.1	20.3	23.6	20.9	24.2	21.0	24.8	20.9	24.9	21.8	24.2	26.0	24.7	25.8	25.6	25.8	25.7	27.0	24.0	21.1	23.9	20.8	25.1	20.4	24.5	21.5
22	23.6	20.1	22.9	19.6	24.6	19.6	23.8	20.1	23.5	20.1	22.4	20.1	24.2	20.0	23.5	20.4	23.2	23.3	23.0	23.0	24.1	22.8	24.1	23.4	23.2	23.6	23.2	22.9	24.2	23.1	24.0	24.0	24.0	22.2	24.2	21.8	24.1	21.7	24.1	22.6
23	23.4	20.8	22.6	20.6	23.9	20.4	23.4	20.7	23.1	20.9	22.2	20.9	23.7	20.9	23.3	21.0	23.2	27.8	23.6	26.7	24.1	26.4	25.1	26.8	23.9	27.4	24.8	27.3	24.8	27.8	25.9	29.5	24.9	23.8	25.3	23.2	25.2	22.9	25.4	24.4
24	23.9	21.1	23.9	20.6	24.7	20.3	24.4	21.0	23.5	19.8	22.5	19.8	24.2	19.4	23.4	19.9	23.3	26.8	23.7	25.5	24.1	25.6	24.6	27.7	24.1	27.6	24.9	27.3	24.6	27.6	25.6	28.8	25.4	26.5	25.7	26.0	25.3	26.2	25.7	27.3
25	25.4	23.1	24.8	23.2	25.2	22.8	25.2	23.2	25.0	21.1	24.0	21.1	24.6	20.7	24.2	21.0	24.9	28.5	25.6	28.7	25.2	28.0	26.5	28.8	26.1	29.5	26.9	29.8	25.8	29.6	27.2	30.3	27.3	27.3	27.8	27.2	27.0	26.7	26.9	29.7
26	26.4	24.1	26.6	24.0	25.4	23.4	26.3	24.8	25.0	22.2	24.8	22.2	24.5	21.7	25.0	22.1	25.2	28.7	26.2	28.6	26.1	28.4	27.0	28.6	26.1	30.4	27.4	30.0	26.8	29.6	29.9	31.3	27.0	27.6	27.5	27.4	27.0	27.0	27.7	29.3
27	26.0	23.8	25.4	23.9	25.6	23.5	26.1	25.1	24.4	20.1	24.6	20.1	23.4	19.8	24.5	20.4	23.9	27.4	24.7	26.4	24.6	26.7	25.4	27.0	24.7	28.0	25.2	27.4	25.3	28.1	28.2	30.6	26.0	26.8	26.5	26.7	25.9	26.3	26.1	27.3
28	25.8	23.3	25.9	23.2	25.7	22.7	25.7	25.4	25.1	20.8	24.9	20.8	25.7	20.7	25.3	21.1	25.2	29.0	25.7	28.4	26.0	28.3	27.1	28.7	26.7	30.2	27.1	29.1	27.4	29.1	28.0	30.2	27.5	28.1	28.1	28.0	28.4	27.6	28.1	28.9
29	27.3	24.4	27.2	25.3	26.8	24.7	27.4	26.1	26.7	22.9	26.4	22.9	26.6	22.4	26.5	22.8	26.4	30.0	26.6	28.8	27.6	29.7	27.7	29.4	27.2	31.9	28.0	32.1	27.4	30.0	28.9	33.4	27.6	28.0	28.5	27.6	27.4	27.3	28.0	29.5
30	27.1	24.2	27.2	24.7	26.2	24.0	27.0	26.2	25.8	21.3	26.1	21.3	26.2	20.8	25.9	21.6	25.4	28.5	26.0	28.2	26.1	28.0	26.9	28.2	26.3	29.0	27.2	30.2	27.4	29.2	29.0	30.4	27.2	27.4	28.0	27.1	26.8	26.7	27.6	27.5
31	26.7	24.0	27.0	24.3	26.7	23.4	26.6	25.3	25.6	21.5	25.6	21.5	26.1	20.8	25.9	21.6	25.7	29.7	26.4	29.0	26.4	28.3	27.2	29.5	26.4	30.6	27.2	30.0	27.6	29.3	30.1	31.4	27.3	29.7	27.8	27.6	27.2	27.1	27.7	29.4

