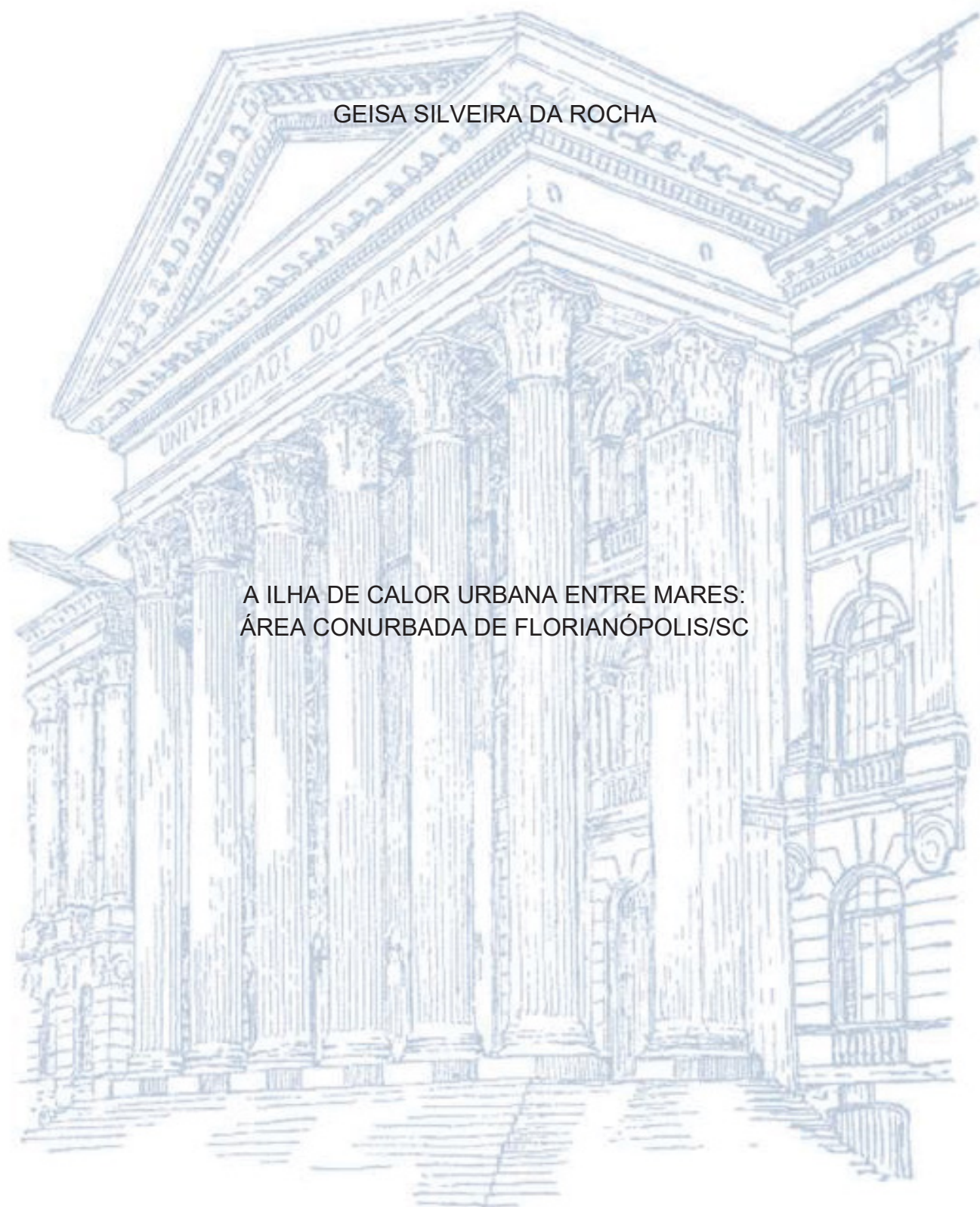


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GEISA SILVEIRA DA ROCHA



A ILHA DE CALOR URBANA ENTRE MARES:
ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS/SC

CURITIBA
2021

GEISA SILVEIRA DA ROCHA

A ILHA DE CALOR URBANA ENTRE MARES:
ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS/SC

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, curso de Doutorado, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Geografia.

Orientação: Prof. Dr. Vincent Dubreuil

Coorientação: Prof. Dr. Francisco de Assis Mendonça

CURITIBA
2021

FICHA CATALOGRÁFICA

CATALOGAÇÃO NA FONTE – SIBI/UFPR

R672i

Rocha, Geisa Silveira da

A ilha de calor urbana entre mares: a área conurbada de Florianópolis/SC [recurso eletrônico]/ Geisa Silveira da Rocha – Curitiba, 2021.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra.

Orientadora: Prof. Dr. Vicent Dubreuil

Coorientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Mendonça

1. Climatologia - Florianópolis. 2. Geografia. I., Dubreuil, Vicent. II. Mendonça, Francisco de Assis. III. Título. IV. Universidade Federal do Paraná.

CDD 574.5

Bibliotecária: Vilma Machado CRB9/1563

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação GEOGRAFIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de GEISA SILVEIRA DA ROCHA intitulada: A ILHA DE CALOR URBANA ENTRE MARES: ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS/SC., sob orientação do Prof. Dr. VINCENT JEAN PIERRE DUBREUIL, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutora está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 04 de Outubro de 2021.

Assinatura Eletrônica

13/10/2021 17:21:03.0

VINCENT JEAN PIERRE DUBREUIL

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

14/10/2021 07:49:55.0

PEDRO GERMANO DOS SANTOS MURARA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL)

Assinatura Eletrônica

14/10/2021 12:00:46.0

MARCELO DE OLIVEIRA MOURA

Avaliador Externo (55002364)

Assinatura Eletrônica

13/10/2021 16:54:17.0

MARGARETE CRISTINE DE COSTA TRINDADE AMORIM

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/PR.PRUDENT)

Assinatura Eletrônica

13/10/2021 17:10:19.0

MAX WENDELL BATISTA DOS ANJOS

Avaliador Externo (55001059)

Av. Cel. Francisco H dos Santos, 100 - Ed. João José Bigarella - 1º andar - sala 108 - CURITIBA - Paraná - Brasil
CEP 81531-980 - Tel: (41) 3361-3450 - E-mail: ufprposgeografia@gmail.com

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 119110

**Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp>
e insira o código 119110**

Dedico essa tese à minha constelação-guia: *Regina, Isaac & Larissa*. E ao meu companheiro de vida, *Stefan* e nosso patudinho presente de quarentena, *Dmitri*.

AGRADECIMENTOS

A construção desta tese é resultado do apoio de muitas pessoas e embora a pesquisa tenha um caráter solitário, todas as que passaram por esse caminho foram essenciais para que o trabalho fosse realizado. Portanto, agradeço de coração...

Aos meus pais, *Regina Herondina Silveira da Rocha* e *Isaac Florêncio da Rocha*, por todo amor, dedicação e incentivo durante todo o tempo. Ser filha de dois professores da educação básica e pública muito me orgulha. Além de serem exemplos profissionais e de vida pra mim. Vocês são minha base!

À minha irmã, *Larissa Silveira da Rocha*, por ter acreditado em mim desde o começo, por ter comemorado as conquistas comigo e encher o mundo de alegria. Obrigada, Lara!

Ao meu companheiro, *Stefan Fritsche*, por todo o amor, paciência e cuidado. Pelas inúmeras chamadas de vídeo nos tempos da França, sempre me incentivando e apoiando. Pelo compartilhamento de momentos felizes e pela força nos mais difíceis. Por também me ajudar com tabelas e revisar comigo o texto, além de votar nas cores preferidas que me deixavam indecisas. Obrigada, Vidinha, te amo!

Ao meu orientador *Vincent Dubreuil*, por ter me acolhido de braços abertos desde o começo. Por ter me acompanhado, mesmo que online, em grande parte da minha trajetória mas sempre disposto a me ajudar. Por ter me recepcionado em Rennes e ter feito me sentir como se estivesse em casa. J'ai eu beaucoup de chance de t'avoir comme directeur ! Merci, français le plus brésilien du monde !

Ao meu coorientador *Francisco de Assis Mendonça* que com toda sua calma e confiança no meu trabalho me incentivou a alcançar e construir grandes sonhos. Foi uma honra ter sido coorientada por um dos maiores nomes da climatologia brasileira.

À professora *Magaly Mendonça (in memorian)* por ter me dado a chance de ser sua monitora na graduação e ter feito me apaixonar ainda mais pela climatologia geográfica. Por, em seus últimos meses de vida, me ajudar a organizar as ideias para tentar o doutorado e me apoiar a fazer o processo da UFPR com o Chico.

Ao *Elson Manoel Pereira*, meu orientador de graduação e de mestrado, agradeço pelos ensinamentos, troca de conhecimento, experiências e os conselhos. És e sempre serás uma referência pra mim: de professor, de pesquisador e de cidadão preocupado e atento à nossa querida Florianópolis.

À *Gabriela Goudard*, minha gêmea-geográfica-climatológica que me acompanha desde a saída do processo seletivo. A curitibana mais diferenciada, que compartilha do amor pelo mar e das viagens por esse mundo. Confiou na minha direção defensiva e esteve ao meu lado nas melhores praias e lugares que já pisei. Gabi, nem dias de áudios seriam suficientes pra expressar o quanto sou grata por te ter na minha vida!

Aos meus eternos brigadeirenses: *Tânia Prado*, *Yazmin Passos*, *Lucas Braz* e *Jan Vieira*. Vocês são os melhores amigos que alguém poderia ter. Obrigada por estarem ao meu lado e me apoiar sempre!

Aos amigos de longa data e as amizades mais novas. Ao *Jhonatas Silveira*, pelas dicas de design, todas as trocas de ideias e parceria. E ao *Jackson Cardoso* pelo apoio no processo. À *Cynthia Amaral* pelo compartilhamento das lutas e ideais de um mundo melhor. Ao casal *Cintia* e *Primo* por todas nossas vivências e bons momentos no interior e por aí. À professora *Vanessa Roth* por me ajudar com o francês.

