



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

JORGE RICARDO FELIX DE OLIVEIRA

**O CLIMA URBANO EM CIDADE DE PEQUENO PORTE NO SEMIÁRIDO
CEARENSE: O CASO DE CRATEÚS**

FORTALEZA

2020

JORGE RICARDO FELIX DE OLIVEIRA

O CLIMA URBANO EM CIDADE DE PEQUENO PORTE NO SEMIÁRIDO
CEARENSE: O CASO DE CRATEÚS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Geografia. Área de concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental.

Orientador: Profa. Dra. Maria Elisa Zanella

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- O47c Oliveira, Jorge Ricardo Felix de.
O clima urbano em cidade de pequeno porte no semiárido cearense : o caso de Crateús /
Jorge Ricardo Felix de Oliveira. – 2020.
151 f. : il.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de
Pós-Graduação em Geografia , Fortaleza, 2020.
Orientação: Profa. Dra. Maria Elisa Zanella.
1. Cidades Pequenas. 2. Clima Urbano . 3. Semiárido. 4. Perfil Térmico. 5. Conforto
Térmico. I. Título.

CDD 910

JORGE RICARDO FELIX DE OLIVEIRA

O CLIMA URBANO EM CIDADE DE PEQUENO PORTE NO SEMIÁRIDO
CEARENSE: O CASO DE CRATEÚS.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Geografia. Área de concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental.

Aprovada em: 22/12/2020.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria Elisa Zanella (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

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

Prof. Dr. Jander Barbosa Monteiro
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UEVA)

Prof. Dr. Lindberg Nascimento Junior
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof. Dr. Mailton Nogueira da Rocha
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

À minha avó Valdinha e ao meu avô
Dãozinho (*In Memoriam*).

À madrinha Maria (*In Memoriam*) e ao
padrinho Alfredo.

À minha Mãe Vilomar,

AGRADECIMENTOS

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP, pelo apoio financeiro no primeiro ano de Curso.

Ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE pelo apoio para realização da Pesquisa. Em especial ao Professor Avelar Macedo pela força nos dias de luta.

À estimada orientadora Professora. Dr^a. Elisa Zanella, que me incentivou, apoiou e trabalhou junto comigo em todos os momentos. Muito obrigado pela confiança e dedicação à pesquisa e por tornar esse período tão intenso do doutorado em algo leve. Gratidão pelos ensinamentos!!!

Agradeço aos professores do Departamento de Geografia que tanto me ensinaram e ajudaram a aperfeiçoar minha formação geográfica. De modo especial, destaco os professores Adryane Gorayeb, Cacau, Alexandre Queiróz, Flávio Rodrigues pelas contribuições nas disciplinas cursadas.

À Professora Marta Celina, pela atenção e perspicácia com o desenvolvimento no saber científico. E em seu nome, estendo o agradecimento ao Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos -LCGRH.

Ao Professor Marcelo Moura por todas as contribuições na qualificação e principalmente por todo o suporte dado a Climatologia Geográfica Cearense.

Aos Professores. Dr. Lindberg Nascimento Junior, Dr. Jander Barbosa Monteiro e Dr. Mailton Nogueira da Rocha muito obrigado pelo aceite na participação na avaliação final da tese.

Agradeço de maneira especial aos moradores das residências avaliadas que abriram suas portas para mim e que muito contribuíram com informações, relatos e ainda cuidando dos instrumentos de coleta. À Família do Professor Dr. Amaro Alencar (Centro); à Vanessa (Altamira), índia cuidadora dos necessitados; ao colega de trabalho Marcos (Morada dos Ventos), por nos receber com um bom hambúrguer depois de um trabalho de campo; ao Paulo Giovane e Merinha (Margem Esquerda); e a Janaina (Conj. Residencial Dom Frágoso). Sem dúvidas, a pesquisa não teria sido possível sem a participação de vocês. Muito obrigado!

À minha querida Mãe, D. Vilomar, por todo cuidado nesses anos de vida!
O seu esforço na manutenção dos meus primeiros passos na vida foi essencial para
manutenção a energia do fazer na construção desse trabalho acadêmico.

À minha querida e amada companheira Rafaela Silveira, por tudo o que és
e por tudo de bom que me faz ser. Obrigado pela compreensão em tantos momentos
difíceis!

Aos amigos que a Geografia me apresentou: Ricardo, Tasso, Gledson,
Sávio, Mossoró, Diegão, Henrique e Minarete.

,

Na realidade, habitat e ecúmeno são, agora, sinônimos, cobrindo igualmente toda superfície da Terra, pois o Planeta e a Comunidade Humana se confundem num todo único. (SANTOS, 1996, p. 99).

RESUMO

Com efeito, o clima urbano pode ser entendido como o clima de um determinado espaço e sua urbanização, não existindo uma escala rígida para detectar esse fenômeno. Nesse sentido, as cidades pequenas apresentam consideráveis alterações das suas condições ambientais frente urbanização e denotam relativas facilidades para uma investigação climática, pois seu tamanho espacial reduzido permite a melhor diferenciação dos seus ambientes intraurbanos. Ademais, esses locais possuem possibilidades de intervenção e planejamento urbano nos novos espaços em expansão. Esta pesquisa teve como objetivo investigar do ponto de vista térmico o clima urbano de uma cidade, em ambiente semiárido, localizada no sertão cearense (Crateús/CE). Parte-se da hipótese de que a cidade analisada, mesmo sendo de pequeno porte, já apresentam mudanças nas características térmicas, uma vez que os atributos geoecológicos (relevo e cobertura vegetal) e urbanos (uso e ocupação do solo, estrutura, formas e as dinâmicas urbanas) já demonstram as transformações na sua superfície pela urbanização. O embasamento teórico-metodológico desta pesquisa está fundamentado na proposta Sistema Clima Urbano (MONTEIRO, 1976), com destaque para o subsistema termodinâmico que é percebido pelo homem através do conforto térmico. A caracterização geoecológica e urbana da cidade possibilitou a diferenciação dos ambientes intraurbanos previamente à aquisição dos dados primários por medições locais em residências e transecto móvel, que foram representados através das tabelas e da representação espacial. Os dados secundários, na forma de espacializações termográficas de superfície e do índice de vegetação adaptado as condições semiáridas (SAVI), foram relacionados com a proximidades dos recursos hídricos e com exposição do embasamento cristalino. Os resultados permitiram detectar as diferenças térmicas nas áreas inter e intraurbanas, com base em ambientes internos e externos. A pesquisa diagnosticou um clima urbano específico da cidade, validando a hipótese da investigação. Contudo, constatou-se que durante o período da manhã as áreas rurais adjacentes, onde apresenta vegetação em estado de caducifolia e exposição do embasamento cristalino, contém uma maior potencialidade de elevação do perfil térmico comparado as áreas urbanas.

Palavras-chave: Cidades Pequenas. Clima Urbano. Semiárido. Perfil Térmico. Conforto Térmico.

ABSTRACT

Indeed, the urban climate can be understood as the climate of a given space and its urbanization, with no rigid scale to detect this phenomenon. In this sense, small cities show considerable changes in their environmental conditions in the face of urbanization and show relative facilities for a climate investigation, as their reduced spatial size allows for a better differentiation of their intra-urban environments. In addition, these places have possibilities for intervention and urban planning in the new expanding spaces. This research aimed to investigate the urban climate of a city, in a semi-arid environment, located in the hinterland of Ceará (Crateús / CE) from the thermal point of view. It starts from the hypothesis that the analyzed city, even being small, already presents changes in the thermal characteristics, since the geoecological attributes (relief and vegetation cover) and urban (use and occupation of the soil, structure, shapes and the urban dynamics) already demonstrate the changes in its surface due to urbanization. The theoretical and methodological basis of this research is based on the proposed Urban Climate System (MONTEIRO, 1976), with emphasis on the thermodynamic subsystem that is perceived by man through thermal comfort. The geoecological and urban characterization of the city made it possible to differentiate intra-urban environments prior to the acquisition of primary data by local measurements in homes and mobile transect, which were represented through tables and spatial representation. Secondary data, in the form of surface thermographic spatialization and the vegetation index adapted to semiarid conditions (SAVI), were related to the proximity of water resources and exposure to the crystalline basement. The results made it possible to detect thermal differences in inter and intra-urban areas, based on indoor and outdoor environments. The research diagnosed a specific urban climate in the city, validating the research hypothesis. However, it was found that during the morning the adjacent rural areas, where there is vegetation in deciduous state and exposure of the crystalline basement, contain a greater potential for raising the thermal profile compared to urban areas.

Keywords: Small towns. Urban Climate. Semiarid. Thermal Profile. Thermal comfort.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Mapa de localização da cidade de Crateús-CE.....	19
Figura 2 –	Diferentes escalas de formação das ilhas de calor na atmosfera urbana.	27
Figura 3 –	Estratificação vertical da atmosfera urbana e escalas de análise.	29
Figura 4 –	Espacialização das Zonas Bioclimáticas Brasileiras	41
Figura 5 –	Gráfico diário da temperatura radiante diária, de solo exposto e rocha, concreto, vegetação, solo exposto úmido e objetos metálicos.....	51
Figura 6 –	Veículo equipado com haste com o sensor na extremidade para realização do transecto móvel.	54
Figura 7 –	Termômetros com Datalogger.....	55
Figura 8 –	Registro da orografia do planalto da Ibiapaba próximo na região de Crateús.....	60
Figura 9 –	Massas de ar atuantes na América do Sul em estações do ano contrastantes.....	62
Figura 10 –	Atuação da Zona de Convergência Intertropical sob a zona equatorial.....	62
Figura 11 –	Mapa da cidade de Crateús -CE	70
Figura 12 –	Mapa de Cobertura do Solo da Sede Urbana de Crateús.....	80
Figura 13 –	Mapa de Uso e Ocupação do Solo na metodologia híbrida.	83
Figura 14 –	Mapas de Temperatura de Superfície da cidade de Crateús em 12/08/2020.....	86
Figura 15 –	Mapas de Temperatura de Superfície da cidade de Crateús em 15/10/2020	92
Figura 16 –	Mapas Índice de Vegetação (SAVI).....	94
Figura 17 –	Mapa localização dos pontos de medições fixos e do transecto móvel.....	102
Figura 18 –	Localização local de medição no Bairro Altamira	106
Figura 19 –	Localização local de medição no Conjunto Residencial Dom Fragoso (Cidade 2000).....	109
Figura 20 –	Localização local de medição na Margem Esquerda (Bairro Centro). ..	112
Figura 21 –	Localização local de medição no bairro Centro.....	115

Figura 22 – Localização local de medição no bairro Morada dos Ventos 1 (Maratoan).....	118
Figura 23 – Percurso do transecto móvel na sede urbana de Crateús.....	120

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – SCU - Articulações dos subsistemas segundo os canais de percepção	31
Quadro 2 – Síntese dos condicionantes Geoambientais para Crateús-CE	58
Quadro 3 – Caracterização dos elementos do clima.	65
Quadro 4 – Quadro com relação da densidade demográfica de 2005 e 2020	73
Quadro 5 – Quadro com espacialização dos indicadores sociais.....	76
Quadro 6 – Análise de diferentes pontos na cidade em Agosto de 2020 no Setor a Margem Esquerda.	88
Quadro 7 – Análise de diferentes pontos na cana de Agosto de 2020 no Setor a Margem Direita.	89
Quadro 8 – Análise de diferentes pontos na cidade em Outubro de 2020 no Setor a Margem Esquerda.	96
Quadro 9 – Análise de diferentes pontos na cidade em Outubro de 2020 no Setor a Margem Direita.	97
Quadro 10 – Visão área dos limites da cidade, associado ao percurso do transecto móvel	103
Quadro 11 – Caracterização dos Pontos e Unidades.....	104
Quadro 12 – Características da residência no Bairro Altamira	107
Quadro 13 – Características da residência no Conjunto Residencial Dom Fragoso (Cidade 2000)	110
Quadro 14 – Características da residência na Margem Esquerda (Bairro Centro)..	113
Quadro 15 – Características da residência no bairro Centro.....	116
Quadro 16 – Características da residência no bairro Morada dos Ventos I (Maratoan)	119
Quadro 17 – Características regional da atmosfera para o experimento 1	133
Quadro 18 – Características de temperatura entre os pontos amostrais no experimento I	135
Quadro 19 – Características de umidade entre os pontos amostrais no experimento I	136
Quadro 20 – Características regional da atmosfera para o experimento 2	138
Quadro 21 – Características de temperatura entre os pontos amostrais no experimento I	140

Quadro 22 – Características de umidade entre os pontos amostrais no experimento I	141
Quadro 23 – Conforto térmico para os pontos de medição.	143

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Alguns limites nos quais ocorre mudança do tipo de fluxo de ar	28
Tabela 2 – Características das ilhas de calor	35
Tabela 3 – Classificação da intensidade e magnitude das ilhas de calor	35
Tabela 4 – Características urbanas e suburbanas importantes para a formação de ilhas de calor e seus efeitos no balanço de energia sobre a superfície terrestre	36
Tabela 5 – Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 7	41
Tabela 6 – Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 7	41
Tabela 7 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 7	42
Tabela 8 – Limites de conforto térmico para humanos – ID	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CPRM	Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais
DI	Índice de Desconforto
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia
GAIA	Grupo de Pesquisa: Interações na Superfície Terrestre, Água e Atmosfera
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
ITH	Índice de Temperatura e Umidade
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ONU	Organização das Nações Unidas
SAVI	Índice de Vegetação Ajustado ao Solo
SCU	Sistema Clima Urbano
SIG	Sistema de Informação Geográfica
TE	Temperatura Efetiva
TST	Temperatura de Superfície Terrestre
USGS	Serviço Geológico Norte Americano
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1	Composição da cidade frente a gênese do clima.....	24
2.2	Estrutura do clima da cidade e o Sistema Clima Urbano (S.C.U)	28
2.3	Ilhas de calor	36
2.4	O clima urbano em de pequeno porte sobre perspectiva térmica ...	41
2.5	O canal perceptivo do conforto térmico.....	42
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	48
3.1	Primeira Etapa: levantamento bibliográfico e o geoprocessamento dos dados cartográficos.....	48
3.1.1	<i>Cartografia do sítio.....</i>	50
3.1.2	<i>Termografia da superfície.....</i>	51
3.1.3	<i>Índice de vegetação</i>	53
3.1.4	<i>Cartografia dos indicadores sociais</i>	55
3.2	Segunda Etapa: coleta de dados	55
3.2.1	<i>Transectos móveis.....</i>	56
3.2.2	<i>Pontos fixos.....</i>	58
3.3	Terceira Etapa: análise e representação dos dados	59
4	A CIDADE CRATEÚS E AS CONDICIONANTES AMBIENTAIS E SOCIAIS.....	60
4.1	Caracterização geoecológica: a cartografia do sítio municipal	60
4.2	Caracterização climática da cidade na perspectiva regional	64
4.3	Caracterização urbana: uso e ocupação do solo no sitio urbano ...	69
4.3.1	<i>Breve contextualização: a ocupação do sertão que virou cidade ...</i>	69
4.3.2	<i>Análise dos indicadores sociais da sede urbana de Crateús por bairros</i>	74
4.3.3	<i>Cartografia de uso e ocupação do solo</i>	80
5	AS ILHAS DE CALOR DE SUPERFÍCIE: ESPACIALIZAÇÃO DAS INTENSIDADES E FORMAS	87
5.1	Análise dos contrastes térmicos da superfície em agosto 2020	88
5.2	Análise dos contrastes térmicos da superfície em Outubro 2020 ...	94

6	DEFINIÇÃO DO TRANSECTO MÓVEL E DOS PONTOS DE MEDIÇÕES EM RESIDÊNCIAS	103
6.1	Definição da rota do transecto móvel	104
6.2	Pontos amostrais em residências	107
6.2.1	<i>Ponto 1: Altamira</i>	108
6.2.2	<i>Ponto 2: Conjunto Residencial Dom Fragoso</i>	111
6.2.3	<i>Ponto 3: Margem Esquerda</i>	114
6.2.4	<i>Ponto 4: Centro</i>	117
6.2.5	<i>Ponto 5: Morada dos Ventos I</i>	120
7	O CLIMA URBANO DE CRATEÚS SOB UM ÓTICA NO CANAL TERMODINÂMICO	123
7.1	Análise termohigrométrica através de medições móveis	123
7.1.1	<i>Experimento I: dia 27 de junho de 2018.</i>	124
7.1.1.1	<i>Perfil da Temperatura ar</i>	124
7.1.1.1.1	Trajeto da Manhã	124
7.1.1.1.2	Trajeto da Tarde	125
7.1.1.1.3	Trajeto da noite	126
7.1.1.2	<i>Perfil da Umidade relativa do ar</i>	128
7.1.2	<i>Experimento II: dia 29 de setembro de 2018</i>	129
7.1.2.1	<i>Perfil da temperatura do ar</i>	130
7.1.2.1.1	Trajeto da manhã	130
7.1.2.1.2	Trajeto da tarde	130
7.1.2.1.3	Trajeto da noite	132
7.1.2.2	<i>Perfil da umidade relativa do ar</i>	133
7.2	Análise da termohigrométrica das residências através de pontos fixos	135
7.2.1	<i>Análise da dinâmica regional no Experimento I - Outubro</i>	135
7.2.2	<i>Perfil termo higrométrico nas residências no Experimento I</i>	137
7.2.3	<i>Análise da dinâmica regional no Experimento II – Novembro</i>	140
7.2.4	<i>Perfil termo higrométrico nas residências no Experimento II</i>	142
7.3	O conforto térmico nas residências pesquisadas	145
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	147
	REFERÊNCIAS	148

1 INTRODUÇÃO

O clima sempre influenciou na vida dos homens, sobretudo no que se refere à mobilidade ou à fixação das populações. Concernente à fixação, a agricultura e a domesticação de animais constituem o marco inicial do sedentarismo humano, um processo histórico iniciado há cerca de dez mil anos (PITTON, 1997). No seu processo de sedentarização o homem mostrou-se como potencial agente transformador do espaço geográfico, que explora a natureza, a energia e suas matérias-primas para promover avanços tecnológicos.

Embora difícil de precisar a gênese, sabe-se que a cidade é uma construção humana imemorial que, em termos etimológico, constitui a materialização da urbanização, uma aglomeração de pessoas, construções e atividades em um determinado local. Na modernidade, a cidade é resultado da substituição das atividades feudais pela mercantil baseada pelo modo capitalista de produção (MENDONÇA, 2003).

A cidade, espaço do coletivo, civilizou o homem, ao mesmo tempo em que passou a ser uma armadilha ambiental diante da fixação perene, exigindo adaptações. Nesse sentido, a cidade se tornou um paradoxo da modernidade:

Por mais paradoxal que possa parecer, a cidade que representa o domínio da tecnologia, a organização social e econômica e as formas mais profundas de domínio da natureza, significa também, o aumento da exposição das sociedades urbanas aos riscos naturais (e aos riscos tecnogênicos), tornando-as mais vulneráveis e menos resilientes. A concentração das edificações, as elevadas densidades demográficas populacionais, a saturação dos sistemas de circulação e a impossibilidade de responder rapidamente aos eventos e episódios extremos, notadamente os de origem meteorológicos, que agridem a integridade urbana, dificultam enormemente as possibilidades de gerenciamento do território por parte da sociedade (SANT'ANNA NETO, 2011, p. 47).

À medida que a cidade sofre transformações, observa-se que as mudanças sofridas por ela, causadas pelo crescimento urbano não vêm acompanhadas de um planejamento urbano e ambiental adequados, provocando conseqüentemente, o crescimento desordenado e o surgimento de problemas socioambientais, como por exemplo, as alterações climáticas. As formas de uso e ocupação do solo têm provocado, além de alterações na paisagem, a necessidade de melhor conhecê-las para subsidiar planos de gestão mais eficiente.

Dessa forma, as características do clima urbano são reflexos das desigualdades sociais, econômicas e ambientais que são manifestadas na cidade, pois se registram diferenças de temperatura quando se comparam os ambientes intraurbanos e o rural (AMORIM, 2012). Se observam também diferenças no intraurbano, derivadas, sobretudo, do padrão construtivo que está associado ao poder aquisitivo das populações, articulando-se com a questão do uso e ocupação da terra.

Por isso, o clima é uma das componentes que influencia e é influenciada pela urbanização, tanto em grandes cidades como também nas menores, como vem sido demonstrado pelos numerosos estudos de climatologia comprometidos com a questão socioambiental e a qualidade de vida urbana. Em comparação, diferentes graus de urbanização produzem impactos diferentes nos climas dos lugares:

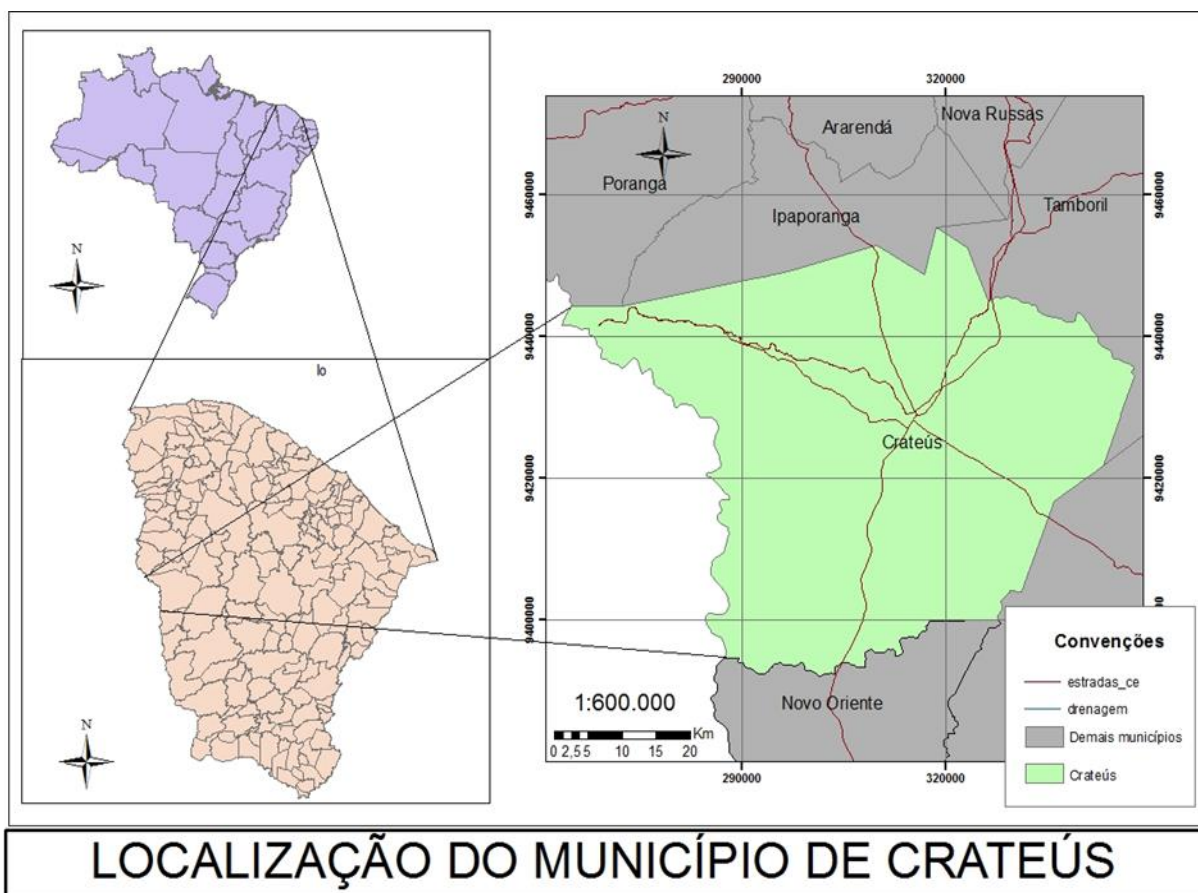
Assim, pelo maior comprometimento da qualidade de vida nos grandes centros urbanos, o estudo do clima dos mesmos tem atraído mais atenção de estudiosos que aquele de cidades de menor porte, talvez porque nas grandes concentrações os problemas ambientais pareçam ser mais graves que nas pequenas. Entretanto, o acelerado crescimento apresentado por algumas destas nas últimas décadas e a sua representação quantitativa e qualitativa, particularmente no território brasileiro, tem despertado cada vez mais o interesse para a investigação de seus ambientes. Isto se deve também ao fato de que intervenções apontadas pelo planejamento urbano em tais contextos apresentam menor problemática de execução que nas grandes cidades com urbanização praticamente consolidada (MENDONÇA, 2003, p. 95).

Apesar de suas dimensões reduzidas, estudos comprovam que nas cidades pequenas as alterações impostas pela urbanização e a ação antrópica promovem modificações da atmosfera próxima à superfície capazes de gerar um clima próprio, nomeadamente o clima urbano (PITTON, 1997).

Entende-se que cidades de pequeno e médio porte são passíveis de investigação dos seus ambientes atmosféricos uma vez que Monteiro (1976), através de sua proposta baseada na perspectiva sistêmica, não delimitou uma escala, grau de urbanização, teor populacional ou condições geoecológicas que devam existir em um determinado sítio para o emprego da terminologia “clima urbano”. Além disso, as cidades médias e pequenas apresentam relativas facilidades para uma investigação climática qualitativa, uma vez que possibilitam a diferenciação dos seus ambientes intraurbanos. Além do detalhamento espacial, existem nestas cidades “[...] possibilidades de intervenção no ordenamento territorial da cidade, fato que é muito mais difícil em cidades de grande porte” (AMORIM, 2017, p. 22).

Admitindo-se que o clima é um importante indicador de qualidade do ambiente e da qualidade de vida do homem urbano e, portanto, entender como o clima influencia e é influenciado nos/pelos lugares justifica a importância deste estudo pois as situações de desconforto térmico são recorrentes no ambiente semiárido, onde se insere a cidades de Crateús, porção sudoeste do Estado do Ceará., como exibido no mapa de localização da Figura 1.

Figura 1 – Mapa de localização da cidade de Crateús-CE.



Fonte: autor.

A cidade de Crateús está localizada a 350 km de Fortaleza, a capital. Por estar próximo a Serra da Ibiapaba, a região onde encontra-se a cidade, era ocupada inicialmente por indígenas. Com os bandeirantes sertanistas, o ingresso de desbravadores na região ocorreu no final do século XVII. Contudo, a consolidação da cidade se confirmou em 1918 com a instalação da Estrada de Ferro que ligava o Ceará ao Piauí, pela Rede de Viação Cearense. De acordo com o Censo 2010, Crateús somavam-se 72.812 habitantes neste mesmo ano, onde a densidade demográfica era

de 24,39 hab/km², sendo que a unidade territorial apresenta 2.981,459 km² de área. A economia se destaca pelas práticas agropastoris, comércio e prestação de serviços.

A pesquisa pretende discutir a composição do clima urbano em uma cidade de pequeno porte, bem como o comportamento termo-higrométrico e, conseqüentemente, a geração de desconforto térmico ao calor em residências, considerando que as formas de uso e ocupação do solo têm influência direta com a geração do clima de uma cidade.

Assim, nossa hipótese considera que, mesmo sendo de pequeno porte, Crateús apresenta alterações das suas características pretéritas que contribuem para a formação do clima específico. Com isso, a proposta basilar para a tese, é investigar o clima urbano da cidade de Crateús com ênfase no campo térmico, através dos seguintes objetivos:

Objetivo Geral:

Analisar como as condições climáticas em uma cidade de pequeno porte no sertão semiárido do Ceará, durante a estação seca (outubro e novembro), associadas aos diferentes padrões construtivos das residências e, em diferentes configurações sociais e ambientais, favorecem a formação de ambientes habitacionais desconfortáveis.

Objetivos Específicos:

- Caracterizar o ambiente urbano da cidade de Crateús através das condicionantes geoambientais (cobertura vegetal, hipsometria e hidrografia) e urbana (uso e ocupação da terra);
- Avaliar o desempenho térmico das edificações durante a estação seca, sobre tipos de tempo habitual e excepcional.
- Avaliar o desconforto térmico em ambientes internos da área de estudo a partir de índices de conforto térmico
- Propor estratégias (ambientais, bioclimáticas etc) que contribuam para o planejamento habitacional, urbano e ambiental e ao conforto térmico da cidade, a partir dos locais representativos inseridos na área de estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta sessão da investigação trataremos dos alcances teóricos que a tese alcançou para o desenvolvimento da proposta metodológica de investigação. Sabendo que os temas não se esgotam facilmente para esse tipo de investigação, procuramos balizar os pressupostos teóricos com ênfase as construções uma análise de abordagem geográfica, buscando o ineditismo das ações para com no recorte de estudo e com a com a definição da escola geográfica pautada nas cidades de pequeno porte.

2.1 Composição da cidade frente a gênese do clima

Nos estudos de climas das cidades encontrados na literatura uma preocupação que foi fundamental para o desenvolvimento desta pesquisa, que pode ser entendida, como o conhecimento mais detalhado do clima em cidades de pequeno porte, bem como suas relações com o planejamento urbano, com a qualidade ambiental e, em última análise, com a qualidade de vida das pessoas.

Do ponto de vista pragmático, o estudo do clima urbano deve sempre se preocupar com o planejamento urbano, de modo que, ao se conhecer mais detalhadamente o clima de determinado espaço urbano, se torne possível a construção de processos de planejamento mais adequados a realidade ambiental local.

Notadamente, os elementos da natureza e do meio ambiente urbano, devem ser analisados sobre o prisma do holismo, sendo a perspectiva sistêmica, um importante caminho para se alcançar uma visão ampla dos fenômenos analisados. Dessa maneira, mesmo que o objetivo desse trabalho seja o estudo do clima urbano, o clima é apenas um dos elementos constituintes do ambiente, sendo assim, diversos outros elementos serão tratados nesse trabalho, aqui denominados características Geoecológicas e Geourbanas:

Mendonça (2003) afirma que:

O clima constitui-se numa das dimensões do ambiente urbano e seu estudo tem oferecido importantes contribuições ao equacionamento da questão ambiental das cidades. As condições climáticas destas áreas, entendidas como clima urbano, são derivadas da alteração da paisagem natural e da sua substituição por um ambiente construído, palco de intensas atividades humanas. (p. 93)

Portanto, deve-se destacar o componente interdisciplinar na construção da ideia de clima, mesmo que sua gênese resida na atmosfera, o estudo do clima não se restringe a meteorologia. O estudo científico do clima surgiu do contato entre a meteorologia e a geografia, sendo esta nova disciplina, a climatologia, autônoma e distinta das duas primeiras que a originou.

A climatologia é um dos ramos da Geografia Física: ela estuda as características da atmosfera em contato com a superfície terrestre e a distribuição espacial dessas características. Sua elaboração coloca, pois, o problema preliminar que acontece, desde que, se aborde qualquer compartimento da geografia, o problema das relações com as outras ciências. Em nome da natureza, dos fenômenos que ela abrange, a climatologia tira seus recursos essenciais da meteorologia. Certamente, ela se apoia também em outras disciplinas da Geografia Física (o relevo, a natureza dos solos, a hidrografia, exercem influências no clima) e na Geografia Biológica e Geografia Humana (influência do meio vegetal e das cidades). Mas a essência mesma dos fenômenos reside na atmosfera. É uma evidência impossível de não se reconhecer. (PÉDELABORDE, 1970, p.5)

Dessa forma, a climatologia, além de um campo disciplinar e científico, torna-se um instrumento de síntese, na medida em que para se compreender os fenômenos climáticos integralmente, é necessário recorrer à composição e dinâmica da atmosfera, e também a sua interação com a superfície, o que envolve não apenas as características físicas do meio, mas também os elementos antrópicos, as formas de construção, e também os jogos de interesses por traz da forma como as sociedades materializam seu modo de vida no espaço através da técnica.

Essa pesquisa, tem sua base, no Sistema Clima Urbano (SCU) proposto por Monteiro (1976), que por sua vez, parte do conceito de clima proposto por Max Sorre, de modo que, o ritmo representa o novo paradigma conceitual, em substituição ao uso das médias. Em outras palavras, a climatologia busca o entendimento do clima através da realidade observada, e não mais, através de abstrações matemáticas, que em diversos momentos nortearam as pesquisas climáticas.

Sendo o clima urbano entendido como o clima de um dado espaço associado ao seu processo de urbanização, a observação do clima local, deve ser acompanhada da análise das características geoambientais, características físicas do meio geográfico, assim como, das características do processo de urbanização dos espaços a serem estudados, pois dessa forma é possível identificar quais as alterações climáticas e suas magnitudes, além, de relacioná-las às ações antrópicas.

Como coloca Sorre (1955):

A noção de clima refere-se, principalmente, a um lugar, e a uma estação. Abordagem comum justificada pela observação científica. O conjunto das variações atmosféricas, que nossos sentidos registram, difere de um lugar para outro muito rapidamente, e cada lugar apresenta uma individualidade original, por vezes, individualmente irreduzível. Uma pequena diferença de altitude, a orientação das vertentes em uma mesma colina, a mudança da vertente para o planalto, as horas de insolação, a turbulência do ar, temperatura, chuvas, tudo muda. (p.14-15)

Além de todos os elementos elencados por Sorre (1955), se adiciona mais um: a urbanização. A urbanização, assim como outros elementos, também não é a mesma em todas as cidades. A intensidade da ocupação do solo, o nível de verticalização, a vegetação urbana, os tipos de materiais construtivos, o uso do solo, a intensidade do tráfego, enfim, todos os elementos que são inerentes as cidades se diferenciam no espaço, não só entre uma cidade e outra, mas também entre os bairros da mesma cidade, e da diferenciação entre a cidade e o campo não urbanizado.

Como resultado do processo investigativo desses elementos, durante o século XX, muitas investigações oriundas da ciência geográfica em clima urbano, fomentaram a construção de uma abordagem geográfica para esse fenômeno marcante nas cidades brasileiras no período, construídas de forma acelerada, desorganizada e desigual (SANTOS, 1996). A escola brasileira de climatologia geográfica (ZAVATTINI, BOIN, 2013) gerou um cabedal teórico e metodológico capaz de contribuir nas ações de prevenção e planejamento frente aos fenômenos de ordem climática.

Com efeito, as gestões das principais cidades brasileiras puderam ter acesso a informações sobre o comportamento climático de modo a construir melhores planos estratégicos de adaptação aos eventos climáticos extremos, por exemplo, minimizando as externalidades sociais. Os estudos de Monteiro (1976), Lombardo (1985), Mendonça (1994), Gonçalves (2003), Brandão (2003), Danni-Oliveira (2003) e Moura (2008) são excelentes exemplos de produções propositivas para gestão do território frente ao clima urbano considerando os diferentes elementos climáticos.

No século XXI, o processo de urbanização brasileira se consolidou no território sobre as diferentes escalas, gerando mais espaços urbanos e conseqüentemente, uma maior pressão de transformação das paisagens. De acordo com Mendonça (2015), entre a década de 1950-1960 a população urbana era de 50% e superou a rural no ano de 2010 quando passou a contabilizar 85%. Esse quadro evidenciou problemas socioambientais que interferem na qualidade de vida urbana e estas condições tendem a se intensificar visto que o “processo de urbanização

brasileiro é muito vivo, altamente dinâmico, desigual e de elevada complexidade” (MENDONÇA, 2015, p. 156).

Esse processo resultou na geração de uma significativa rede urbana de pequenas, médias e grandes cidades, com destaque para as regiões metropolitanas que concentram milhões de habitantes. Contudo, atualmente pode-se verificar um aumento da atuação de cidades de pequeno e médio porte na urbanização brasileira. Segundo o IBGE (2016) as cidades de pequeno e médio porte no Brasil representam, estatisticamente, uma parcela considerável da população brasileira. De acordo com o modelo de classificação de cidades adotado pela Instituição, usando o conceito de arranjos populacionais, há a seguinte indicação:

Os 189 arranjos que possuem baixa concentração populacional correspondem a 64,3% do número total de arranjos. Eles reúnem 8 359 513 habitantes (no Brasil e no exterior) e 393 municípios brasileiros, o que corresponde a 7,8% e 41,2% dos totais registrados nos arranjos populacionais, respectivamente. Mais da metade dos municípios (240, equivalente a 61,1%) possui contiguidade da mancha urbanizada principal (IBGE, 2016, p. 34).

Segundo Santos (1996, p. 22), as cidades locais (ao invés de pequena) são definidas como “[...] dimensão mínima a partir da qual as aglomerações deixam de servir às necessidades da atividade primária para servir às necessidades inadiáveis da população, com verdadeira especialização do espaço”, pressupondo uma vida de relações. Nessas cidades o ritmo do cotidiano urbano contem suas especificidades no modo de vida local, muitas vezes distinto das metrópoles. Contudo, a produção do espaço urbano apresenta elementos comuns, como relações complexas, mediadas pelo modo de produção capitalista, que orientado pela visão do desenvolvimentismo econômico, gera um negligenciando das potencialidades e fragilidades ambientais. Em consequência, as desigualdades sociais se aprofundam na geração desses espaços, em função da baixa capacidade adaptativa.

Nesse sentido, Sant’anna Neto (2012) propõem a inserção do debate sobre a dimensão social na investigação do clima urbano, considerando a produção espaço urbano pelos diferentes sujeitos que tendenciam a materialização das cidades. A Geografia do Clima pressupõe que “a repercussão dos fenômenos atmosféricos na superfície terrestre se dá num território em grande parte, transformado e produzido pela sociedade de maneira desigual e apropriado segundo os interesses dos agentes sociais” (SANT’ANNA NETO, 2008, p. 08).

Sant'anna Neto (2011) evidencia que a produção do espaço ocorre por um processo diverso e controverso que segue a lógica de reprodução capitalista. Em coexistência com fenômeno natural (climático) o autor alerta:

Se a cidade é o habitat da modernidade, se os sistemas urbanos são altamente complexos e desiguais e, se a atmosfera urbana é o produto da interação entre as variáveis do clima e as intervenções socioeconômicas, então os diversos grupos sociais não experimentam nem se relacionam com o tempo e o clima urbano da mesma forma. Espaços desiguais potencializam os efeitos do clima, que se manifestam, também, de forma desigual. Nesta perspectiva, tem-se que admitir que o clima urbano possa ser interpretado como uma construção social (p. 47).

Os desafios dos estudos do clima urbano numa ótica teórica, tem indicado a necessidade inserção da instância social como elemento investigativo para a compreensão o espaço geográfico em que a cidade está imbuída. Faz-se necessário o monitoramento dos diferentes agentes sociais que compõe o espaço urbano para avaliar as condições adaptativas perante os fenômenos climáticos, para que a ações planejadas tenham uma maior efetivação e delibere políticas públicas que atendam às necessidades básicas de cada camada social.

Nesses termos, as cidades pequenas apresentam potencialidades na gestão dos impactos climáticos, pois exhibe possibilidades de intervenção e planejamento urbano nos novos espaços em expansão.

2.2 Estrutura do clima da cidade e o Sistema Clima Urbano (S.C.U)

A importância em se estudar à dinâmica climática, em qualquer uma das dimensões do ambiente urbano, está no fato de que, tais estudos têm oferecido importantes subsídios ao planejamento e melhoria da qualidade do ambiente urbano das cidades. Como produto das interações espaciais e naturais, deveras conflituosa, o ambiente construído altera os padrões de temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade dos ventos, o que resulta no clima urbano.

As alterações produzidas com o clima urbano, segundo Oke (1978), são percebidas a partir de camadas atmosféricas geradas em escala temporal e espacial, diferenciadas, sendo mais ou menos intensas de acordo com a variação solar diária. A atmosfera urbana possui estruturas verticais distintas, que podem ser subdivididas em duas camadas: o *urban canopy layer* e *urban boundary layer*.

O dossel urbano ou "*urban canopy layer*" situa-se no nível microclimático, abrangendo desde a superfície até, aproximadamente, o nível das coberturas das edificações ou telhado dos edifícios. Este dossel ou capa urbana de ar é governado por processos de microescala, presentes na camada intraurbana das ruas, que formam os "cânions" entre as edificações (BARBIRATO, SOUZA, TORRES, 2007, p.55).

De acordo com Amorim (2000, p.26), "esta camada de ar pode atingir entre 1 e 3 vezes a altura do topo dos elementos existentes à superfície, e pode apresentar uma turbulência forte de pequena escala, dependendo da rugosidade da superfície." É esta camada que, por sua proximidade do ambiente citadino e da superfície afeta diretamente as condições do ambiente e o conforto da população. Isso ocorre por estar grande parte relacionada à propriedade dos materiais urbanos e a forma de estruturação dos espaços.