Frio Fresco Confortável Quente Muito Quente Tórrido

Fonte: Dados obidos em campo

Porém, sob atuação de T_a e estabilidade atmosférica, que predominou entre os dias 25 e 31, o efeito da ilha de calor de magnitude forte e muito forte interferiu diretamente no comprometimento do conforto térmico nos ambientes externos, ao passo, no dia 26 às 15h, os pontos 2, 3 e 5 registraram ICU de forte magnitude a classificação do conforto térmico foi “tórrido”, a forma mais grave de desconforto ao calor de acordo com a classificação de Besancenot (2001). Enquanto o ponto fixo 4, que apresentou ICU de média magnitude, até $1,5^{\circ}\text{C}$ mais fria do que as dos demais pontos, o conforto térmico foi menos comprometido, embora apresente desconforto ao calor.

6. SÍNTESE DOS RESULTADOS E PROPOSTA DE MITIGAÇÃO AOS EFEITOS DAS ILHAS DE CALOR URBANAS

As análises alcançadas nesta pesquisa, foram embasadas na proposta do SCU (MONTEIRO, 1976), revelando as características e particularidades do clima urbano de Martinópolis. As características gerais das ilhas de calor da camada inferior, para o período de agosto a dezembro de 2019, foram semelhantes a outros estudos que seguiram a mesma temática em cidades tropicais de médio e pequeno porte, tais como: Pitton (1997), Ugeda Júnior (2012), Ortriz Porangaba (2015), Amorim (2020) e Teixeira (2019).

As ICU de forte e média magnitudes se concentraram no período da tarde (12h, 15h e 18h) durante a atuação de sistemas atmosféricos estáveis, mesmo nos meses mais secos (agosto, setembro e outubro). Nos meses de novembro e dezembro predominaram as ICU fracas e médias.

Os picos de ilhas de calor, que chegaram a 7,8°C de intensidade, ou seja, de magnitude muito forte, exceto no mês de agosto, que não houve registro de ICU de magnitude muito forte com intensidade superior a 6°C, nos demais meses analisados, houve registros de ICU de magnitude muito forte às 15h e 18h, principalmente, no ponto 5.

Nos horários noturnos, o aquecimento se concentrou na porção Oeste da malha urbana, que, além de receber o ar aquecido do ambiente urbano quando há ventos predominantes do quadrante leste, a influência geoambiental proporcionada pela orientação das vertentes voltadas para Oeste no ponto 2 e noroeste no ponto 3, favoreceram a incidência dos raios solares até as últimas horas de sol, fazendo com que os pontos 2 e 3 permanecessem mais aquecidos do que os demais. Esse fenômeno pôde ser confirmado, também, pelos dois transectos móveis realizados nesta pesquisa.

Houve ainda ilhas de frescor nas primeiras horas da manhã, sobretudo, às 9h nos meses de agosto, setembro e outubro. De acordo com os estudos de Teixeira (2019) houve fenômeno semelhante em Santo Anastácio-SP, cidade essa de pequeno porte localizada na mesma região climática em que Martinópolis se encontra. Na ocasião, a autora indicou como responsável o efeito sombra que também pode ser observado na presente pesquisa, porém, diferente de Santo Anastácio, em

Martinópolis, o fenômeno deixou de ser observado nos meses de novembro e dezembro que, devido ao caráter sazonal da distribuição da radiação solar, revelou uma das singularidades do clima local.

Ao se tratar de um ambiente tropical, onde naturalmente a temperatura do ar é elevada, podendo ser agravada devido às próprias características geoambientais e das ações antrópicas, identificar a ação da ICU como fenômeno que compromete o conforto térmico torna-se um desafio que demanda conhecimento multidisciplinar.

Se as ICU, não só na presente pesquisa, como em outras, tiveram relações claras com os sistemas atmosféricos atuantes e o padrão construtivo no entorno próximo, o conforto térmico analisado por meio de variáveis ambientais (temperatura e umidade relativa do ar), também apresentou características do ambiente urbano tropical.