Às amigas valiosas do ensino médio. À *Bruna Peixoto* por me ajudar com planilhas, programas e cálculos, você é a melhor engenheira de todos os tempos, Bru! Ao *Kauê Tomazelli* e ao *Gianvittorio Castellano* pela amizade e camaradagem na viagem mais inusitada de todas.

Às minhas amigas da Geografia da UFSC, *Emanuela Wenning*, *Patrícia Schatz*, *Simoní Crescêncio* e *Karine Fernandes*. Às parcerias e amizades firmadas na pós graduação da UFSC, *Rafael Silveira*, *Maikon Passos* e *Wander de Melo Cruz*.

À *Ayobami Badiru* pelo companherismo no intercâmbio, no laboratório e na vida. Pelas trocas de conhecimentos, ajudas, risadas, perrengues, tombos na neve, viagens reais e de pensamento, abraços e toda a sintonia possível entre nordeste e sul do Brasil.

À *Ana Luísa Lage* que em pouco tempo de chegada em Rennes já se mostrou a melhor amizade mineira, obrigada por ter resgatado o melhor do Brasil e ter sido uma parceira de dança.

Ao núcleo brasuca no laboratório Costel, *Guilherme Pessoa* e *Pedro Mutti* por todos os almoços, conversas, informações e acima de tudo, apoio!

Ao professor *Mário Quadro*, da Meteorologia do IFSC, que me ajudou com as montagens e os dados das estações meteorológicas, sempre disposto a contribuir.

Ao *Lindberg Nascimento Jr.* por essa nova parceria estabelecida, por ouvir minhas inseguranças e me fazer acreditar no meu trabalho e, principalmente, por todos os aprendizados.

Aos meus colegas e amigos do IFC Luzerna, especialmente ao *Diogo Pinheiro* pelo alto astral e pela ajuda com a matemática e estatística.

Às minhas famílias *Silveira* e *Rocha* pelo incentivo em todos os momentos. Especialmente às minhas primas *Fabiola*, *Tamiris*, *Bruna* e *Camila*.

À minha segunda família, à minha sogra *Jane* pelo apoio incondicional. Ao meu cunhado *Yohan*, à *Heloísa* pela ajuda com as planilhas e ao meu sobrinho *Breno* pela alegria de viver!

À *Universidade Federal do Paraná* por tudo que me proporcionou nessa formação, sendo pra mim um exemplo de instituição de qualidade, pública e gratuita. E ao programa de Internacionalização que permitiu a realização do doutorado sanduíche, tão importante para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Ao *Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPR*, todos os professores e técnicos.

Ao *Laboratório de Climatologia da UFPR (Laboclima)* e todos seus membros, em especial ao *Wilson Flávio Feltrim* e ao *Pedro Fontão*, por todos os aprendizados, trocas e ajudas.

Ao *Laboratório LETG-Costel* da Université Rennes 2 pela acolhida e estrutura disponibilizada para o melhor desenvolvimento da pesquisa. *Merci à tous !*

À *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal (CAPES)* pelo apoio financeiro na forma de bolsa de doutorado, tanto para a pesquisa desempenhada no Brasil quanto na França.

Aos trabalhadores que me ajudaram na instalação das estações meteorológica e cuidaram das mesmas: o *Grupo de Busca e Salvamento dos Bombeiros de Florianópolis*, da *14ª Brigada de Infantaria*, ao *63º Batalhão de Infantaria*, ao *4º* e ao *22º Batalhão da Polícia Militar de Santa Catarina*.

Ao *Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina* da *EPAGRI*, ao *INMET*, à *UFSC*, ao *IFSC* e à *Redemet* pelos dados meteorológicos solicitados.

Aos professores *Margarete Amorim* e *Pedro Murara* pelas valiosas contribuições no relatório de qualificação e aos momentos únicos no exterior.

Meu muito obrigada a todas e todos!



*Um pedaço da ilha, outra ilha no mar
Pés descalços na areia, pensamentos no ar
Uma estrela que brilha, guia o pescador
O céu vira aquarela, obra do escritor*

*Perri, Zé Perri, à procura nas nuvens e nas ondas do mar
O amigo à espera, onde você está?
Perri, Zé Perri, personagem da história, teu lugar é aqui*

*A Maria rendeira, o João pescador
Redes e baleeiras, quase tudo mudou
O Zezinho do Chico já não quer mais pescar
Esqueceu a tarrafa, aprendeu a surfar*



*Campeche, Campeche...belos campos de pesca
Quem viveu não esquece
Campeche, Campeche...no teu mar poesia,
teu poeta agradece.*

Campeche - Grupo Gente da Terra



« _La planète Terre, lui répondit le géographe. Elle a une bonne réputation... Et le petit prince s'en fut, songeant à sa fleur » *Antoine de Saint-Exupéry* - Zé Perri

RESUMO

Os contrastes térmicos entre ambientes urbanos e não-urbanos/rurais têm sido observados e investigados pelo menos desde a Revolução Industrial. Ao longo do século XX ocorreu uma expansão considerável da população mundial que passou a se concentrar principalmente em cidades, aumentando, portanto, o número de indivíduos sujeitos aos climas urbanos. Escreve-se “climas urbanos” no plural pois as cidades se distinguem em suas formas, particularidades e seus contextos climáticos. Contudo, características semelhantes entre elas possibilitam a formação de fenômenos específicos das cidades, como a ilha de calor urbana (ICU). Neste sentido, a presente tese propõe a estudar a ICU em ambiente costeiro e insular no sul do Brasil, a área conurbada de Florianópolis-SC. Objetivou-se a análise e identificação da relação das características urbanas e físicas com fenômeno climático em questão. Para isso, estruturou-se um referencial teórico-metodológico essencialmente geográfico, adotando-se como teoria de base o Sistema Clima Urbano (SCU) de Monteiro (1976), com ênfase no subsistema termodinâmico. Para a identificação da ICU, contou-se com uma rede de monitoramento horário composta por estações meteorológicas e sensores de temperatura, que somaram dezessete pontos (quatorze funcionais) de medidas fixas que foram operados durante um ano, de agosto de 2018 a julho de 2019. A tese se segmenta em quatro partes, na primeira apresenta-se os conceitos-chave e a revisão bibliográfica de embasamento do trabalho; na segunda parte se faz uma caracterização espacial da área de estudo, evidenciando suas particularidades geoambientais, socioeconômicas e urbanas; na terceira se discutem os procedimentos teórico-metodológicos adotados na tese; e no último e quarto segmento se apresentam os resultados da ICU atmosférica conforme sua dinâmica espacial e temporal. Especializou-se a ilha de calor a partir de modelagem climática de regressão múltipla, na qual através de técnicas de sensoriamento remoto foram realizados modelos da ICU com base nas características de uso do solo. Os resultados mostraram que as diferenças térmicas observadas na área conurbada podem chegar próximo a 8°C, sendo que a média anual é de 2,4°C. Verificou-se que as possibilidades da ICU atingir magnitude considerada como muito forte (>6°C) são maiores em situação estável da atmosfera durante a noite, ventos fracos de quadrante oeste e ausência de chuva. As brisas marítimas e ventos superiores à 8,8 m/s foram fatores atenuantes para a formação e intensidade da ICU. Quanto à questão sazonal, constatou-se que os períodos de menor precipitação e os meses de inverno foram mais favoráveis ao desenvolvimento da ICU, com destaque para agosto. Observou-se o perfil clássico do fenômeno na área conurbada, ou seja, esse manifestou-se ao entardecer atingindo os maiores valores durante a madrugada ou nas primeiras horas do dia. No período diurno, especialmente entre as 9h e 14h se atestou a presença de ilha de frescor. Fez-se a modelagem espacial para situações sinóticas distintas, e os modelos produzidos foram capazes de explicar em média ao menos 60% dos contrastes térmicos noturnos. O padrão espacial das áreas mais quentes das cidades pouco mudou nas diferentes condições meteorológicas ou sazonais. Em linhas gerais, a pesquisa evidenciou que mesmo cidades de médio porte e em zona costeira e parte insular, o fenômeno da ICU pode adquirir fortes proporções.

Palavras-chave: Ilha de calor urbana; Ambiente insular e costeiro; Clima subtropical; Área conurbada de Florianópolis; Modelagem climática.

ABSTRACT

Thermal contrasts between urban and non-urban/rural environments have been observed and investigated at least since the Industrial Revolution. Throughout the 20th century, there was a considerable expansion of the world population, which became concentrated mainly in cities, thus increasing the number of individuals subject to urban climates. "Urban climates" are written in the plural because cities differ in their forms, particularities and climatic contexts. However, similar characteristics between them enable the formation of specific phenomena in cities, as the urban heat island (UHI). In this sense, this thesis proposes to discuss the UHI in a coastal and insular environment in southern Brazil, the conurbated area of Florianópolis-SC. The objective was to analyze and identify the relationship of urban and physical characteristics with the climatic phenomenon in question. For this, an essentially geographic theoretical-methodological framework was structured, adopting as a base theory the Urban Climate System by Monteiro (1976), with an emphasis on the thermodynamic subsystem. To identify the UHI, an hourly monitoring network composed of meteorological stations and temperature sensors was used, which seventeen points (fourteen functional) of fixed measurements that were operated for one year, from August 2018 to July 2019. The thesis is divided in four parts, the first presents the key concepts and the bibliographic review to support the work; in the second part, a spatial characterization of the study area is made, highlighting its geo-environmental, socioeconomic and urban particularities; the third discusses the theoretical-methodological procedures adopted in the thesis; and the last and fourth segment presents the results of the atmospheric UHI according to its spatial and temporal dynamics. The heat island was spatialized using multiple regression climate modeling, in which UHI models were performed using remote sensing techniques based on land use characteristics. The results showed that the thermal differences observed in the conurbated area can reach close to 8°C, with the annual average being 2.4°C. It was found that the chances of the UHI reaching a magnitude considered to be very strong (>6°C) are greater in stable conditions of the atmosphere during the night, weak winds from the west quadrant and absence of rain. Sea breezes and winds above 8.8 m/s were mitigating factors for the formation and intensity of the UHI. As for the seasonal issue, it was found that periods of less rainfall and winter months were more favorable to the development of the UHI, especially in August. The classic profile of the phenomenon was observed in the conurbated area, that is, manifested at dusk with the highest values in the middle of the night or in the early hours of the day. During the day, especially between 9am and 14pm, the presence of a park cool island was attested. Spatial modeling was performed for different synoptic situations, and the models produced were able to explain, on average, at least 60% of the nocturnal thermal contrasts. The spatial pattern of the warmer areas of cities has changed little in different weather or seasonal conditions. In general terms, the research showed that even medium-sized cities and in coastal and insular areas, the UHI phenomenon can acquire strong proportions.