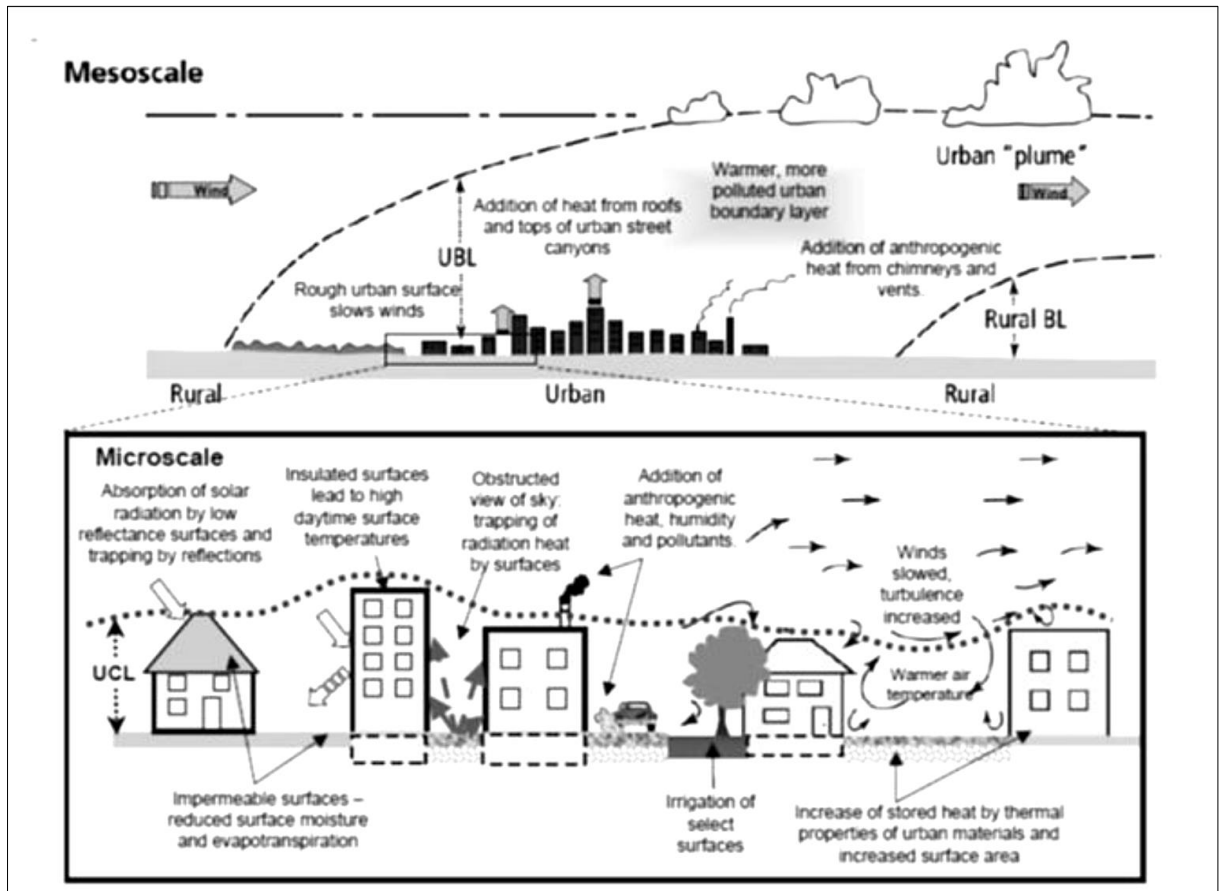
De acordo com Monteiro (1990, p.87), esta camada representa:

Abaixo da linha dos tetos de edificações, aquilo que OKE (1981) designa como o "urban canopy layer" (UCL) representa [...] alguns dos variadíssimos aspectos de arranjos e combinações entre variáveis topográficas, geoecológicas, de edificação e funções urbanas com alguma consideração sobre o caráter social e nível econômico desse conjunto heterogêneo.

A camada limite urbana ou "*urban boundary layer*" é a camada situada logo acima do dossel urbano (ou acima do teto das edificações) e possui características também influenciadas pela presença da cidade, porém com maior influência, por exemplo, dos ventos regionais, sendo que sua altura pode variar de acordo com sua capacidade de movimentar o ar (AMORIM, 2000, p.26; BARBIRATO, SOUZA, TORRES, 2007, p.54). De acordo com Amorim (2000, p.26) "durante a noite pode atingir menos de 100m, porque a superfície esfria mais depressa do que a atmosfera e, durante o dia pode atingir de 1 a 2 km, pois as correntes convectivas são mais intensas".

É por meio destes mecanismos e complexos conjuntos de inter-relações que ocorre a formação do clima urbano, cujas derivações se processam no espaço urbano, dentre as formas principais, a partir das ilhas de calor (Figura 2).

Figura 2 – Diferentes escalas de formação das ilhas de calor na atmosfera urbana.



Fonte: http://www.epa.gov/heatisland/resources/pdf/EPA_How_to_measure_a_UHI.pdf. Acesso em: 22 ago 2016.

Desta forma, trata-se de um fenômeno que ocorre no espaço urbano fruto da formação de características atmosféricas específicas da forma de estruturação do espaço urbano, o "urban canyon" ou "street canyon", configurando uma das consequências do clima urbano. Segundo Barbirato, Souza, Torres (2007, p.56) se refere a uma unidade geométrica, de natureza tridimensional, correspondendo a um perfil de via urbana de forma retangular, e consiste na principal unidade da camada intraurbana. Ainda segundo os autores (op cit) refere-se ao volume de ar delimitado pelas paredes e o solo entre dois edifícios adjacentes, que resultam em microclimas particulares dentro do macroclima da cidade, importando aqui fatores como a orientação do relevo, a relação entre a largura das vias e altura das edificações e os materiais de construção utilizados.

Oke (1988) apud Barbirato, Souza, Torres (2007, p. 57-58) em estudo demonstra algumas interferências provocadas pelas edificações no fluxo de ar ou ventilação, e aponta três situações em que ocorrem mudanças no tipo de fluxo de ar, sendo eles os seguintes, conforme Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Alguns limites nos quais ocorre mudança do tipo de fluxo de ar

-
1. As edificações interferem no fluxo de ar, criando um campo de turbulência ao seu redor. Quanto mais afastadas umas das outras [...], mais isolado se torna o campo de turbulência, não chegando a causar o impacto de uma edificação no fluxo de ar que atinge a outra;
 2. No caso de edificações mais próximas entre si, os campos de turbulência se interagem;
 3. A medida que o espaçamento entre edificações diminui, o fluxo de ar tende a não penetrar entre elas, formando um campo isolado, que sofre pequeno movimento, provocado pelo atrito com as camadas superiores, causando assim uma diminuição na perda de calor por turbulência.
-

Fonte: Oke (1988) apud Barbirato et al (2007, p. 57).

Além da compartimentação em nível vertical, a atmosfera, também se diferencia no plano horizontal, e neste caso a análise deve considerar fatores como o adensamento urbano e os aspectos funcionais da cidade, que possibilitam distinguir os setores geográficos comerciais, residenciais, de serviços, que possuem diferentes padrões de ocupação do solo (locais com maior ou menor densidade de edificações), bem como a presença de arborização, lagos, etc. Estas diferenciações se tornam ímpares nos estudos em clima urbano, pois cada setor geográfico considerado verticalmente pode ter tendência térmica distinta no âmbito da superfície. E para a definição dos espaços intraurbanos da cidade e suas respostas no comportamento térmico, são necessárias este tipo de levantamento para possibilitar esta interrelação entre as variáveis estudadas bem como uma leitura geográfica e comprometida da pesquisa.

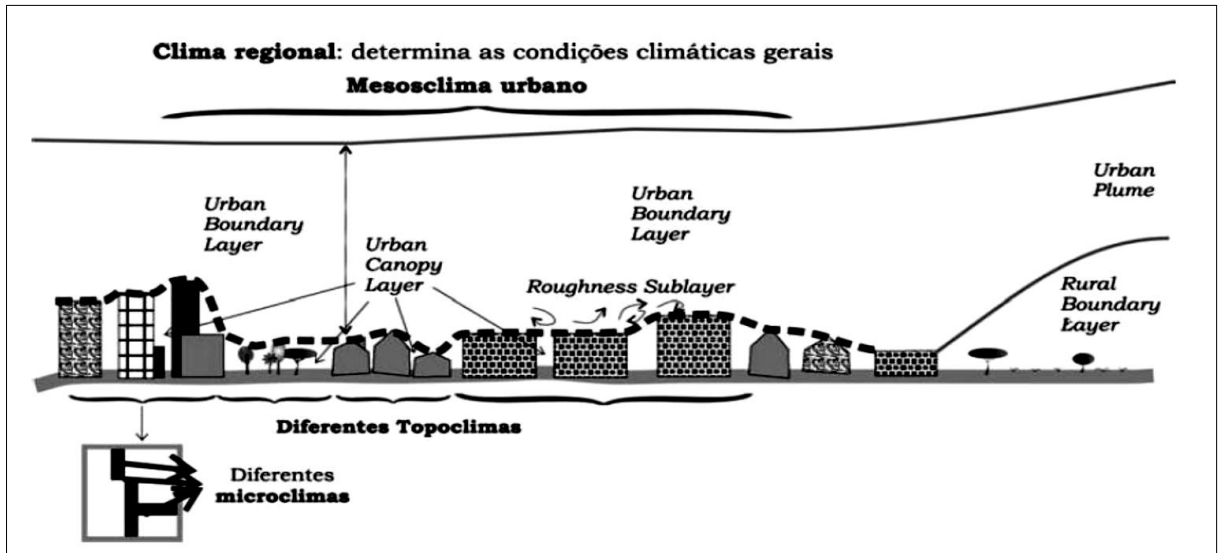
Nesse sentido, Andrade (2005), procurando definir de uma forma mais precisa as escalas de análise em climatologia urbana (Figura 3), apresenta dimensões típicas para cada uma das categorias sem adotar limites rígidos para essas dimensões:

Microclima – reflete a influência de elementos urbanos individuais e dos seus arranjos mais elementares (edifícios e suas partes constituintes; ruas e praças, pequenos jardins); a dimensão típica pode ir até cerca de uma centena de metros; a influência direta desses elementos restringe-se à Urban Canopy Layer.

Clima local/topoclima – clima de uma área com uma combinação característica de elementos, podendo corresponder seja a um tipo de ocupação do solo diferenciado (bairro, parque urbano), seja a condições topográficas específicas (vale, colina, etc). Um clima local/topoclima engloba um mosaico de microclimas, que se repetem com alguma regularidade.

Mesoclima-corresponde à influência integrada da cidade (compreendendo vários climas locais), essencialmente ao nível da Urban Boundary Layer. Podem considerar-se igualmente como efeitos de mesoescala os efeitos "extra-urbanos" de dimensão aproximada ou superior à da própria cidade (sistemas de brisas, barreiras topográficas e etc) (p. 72-73).

Figura 3 – Estratificação vertical da atmosfera urbana e escalas de análise.



Fonte: Andrade (2005)

O Sistema Clima Urbano - S.C.U. proposto por Monteiro (1976) possui centralidade na "cidade" (em vez de na atmosfera), e além da perspectiva "sistêmica" a própria concepção de "clima" como fato dinâmico, configura "o clima urbano como um sistema complexo, aberto, adaptativo que, ao receber energia do ambiente maior no qual se insere, a transforma substancialmente a ponto de gerar uma produção exportada ao ambiente"(Monteiro, 2003, p.21). Os diferentes setores geográficos da cidade, portanto, exercem influência no clima em todas as escalas, sendo que as mais profundas ocorrem no dossel urbano, onde uma variedade de microclimas é produzida.

Considerando que a cidade é o lugar de ampla interação entre o homem e a natureza, a perspectiva climática pressupõe um esquema de interrelações entre o operador (atmosfera) e o operando (tudo o que não é atmosférico):

Deve ser lembrado que a estrutura do S.C.U. inclui obrigatoriamente o natural e o construído pelo homem. Assim, a noção de estrutura na abordagem sistêmica é um elemento importante, sem dúvida, sobretudo no que diz respeito à sua capacidade em refletir o grau de mudanças no comportamento funcional. O artefato físico criado pela urbanização, integrado ao suporte geoecológico em que se insere, dinamizado pelos fluxos urbanos, é que constitui o operando do S.C.U cuja estrutura é penetrada e percorrida por fluxos energéticos do operador: a atmosfera (MONTEIRO, 2003, p. 41).

Na proposta do S.C.U., Monteiro (1976) atribui enfoque na estrutura interna do sistema a partir da entrada e saída de energia atmosférica pelo input/output a partir da radiação e irradiação solar, e ressalta a interdependência dos processos em sua organização funcional. O S.C.U. possui uma organização complexa subdividida em três subsistemas a partir dos canais de percepção humana (Quadro 1). Através desses pontos, o autor destaca:

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

Quadro 1 – SCU- Articulações dos subsistemas segundo os canais de percepção.

SUBSISTEMAS	TERMODINÂMICO	FISICO-QUÍMICO	HIDRO-METEÓRICO
CARACTERIZAÇÃO	CONFORTO TÉRMICO	QUALIDADE DO AR	IMPACTO METEÓRICO
Fonte	Atmosfera Radiação Circulação Horizontal	Atividade Urbana Veículos automotores Indústrias Obras – limpeza	Atmosfera Estados especiais (Desvios rítmicos)
Trânsito no Sistema	Intercâmbio Operador/operando	Do operando ao operador	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 e Urbanismo	Engenharia Sanitária	Engenharia Sanitária e infra- estrutura urbana
Produtos	"Ilha de Calor", Ventilação, Aumento da Precipitação	Poluição do Ar	Ataques à Integridade Urbana
Efeitos Diretos	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários, doenças respiratórias, etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle uso do solo Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infra-estrutura Regularização fluvial Uso do solo.
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

Fonte: Monteiro (1976).

A componente termodinâmica implica a coparticipação entre natureza e homem e caracteriza-se como o insumo do sistema, que se transforma na cidade e produz o balanço de energia. Ela se relaciona ao uso do solo, à forma e função urbanas, as relações integradoras entre atmosfera e homem. Seus produtos são as ilhas de calor, os padrões de ventilação por diferenças de pressão e as precipitações restritas a áreas do centro. Monteiro (2003) ainda esclarece que:

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

O subsistema Físico-Químico é de encargo da sociedade, que penetra no sistema em sentido inverso. É também responsabilidade da natureza, quando há a ocorrência das explosões vulcânicas, mas vincula-se intensamente à atividade humana e às aglomerações urbanas pelas atividades industriais, pelo tráfego dos veículos que contaminam a atmosfera. Esse subsistema promove a elaboração de estudos sobre a qualidade do ar. Todavia, devido a rigidez em termos operacionais e de aquisição de instrumentos de aferição, são mais onerosos e por isso existem poucas investigações, quando comparados aos outros subsistemas.

O subsistema hidrometeorológico eleva a participação da natureza como insumo energético proveniente da atmosfera na forma dos mecanismos de circulação regional que incluem várias manifestações meteóricas tais como as tempestades, tornados, furacões, aguaceiros, entre outras. Constituem variações extremas e distribuídas irregularmente geram impactos urbanos e rurais. No caso do Brasil o exemplo mais notável é através dos alagamentos urbanos e as chuvas concentradas.

Para os objetivos desta pesquisa, o subsistema termodinâmico foi direcionado para as análises comparativas entre diferentes pontos na cidade, usando da escala local como recorte, devido ao contexto inerente aos espaços de dimensões reduzidas. A gênese dos processos observados nesta dimensão escalar são os aspectos geocológicos (relevo - altitude, declividades; distribuição da cobertura vegetal, presença de hidrografia) e os urbanos, expressos pelas formas de uso e ocupação da terra.

O clima urbano, estudado através da abordagem termodinâmica e a partir da comparação entre pontos distintos na cidade, implica em uma análise específica para as características de cada setor geográfico estudado pois, de acordo as singularidades de cada variável presente no espaço urbano e sua frequência de ocorrência, “são detectadas diferenças térmicas intraurbanas decorrentes dos fatores físicos, mas principalmente em função das características do uso e da ocupação do solo no ambiente interno da cidade” (AMORIM, 2011, p.135).

Sob esta perspectiva, considerando os aspectos que influem nas respostas térmicas do ambiente, Labaki et al (2011, p.26) consideram que:

Em relação ao ambiente construído, na composição das superfícies da base e definidoras do espaço, importam as características térmicas dos materiais, a capacidade de absorção de radiação solar e emissão de onda longa, os ganhos e perdas de calor definidos por suas características quanto à rugosidade e permeabilidade. Importam ainda a disposição de seus

elementos componentes da estrutura urbana, forma e tipologia das edificações, que lançam sombras ou canalizam os ventos.

Se os fatores que condicionam as características do clima urbano forem intrínsecos a cada sítio, podemos supor uma infinidade de fatores ambientais e de organização do espaço urbano que repercutem de forma negativa nos espaços de vivência da sociedade.

2.3 Ilhas de calor

Segundo Oke (1978), o fenômeno das ilhas de calor é formado a partir da diferença no balanço de energia entre a cidade e o campo, configurando-se como uma anomalia térmica, que possui dimensões horizontais, verticais e temporais, cujas características se relacionam às características da cidade, como sua dimensão, construções, os usos estabelecidos, etc; além dos elementos meteorológicos externos.

Diversos estudos demonstram que a intensidade das ilhas de calor é maior em setores geográficos urbanos densamente construídos e com pouca vegetação, sendo que a diferença entre a temperatura do ar urbano e rural pode ser chamada de força ou intensidade da ilha de calor, sendo que ao longo do dia, de acordo com a trajetória da radiação solar, sua intensidade varia proporcionalmente. "A intensidade da ilha de calor é geralmente mais forte à noite, uma vez que as superfícies urbanas continuam a liberar calor e diminuem o arrefecimento durante o período noturno." (GARTLAND, 2010, p.11).

Outro aspecto importante com relação às ilhas de calor se refere à temperatura de superfície que são mais elevadas, além de variarem mais do que a temperatura do ar, durante o dia. Os efeitos mais intensos das ilhas de calor ocorrem em dias claros e calmos e são mais fracos em dias nublados e com ventos, já que uma maior quantidade de energia é armazenada em dias claros e os ventos brandos removem, ou movimentam, o calor de forma mais lenta, fazendo com que a ilha de calor apresente maior intensidade (AMORIM, 2017, p.47).

É necessário alertar que as ilhas de calor verificadas pelas temperaturas de superfície, referem-se à temperaturas dos alvos presentes na superfície e não à temperatura do ar propriamente, pois não existe uma correspondência exata da superfície em modular a temperatura do ar visto que este está sujeito a outras

influências, tais como a variação horária da temperatura do ar, as condições de meteorologia, a geografia e o padrão de urbanização de cada cidade (GARTLAND, 2010).

Apesar de não se estabelecer diretamente essa relação, a medição da temperatura dos alvos é importante no sentido de verificar as feições aquecidas presentes na superfície urbana, como as coberturas, os pavimentos, a cobertura vegetal, e os solos nus, e que, portanto, estão associados ao uso e cobertura da terra (AMORIM, 2017)

Esta alteração no balanço de energia em ambientes urbanos também é interpretada por García (1991) da seguinte forma:

A ilha de calor ou ilha térmica urbana se caracteriza quando as cidades tendem a ser, principalmente à noite, mais quentes do que o meio rural ou menos urbanizado que as áreas circunvizinhas. Em especial, a área urbana com as temperaturas mais elevadas tende a coincidir com os centros das cidades, onde os prédios e construções formam um conjunto denso e compacto (p.48, tradução nossa).

De acordo com Gartland (2010, p. 9), há muito tempo se observa que as áreas urbanas e suburbanas possuem ilhas de calor, onde a temperatura da superfície é mais elevada em relação ao rural circundante, sendo este o ponto norteador do entendimento de tal fenômeno. Isso ocorre, ao fato dos materiais de construção das cidades absorvem e retêm maior quantidade de calor do sol do que os materiais naturais dos setores geográficos rurais ou menos urbanizados. Ou seja, a impermeabilização é um dos fatores que implicam na diminuição da umidade disponível, além dos materiais escuros dos edifícios e pavimentos do tipo cânion absorver e armazenar maior energia solar (GARTLAND, 2010, p.10).

Ainda segundo o autor, as ilhas de calor apresentam cinco características comuns, segundo Tabela 2:

Tabela 2 – Características das ilhas de calor

1. Em comparação com as áreas rurais não urbanizadas, a ilha de calor é mais quente em geral, com padrões de comportamento distintos. Ilhas de calor são geralmente mais quentes após o pôr do sol, quando comparadas às áreas rurais e mais frescas após o amanhecer. O ar no "dossel urbano", abaixo das copas das árvores e edifícios, pode ser até 6°C mais quente do que o ar em áreas rurais.
2. As temperaturas do ar são elevadas em consequência do aquecimento das superfícies urbanas, uma vez que superfícies artificiais absorvem mais calor do sol do que a vegetação natural.
3. Essas diferenças nas temperaturas do ar e na superfície são realçadas quando o dia está calmo e claro.
4. Áreas com menos vegetação e mais desenvolvidas tendem a ser mais quentes, e ilhas de calor tendem a ser mais intensas conforme o crescimento das cidades.
5. Ilhas de calor também apresentam ar mais quente na "camada limite", um acamada de ar de até 2.000 m de altura. Elas geralmente criam colunas de ar mais quentes sobre as cidades, e inversões de temperatura (ar mais quente sobre o ar mais frio) causadas por elas não são incomuns.

Fonte: Gartland (2010, p. 11).

Com relação à magnitude das ilhas de calor, Fernández e García (1996) estabelece uma classificação da seguinte forma (Tabela 3):

Tabela 3 – Classificação da intensidade e magnitude das ilhas de calor

Intensidades e magnitude das ilhas de calor	
Intensidade em °C	Magnitude
0°C a 2°C	Fraca
2°C e 4°C	Média
4°C e 6°C	Forte
≥ 6°C	Muito forte

Fonte: Fernández e García (1996).

Segundo García e Álvarez (2008, p. 513, tradução nossa) A cidade não é um espaço homogêneo e que de forma genérica chamamos de clima urbano. Na verdade, ela apresenta um grande número de detalhes associados à morfologia dos edifícios, ao traçado das ruas e à presença de zonas verdes. A partir de um conjunto

histórico de estudos realizados na cidade de Madrid, usando dados coletados de mais de 160 transectos urbanos, o autor expõe que os dois fatores que influenciam de maneira mais direta a ilha de calor na cidade é a densidade de edificações e a presença de espaços verdes.

O clima urbano permite considerar estes fenômenos de ilhas de calor (OKE, 1982), diferenças térmicas, bolsões de ar aquecidos, ilhas de frescor (as ilhas de frescor são necessariamente um fenômeno inverso às ilhas de calor, quando a cidade ou setores geográficos da cidade apresentam temperaturas menores em relação ao campo), etc.; possibilitando entender o papel dos condicionantes urbanos nas mudanças climáticas causadas pelos assentamentos urbanos (MOURA, 2008).

Quando comparadas com o ambiente rural circundante ou próximo, as cidades têm a capacidade de modificar as trocas de energia, produzindo um clima próprio, que comumente são verificadas a partir do aumento da temperatura do ar e diminuição da umidade relativa, produzindo desconfortos ambientais, sentidos constantemente, além da degradação do ambiente, que deteriora ainda mais o lócus de vivência dos indivíduos.

A Tabela 4 a seguir demonstra a relação entre estas características das ilhas de calor e seus efeitos no balanço de radiação e energia no ambiente urbano:

Tabela 4 – Características urbanas e suburbanas importantes para a formação de ilhas de calor e seus efeitos no balanço de energia sobre a superfície terrestre.

Características que contribuem para a formação de ilhas de calor	Efeitos sobre o balanço de energia
Falta de vegetação	Reduz evaporação
Utilização difundida de superfícies impermeáveis	Reduz evaporação
Maior difusividade térmica dos materiais urbanos	Aumenta o armazenamento de calor
Baixa refletância solar dos materiais urbanos	Aumenta saldo de radiação
Geometrias urbanas que aprisionam o calor	Aumenta saldo de radiação
Geometrias urbanas que diminuem as velocidades dos ventos	Reduz convecção
Aumento dos níveis de poluição	Aumenta saldo de radiação
Aumento da utilização de energia	Aumenta o calor antropogênico

Fonte: Gartland, 2010, p. 26.

As ilhas de calor não causam apenas desconforto térmico em ambientes de clima tropical, são responsáveis também pelo aumento da demanda por energia e

pela formação de ambientes urbanos insalubres que afetam a saúde humana (SANT'ANNA NETO, 2011).

Conclui-se que o processo de urbanização, mais específico à cidade, proporciona mudanças na natureza da superfície e na atmosfera, afeta às condições de funcionamento dos componentes do sistema climático, já que os materiais utilizados nos ambientes urbanos possuem maior capacidade de reter calor que o ambiente rural, configurando a complexidade dos ambientes climáticos urbanos (AMORIM, 2017, p.56).

Como uma síntese da interrelação entre os aspectos teóricos e conceituais discutidos nesta investigação, Oliveira (1988) apud Barbirato et al (2007, p.43) com ênfase na perspectiva climática das características de estrutura, morfologia e forma urbana denomina-os como condicionantes climáticos, que, de forma mais ou menos intensa influenciam na configuração do clima urbano. Tais características são consideradas de acordo com os atributos bioclimatizantes da forma urbana, sendo eles:

a) Porosidade: corresponde ao espaçamento entre as edificações e/ou arranjos morfológicos, diversidade de alturas das edificações, maior ou menor permeabilidade do tecido urbano à passagem dos ventos; (este aspecto remete-se com destaque, por exemplo, para os empreendimentos "Minha Casa Minha Vida", onde a proximidade dos lotes e suas dimensões influem de forma expressiva na absorção e irradiação de calor, tal como verificado nos dois recortes territoriais desta pesquisa);

b) Rugosidade: variação nas alturas dos edifícios (volume) e superfícies horizontais (geometria da massa edificada); está associada ao vento;

c) Densidade de construção: taxas de ocupação da área construída;

d) Tamanho da cidade (Horizontal e Vertical): estrutura urbana: o tamanho da cidade influi na quantidade de fontes produtoras de calor e de poluentes, padrões de ocupação com maior densidade tendem a possuir as maiores médias de temperatura, enquanto que os padrões de ocupação com menores taxas tendem a possuir as menores médias;

e) Uso e ocupação do solo: influenciam na distribuição das temperaturas dentro das estruturas urbanas, concentração / dispersão de atividades, centralização / descentralização e a proporção de áreas verdes;

f) Orientação: posicionamento da estrutura urbana quanto aos caminhos aparentes do sol, ventos e elementos naturais ou não;

g) Permeabilidade superficial do solo urbano: relação entre as áreas construídas e pavimentadas com áreas livres de construção; · propriedades térmicas dos materiais: capacidade de absorção e reflexão dos diversos materiais em relação à luz e ao calor. Dependem diretamente de suas propriedades físicas como densidade, textura e cor;

h) Propriedades termodinâmicas dos materiais constituintes: corresponde às propriedades físicas como albedo, absorvância à radiação solar, emissividade, inércia térmica e índices de impermeabilidade dos materiais da massa edificada.

Sendo assim, o clima urbano e seus produtos sugerem a necessidade de penetrar na cidade, no seu interior, observar e compreendê-la enquanto fato social “produtor de uma acentuada gama de derivações progressivas [...] “edificando” um novo contexto topográfico pulsando na mais acentuada e complexa das dinâmicas, e refletindo, como espelho, todo o caldo cultural de uma dada sociedade” (MONTEIRO, 1990, p. 9).

2.4 O clima urbano em de pequeno porte sobre perspectiva térmica

Os estudos do clima urbano em cidades pequenas é um propósito de investigação que vem adentrando as Pós-graduações em Geografia, por exemplo, de maneira recente. O grupo GAIA¹ tem contribuído de forma intensa, sobretudo para as cidades de clima tropical continental. Amorim (2017) elaborou uma metodologia específica para os estudos das cidades médias e pequenas no Oeste Paulista. Esse trabalho contribui no oferecimento de aporte para estudos dessas cidades, partindo

¹ Neste sentido, o GAIA (Grupo de Pesquisa Interações na Superfície Terrestre, Água e Atmosfera) foi criado em 2002, com projetos vinculados às áreas de Climatologia, Geomorfologia e Hidrologia, aplicados às paisagens e aos ambientes urbanos e rurais. Tivemos a oportunidade de vivenciar experiências em pesquisa no não de 2013.

da possibilidade de engajar ações em planejamento que tenham uma maior efetividade.

Alguns trabalhos nesse sentido auxiliaram a compreensão das possibilidades metodológicas e de resultados para a construção dessa investigação. Reconhecendo as poucas investigações (teses e dissertações) nesse tema, recorreremos a um balanço de alguns estudos para cidades de pequeno porte.

Ortiz (2011), buscando identificar o comportamento termo-higrométrico de cidades de pequeno porte, analisou dados de temperatura e umidade de Cândido Mota, em São Paulo, e verificou que, mesmo possuindo pequeno porte, a cidade apresentava diferenças térmicas significativas que configuram ocorrências de ilhas de calor de até 8°C.

Ugeda (2011) analisou a cidade de Jales, no estado de São Paulo, buscando defender a ideia de que cidades de pequeno porte possuíam elementos suficientes para a formação de um clima urbano específico. A partir de mini-estações, transectos móveis e imagens de satélite, ele verificou que os contrastes térmicos ultrapassaram a cota de 10°C, considerada alta para os estudos de ilhas de calor.

Viana (2013) pesquisou o conforto térmico em escolas estaduais de Presidente Prudente – São Paulo, correlacionando-o aos materiais construtivos e ao uso e ocupação do entorno das unidades escolares; com isso, observou que as edificações escolares propiciavam várias horas de desconforto térmico, corroborando para a compreensão de que o padrão construtivo utilizado não considerou a realidade climática local.

Saraiva (2014) – com objetivo de conhecer o campo térmico de Mossoró, no Rio Grande do Norte – analisou o comportamento climático em nove pontos amostrais distribuídos na zona urbana e rural. Observando que as áreas mais 34 centrais e destinadas à expansão urbana apresentaram ilhas de calor e ilhas secas, nos períodos matutinos e vespertinos, especialmente, no horário das 14h.

2.5 O Canal perceptivo do conforto térmico

O estudo do conforto térmico humano é imprescindível que previamente se faça um estudo climático. Devem ser avaliadas as particularidades do clima local, sua dinâmica e seus elementos climáticos, para então, constatar quais os fatores que exercem influências negativas e positivas no conforto térmico humano.

Existem várias definições para o conceito de conforto térmico. De acordo com a - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1998, p.9) conforto térmico é (...) “a satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente”. De acordo com a norma americana para conforto humano ASHRAE² Standard 55 (2001) esse fenômeno não depende só de variáveis físicas e fisiológicas, pois nem todas as pessoas têm a mesma sensação térmica quando ocupam o mesmo ambiente. Os condicionantes psicológicos agem sobre os condicionantes fisiológicos. Mesmo em situações mais constantes haverá pessoas insatisfeitas termicamente.

Segundo Frota e Shiffer (2003) a manutenção da temperatura interna do organismo humano é relativamente constante, mesmo em ambientes onde as condições termohigrométricas são as mais variadas e variáveis. Esta regulação se faz por intermédio de seu aparelho termorregulador que comanda a redução dos ganhos ou o aumento das perdas de calor através de alguns mecanismos de controle. A termorregulação do organismo humano às vezes representa um esforço extra e, como consequência, há uma redução de potencialidade de trabalho e em condições mais extremadas até estresse térmico

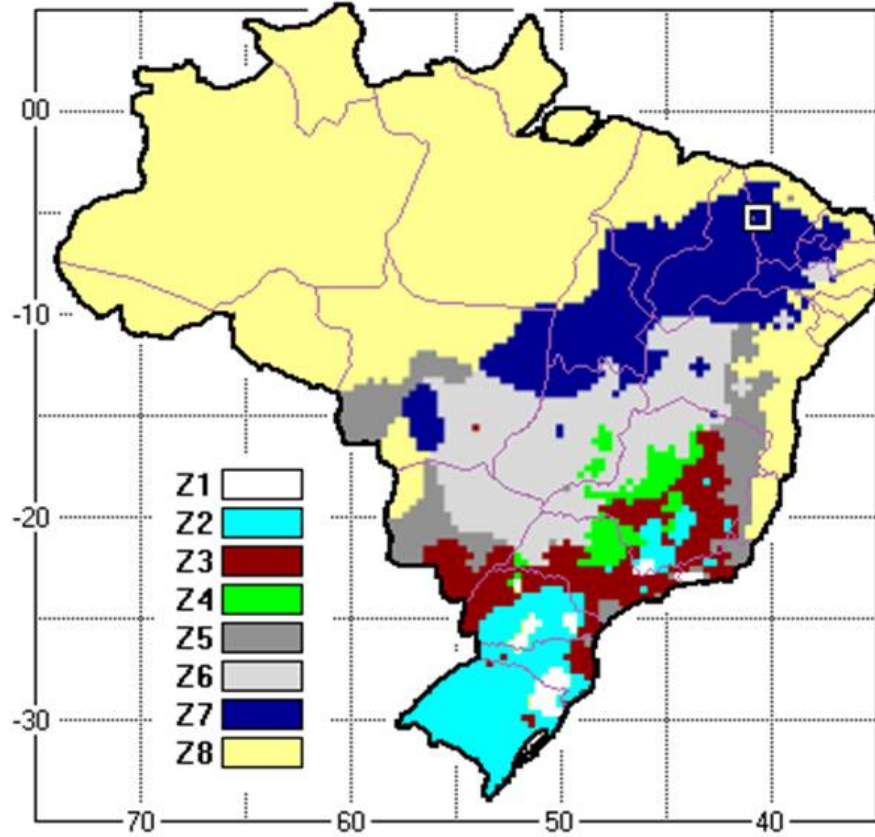
Cruz, Lopatiuk e Lombardo (2007) mostraram que o conforto térmico em áreas urbanas está diretamente relacionado com os elementos que compõem as cidades, principalmente, no caso das áreas que se encontram em regiões nas quais são projetadas as sombras das construções e onde estas provocam a formação de corredores de vento e de bloqueio dos mesmos.

Dentro desta problemática é importante refletir sobre a função da moradia, segundo Viana (2012) “As edificações tem como finalidades abrigar as pessoas das intempéries climáticas (a chuva, o vento, o calor, o frio) e proporcionar o conforto aos seus habitantes/ocupantes, sejam eles temporários ou por um longo período”.

A ABNT (15220-3/2003), dentro desta nova concepção bioclimática da arquitetura, promove uma classificação e repartição do território nacional em Zonas Bioclimáticas; na qual Crateús encontra-se na Zona Bioclimática 7 (figura xx), reconhecidamente quente e seca.

² Associação Norte-Americana de Engenheiros de Calefação, Refrigeração e de condicionamento do Ar.

Figura 4 – Espacialização das Zonas Bioclimáticas Brasileiras



Fonte: ABNT NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3

A referida Norma (ABNT 15220-3) tem as seguintes recomendações e necessidades para obtenção do conforto térmico nas edificações desta Zona. Quanto às aberturas (Tabela 5) e vedações externas (Tabela 6):

Tabela 5 – Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 7

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Pequenas	Sombrear aberturas

Fonte: ABNT NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3.

Tabela 6 – Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 7

Vedações externas
Parede: Pesada
Cobertura: Pesada

Fonte: ABNT NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3.

Dentro das indicações para a Zona Bioclimática número sete as principais estratégia para obtenção do conforto térmico intra-residencial são através do resfriamento evaporativo, ou seja, umidificando o ambiente com a evaporação de água através de chuveiros, sprays ou atomização. Bem como por meio da ventilação seletiva, sobretudo nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa (Tabela 7).

Tabela 7 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 7

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	H) Resfriamento evaporativo e Massa térmica para resfriamento J) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)

Fonte: ABNT NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3.

O trabalho de Lamberts et al (2010) faz-se necessário menção, pois eles consideram que a inadequação do projeto às características climáticas locais afeta diretamente o desempenho da edificação, podendo levar à utilização intensa de equipamentos mecânicos de refrigeração e sistemas artificiais de iluminação para garantir o conforto dos usuários, resultando, por conseguinte, no consumo de energia elevado.

Devido às dificuldades em considerar todas as variáveis envolvidas na identificação do conforto térmico das pessoas, sobretudo, as fisiológicas e psicológicas; pesquisas atuais buscam desenvolver-se a partir da análise dos índices que integram as diferentes variáveis do conforto térmico e, de modo especial, para os fatores físicos.

Os índices de conforto aplicados em áreas urbanas buscam a compreensão em diversas escalas da interação do homem e seu ambiente termal (internos e externos), a fim de avaliar as condições bioclimáticas com objetivos diversos. Na área da saúde, a maior importância está na relação entre a termorregulação e o ambiente atmosférico, considerando que condições estressantes sobrecarregam o sistema termorregulador comprometendo a saúde das pessoas (RUAS, 2002).

Atualmente, existem inúmeras escalas de conforto térmico desenvolvidos para fins de aplicação às condições ambientais de edificações e às condições climáticas brasileiras. Como exemplo, tem-se as escalas: Temperatura Efetiva de Thom (1959), citado por Ayoade (2003); Temperatura Efetiva de Yaglou ou Houghten; Diagrama do Conforto Humano (Instituto Nacional de Meteorologia - INMET); Carta Bioclimática de Olgyay; Índice de Conforto Equatorial de Webb; Carta Bioclimática de Giovani (1969) e etc.

Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizado Índice de Desconforto criado por Thom (1959). A escolha por este índice se deu em função do tipo de equipamento utilizado na coleta dos dados, que permitiu analisar, sobretudo, a temperatura e umidade relativa do ar.

Este índice busca determinar as zonas de conforto para pessoas adultas, vestidas e em estado de repouso, com ligeiros movimentos do ar. É um dos índices mais utilizados na Climatologia Geográfica. É também chamado de Temperatura Efetiva (T_e) ou Índice de Temperatura e Umidade (ITH), sendo constantemente utilizado para avaliar o conforto humano em regiões de clima quente. Levando em consideração que a evaporação do suor é uma maneira natural de resfriar a temperatura do corpo, o índice revela que quando o ar está muito úmido, o dia parece mais quente e desconfortável, pois a perda de calor é reduzida (PÉTALAS, 2015).

Para o cálculo do índice é utilizado a seguinte expressão:

$$TE = 0,4 (ta + tw) + 4,8 (°C)$$

onde:

ta é a temperatura do ar (°C);

tw é a temperatura de bulbo úmido (°C).

Na busca de uma melhor adaptação do cálculo para com os dados, Giles et al (1990) propôs uma outra equação, utilizando a umidade relativa (%) no lugar da temperatura de bulbo úmido.

$$THI = ta - 0,55 (1 - 0,01UR) (ta - 15,5) (°C)$$

Onde:

ta é a temperatura do ar (°C);

UR é a umidade relativa (%).

Apesar de incluir apenas duas variáveis (temperatura e umidade relativa do ar), o DI apresenta relevância conceitual e um excelente alcance por possuir largo intervalo de climas analisados, oferecendo facilidade de aplicação e alta confiabilidade quanto aos resultados alcançados. a partir de dados empíricos de campo em diversas partes do mundo (SILVA E SOUZA, 2017).

O DI também descreve satisfatoriamente várias combinações de temperatura e umidade, sendo capaz de revelar o armazenamento energético em climas quente e úmido. Embora seja considerado um índice de aplicação mais apropriado na análise de ambientes internos, é comumente aplicado também a ambientes externos, por permitir a análise das alterações do desconforto térmico ao longo do tempo (PÉTALAS, 2015).

O Índice de Desconforto em como variáveis de entrada medidas de temperatura e umidade relativa do ar, conforme equação a seguir (THOM, 1959; ONO e KAWAMURA, 1991).

$$ID = 0,99T_a + 0,36T_{po} + 41,5$$

Os limites das condições térmicas para o ID foram definidos conforme apresentado na Tabela 8 (ONO e KAWAMURA, 1991).

Tabela 8 – Limites de conforto térmico para humanos – ID

Condição	Limites (ID)
Estresse devido ao calor	> 80
Desconforto devido ao calor	75 > ID > 80
Confortável	60 > ID > 75
Desconforto devido ao frio	55 > ID > 60
Estresse devido ao frio	< 55

Fonte: Ono, Kawamura, 1991.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para estudar o clima urbano em uma cidade pequena no sertão semiárido do Ceará, a pesquisa adotou como base a concepção dinâmica do clima, por considerar que esta corresponde a um melhor tratamento e compreensão dos fenômenos climáticos na composição do espaço geográfico; e o Sistema Clima Urbano de Monteiro (1976), como referencial principal, sistematizado a partir da Climatologia Dinâmica. Também considerado os roteiros metodológicos de Mendonça (2003), Udega (2011) e Ortiz-Poranga (2015), que propõem a análise do clima de cidades de pequeno e médio porte, no sentido de criar um suporte teórico e conceitual que se enquadre à realidade da área de pesquisa. Os dados e as técnicas necessárias ao desenvolvimento do trabalho seguem os roteiros metodológicos adotados e foram coletados e analisados em etapas previamente estabelecidas. A seguir será apresentado cada etapa.