Na medida em que a sazonalidade se alterou entre o fim do inverno, primavera e início do verão, os episódios que houve registros de conforto térmico foram diminuindo gradativamente de acordo com a classificação de conforto térmico elaborado por Besancenot (2001), tanto no ambiente externo quanto no ambiente interno das residências estudadas como pode ser observado no Quadro 14.

Quadro 14 - Frequência horária mensal do conforto térmico interno e externo em todos os pontos urbanos estudados em 2019

Classes de Conforto	Agosto		Setembro		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro		THI
	Int	Ext	Int	Ext	Int	Ext	Int	Ext	Int	Ext	Int	Ext	
Frio	0%	3,9%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	- 1,6 a 12,9
Fresco	0%	7,1%	0%	1,5%	0%	1,5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	13 a 14,9
Confortável	24,9%	26%	1,3%	22,3%	1,3%	22,3%	0%	13,6%	0%	8,2%	0,3%	6,6%	15 a 19,9
Quente	75,1%	54,6%	96,7%	49,7%	96,7%	49,7%	86,8%	48,6%	80,8%	57,2%	85,3%	61%	20 a 26,4
Muito Quente	0%	7,5%	2%	26,5%	2%	26,5%	13,2%	33,7%	19,2%	30,3%	14,2%	29,2%	26,5 a 29,9
Tórrido	0%	0,9%	0%	0%	0%	0%	0%	4,2%	0%	4,2%	0,2%	3,2%	≥ 30

Fonte: Dados obtidos em campo.

De modo geral, a dinâmica atmosférica interferiu, melhorando ou comprometendo o conforto térmico, ao longo de todo período analisado, porém, as ICU, principalmente no período seco, interferiram pontualmente no conforto térmico externo, sobretudo durante à tarde, quando houve registro de ICU de forte magnitude durante a atuação de sistemas atmosféricos tropicais (Ta e Tac). No entanto, durante

a entrada e atuação de sistemas polares (FPA, Pa e Pt), devido as temperaturas amenas e umidade relativa do ar abaixo dos 50%, mesmo nos episódios que ocorreram ICU de forte magnitude, não se observou relações entre o comprometimento do conforto térmico e a presença das ICUs.

Ainda nos meses mais secos, em se tratando do ambiente interno das residências, seja da CDHU ou de alto padrão construtivo, o comprometimento do conforto térmico esteve diretamente ligado aos sistemas atmosféricos atuantes. Já no ambiente externo, não foram observadas relações claras entre ICU e conforto térmico. Cabe destacar que, nos poucos episódios em que houve desconforto térmico em relação ao frio no ambiente externo, todas as residências estudadas foram capazes de impedir esse efeito no ambiente interno, como pode ser observado no quadro 14.

Durante os meses mais chuvosos (novembro e dezembro), no ambiente externo, se observou que a atuação de sistemas atmosféricos com características tropicais, os pontos 3 e 5, além de contarem com as ICUs mais intensas às 15h, também apresentaram desconforto térmico superior aos pontos 2 e 4, evidenciando que as ICUs agravaram o comprometimento do conforto término, em relação ao calor.

No ambiente interno, durante o mês de dezembro, quando houve ICU de muito forte magnitude no ponto 5 às 15h, o mesmo apresentou índices de desconforto térmico elevado, classificado como “Tórrido” e se manteve aquecido também às 18h. Assim, esse foi o único episódio em que ocorreu índice elevado de desconforto térmico no interior de uma residência, correspondendo a 0,2%³⁹ dos episódios analisados para o mês de dezembro.

Assim sendo, é possível apontar que a própria produção desigual do espaço geográfico no ambiente urbano, promoveu condições ambientais melhores para uns e piores para outros (Sant’anna Neto, 2001). Os pontos 3 e 5, são residências empreendidas pela CDHU, destinadas a população mais pobre, e apresentaram condições piores se comparados com os pontos 2 e 4, destinadas a população de maior poder aquisitivo.