Keywords: Urban heat island; Island and coastal environment; Subtropical climate; Conurbated area of Florianópolis; Climate model.

RÉSUMÉ

Les contrastes thermiques entre les environnements urbains et non urbains/ruraux ont été observés et étudiés au moins depuis la révolution industrielle. Tout au long du XXe siècle, la population mondiale a connu une forte croissance et s'est concentrée principalement dans les villes, augmentant ainsi le nombre de personnes soumises aux climats urbains. Les « climats urbains » s'écrivent au pluriel car les villes diffèrent par leurs formes, leurs particularités et leurs contextes climatiques. Cependant, des caractéristiques similaires entre elles permettent la formation de phénomènes spécifiques dans les villes, comme l'îlot de chaleur urbain (ICU). Ainsi, cette thèse propose d'étudier l'ICU dans un environnement côtier et insulaire du sud du Brésil, la zone urbaine de Florianópolis-SC. L'objectif est d'analyser et d'identifier les relations entre les caractéristiques urbaines et physiques avec l'ICU. Pour cela, un cadre théorique-méthodologique essentiellement géographique a été défini, en adoptant comme théorie de base le Système Climatique Urbain (SCU) de Monteiro (1976), en mettant l'accent sur le sous-système thermodynamique. Pour l'identification de l'ICU, un réseau de mesures horaires, composé de stations météorologiques et de capteurs de température, soit dix-sept points (dont quatorze fonctionnels) de mesures fixes a été déployé pendant un an, d'août 2018 à juillet 2019. La thèse est divisée en quatre parties, la première présente les concepts clés et la revue bibliographique ; dans la deuxième partie, une caractérisation spatiale de la zone d'étude est réalisée, mettant en évidence ses particularités géo-environnementales, socio-économique et urbaines ; la troisième discute des démarches théorico-méthodologiques adoptées dans la thèse ; enfin, la quatrième partie présente les résultats de l'ICU atmosphérique selon sa dynamique spatiale et temporelle. L'îlot de chaleur a été spatialisé à partir d'une modélisation par régression multiple, dans laquelle des modèles d'ICU ont été réalisés à l'aide de techniques de télédétection basées sur les caractéristiques d'utilisation du sol. Les résultats montrent que les écarts de températures observés dans l'agglomération peuvent atteindre près de 8°C, la moyenne annuelle étant de 2,4°C. La probabilité que l'ICU atteigne une magnitude considérée comme très forte (> 6 °C) est plus importante lors des conditions atmosphériques stables, pendant la nuit, avec des vents faibles du quadrant ouest et en absence de pluie. Les brises de mer et les vents supérieurs à 8,8 m/s sont des facteurs limitants pour la formation et l'intensité de l'ICU. En ce qui concerne la saison, les périodes moins pluvieuses et les mois d'hiver sont plus favorables au développement de l'ICU, en particulier en Août. Un profil classique du phénomène peut être observé dans la zone urbaine, c'est-à-dire que l'ICU se développe au crépuscule, atteignant les valeurs les plus élevées pendant la nuit ou aux premières heures de la journée. En journée, notamment entre 9h00 et 14h00, la présence d'un îlot de fraîcheur a été observée. Une modélisation spatiale a été réalisée pour différentes situations synoptiques, et les modèles produits ont pu expliquer, en moyenne, au moins 60 % des contrastes thermiques nocturnes. La configuration spatiale des zones les plus chaudes en ville change peu selon les différentes conditions météorologiques ou saisonnières. De manière générale, les résultats montrent que même dans une ville de taille moyenne et en situation côtière et insulaire comme Florianópolis, le phénomène d'ICU peut atteindre de fortes proportions.

Mots-clés: Îlot de chaleur urbain ; Environnement insulaire et côtier ; Climat subtropical ; agglomération de Florianópolis ; Modélisation climatique.

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

| | |
|-------|---|
| ACF | Área Conurbada de Florianópolis |
| AVL | Área Verde de Lazer |
| APL | Área de Preservação de Uso Limitado |
| APP | Área de Preservação Permanente |
| ASAS | Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul |
| CCM | Complexos Convectivos de Mesoescala |
| CIRAM | Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina |
| CLA | Camada Limite Atmosférica |
| CLP | Camada Limite Planetária |
| CLR | Camada Limite Rural |
| CLU | Camada Limite Urbana |
| CPTEC | Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos |
| CUNC | Camada Urbana ao Nível das Coberturas |
| ENOS | El Niño Oscilação Sul |
| FF | Frente frias |
| FVC | Fator de Visão do Céu |
| GPCC | <i>Global Precipitation Climatology Center</i> |
| ICU | Ilha de Calor Urbana |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IFSC | Instituto Federal de Santa Catarina |
| INMET | Instituto Nacional de Meteorologia |
| INPE | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais |
| IPCC | <i>International Panel on Climate Change</i> (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) |
| mPa | Massa Polar Atlântica |
| mTa | Massa Tropical Atlântica |
| mTc | Massa Tropical Continental |
| NC | Normal Climatológica |
| NDVI | <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (Índice de vegetação por diferença normalizada) |
| NP | Normal Provisória (1981-2010) |