3.1 Primeira Etapa: levantamento bibliográfico e o geoprocessamento dos dados cartográficos

A partir da matriz teórico-metodológica do S.C.U. de Monteiro (1976), realizou-se a investigação teórica para a compreensão do clima urbano da cidade Crateús-CE. Haja vista que a área de estudo faz parte do domínio climático e paisagístico do semiárido e que os processos urbanos associados a formação de um clima específico produzem efeitos distintos no ambiente urbano, buscou-se elaborar um tratamento dos dados espaciais que revelasse os diferentes agentes sociais de produção da cidade ligados as condições ambientais da urbe.

De modo geral, as cidades médias e pequenas apresentam relativas facilidades para uma investigação climática, pois os espaços reduzidos permitem uma melhor diferenciação dos seus ambientes intraurbanos e facilitam a intervenção nos novos espaços da urbanização (AMORIM, 2000, p. 22). No caso da cidade de pequeno porte, Mendonça (2003, p. 98) destaca que:

A “geografia circunvizinha à cidade desempenha papel mais preponderante na formação de seu clima urbano quanto menor ela for”. [...] O estudo do clima de cidades deste porte deve levar em consideração a abordagem geográfica detalhada tanto do fato urbano quanto da área rural regional contígua.

A caracterização da área rural circunvizinha à área urbana é fundamental para o conhecimento do clima da cidade de pequeno porte. Conforme Teixeira (2015) estudos realizados nas variadas estações do ano demonstram grande diferenciação ou homogeneização entre essas áreas, sendo a distribuição da cobertura vegetal no entorno rural próximo um fator preponderante.

Para tanto, o Geoprocessamento³ insere-se como pressuposto metodológico de processamento de dados e geração de informações. Nas pesquisas em Climatologia Geográfica, auxiliam na representação gráfica e espacial dos elementos do clima que são de complexa mensuração. Monteiro et al (2015) reforça esse pressuposto, apontando um balanço da produção acadêmica nesse segmento investigativo, que de forma analógica e manual, manuseou dados geoespaciais na construção do entendimento dos mecanismos de influencia os fatores ambientais no comportamento dos elementos do clima em suas várias escalas em diferentes lugares.

O Sensoriamento Remoto - SR e os Sistemas de Informação Geográficas – SIG's compuseram as principais Geotecnologias de processamento, análise/interpretação dos dados secundários. Por intermédio dessas técnicas espaciais, as informações geradas foram colocadas sobre um sistema de referências cartográficas, possibilitando a identificação georreferenciadas dos fenômenos investigados. Meneses e Fernandes (2013) afirmam que o georreferenciamento dos fenômenos espaciais contribui para localização com níveis precisos para cada região do globo, bem como subsidia uma maior precisão no monitoramento nas resoluções espaciais e temporais.

Uma das ferramentas muito empregadas na análise climática, o Sensoriamento, consiste na medição ou aquisição de informação da propriedade de um objeto ou fenômeno, por meio de um dispositivo de registro que não esteja em contato físico com o objeto ou fenômeno em estudo. Assim, todas as feições da paisagem como a vegetação, o solo, as rochas, a água e as pessoas emitem radiação eletromagnética infravermelha termal podendo ser mapeadas e transformadas em informação geográfica qualitativa (JENSEN, 2009).

³ O Geoprocessamento é um conjunto de técnicas computacionais que opera sobre base de dados (que são registros de ocorrências) georreferenciados, para os transformar em informação (que é acréscimo de conhecimento) relevante. Contudo, antes do processo de digitalização da cartografia, o geoprocessamento já apresentava pressupostos investigativos, como a análise espacial da epidemia de cólera em Londres no ano de 1954 por Jhon Snow. (XAVIER DA SILVA, 2009).

3.1.1 Cartografia do sítio

Para análise das características do sítio urbano da área de estudo, empregamos o SR no monitoramento espacial dos fatores ambientais e sociais. Em especial, para elaboração metodológica do plano de investigação compatível a escala geográfica das cidades pequenas, os trabalhos de Udega (2011), Ortiz-Poranga (2015), Rampazzo (2019) e Teixeira (2019) foram fundamentais na elaboração do tratamento cartográfico, pois elas deliberam sobre os principais procedimentos e técnicas usados no estudo do clima urbano nessa abordagem

Os dados secundários da pesquisa foram substanciados pelo uso das imagens dos principais satélites utilizados no Brasil. Os produtos dos satélites *Landsat 8*⁴, e *CBERS4*⁵ foram adquiridas no banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE⁶ Elas foram fundamentais para subsidiar as análises das condições geológicas e do uso e ocupação do solo, compatível aos níveis de detalhes para cada recorte espacial avaliado.

O manuseamento dos dados *rasters* foi realizado no ambiente QGIS 3.10. Através de técnicas matriciais para a leitura da composição da superfície terrestre na urbe e nas áreas adjacentes, gerando o mapa de Uso e Ocupação do solo pautado na técnica da Classificação Supervisionada. Ela se baseia na identificação de diferentes classes com comportamentos espectrais diferenciados. Para isso, algoritmos de classificação são adotados para extrair as feições de interesse em um espaço multidimensional (BERNARDI, 2007). Contudo, faz-se necessário alertar que esse tipo de procedimento requer uma calibração com visitas em campo, para definir as superfícies que apresentam texturas diferentes, mas interagem de forma semelhante a reflexão de energia eletromagnética.

Para caracterização da urbe, também empregamos os procedimentos previsto para a diferenciação dos ambientes intraurbanos com base nos trabalhos de cunho climatológico (LOMBARDO, 1985; AMORIM, 2000; MOURA, 2008; STEWART; OKE, 2009). Assim, foi elaborada a carta de uso e ocupação do solo para a caracterização urbana, conforme interpretação subjetiva da predominância das áreas construídas, dimensão dos lotes e presença de cobertura arbórea nas imagens de

⁴ Landsat 8 sensor OLI/TIRS C1 - Level 1, cena 218/64 retirada as aproximadamente as 10hrs

⁵ CBERS4 (MUX , WFI, PAN e IRS) cena extraídas as 10:30 hrs.

⁶ A plataforma digital do INPE que contém o acervo de imagens dos satélites empregados na pesquisa -. <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>

satélite de visualização, atribuindo-se uma classificação genérica aos polígonos dos setores censitários

3.1.2 Termografia da superfície

As análises sem termografias de superfície foram validadas a partir de imagens do canal termal do satélite *Landsat 8* para o diagnóstico das ilhas de calor de superfície (ARNFIELD, 2003; CHEN; ZHAO; LI; YIN, 2006; WALKER; BEURS; HENEBRY, 2015; KIMUKU; NGIGI, 2017; WETHERLEY; McFADDEN; ROBERTS, 2018). Vale salientar que nessas análises, a necessidade de identificar a distribuição da precipitação no período do monitoramento climático de maneira a calibrar o comportamento a temperatura de superfície com os dinâmicas dos sistemas atmosféricos regionais (AMORIM, 2018).

As imagens do canal termal (banda 10, intervalo espectral 10,30 - 11,30 μm) têm resolução espacial de 100 metros, mas são disponibilizadas pelo Serviço de Pesquisa Geológica dos Estados Unidos (USGS) com resolução de 30 metros. Com QGIS 3.10 manuseamos as imagens disponíveis para o período da quadra chuvosa e período seco do Ceará. Em função da disponibilidade de imagens sem cobertura de nuvens para área estudada, foi selecionado uma imagem do dia 10/08/2020 que representasse o período mais próximo quadra chuvosa e do dia 15/10/2020 como representativo do período seco e de medição dos dados primários.

No tratamento do *raster*, utilizou-se de variáveis fixas e fórmulas que consistem em coeficientes de redimensionamento radiométrico fornecidos a partir do arquivo de metadados, pelos quais foram feitas as conversões de níveis de cinza em radiância medida em Celsius ($^{\circ}\text{C}$). Para o cálculo da radiância do topo da atmosfera são aplicados os metadados na Equação 1:

$$L\lambda = MLQ_{cal} + AL$$

Onde:

$L\lambda$ = radiância espectral do topo da atmosfera medida em Watts;

ML = Fator multiplicativo de redimensionamento de cada banda presente nos metadados (x é o número da banda).

AL= Fator adicional de redimensionamento de cada banda contido nos metadados (x é o número da banda).

Qcal = Valores de pixel quantificados e calibrados do produto padrão (DN).

Na sequência, a banda termal é convertida de radiância para temperatura Kelvin através dos seguintes parâmetros, conforme a Equação 2:

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

Onde:

T = Temperatura efetiva de brilho do topo da atmosfera (K).

L_λ = radiância espectral do topo da atmosfera medida em Watts.

K1 = constante de calibração 1 = 774, 89.

K2= constante de calibração 2= 1.321,08

Finalizou-se com a conversão da temperatura Kelvin para Celsius, a partir da subtração da imagem em relação ao valor de 273,15. A maioria dos estudos nesta perspectiva dedicou-se à obtenção dos valores absolutos da temperatura dos alvos pela conversão de níveis de cinza em radiância, relacionando os alvos mais aquecidos com as características da superfície urbana (densidade construtiva, cobertura vegetal, uso, ocupação da terra e funções urbanas).

Em termos analíticos, as cartas termais exibem as diferenças térmicas superficiais no momento da aquisição da imagem pelo satélite. O que significa que a informação remete as condições de TST às 10 horas da manhã do dia da cena. À vista disso, foi utilizado o parâmetro vegetação, como estratégia de comparar essas informações a nível de escala e técnica de SR.

A vegetação varia de acordo com a época do ano em razão da disponibilidade hídrica, condição especialmente representativa no entorno rural próximo. Por esse motivo, as cartas do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo -SAVI, elaboradas para o exame da distribuição da vegetação no período do estudo foram

apresentadas juntamente às termografias de superfície pelo entendimento de que esses produtos cartográficos são complementares.

3.1.3 Índice de vegetação

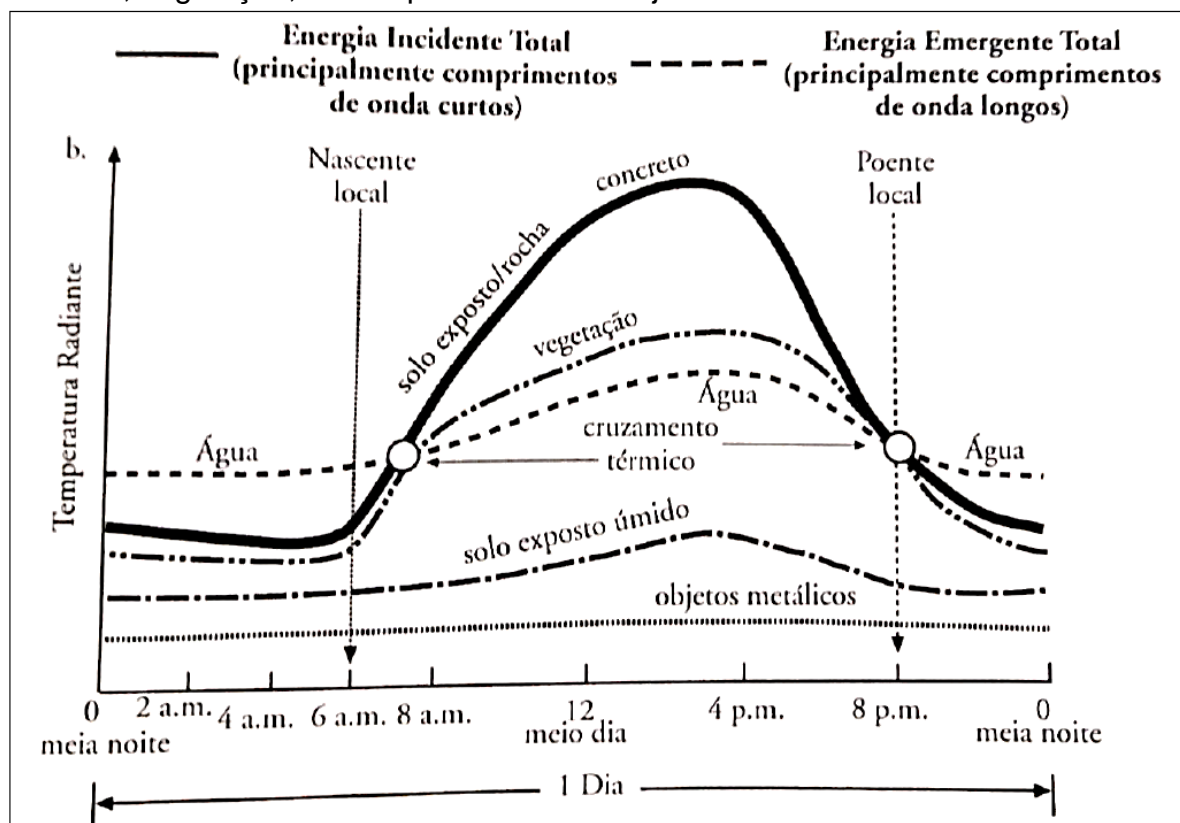
Entre as metodologias aplicadas aos estudos do clima urbano e que complementam a análise da temperatura da superfície está o mapeamento da cobertura vegetal. Este produto pode ser obtido a partir do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), definido como “medidas radiométricas adimensionais, as quais indicam a abundância relativa e a atividade de vegetação verde, incluindo índice de área foliar (IAF), porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde, e radiação fotossinteticamente ativa” (JENSEN, 2009, p. 384).

Os diferentes alvos na superfície terrestre, através da exposição a radiação solar apresentam um determinado comportamento espectral. Com ele é possível estimar a vegetação fotossinteticamente ativa, que varia conforme o tipo de cultura e o ciclo vegetativo das espécies vegetais. Os solos também apresentam características espectrais influenciadas pela disponibilidade hídrica que influenciam no albedo, por exemplo (NOVO, 2010). O NDVI, portanto, mede a exuberância da vegetação, sendo que quanto maior o índice (positivo), mais sadia é a vegetação, enquanto que menores valores (negativos) condizem com a menor densidade ou exuberância da cobertura vegetal.

Relacionando a TST com o NDVI, foi possível constatar que as superfícies vegetadas apresentaram menores temperaturas do que áreas construídas. Essa relação é explicada em virtude das propriedades térmicas dos materiais, pois a vegetação apresenta maior capacidade térmica, ou seja, uma alta “capacidade de um material para absorver energia calórica” (JENSEN, 2009, p. 262). Alguns materiais apresentam inércia térmica mais rápida a mudanças de temperatura enquanto que outros são mais lentos. A vegetação é uma dessas componentes da superfície terrestre que demandam mais energia para aquecer do que as superfícies urbanas, pois decompõe o calor sensível em calor latente através do mecanismo de evapotranspiração. Dessa forma, os alvos da superfície que correspondem a área vegetada apresentaram menor temperatura. Quanto mais abundante e profuso a vegetação, menor será a temperatura da área. Vegetações menos densas tendem a apresentar resposta térmica muito semelhante às das áreas construídas e de solo nu,

que possuem menor capacidade térmica e apresentam forte variação da temperatura em um período de 24 horas como verificado na Figura 5.

Figura 5 – Gráfico diário da temperatura radiante diária, de solo exposto e rocha, concreto, vegetação, solo exposto úmido e objetos metálicos.



Fonte: JENSEN (2009, p. 277).

Como a área de estudo está situada em ambiente de sertão semiárido, adaptamos o uso do NDV para o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI). Pois este índice leva em consideração os efeitos do solo exposto nas imagens analisadas, ajustando o NDVI, para situações em que a superfície não está completamente coberta pela vegetação. Este índice foi desenvolvido com a necessidade de melhorar os valores NDVI sem necessidade de ir a campo. De acordo com Guedes (2016) o SAVI adapta-se às condições de semiárido, através da regulação do solo exposto, assim seu uso é capaz de minimizar os efeitos do solo e permite observar condições próximas à realidade.

A elaboração da carta de SAVI foi com base nas imagens do satélite CBERS4, com cena extraída às 10:35 hrs no dia 29/09/2020.

3.1.4 Cartografia dos indicadores sociais

Para uma leitura das características sociais da cidade, recorreremos ao uso dos dados setores censitários retirados Censo de 2010 como possibilidade de verificar as diferenciações espaciais geradas pelo processo de urbanização.

Nesse sentido usamos informações de Renda, Educação e Acesso a Abastecimento de Água. As informações de renda foram tratadas conforme a renda média mensal por domicílio permanente. A partir dessa informação, definimos por setor censitário, o número de pessoas que ganham até meio salário mínimo e realizamos uma proporção com o total de pessoas assalariadas, definindo a proporção de renda baixa.

Para a interpretação da Educação, recorreremos as taxas de analfabetismo, com vista a definição dos bairros com maior proporção de pessoas sem instrução básica. E o acesso ao abastecimento de água, com vistas as capacidades adaptativas ao clima quente e seco.

3.2 Segunda Etapa: coleta de dados

Nesta etapa foram coletados todos os dados primários necessários para análise do clima urbano, das características urbanas e geológicas e das escalas de conforto térmico na área de estudo. A coleta de dados climáticos foi realizada em ambientes externos e internos. Nos ambientes externos foi utilizada a técnica dos transectos móveis, como possibilidade de avaliar o clima local em momentos representativos durante do dia. E os ambientes internos foram monitorados em residências representativas.

Foram adotadas as variáveis meteorológicas temperatura e umidade relativa, por serem as principais definidoras das condições de conforto térmico. Já as variáveis urbanas consideradas, foram: densidade de construções, densidade de vegetação, tipo de pavimentação, tamanho dos lotes, tipos de uso, e presença de recursos hídricos. Em relação às casas, analisou-se variáveis como: tipo de cobertura, orientação, tipo de revestimento, altura e entrada/saída de ar.

A temperatura do ar é uma variável de primeira ordem na compreensão da dinâmica climática urbana (MOURA, 2008). Por isso, tem recebido grande atenção nos trabalhos de natureza climática. Ela é a medida do calor sensível nele

armazenado, sendo comumente dada em graus Celsius ou Fahrenheit e medida por termômetros. Geralmente, trabalha-se com valores de temperatura do ar em tempo instantâneo, real, valores médios, máximos, mínimos ou ainda valores normais (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A partir da radiação solar, fase inicial de entrada de energia no Sistema Superfície-Atmosfera, a temperatura tem como fator condicionante a relação entre as taxas de aquecimento e resfriamento da superfície terrestre (GARTLAND, 2010).

A variação temporal e espacial da temperatura está em função de fatores como: o movimento diário e anual aparente do Sol, as variações interanuais de temperatura, as nuvens, a maritimidade/continentalidade e topografia (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007). Ayoade (2003) acrescenta a latitude, a natureza da superfície, a distância a partir dos corpos hídricos, o relevo, os ventos e as correntes oceânicas. A variação se dá ainda verticalmente, a partir de um gradiente vertical de $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ na Troposfera (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Já a umidade atmosférica é a quantidade de vapor d'água presente na atmosfera em um dado momento. Esse gás é originado naturalmente do processo de evaporação que atua sobre as superfícies líquidas, dos organismos vegetais e da evapotranspiração, desempenhando um papel relevante de regulador térmico no sistema superfície-atmosfera (CONTI, 2008).

Nesta etapa também consideramos as condições sinóticas dos dias dos experimentos foram analisadas a partir das imagens de satélites meteorológicos, disponibilizadas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, e das cartas de pressão ao nível do mar, disponibilizadas no site do Departamento da Marinha do Brasil, como forma de avaliar a evolução e repercussão dos sistemas atmosféricos atuantes na área de estudo.

3.2.1 Transectos móveis

Para alcançar os objetivos desta pesquisa, os transectos móveis foram realizados nos períodos manhã, tarde e noite (05:00, 15:00 e 20:00 hrs), com a utilização de um veículo percorrendo espaços intra e interurbanos, com uma duração de no máximo 50 minutos. Dessa forma, a atmosfera não passaria por bruscas alterações naturais.

O veículo foi preparado para transportar uma haste de 1,5 metros com o sensor encaixado na extremidade (Figura 6). A temperatura e umidade do ar foram registrados a cada 100 metros percorridos, obtidos com o auxílio do hodômetro do veículo objetivando a precisão das coordenadas geográficas e a sincronicidade com os registros nos mesmos pontos em todas as coletas. Os trajetos foram atravessados a uma velocidade variável entre 20 e 30 km/h. As medições ocorreram em dia não sequenciados, visando abranger várias dinâmicas urbanas e sob diferentes tipos de tempo. Esse tipo de tratamento representa a intensidade térmica associando-a com as feições encontradas ao longo do percurso, bem como a densidade construtiva do caminho.

Figura 6 – Veículo equipado com haste com o sensor na extremidade para realização do transecto móvel.



Fonte: Autor.

A realização desse procedimento segue protocolos estabelecidos na literatura internacional:

Trata-se de um monitoramento espacial cuja investigação refinada da temperatura e umidade do ar ocorre pelo uso de um sensor equipado em uma bicicleta ou carro que atravessam áreas de interesse para ver se há anomalia de umidade ou temperatura. A melhor hora para fazer o experimento é algumas horas após o pôr do sol ou antes do nascer do sol em noites com fluxo de ar relativamente calmo e céus sem nuvens, pois nessas condições se maximiza o potencial para a diferenciação climática local e microclimática (OKE, 1987, p. 4-6).

Todavia, em função da experiência contida na produção de Oliveira (2014) que caracterizou o clima urbano na sede de Caucaia, com dessa técnica, consideramos a medição do período da tarde, haja vista o momento em que as condições termo higrométricas apresentam seus valores extremos.

Com efeito, segundo Teixeira (2015) o procedimento do transecto móvel é vantajoso nos aspectos: 1) da investigação da distribuição da temperatura nas vias de fluxo livre, sem interferência direta das edificações; 2) na viabilidade econômica que possibilita o monitoramento contínuo e sistemático, se essa for a opção da pesquisa; 3) possibilita maior número de registros quantitativos (mais pontos registrados) e qualitativos (que se referem às diferentes feições percorridas). Todavia, a sua realização está condicionada a necessidade de estabilidade atmosférica para análise sem distorções.

3.2.2 Pontos fixos

A temperatura e a umidade do ar foram medidas por termôhigômetros digitais da marca *Impac* (Figura 7), instalados no interior das residências, precisamente na sala de estar. A escolha da sala de estar, como local para coleta de dados do ambiente interno, deu-se em virtude deste cômodo estar geralmente distante de fontes de calor geradas, por exemplo, por eletrodomésticos. Além de ser uma zona da residência em quem os habitantes realizam suas práticas de socialização. Devido ao número de termômetros (5 aparelhos), a análise foi feita em 5 residências representativas, de acordo com análise dos fatores

Figura 7 – Termômetros com Datalogger.



Fonte: Autor.

Os aparelhos foram programados para leituras horárias e permaneceram em cada ambiente por um período de 4 dias, como forma de obter uma melhor representação do comportamento termo higrométrico nesses ambientes. Os instrumentos foram calibrados anteriormente e os testes confirmaram a eficiência dos mesmos para o trabalho de campo.

3.3 Terceira Etapa: análise e representação dos dados

Esta fase correspondeu à análise e representação dos dados coletados, cuja apresentação se deu por meio de figuras, mapas, gráficos e tabelas.

O comportamento termo-higrométrico, bem como as condições geoecológicas e as variáveis urbanas foram representados em quadros com escala de cores a fim de possibilitar perceber as diferenças encontradas. O conforto térmico foi identificado a partir de índices como: Índice de Desconforto de Thom (1959)

4 A CIDADE CRATEÚS E AS CONDICIONANTES AMBIENTAIS E SOCIAIS

Neste capítulo, é apresentado as características geoecológicas, climáticas; bem como, o uso e ocupação da terra, considerando na análise o processo histórico de ocupação e de produção do espaço geográfico da cidade de Crateús. Para isso, buscou-se articular as informações disponíveis em diferentes bancos dados (FUNCEME, INMET, IBGE [Censo 2010]), como forma de dinamizar as informações de caráter social e ambiental.

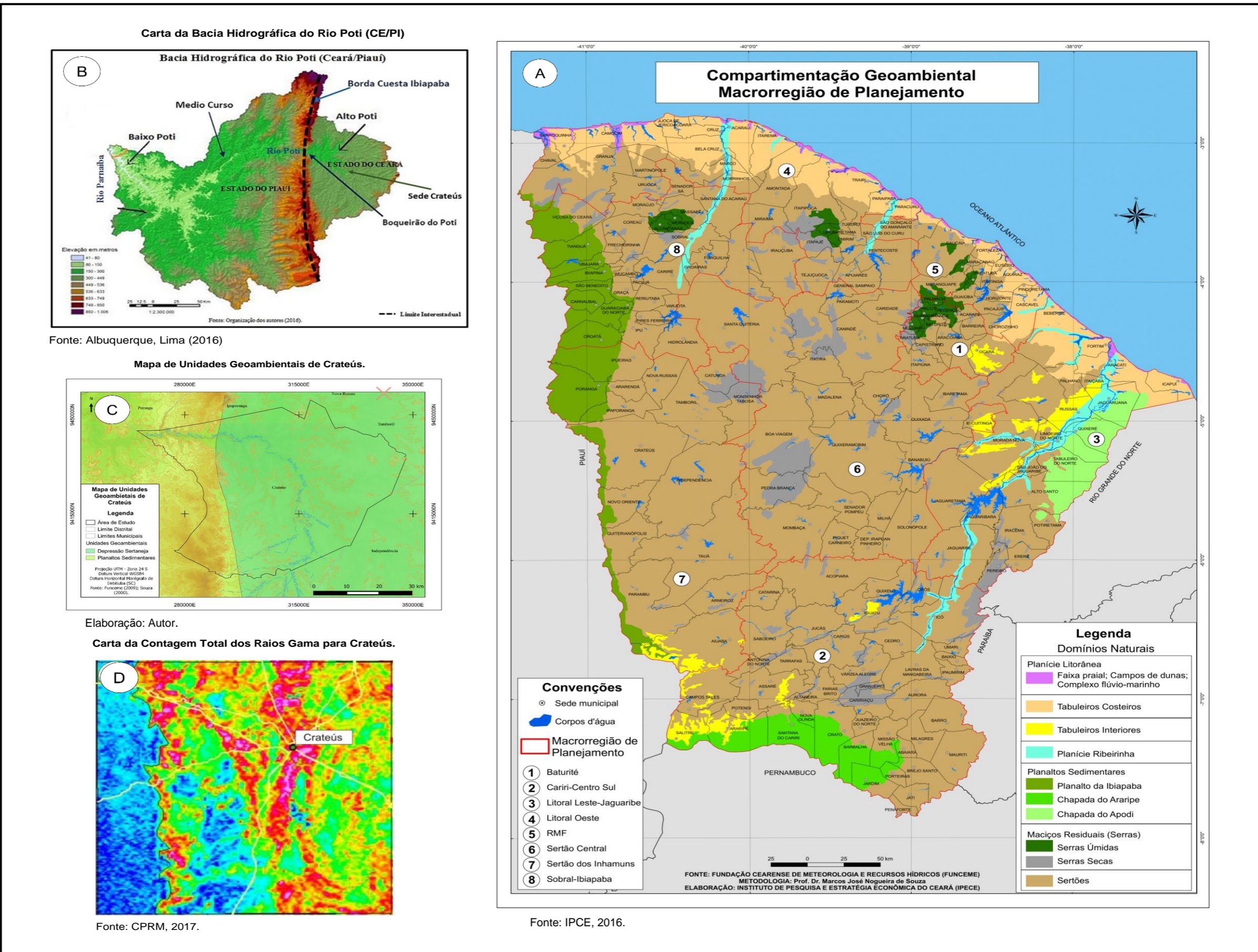
4.1 Caracterização geoecológica: a cartografia do sítio municipal

Nesse ponto, para compreensão das características ambientais, considera-se o diálogo entre as escalas geográficas regional e local. Sabendo que sobre os domínios da natureza, sua espacialidade se comporta de forma transacional, com alguns pontos de mudanças abruptas. Assim sendo, transitaremos na explicação geoecológica do sítio de Crateús, entre o município de a Região do Sertão de Crateús.

De acordo com o Quadro 2 (Ponto A), as condições geoecológicas do município de Crateús estão condicionadas a sua localização frente a dois domínios geológico-geomorfológicos: a Depressão Sertaneja (Embasamento Cristalino Pré-Cambriano) e o Planalto Sedimentar da Ibiapaba (Formação Serra Grande, período Siluro-Devoniano). Estas características foram determinantes para os padrões de ocupação e uso do território crateuense, implicando na relação com o processo de degradação dos recursos naturais (MELO, 2008).

O território apresenta um quadro geológico relativamente simples, observando-se um predomínio de rochas do embasamento cristalino de idade pré-cambriana, representadas por gnaisses, quartzitos e migmatitos diversos. Sobre esse substrato, localizam-se, no extremo oeste do município, arenitos de textura grossa, arcoseanos ou caulínicos, com intercalações de siltitos e folhelhos, de idade silurodevoniana (Formação Serra Grande). Ocorrem ainda, coberturas aluvionares, de idade quaternária, encontradas ao longo dos principais cursos d'água que drenam o município (CPRM, 2017)

Quadro 2 – Síntese dos condicionantes Geoambientais para Crateús-CE.

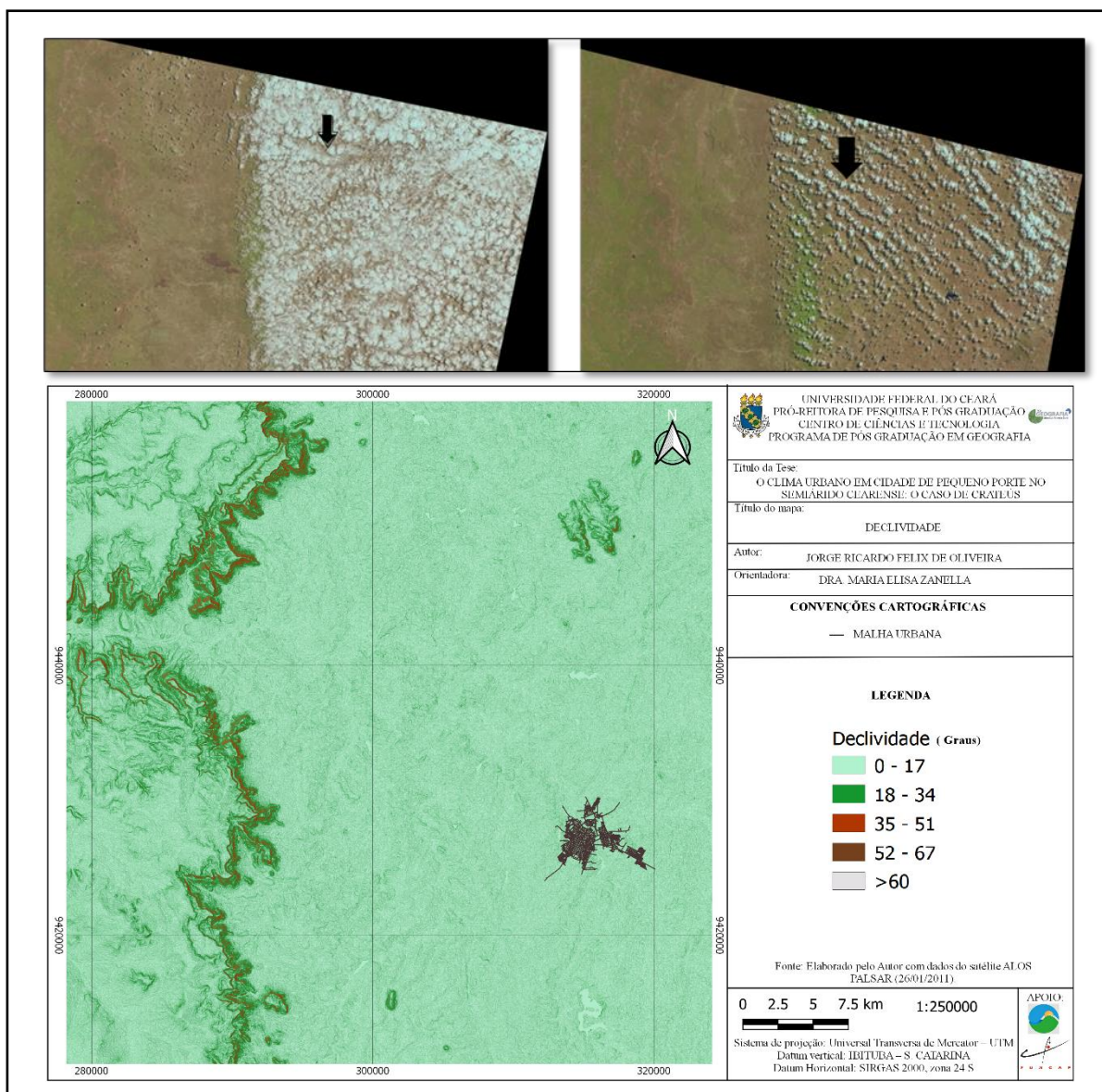


Elaboração: Autor.

No mapa da contagem total dos raios gama produzindo pelo Serviço Geológico do Brasil (Quadro 2 – Ponto D), é possível verificar o contraste das rochas sedimentares (em azul, baixa contagem radiométrica) com o embasamento cristalino (verde/vermelho, alta contagem). As “manchas” azuis na porção centro-sul e centro-oeste da Carta correspondem a depósitos sedimentares inconsolidados, gerados pelo desmonte erosivo da Serra Grande (recoo da escarpa). A sede urbana de Crateús apresenta as cores avermelhadas, o que indica que seu sítio está localizando no embasamento cristalino.

No âmbito da geomorfologia, a área insere-se na depressão periférica de Crateús, em rochas do embasamento cristalino, e na porção oeste, é marcada pelo relevo cuestiforme, (com altitudes próximas dos 700 metros), da Serra Grande (ou Serra de Ibiapaba) formada por rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba (Quadro x – Ponto B e C). Essa rugosidade gera um embaçamento das nuvens conforme a dinâmica climática, podendo ser evidenciado marcadamente no segundo semestre quando as nuvens de baixa altitude são predominantes (Figura 8).

Figura 8 – Registro da orografia do planalto da Ibiapaba próximo na região de Crateús.



Fonte: Imagens Landsat 8- USGS (Registros dos dias 24/09/2018 e 23/08/2018)

A região é drenada pela bacia do rio Poti, que abrange a área dos distritos Sede, Poti e Ibiapaba. O rio Poti drena a cidade de Crateús e corre na direção da cuesta de Ibiapaba, onde promoveu abertura de ampla garganta (Canyon de Crateús), com desnível de 300 m em rochas sedimentares do Grupo Serra Grande (Bacia do Parnaíba) (CPRM, 2017). De modo geral, a Bacia do Rio Poti (Quadro 2 – Ponto B) apresenta duas sessões distintas. A montante, na zona cristalina, a bacia apresenta um regime de intermitência com drenagem do tipo densa. Evidencia-se também grandes cheias pontuais no período chuvoso. A jusante, na zona sedimentar, a bacia se torna perene e menos densa.

Os solos predominantes são os Planossolos, latossolos e argissolos, propiciando o desenvolvimento da caatinga arbórea (floresta caducifólia /espinhosa), caatinga arbustiva aberta, mata seca (floresta subcaducifólia tropical pluvial) e a vegetação de carrasco, xerófita arbustiva densa de caules finos (IPECE, 2017). Destaca-se para a zona do cristalino a presença de neossolos litólicos e com combinação com zonas de acumulação próximos aos afluentes do Rio Poti.

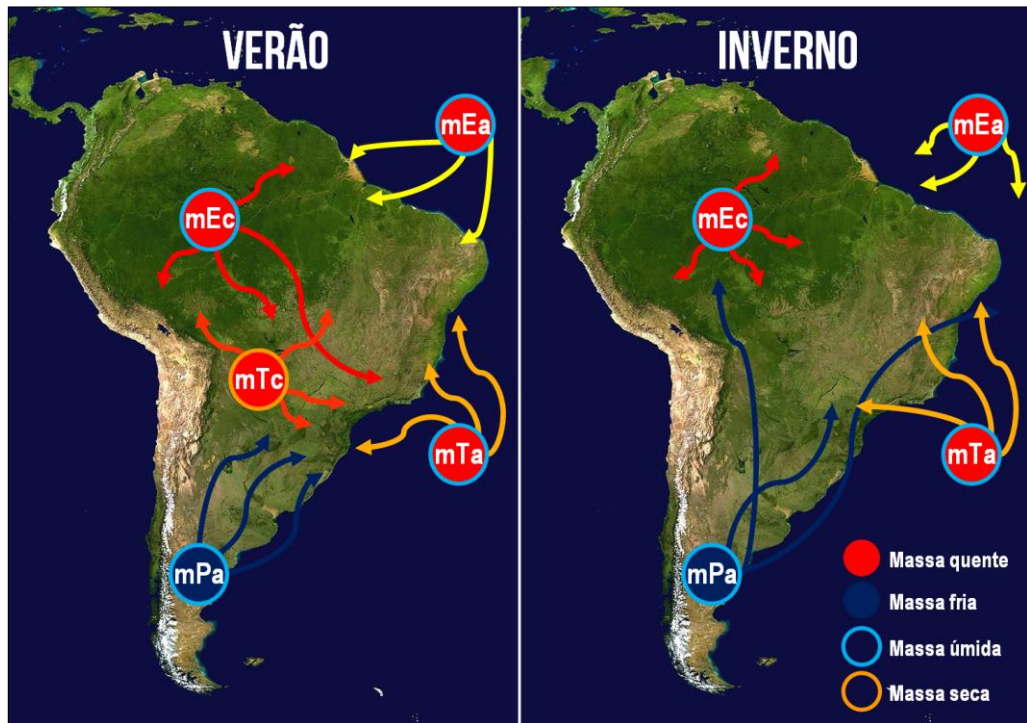
Destaca-se previamente o comportamento climático no contexto do meio físico, sobretudo em relação ao tipo de intemperismo predominante, às morfologias derivadas em boa parte desse predomínio e da intensidade intempérica. Com efeito, o clima está diretamente relacionando na formação dos solos, no condicionamento direto e indireto dos recursos hídricos, sem falar no desenvolvimento dos diversos tipos de cobertura vegetal.

4.2 Caracterização climática da cidade na perspectiva regional

No Estado do Ceará, o município de Crateús está inserido no domínio morfoclimático das caatingas semiáridas (AB'SABER, 2003), constituindo-se no chamado polígono das secas do Nordeste. Desta forma, o ambiente é marcado pelas irregularidades pluviométricas provocadas pelos efeitos da semiaridez (menos de 800 mm anuais), que se traduzem nas deficiências hídricas pronunciadas que ocorrem durante maior parte do ano. (CEARÁ, 2010).

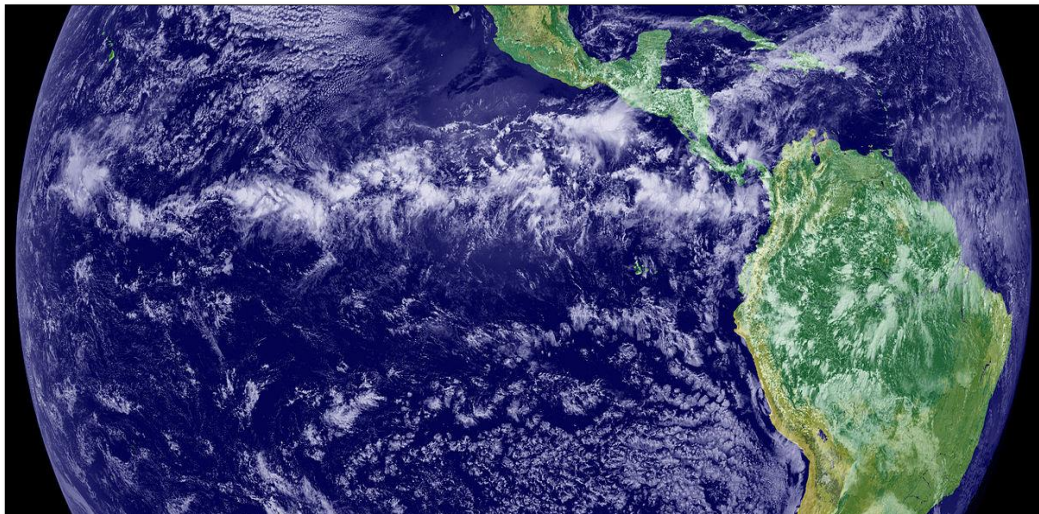
Em termos sinóticos, a região de Crateús se localiza na zona influenciada por sistemas atmosféricos tropicais, sendo controlado, principalmente, pelas massas de ar equatorial atlântica (mEa), com destaque para a importância da Zona de Convergência Intertropical, principal sistema causador de chuva no Ceará. Como pode ser observado nas Figuras 9 e 10.

Figura 9 – Massas de ar atuantes na América do Sul em estações do ano contrastantes.