Isto posto, mesmo que em todos os pontos estudados tenha ocorrido comprometimento do conforto térmico, principalmente no ambiente externo, no ponto 5 esse fenômeno foi mais intenso, agravado pela ICU de forte magnitude durante a

³⁹ Porcentagem foi calculada baseada nos horários de registro mensal.

primavera e início de verão. Desta forma, propostas que visam mitigar o efeito da ICU se fazem necessárias em toda a cidade, porém, é preciso atenção especial no entorno do ponto 5.

Os estudos de Werneck (2018), realizado em Brasília-DF, mostraram que a utilização de materiais com alta capacidade de refletância auxiliado pelo aumento da arborização, proporcionam redução da temperatura do ar em até $-1,13^{\circ}\text{C}$.

Silva *et al.* (2015) aponta que o índice de vegetação no ambiente urbano atua aumentando a umidade relativa do ar e também amenizando as temperaturas mais altas.

Portanto, um dos meios mais baratos e eficazes para mitigar o efeito da ilha de calor, atenuando, também, o desconforto térmico ao calor no ambiente já construído, é aumentar a quantidade de vegetação disponível que pode ser realizada por meio incentivos educativos ou através da fiscalização, dado que o município de Martinópolis, por meio da Lei 2596/2009, prevê a obrigatoriedade da existência e manutenção de arborização nas vias de passeio públicos em novos empreendimentos comerciais e residenciais.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora na literatura seja amplamente divulgado que as ilhas de calor, ao aumentarem a temperatura do ar, agravam o desconforto térmico no verão e podem amenizar o conforto em relação ao frio no inverno, estudos que efetivamente comparam dados que evidenciem essa dinâmica são escassos para o ambiente tropical, sobretudo, quando se consideram ambientes internos e externos simultaneamente.

No caso de Martinópolis, mais especificamente se tratando dos dois grandes empreendimentos habitacionais realizados pela CDHU na cidade, observou-se que as ilhas de calor de fraca e média magnitudes não interferiram no conforto térmico externo das residências a ponto de agravando ou ameniza seu efeito. Mas, durante a atuação dos sistemas atmosféricos com características tropicais e estabilidade atmosférica foi possível observar que as ilhas de calor de forte e muito forte magnitudes afetaram o conforto térmico nos ambientes externos, principalmente no primeiro grande empreendimento realizado pela CDHU na cidade (ponto 5) às 15h e 18h nos meses de novembro e dezembro.

No período seco que compete, no caso desta pesquisa, aos meses de agosto, setembro e outubro, devido as temperaturas amenas, os efeitos das ilhas de calor no conforto térmico foram reduzidos, ao passo que, mesmo havendo alguma alteração no índice de conforto THI (THOM, 1959), a partir da classificação térmica de Besancenot (2001), não se observou comprometimento relevante do conforto térmico externo e interno em função das ilhas de calor.

No que se refere ao conforto térmico no ambiente interno, em todas residências estudadas, o mesmo esteve mais relacionado aos sistemas atmosféricos atuantes do que as ilhas de calor. Porém, nos últimos dias de dezembro, houve uma estreita relação das ilhas de calor com o conforto término interno às 15h, no ponto 5, quando houve registro de ICU de magnitude muito forte. Ou seja, durante o verão com a predominância da atuação dos sistemas tropicais e, conseqüentemente, com as temperaturas e umidade relativa do ar elevadas, as ilhas de calor atuaram comprometendo ainda mais o conforto.

Ainda em relação aos ambientes internos, se observou que, fora do inverno, principalmente durante à tarde, todas as residências apresentaram desconforto

térmico em relação ao calor, evidenciando que não só as habitações de interesse social, mas as de alto padrão construtivo foram projetadas de tal forma que não levaram em consideração a realidade climática local. Todavia, no caso de famílias com maior poder aquisitivo, esse desconforto pode ser superado por meio da climatização artificial, custos esses que os mais pobres nem sempre podem assumir.

Contudo, no caso dos conjuntos habitacionais empreendidos pela CDHU em Martinópolis, as ilhas de calor de forte e muito forte magnitudes comprometeram ainda mais o conforto térmico em ambientes externos nos episódios que predominaram altas temperaturas durante a atuação de sistemas atmosféricos tropicais.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, D. S. **Formação Histórica de uma Cidade Pioneira Paulista: Presidente Prudente**. Presidente Prudente. FFCLPP/UNESP, 1972.