| | |
|---------|---|
| OMM | Organização de Meteorologia Mundial |
| REDEMET | Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica |
| RMSE | <i>Root Mean Square Error (Raiz quadrada do erro médio)</i> |
| SIG | Sistema de Informação Geográfica |
| SCU | Sistema Clima Urbano |
| UFSC | Universidade Federal de Santa Catarina |
| UC | Unidade de Conservação |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 30 |
| FIGURA 2 – ESQUEMA DE ESCALAS CLIMÁTICAS E CAMADAS VERTICAIS DE URBANAS | 39 |
| FIGURA 3 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UMA ILHA DE CALOR URBANA.... | 40 |
| FIGURA 4 – VARIÁVEIS CONTROLADAS E NÃO CONTROLADAS RESPONSÁVEIS PELA FORMAÇÃO DA ICU | 41 |
| FIGURA 5 – PERFIL CLÁSSICO DE UMA ILHA DE CALOR URBANA..... | 42 |
| FIGURA 6 – TIPOS DE ILHAS DE CALOR URBANA..... | 43 |
| FIGURA 7 – RADIAÇÃO INFRAVERMELHA RECEBIDA PELO SENSOR DE UM SATÉLITE | 54 |
| FIGURA 8 – GRÁFICO DE EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO URBANA E RURAL NO BRASIL DE 1950 A 2010 | 56 |
| FIGURA 9 – ESTUDOS DE CLIMA URBANO DE 1990 A 2010 NO BRASIL..... | 58 |
| FIGURA 10 – ESPACIALIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CLIMA URBANO NO BRASIL..... | 59 |
| FIGURA 11 –TRAJETO REALIZADO EM FLORIANÓPOLIS POR SEZERINO & MONTEIRO (1987)..... | 69 |
| FIGURA 12 – ICU EM FLORIANÓPOLIS POR MENDONÇA (2002)..... | 71 |
| FIGURA 13 – PESQUISA DE SOUZA NO CENTRO DE FLORIANÓPOLIS (2014)..... | 73 |
| FIGURA 14 – MUNICÍPIOS DA ÁREA CONURBADA E AS PRINCIPAIS RODOVIAS..... | 75 |
| FIGURA 15 – CLIMOGRAMA PARA ESTAÇÃO FLORIANÓPOLIS-SÃO JOSÉ (1981-2010) | 76 |
| FIGURA 16 – CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA: TIPOLOGIA KÖEPPEN, CENTROS DE AÇÃO E MASSAS DE AR NO BRASIL..... | 77 |
| FIGURA 17 – MÉDIA ANUAL DE REGISTRO DE PASSAGEM DE FRENTES FRIAS (1997-2011) | 79 |
| FIGURA 18 – HIPSOMETRIA E REDE HIDROGÁFICA DA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS - SC..... | 82 |
| FIGURA 19 – DECLIVIDADE DA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS - SC | 82 |
| FIGURA 20 – RADIAÇÃO NA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS – SC NO PERÍODO RECORTE..... | 84 |
| FIGURA 21 – ORIENTAÇÃO DAS VERTENTES NA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS - SC..... | 84 |
| FIGURA 22 – COBERTURA VEGETAL DA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS - SC | 86 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA 23 – FOTOGRAFIAS DE FLORIANÓPOLIS NA DÉCADA DE 1960 (A) E EM 2019 (B)..... | 89 |
| FIGURA 24 – EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO RESIDENTE NOS MUNICÍPIOS DA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS DE 1949 A 2018* | 91 |
| FIGURA 25 – TAXA DE CRESCIMENTO POPULACIONAL NA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS..... | 92 |
| FIGURA 26 – EVOLUÇÃO URBANA DA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS – 1986 E 2016 | 95 |
| FIGURA 27 – SISTEMA CLIMA URBANO (MONTEIRO, 1976)..... | 99 |
| FIGURA 28 – ORGANOGRAMA DA PESQUISA..... | 102 |
| FIGURA 29 – ESTAÇÃO DAVIS VUE E SENSOR TINYTAG | 105 |
| FIGURA 30 – COMPARAÇÃO ESTAÇÃO DAVIS COM VAISALA NO IFSC | 107 |
| FIGURA 31 – GRÁFICOS DE CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS METEROLÓGICAS ENTRE AS ESTAÇÕES DAVIS E VAISALA..... | 109 |
| FIGURA 32 – REDE DE PONTOS DE MEDIÇÃO METEOROLÓGICA DO ESTUDO | 112 |
| FIGURA 33 – LOCAIS DE MEDIÇÃO METEOROLÓGICAS 1/3..... | 115 |
| FIGURA 34 – LOCAIS DE MEDIÇÃO METEOROLÓGICAS 2/3..... | 116 |
| FIGURA 35 – LOCAIS DE MEDIÇÃO METEOROLÓGICAS 3/3..... | 117 |
| FIGURA 36 – GRÁFICO DE ALTITUDE E DISTÂNCIA DO MAR DOS PONTOS DE MEDIÇÃO..... | 119 |
| FIGURA 37 – PORCENTAGEM DE COBERTURA DA CLASSE DE USO DO SOLO NO ENTORNO (500M) DOS PONTOS DE MEDIDAS METEOROLÓGICAS..... | 120 |
| FIGURA 38 – FATOR DE VISÃO DO CÉU NO ENTORNO DOS PONTOS DE MEDIDAS METEOROLÓGICAS – 1/3..... | 122 |
| FIGURA 39 – FATOR DE VISÃO DO CÉU NO ENTORNO DOS PONTOS DE MEDIDAS METEOROLÓGICAS – 2/3..... | 123 |
| FIGURA 40 – FATOR DE VISÃO DO CÉU NO ENTORNO DOS PONTOS DE MEDIDAS METEOROLÓGICAS – 3/3..... | 124 |
| FIGURA 41 – USO URBANO NO ENTORNO DOS PONTOS DE MEDIDAS METEOROLÓGICAS – 1/3..... | 127 |
| FIGURA 42 – USO URBANO NO ENTORNO DOS PONTOS DE MEDIDAS METEOROLÓGICAS – 2/3..... | 128 |
| FIGURA 43 – USO URBANO NO ENTORNO DOS PONTOS DE MEDIDAS METEOROLÓGICAS – 3/3..... | 129 |
| FIGURA 44 – GRÁFICO DE PORCENTAGEM DAS CLASSES DE CADASTRO URBANO PARA OS ENTORNOS DOS PONTOS DE MEDIDA..... | 130 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 45 – ETAPAS DA MODELAGEM ESPACIAL ATRAVÉS DO MÉTODO DE MULTIREGRESSÃO | 140 |
| FIGURA 46 – COMPOSIÇÃO COLORIDA (A) E NDVI (B) DA ACF ELABORADA A PARTIR DA IMAGEM LANDSAT 8 06/09/2018 | 142 |
| FIGURA 47 – USO DO SOLO: CLUSTER(A) E RECLASSIFICAÇÃO(B) DA ACF ELABORADA A PARTIR DA IMAGEM LANDSAT-8 06/09/2018 | 143 |
| FIGURA 48 – MDT: MÁSCARA DE 100 METROS (A) E DISTÂNCIA DO MAR (B)..... | 144 |
| FIGURA 49 – EXEMPLO GRÁFICO DAS JANELAS MÓVEIS E A CORRELAÇÃO PARA CADA CLASSE DO USO DO SOLO..... | 145 |
| FIGURA 50 – MODELIZAÇÃO DA ICU POR REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA..... | 146 |
| FIGURA 51 – GRÁFICO DE BOX-PLOT DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DE CADA PONTO DE MEDIDA PARA O MÊS DE MARÇO DE 2019..... | 151 |
| FIGURA 52 – CLASSIFICAÇÃO HIERÁRQUICA ASCENDENTE DOS PONTOS DE MEDIDA A PARTIR DO USO DO SOLO | 153 |
| FIGURA 53 – CLASSIFICAÇÃO HIERÁRQUICA ASCENDENTE DOS PONTOS DE MEDIDA A PARTIR DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DOS MESES DE MARÇO E ABRIL DE 2019..... | 154 |
| FIGURA 54 – GRÁFICO DE TEMPERATURA MÉDIA (°C): NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1931-1960, 1961-1990), NORMAL PROVISÓRIA (1981-2010), PERÍODO-RECORTE (AGO 2018 À JUL 2019) PARA FLORIANÓPOLIS-SC..... | 156 |
| FIGURA 55 – TEMPERATURA MÉDIA (°C) PARA NORMAL PROVISÓRIA (1981-2010) (A), PARA O PERÍODO-RECORTE (AGO/2018-JUL-2019) (B) E ANOMALIA ENTRE ESTES (°C) (C)..... | 157 |
| FIGURA 56 – GRÁFICO DE TEMPERATURA MÁXIMA (°C): NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1931-1960, 1961-1990), NORMAL PROVISÓRIA (1981-2010), PERÍODO-RECORTE (AGO 2018 À JUL 2019) PARA FLORIANÓPOLIS-SC..... | 158 |
| FIGURA 57 - GRÁFICO DE TEMPERATURA MÍNIMA (°C): NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1931-1960, 1961-1990), NORMAL PROVISÓRIA (1981-2010), PERÍODO-RECORTE (AGO 2018 À JUL 2019) PARA FLORIANÓPOLIS-SC..... | 159 |
| FIGURA 58 – GRÁFICO DE VARIABILIDADE TÉRMICA DAS MÁXIMAS E MÍNIMAS DAS ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA URBANA E RURAL DURANTE O PERÍODO RECORTE (AGO 2018 À JUL 2019)..... | 160 |
| FIGURA 59 – BOX-PLOT DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DAS ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA URBANA E RURAL DURANTE O PERÍODO RECORTE (AGO 2018 À JUL 2019) | 161 |
| FIGURA 60 – BOX-PLOT DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DAS ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA URBANA E RURAL DURANTE O PERÍODO RECORTE (AGO 2018 À JUL 2019) | 162 |
| FIGURA 61 – GRÁFICO DE PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (MM): NORMAL PROVISÓRIA (1981-2010) E PERÍODO-RECORTE (AGO 2018 À JUL 2019) PARA FLORIANÓPOLIS-SC | 164 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 62 – PRECIPITAÇÃO DIÁRIA MÉDIA (%) PARA NORMAL PROVISÓRIA (1981-2010) (a), PARA O PERÍODO-RECORTE (AGO/2018-JUL-2019) (b) E ANOMALIA ENTRE ESTES (°C) (c) 166 | |
| FIGURA 63 – GRÁFICO DE UMIDADE RELATIVA DO AR (%): NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1931-1960, 1961-1990), NORMAL PROVISÓRIA (1981-2010), 2018 E 2019 PARA FLORIANÓPOLIS-SC | 167 |
| FIGURA 64 – UMIDADE RELATIVA MÉDIA (%) PARA NORMAL PROVISÓRIA (1981-2010) (A), PARA O PERÍODO-RECORTE (AGO/2018-JUL-2019) (B) E ANOMALIA ENTRE ESTES (°C) (C)..... | 168 |
| FIGURA 65 – DIREÇÃO E VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO (m/s) PARA NORMAL PROVISÓRIA (1981-2010) NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO EM FLORIANÓPOLIS-SC | 170 |
| FIGURA 66 – GRÁFICO DE DIREÇÃO (°) E VELOCIDADE (m/s): NORMAL PROVISÓRIA (1981-2010) PARA FLORIANÓPOLIS-SC | 171 |
| FIGURA 67 – DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO PARA O PERÍODO-RECORTE (AGO/28-JUL-19) EM FLORIANÓPOLIS-SC | 172 |
| FIGURA 68 – DIREÇÃO E VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO (m/s) PARA O PERÍODO-RECORTE (AGO/2018-JUL-2019)..... | 173 |
| FIGURA 69 - GRÁFICO DA FREQUÊNCIA HORÁRIA (%) DA DIREÇÃO DO VENTO NORTE E SUL EM FLORIANÓPOLIS PARA O PERÍODO-RECORTE (AGO/2018-JUL-2019) | 174 |
| FIGURA 70 – GRÁFICO DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA DOS VENTOS NORTE, SUL E MÉDIA GERAL EM FLORIANÓPOLIS PARA O PERÍODO-RECORTE (AGO/2018-JUL-2019) | 175 |
| FIGURA 71 - GRÁFICO DA FREQUÊNCIA HORÁRIA (%) DA DIREÇÃO DO VENTO DE QUADRANTE LESTE E OESTE EM FLORIANÓPOLIS PARA O PERÍODO-RECORTE (AGO/2018-JUL-2019)..... | 176 |
| FIGURA 72 – GRÁFICO DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA DOS VENTOS DE QUADRANTE LESTE E OESTE EM FLORIANÓPOLIS PARA O PERÍODO-RECORTE (AGO/2018-JUL-2019)..... | 177 |
| FIGURA 73 – DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO AS 15H E AS 3H PARA O PERÍODO-RECORTE (AGO/2018-JUL-2019) EM FLORIANÓPOLIS-SC | 178 |
| FIGURA 74 – BOX-PLOT DAS INTENSIDADES DE ICU (°C) PARA CADA MÊS DURANTE O PERÍODO-RECORTE | 180 |
| FIGURA 75 – GRÁFICO DAS CLASSES DE INTENSIDADE DE ICU PARA O PERÍODO DE UM ANO (AGO/2018-JUL-2019)..... | 180 |
| FIGURA 76 – GRÁFICO DE PORCENTAGEM DE OCORRÊNCIA MENSAL DE CADA CLASSE DE MAGNITUDE DE ICU | 181 |
| FIGURA 77 – GRÁFICO DE PRECIPITAÇÃO MENSAL (mm) X INTENSIDADE MENSAL MÉDIA DA ICU (°C)..... | 182 |
| FIGURA 78- GRÁFICO DAS CLASSE DE MAGNITUDE DE ICU EM DIAS DE OCORRÊNCIA DE CHUVA (%)..... | 183 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA 79 – BOX-PLOT DAS INTENSIDADES MÉDIAS DE ICU (°C) PARA CADA HORA DURANTE O PERÍODO-RECORTE..... | 187 |
| FIGURA 80 – GRÁFICO DA MÉDIA HORÁRIA DA TEMPERATURA MÍNIMA (°C) NOS PONTOS DE REFERÊNCIA URBANO E NÃO-URBANO/RURAL, E A INTENSIDADE DA ICU (°C)..... | 188 |
| FIGURA 81 – GRÁFICO DE INTENSIDADE HORÁRIA DA ICU (°C) POR ESTAÇÕES DO ANO..... | 189 |
| FIGURA 82 – GRÁFICO DE MÉDIA HORÁRIA DA INTENSIDADE DA ICU HORÁRIA (°C) E DA VELOCIDADE DO VENTO (m/s)..... | 190 |
| FIGURA 83 – DIAGRAMA DE DISPERSÃO: INTENSIDADE DA ICU HORÁRIA (°C) X VELOCIDADE DO VENTO (m/s)..... | 191 |
| FIGURA 84 – BOXPLOT DA VELOCIDADE DO VENTO CONFORME AS CLASSES DE INTENSIDADE DA ICU HORÁRIA..... | 192 |
| FIGURA 85 – RELAÇÃO ENTRE O TAMANHO DA CIDADE (P) E A VELOCIDADE CRÍTICA DO VENTO PARA A ELIMINAÇÃO DO EFEITO DA ILHA DE CALOR URBANA..... | 193 |
| FIGURA 86 – DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO CONFORME AS CLASSES DE MAGNITUDE DA ICU..... | 195 |
| FIGURA 87 – OCORRÊNCIA DOS DIAS-TIPO DE ESTABILIDADE E DIAS DE ICU \geq 4..... | 198 |
| FIGURA 88 – VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS OBSERVADOS PARA AS CLASSES PGT NO PERÍODO DIURNO E A ICU..... | 200 |
| FIGURA 89 – VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS OBSERVADOS PARA AS CLASSES PGT NO PERÍODO NOTURNO E A ICU..... | 201 |
| FIGURA 90 – INTENSIDADE DA ICU DIÁRIA MÉDIA X PARÂMETROS DA CLASSIFICAÇÃO PGT..... | 202 |
| FIGURA 91 – GRÁFICOS DE CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE A ICU DIÁRIA MÉDIA E AS VARIÁVEIS USADAS NO MODELO PGT..... | 203 |
| FIGURA 92 – GRÁFICO DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES AS 9H E 21H (LOCAL) DURANTE O PERÍODO-RECORTE (AGO 2018 À JUL 2019) PARA FLORIANÓPOLIS-SC..... | 206 |
| FIGURA 93 – SISTEMAS ATMOSFÉRICOS AS 9H E CLASSES DE MAGNITUDE DE ICU DIÁRIA..... | 207 |
| FIGURA 94 – SISTEMAS ATMOSFÉRICOS AS 21H E CLASSES DE MAGNITUDE DE ICU DIÁRIA..... | 208 |
| FIGURA 95 – GRÁFICO DOS RESÍDUOS (°C) DA MODELAGEM DE REGRESSÃO DOS DIAS 05 E 06/09/2018..... | 214 |
| FIGURA 96 – GRÁFICO DOS RESÍDUOS (°C) DA MODELAGEM DE REGRESSÃO DOS DIAS 11 E 12/07/2019..... | 215 |
| FIGURA 97 – ICU OBSERVADA E ESPACIALIZADA (A CADA 3 HORAS) DAS 18H AS 9H DO DIA 5 A 6 DE SETEMBRO DE 2018 – PERÍODO DE MAIOR PRECIPITAÇÃO – 1/2..... | 216 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 98 – PERFIL LONGITUDINAL, LEGENDA E CLASSES UTILIZADAS NOS MODELOS DOS DIAS 5 A 6 DE SETEMBRO DE 2018 - PERÍODO DE MAIOR PRECIPITAÇÃO - 2/2 | 217 |
| FIGURA 99 – ICU OBSERVADA E ESPACIALIZADA (A CADA 3 HORAS) DAS 18H AS 9H DO DIA 11 A 12 DE JULHO DE 2019 - PERÍODO DE MENOR PRECIPITAÇÃO - 1/2 | 218 |
| FIGURA 100 – PERFIL LONGITUDINAL, LEGENDA E CLASSES UTILIZADAS NOS MODELOS DOS DIAS 11 A 12 DE JULHO DE 2019 - PERÍODO DE MENOR PRECIPITAÇÃO - 2/2 | 219 |
| FIGURA 101 – GRÁFICO DE DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO, ICU HORÁRIA PARA OS DIAS 9 E 10 DE AGOSTO DE 2018 | 220 |
| FIGURA 102 – GRÁFICO DOS RESÍDUOS (°C) DA MODELAGEM DE REGRESSÃO DOS DIAS 09 E 10/08/2018 | 222 |
| FIGURA 103 – ICU OBSERVADA E ESPACIALIZADA (A CADA 3 HORAS) DAS 15H AS 6H DO DIA 09 A 10 DE AGOSTO DE 2018 – DIA DE VENTO FORTE – 1/2..... | 223 |
| FIGURA 104 – PERFIL LONGITUDINAL, LEGENDA E CLASSES UTILIZADAS NOS MODELOS DOS DIAS 09 A 10 DE AGOSTO DE 2018 – DIA DE VENTO FORTE – 2/2 .. | 224 |
| FIGURA 105 – GRÁFICO DOS RESÍDUOS (°C) DA MODELAGEM DE REGRESSÃO DOS DIAS 06 E 07/08/2018 | 227 |
| FIGURA 106 – GRÁFICO DOS RESÍDUOS (°C) DA MODELAGEM DE REGRESSÃO DOS DIAS 21 E 22/06/2019 | 228 |
| FIGURA 107 – ICU OBSERVADA E ESPACIALIZADA (A CADA 3 HORAS) DAS 18H AS 9H DO DIA 06 A 07 DE AGOSTO DE 2018 – MAIOR ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA – 1/2 | 229 |
| FIGURA 108 – PERFIL LONGITUDINAL, LEGENDA E CLASSES UTILIZADAS NOS MODELOS DOS DIAS 06 A 7 DE AGOSTO DE 2018 – MAIOR ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA NOTURNA – 2/2..... | 230 |
| FIGURA 109 – ICU OBSERVADA E ESPACIALIZADA (A CADA 3 HORAS) DAS 18H AS 6H DO DIA 21 A 22 DE JUNHO DE 2019 – MENOR ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA NOTURNA – 1/2 | 231 |
| FIGURA 110 – PERFIL LONGITUDINAL, LEGENDA E CLASSES UTILIZADAS NOS MODELOS DOS DIAS 21 A 22 DE JUNHO DE 2019– MENOR ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA NOTURNA – 2/2..... | 232 |
| FIGURA 111 – GRÁFICO DOS RESÍDUOS (°C) DA MODELAGEM DE REGRESSÃO DOS DIAS 08 E 09/07/2019 | 234 |
| FIGURA 112 – GRÁFICO DOS RESÍDUOS (°C) DA MODELAGEM DE REGRESSÃO DO DIA 13 a 14/08/2018..... | 235 |
| FIGURA 113 – GRÁFICO DOS RESÍDUOS (°C) DA MODELAGEM DE REGRESSÃO DO DIA 19 a 20/06/2019..... | 237 |
| FIGURA 114 – ICU OBSERVADA E ESPACIALIZADA (A CADA 3 HORAS) DAS 18H AS 9H DO DIA 08 A 09 DE JULHO DE 2019 – MASSA POLAR ATLÂNTICA – 1/2 | 238 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA 115 – PERFIL LONGITUDINAL, LEGENDA E CLASSES UTILIZADAS NOS MODELOS DOS DIAS 08 A 09 DE JULHO DE 2019 – MASSA POLAR ATLÂNTICA – 2/2 | 239 |
| FIGURA 116 – ICU OBSERVADA E ESPACIALIZADA (A CADA 3 HORAS) DAS 18H AS 9H DO DIA 13 A 14 DE AGOSTO DE 2018 – MASSA TROPICAL ATÂNTICA – 1/2 | 240 |
| FIGURA 117 – PERFIL LONGITUDINAL, LEGENDA E CLASSES UTILIZADAS NOS MODELOS DOS DIAS 13 A 14 DE AGOSTO DE 2018 – MASSA TROPICAL ATÂNTICA – 2/2 | 241 |
| FIGURA 118 – ICU OBSERVADA E ESPACIALIZADA (A CADA 3 HORAS) DAS 18H AS 9H DO DIA 19 A 20 DE JUNHO DE 2019 – FRENTE POLAR ATLÂNTICA – 1/2 | 242 |
| FIGURA 119 – PERFIL LONGITUDINAL, LEGENDA E CLASSES UTILIZADAS NOS MODELOS DOS DIAS 19 A 20 DE JUNHO DE 2019 – FRENTE POLAR ATLÂNTICA – 2/2 | 243 |
| FIGURA 120 – SÍNTESE DAS CLASSES UTILIZADAS E MÉDIA DA CORRELAÇÃO COM A ICU | 244 |
| FIGURA 121 – GRADIENTE DE CORES REPRESENTATIVAS DO DESENVOLVIMENTO DA ICU | 247 |
| FIGURA 122 – SÍNTESE DAS ÁREAS DE ICU EM DESTAQUE NA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS | 250 |
| FIGURA 123 – SÍNTESE DAS ÁREAS DE FRESCOR EM DESTAQUE NA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS | 252 |
| FIGURA 124 – CLIMA URBANO DA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS, SUBSISTEMA TERMODINÂMICO | 254 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| TABELA 1 – ESPECIFICAÇÕES DAS ESTAÇÕES: RESOLUÇÃO (R), ALCANCE (A) E PRECISÃO (P)..... | 108 |
| TABELA 2 – CORRELAÇÃO DE PEARSON DAS VARIÁVEIS DAS ESTAÇÕES . | 109 |
| TABELA 3 – DIFERENÇAS MÉDIAS ENTRE AS MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES DAVIS E VAISALA | 110 |
| TABELA 4 – FATOR DE VISÃO DO CÉU NOS PONTOS DE MEDIÇÃO E ENTORNOS..... | 125 |
| TABELA 5 - CLASSIFICAÇÃO DA MAGNITUDE DA ICU (°C) | 133 |
| TABELA 6 – PARÂMETROS E LIMIARES DAS CLASSES DE ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA DO MODELO PGT | 138 |
| TABELA 7 – CÓDIGO METAR PARA NEBULOSIDADE E ADAPTAÇÃO PARA O MODELO PGT | 139 |
| TABELA 8 – INTERVALO ESPECTRAL E APLICAÇÕES DAS BANDAS 3, 5 E 4 DO SATÉLITE LANDSAT 8..... | 141 |
| TABELA 9 – FONTES DOS DADOS USADOS NAS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS E NA CARACTERIZAÇÃO DO PERÍODO | 155 |
| TABELA 10 – INTENSIDADE MÉDIA DA ICU (°C) E TEMPERATURA MÍNIMA (TMIN) MÉDIA (°C) NOS PONTOS DE REFERÊNCIA URBANO E NÃO-URBANO/RURAL..... | 179 |
| TABELA 11 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA (mm) PARA CADA CLASSE DE MAGNITUDE DE ICU..... | 184 |
| TABELA 12 – INTENSIDADE MÉDIA HORÁRIA DA ICU (°C)..... | 186 |
| TABELA 13 – VELOCIDADE DO VENTO (M/S): OCORRÊNCIA, FREQUÊNCIA E INTENSIDADE MÉDIA DA ICU HORÁRIA (°C) | 192 |
| TABELA 14 – CLASSIFICAÇÃO DOS DIAS CONFORME O MODELO PGT E AS INTENSIDADES DA ICU | 197 |
| TABELA 15 –CORRELAÇÃO ENTRE A MAGNITUDE DA ICU E AS VARIÁVEIS USADAS EM CADA TURNO NO MODELO PGT | 203 |
| TABELA 16 – COMBINAÇÃO DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS DAS 9H E 21 E OCORRÊNCIA DE ICU >4°C..... | 209 |