Fonte: Blog Geografia Opinativa. Disponível em: <https://www.geografiaopinativa.com.br/2016/03/massas-de-ar-que-atuam-no-brasi.html>. acessado em 15/08/2018

Figura 10 – Atuação da Zona de Convergência Intertropical sob a zona equatorial



Fonte: NASA. Disponível em: <http://visibleearth.nasa.gov/viewrec.php?id=64>, 2000. Acessado em: 10/08/2018.

O principal sistema que atua na quadra chuvosa cearense é a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT. Ela representa uma banda de nuvens formada pela convergência dos ventos alísios do hemisfério Norte e Sul, próxima à superfície (Figura 10). O choque dos alísios faz com que o ar quente e úmido ascenda,

carregando umidade do oceano para os altos níveis da atmosfera, provocando a formação de intensas nuvens. O grande “cordão” de nuvens formado pela confluência dos alísios desloca-se em função da temperatura, migrando sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 14°N em agosto-outubro para posições mais ao sul, aproximadamente 2° a 4°S entre fevereiro e abril. (FERREIRA e MELLO, 2005. p.19)

Soares (2015) aponta através de um mapeamento minucioso sobre diferentes zonas do Ceará, que a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) representa o principal sistema sinóptico responsável pelas condições climáticas, em particular pelo estabelecimento da estação chuvosa

Vale ressaltar, segundo Ferreira, Mello (2005), atuação do El Niño e La Niña, que provocam alterações na circulação atmosférica em baixos e altos níveis que modificam os padrões de transporte de umidade e influenciam a distribuição das chuvas. Por estar localizado no nordeste setentrional, a região em análise, em anos de El Niño, pode apresentar o fenômeno de dissipação de nuvens causadoras de chuva, gerando a diminuição das precipitações anuais. Já os efeitos do La Niña possuem a tendência de aumento da precipitação nesses episódios.

Basicamente o município está condicionado pelo clima semiárido, com índices pluviométricos entre 500 e 800 mm, concentrando suas chuvas no período de três a quatro meses, existindo grande irregularidade tempo e espacial. Suas altas taxas de evaporação e evapotranspiração, propiciada pela quantidade de raios solares, influenciam diretamente no balanço hídrico municipal, dificultando o armazenamento hídrico nos reservatórios, por exemplo. E conseqüentemente, interferindo na dinâmica social do município (CEARÁ, 2010).

Sales (2020) em uma explanação sobre as condições geomorfológicas e ambientais do Ceará e do Nordeste, afirma que as condições semiáridas se processam desde do Cretáceo⁷ (mais 100 Ma) antes da separação no supercontinente pangea dos continentes Brasil-África. Contudo, alerta que houveram curtas oscilações para climas mais úmidos, sobretudo no Plio-pleistoceno (entre o Terciário e Quaternário).

⁷ A professora indica que essas afirmações são pautadas em evidências relacionadas a pequena espessura dos depósitos sedimentares cenozoicos, que mostra que a erosão e deposição foram reduzidas no período pós-cretáceo, denunciando a carência de água. (Palestra ao curso de Geografia – IFCE CRATEÚS)

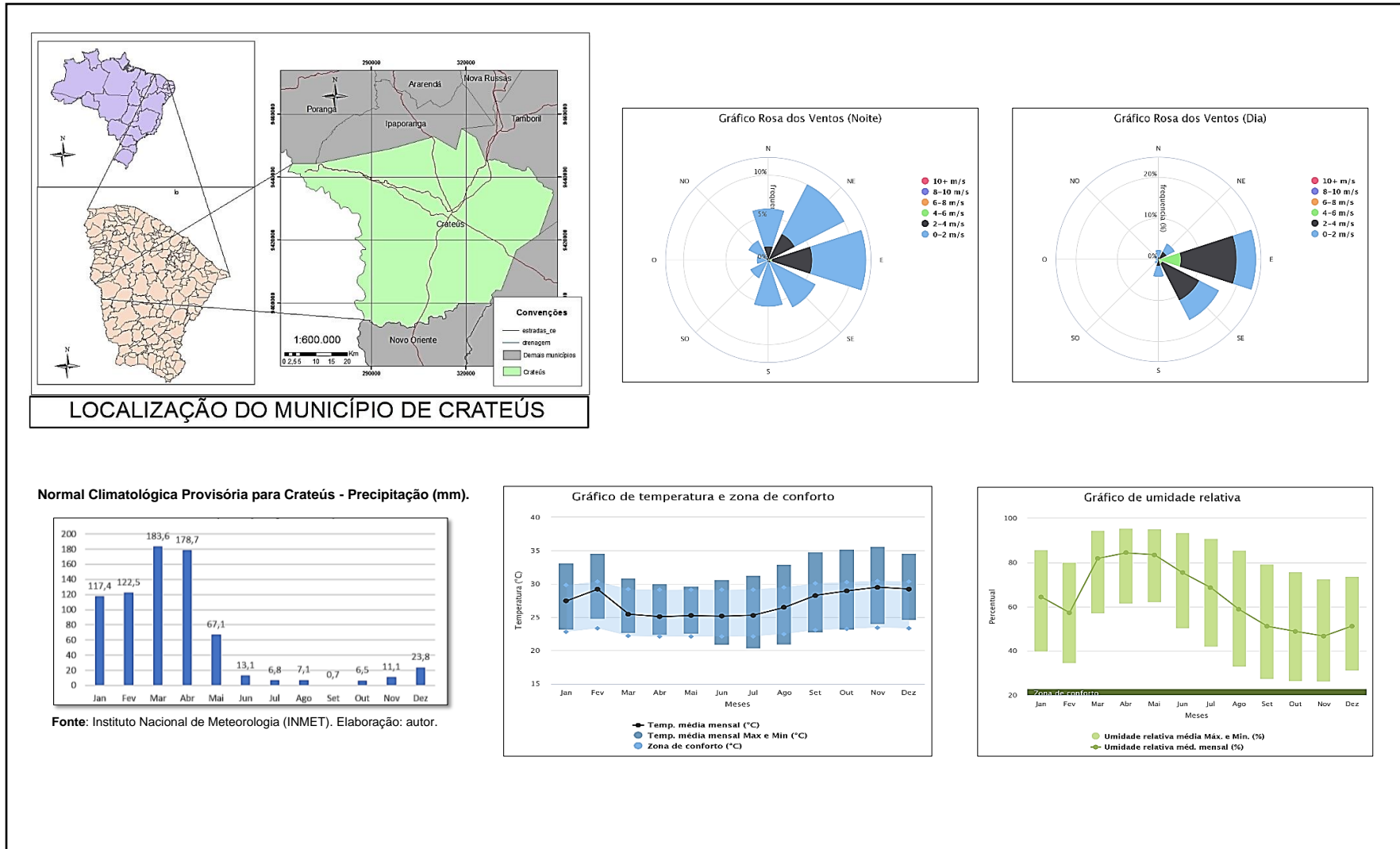
De acordo com os dados observados no posto pluviométrico de Crateús (Quadro 3), os valores de precipitação evidenciam o comportamento da dinâmica climática regional e mostram que aproximadamente 90% da precipitação anual, ocorre entre Janeiro e Maio, sendo os meses de Março e Abril os mais chuvosos, tendo em média 183,6 e 178,7 milímetros de precipitação, respectivamente. Os meses com maior número de dias com chuva são Março e Abril. No período de Julho a Novembro, são os meses mais secos, com ocorrência de apenas 10% da precipitação anual, sendo o mês de setembro o mais seco, com 0,7 milímetros de precipitação em média, sem dias de chuva.

Em termos termohigrométrico (Quadro 3) verifica-se no primeiro semestre do ano (Fevereiro à Junho) a fase com as menores temperaturas médias mensais referentes ao ano (25°C e 26°C) com destaque aos meses de Março e Abril que apresentam os menores valores de temperatura mínima (22°C). Esses meses também apresentam os maiores valores higrométricos, condicionado pela atuação dos principais sistemas atmosféricos atuantes na região. No trabalho de Soares (2015) pode-se evidenciar que para Crateús, a atuação dos sistemas atmosféricos em anos seco, habitual e chuvoso, ocorrem preferencialmente de janeiro a maio, sendo o resto dos meses com pouca atividade sinóptica, referente aos sistemas causadores de chuva.

Nos meses de Julho e Agosto, verifica-se a influência da fase de solstício de inverno, onde tem-se o registro do menor valor de temperatura mínima (20°C) do ano. Mesmo que com baixa atuação dos sistemas atmosféricos, sobretudo de origem da faixa leste do oceano pacífico, conhecidas como ondas de leste.

Para o segundo semestre, os meses de Setembro e Outubro, representam o período mais seco e quente do ano variando entre 28°C a 30°C bem como apresentando, em média, 40% de umidade relativa do ar. Enquanto Novembro e Dezembro, apresenta-se como fase de transição para o período chuvoso, ocorrendo um aumento nos valores de precipitação e umidade relativa. Em contra partida, os valores de temperaturas se mantem em condições elevadas, ocorrendo o registro dos maiores valores de temperatura máxima.

Quadro 3 – Caracterização dos elementos do clima.



Elaboração: Autor.

Os maiores valores de umidade são registrados nos meses entre março e julho, meses pertencentes a quadra chuvosa. Nota-se que a menor variação da umidade também ocorre nesse período. Assim, a maior variação da umidade ocorre nos meses mais secos, com destaque para os meses de outubro a dezembro, além de fevereiro, o que impacta diretamente na temperatura ambiente e nas sensações térmicas

As partículas de água dispersas no ar são capazes de absorver o calor proveniente dos radiação solar, resultando no aumento da temperatura. As áreas litorâneas apresentam uma menor variação de temperatura quando comparada com áreas do sertão, devido a umidade constante advinda do mar, cujo mantêm parte do calor retida nas partículas de água durante a noite. No sertão, devido à baixa umidade, o calor tende a se dissipar mais rapidamente durante a noite. De modo geral as amplitudes térmicas anuais não são tão elevadas, mas as amplitudes térmicas diárias e mensais são maiores e expressivas. Então, durante anualmente há sempre o predomínio das condições climáticas secas e quente.

4.3 Caracterização urbana: uso e ocupação do solo no sitio urbano

Nesta sessão nosso recorte de análise volta-se para a zona urbana. Para a construção da caraterização do uso e ocupação do solo, recorreremos a uma análise dos processos históricos que dinamizaram a formação da paisagem urbana. Em complementação, verificou-se dos dados sociais disponíveis pelo IBGE através do Censo de 2010. Para o universo da análise, os dados do senso colaboram identificar um cenário próximo a realidade. Contudo, esse cenário já recebeu diferentes novas dinâmicas frente a contexto econômico, político, social e ambiental ano de conclusão deste trabalho (2020).

4.3.1 Breve contextualização: a ocupação do sertão que virou cidade

O processo de ocupação do território crateuense tem origem com os índios. Eles foram os primeiros grupos étnicos a habitar essa região. Deixando como marca o nome Crateús. Basicamente existem várias versões de origem do topônimo, sobretudo de caráter indígena, já que foram os primeiros ocupantes dos sertões do Brasil. De acordo com o IBGE (2010) a versão em tupi indica a seguinte composição:

CARÁ (batata) e TEÚ (lagarto) - "batata de lagarto". E a versão tapuia de tardição provavelmente cariri, composta de KRA (seco) mais TÉ, formou KRATÉ ("coisa seca" ou "lugar seco") e YÚ (muito frequente) "lugar muito seco"; ou ainda - composta de KARETIÚS ou KARATIS (índios que habitavam a área) e US ("povo" ou "tribo"), que significa "índios da tribo KARATI".

O vale do rio poti abrigou os diferentes grupos indígenas e, a posteriori, os colonos, pois oferecia condições básicas para manutenção da vida, considerando que as condições semiáridas já se processavam na porção setentrional do nordeste brasileiro. Segundo Gerardinho (2011) o vale do rio poti é a coluna vertebral dos sertões de Crateús, já que durante as fases de ocupação do território o rio foi elemento fundamental na manutenção das práticas econômicas e sociais. Sobre isso ele afirma:

O poti se constitui a artéria propulsora deste imenso vale. É o pequeno Nilo da região. Sem ele, não haveria cidade de Crateús. Ele alimenta o povo e os rebanhos nos sertões. Ele é o rio que mata a sede da população e animas. (P. 53)

O início da ocupação oficial do território crateuense data do período histórico dos bandeirantes, onde existia a necessidade de ocupação do interior do Brasil Colônia, visto o tamanho e as disputas territoriais com outras nações. Os sertanistas, assim também conhecidos, foram os primeiros colonos a chegarem no sertão nordestino, gerando a principal matriz inicial de ocupação territorial.

A gênese da formação territorial deixa claro instalação de uma matriz política de construção socioespacial pautada no patriarcalismo e imposição dos costumes tradicionais, frente as os outros indivíduos sociais que compunham até então o território de Crateús, como os índios e posteriormente os negros afrodescendentes. Questão que implicará na produção do espaço geográfico crateuense do século XXI.

No século XVIII, com o processo econômico vindouro da carne seca charque, a vila piauiense de Piranhas, mais tarde, Crateús, destacou-se como entreposto comercial comunicando o Ceará e o Piauí, devido ao acidente geográfico (Cânions) entre a Serra Grande e a de Ibiapaba, facilitando o tráfego entre os dois estados. (GERARDINHO, 2011).

No início do século XX através da Lei Estadual n.º 1.046, de 14-08-1911, Crateús é elevada à categoria de cidade. Com a expansão da Estrada de Ferro de Sobral-Camocim para o Piauí, em 1911, as terras de Crateús foram cortadas pela

ferrovia e, em 1912, duas estações de trem foram construídas no município: Crateús e Sucesso.

Em meados do século XX, com o agravamento da pobreza em função dos processos políticos e alguns pequenos ciclos de secas que se instalaram sobre o sertão nordestino, com destaque para o Ceará. Em Crateús, o religioso Dom Frágoso, foi um grande representante do assistencialismo aos pobres e oprimidos. A igreja católica, enquanto representação social para o período, foi marcadamente responsável pelos processos sociais que se desmembraram de aspectos ambientais, como os longos períodos de estiagem (GERARDINHO, 2011).

A formação societária do município se consolidou pela dinâmica agropastoreira. As pequenas oligarquias locais se firmaram na produção pastoril, através da criação extensiva, voltada aos latifúndios. A produção de alimentos se consolidou no sopé da serra da Ibiapaba, em médias e pequenas propriedades, gerando produtos para o abastecimento do mercado interno. Por outro lado, os índios, e os poucos grupos negros formaram pequenos vilarejos, como a comunidade quilombola de queimadas, localizada próxima a serra da Ibiapaba.

Nesse sentido, a zona urbana de Crateús, que surgiu a margem esquerda do Rio Poti, como posição estratégica de sobrevivência em terras semiáridas, se consolidou como local de troca e venda de mercadorias, além de abrigar parte das famílias das oligarquias pastoreias, bem como os comerciantes e os trabalhadores que serviam sua mão de obra. A igreja católica também passou a sustentar processos de ocupação da zona urbana, com ações de acolhimento a população mais pobres.

O processo de urbanização de Crateús, assim como nas cidades do sertão nordestino, acelerou-se a partir do século XXI, em função da concentração fundiária no campo, do esgotamento das oportunidades de trabalho no centro-sul do país e da crise da sustentabilidade da agricultura familiar (GERARDINHO, 2011). A população sem-terra e sem trabalho passou a viver de pequenos serviços, empregos temporários e da agricultura em terras de terceiros, quando as chuvas permitem, orbitando em torno das cidades, estas por sua vez, possuir como força de atração as ofertas de escolaridade e atendimento à saúde.

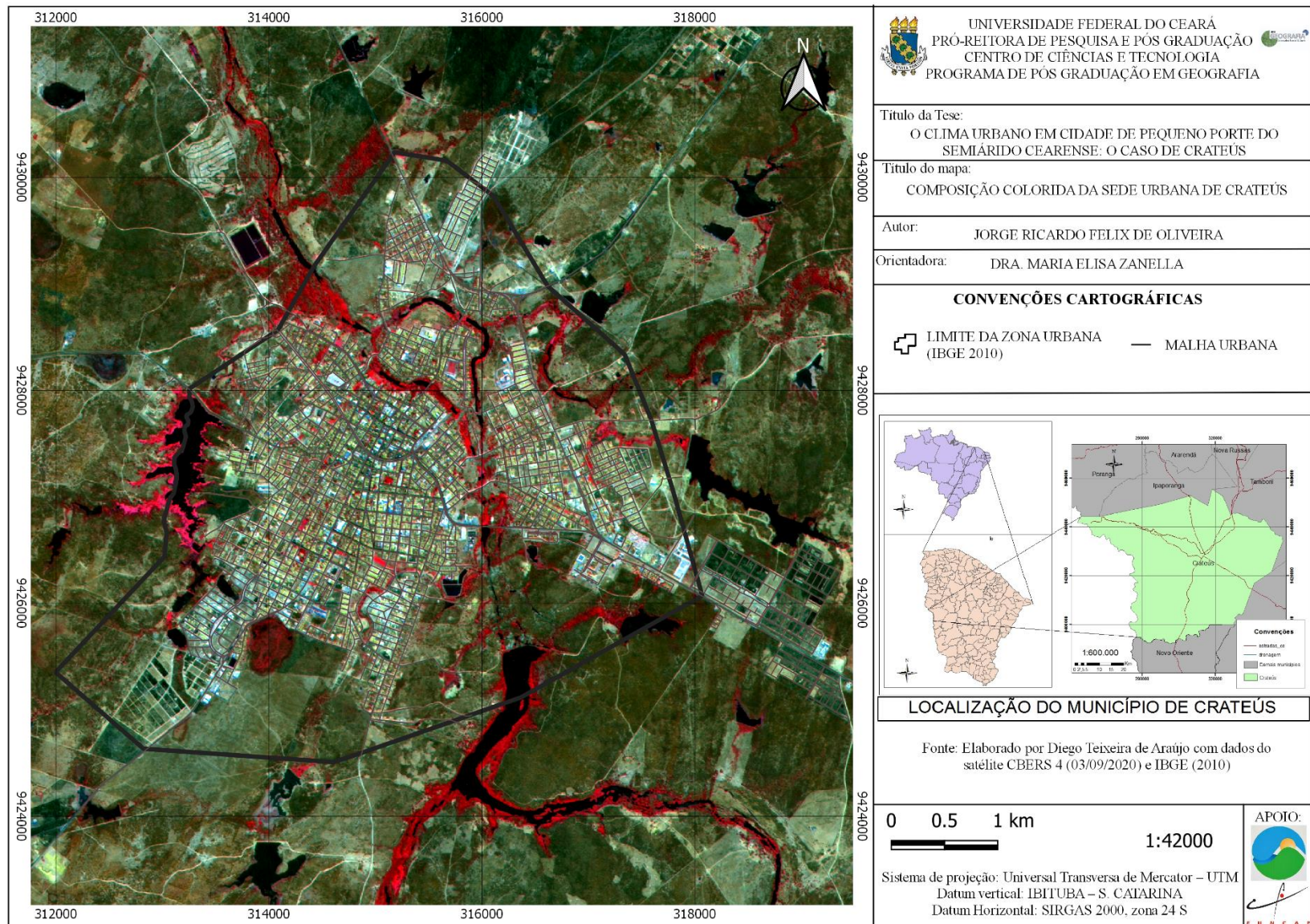
Atualmente, o município de Crateús está vinculado a microrregião do Sertão de Crateús. É a décima terceira cidade mais populosa do estado. O município apresenta para o ano de 2018 uma população estimada em 74.982 habitantes, dos

quais aproximadamente 54.000 nas áreas urbanas e 20.000 nas áreas rurais (IBGE, 2018).

Conforme SILVA (2019), ao avaliar o processo de urbanização vinculado a forças de atração econômica e social do município, a presença de equipamentos e o oferecimento de alguns serviços determinou a centralidade da microrregião. Dentre estes, a presença de fixos, como órgãos públicos (MPF), Instituições de Ensino Superior (UECE, IFCE e UFC), instituições bancárias, hospitais, clínicas e consultórios, além da diversidade de atividades comerciais e da presença de domínios de internet. Assim essa estrutura se tornou impulsionadora de fluxos que articulam assim a rede urbana de Crateús.

. Essa maior importância regional atraiu empreendimentos comerciais para a cidade, gerando mais oportunidades de emprego e, por conseguinte, maior fluxo de pessoas, que acabaram se instalando na zona urbana do município. Com isso, se processou o desencadeando de mais demandas por serviços públicos que, por sua vez, impulsionam a instalação de órgãos diversos na cidade, possibilitando a vinda de novos habitantes (SILVA, 2019). Todo esse processo se materializa no espaço a partir do crescimento da área urbana da cidade como pode ser visto na Figura 11 uma espacialização da cidade para setembro de 2020. Ressalta-se do ponto dos limites da cidade que os dados sociais para o Censo de 2010 delimita uma fronteira urbana, que não se aplica para 2020. Como forma de delimitar essa problemática usaremos esses limites como critério de análise.

Figura 11 – Mapa da cidade de Crateús -CE



Fonte: Autor

Para a compreensão mais detalhada das características sociais, no sentido do comportamento dos diferentes bairros, recorreremos a análise da espacialização dos dados dos setores censitários de 2010 elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Conforme visto na evolução da malha urbana anteriormente, alerta-se que as informações geradas são marcadamente de um período passado (2010). O que significa que essas informações precisam de atualizações para compreender os processos de 2020⁸.

4.3.2 Indicadores sociais da sede urbana de Crateús para compreensão entre bairros

A dinâmica do crescimento urbano/espacial da cidade de Crateús se intensificou com a partir dos da primeira década do século XXI. A chegada de serviços ligado a educação e comercio consolidou o município regionalmente, o que o colocou como polo da região dos sertões de Crateús, criada pela nova regionalização de planejamento estratégico do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará em 2015.

Destaca-se um adendo, em função disponibilidade dos dados socais para o período da investigação, trataremos da análise de informações criadas no ano de 2010. Nesse sentido, sabemos que para o presente, esses dados necessitam de uma recontagem, visto que no período de dez anos, a cidade já apresentou consideráveis transformações, sobretudo do ponto de vista da expansão dos espaços urbanos.

Contudo reforçamos a necessidade da análise das condições sociais da sede urbana, pautados em indicadores sociais, como forma de subsidiar uma análise do clima urbano pautado no desafio que a Geografia do Clima (Sant’anna Neto, 2013) nos incita, relacionando a condicionantes ambientais com as configurações sociais geradas pelo processo de produção do espaço urbano, intermediada pelas relações dos agentes sociais que materializam o espaço geográfico.

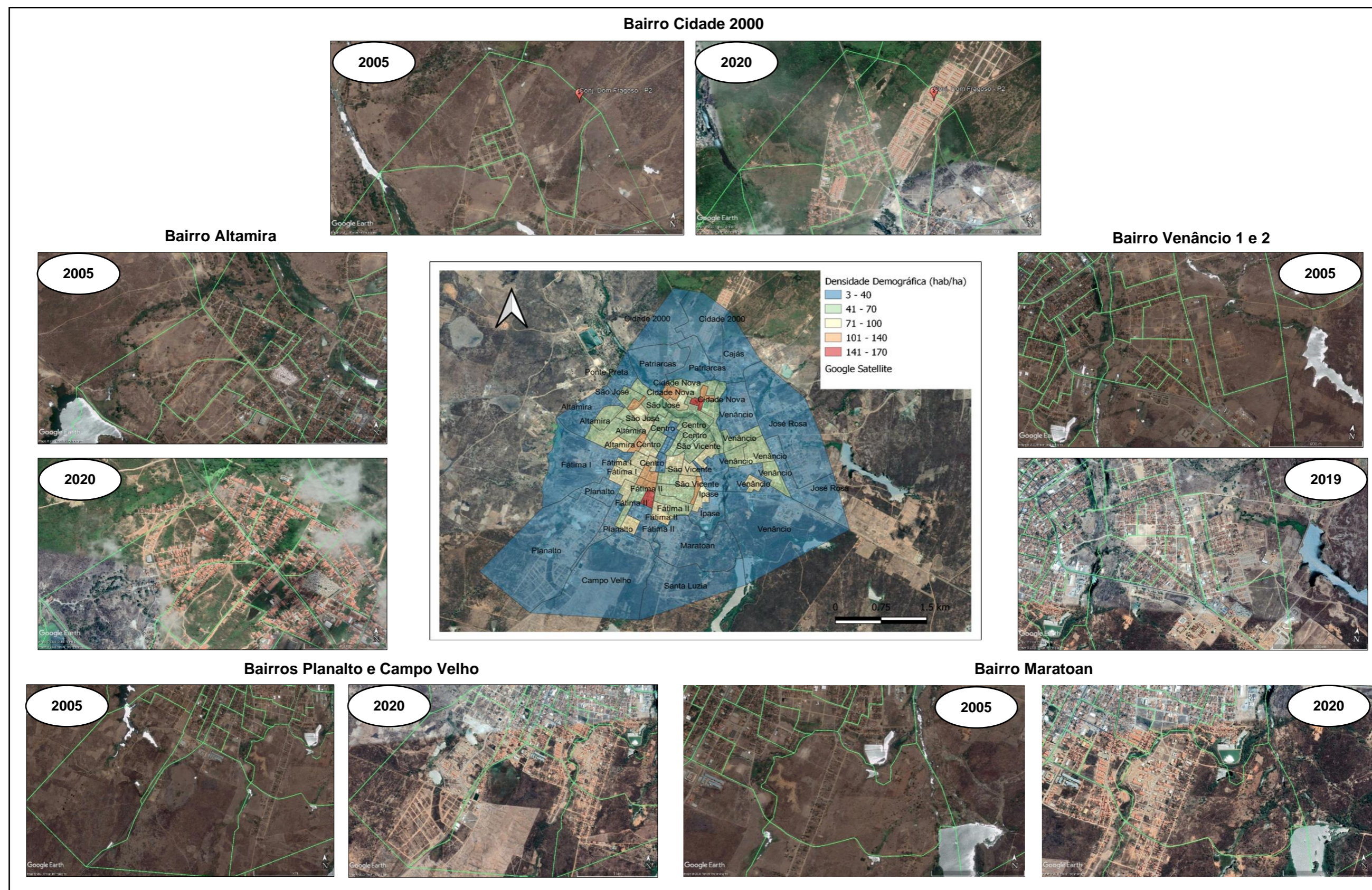
A Sede urbana de Crateús em 2010, conforme o Mapa de densidade demográfica (hab/ha) (Quadro 4 – Mapa 01) por setor censitário, nos indica que a cidade apresentava uma alta concentração de pessoas nos bairros historicamente mais consolidados, localizados no entorno do Centro da Cidade, a margem esquerda

⁸⁸ Contexto político e de saúde (COVID 19),

do Rio Poti. Mas também nos bairros Cidade Nova, também conhecido como Ilha. e no bairro Venâncio 1, ambos a margem direita.

O bairro do Centro, que no passado acolheu as principais moradias da cidade, apresenta no censo de 2010, uma baixa densidade demográfica, sobretudo nos setores do bairro ligado a zona comercial. Esta zona é historicamente destinada aos serviços bancários e comercial (Alimentos, roupas, eletrodomésticos, materiais de construção, peças automotivas etc).

Quadro 4 – Quadro com relação da densidade demográfica de 2005 e 2020



Elaboração: Autor

Os bairros próximos aos limites urbanos, apresentam uma menor concentração de pessoas, visto também que são setores espacialmente maiores o que faz com que o cálculo evidencie um menor número. Porém, ao verificar imagens de satélite de 2005 cedidos pelo domínio google, constatamos que bairros como Cidade 200, Cajá, Altamira, Patriarcas, Ponte Preta, Planalto, Campo Velhos, Maratoan, Santa Luiza, Ipase, Venâncio 2 e José Rosa.

No Quadro 4 pode-se evidenciar o crescimento urbano nas áreas periféricas ao centro histórico/comercial. O bairro Cidade 2000, em 2010, apresentava um loteamento matriz, oriundo das políticas de habitação dos anos 90. Em 2016, houve a instalação e construção do condomínio habitacional de interesse social, financiado pelo programa minha casa minha vida. O modelo construtivo do condomínio, foi importado de um modelo empregado no Sul do país. Onde há, por exemplo, a instalação de aquecedores de água para o banho.

O bairro Altamira, foi criado inicialmente pelos esforços de Dom fragozo para atender a população que se alojava em função dos ciclos de seca no sertão nos ans 70 e 80. O bairro também passou a abrigar nos anos 200 um aldeamento indígena, fruto do processo de assentamento das comunidades indígenas em Crateús.

Na zona Sul da cidade, na porção mais elevada, os bairros do Planalto e Campos Velhos receberam uma nova dinâmica urbana, sobretudo relaciona a moradia. Enquanto que no bairro Planalto o processo de expansão da cidade gera um desmembramento de um novo bairro chamado morada dos Ventos II, com loteamentos destinados a construção de casas de alto e médio padrão. No bairro Campo Velho se destacou por abrigar um aldeamento indígena, com sua escola de ensino contextualizado,

O bairro Maratoan, ocupado inicialmente por indígenas e flagelados da seca, recebeu o mesmo processo do bairro planalto. Houve a adaptação do bairro para o recebimento de loteamentos de alto padrão, sendo gerado o bairro Morada dos Ventos 1. Neste bairro, pode-se constatar um movimento da população primária para as margens do Rio Poti., enquanto no setor central do bairro, houve a instalação de uma nova classe social.

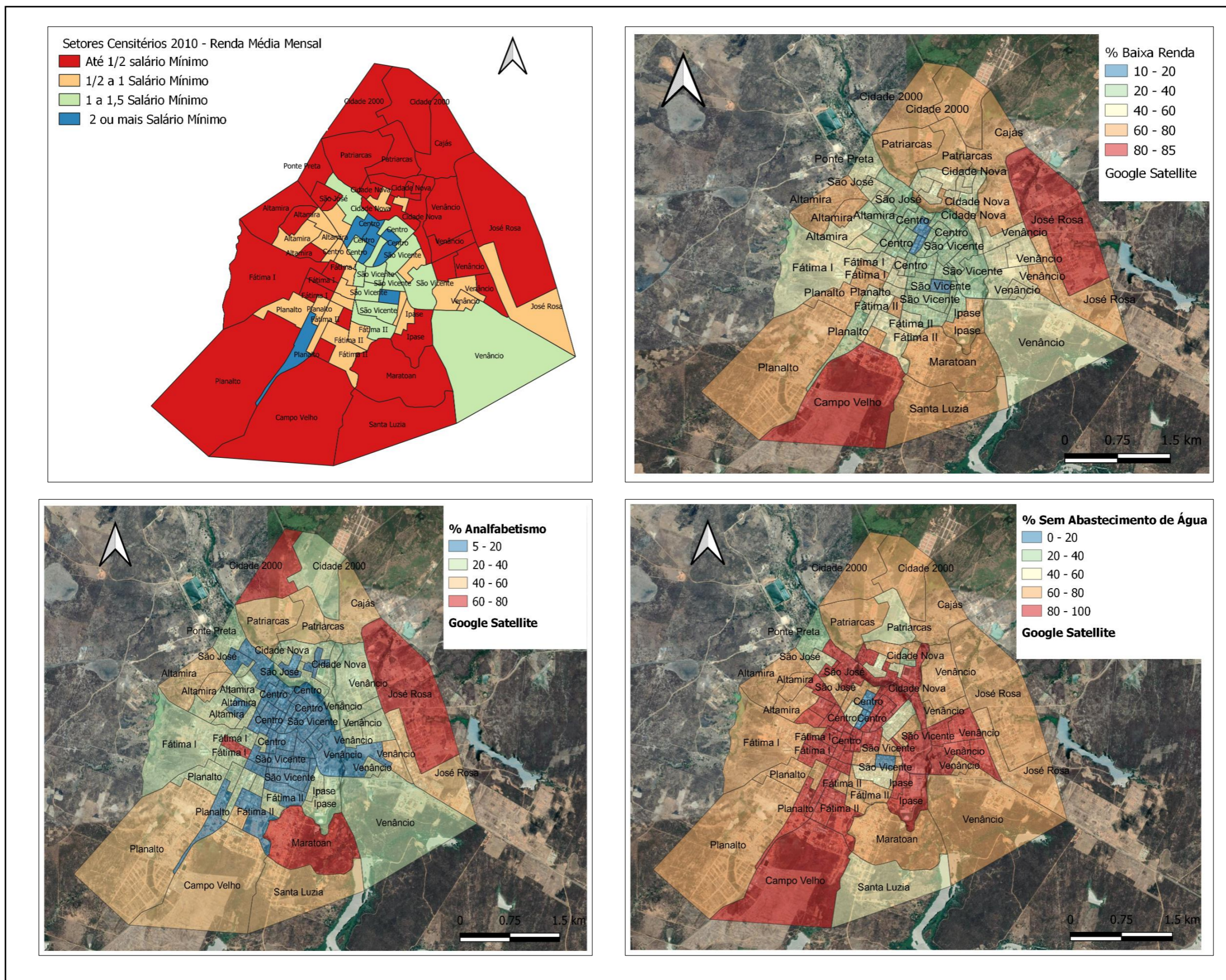
Já o bairro dos Venâncio, teve inicialmente sua ocupação através de políticas de habitação dos. Nos últimos anos tem sido um dos espaços de expansão da cidade, sobretudo na porção leste da cidade.

Ao considerar os dados de indicadores de renda, alfabetização e acesso ao abastecimento de água (Quadro 5) denota-se uma diversidade espacial no que tange as características sociais. Inicialmente, através da análise da renda média mensal da população, constata-se que o bairro Centro abriga a população com mais poder aquisitivo, sobretudo de origem das famílias oligárquicas tradicionais. Em um processo semelhantes, os bairros São Vicente e Planalto também apresenta a população de maior concentração de renda.

Segundo o IBGE (2010) para Crateús, os domicílios com rendimentos mensais de até meio salário mínimo por pessoa, tinha 50.3% da população nessas condições, o que o colocava na posição 141^a de 184 dentre as cidades do estado e na posição 1343 de 5570 dentre as cidades do Brasil. Nesse sentido, ao analisar a porcentagem de pessoas por setor censitário que ganham até meio salário mínimo, considerado como baixa renda, os bairros José Rosa e Campo Velho se destacaram por apresenta as maiores taxas. Os bairros Cidade 2000, Patriarcas, Altamira, Planalto, Maratoan, Santa Luiza, Ipase e Venâncio se destacam em um segundo nível, contendo entre 60 e 80% de pessoas que ganham até meio salário mínimo.

O indicador de educação para presente análise foi a taxa de analfabetismo. Através da espacialização do dado do total de pessoas em estado de analfabetismo por setor censitários, constatamos que os bairros mais antigos/tradicional da cidade, apresentaram as menores taxas. O destaque foi para os bairros Maratoan, Cidade 2000, José Rosa e um setor do Fatima I. Esses bairros, no ano de 2010, apresentava-se com mais maiores taxas de analfabetismo. Esse indicador nos ajudar a compreender quais os bairros a população com baixa escolaridade, o que implica uma certa limitação nos processos adaptativos no que diz respeito a educação ambiental.

Quadro 5 – Quadro com espacialização dos indicadores sociais.



Elaboração: Autor

O terceiro indicador, está relacionado ao acesso a serviços básicos. O abastecimento de água em uma cidade pequena no sertão semiárido é um ponto problemático. De acordo com o cruzamento dos dados de Domicílios particulares permanentes com os de Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral, extraímos a taxa de domicílios particulares permanente sem abastecimento de água. Este indicador revela que no período, boa parte da cidade apresentava uma baixa rede de distribuição de abastecimento de água. A porção tradicional dos bairros Centro e São Vicente apresentaram as menores taxa, o que significa que são os bairros com maior acesso ao abastecimento de água.

Um detalhe sobre o abastecimento de água, é que em função da altimetria da cidade e a limitação tecnológica, os bairros mais altos, em momentos de escassez de água, apresentam problemas no recebimento de água durante a semana ou em função da alta demanda nesses períodos. Assim pode-se perceber que a espacialização desse indicador aponta que os bairros mais altos, há uma tendência em apresenta um aumento das taxas de domicílios sem abastecimento de água,

Nota-se também que nos bairros próximos as margens do Rio Poti também apresentam altas taxas de falta de abastecimento. Essa questão implica diretamente na forma de esgotamento sanitário. Segundo o Censo de 2010 Crateús apresentava 47.9% de domicílios com esgotamento sanitário adequado; e 3.2% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio).

4.3.3 Cartografia de uso e ocupação do solo

Nesta fase de elaboração da diferenciação dos ambientes intraurbanos, considerou a densidade construtiva e a predominância de cobertura vegetal (arbórea ou rasteira) empregando dois tipos de classificação da superfície. A primeira classificação esteve direcionada a técnica de Classificação Supervisionada usando a imagem do satélite CBERS4, com resolução de 10 m. Essa técnica garantiu a análise genérica da composição da superfície frente a substituição da vegetação por material construtivo. Contudo, destaca-se que essa técnica apresenta limitações, tendo em vista as generalizações de algumas superfícies Como por exemplo, a dificuldade de distinguir o solo exposto com telhados das casas que apresentam a mesma resposta de interação espectral, reproduzindo comprimentos de ondas semelhantes.

As classes de superfície identificadas pelo tratamento digital de imagem em sensoriamento remoto foram definidas conforme averiguação em campo, sendo elas:

- Áreas de superfícies aquáticas: refere-se aos locais que apresentam água uma baixa eutrofização da água.

- Áreas de vegetação de médio a grande porte: trata-se preferencialmente das áreas de planícies de inundação do Rio Poti e de seus afluentes. Os quintais de algumas residências e alguns lotes vazios complementam essa classe. Pode-se verificar que a resposta espectral de locais com água em estado de eutrofização, com a presença de uma vegetação aquática consolidada também coincidiu com esse tipo de classe.

- Áreas de vegetação rala ou de pequeno porte: refere-se as áreas preferencialmente ao entorno da cidade, caracterizado pela presença de uma vegetação de caatinga em um estágio de caducifólia, pelo contexto climático que a imagem foi retirada (setembro de 2020). Representa a característica básica do padrão vegetacional do sertão crateuense.

- Área Construída: refere-se a área urbana de modo geral, com a presença dos materiais construtivos sobretudo relacionados as vias e os telhados dos imóveis.

- Áreas de solo exposto: trata-se das áreas periurbanas que apresentam exposição do solo, em função das características geológicas que condicionam os solos no período seco, assim como em locais de loteamento e áreas uso agrícola sazonal.

Para identificar mais detalhes da área, usamos uma segunda classificação, de caráter manual e subjetiva. Com base nas imagens de satélite e o recorte dos polígonos dos setores censitários na malha urbana da cidade, gerando uma de visualização híbrida⁹ (ORTIZ-PORANGABA, 2015). Nesta classificação além de caracterizar a área urbana, avaliamos a área rural limítrofe classificando-a de acordo com a densidade de cobertura vegetal rasteira, arbustiva e arbórea, pois considera-se que no caso da cidade de pequeno porte o rural próximo é importante para a formação do clima urbano (MENDONÇA, 2003).

⁹ Entende-se que para a finalidade da pesquisa, o tipo de classificação manual e subjetiva garantiu um melhor refinamento para o mapeamento, evitando-se assim as generalizações que são pertinentes às classificações automáticas.

As classes de uso e ocupação do solo, elaboradas para a síntese das feições da superfície urbana, foram:

- Área de predomínio de vegetação arbórea: nesta classe considera-se a arborização urbana ou rural de maior porte.

- Área de predomínio de vegetação rasteira: refere-se à vegetação rasteira presente na malha urbana como nos canteiros centrais, áreas públicas e na área rural caracteriza pela exposição do solo, característicos no sertão de embasamento cristalino.