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.

AMORIM, M. C. C. T. **O Clima Urbano de Presidente Prudente/SP**. São Paulo, 2000. 374 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

AMORIM, M. C. C. T. Detecção Remota de Ilhas de Calor Superficiais: exemplos de cidades de porte médio e pequeno em ambiente tropical, Brasil. **Finisterra**, v. 52, p. 111-133, 2017.

AMORIM, M. C. C. T., SANT'ANNA NETO, J. L.; DUBREUIL, V., Características das Ilhas de Calor em Cidades de Porte Médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil e Rennes (França). **Confns**, online, 16p., 2009. Disponível em: <http://www.uel.br/cce/geo/didatico/omar/modulo_b/a6.pdf>. Acessado em: 14 de nov. de 2019.

ARCHELA, R. S. Imagem e Representação Gráfica. **Revista Geografia**, Londrina-PR, v. 8, n. 1, p. 5-11, jan./jun. 1999.

ARRETCHE, M. T. S. Política Habitacional entre 1986 e 1994. In ARRETCHE, M. T. S. e RODRIGUEZ, V. (org) **Descentralização das Políticas Públicas Sociais no Estado de São Paulo**. São Paulo, FUNDAP; FAPESP, 1998.

ASHRAE. Cap. 8: Physiological principles for comfort and health. In: **Handbook Fundamentals**. Atlanta: ASHRAE, 1997.

AZEVEDO, T. R.; GALVANI, E. **Técnicas de Climatologia**. Ed. Sarandi – São Paulo.

BARBOSA, R. V. R. **Estudo do Campo Térmico Urbano de São Carlos (SP): análise da intensidade da ilha de calor urbano em episódio climático de verão**. 2009. 166 f. Tese (Doutorado – Programa de Pós Graduação e Área de Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

CARFAN, A. C. **Análise do Conforto Térmico em áreas Abertas no Município de Ourinhos-SP**. 2001, 166 f. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Tradução de Francisco m. Guimarães. Petrópolis: vozes, 1973.

BESANCENOT, J. P. **Climat et Santé**. 1^o edition. Paris, 2001, 127p.

BOGO, A.; PIETROBON, C. E.; BARBOSA, M. J.; GOULART, S.; PITTA, T.; LAMBERTS, R. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 1994.

BOIN, M. N. **Chuvvas e Erosão no Oeste Paulista**: uma análise climatológica aplicada. 2000. 264 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro – SP.

CARVALHO, A. C. **Contributos bioclimáticos para o planejamento urbano sustentável**: medidas de mitigação e da adaptação enquanto respostas às alterações climáticas. 2006. 336p. Dissertação (Mestrado em planejamento e projeto do ambiente urbano). Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDO CLIMÁTICOS. **Boletim Técnico – Análise sinótica**. 2019. Disponível em: <<http://tempo.cptec.inpe.br/boletimtecnico/pt>>. Acessado em: Jan 2020.

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

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO HABITACIONAL E URBANO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **CDHU 50 Anos**. São Paulo - 2016.

CUNHA, J. M. P. da.; ARANHA V. Região de Governo de Presidente Prudente. - Campinas: UNICAMP, **Núcleo de Estudos de População**, n. 23, outubro de 1992, p 11 a 56.

DALTOZO, J. C. **Martinópolis, sua história e sua gente**. 1. ed. Martinópolis – SP: Gráfica Martipel Ind. e Com. Ltda., 1999. 198 p.

DALTOZO, J. C. **Um Novo Amanhã**: os imigrantes japoneses em Martinópolis – SP. 1. Ed. Presidente Prudente – SP: Impress Gráfica e Editora, 2008. 148 p.

DIAMONT, J. **Armas, Germes e Aço**. 15^a edição. Editora Record LTDA, Rio de Janeiro, 2013.

DUCKWORTH, F. S.; SANDBERGS, J. S. The effect of cities upon horizontal and vertical temperature gradients. **Bull. Amer met. Soc.** p. 198-207. 1954.