| | |
|---|-----|
| TABELA 17 – COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E RAIZ DO ERRO QUADRÁTICO MÉDIO (RMSE) DOS MODELOS DE REGRESSÃO PARA OS DIAS 05 E 06/09/2018 | 213 |
| TABELA 18 – COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E RAIZ DO ERRO QUADRÁTICO MÉDIO (RMSE) DOS MODELOS DE REGRESSÃO PARA OS DIAS 11 E 12/07/2019 | 215 |
| TABELA 19 – COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E RAIZ DO ERRO QUADRÁTICO MÉDIO (RMSE) DOS MODELOS DE REGRESSÃO PARA OS DIAS 09 E 10/08/2018 | 221 |
| TABELA 20 – COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E RAIZ DO ERRO QUADRÁTICO MÉDIO (RMSE) DOS MODELOS DE REGRESSÃO PARA OS DIAS 06 E 07/08/2018 | 226 |
| TABELA 21 – COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E RAIZ DO ERRO QUADRÁTICO MÉDIO (RMSE) DOS MODELOS DE REGRESSÃO PARA OS DIAS 21 E 22/06/2019 | 228 |
| TABELA 22 – COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E RAIZ DO ERRO QUADRÁTICO MÉDIO (RMSE) DOS MODELOS DE REGRESSÃO PARA OS DIAS 08 E 09/07/2019 | 234 |
| TABELA 23 – COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E RAIZ DO ERRO QUADRÁTICO MÉDIO (RMSE) DOS MODELOS DE REGRESSÃO PARA OS DIAS 13 E 14/08/2018 | 235 |
| TABELA 24 – COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E RAIZ DO ERRO QUADRÁTICO MÉDIO (RMSE) DOS MODELOS DE REGRESSÃO PARA OS DIAS 19 E 20/06/2019 | 236 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| QUADRO 1 – CARACTERÍSTICAS URBANAS E SUBURBANAS QUE CONTRIBUEM PARA A FORMAÇÃO DA ICU E OS EFEITOS NO BALANÇO DE ENERGIA | 42 |
| QUADRO 2 – PRIMEIROS AVANÇOS NOS MÉTODOS PARA OBSERVAÇÃO DA TEMPERATURA NAS CIDADES E ICU | 47 |
| QUADRO 3 – PESQUISAS REALIZADAS NO CAMPO TERMODINÂMICO NA ZONA COSTEIRA E INSULAR | 62 |
| QUADRO 4 – SCU: CANAIS DE PERCEPÇÃO | 99 |
| QUADRO 5 – INTERPRETAÇÃO DOS ÍNDICES DE CORRELAÇÃO | 108 |
| QUADRO 6 – REDE DE PONTOS DE MEDIÇÃO METEOROLÓGICA DO ESTUDO | 113 |
| QUADRO 7 – FALHAS E COBERTURAS NA SÉRIE DE DADOS | 114 |
| QUADRO 8 – MASSAS DE AR: ORIGEM E CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO | 135 |
| QUADRO 9 – SISTEMAS FRONTAIS E SISTEMAS INDIVIDUALIZADOS: CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO | 136 |
| QUADRO 10 – CLASSES DE ESTABILIDADE DO MODELO PGT | 138 |
| QUADRO 11 – VELOCIDADES CRÍTICAS DO VENTO PARA A ICU EM ALGUMAS CIDADES DO GLOBO | 194 |
| QUADRO 12 – DETERMINAÇÃO DOS DIAS DE MODELAGEM CLIMÁTICA DA ICU | 211 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| INTRODUÇÃO | 29 |
| 1.1 PROBLEMÁTICA..... | 31 |
| 1.1.1 Justificativa temática | 31 |
| 1.1.2 Justificativa espacial..... | 32 |
| 1.1.3 Questões e objetivos | 33 |
| 1.1.4 Estrutura da tese | 34 |
| | |
| PARTE I – TEORIAS E ESTUDOS SOBRE CLIMA URBANO E ILHA DE CALOR | 35 |
| | |
| CAPÍTULO I – ASPECTOS CONCEITUAIS | 35 |
| 1.1 O CLIMA URBANO..... | 35 |
| 1.2 A ILHA DE CALOR URBANA..... | 40 |
| | |
| CAPÍTULO II – TRAJETÓRIA HISTÓRICA: OS ESTUDOS DE CLIMA URBANO COM ÊNFASE NAS ICU’S | 46 |
| 2.1 A LITERATURA CLÁSSICA E SEUS PERÍODOS | 47 |
| 2.2 AS NOVAS TECNOLOGIAS: O USO DO SENSORIAMENTO REMOTO | 52 |
| 2.3 AS PESQUISAS BRASILEIRAS: A CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA E O SISTEMA CLIMA URBANO | 55 |
| 2.4 OS ESTUDOS DE ICU EM AMBIENTE COSTEIRO E/OU INSULAR | 61 |
| 2.4.1 As pesquisas na área de estudo da tese..... | 68 |
| | |
| CONSIDERAÇÕES DA PARTE I | 74 |
| | |
| PARTE II – CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS | 75 |
| | |
| CAPÍTULO III – ASPECTOS GEOAMBIENTAIS: UMA ABORDAGEM CLIMÁTICA | 76 |
| 3.1 CLIMA LOCAL E REGIONAL | 76 |
| 3.2 RELEVO E HIDROGRAFIA..... | 80 |
| 3.3 VEGETAÇÃO | 85 |
| | |
| CAPÍTULO IV – CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS E URBANAS | 88 |
| 4.1 ESTRUTURA E CONFIGURAÇÃO URBANA | 88 |