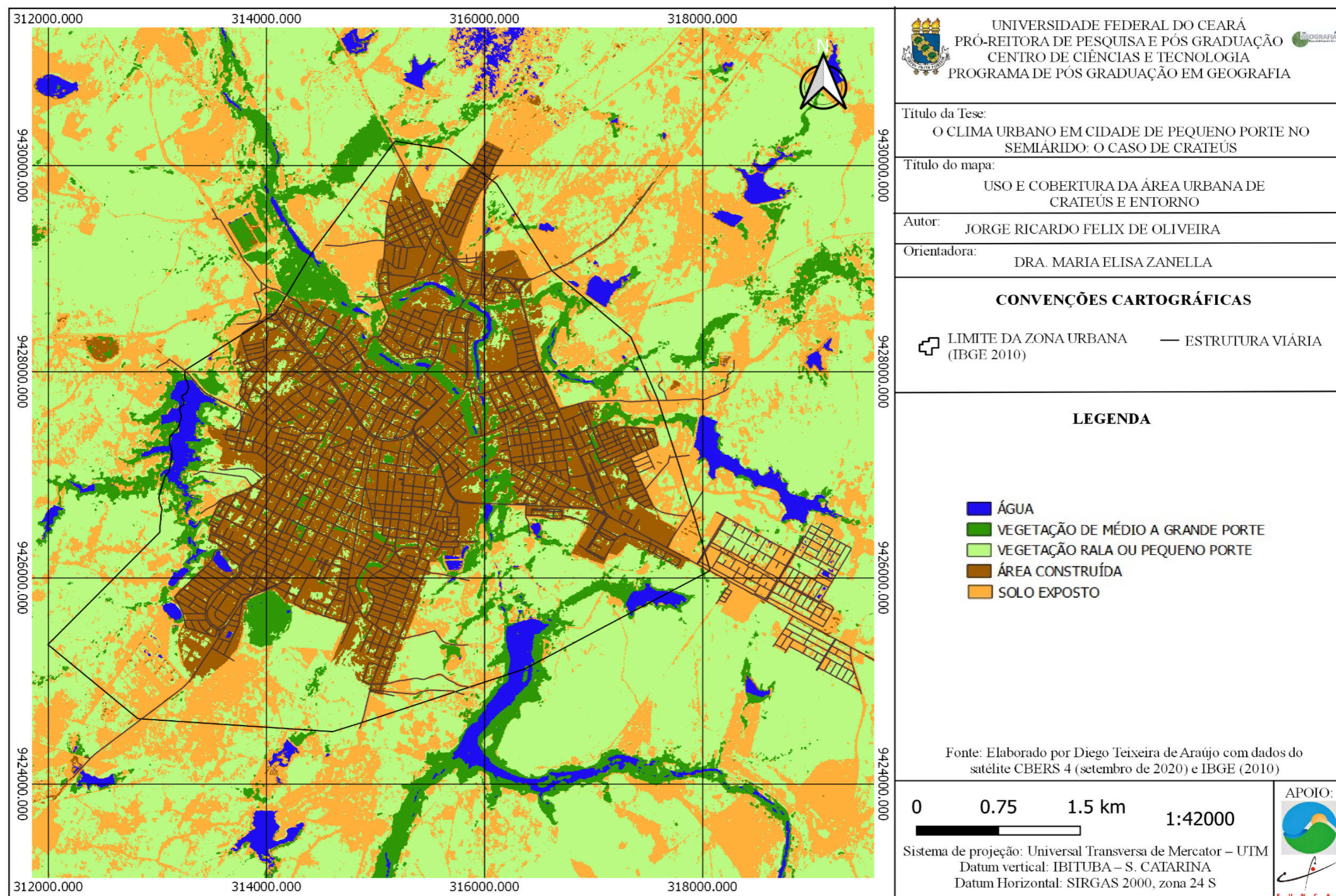
- Expansão urbana: consistem nas áreas em fase de urbanização como os novos loteamentos das periferias urbanas.

- Área densamente construída com vegetação esparsa e terrenos menores: nesta classe foram identificados os setores de grande densidade construtiva nos terrenos menores e com arborização esparsa no interior do lote ou nas calçadas. Esta classe pode ser visualizada tanto nas áreas centrais como periféricas, mas geralmente esteve associada aos grandes conjuntos habitacionais estabelecidos nas periferias urbanas.

- Área densamente construída, vegetação arbórea e terrenos maiores: esta categoria reuniu as áreas com terrenos maiores, dotados de vegetação arbórea que foram identificados nas áreas de ocupação mais recente da cidade, mais afastadas do centro comercial.

A primeiro mapa, fruto da classificação supervisionada (Figura 12), revelou que uma grande parte da área construída está localizada no setor a margem esquerda do Rio Poti, avançando sobre o vale no sentido da zona sul da cidade. No entorno deste setor, encontra-se áreas de acúmulo de água, gerado pelos barramentos dos afluentes do rio Poti que destinam água para o abastecimento local.

Figura 12 – Mapa de Cobertura do Solo da Sede Urbana de Crateús.



Fonte: Autor

No setor da margem esquerda, percebe-se uma menor concentração de área construída, evidenciando que esse setor tem aumentado em tamanho mais tardiamente. É um setor que apresenta uma maior relação com as áreas verdes em virtude a formação da formação de ilha. Daí o bairro Cidade Nova, ser chamado popularmente de Bairro Ilha. Neste setor encontra-se também os bairros com maior capacidade de expansão (Cidade 2000 – Don Fragoso, Venâncio e José Rosa)

As áreas verdes, com presença preferencialmente de vegetação arbustiva e arbóreas estão localizadas nas planícies de inundação do Rio Poti, o que traduz em locais de relevância ambiental do ponto de vista das áreas de manutenção da qualidade de vida da fauna e flora do local. São locais que abrigam diferentes tipos de animais como répteis (jacarés e cagados), aves (garças, gaviões e corujas), mamíferos (raposas, gatos selvagens,), assim como diferentes espécies vegetacionais (nativas: jurema e mutamba; e exóticas: algaroba e viuvinha)

Destaca-se também que nas áreas de influência do Rio Poti, também apresentam locais de solo exposto e vegetação rala. Haja visto os períodos de intermitência do rio, existe um a cultura de práticas de queimadas de resíduos sólidos nesses locais, referindo a lógica do que Almeida (2010) evidencia para os rios urbanos na cidade de fortaleza, ressaltando que no início da ocupação da cidade, o rio foi essencial na manutenção da vida. Todavia, com processo de crescimento populacional, esses locais acabam abrigando as populações mais vulneráveis socialmente, gerando uso distintos desses espaços, acarretando impactos ambientais marcantes na paisagem.

Os locais de solo exposto estão localizados nas adjacências da zona urbana em bairros de expansão com o estabelecimento de loteamentos pelo setor imobiliário da cidade. Esses locais também coincidem com áreas em quem o material geológico encontra-se exposto, bem caraterístico das zonas de depressão sertaneja. A classe de vegetação rala e de pequeno porte complementa essas tendencias, evidenciando as margens de locais de solo exposto, as classes de vegetação rala.

No segundo mapa, maior parte da cidade, está preferencialmente caracterizada pela classe denominada Área densamente construída, vegetação esparsa e terrenos menores com maior concentração nas porções da malha urbana, conforme ilustrado no mapa de uso e ocupação elaborada pela matriz hibrida (Figura 13). Os tipos construtivos nesta classe são bastante variados, podendo se referir aos conjuntos habitacionais até residências maiores que alternam coberturas cerâmicas

(vermelha). Especialmente nos conjuntos habitacionais os lotes são ainda mais reduzidos colocando as edificações em justaposição.

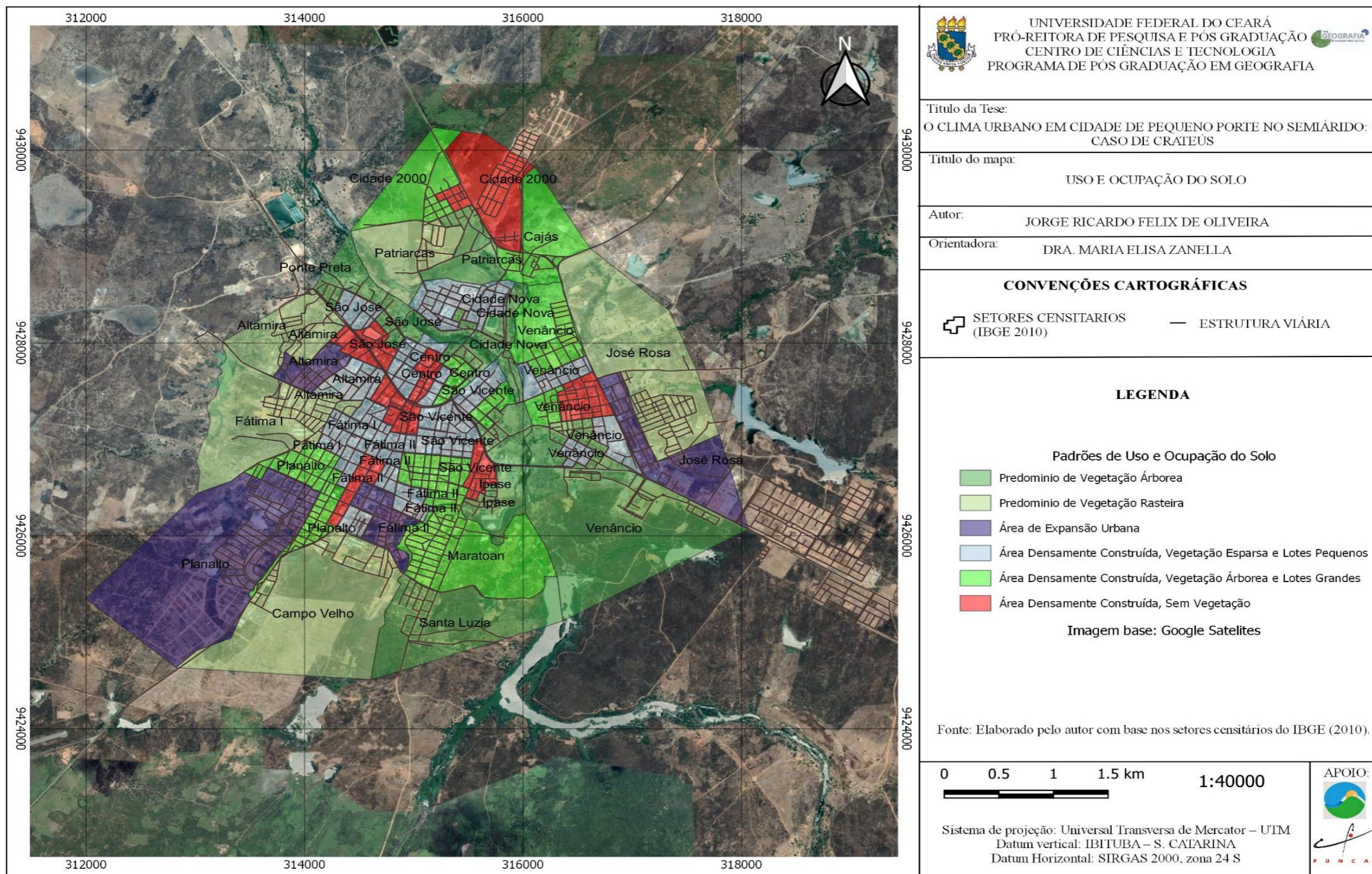
As áreas de predomínio de vegetação arbórea estão localizadas nas planícies de inundação do rio, sobretudo no setor do canal principal. Bem como nas adjacências das barragens do rio, destinado ao abastecimento da cidade. Os bairros em destaque foram Santa Luzia, Venâncios, Cidade Nova, São José e Ponte Preta.

As áreas de vegetação rala estão situadas no entorno da cidade, nos bairros de José Rosa, Patriarcas, Altamira e Campo Velho.

A classe de áreas densamente construída, vegetação arbórea e terrenos maiores estão localizadas principalmente nos novos bairros, sobretudo de loteamentos destinados as casas de alto padrão. Os bairros Moradas do Vento I e II, onde outrora fazem parte dos respectivos bairros Maratoan e Planalto. Os bairros dos Venâncio e Cidade 2000 também apresentam essas características de classe, mas o destaque é a função social, já que são bairros que abrigam preferencialmente pessoas de baixa renda. Esta área é caracterizada por residências com cobertura de telhas cerâmicas, edificadas em lotes grandes, dotados de cobertura vegetal rasteira e arbustiva.

As áreas de expansão urbana são reduzidas na cidade e foram identificadas somente nos setores Leste (Venâncios e Jose Rosa), Oeste (Altamira) e Sul (Planalto – Morada dos Ventos II; e Fátima II – Parcela do que hoje é Morada dos Ventos I)

Figura 13 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo na metodologia híbrida.



Fonte: Autor

5 AS ILHAS DE CALOR DE SUPERFÍCIE: ESPACIALIZAÇÃO DAS INTENSIDADES E FORMAS

O fazer ciência e pesquisa no século XXI, traz no seu bojo o uso de um instrumental tecnológico que possibilita decifrar diferentes conjuntos de dados gerando informações que auxiliem, por exemplo, aos processos adaptativos envolvendo o espaço geográfico. Nesses termos, as geotecnologias vêm sendo amplamente empregadas para a análise do clima urbano, oferecendo diagnósticos e planos de mitigação para as mudanças ambientais que via para o planejamento urbano e a qualidade de vida. (MENDONÇA, 1994; ALMUTAIRI, 2015; AMORIM, 2017; AMORIM; DUBREUIL; SANT'ANNA NETO, 2009; AMORIM; MONTEIRO, 2011 UDEGA, 2011; ORTIZ, 2015; TEIXEIRA, 2015)

Oke (1987) define que a temperatura da superfície é uma importante ferramenta para estudos da atmosfera urbana. A realização deste tipo de monitoramento ocorre pela radiometria infravermelha, por estimação indireta da temperatura aparente da superfície com base no brilho recebido dentro do campo de visão do sensor (JENSEN, 2009).

De acordo com Weng (2009) a temperatura da superfície é importante para modular a temperatura do ar da camada inferior da atmosfera urbana, sendo um fator primário na determinação da radiação de superfície e correspondente troca de energia que interfere no conforto térmico nas cidades.

Arnfield (2003) alerta que por mais que as temperaturas da superfície mostrem padrões espaciais e temporais semelhantes aos da temperatura do ar, essa correspondência não é exata. Em particular, sob condições calmas, claras e noturnas, elas geralmente exibem uma dependência muito mais forte das características do local em microescala, especialmente pela redução do fator de visão do céu provocada pela geometria das ruas, do que as temperaturas do ar avaliada simultaneamente.

Percebe-se que não há um consenso que relacione semelhança de padrões entre a temperatura do ar e a temperatura dos alvos, especialmente motivada pela hora do dia em que ocorre a tomada das imagens (período da manhã), pois existem diferenças no tempo de resposta entre o aquecimento da superfície e o aquecimento do ar (UGEDA, 2013).

O sensoriamento remoto aplicado à climatologia urbana possui uma boa viabilidade financeira, mas conta com certas limitações quanto à resolução temporal

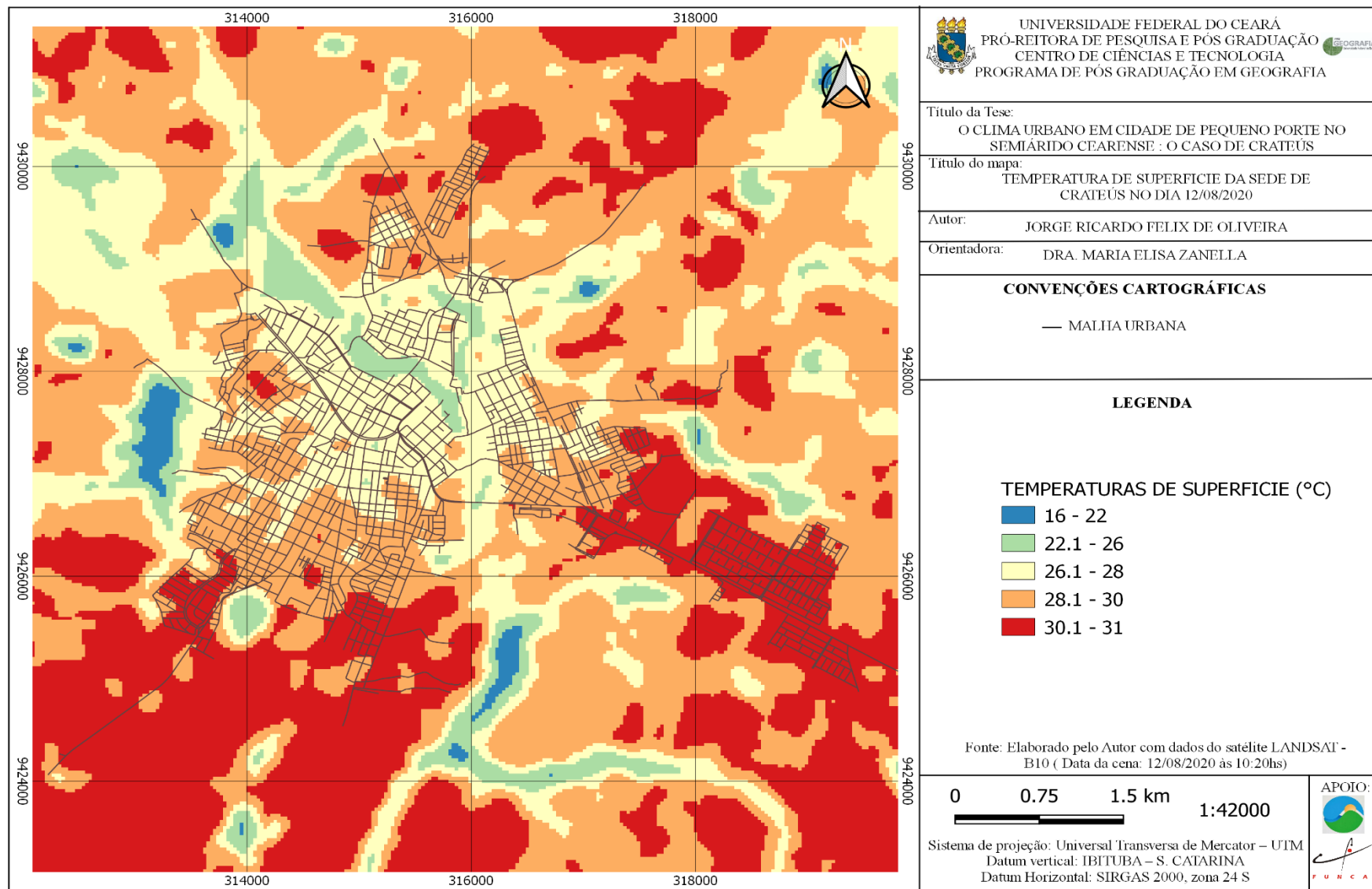
e espacial dos satélites e a qualidade da imagem que é estritamente dependente da cobertura de nuvens (ORTIZ-PORANGABA; TEIXEIRA; AMORIM, 2017). A presença de nuvens é comum nas imagens do Landsat 8 durante a quadra chuvosa na região de investigação, especialmente na transição verão-outono. Dessa forma, foram tratadas as imagens disponíveis que não apresentaram nuvem nas áreas delimitadas neste estudo e, em virtude disso, não houve uma representação efetiva do período (chuvoso).

Dessa forma, apresentaremos uma análise de contrastes térmicos, considerando a cena sem nebulosidade mais próxima do período chuvoso para o ano de 2020, com vistas a calibração da análise relacionado aos dados primários. Em outros termos, buscou-se parametrizar temporalmente os dados, sabendo da dinâmica climática na produção de chuva apresenta variabilidade interanual em função dos fenômenos de *El Niño* e *La Niña*, capaz de influenciar o comportamento da vegetação, por exemplo. Conforme a os laudos de 2020 da Organização Meteorológica Mundial (OMM), agência da Organização das Nações Unidas (ONU), em 2020 as anomalias térmicas no oceano pacífico prevaleceu na forma de *La Niña*, em um ritmo de baixa intensidade.

5.1 Análise dos contrastes térmicos da superfície em agosto 2020

A imagem (Figura 14) foi selecionada considerando-se o período mais próximo da quadra chuvosa, conforme o critério adotado por Amorim (2017). O período chuvoso refere-se ao momento climático sazonal em que a dinâmica dos sistemas atmosféricos é muito intensa, dessa forma, não foi possível adquirir uma imagem de qualidade (sem nebulosidade) para esse período, o que justifica a busca pelo período mais próximo. Como o satélite Landsat 8 tem um a resolução temporal de 21 dias, aproximadamente, o mês de agosto apresentou uma imagem para nossas intenções.

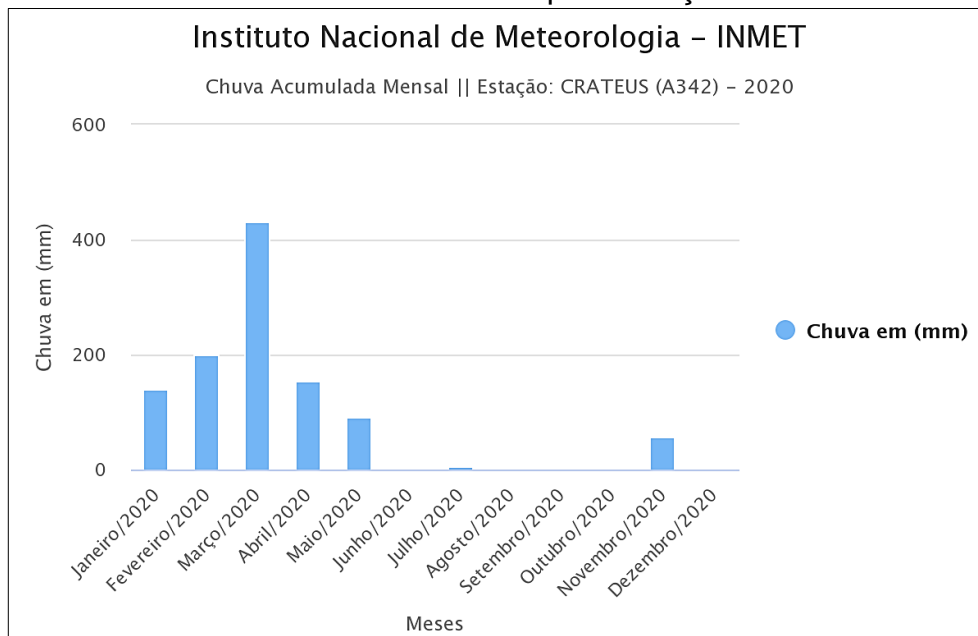
Figura 14 – Mapas de Temperatura de Superfície da cidade de Crateús em 12/08/2020.



Fonte: Autor

No sentido da relação dos dias com precipitação no de 2020, nota-se no Gráfico 1 que no mês de Agosto não houve registro de precipitação da estação de modo Geral.

Gráfico 1 – Acumulo mensal de Chuva para estação A342 – Crateús-CE



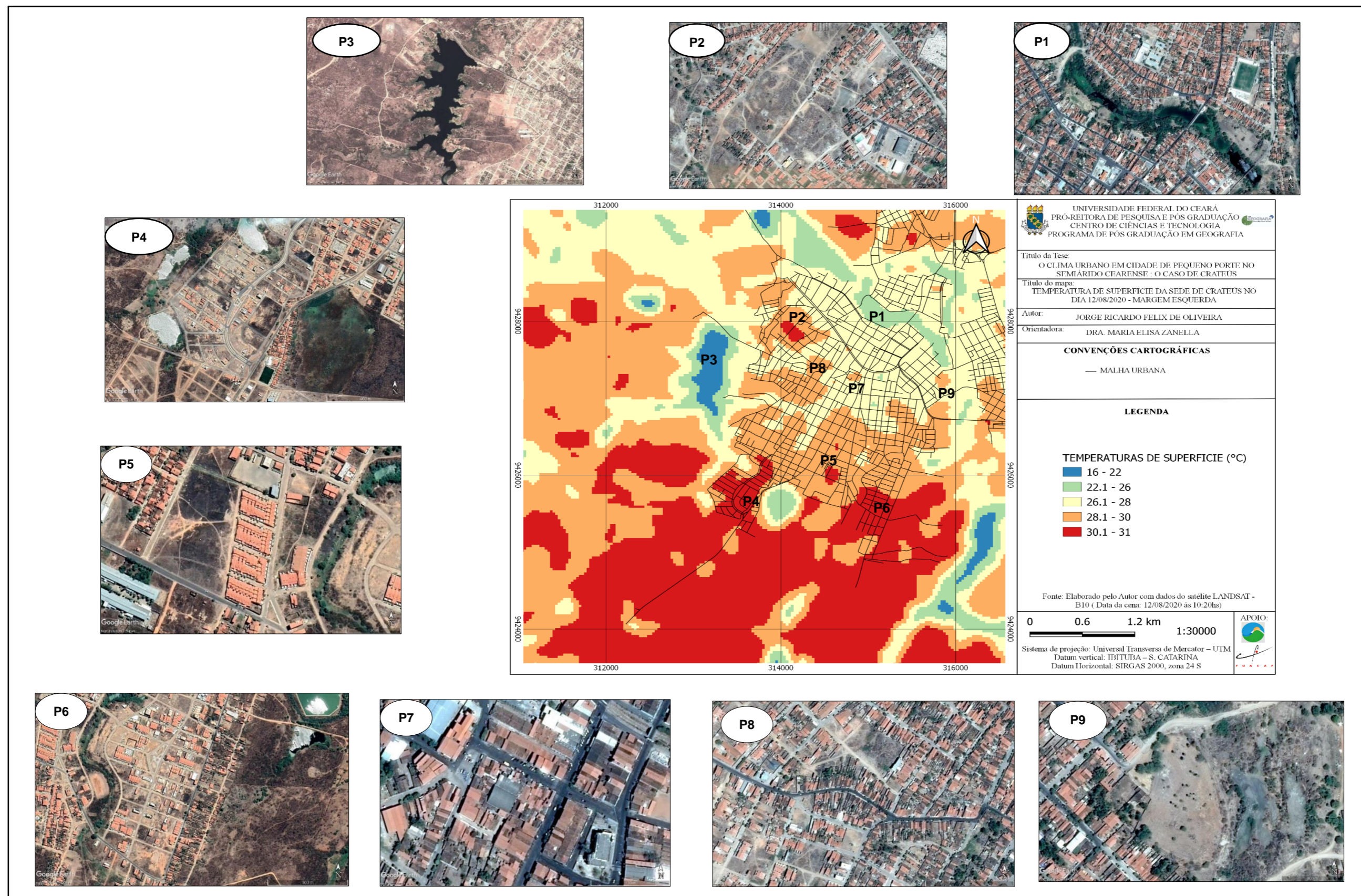
Fonte: INMET, 2020.

A imagem de 12/08/2020 o estabeleceu padrão em que as temperaturas estiveram mais intensas nos setores periurbanas. Os setores de fundo do vale do Rio Poti ficaram caracterizados pelas menores temperaturas entre 16°C e 22°C para as superfícies aquáticas saudáveis (sem eutrofização) e nos locais com barramento de água, com forte eutrofização, caracterizado pela presença de água pés a temperatura entre 23°C a 26°C enquanto que as áreas urbanizadas e solos expostos rurais, desprovidos de vegetação densa atingiram as maiores temperaturas, variando entre 27°C a 31°C respectivamente.

Verifica-se que para as condições características de Agostos, as ilhas de calor de superfície localizaram-se preferencialmente no entorno rural da cidade. As diferenças térmicas foram ordem de 12 °C a 9 °C. Vale destacar que o primeiro valor se relaciona as superfícies aquáticas e terrestres, já o segundo valor é relacionado entre superfícies terrestres.

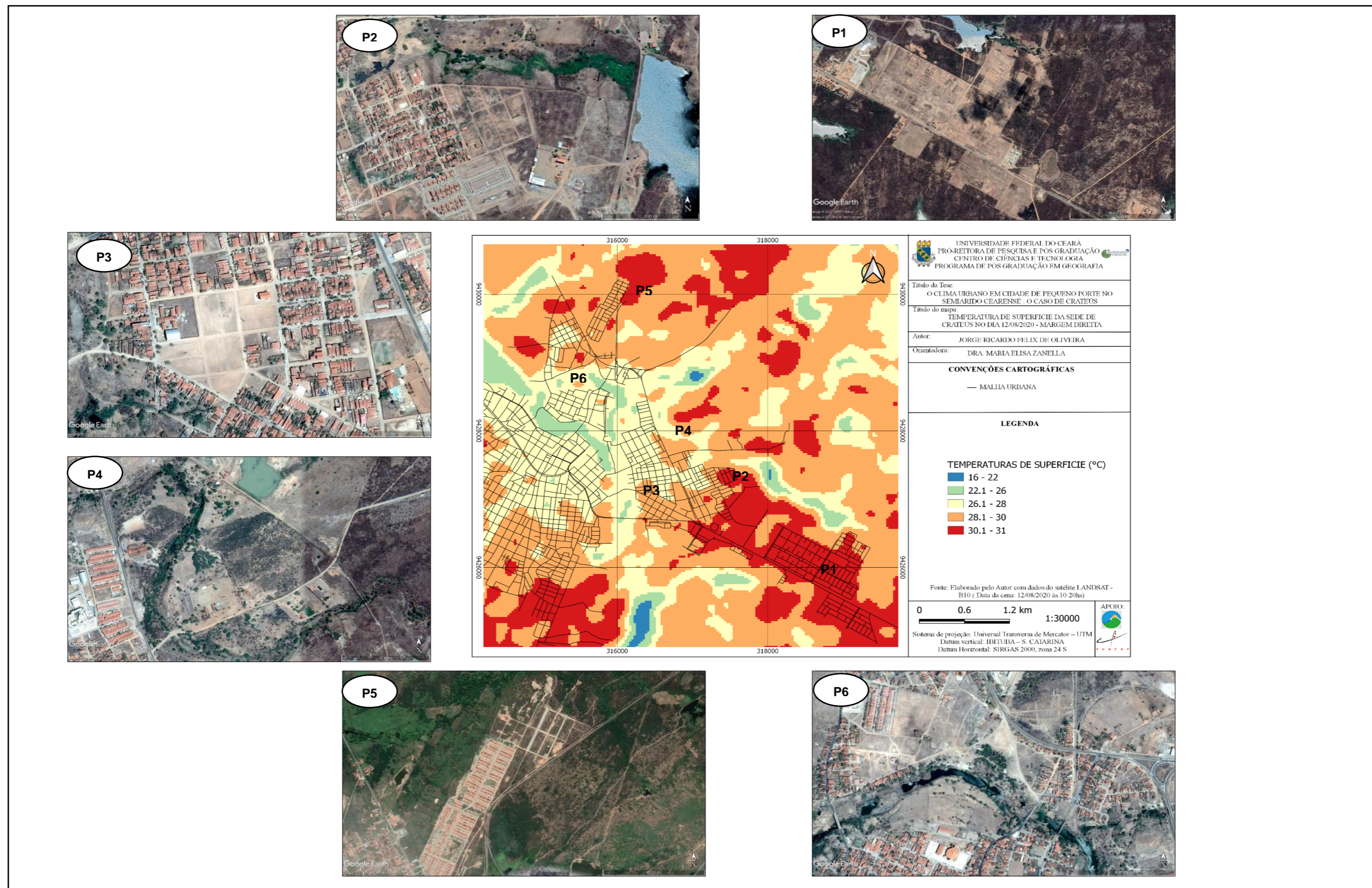
Para auxiliar a análise os Quadros 6 e 7, separados por setores de margem do Rio Poti faz uma relação com os locais em destaque de níveis diferenciados de temperaturas de superfície.

Quadro 6 – Análise de diferentes pontos na cidade em Agosto de 2020 no Setor a Margem Esquerda.



Elaboração: Autor

Quadro 7 – Análise de diferentes pontos na cana de Agosto de 2020 no Setor a Margem Direita.



Elaboração: Autor

No setor a margem esquerda (Quadro 6) verifica-se na porção sul da cidade, onde se caracteriza pelas condições análogas ao rural, uma extensa área variando entre 30°C e 31°C. Nesses locais nota-se a presença de solo exposto, gerado pela construção de novos loteamentos (P6 e P4) ou pela retirada da vegetação para início do processo de especulação da terra para o crescimento urbano nesta porção da cidade.

Percebe-se que nos bairros como Altamira e Fátima II (P2 e P5) há ocorrência de locais com exposição do solo que alcançam os maiores valores encontrados para o período da manhã (10 hrs). Nesses bairros encontra-se áreas destinadas construção de novos loteamentos residenciais. O bairro Altamira apresentou ilha de calor de superfície na ordem de 10°C, o que nos revela que esse bairro apresenta uma predisposição a criação de ambientes mais quentes em função de áreas com grande capacidade de acumulo de calor, pela exposição do solo e retirada da vegetação.

Os pontos P7 e P8 apresentaram destaque quanto a efeito dos materiais construtivos do ponto de vista da alta densidade. O P7 está localizado no Centro da cidade, onde funciona o mercado tradicional de venda de produtos alimentícios. Este local apresenta uma cobertura de fibrocimento, além de conter um adensamento pronunciado das edificações comerciais. O P8 configura-se como um adensamento e casas germinadas entre os bairros Altamira e Fátima I. Nesses locais, pode-se verificar uma diferença de 3°C a 4°C quando comparado com áreas do centro comercial.

Os pontos P1 e P9 estão relacionados a área de influência da planície de inundação do Rio Poti. O P1 representa o locais entre os bairros Cidade Nova e São José, em que há o acumulo de vegetação aquática gerada pelo processo de eutrofização da água. Já o P9, localizado no bairro São Vicente, está relacionado com exposição do solo em um local de pratica de pecuária intensiva.

Destaca-se ainda o P3 como local de barramento de água parra o abastecimento da cidade. Nesse local, em função de uma quadra chuvosa com índices de precipitação pouco acima da média, a superfície do recurso hídrico revelou as menores temperaturas de superfície.

Pautando a análise para o Quadro 7, com base no setor a Margem Direita, verifica-se as mesmas características quanto ao processo de exposição do solo por novos loteamentos (P1, P2 P3 e P5), sobretudo nos bairros Venâncio, José Rosa e

Cidade 2000 no Residencial Dom Fragoso. Esses bairros apresentaram indicadores sociais em 2010 que os caracterizavam com bairros que abrigavam as camadas mais pobres da cidade.

Os pontos P4 e P6 são locais próximos a planícies de inundação que apresentam exposição do solo em função do processo retirada da cobertura vegetal para especulação da terra próximo a pontos de expansão de novos bairros.

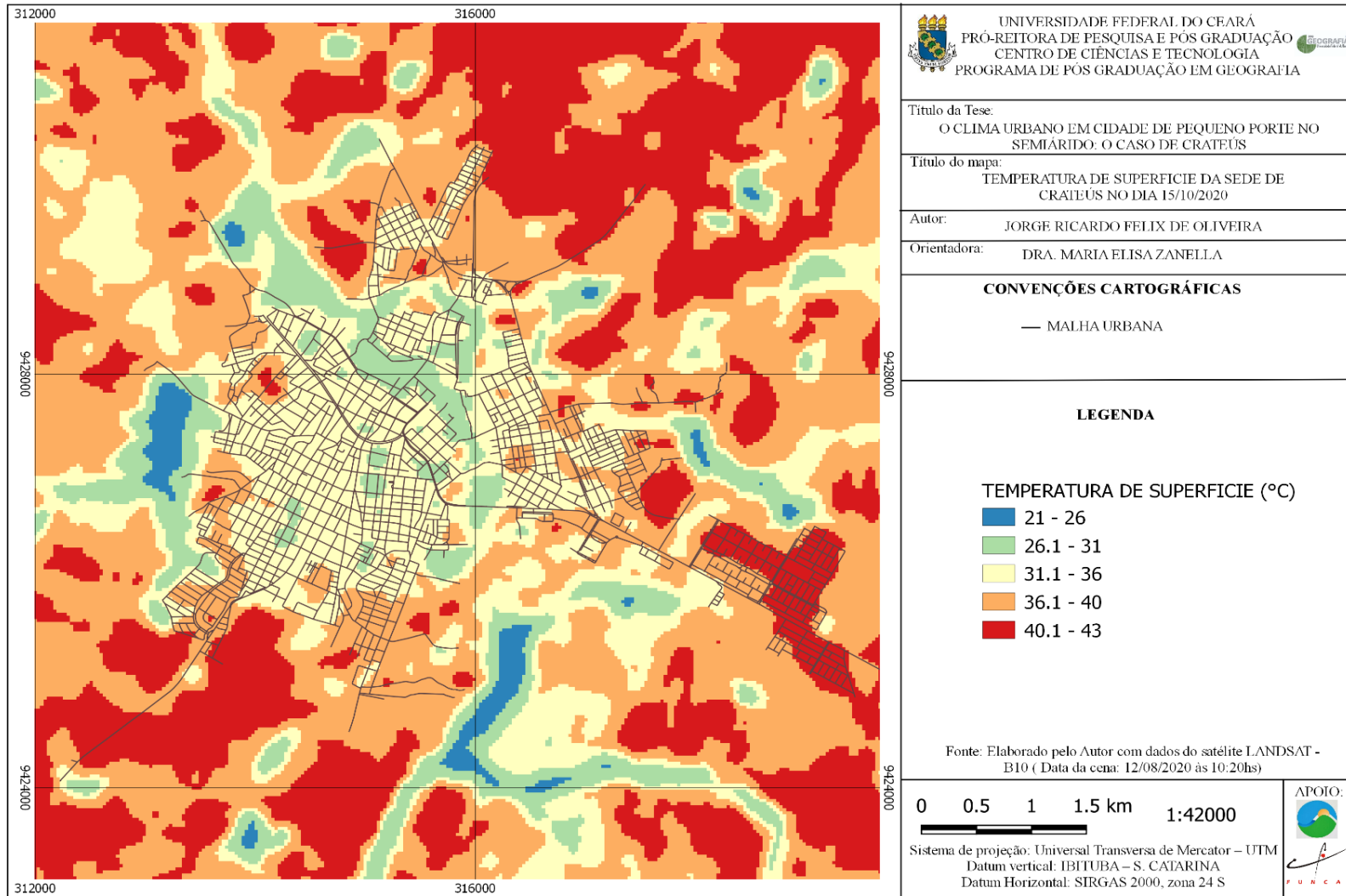
O setor a margem direita vem apresentando nos últimos anos um acelerado aumento da sua área urbana, de transformação da paisagem. Assim sendo, faz-se necessário um monitoramento ambiental, com vistas a mitigar impactos gerados pela substituição da vegetação por material construtivo, o que ocasiona o aumento do acúmulo de calor pela exposição do solo ao sol, bem como nas áreas de planície de inundação que pelo processo de intermitência do rio, escamoteia os canais do Rio.

5.2 Análise dos contrastes térmicos da superfície em Outubro 2020

A escolha da cena para esse período foi condicionada o processo de nebulosidade no mês de Outubro. Como visto no Gráfico 1 o mês em questão não apresentou precipitação registrada pela estação da cidade. Contudo, em análise sobre as condições atmosféricas e nebulosidade, os meses de Outubro e Novembro foram atípicos do ponto de vista de dias com maior nebulosidade e ocorrências de chuvas relativamente atípicas para região.

A cena selecionada (Figura 15) foi do dia 15/10/2020 registrada às 10hrs da manhã. Basicamente nos cinco dias anteriores não correu registro de precipitação. No mês de setembro Crateús estava acompanhando os dias quentes como e outros locais do Brasil, favorecido pelo início da primavera.

Figura 15 – Mapas de Temperatura de Superfície da cidade de Crateús em 15/10/2020



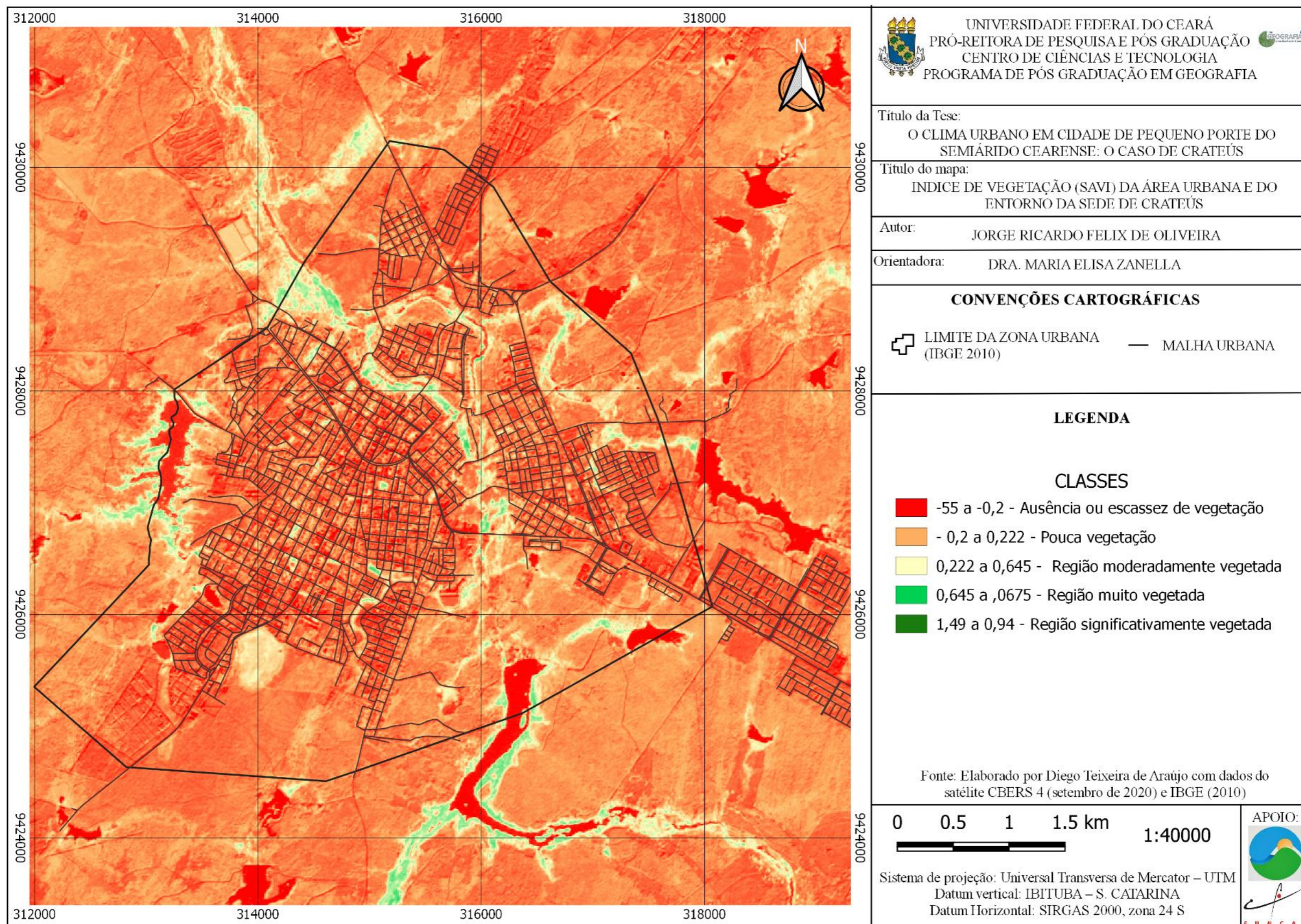
Fonte: Autor

A imagem de 15/10/2020 representando o período seco no seu período de máximo intensidade, estabeleceu o mesmo padrão em que as temperaturas estiveram mais intensas nos setores rurais adjacentes. Porém o padrão diferenciou em função do gradiente térmico, que variou de 21°C a 43°C, uma diferença de 22°C entre as diferentes superfícies. Os setores da planície de inundação do Rio Poti e seus afluentes ficaram caracterizados pelas menores temperaturas entre 21°C a 30°C. As áreas urbanizadas e de solos expostos, atingiram as maiores temperaturas, variando entre 31°C a 43°C respectivamente.