FANGER, P. O. **Thermal comfort, analysis and application in environmental engineering**. 1st ed. New York. 1972.

FANTE, K. P. **Eventos Extremos de Temperatura e Seus impactos no Conforto Térmico Humano**: estudo de caso de Presidente Prudente, Brasil, na perspectiva da Geografia do Clima. Tese (Doutorado em Geografia) FCT-UNESP. Presidente Prudente, 2019, 327f.

FERNANDEZ GARCIA, F. **Manual de Climatologia aplicada**: clima, médio ambiente y planificación. Madrid: Editorial Síntesis, S.A., 1996, p. 264.

FIALHO, E. S. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Um caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira**. (Tese de Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo. 2009. 259 f.

FROTA, A, B; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 5ª Edição, Studio Nobel, São Paulo, 2001.

FUNARI, F. L. **O índice de sensação térmica humana em função dos tipos de tempo na região metropolitana de São Paulo**. Tese (doutorado em geografia) FFLCH – USP. São Paulo, 2006.

GARTLAND, L. **Ilhas de Calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Tradução Silvia Helen Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

GOBO, J. P. A. **Bioclimatologia subtropical e modelização do conforto térmico humano**: da escala local à regional, 2017, 388 f. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

GOBO, J. P. A. **Regionalização climática do Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico**. 2013, 184 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

HOPPE, P. The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **Int J Biometeorol**, v. 43, p. 71-75, 1999.

HOWARD, L. (1833) **The Climate of London**. 2. Ed. London: J. & A. Arch, Cornhill; Longman & co., 1933.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acessado em: 03, set. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – **Diagrama de conforto térmico**. 2006.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 7730**. Ergonomics of the thermal environment – analytical determination and interpretation of thermal comfort

using calculation of the PMV and PPD indices and de local thermal comfort criteria. Geneva, 2005.

KRATZER, A. **The climate of cities** (Das Stadtklima). American Meteorological Society, 45, Beacon Street Boston 8, Massachusetts, 1956.

LAMBERTS, R. **Desempenho térmico das edificações**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

LANDSBERG, H. E. O clima Das Cidades. Tradução de Tarik Rezende de Azevedo. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, v. 18, p. 95-111, 2006.

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

MENDONÇA, F. A. O estudo do clima urbano no Brasil: evolução, tendências e alguns desafios. In: MONTEIRO, C, A. de F. e MENDONÇA, F. (org.) **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. p. 175 a 192.

MENDONÇA, F. **O Clima e o Planejamento Urbano de Cidade de Porte Médio e Pequeno**: proposição metodológica para estudo e aplicação à cidade de Londrina, PR. São Paulo, 1994. 322p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

MENDONÇA, F. Risco e Vulnerabilidade Socioambientais Urbanas: a contingência climática. **Mercator** (UFC), v. 9, 2010. p. 153 – 163.

MONTEIRO, A. **O Clima Urbano do Porto**: contribuições para a definição das estratégias de planejamento e ordenamento do território. Ponto: Fundação Calouste Gulbenkian, Junta Nacional de Investigação Científica e tecnológica, 1997, 486p.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: Instituto de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1976. 181 p. (Série Teses e Monografias, n. 25).

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. A. (Org). **Clima Urbano**. São Paulo, Editora Contexto, 2003.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Conforto térmico em espaços abertos com diferentes abrangências microclimatológicas: proposições de calibração de modelos preditivos. In: **Encontro nacional. Encontro latino americano de conforto térmico no ambiente construído**. 2007, Porto Alegre, ANTAC, 2007.

NIKOLOPOULOU, M.; STEEMERS, K. Thermal confort and Psychological Adaptation as a Guide for Designing Urban Spaces. **Energy and Buildings**. v. 35, n.1, p. 95 – 101, jan, 2003.

NUCCI, J. C. **Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano**. São Paulo: Humanitas/FAPESP, 2001. 236p.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climate London**. Methuem & LTD. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 1978.

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, Maracaí e Tarumã**. Presidente Prudente, 2015. 354 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia.