| | |
|--|-----|
| CONSIDERAÇÕES DA PARTE II | 96 |
| PARTE III – PROCEDIMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS | 98 |
| CAPÍTULO V – TEORIA BASE E ROTEIRO | 98 |
| 5.1 TEORIA BASE: SCU | 98 |
| 5.2 ROTEIRO METODOLÓGICO | 101 |
| CAPÍTULO VI – OS PONTOS DE MEDIÇÃO METEOROLÓGICA | 105 |
| 6.1 BASE DE DADOS METEOROLÓGICOS | 105 |
| 6.1.1 Fase de testes e calibração | 106 |
| 6.2 A COBERTURA E A CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS DOS PONTOS DE MEDIÇÃO METEOROLÓGICA | 111 |
| CAPÍTULO VII – PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE TEMPORAL E ESPACIAL DA ICU | 132 |
| 7.1 DINÂMICA TEMPORAL E ANÁLISE RÍTMICA | 132 |
| 7.2 ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA: MODELO PGT | 137 |
| 7.3 MODELAGEM ESPACIAL | 139 |
| 7.3.1 1ª Etapa: elaboração dos mapas de base | 141 |
| 7.3.2 2ª Etapa: correlação entre a temperatura do ar e o uso do solo | 144 |
| 7.3.3 3ª Etapa: Regressão linear múltipla e a modelagem da ICU | 145 |
| CONSIDERAÇÕES DA PARTE III | 147 |
| PARTE IV – CARACTERÍSTICAS DA ICU NA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS | 149 |
| CAPÍTULO VIII – VARIABILIDADE CLIMÁTICA E A DINÂMICA DA ICU | 149 |
| 8.1 OS PONTOS DE MEDIDA DE REFERÊNCIA URBANA E NÃO-URBANA | 150 |
| 8.2 VARIABILIDADE CLIMÁTICA NO PERÍODO | 155 |
| 8.2.1 Temperatura | 155 |
| 8.2.1.1 Temperatura nos pontos de referência urbano e rural | 160 |
| 8.2.2 Pluviosidade e umidade relativa | 163 |
| 8.2.3 Ventos: direção e velocidade | 169 |
| 8.2.3.1 A dinâmica das brisas | 175 |
| 8.3 DINÂMICA SAZONAL, ANUAL E MENSAL DA ICU | 179 |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 8.4 DINÂMICA HORÁRIA DA ICU | 186 |
|-----------------------------------|-----|