Repetindo o verificado no mês de Agosto, as ilhas de calor de superfície localizaram-se preferencialmente no entorno rural da cidade. As diferenças térmicas foram ordem de 22°C a 10 °C. Vale destacar que o primeiro valor se relaciona com a comparação entre as superfícies aquáticas e terrestres, já o segundo valor é relacionado entre superfícies terrestres.

Destaca-se também algumas manchas relacionadas a locais com vegetação arbórea que não é próximo as margens do Rio Poti. Como as imagens do Landsat 8 apresenta limitações a nível de resolução espacial, realizamos o processamento digital de imagem para geração do índice de vegetação em uma cena do satélite Cbers 4, disponível para o mês setembro. Através do índice de Vegetação (SAVI) ajustado as condições semiáridas e com uma boa resolução espacial (10 m) podemos verificar os locais com alta potencialidade para áreas verdes (Figura 16)

Figura 16 – Mapas Índice de Vegetação (SAVI)



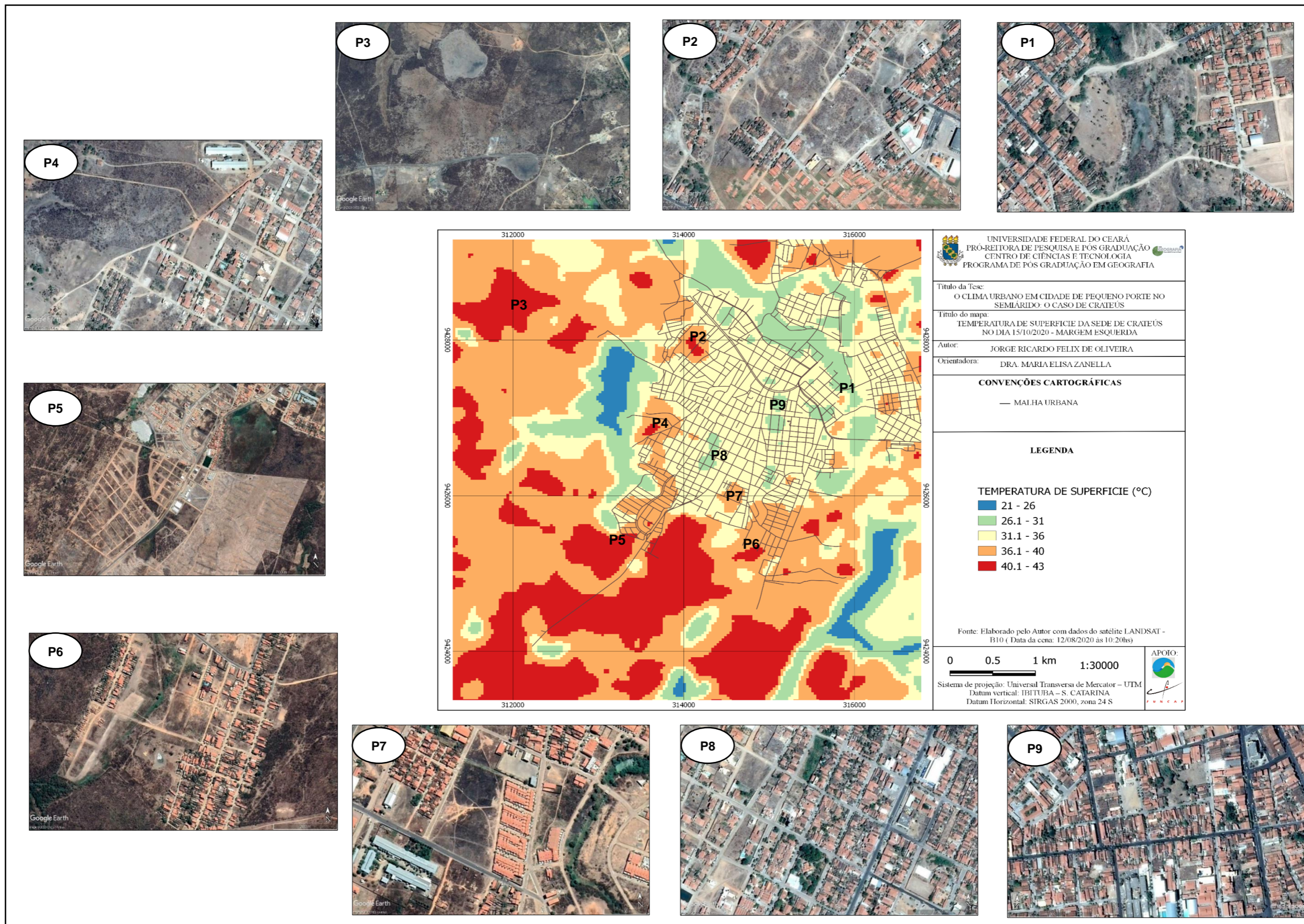
Fonte: Autor

O mapa de SAVI evidencia que nas áreas urbanizadas, há baixa concentração de vegetação. Nos terrenos com quintais e ou sem ocupação se tornam áreas verdes para a cidade. A planície de inundação do Rio Poti apresenta uma configuração de vegetação, segundo o índice, moderadamente vegetada, o que implica em locais que sofrem com impactos urbanos na alteração das condições ambientais para esses ambientes. No período da intermitência do Rio é comum a circulação de pessoas e automóveis próximo ao canal principal. Já que o rio está situado em o assoalho rochoso, característico do embasamento cristalino, a vegetação encontra uma certa dificuldade de manutenção no período seco.

Conforme a análise, comprova-se que as áreas quem apresentem maiores temperaturas, são também locais com exposição do solo pela inexistência de vegetação. Também comprova que de maneira geral, que o Rio Poti apresenta as planícies de inundação no período seco de forma característica dos rios intermitentes do semiárido, quando durante a fase seca, seu espelho d'água limita-se ao pequenos espaços no leito principal, associado ao processo de eutrofização da água, a vegetação aquática toma boa parte do espaço da lamina d'água o que contribui para diminuição da evaporação e conseqüentemente, favorece o aumento da baixas umidades próximas esses locais.

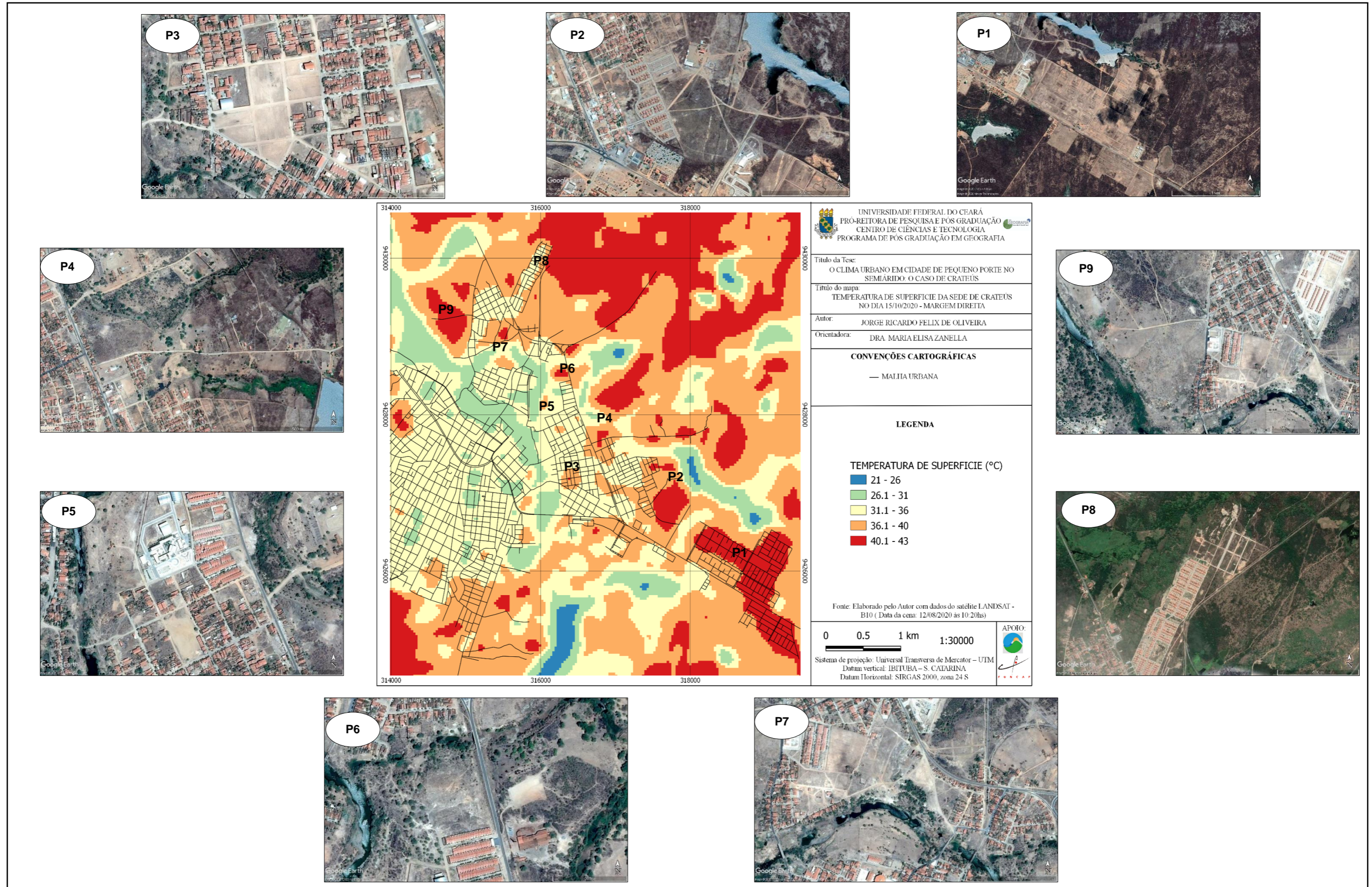
Os Quadros 8 e 9 mostram a configuração térmica da cidade tendo em vista os setores de margem esquerda e direita do Rio.

Quadro 8 – Análise de diferentes pontos na cidade em Outubro de 2020 no Setor a Margem Esquerda.



Elaboração: Autor

Quadro 9 – Análise de diferentes pontos na cidade em Outubro de 2020 no Setor a Margem Direita.



Elaboração: Autor

No Quadro 8, no setor a margem esquerda, verificou em P2, P4 e P6 as ilhas de calor de superfície criadas pela exposição do solo em bairros de expansão de loteamentos, no caso Altamira, Fátima I e Morada dos Ventos I. Nesses locais temperaturas verificadas foram na casa de 40°C a 43°C.

Em P3 E P5 verifica-se como o solo exposto em locais de área rurais ganham proporção em área nesse período ano. À medida que há exposição da superfície pela retirada da vegetação, associado a presença do embasamento cristalino, verificado na caracterização geocológica da região, há um aumento em potencial de ilhas de calor de superfície na ordem de 17°C.

Nota-se também que nos bairros do Centro e Fátima I (P8 e P9) os efeitos amenizadores da temperatura de superfície dos quintais e lotes que apresentam uma vegetação arbórea consolidada. Esses espaços no período mais quente e seco do ano favorecem para criação de espaços de conforto térmico, quando comparados com suas áreas adjacentes.

O P1, localizado próximo ao Rio Poti evidencia um efeito que em agosto se processou, em um local de pratica de pecuária intensiva, onde a superfície sem a proteção da vegetação, ficou com efeitos semelhantes a áreas no centro da cidade.

No Quadro 9, referente ao setor a margem direita, nota-se uma maior intensidade de superfícies quentes do que comparado com o outro setor. Neste setor, que representa espaços de expansão da área urbana, nota-se vários locais de loteamento e solo exposto, em diferentes bairros (P1, P2 e P8) como por exemplo nos Venancios, Jose Rosa e no Residencial Dom Fragoso, respectivamente.

Em P4, P6 e P9 verifica-se o efeito do solo exposto pela pouca vegetação em função do período de cadufolia. Nesses locais a vegetação passa pelo período de estiagem reduzindo a produção de folhas, o que possibilita o menos cobrimento da superfície, expondo a geologia que apresenta uma alta capacidade de acumulo de calor. Nos pontos P3, P5 e P7 evidencia-se a efeito da exposição em locais próximos a planície de inundação do Rio.

Por meio desses resultados, constatou-se que a distribuição das temperaturas dos alvos possui relação com a vegetação fotossinteticamente ativa e com a disponibilidade hídrica para a diferenciação de áreas. Em função do uso dessa técnica em poucas cidades no semiárido, verificou-se que os resultados encontrados são condizentes com os estudos de caso do ambiente tropical continental (AMORIM,

2017; ORTIZ-PORANGABA, 2015; TEIXEIRA, 2015; UGEDA, 2011). De fato, pela análise da relação entre o mapa de termografia da superfície com o mapa de índice de vegetação SAVI, as áreas de superfícies expostas são mais potencializadores de ilhas de calor de superfícies, do que as áreas urbanas, considerando o período da manhã.

Imagens representativas do período analisado mostram uma varia de 15°C para o Agosto e de 22°C em Outubro. Assim, as maiores diferenças térmicas ocorreram no período de estiagem. De modo geral verifica-se um padrão de homogeneização das temperaturas nas áreas urbanas construídas, com pontos específicos temperaturas menores, relacionadas a pequenas áreas verdes. Ou locais com grande adensamento construtivo e telhado de fibrocimento que se destacaram com temperaturas mais elevados do que o entorno. Com as que, situações verificadas nas três cidades do universo de análise.

Nos bairros em processo de expansão, em função da exposição do solo para loteamentos, apresentaram áreas equivalentes as áreas do entorno rural, variando entre 40°C e 43°C nos meses de análise.

6 DEFINIÇÃO DO TRANSECTO MÓVEL E DOS PONTOS DE MEDIÇÕES EM RESIDÊNCIAS

Depois de definido a caracterização dos elementos Geoecológicos e Geourbanos, pautado na busca de compreensão do clima urbano e como se processa as formas de adaptação pela sociedade, em classe sociais, passamos a escolha do percurso do transecto móvel, para compreensão do clima local. Assim como a escolha das residências para averiguação do conforto térmico, como premissa do sistema clima urbano -SCU, no canal termodinâmico.

O uso das medições móveis foi destinado para compreensão do ambiente climático externo, sobretudo durante a manhã às 5 hrs, antes que a superfície da cidade inicie aquecimento pelo recebimento da radiação sola; a tarde às 15hrs, momento do dia em que geralmente a temperatura do ar se apresenta mais intensa; e no início da noite, às 19 hrs, após o por do sol, em quem os materiais construtivos reemitem radiação absorvida durante o período noturno.

Para a coleta de dados climáticos e urbanos, na área de estudo, foram delimitados cinco pontos de medição em diferentes pontos da cidade. A caracterização dos pontos e unidades habitacionais foi feita considerando as variáveis geoecológicas, urbanas e arquitetônicas, utilizadas em outras pesquisas sobre clima urbano; como se verifica em Araújo (2014), Paiva (2014) e Paiva (2018). Elas foram observadas considerando as escalas climatológicas apresentadas no Capítulo 1. Acredita-se que os aspectos considerados nas áreas amostrais, e nas edificações, influenciam direta ou indiretamente no comportamento das variáveis climáticas e no conforto térmico dos ambientes internos.

O Experimento I foi realizado no período de 29/10/2020 a 01/11/2020 Quanto ao Experimento II, a coleta de dados foi realizada entre os dias 03 a 06/11/2020. A escolha das residências para análise do ambiente interno, apresentou uma certa limitação haja visto o período de 2020 ter sido marcado pela pandemia do coronavírus(covid-19), o que gerou a limitação de contatos pessoais para a escolha de determinados pontos.

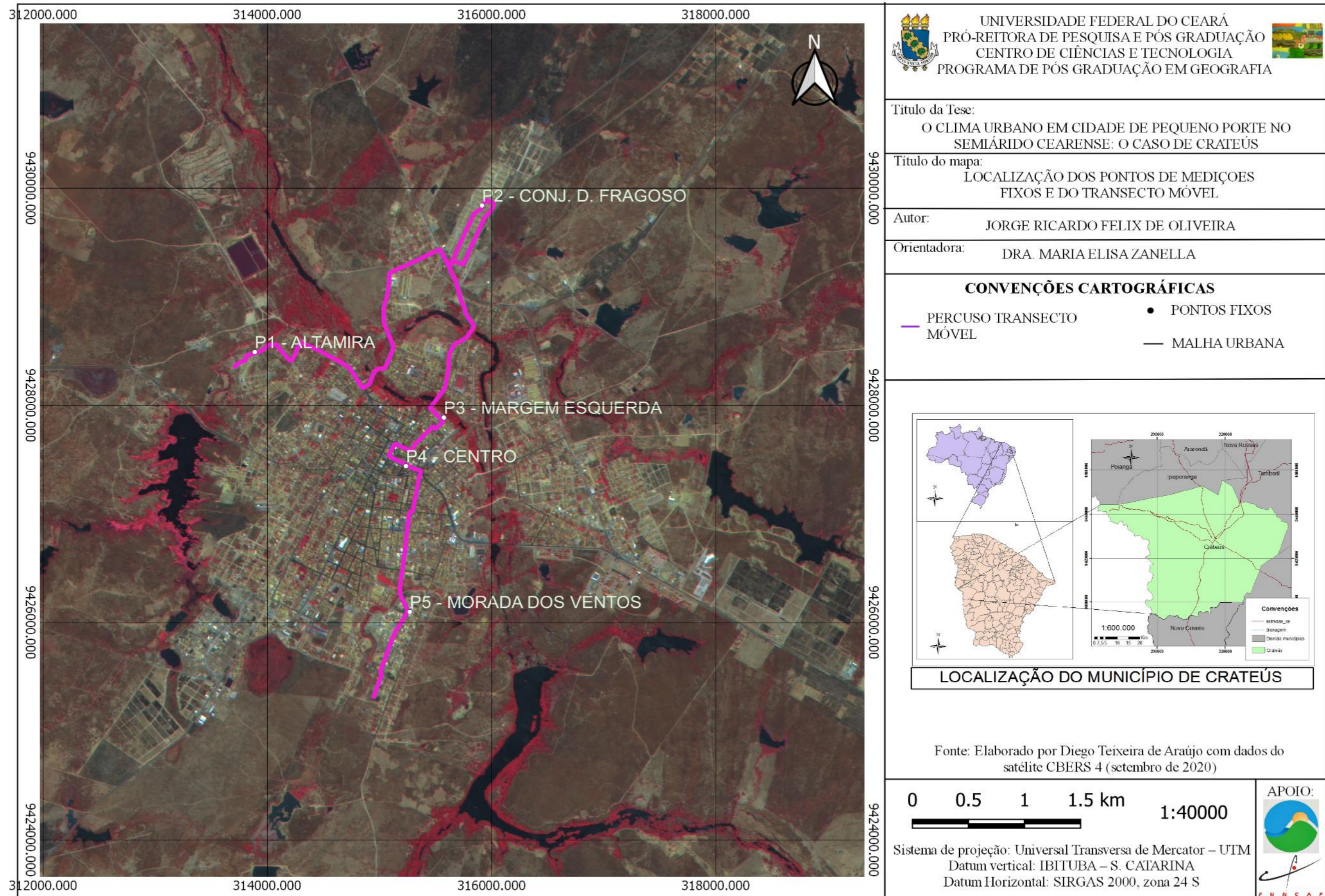
6.1 Definição da rota do transecto móvel

O registro da temperatura do ar pelo transecto móvel é considerada uma metodologia eficaz para analisar a distribuição da temperatura do ar de acordo com a variação das feições urbanas e rurais dos trajetos.

A rota definida (Figura 17) para Crateús, visou abranger os pontos de medição seguindo um percurso de distância aproximada de 9 km. O trajeto iniciou na área periurbana atravessou diferentes bairros da cidade em torno Rio Poti, na área do centro comercial e nos bairros a margem esquerda do Rio no sentido da porção mais elevada da cidade, alcançando o rural próximo caracterizado por propriedades particulares esparsas.

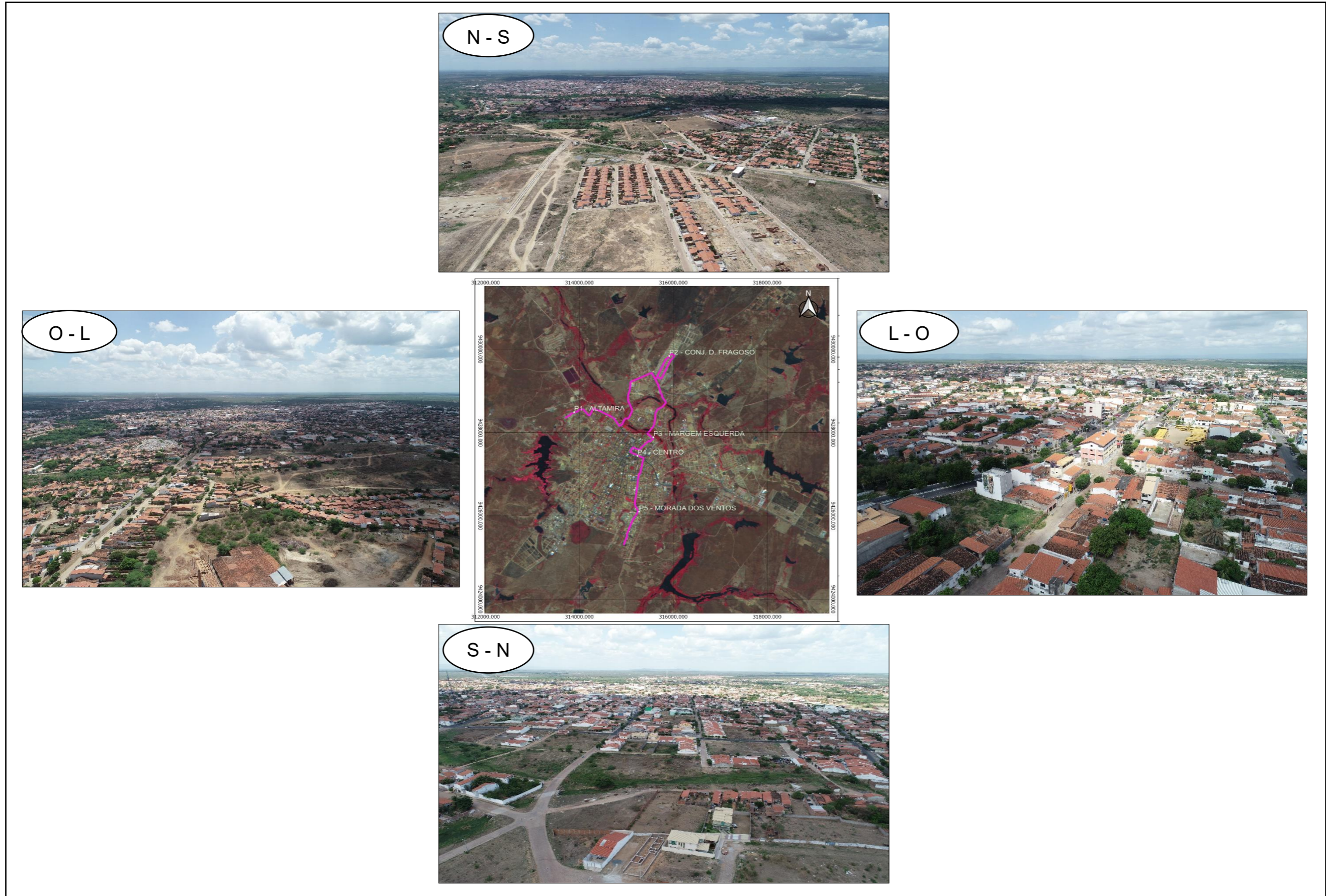
No Quadro 10 elaboramos uma síntese panorâmica da cidade, seguindo o o foco para os limites Norte-Sul e Leste-Oeste, como forma de gerar uma visão ampla da cidade, oferecendo ao leitor a possibilidade de se aproximar mais da realidade nos diz respeito a uma visão estratégica.

Figura 17 – Mapa localização dos pontos de medições fixos e do transecto móvel.



Fonte: Autor

Quadro 10 – Visão área dos limites da cidade, associado ao percurso do transecto móvel



Elaboração: Autor.

6.2 Pontos amostrais em residências

Para cada área e unidade residencial serão apresentadas, segundo aspectos morfológicos e padrões construtivos (Quadro 11).

Quadro 11 – Caracterização dos Pontos e Unidades

	Variáveis	P1 (Altamira)	P2 (Conj. D. Fragoso)	P3 (M. Esquerda)	P4 (Centro)	P5 (Morada dos Ventos 1)
Área Amostral (Ponto)	Densidade de Construções	Baixa	Alta	Média	Alta	Baixa
	Densidade de Vegetação	Baixa	Muito baixa	Alta	Média	Baixa
	Fluxo Veículos/Pessoas	Baixo	Baixo	Baixo	Alto	Baixo
	Pavimentação	Paralelepípedo/ Solo exposto	Paralelepípedo	Paralelepípedo	Asfalto	Paralelepípedo
	Lotes	Pequeno	Pequeno	Grande	Grande	Grande
	Uso	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial/ Comercial
	Recursos Hídricos	Distante	Distante	Muito próximo	Distante	Próximo
	Altitude	273 m	290 m	276 m	280 m	292 m
Unidade Habitacional	Coberturas	Telhas Cerâmicas Vermelha	Telhas Cerâmicas Vermelha	Telhas Cerâmicas Vermelha	Telhas Cerâmicas Vermelha	Telhas Cerâmicas Marfim/ Painel Solar
	Forro	Não possui	PVC	Não possui	Laje	Laje
	Pé direito	Baixo	Baixo	Alto	Alto	Muito Alto
	Compartimentos	4	4	6	10	8
	Orientação	SE-NO	L - O	SO - NE	O - L	O - L
	Janelas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Tipo	Plana	Plana	Plana	Plana	Plana
	Revestimento	Alvenaria Simples	Alvenaria Simples	Alvenaria Simples	Alvenaria Custom	Alvenaria Custom

Elaboração: Autor

6.2.1 Ponto 1: Altamira

O Ponto 1 (Figura 18) está localizado no Bairro Altamira, na zona limítrofe da área. A via, na qual está inserido, possui uma largura de aproximadamente 70 metros. A área possui uma densidade baixa de construção, quase não existindo um espaçamento entre as edificações. A vegetação é esparsa, sendo observadas apenas algumas árvores nos quintais das residências e na frente das residências. É uma zona do bairro que a pavimentação não é predominante, apenas uma via em paralelepípedo. A proximidade de uma grande área de solo exposto na frente da residência, pode contribuir para o aumento da temperatura, uma vez que o calor gerado nessas superfícies contribui para o aumento da temperatura do ar, criando ambientes com poucas condições de conforto. A grande maioria dos lotes são pequenos, com frente de 4 a 6 m. O uso predominante nessa área é o do tipo residencial, o fluxo de veículos e pessoas é baixo, representado apenas pelos moradores do local.

A casa onde ocorreu a coleta de dados (Quadro 12) é do tipo plana com cobertura de telhas de cerâmica (cor vermelha). Possui quatro compartimentos: Quanto aos instrumentos de coleta, um foi instalado na sala de estar, localizada na entrada da residência. Vale ressaltar que a residência não apresenta forro e o pé direito é baixo, principalmente na porção do corredor de circulação com os quartos. A unidade residencial possui orientação SE-NO e é revestida em alvenaria simples.

Basicamente este ponto foi escolhido por representar um dos bairros da cidade apresentam um alta taxa de baixa renda e analfabetismo. Além de estar em um contexto de proximidade com as características rurais. Em especial, a área residencial é destinada a um aldeamento indígena, que concentra cerca de 60 famílias.

Figura 18 – Localização local de medição no Bairro Altamira



Fonte: Google Satélites.

Quadro 12 – Características da residência no Bairro Altamira



Fonte: Fotos do trabalho de campo.

6.2.2 - Ponto 2: Conjunto Residencial Dom Fragoso

O Ponto 2 (Figura 19) está localizado no Conjunto Residencial Dom Fragoso. A via possui uma largura de aproximadamente sete metros. A densidade de construções na área também é alta e possui características mais ordenadas, construído com base em um modelo de habitação criado no Rio Grande do Sul. Assim, as unidades habitacionais apresentam um espaçamento adequado no que diz respeito a proximidades das edificações. A vegetação presente no entorno do ponto amostral é praticamente inexistente, uma vez que a consolidação do conjunto habitacional ainda está ocorrendo, pois, sua instalação foi no de 2017. Observa-se ainda a presença reduzida de vegetação arbórea nos limites do bairro. A pavimentação da rua é do tipo paralelepípedo. Os lotes são pequenos apresentando, na maior parte deles, frente de apenas 4 a 5 metros. O uso é predominantemente residencial o que justifica um baixo fluxo de veículos e de pessoas. A área não denota proximidade de recursos hídricos, estando, assim, relativamente distante do canal fluvial do Rio Poti.

A casa escolhida (Quadro 13), para a coleta de dados, é uma unidade plana representativo do modelo de habitação da área. Possui uma frente de aproximadamente 7 metros, com 4 compartimentos. A residência possui uma cobertura com telhas de cerâmica (cor vermelha) e foi edificada numa orientação L-O. A casa possui a janela da sala voltada para o nascer do sol, dificultando a circulação de ar no ambiente interno durante o início da manhã. Está revestida em alvenaria simples, em todas as suas paredes, e possui seu pé direito baixo. O forro da residência é do tipo PVC,

O instrumento de coleta de dados foi instalado na sala de estar próximo à entrada dos quartos, sem influência direta da porta de entrada.

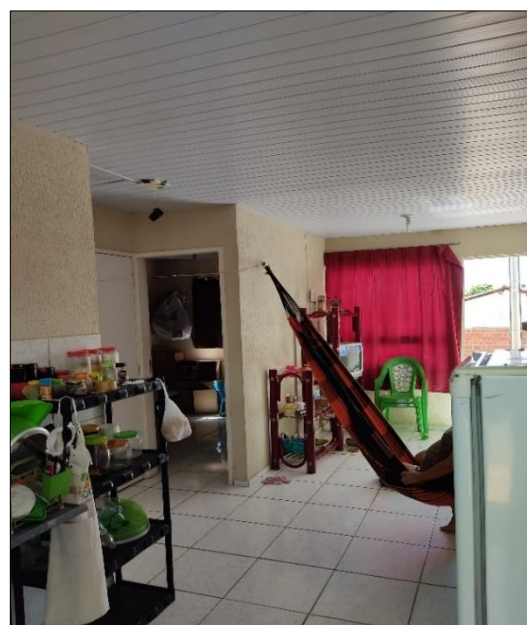
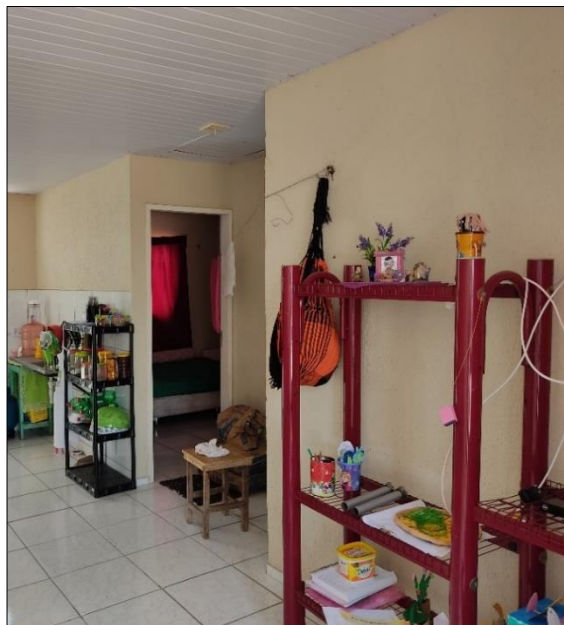
O ponto foi escolhido por se enquadrar em novos bairros, destinados as famílias que receberam benefícios da política de habitação minha casa minha vida. Também se destaca o modelo de habitação importado de uma região climática descontextualizada com o semiárido, havendo pontos infra estruturais questionáveis, como aquecedor de água.

Figura 19 – Localização local de medição no Conjunto Residencial Dom Fragoso (Cidade 2000)



Fonte: Google Satélites.

Quadro 13 – Características da residência no Conjunto Residencial Dom Fragoso (Cidade 2000)



Fonte: Fotos do trabalho de campo

6.2.3 Ponto 3: Margem Esquerda

O Ponto 3 (Figura 20) está situado na margem esquerda do Rio Poti, no bairro Centro. A área possui uma densidade média de construções, representada por uma ocupação antiga ocorrida de forma desordenada; visto a localização muito próxima a planície de inundação do rio. A vegetação é do tipo arbóreo – localizada nos quintais, nos canteiros das ruas e nas áreas ainda desocupadas pelas construções. A circulação de veículos e pessoas, no local, é baixa; há apenas o movimento dos moradores da rua; isso se deve ao fato do ponto estar situado na última ruas do bairro antes de adentrar a planície de inundação. A pavimentação do logradouro é do tipo paralelepípedo. Os lotes são grandes e ocupados por casas predominantemente planas. O uso é residencial, com presença de alguns comércios de primeira necessidade.

A casa onde ocorreu a coleta de dados (Quadro 14) é do tipo plana e, apresenta um modelo de construção antigo com paredes espessas. É uma residência que está sendo ocupada apenas em uma parte, abrigando a morada de uma pessoa. Ela é coberta por telhas de cerâmica (na cor vermelha) e revestimento de alvenaria simples. Possui orientação SO-NE, o que evita a incidência direta da radiação solar, principalmente nos horários mais quentes.

O instrumento de coleta foi instalado: um na sala que funciona como quarto. Neste local o pé direito é alto, sem a presença de forro

A escolha do ponto se deu através da sua posição geográfica na cidade, como também por estar em uma área com certo grau de risco ambiental, por está muito próximo ao canal principal do Rio Poti. Os locais as margens do Rio na cidade, estão marcados por população de baixa renda e sem escolaridade.

Figura 20 – Localização local de medição na Margem Esquerda (Bairro Centro)



Fonte: Google Satélites.

Quadro 14 – Características da residência na Margem Esquerda (Bairro Centro)



Fonte: Fotos do trabalho de campo.

6.2.4 Ponto 4: Centro

O Ponto 4 (Figura 21) está localizado na região do centro comercial. A rua em que a residência está situada é uma das saídas do centro para a zona leste da cidade. Por isso, possui um intenso fluxo de veículos e pessoas durante todo o dia. A área apresenta alta densidade de construções, sendo estas predominantemente do tipo comercial. Os lotes característicos são médios e grandes; embora se observe algumas casas em lotes pequenos. A maior parte das edificações é do tipo duplex. A vegetação apresenta-se de forma esparsa e localizada na frente das residências. Nesta residência encontra-se um quintal grande com uma árvore de bom sombreamento. A pavimentação da via principal é do tipo asfalto. O local mantém pouca proximidade com recursos hídricos.

A coleta de dados foi realizada numa casa do tipo plana (Quadro 15), coberta com telhas de cerâmica (na cor vermelha). A orientação da habitação é O-L, paredes revestidas por alvenaria custom, o que significa que é personalizada, com blocos de granito. A unidade possui uma grande divisão de cômodos, com muitas janelas que contribui para a circulação de ar. O instrumento de coleta foi instalado na sala cujo revestimento é cerâmica e porcelanato.

A escolha dessa residência ocorreu em função de estar muito próximo ao setor comercial da cidade. De maneira geral, apresenta uma representatividade a nível da histórica classe oligárquica local. No que diz respeito aos índices, essa residência apresenta o setor com baixo nível de analfabetismo, pessoas que ganham mais de 2 salários mínimo, baixa densidade demográfica.

Figura 21 – Localização local de medição no bairro Centro.



Fonte: Google Satélites.

Quadro 15 – Características da residência no bairro Centro.



Fonte: Fotos do trabalho de campo.

6.2.5 – Ponto 5: Morada dos Ventos I

O Ponto 5 (Figura 22) está localizado no bairro Morada dos Ventos I, antiga parte do bairro Maratoan. A área está uma zona de expansão da cidade, em meio a lotes vazios. Apresenta densidade de construções baixa. A vegetação é inexpressível, preferencialmente do tipo rasteira e em alguns quintais de residência a vegetação arbórea esparsa se apresenta. A circulação de veículos e pessoas, é baixa, representada apenas pelo fluxo dos moradores locais; entretanto, na Avenida atrás do loteamento, o fluxo é alto por ser esta via um importante corredor de acesso à área bairro Maratoan. A pavimentação da rua é do tipo paralelepípedo. Os lotes possuem tamanhos médio e grande, e algumas casas apresentam um modelo de alto padrão. O uso desta região é predominantemente residencial, com poucos comércios na extensão. Existe próximo ao local um afluente do Rio Poti de pequena expressão.

A casa escolhida (Quadro 16) possui o padrão construtivo mais planejado comparado com os demais pontos. O instrumento foi instalado da sala de estar, com a presença de revestimento em cimento queimado e porcelanato. A cobertura da casa é de telhas cerâmicas de cor marfim, com uma parte destinada ao teto de placa fotovoltaica. A unidade habitacional possui orientação do tipo O-L, recebendo incidência direta da radiação solar no turno da tarde, em sua parte frontal. A residência é plana e possui janelas na parte da frente, o que facilita a circulação do ar em seu interior; assim como a entrada de radiação solar, dependendo da hora do dia.

A escolha do ponto foi dada em função da residência está em um bairro em expansão, desmembrado de outro bairro para o censo de 2010, evidenciando inclusive efeitos do processo de segregação espacial, visto que o bairro pretérito (Maratoan) apresentou uma alta porcentagem de baixa renda e analfabetismo, além de um baixo acesso a abastecimento. Nos termos do presente a habitação representa um contraste ao passado do bairro, mostrando hoje um destinado a moradias de alto padrão.

Figura 22 – Localização local de medição no bairro Morada dos Ventos 1 (Maratoan)



Fonte: Google Satélites.

Quadro 16 – Características da residência no bairro Morada dos Ventos I (Maratoan)



Fonte: Fotos do trabalho de campo.

7 O CLIMA URBANO DE CRATEÚS SOB UM ÓTICA NO CANAL TERMODINÂMICO

7.1 Análise termohigrométrica da cidade através de medições móveis.

Com o processo de geração do diagnóstico sobre as condições gerais em que o clima urbano de Crateús, averiguamos em dois meses distintos sazonalmente, como se comporta a temperatura do ar e a umidade relativa.

Os transectos móveis na cidade de Crateús foram realizados durante um dia, em meses contrastantes e em horários distintos. O primeiro experimento foi realizado no dia 27 de junho de 2018, às 06hrs, 15hrs e 20hrs. Esse mês foi escolhido por corresponder a um período de instabilidade atmosférica, principalmente em relação à presença da precipitação e nebulosidade. Já o segundo experimento foi realizado no dia 29 de setembro de 2018, às 06hrs, 15hrs e 20hrs. Esse período foi selecionado por apresentar a predominância da estabilidade climática, principalmente para chuva.

Figura 23 – Percorso do transecto móvel na sede urbana de Crateús.



Fonte: Google

Como forma de tornar análise mais didática, separamos o percurso por segmentos (AB, BC, CD, DE). Para cada segmento teremos um trecho do percurso, assim fica mais nítido perpassar pelos trajetos através de setores.