PITTON, S. E. C. **As Cidades Como Indicadoras de Alterações Térmicas**. São Paulo, 1997. 272 f. (Tese de doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

Plano diretor urbanístico de Martinópolis. Presidente Prudente: UNESP, 2005. Print.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. **Revista do departamento de geografia**. São Paulo, 18 p. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53703/57666>>. Acessado em: 20 de janeiro de 2020.

ROYER, L. O. **Política Habitacional no Estado de São Paulo: estudo sobre a Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – FAU – USP. 2002. 209p.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Por uma geografia do clima: antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para o novo conhecimento**. Terra Livre: São Paulo, n.17, p. 49-62, 2º semestre, 2001.

SANT'ANNA NETO, J. L. Da climatologia geográfica a geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. **Revista da ANPEGE**, v.4, p.1-18, 2008.

SANT'ANNA NETO, J. L.; TOMMASELLI, J. T. **O Tempo e o Clima de Presidente Prudente**. FCT-UNESP, Presidente Prudente, 2009.

SANTOS, M. **A Urbanização Brasileira**. São Paulo: Hucitec, 1993. 157 p.

SÃO PAULO (Estado) Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano, **Manual Técnicos de Procedimetnos**. São Paulo, 1998.

SORRE, M. **Les Fondements de la Géographie Humaine**. Tome Premier: Les fondaments biologiques. Paris: Armand. Colin, 1951.

TEIXEIRA, D. C. F. **O Clima urbano de Rancharia (SP)**. Presidente Prudente, 2015. 212 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Campus de Presidente Prudente.

TEIXEIRA, D. C. F. **O Clima Urbano das Cidades de Pequeno Porte do Oeste Paulista**: análise do perfil térmico de Presidente Venceslau, Santos Anastácio e Álvares Machado, Brasil. Presidente Prudente, 2019. 238 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de ciência e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente.

TEOBALDO NETO, A. **A Geografia do Risco e da Vulnerabilidade ao Calor em Espaços Urbanos da Zona tropical**: o caso Cuiabá/MT. Tese (Doutorado em Geografia) FCT-UNESP, Presidente Prudente, 2019. 324f.

THOM, E. C. Discomfort Index London. **Weatherwise**. .pg 57 – 61, 1959.

TROMP, S. W. **Biometeorology**: The Impact of The Weather and Climate on Humans and Their Environment. London: Heuden, 1980. 346p.

UGEDA JÚNIOR, J. C. **Clima urbano e planejamento na cidade de Jales-SP**. (Tese de Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

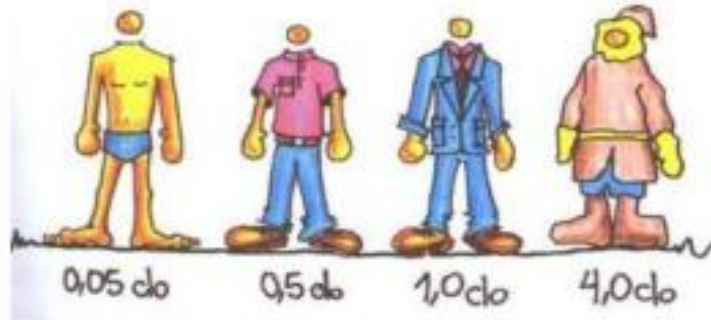
Yu, T. W. Determining height of the nocturnal boundary layer. **J. Apple. Meteor.**, p. 28 – 33. 1978.

YOUSIF, T. A.; TAHIR, H. M. M. Aplicação de Thom's Thermal Discomfort Index in Khartoum State, Sudan. **Journal of Forest Products & Industries**. 2013.

Apêndice A - Questionário aplicado com moradores dos pontos 3 e 5

Dados do entrevistado: Idade ____; Sexo ____;
 Peso ____Kg; Altura ____cm;

Relação de Vestimenta: No momento
 (____)



1) Neste momento está sentindo

Temperatura atual ____°C

Umidade atual _____ %

- Muito Frio
- Frio
- Um pouco de Frio
- Nem frio nem calor
- Um pouco de calor
- Calor
- Muito Calor

2) Preferiria que estivesse

- Mais frio
- Está bom
- Mais calor
- Não sei

3) Que horas costuma dormir?