CAPÍTULO IX – ASPECTOS ATMOSFÉRICOS CONTRIBUTIVOS NA FORMAÇÃO E INTENSIDADE DA ICU 190

| | |
|-----------------------------|-----|
| 9.1 A ICU E OS VENTOS | 190 |
|-----------------------------|-----|

| | |
|---|-----|
| 9.2 A ICU E A ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA..... | 197 |
|---|-----|

| | |
|---|------------|
| 9.2.1 Os parâmetros diurnos e noturnos: radiação, vento e nebulosidade | 200 |
|---|------------|

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 9.3 A ICU E OS TIPOS DE TEMPO | 205 |
|-------------------------------------|-----|

| | |
|--|------------|
| 9.3.1 Síntese dos sistemas atmosféricos no período-recorte e a ICU..... | 205 |
|--|------------|

CAPÍTULO X – ESPACIALIZAÇÃO DA ICU POR REGRESSÃO MÚLTIPLA210

| | |
|--|-----|
| 10.1 DIMENSÃO ESPACIAL DA ICU EM PERÍODOS DE MAIOR E MENOR PRECIPITAÇÃO (SAZONAIS) | 212 |
|--|-----|

| | |
|--|------------|
| 10.1.1 Período de maior precipitação: dias representativos 05 e 06/09/2018 .. | 212 |
|--|------------|

| | |
|--|------------|
| 10.1.2 Período de menor precipitação: dias representativos 11 e 12/07/2019 .. | 214 |
|--|------------|

| | |
|---|------------|
| 10.1.3 Resultados espacializados pelo modelo de regressão múltipla | 216 |
|---|------------|

| | |
|---|-----|
| 10.2 DIMENSÃO ESPACIAL DA ICU EM DIA DE VENTO FORTE | 220 |
|---|-----|

| | |
|---|------------|
| 10.2.1 Resultados espacializados pelo modelo de regressão múltipla | 223 |
|---|------------|

| | |
|---|-----|
| 10.3 DIMENSÃO ESPACIAL DA ICU EM SITUAÇÃO DE MAIOR E MENOR ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA NOTURNA | 225 |
|---|-----|

| | |
|--|------------|
| 10.3.1 Situação de maior estabilidade atmosférica noturna: dias representativos 06 e 07/08/2018 | 225 |
|--|------------|

| | |
|--|------------|
| 10.3.2 Situação de menor estabilidade atmosférica noturna: dias representativos 21 e 22/06/2019 | 227 |
|--|------------|

| | |
|---|------------|
| 10.3.3 Resultados espacializados pelo modelo de regressão múltipla | 229 |
|---|------------|

| | |
|--|-----|
| 10.4 DIMENSÃO ESPACIAL DA ICU EM TRÊS TIPOS DIFERENTES DE SISTEMAS ATMOSFÉRICOS..... | 233 |
|--|-----|

| | |
|---|------------|
| 10.4.1 Domínio da massa polar Atlântica: dias representativos 08 e 09/07/2019..... | 233 |
|---|------------|

| | |
|--|------------|
| 10.4.2 Domínio da massa tropical Atlântica: dias representativos 13 e 14/08/2018..... | 234 |
|--|------------|

| | |
|--|------------|
| 10.4.3 Domínio da frente polar Atlântica: dias representativos 19 e 20/06/2019..... | 236 |
|--|------------|

| | |
|---|------------|
| 10.4.4 Resultados espacializados pelo modelo de regressão múltipla | 238 |
|---|------------|

| | |
|---|-----|
| 10.5 DISCUSSÃO E SÍNTESE DA CARACTERIZAÇÃO DA ICU NA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS..... | 244 |
|---|-----|

| | |
|--|------------|
| 10.5.1 Classes e resíduos dos modelos | 244 |
| 10.5.2 Desenvolvimento horário da ICU e áreas de destaque | 246 |
| 10.5.3 O clima urbano da área conurbada de Florianópolis: o subsistema termodinâmico..... | 254 |
| | |
| CONSIDERAÇÕES DA PARTE IV | 257 |
| | |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 260 |
| | |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 264 |
| | |
| APÊNDICE A – QUADROS DESCRITIVOS DOS PONTOS DE MEDIÇÃO | 277 |
| APÊNDICE B – DIFERENÇAS DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DIÁRIA DOS PONTOS DE MEDIÇÃO EM RELAÇÃO AO PONTO DE REFERÊNCIA RURAL .. | 293 |
| APÊNDICE C – DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO DE AGOSTO DE 2018 A JULHO DE 2019 EM FLORIANÓPOLIS-SC | 301 |
| APÊNDICE D – CONJUNTO DE ANÁLISES RÍTMICAS DE AGOSTO DE 2018 A JULHO DE 2019..... | 303 |
| APÊNDICE E – GRÁFICOS MENSAIS DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS E ICU>4°C | 316 |
| APÊNDICE F – CLASSIFICAÇÃO DOS MESES/ANOS-PADRÃO DE 1980 A 2019 PARA FLORIANÓPOLIS (ESTAÇÃO INMET – PC02) | 320 |
| APÊNDICE G – CLASSES DE USO DO SOLO UTILIZADAS NA MODELAGEM DA ICU NOS DIAS REPRESENTATIVOS | 321 |
| APÊNDICE H – RESULTADOS DAS REGRESSÕES MÚLTIPLAS | 323 |

INTRODUÇÃO

Desde a Revolução Industrial, no século XIX, os fenômenos derivados do clima urbano têm chamado a atenção de pesquisadores por todo mundo, especialmente com o aumento significativo da população nas cidades. No Brasil, o interesse sobre o tema surge na década de 1960, justamente no momento em que a população rural foi superada pela urbana.

Na temática da climatologia urbana, área na qual esta tese se insere, os primeiros estudos no Brasil se concentraram, sobretudo, nas aglomerações urbanas de maior porte, a exemplo da cidade de São Paulo (LOMBARDO, 1985). No entanto, o processo de urbanização no país caracterizado pelo intenso êxodo rural e pela segregação socioespacial, culminou em inúmeros problemas socioambientais que atingiram tanto as cidades grandes, como também as médias e pequenas.

Diante desse contexto, no final da década de 1980, as cidades de médio e pequeno porte também passam a ser alvo de investigação científica no âmbito da climatologia urbana, a exemplo da tese de Mendonça (1995) que estudou o clima urbano da cidade de Londrina (Paraná) e de Amorim (2000) que analisou Presidente Prudente (São Paulo).

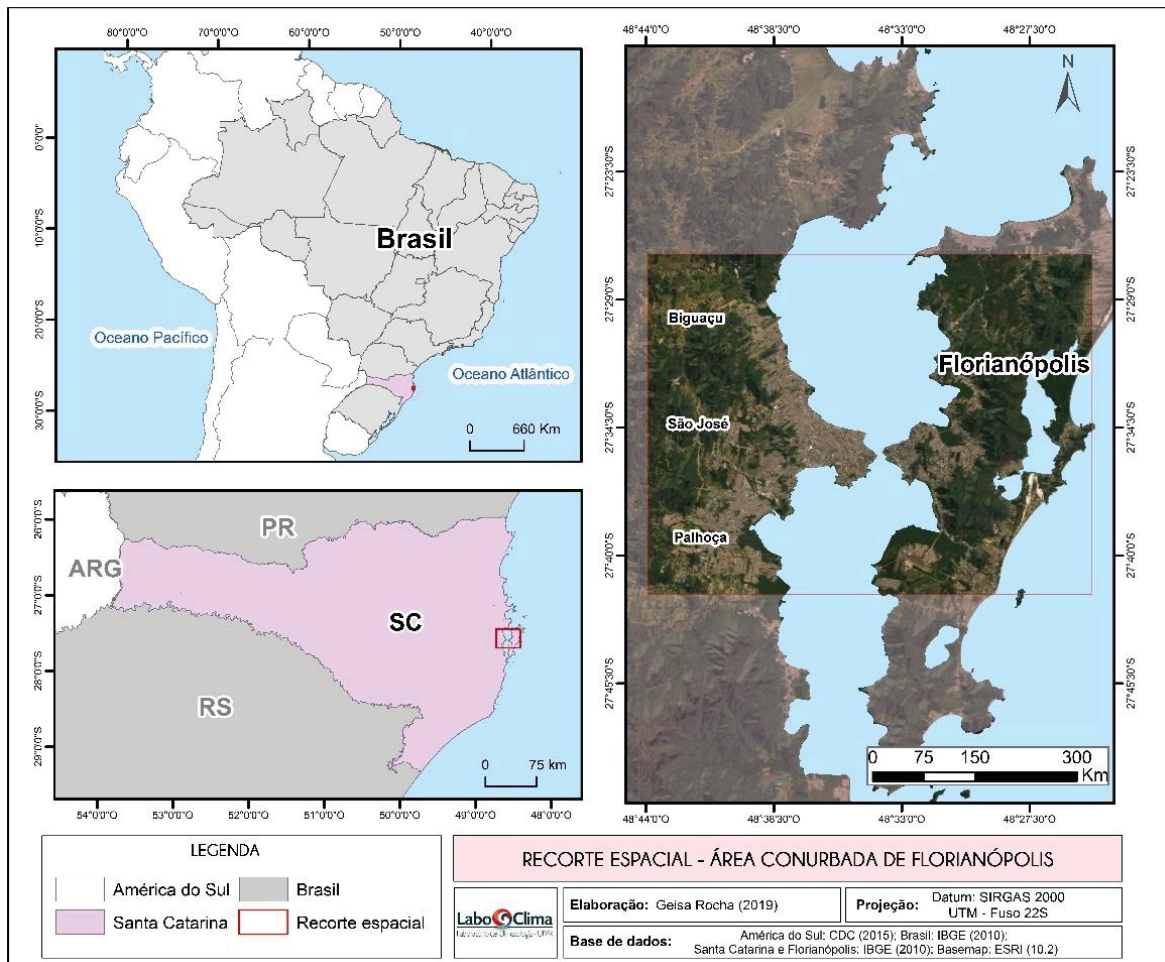
No Brasil, dentre as implicações que o clima urbano tem trazido para as populações, àquelas ligadas ao campo térmico têm sido mais estudadas. Em escala global, conforme o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) o século XXI será marcado por intensificações térmicas significativas. Em todos os cenários (do pessimista ao mais otimista) a temperatura global aumentará pelo menos 1,5°C até 2030 (IPCC, 2021).