Também considerando a melhor forma de realizar as análises, realizamos a construção de pranchas que apresentam, além do gráfico dos dados primários, imagens do satélite GOES 16 sobre a dinâmica climática do dia, bem como o perfil de elevação do terreno. Como forma de inserir, essencialmente, da análise rítmica de Monteiro (1971). Para cada prancha consideramos um elemento climático, com a compilação gráfica dos três percursos.

7.1.1 Experimento I: dia 27 de junho de 2018.

Durante esse dia, a dinâmica da atmosfera regional denotou tipos de tempo característicos do fim do período chuvoso no Ceará. Basicamente, durante a manhã a nebulosidade foi um fator evidente. Ao passo, que durante o a tarde o tempo se manteve nebuloso até o fim do dia.

De acordo com as imagens de satélite pode-se perceber o efeito da dinâmica do atlântico na faixa do Nordeste, muito possivelmente devido aos efeitos do sistema atmosférico conhecido como ondas de leste. Este sistema se forma na área de influência dos Ventos Alísios, ocorrendo na faixa tropical do globo terrestre. Deslocam-se de Leste para Oeste, ou seja, da costa africana à costa brasileira, onde provocam chuvas em escala local, devido à posição geográfica (Prancha 1 e 2)

7.1.1.1 Perfil da Temperatura ar

7.1.1.1.1 Trajeto da Manhã

No percurso da manhã foi registrado a menor temperatura (20°C) para toda a pesquisa. Fato dado devido a estação do ano (início do inverno). Nesse período do dia, a amplitude alcançada foi 2,3°C. Uma variação suave na linha do gráfico, em decorrência da continentalidade.

No início do trajeto – segmento AB – temos como principal característica geocológica um ambiente sem a presença de materiais construtivos, local próximo ao açude da cidade. Entre o ponto 1 ao 6 a temperatura se mante nos 20°C variando

0,5°C. A segunda parte do segmento AB passa por um bairro chamado de favela, caracterizado pela presença de lotes com casa germinadas. Nesse bairro (pontos 8 a 13) a temperatura subiu 1°C. O segmento finaliza no centro comercial, onde as temperaturas também se mantiveram na casa dos 21°C.

O segmento BC representa o recorte sobre o Bairro Ilha. Em função da presença do rio poti e seus afluentes o bairro geograficamente forma uma ilha. Assim este segmento finaliza e inicia com uma ponte. Para a manhã, nesse segmento, os valores de temperaturas se mantiveram na casa dos 21°C na primeira metade do percurso no segmento. No final do segmento, foi registrado uma queda de 1°C, devido ao efeito do rio e da vegetação, já que é um bairro que contem, visualmente, mais espécies vegetais arbóreas.

Na primeira parte do segmento CD, onde situa-se o bairro dos Venâncio, e também faz fronteira com o leito do rio, as temperaturas se mantiveram na casa dos 21°C. Já na segunda metade do segmento, houve um aumento de 1°C nos valores registrados, chegando a casa dos 22°C. Esse aumento ocorreu devido a insolação solar que iniciou o processo de aquecimento d superfície. Como já havia passado metade do percurso geral, o sol já estava incidindo sobre as faixadas mais altas e conforme a posição do sol diante a distribuição de algumas ruas.

No final do percurso da manhã, no segmento DE, verificamos a maior temperatura 22,3°C. Nesse segmento pode-se constatar pelo perfil de elevação, que é o de maior altimetria. Nesse segmento, situa-se o bairro Morada dos ventos, conforme visto anteriormente, ele apresenta uma pouca carga vegetacional e muitos lotes vazios com solos exposto, favorecendo para um maior acúmulo de calor latente, proporcionando o aumento do calor sensível.

7.1.1.1.2 Trajeto da Tarde

No percurso da tarde averiguamos o maior contraste de valores registrados. Devido à incidência de raios solares associado a influência da nebulosidade que geravam manchas na forma de sobras, alterando a estabilidade da temperatura do ar. Foi nesse trajeto que aferimos o maior valor para o dia de análise: 37°C.

No início do segmento AB os valores encontrados foram na casa dos 33°C. O transecto adentra aos lotes do bairro favela, houve um aumento de 1°C, ao passo

que devido a nebulosidade, houve uma variação de 34°C para 32°C. No final do trajeto no bairro, exatamente na metade do segmento, foi 35°C em um local com ruas estreitas e casas germinadas. A partir da metade do segmento, ao passar pelo centro, devido a nebulosidade, houve novamente uma queda de 2°C nos valores de temperatura.

Chegando ao segmento BC, verificamos pequenas oscilações de 2°C. Ao cruzar a primeira ponte, no início do segmento, verificamos esse decréscimo, com registro de 33°C. A medida em que foi adentrando no bairro, mais próximo a igreja, foi registrado temperaturas de 35°C, não só devido ao efeito da nebulosidade, como também devido a exposição da rua ao sol. Ao passar pela segunda ponte, apuramos novamente um decréscimo de 2°C.

No segmento CD, registramos a maior medida, de 37°C. Esse fato ocorreu devido a associação da nebulosidade com um local pouca presença de vegetação e uma alta carga de massa edificada. Ao passar pela entrada do IFCE, no bairro dos Venâncio, em uma condição de tempo propicia a alta incidência de sola, em um ângulo de incidência propicio. No gráfico, esse aumento dos valores, no ponto 57. Na segunda metade do segmento, houve novamente a influência da nebulosidade, fazendo as temperaturas chegarem a 32,6°C.

Para o fim do percurso da tarde, foi registrado um aumento gradativo do começo ao final do segmento DE. À medida que o trajeto ia chegando no local mais alto e mais edificado, os valores chegaram a 37°C.

7.1.1.1.3 Trajeto da noite

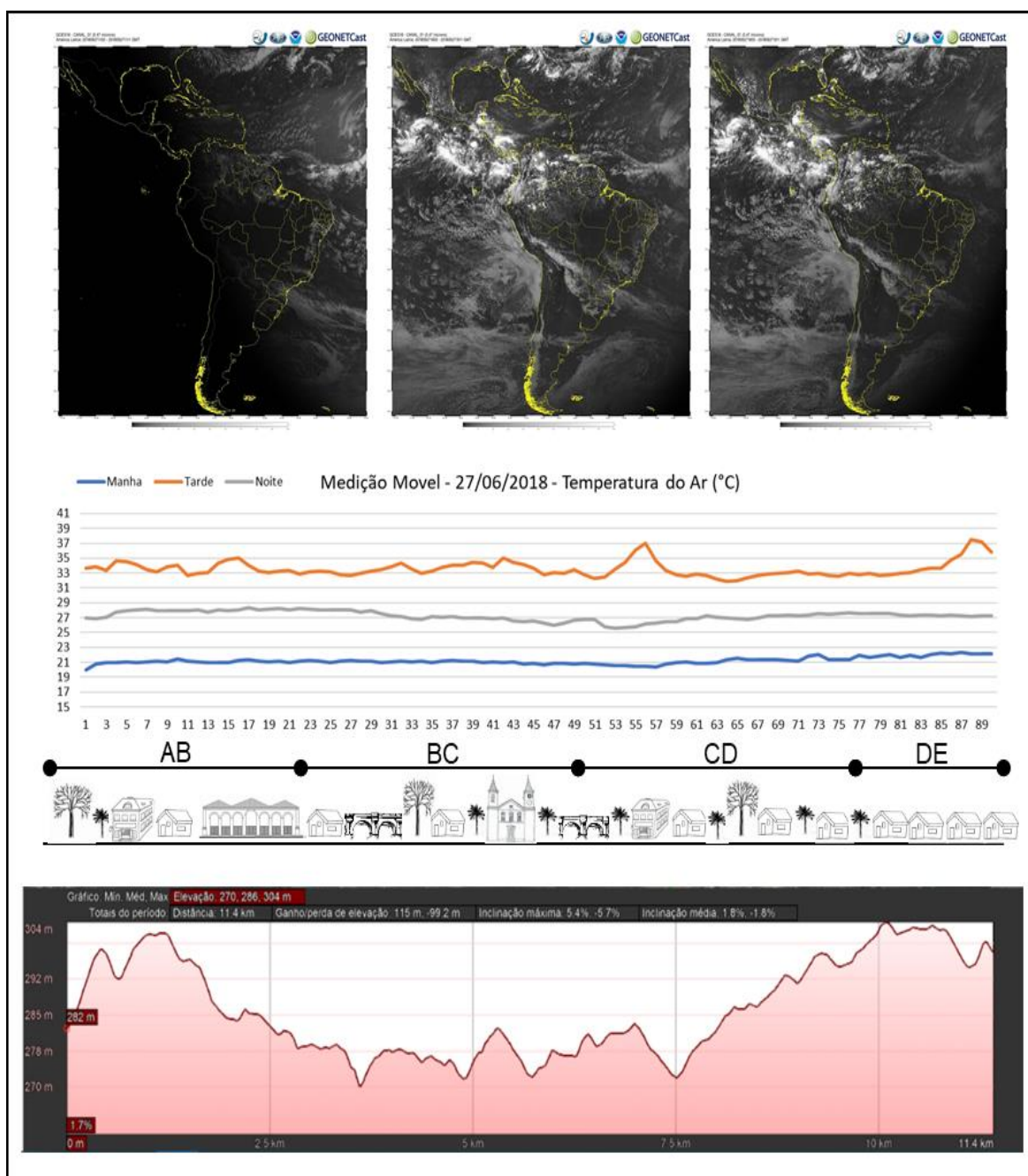
Durante a noite a nebulosidade diminuir. No trajeto verificamos uma amplitude de 2,7°C. Sendo o maior registro medindo 28,3°C e o menor 25,6°C.

No início do segmento AB as temperaturas firam na casa dos 37°C, ao passo que adentramos no bairro favela, temos o aumento de 1°C. Em setores do bairro que apresentam lotes vazios, há novamente a diminuição de 1°C. Só na segunda parte do segmento, no centro d cidade, que averiguamos o aumento da temperatura até 28,3°C.

No segmento BC, verificamos novamente a queda dos valores. Com atenção ao gráfico, é possível perceber a influência do rio a diminuição dos valores de temperatura. Ao cruzar as duas pontes foi aferido o valor de 26,8°C.

Na primeira parte do segmento CD encontramos o menor valor de temperatura para o trajeto: 25,6°C. Nesta parte há consolidação de uma mata ciliar, capaz de gerar o resfriamento da superfície mais rápido do que os locais com alta carga de materiais construtivos. Já na segunda metade do segmento, aferimos um aumento de até 2°C. Devido a consolidação da massa edificada nesse segmento, pode-se denotar que esse segmento tem um potencial em acumular calor latente.

Prancha 1 – Experimento I: temperatura do ar



Fonte: Autor.

7.1.1.2 Perfil da Umidade relativa do ar

O processo de análise da umidade relativa ar foi mais simples, tendo em vista a baixa variação dos valores durante cada percurso no dia. De maneira geral, esse experimento apresentou os maiores valores para pesquisa, chegando na casa dos 68%.

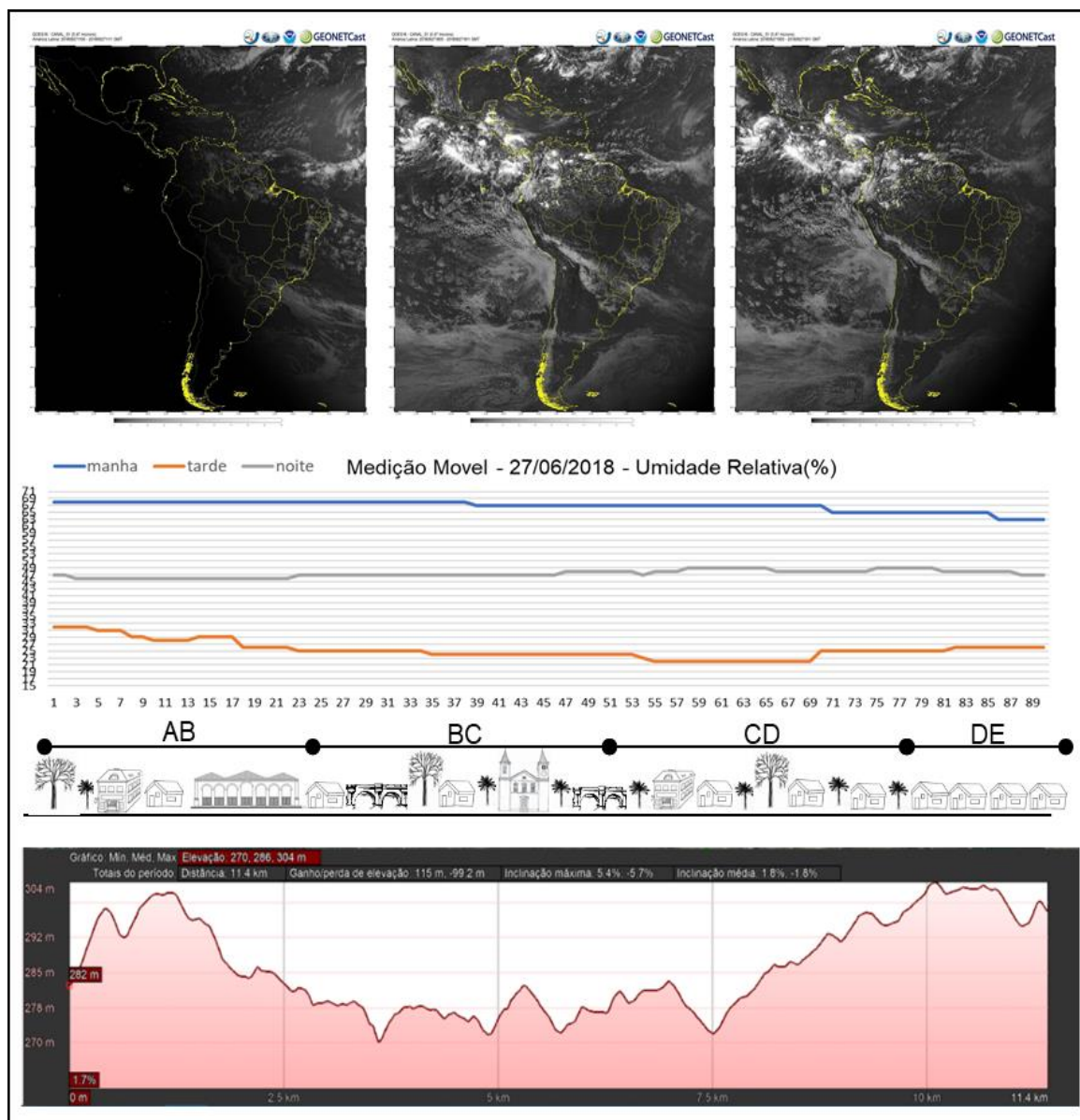
No trajeto da manhã os valores de umidade não variaram mais do que 5%. No segmento AB predominou um montante de 68%. Nos segmentos BC e CD verificamos o volume de 67%. Já no segmento DE verificamos o valor de 63%.

No percurso da tarde encontramos a maior variação, chegando a uma diferença de 46%. No segmento AB aferimos um valor de 37%. Conforme o comportamento do gráfico, a medida em que os segmentos iam se aproximando dos locais mais rebaixados, os valores de umidade diminuía. No segmento CD, em função da alta interceptação do sol pela superfície, foi registrado menor umidade, 22%.

Finalmente, no período noturno, o transecto móvel evidenciou uma baixa variação, ficando na casa dos 47%. Nota-se que medida que o percurso vai chegando aos pontos mais deprimidos da cidade, o valor aumenta levemente, como é o caso para o segmento CD que apresentou um montante de 49%.

Uma questão importante para o uso das medições móveis em locais que experimentam o fator da continentalidade associado a posição latitudinal próximo ao equador. Durante cada trajeto as amplitudes não são consideráveis, mesmo que os valores sejam elevados para a condição sensível dos organismos. Contudo, com a amplitude diária, constatamos um outro ponto de vista, ao constar que a umidade relativa do Experimento I chegou a uma variação diária de 46%, tendo em vista o horário da manhã e tarde. O mesmo acontece com a temperatura do ar, onde foi verificado uma amplitude térmica diária de 17,5°C.

Prancha 2 – Experimento I: umidade relativa do ar



Fonte: Autor.

7.1.2 Experimento II: dia 29 de setembro de 2018.

O segundo trajeto de medições moveis durante o ano, foi realizado no início da primavera austral. Nos dias que antecederem o trabalho de campo, a dinâmica atmosférica proporcionou manhãs parcialmente nubladas. Com o avançar do dia, principalmente com o aquecimento da superfície, a nebulosidade cessou. Todavia, para o esse período do ano, predomina a estabilidade climática. (Prancha 3 e 4)

7.1.2.1 Perfil da temperatura do ar

7.1.2.1.1 Trajeto da manhã

Este percurso iniciou às 06hrs, partindo do setor oeste da cidade, com alta nebulosidade, porém sem presença de chuva. Conforme o avanço do transecto sobre a área mais edificada, foram registrando aumentos sutis nos valores de temperatura, traduzindo as respostas aos diferentes tipos de superfícies na composição de ambiente urbano. Vale salientar que após as 06 hrs alguns locais no decorrer da medição já iniciava o processo de aquecimento pela interceptação dos raios solares, principalmente na última sessão do trajeto.

No segmento AB aferimos uma variação de 1,5°C comparando o início ao fim da sessão. O início foi medido 22,5°C em local aos arredores da cidade, bem próximo ao açude da cidade. E ao final do segmento, no centro da cidade foi conferido o valor de 24°C. Mesmo com o sutil aumento, evidenciando o efeito dos materiais construtivos no as variações térmicas de acordo com as características do sítio.

Já no segmento BC o processo foi oposto. No início do segmento foi medido 23,5°C próximo a primeira ponte de entrada no bairro ilha, ao passo que na segunda ponte, numa área de transição com a massa edificada da cidade como um todo, medimos 22,8°C. Mostrando como o Rio e sua mata ciliar provoca uma atenuação no processo de aquecimento da superfície, que por sua vez reverbera na temperatura do ar, mantendo com menores valores comparados a outras áreas.

O Segmento CD apresentou pouca variação, ficando na casa dos 23°C. Apenas na transição com o segmento DE pode-se aferir um aumento de 1°C tendo em vista o aumento da massa edificada com lotes longos e casas germinadas. Esta última sessão manteve-se mais quente em função da proximidade das 7hrs que implica já em um aquecimento progressivo da superfície, somado aos característica do pronto final, representado por um bairro em processo de criação.

7.1.2.1.2 Trajeto da tarde

O percurso da tarde apresentou os maiores valores para a pesquisa, chegando a medir 40,5°C. Enquanto que a mínima para o trajeto foi de 37,6°C. Uma característica que fez com que houvesse variações no perfil térmico foi a exposição

das ruas perante o sol. Nas ruas que as fachadas dos imóveis, bem como a arborização urbana geravam sombra, podemos constatar uma diminuição dos valores de temperatura do ar.

No segmento AB nos pontos iniciais os valores de temperatura do ar ficaram na casa dos 37°C, porém quando o automóvel passou próximo a um lote vazio com solo exposto a temperatura aumentou para 39°C, uma alteração de 2°C de forma repentina, implicando no potencial de acumulação da superfície de solo exposto, assim como foi verificado na análise do perfil de temperatura de superfície (Figura 08). Outra característica da sessão é que no centro da cidade, por apresentar imóveis acima de 2 andares, somada a orientação da rua frente ao sol, houve a diminuição da temperatura de 39°C para 37,7°C. Isto ocorreu em função do efeito do sombreamento gerado na parte inicial do percurso pelo centro. Ao final do segmento nas ruas com exposição ao sol, houve aferição na casa dos 38°C.

No segmento BC, no qual encontramos a influência da rede de drenagem do rio Poti, verificamos variações de 2°C em função das ruas com sombreamento e as ruas com orientação oeste. Basicamente, os valores ficaram entre 39°C e 37°C. Reforçando a importância do rio na manutenção do equilíbrio térmico da cidade.

O segmento CD apresentou a maior medida registrada no trajeto, no valor de 40,5°C. Contudo é um segmento caracterizado por apresentar uma massa edificada menos do que no centro da cidade. O fator para o disparo no valor da temperatura está na orientação da rua, bem como a pouca eficiência da arborização urbana. O local que foi verificado essa medida é a praça de entrada do IFCE, nele há uma carga de material pavimentar considerável, com uma alta exposição ao sol. Em contrapartida, ao final do segmento verificamos uma atuação da temperatura, principalmente por cruzar o rio em uma posição mais rebaixada frente aos arredores.

No segmento final DE o menor valor de 37,7°C foi aferido no bairro São Vicente, em função do sombreamento das ruas devido ao bairro estar situado em um setor mais baixo altimetricamente. A medida que o segmento vai chegando a sua parte final, verificamos um aumento da temperatura para a casa dos 39°C, evidenciando o efeito da exposição ao sol, bem como o aumento da carga de materiais construtivos em detrimento à vegetação urbana.

7.1.2.1.3 Trajeto da noite

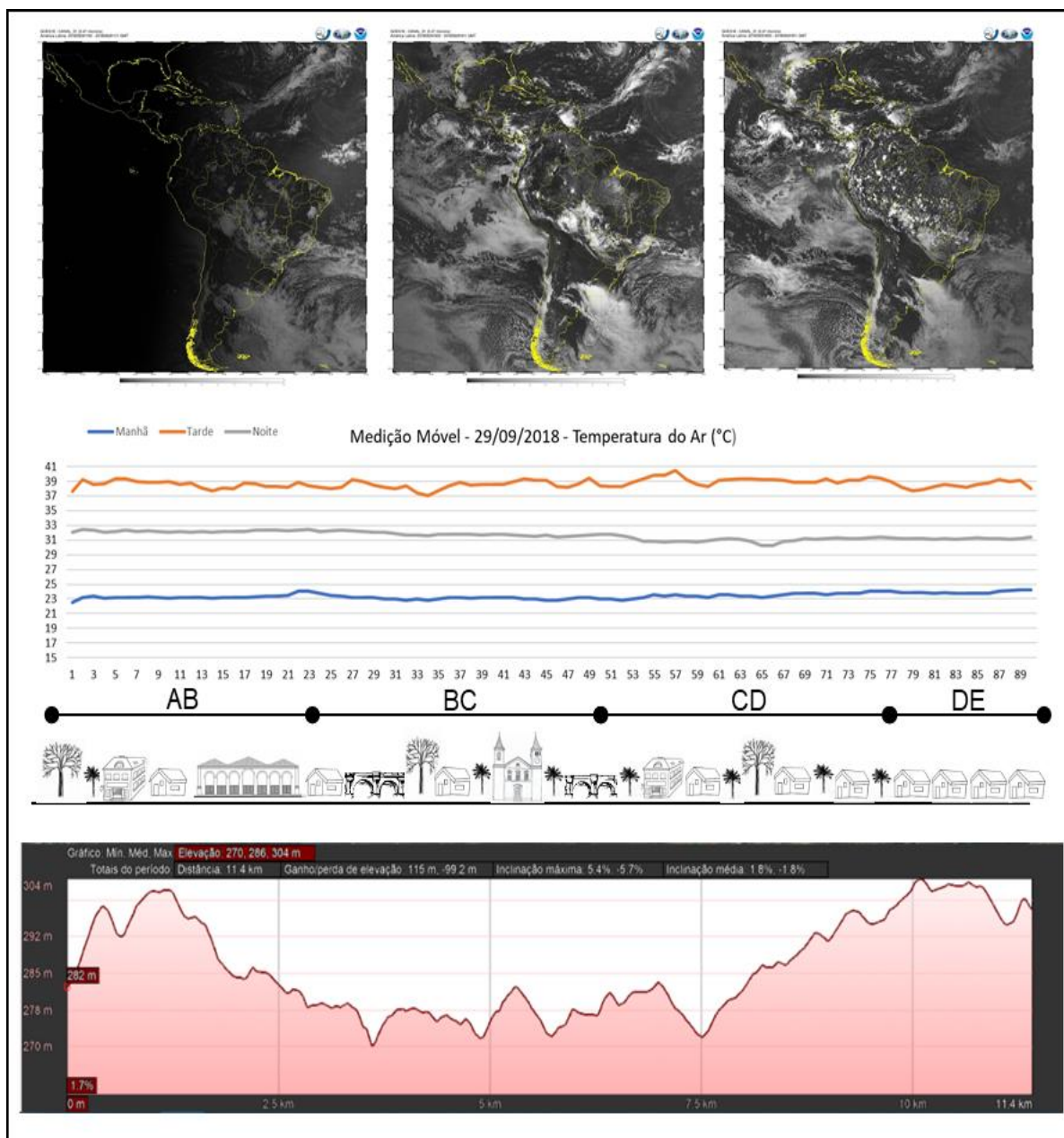
No percurso noturno, às 20 hrs, verificamos uma variação de 2,2°C. Basicamente aos valores ficaram na casa dos 32°C no início do trajeto e com a proximidade das 21 hrs, somado ao processo de resfriamento as temperaturas ficaram na casa dos 31°C. Vale ressaltar o efeito do rio na diminuição dos valores chegando a casa dos 30°C.

No segmento AB os valores ficaram na casa dos 32°C variando até 0,5°, considerado uma variação pequena. Devido ao sobreamento de parte das ruas do centro a partir da tarde, o final do desse segmento foi aferido uma diminuição para a casa dos 31°C.

No segmento BC houve pouca variação ficando na casa dos 31°C. Esse segmento durante todo seu trajeto apresentou variação significativa, fortificando denotando um bairro mais aprazível diante outros bairros é cruzado.

Nos segmentos CD e DE houve a influência processo de resfriamento da superfície, a partir desses segmentos a projeção da temperatura tende a diminuir. Com destaque para o cruzamento do rio no final do segmento CD, onde foi verificado a menor temperatura para o percurso, no valor de 30,3°C. No segmento DE houve um leve aumento da temperatura, mas não passou dos 31,5°C.

Prancha 3 – Experimento II: temperatura do ar



Fonte: Autor

7.1.2.2 Perfil da umidade relativa do ar

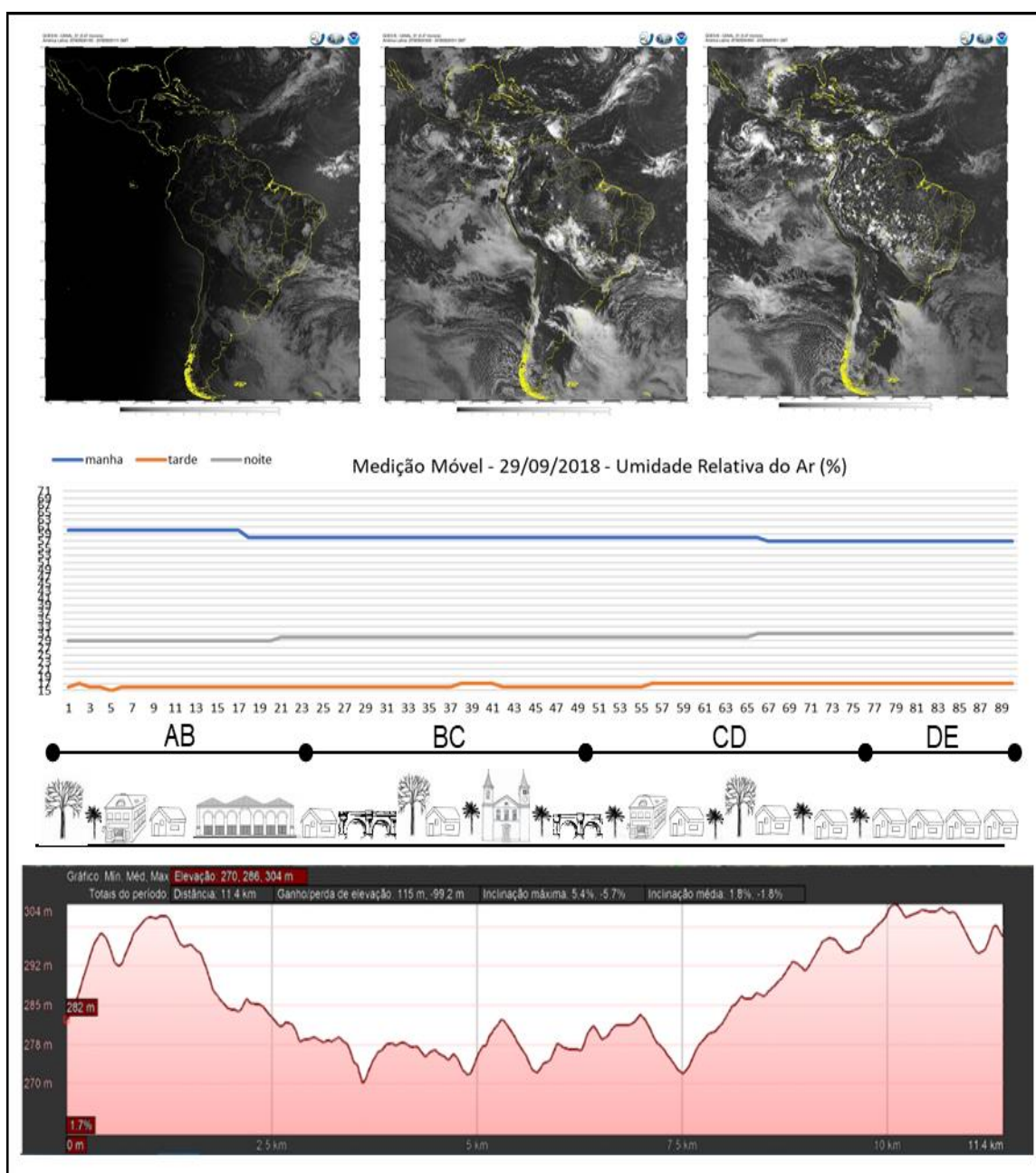
O comportamento dos valores de umidade não teve muita significância no sentido de avaliar as variações por segmento no trajeto. Contudo, conforme a Figura 12 podemos constatar uma variação maior entre o período do dia, ficando marcado como durante o período da tarde os valores chegam a valores extremamente baixos.

Durante a manhã aferimos valores na entre 60% a 57%. Essa leve variação teve como força motriz o aumento da massa edificado durante o percurso. Já na parte

da tarde verificamos os menores valores, chegando a 16%. Não houve variação para esse trajeto do dia.

A noite os valores ficaram mais próximos ao que foi registrado durante a manhã. A projeção foi de aumento muito a medida em que se chegava ao final do percurso. A variação foi de 29% a 31%.

Prancha 4 – Experimento II: umidade relativa do ar.



Fonte: Autor

7.2 Análise da termohigrométrica das residências da cidade por meio de pontos fixos.

A proposta desse ponto é analisar as condições dos elementos do clima em um momento climático característico no semiárido, como período em que os níveis de umidade ficam baixos e os de temperatura elevam-se, criando uma premissa para o desconforto térmico. E assim alcançando o objetivo da tese.

Na construção da análise para esse ponto da investigação deparou-se com alguns percalços de ordem técnica e do fator dinâmico das condições do tempo atmosférico, mediante as tele conexões entre oceano-atmosfera, por exemplo. O período disponível (outubro/ novembro) para realização dos experimentos esteve marcado por condições de dinâmica atmosférica influenciada por fenômenos de ciclos longos, no que diz respeito a suas ocorrências.

De todo modo, a investigação no interior das residências possibilita a compreensão ambiente climático interno, gerando a possibilidade analisar como esses ambientes podem condicionar diferentes formas de adaptação, diagnosticando os impactos positivos e negativos para um planejamento urbano relacionado aos elementos que compõem a natureza.

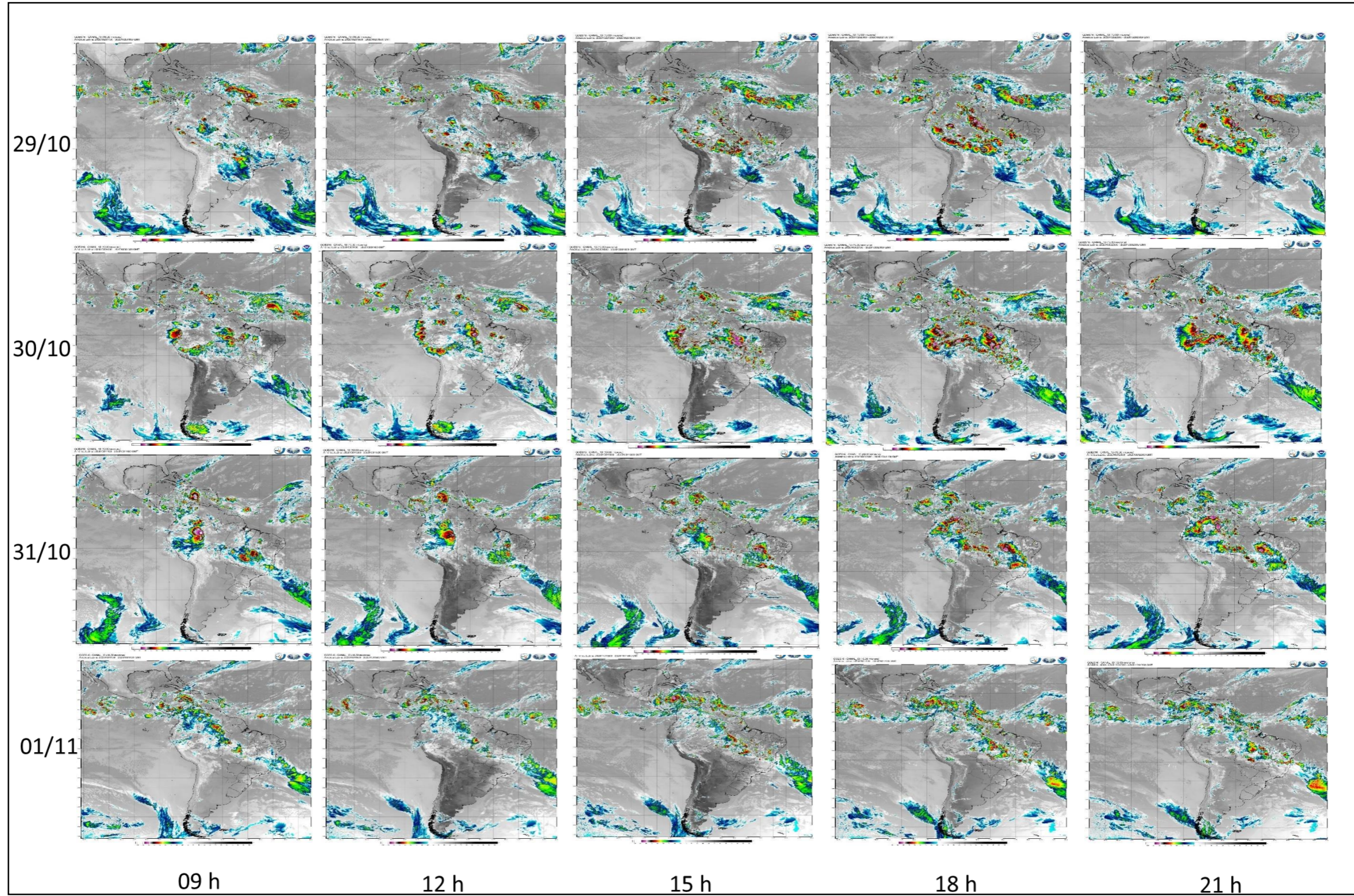
A ideia com essa análise é realizar a comparação de como ambientes residenciais, conforme as diferentes classes sociais contida na amostragem. Reforçando os grupos sociais: Indígenas; Beneficiários de programas habitacionais; Composição familiar tradicional, oriunda da pecuária; Moradores de margem (do rio) e classes altas em bairros de alto padrão.

7.2.1 Análise da dinâmica regional para o Experimento I - Outubro

Conforme o trato teórico e metodológico, trataremos nesta sessão trataremos sobre a dinâmica climática regional.

Conforme o Quadro 17 é possível verificar que durante os dias 29 e 30 verifica-se uma estabilidade atmosférica em função, possivelmente, da região de Crateús está sobre influência da massa de ar equatorial atlântica (mEa). Já que esses dias se mostraram baixa nebulosidade durante o período diurno.

Quadro 17 - Características regional da atmosfera para o experimento 1



Fonte: CPTEC, 2020

Nos dias 31/10 e 01/11 foram dias com maior nebulosidade, sobretudo durante a parte da tarde.

7.2.2 Perfil termo higrométrico nas residências para o-Experimento I

No primeiro experimento (Quadro 18 e 19), temos a representação das condições do período seco. Nota-se de modo de geral, que a residência do bairro Altamira apresentou as maiores intensidades a nível de temperatura e umidade. Seguido da residência do Dom Fragoso e Margem Esquerda. As residências do Centro e do Morada dos Ventos I se mostraram com os menos números de temperatura, indicando espaços mais confortáveis

Nas residências de Altamira e Margem Esquerda nota-se um processo de aquecimento mais rápido durante o dia, que as residências do Dom Fragoso, Centro e Morada dos Ventos I. Neste último, percebe-se que o resfriamento da residência ocorre de forma lenta, ao passo que durante a noite, nota-se que essa residência apresenta os maiores valores de temperatura às 23 hrs. Haja vista a função comercial que a residência apresenta, o que motivou para isso.

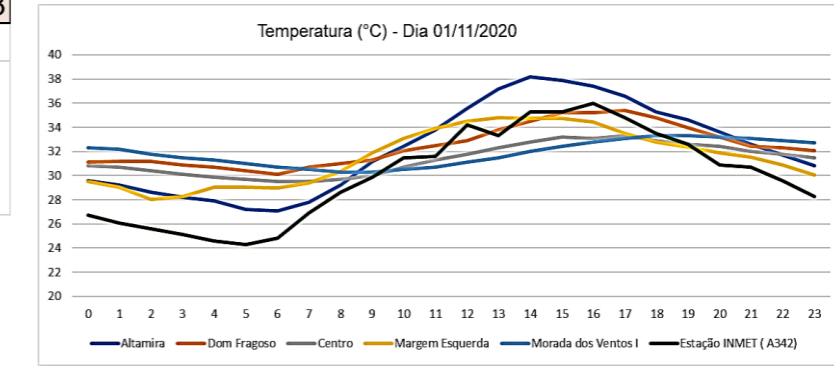
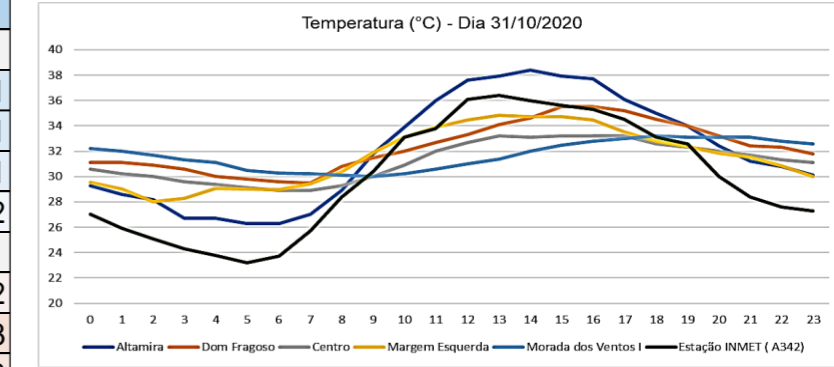
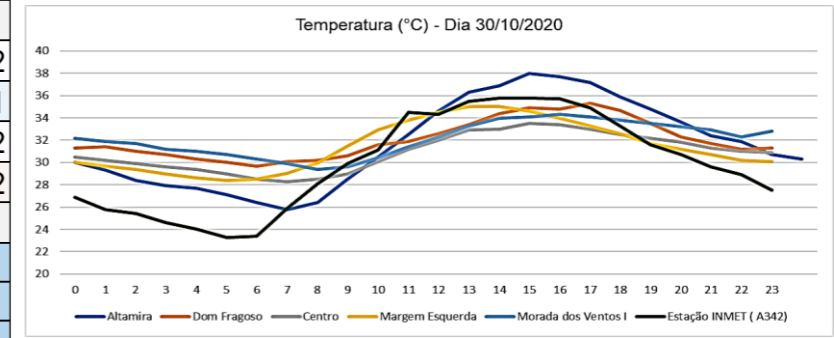
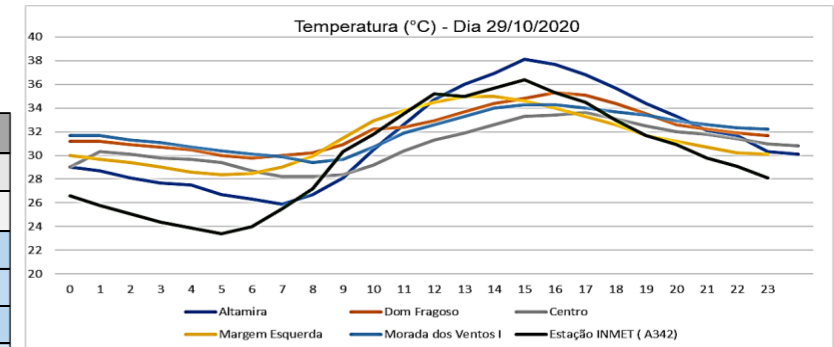
Os pontos da Altamira e Dom Fragoso foram os locais com os maiores índices de temperatura. São locais de moradia de uma população e baixa. O que já denota como esse as populações de renda baixa apresentam um desafio adaptativo frente aos eventos climáticos.