____h____

4) Como você considera que estava a temperatura no cômodo que costuma dormir nos últimos 15 dias?

- Adequada; Quente; Muito Quente;
- Frio; Muito Frio.

5) Você perdeu o sono nos últimos 15 dias por causa do calor? Sim; Não
 E por causa do Frio? Sim; Não

6) O excesso de calor te causa algum sintoma?
 Irritação; Fadiga; Dores de Cabeça;
 Outros (_____) Não causa; Não sei.

7) O frio te causa algum sintoma?
 Irritação; Fadiga; Dores de Cabeça;
 Outros; (_____) Não causa; Não sei.

8) Você se sente mais confortável em relação a temperatura em:
 Casa; Outros ambientes Não sei.

9) Presença de sol no momento da aplicação do questionário:

- Sol; Sol entre sombras; Sombra; Indoor.

Observações caso necessário:

Apêndice C – Dados brutos referente aos questionários de conforto térmico aplicado com moradores

THI	Resposta	Sexo	Idade	Preferencia térmica no momento
25.7	Calor	M	59	Está bom
25.8	Pouco calor	F	60	Está bom
25.9	Pouco calor	F	61	Está bom
26.2	Calor	F	55	Mais Fresco
26.2	Calor	F	56	Está bom
26.3	Calor	F	57	Mais Fresco
26.7	Muito calor	M	53	Mais Fresco
27.3	Calor	F	51	Mais Fresco
27.6	Muito calor	F	54	Mais Fresco
27.7	Muito calor	F	55	Mais Fresco
27.9	Muito calor	M	50	Mais Fresco
28.1	Muito calor	M	52	Mais Fresco
26	Calor	F	54	Está bom
26.2	Calor	M	62	Está bom
26.5	Muito calor	F	44	Mais fresco
27.0	Calor	F	18	está bom
27.1	Muito calor	F	83	Mais Fresco
27.1	Calor	F	40	Está bom
27.1	Calor	F	18	Está bom
27.1	Muito calor	M	50	Mais Fresco
27.3	Calor	M	31	Está bom
27.6	Muito calor	F	61	Mais Fresco
27.2	Calor	F	36	Mais Fresco
27.9	Calor	F	36	Mais Fresco
28.0	Calor	F	45	Mais Fresco
28.0	Calor	M	18	Está bom
28.1	Muito calor	F	41	Mais Fresco
28.2	Muito calor	M	45	Mais Fresco
28.2	Muito calor	M	62	Mais Fresco
28.2	Calor	M	33	Mais Fresco
28.5	Calor	M	44	Mais Fresco
28.7	Muito calor	M	31	Mais Fresco
28.9	Muito calor	M	28	Mais Fresco
27.7	Muito calor	F	29	Mais Fresco
27.9	Calor	F	40	Mais Fresco
27.9	Muito calor	M	50	Mais Fresco
28.0	Muito calor	F	71	Mais Fresco
28.1	Muito calor	F	30	Mais Fresco
28.3	Muito calor	F	49	Mais Fresco
28.3	Muito calor	F	61	Mais Fresco
28.3	Calor	M	22	Mais Fresco
28.4	Muito calor	M	63	Mais Fresco
28.4	Calor	F	20	Mais Fresco
25.8	Calor	F	44	Está bom
26.4	Muito calor	F	42	Mais Fresco
26.5	Muito calor	M	45	Mais Fresco
26.5	Muito calor	F	60	Mais Fresco
26.6	Pouco calor	F	34	Mais Fresco
26.7	Muito calor	F	36	Mais Fresco
26.7	Calor	M	21	Está bom
26.8	Muito calor	M	30	Está bom
26.8	Conforto	F	19	Está bom
26.4	Calor	M	20	Está bom
26.5	Calor	F	43	Mais fresco
26.6	Muito calor	F	55	Mais fresco
26.6	Calor	F	19	Mais fresco
26.7	Calor	F	47	Mais fresco
27.1	Muito calor	M	71	Mais fresco
27.1	Calor	F	25	Mais fresco
27.4	Muito calor	F	37	Mais fresco
27.4	Pouco calor	M	21	Está bom
27.6	Calor	M	55	Mais fresco