Do ponto de vista da umidade, nota para esse período durante a manhã, os pontos apresentaram-se relativamente úmidos. Com exceção a residência do Dom Fragoso, que pôr está distante de recursos hídricos e em um bairro com índice de vegetação baixo, apresentou um quadro de umidade mais baixa durante período da madrugada, quando comparado com os demais pontos.

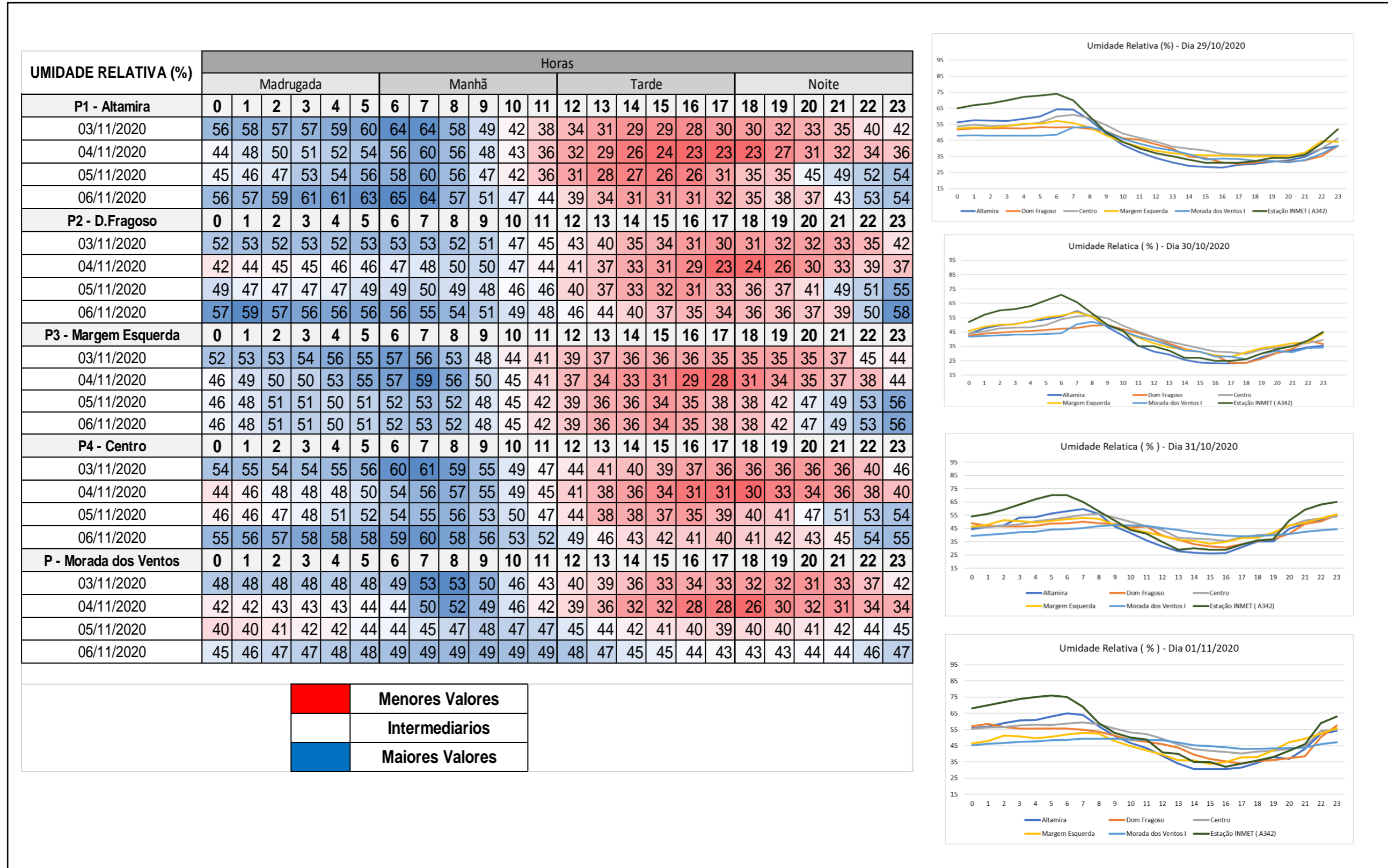
Quadro 18 – Características de temperatura entre os pontos amostrais no experimento I

TEMPERATURA (°C)	Horas																							
	Madrugada					Manhã					Tarde					Noite								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
P1 - Altamira	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
29/10/2020	29	28	28	28	27	26	26	27	28	31	33	35	36	37	38	38	37	36	34	33	32	32	30	30
30/10/2020	29	28	28	28	27	26	26	26	29	31	33	35	36	37	38	38	37	36	35	34	32	32	31	30
31/10/2020	29	29	28	27	27	26	26	27	29	32	34	36	38	38	38	38	38	36	35	34	32	31	31	30
01/11/2020	30	29	29	28	28	27	27	28	29	31	32	34	36	37	38	38	37	37	35	35	34	33	32	31
P2 - D.Fragoso	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
29/10/2020	31	31	31	31	31	30	30	30	30	31	32	32	33	34	34	35	35	35	34	34	33	32	32	32
30/10/2020	31	31	31	31	30	30	30	30	30	31	32	32	33	33	34	35	35	35	35	34	34	32	32	31
31/10/2020	31	31	31	31	30	30	30	30	31	32	32	33	33	34	35	36	36	35	35	34	33	32	32	32
01/11/2020	31	31	31	31	31	30	30	31	31	31	32	33	33	34	35	35	35	35	35	34	33	32	32	32
P3 - Margem Esquerda	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
29/10/2020	30	30	29	29	29	28	29	29	30	31	33	34	35	35	35	35	34	33	33	32	31	31	30	30
30/10/2020	30	30	29	29	29	28	29	29	30	31	33	34	35	35	35	35	34	33	33	32	31	31	30	30
31/10/2020	30	29	28	28	29	29	29	29	30	32	33	34	34	35	35	35	34	34	33	32	32	32	31	30
01/11/2020	30	29	28	28	29	29	29	29	30	32	33	34	34	35	35	35	34	34	33	32	32	32	31	30
P4 - Centro	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
29/10/2020	30	30	30	30	29	29	28	28	28	29	30	31	32	33	33	33	34	33	33	32	32	31	31	31
30/10/2020	31	30	30	30	29	29	29	28	29	29	30	31	32	33	33	34	33	33	33	32	32	31	31	31
31/10/2020	31	30	30	30	29	29	29	29	29	30	31	32	33	33	33	33	33	33	33	32	32	32	31	31
01/11/2020	31	31	30	30	30	30	30	30	30	30	31	31	32	32	33	33	33	33	33	33	32	32	32	32
P - Morada dos Ventos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
29/10/2020	32	32	31	31	31	30	30	30	29	30	31	32	33	33	34	34	34	34	34	33	33	33	32	32
30/10/2020	32	32	32	31	31	31	30	30	29	30	30	31	32	33	34	34	34	34	34	34	33	33	32	33
31/10/2020	32	32	32	31	31	31	30	30	30	30	30	31	31	31	32	33	33	33	33	33	33	33	33	33
01/11/2020	32	32	32	32	31	31	31	31	30	30	31	31	31	32	32	32	33	33	33	33	33	33	33	33

Menores Valores
Intermediarios
Maiores Valores



Quadro 19 – Características de umidade entre os pontos amostrais no experimento I



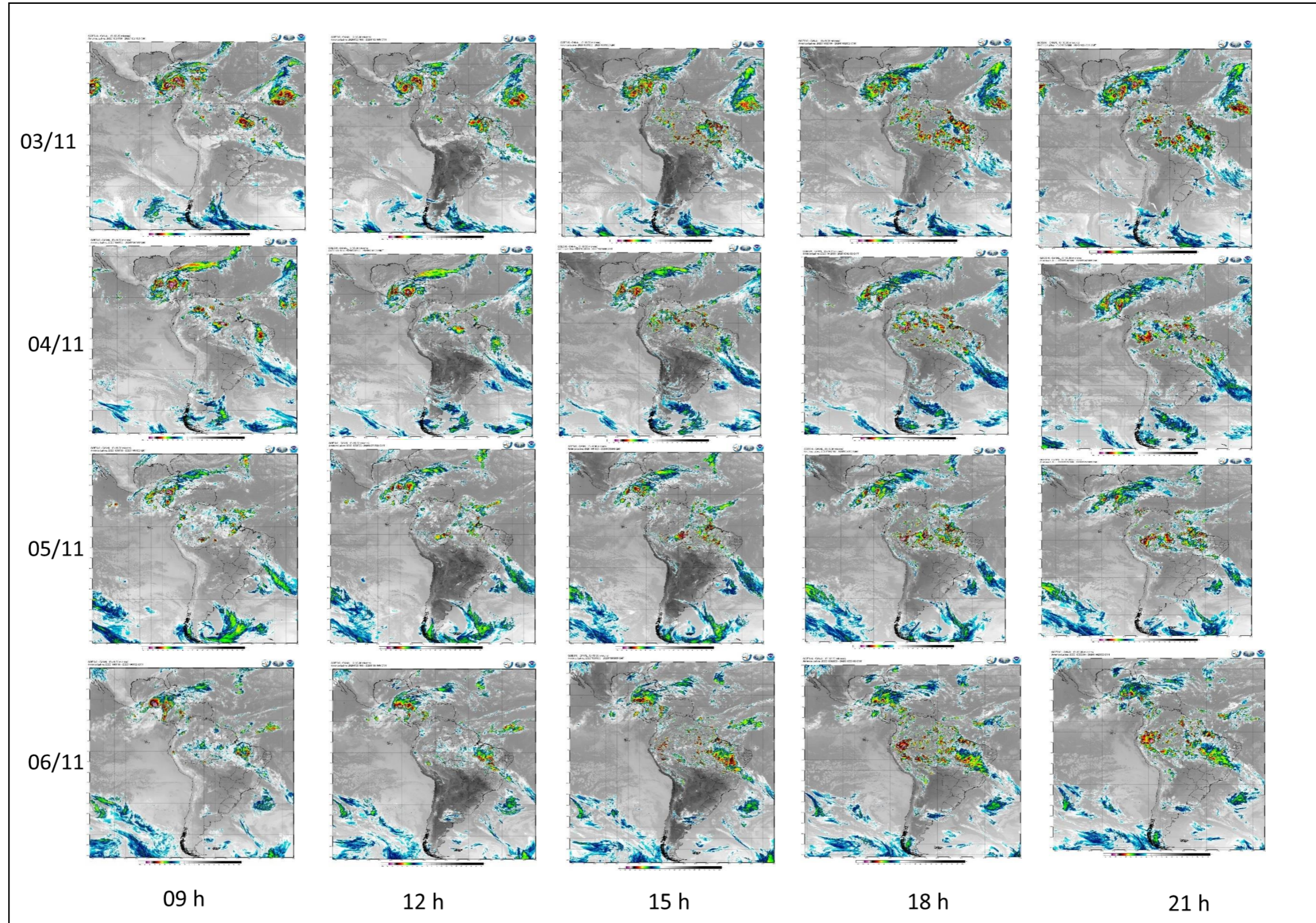
Elaboração: Autor

7.2.3 Análise da dinâmica regional para o Experimento II – Novembro

A escolha desse período se deu em função do contraste encontrado pela atuação de um Vórtice Ciclônico formado na porção leste do Atlântico, o que contribuiu para a geração de nuvens nos estados Piauí e Maranhão. Assim, Crateús passou a receber influência desse sistema, como posição a borda de uma grande área de convecção formada nos estados mencionados.

Nesse sentido buscou com esse período realizar uma leitura de contrastes dentro da estação seca no semiárido, como forma de revelar um padrão excepcional para esse período, se aproximando das condições ambíguas a quadra chuvosa.

Quadro 20 – Características regional da atmosfera para o experimento 2



Elaboração: Autor

7.2.4 Perfil termo higrométrico nas residências para o Experimento II

Nesse experimento, com a passagem de um sistema atmosférico causado de chuva, verificou durante os dias 03 e 04 a manutenção no interior das residências de condições mais amenas, quando comparado com o experimento anterior.

Nota-se que a residência do Altamira apresenta uma grande intensidade dos seus valores durante o dia. Na parte da noite, por está mais distante do adensamento urbano principal da cidade, as temperaturas foram muito semelhantes com as da estação da FUNCEME, variando de 25°C a 27°C. Ao passo que durante a tarde, verifica-se as temperaturas variando de 34°C as 30°C.

O segundo destaque está para a residência do Dom Fragoso, já que foi a segunda residência com maiores valores de temperatura.

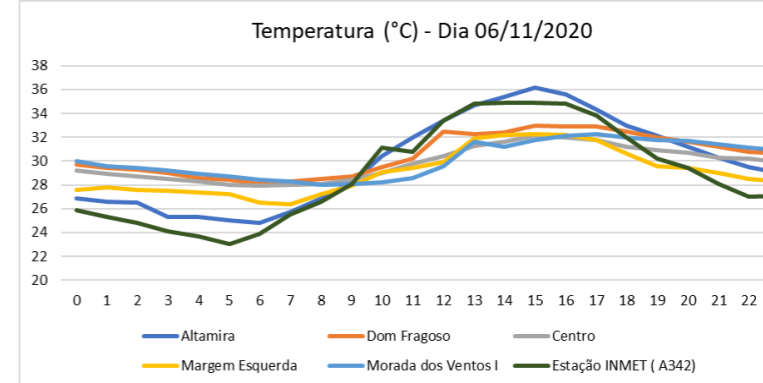
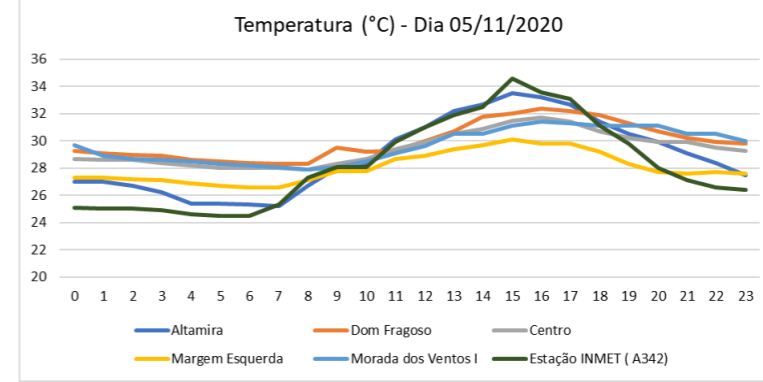
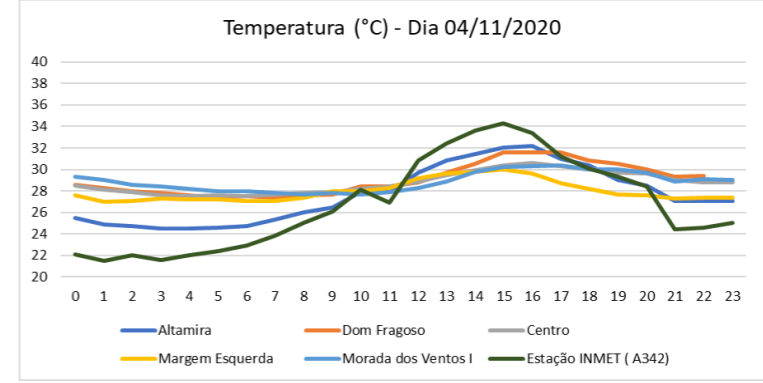
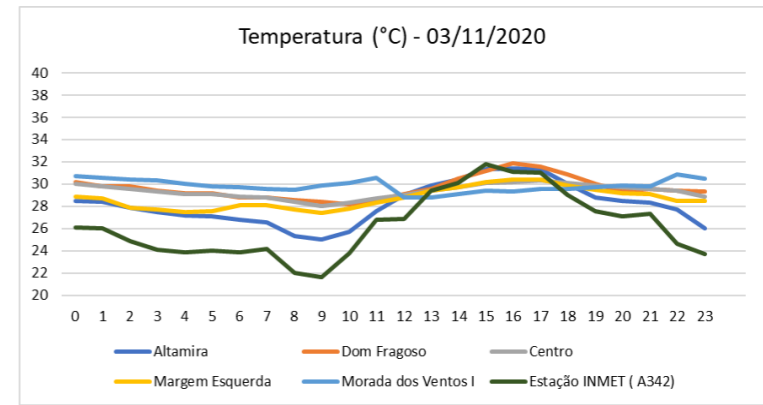
As residências da margem esquerda e do centro foram os ambientes que apresentaram as menores temperaturas durante o experimento, são locais que apresentam um espaçamento mais amplo dos limites da propriedade, o que colabora para um efeito mais duradouro das condições de amenização das temperaturas e umidades.

Percebe-se novamente que a residência do Morada dos Ventos I apresenta uma perda térmica mais lenta em função da construção aproveita a inércia térmica para o equilíbrio da residência. Além disso, anoite funciona o serviço de comercio alimentício.

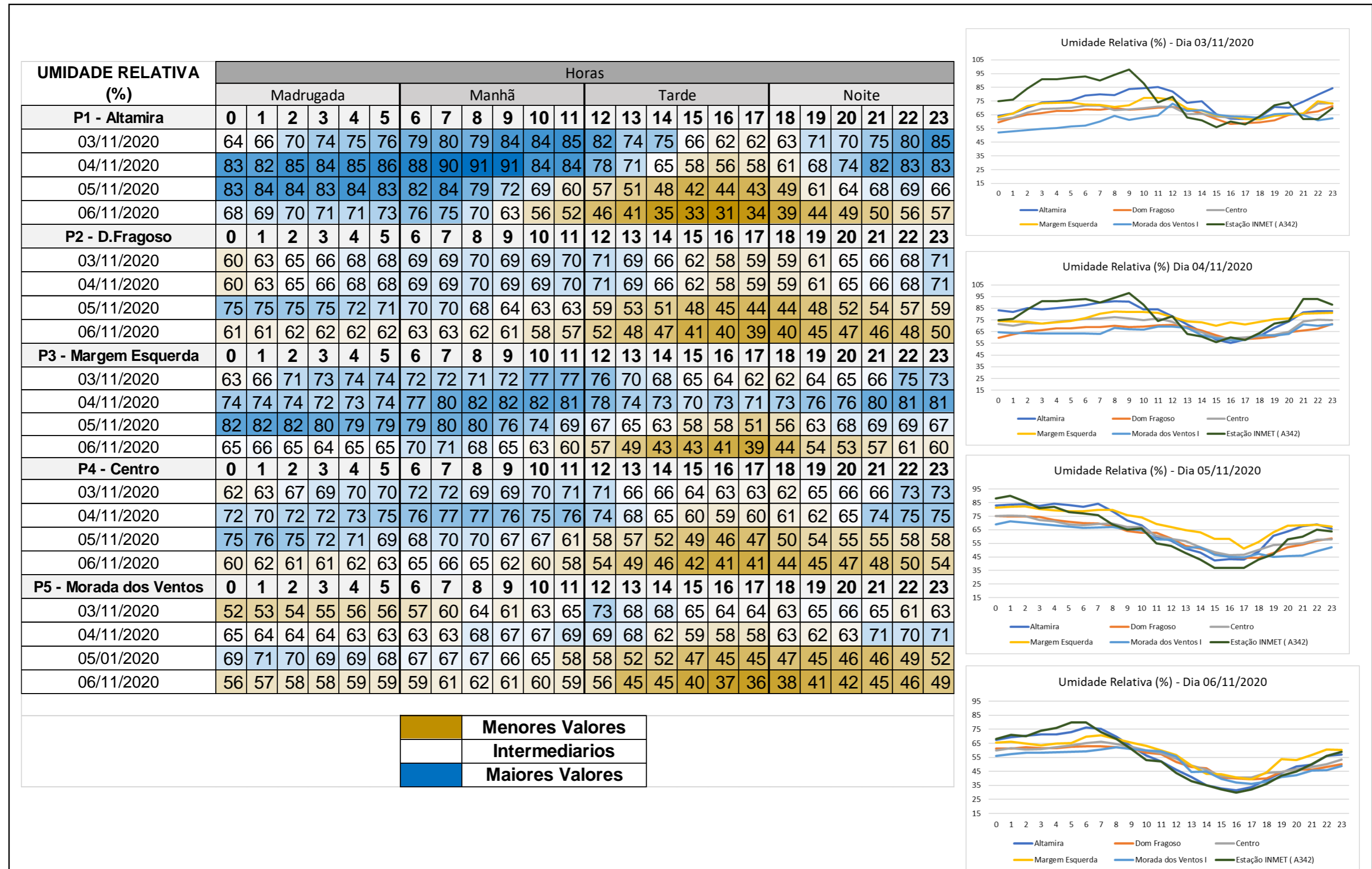
Quadro 21 – Características de temperatura entre os pontos amostrais no experimento I

TEMPERATURA (°C)	Horas																							
	Madrugada					Manhã					Tarde					Noite								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
P1 - Altamira	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
03/11/2020	29	28	28	28	27	27	27	27	25	25	26	28	29	30	30	31	31	31	30	29	29	28	28	26
04/11/2020	26	25	25	25	25	25	25	25	26	27	28	28	30	31	31	32	32	31	30	29	29	27	27	27
05/11/2020	27	27	27	26	25	25	25	25	27	28	28	30	31	32	33	34	33	33	31	31	30	29	28	28
06/11/2020	27	27	27	25	25	25	25	26	27	28	30	32	33	35	35	36	36	34	33	32	31	30	30	29
P2 - D.Fragoso	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
03/11/2020	30	30	30	29	29	29	29	29	29	28	28	29	29	30	31	31	32	32	31	30	29	30	29	29
04/11/2020	29	28	28	28	28	27	28	27	28	28	28	28	29	30	31	32	32	32	31	31	30	29	29	29
05/11/2020	29	29	29	29	29	29	28	28	28	30	29	29	30	31	32	32	32	32	32	31	31	30	30	30
06/11/2020	30	29	29	29	29	28	28	28	29	29	30	30	33	32	32	33	33	33	33	32	32	31	31	31
P3 - Margem Esquerda	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
03/11/2020	29	29	28	28	28	28	28	28	28	27	28	28	29	29	30	30	30	30	30	30	29	29	29	29
04/11/2020	28	27	27	27	27	27	27	27	27	28	28	28	29	30	30	30	30	29	28	28	28	27	27	27
05/11/2020	27	27	27	27	27	27	27	27	27	28	28	29	29	29	30	30	30	30	29	28	28	28	28	28
06/11/2020	28	28	28	28	27	27	27	26	27	28	29	29	30	32	32	32	32	32	31	30	29	29	29	28
P4 - Centro	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
03/11/2020	30	30	30	29	29	29	29	29	28	28	28	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	29	29
04/11/2020	29	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	29	30	30	30	31	30	30	30	30	29	29	29
05/11/2020	29	29	29	28	28	28	28	28	28	28	29	29	30	31	31	32	32	31	31	30	30	30	30	29
06/11/2020	29	29	29	29	28	28	28	28	28	28	29	30	30	31	32	32	32	32	31	31	31	30	30	30
P5 - Morada dos Ventos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
03/11/2020	31	31	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31	29	29	29	29	29	30	30	30	30	30	31	31
04/11/2020	29	29	29	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	29	30	30	30	30	30	30	30	29	29	29
05/01/2020	30	29	29	29	29	28	28	28	28	28	29	29	30	31	31	31	31	31	31	33	33	32	32	31
06/11/2020	30	30	29	29	29	29	28	28	28	28	28	29	30	32	31	32	32	32	32	32	32	31	31	31

	Menores Valores
	Intermediarios
	Maiores Valores



Quadro 22 – Características de umidade entre os pontos amostrais no experimento I



Elaboração: Autor

7.3 O conforto térmico nas residências pesquisadas

O índice de conforto os experimentos realizados revelaram dados curiosos. A residência do Altamira, localizada em uma área no entorno da cidade, embora tenha sido o único ponto a apontar situação de conforto térmico durante a noite, nota-se que no período diurno, a partir das 12 até as 18 hrs ocorre o predomínio da classe de estresse devido ao calor.

A residência do bairro dom fragoso no experimento I apresentou condições de estresse devido ao calor semelhantes a Altamira. Porém não houve registro de situação de conforto. Mesmo em sob condições atmosféricas favoráveis para amenização do índice de conforto, essa residência apresentou situação de estresse ao calor no experimento II.

Na margem esquerda, notou-se no primeiro experimento que a partir da manhã inicia o período de maior estresse térmico ao calor, mais cedo que os outros pontos. E no experimento II verifica-se uma homegeinação da o índice. Mesmo marcando desconforto ao calor, consideramos que essa classe é mais pessoal, podendo ser confortável para alguns indivíduos, enquanto generalização do enfeito de conforto

No Centro verificou-se uma redução do tempo sobre o estado de estresse ao calor, evidenciando que a residência apresenta uma maior capacidade de manter situação de conforto. Isso é possibilitado pois a casa apresenta uma ampla estrutura, além de conter um jardim de inverno no interior da residência, q que favorece para os equilíbrios dos padrões termohigrométrios, favorecendo a esses elementos

O ponto do Morada do Ventos I se destacou por apresenta os momentos de estresse ao calor durante o final da tarde até anoite, entre 18 e 21 hrs.

Quadro 23 – Conforto térmico para os pontos de medição.

		Experimento I						Experimento II							
P1 - Altamira		6 hr	9 hr	12 hr	15 hr	18 hr	21 hr			6 hr	9 hr	12 hr	15 hr	18 hr	21 hr
	29/out	73,8	78,4	83,5	84,7	80,7	78	03/nov	76,2	74,1	79,4	81,1	79,2	77,9	
	30/out	72,9	78,3	83,4	83,7	79,8	77,8	04/nov	74	76,6	80	81,3	79,5	76,8	
	31/out	73,7	79,8	85,1	84,5	82,4	79,3	05/nov	74,4	77,3	79,9	81,5	79,5	78,4	
	01/nov	75,5	79,5	83,7	85,3	82,6	80,4	06/nov	73,3	76,79	81,8	83,5	80,3	78,2	
P2 – D. Fragoso		6 hr	9 hr	12 hr	15 hr	18 hr	21 hr			6 hr	9 hr	12 hr	15 hr	18 hr	21 hr
	29/out	77,9	79,1	80,4	81,9	80,9	78,3	03/nov	78,1	77,5	78,6	80,6	80	78,9	
	30/out	77,1	78,6	80,1	81,5	79,7	77,7	04/nov	76,3	76,6	78,2	81,2	79,9	78,5	
	31/out	77,2	79,6	80,8	82,4	81,8	80,8	05/nov	77,6	78,6	78,7	80,2	79,6	78,5	
	01/nov	78,5	79,7	81,1	82,9	82,2	79,5	06/nov	76,6	77,3	81,3	80,6	79,4	78,9	
P3 – Margem Esquerda		6 hr	9 hr	12 hr	15 hr	18 hr	21 hr			6 hr	9 hr	12 hr	15 hr	18 hr	21 hr
	29/out	76,6	79,6	82,2	81,9	78,5	77,1	03/nov	77,4	76,5	78,7	79,6	78,9	78,2	
	30/out	76,5	79,8	82	81,1	78,5	77,1	04/nov	76,4	78	79,3	79,8	77,6	77	
	31/out	76,6	80,1	82,3	81,7	79,9	79,7	05/nov	75,9	77,3	78,1	78,8	77,4	76,4	
	01/nov	76,6	80,1	82,3	81,7	79,9	79,7	06/nov	75,1	76,6	78,4	79,9	77,9	77,2	
P4 - Centro		6 hr	9 hr	12 hr	15 hr	18 hr	21 hr			6 hr	9 hr	12 hr	15 hr	18 hr	21 hr
	29/out	76,5	77,2	79,6	80,8	79,2	77,8	03/nov	78,4	77	78,5	79,3	79,2	78,9	
	30/out	76,2	77	79,3	80,1	78,1	77,6	04/nov	76,9	77,5	78,6	79,4	79	78,7	
	31/out	76,7	78,2	80,6	80,3	79,9	80,1	05/nov	77	77,3	78,6	79,6	78,8	78,2	
	01/nov	78,1	78,4	80,1	81,4	80,5	79,8	06/nov	75,3	77	78,8	79,5	78,6	78	
P5 – Morada dos Ventos I		6 hr	9 hr	12 hr	15 hr	18 hr	21 hr			6 hr	9 hr	12 hr	15 hr	18 hr	21 hr
	29/out	77,8	77,4	79,4	81,1	80,2	78,8	03/nov	78,2	78,8	78,4	78,5	78,6	79,1	
	30/out	77,5	77,2	79,4	80	79,1	78,9	04/nov	76,5	76,6	77,5	79,1	79,1	78,4	
	31/out	77,5	77,5	78,6	79,9	80,7	80,9	05/nov	77,1	76,8	78,1	78,9	78,9	80,5	
	01/nov	78,6	78,1	79,1	80,3	81,3	81,1	06/nov	76,7	76,4	77,9	78,8	78,8	79,1	
		Conforto Termico		60 > ID > 75											
		Desconforto devido ao calor		75 > ID > 80											
		Estresse devido ao calor		> 80											
Fonte: Ono, Kawamura, 1991															

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises da presente pesquisa, fundamentadas pelo conjunto de dados tratados no escopo teórico e metodológico do S. C. U, comprovaram a hipótese de que sob influência dos sistemas atmosféricos, as cidades apresentam respostas térmicas particulares explicadas por suas características geoambientais e urbanas que lhes conferem um clima específico.

Assinala-se que as características urbanas expressas pelo uso da terra confirmam que as áreas densamente construídas e desprovidas de vegetação são mais aquecidas do que o seu entorno. Diferenças térmicas intraurbanas determinaram-se em função do tamanho dos terrenos, da maior ou menor impermeabilização da superfície, da presença da vegetação, entre outras questões vinculadas à estruturação do espaço urbano.

Os resultados corroboram a existência de ilhas de calor (atmosférica e superficial), cuja forma, intensidade e magnitude dependem de vários fatores de derivações naturais e antropogênicas.

No que se refere às condições horárias de conforto térmico, conclui-se que o horário mais desconfortável ao calor, para os ambientes internos, foi o das 15h. São nesses horários que ocorre uma maior incidência da radiação solar sobre as estruturas urbanas. Mas em algumas residências verificou que o momento de maior desconforto foi no início da noite.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003, 159p.
- ALBUQUERQUE, E. L. S.; LIMA, I. M. M. F. Análise dos Sistemas Ambientais no Alto Curso a Bacia Hidrográfica o Rio Poti, Estado do Ceará. In: XI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA - SINAGEO, 09., 2016, Maringá. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/6/6-371-1686.html>. Acesso em: 30 ago. 2020.
- ALMUTAIRI, M. K. Derivation of urban heat island for Landsat 8 TIRS Riyadh City (KSA). **Journal of Geoscience and Environment Protection**, n. 3, p. 18-23, 2015.
- AMORIM, M. C. C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP**. 2000. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V.; QUENOL, H.; SANT'ANNA NETO, J. L. **Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França)**. *Confins*, Paris, v. 7, p. 1-16, 2009.
- AMORIM, M. C. C. T.; MONTEIRO, A. **As temperaturas intraurbanas: exemplos do Brasil e de Portugal**. *Confins*, Paris, v. 13, p. 1-18, 2011.
- AMORIM, M. C. C. T. **Teoria e método para estudo das ilhas de calor em cidades tropicais de pequeno e médio porte**. 2017. Tese (Livre-docência) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2017a.
- AMORIM, M. C. C. T. Spatial variability and intensity frequency of surface heat island in a Brazilian city with continental tropical climate through remote sensing. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, n. 9, p. 10-16, 2018.
- ANDRADE, H. O clima urbano: natureza, escalas de análise e aplicabilidade. Finisterra - **Revista Portuguesa de Geografia**, XL (80), 2005, p. 67-91.
- ARAÚJO, R. R. **Clima e vulnerabilidade socioespacial: uma avaliação dos fatores de risco na população urbana do município de São Luís (MA)**. Presidente Prudente, 289p. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, 2014.
- ARNFIELD, A. J. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water and the urban heat island. **International Journal of Climatology**, n. 23, p. 1-26, 2003.
- AYOADE, J.O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. São Paulo: DIFEL, 2003.

- BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L.; TORRES, S. C. **Clima e cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. Maceió: EDUFAL, 2007, 164p.
- BRANDÃO, A. M. P. **O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro**. MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F (Orgs). Clima urbano. São Paulo: Contexto, 2003.
- CEARÁ. **Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAECE**. Fortaleza: Ministério do Meio Ambiente / Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010
- CHEN, X. L.; ZHAO, H. M.; LI, P. X.; YIN, Z. Y. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. **Remote Sensing of Environment**, n. 106, p. 133-146, 2006.
- CONTI, J. B. O aquecimento global em discussão. In: **América Latina: sociedade e meio ambiente**. 1. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2008.
- COSTA, F. G. (Org.). **Geologia e recursos minerais da folha Crateús: SB. 24-V-C-III**. Fortaleza: CPRM, 2017. Escala 1:100.000.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. **Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. Madrid: Síntesis, 1996.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F.; RASILLA ÁLVAREZ, D. Olas de calor e influência urbana em Madrid y su área metropolitana. Heat waves in urban and suburban Madrid. **Estudios Geográficos**, LXIX, 265, julio-diciembre 2008, p. 495-518. ISSN: 0014-1496.
- FERREIRA, A. G; MELLO, N. G. S. **Principais Sistemas atmosféricos sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da Região**. v. 1. n. 1. Presidente Prudente: Rev, ABClima, 2005.
- FROTA, A. B; SCHIFFER, S. R. **Manual do conforto térmico**. São Paulo: Nobel, 1988.
- GARCÍA, M. C. M. La Intensidad de la “Isla de Calor” de Barcelona. Comparación con otras Ciudades Españolas. **Alisios Revista de Geografía**, Barcelona, v. 1. p. 47-53, 1991.
- GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficinas de Textos, 2010.
- GERALDINHO, PE. Coluna Vertebral dos Sertões de Crateús. In **Academia de Letras de Crateús**. Crateús: 100 Anos. Acad. de Letras de Crateús. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011.
- GONÇALVES, N. M. S. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador. In: MONTEIRO. C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.). **Clima Urbano**. 1. ed., São Paulo: Contexto, 2009, p. 69-91.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 13 out. 2020.

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal**: Crateús. Governo do Estado do Ceará. Fortaleza, 2017. Disponível em: www.ipece.gov.br/publicacoes/perfil_basico/perfil-basico-municipal2013.html. Acessado em: 12 nov. 2017.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**: uma perspectiva em Recursos Terrestres. Tradução de J. C. N. Epiphânio. São José dos Campos, SP: Parênteses, 2009.

KIMUKU, C. W.; NGIGI, M. Study of Urban Heat Island Trends to Aid in Urban Planning in Nakuru County-Kenya. **Journal of Geographic Information System**, v.9. p. 309-325, 2017.

LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F. S.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; ABREU, L. V. A. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. **Fórum Patrimônio. Mudanças climáticas e o impacto das cidades**. Belo Horizonte, v. 4. n. 1, p. 23-42, 2011.

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

SOARES, L. P. **Caracterização climática do Estado do Ceará com base nos agentes da circulação regional produtores dos tipos de tempo**. 2015. 240 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza/CE, 2015.

MELO, E. T. **Diagnóstico Físico Conservacionista da Microbacia Hidrográfica do Riacho dos Cavalos – Crateús/CE**. 2008. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências. Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Fortaleza, 2008.

MENDONÇA, F. **O clima urbano e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno**: proposições metodológicas e sua aplicação à cidade de Londrina/PR. 1994. Tese de doutorado, 1994.

MENDONÇA, F. Clima e planejamento urbano em Londrina: proposição metodológica e de intervenção urbana a partir do estudo do campo termo-higrométrico. In: MONTEIRO, C. A. de F. e MENDONÇA, F de A. (org). **Clima Urbano**: São Paulo: Contexto, 2003. p. 93-120.

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

MENEZES, P.M.L.; FERNANDES, M. C. **Roteiro de Cartografia**. São Paulo: Oficina de Textos, 288, 2013.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. Teses e Monografia, São Paulo, n. 25, 1976.

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

MOURA, M. O. **O clima Urbano de Fortaleza sob o nível do campo térmico**. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-graduação em Geografia, UFC, Fortaleza, 2008, 318p.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

OLIVEIRA, J. R. F. **O clima da cidade de Caucaia-CE sob a perspectiva Termodinâmica**. 2014. 120 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza/CE, 2014

OKE, T. **Boundary layer climates**. London: Methuen & Co, 1978.

ORTIZ, G. F. O. **O clima urbano das cidades do interior do estado de São Paulo: uma análise do campo térmico de Assis, Cândido Mota, Maracá e Tarumã**. 2015. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015.

PAIVA, F. I. B. **Vulnerabilidade Socioambiental em Fortaleza: uma perspectiva a partir do conforto térmico**. (Dissertação de Mestrado). Fortaleza: Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, 2014. 154 p.

PAIVA, J. P. M. **Clima e Ambiente Construído: o caso dos Conjuntos Habitacionais de Fortaleza/CE**. 2018. 277f. tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza/CE, 2018.

PEDELABORDE, P. **Introduction a l'etude scientifique du Climat**. Paris, Société d'Édition d'Enseignement Supérieur, 1970.

PÉTALAS, K. **Estudo da Sensação Térmica e Definição de Limites de Conforto para Espaços Abertos na Cidade de Fortaleza, CE**. (Tese de Doutorado). Fortaleza: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2015. 274 p.

PITTON, S. E. C. **As cidades como indicadores de alterações térmicas**. 1997. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

RUAS, A. C. **Sistematização da Avaliação de Conforto Térmico em Ambientes Edificados e sua aplicação num Software**. (Tese de doutorado). Faculdade de Engenharia Civil, Unicamp, Campinas 2002. 183p.

SALES, V.C. **Geomorfologia do Estado do Ceará**. Palestra proferida para o Curso de Geografia – IFCE Crateús-CE, Dezembro de 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=L0OI1lfc8ic>. Acesso em: 03 dez. 2020.

SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 8, n. 7, p. 45-60, jan./jun. 2011.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado**: fundamentos teóricos e metodológicos da geografia. São Paulo: Hucitec, 1996.

SILVA, A.A.C. **A Expansão dos Institutos Federais e seus rebatimentos na dinâmica socioespacial de Crateús/CE**. 2019. 171 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral/CE. 2019.

SILVA, L. F. G.; SOUZA, L. B. **Seleção de Anos-Padrão para Análise Rítmica em Estudos de Conforto Térmico**: uma proposta de “Confortogramas” a partir de índices. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 20, p. 52-70, jan./jul. 2017.

SORRE, M. **Fundamentos biológicos de la geografía humana**: ensayos de una ecología del hombre. Barnacelona. Juventd, 1955. 344p.

STEWART, I.; OKE, T. Classifying climate field sites by “local climate zones”: the case of Nagano, Japan. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE**, 7, 2009, Yokohama. Proceedings [...]. [S. l.]: IAUC, 2009. Disponível em: http://www.ide.titech.ac.jp/~icuc7/extended_abstracts/pdf/385055-1-090515165722-002.pdf. Acesso em: 19 jul. 2019.

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

TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. C. T. Modelagem espacial da temperatura do ar em cidade de pequeno porte: o exemplo de Presidente Venceslau - SP. In: **Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, 13., 2018, Juiz de Fora. Anais [...]. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2018. p. 2158-2167.

THOM, E.C.; BOSEN, J. F. **The discomfort index**. *Weatherwise*. n. 12, 1959, p. 57-60.

UGEDA, J. C. **Clima urbano e planejamento na cidade de Jales/SP**. 2012. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2011.

XAVIER, J S. **O que é Geoprocessamento?** *Revista do Crea-RJ*. Outubro/Novembro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.ufrj.br/lga/tiagomarinio/artigos/oquegeoprocessamento.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2019.

WALKER, J. J.; BEURS, K. M.; HENEBRY, G. M. **Land surface phenology along urban to rural gradients in the U.S. Great Plains**. *Remote Sensing of Environment*, v. 165, p. 42-52, 2015.

WENG, Q. **Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: methods, applications, and trends.** ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, p. 1-10, 2009.

WETHERLEY, E. B.; McFADDEN, J. P.; ROBERTS, D. A. **Megacity-scale analysis of urban vegetation temperatures.** Remote Sensing of Environment, n. 213, p. 18-33, 2018.

ZAVATTINI, J. A.; BOIN, M. N. **Climatologia geográfica: teoria e prática de pesquisa.** Campinas: Alínea, 2013.