Ainda que haja discussão e dúvidas acerca das atividades humanas desencadeadoras do aumento das temperaturas da Terra, em escala local o fenômeno da ilha de calor urbana (ICU) certamente aumenta a taxa de aquecimento das cidades. A ICU é caracterizada pela presença de um nítido contraste térmico com temperaturas altas em áreas urbanas adensadas em relação às áreas rurais ou adjacentes (DANI, 1987).

Nessa conjuntura, estuda-se, na presente tese, a ilha de calor urbana na área conurbada de Florianópolis (ACF) ([figura 1](#)). Florianópolis é capital do estado de Santa Catarina que integra a macrorregião Sul do Brasil, é considerada como cidade de médio porte e já foi alvo de pesquisas sobre o clima urbano.

A primeira investigação foi realizada em 1987 por Sezerino & Monteiro (1990) em que os autores encontraram indícios da formação de ICU, porém sem um traçado nítido. Mais tarde, Mendonça (2004) ao buscar compreender a influência simultânea dos fatores geo-ecológicos e da urbanização na variação têmpora-espacial da temperatura, umidade e vento, não encontrou em Florianópolis uma ICU contínua, mas “arquipélagos de calor” em função de uma urbanização nucleada e descontínua.

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: Elaborado pela autora (2019).

Situado em ambiente costeiro, o universo de análise ainda conta com outra particularidade: parte do território de Florianópolis   insular, fato que faz com que seja a segunda maior ilha-capital do país, menor que Vitória no Espírito Santo e maior que São Luís no Maranhão. Mediante essa configuração morfológica do sítio, a área de estudo apresenta em sua área geográfica central uma descontinuidade da malha urbana em função do mar.

Neste âmbito, a tese evidencia a complexidade gerada pelos aspectos físicos costeiros/insulares somada aos aspectos humanos (alteração/modificação do espaço), manifestado através do estudo da ilha de calor urbana sob uma ótica geográfica.

1.1 PROBLEMÁTICA

Perante as observações introdutórias expostas, justifica-se esta tese em dois eixos: o temático e o espacial. Em seguida, apresentam-se as questões que delinearão e impulsionarão essa pesquisa e os objetivos perseguidos.

1.1.1 Justificativa temática

As discussões sobre as relações das atividades humanas e o clima vêm se tornando cada vez mais frequentes, tendo em vista que as sociedades estão progressivamente mais expostas aos riscos climáticos e às mudanças/alterações climáticas globais.

Neste sentido, faz-se necessário considerar os impactos das condições meteorológicas e climáticas nas condições de vida da população. O Manual de Desastres Naturais do Ministério da Integração do Brasil, desenvolvido por Castro *et al.* (2003), aponta os extremos de temperatura como desastres naturais, por exemplo porque em alguns casos, ondas de calor podem levar muitas pessoas a óbito.

Ao contrário de ondas de calor, que se manifestam de maneira episódica, as ilhas de calor podem se produzir continuamente, alterando seus picos de intensidade máxima. Desta maneira, as ICU's também podem impactar na vida e na saúde dos habitantes das áreas urbanas, à exemplo de doenças cardiorrespiratórias, que podem ser desencadeadas e/ou potencializadas pelo aquecimento urbano e pela poluição do ar.

Além disso, o aumento da temperatura média também se relaciona com a propagação de mosquitos transmissores de doenças como dengue, malária e leishmaniose, que, conforme Mendonça (2006) tem “uma forte característica socioeconômica, pois é a população de baixa renda e habitante das periferias geográficas e sociológicas das grandes cidades a mais afetada” (MENDONÇA, 2006).

Assim sendo, a pesquisa visa colaborar no conhecimento da dinâmica e configuração da ICU na área conurbada de Florianópolis, seguindo uma das diretrizes de Monteiro (1990) às geografias e aos geógrafos que buscam contribuir no debate dos problemas do clima urbano e qualidade ambiental, que é a

necessidade de, paralela ou complementarmente às análises meteorológicas da atmosfera sobre as cidades, penetrar-se no interior delas, tomando-as como "fato geográfico", em sua real estruturação de físico-natural de ambiente altamente "derivado" pelo homem sob uma dinâmica funcional conduzida pelos condicionamentos econômicos (MONTEIRO, 1990, p.9).

Embora não se tenha realizado um aprofundamento das consequências do fenômeno para a população como conforto térmico ou vulnerabilidade socioespacial, a investigação do clima urbano atrelado à qualidade de vida permeia ideologicamente a construção desta tese.

1.1.2 Justificativa espacial

Grande parte das maiores cidades do mundo situam-se em áreas costeiras, conforme o Relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2016), 40% da população do planeta habita acerca de 60km do litoral. De acordo com o mesmo documento, são essas cidades as mais vulneráveis aos impactos causados pelas mudanças climáticas, como por exemplo aumento do nível do mar, ondas de calor, inundações, entre outros.

O Brasil apresenta 26,6% de sua população (50,7 milhões de habitantes) residindo no litoral (IBGE, 2011), nestes locais, a vulnerabilidade às modificações do clima e suas consequências são acentuadas por fatores como a falta de infraestrutura urbana, segregação socioespacial e população pobre vivendo em ambientes de alta suscetibilidade e risco a desastres socioambientais.

Igualmente se considera a importância da inclusão das áreas conurbada nos estudos de clima urbano, uma vez que os recortes políticos-administrativos não são limitantes para a abrangência espacial de fenômenos como a ICU. Desta forma, as aglomerações expressam as relações socioeconômicas entre os municípios envolvidos como também compartilham de padrões de uso e ocupação do solo que servem como atributos para a formação de um clima próprio.

Neste contexto, destaca-se a escolha e se justifica a pertinência do recorte espacial adotado na tese. Igualmente é importante pontuar que ao abordar um

fenômeno do clima urbano tal como a ICU é essencial que se considere que as especificidades e complexidades que envolvem o ambiente costeiro.

Ainda, salienta-se que por mais que a ênfase dos estudos na climatologia urbana brasileira tenha se vinculado majoritariamente ao campo térmico e a área de estudo em questão ter sido alvo de pesquisa nesse mesmo âmbito, os avanços das técnicas e tecnologias podem possibilitar novas formas de estudo e análises, que por sua vez, se somam a todo arcabouço teórico-metodológico já construído.

1.1.3 Questões e objetivos

A partir das justificativas apresentadas, esta pesquisa se delinea através das seguintes questões:

- Como se dá a variabilidade térmica intraurbana na área conurbada de Florianópolis, tanto na porção insular quanto na continental?
- Qual a relação do aspecto costeiro do sítio com a formação da ilha de calor urbana?
- A dinâmica de brisas interfere no desenvolvimento da ICU?
- As características climáticas sazonais são relevantes para a ICU na área de estudo?
- Até que ponto as características físicas e urbanas da aglomeração contribuem para a formação de uma ilha de calor?

Assim sendo, o **objetivo geral** da pesquisa é **analisar a ilha de calor na área conurbada de Florianópolis (insular e continental), buscando identificar a relação com as características físicas, especialmente no que diz respeito à condição particular litorânea e insular do sítio urbano.**

Para complementar a análise, definiu-se como objetivos específicos:

- I. Caracterizar o ambiente urbano da aglomeração a partir da espacialização integrada de elementos físicos, urbanos e sociais;
- II. Compreender as condições climáticas da área de estudo através da caracterização do clima regional, urbano e intraurbano;
- III. Comparar o período de análise com as Normais Climatológicas;
- IV. Conhecer a variação espacial do campo térmico;

- V. Medir a influência da circulação local das brisas na dinâmica da ilha de calor urbana;
- VI. Modelizar a ilha de calor na área conurbada de Florianópolis;

1.1.4 Estrutura da tese

A presente tese está estruturada em quatro partes, a primeira, denominada de “Teoria e estudos sobre clima urbano e ilha de calor” é voltada para a fundamentação teórica da pesquisa, sendo composta por dois capítulos que trazem aspectos conceituais e um resgate à trajetória dos trabalhos acadêmicos sobre os assuntos em questão nesse estudo.

A segunda parte intitulada de “Caracterização espacial da área conurbada de Florianópolis” apresenta os aspectos físicos e urbanos distribuídos em dois capítulos, objetivando embasar as análises da relação da ICU com as características espaciais particulares do universo investigado.

A operacionalização do trabalho é discutida na terceira parte, chamada de “Procedimentos teórico-metodológico”, na qual se divide em três capítulos em que os principais assuntos abordados são: a teoria estruturante da tese, o roteiro metodológico perseguido, os pontos de medição meteorológica e suas características do entorno.

Na quarta e última parte composta por três capítulos nos quais se apresentam a variabilidade do clima no período de análise, que compreende um ano (agosto de 2018 a julho de 2019), a dinâmica da ICU nesse tempo, aspectos atmosféricos que contribuem para a formação e intensidade da ICU, e ao fim, expõe-se e discute-se a espacialização desse fenômeno na área de estudo a partir de modelagem de regressão múltipla.

PARTE I – TEORIAS E ESTUDOS SOBRE CLIMA URBANO E ILHA DE CALOR

Esta parte da tese visa construir uma base teórica de apoio e sustentação para o desenvolvimento da pesquisa, para tanto, divide-se em dois capítulos. O “Capítulo I – Aspectos conceituais” se aborda os conceitos de clima urbano e de ilha de calor urbana, bem como suas especificações e dimensões escalares.

No capítulo seguinte “Trajetória histórica: os estudos de clima urbano com ênfase nas ICU’s” se apresenta uma revisão dos estudos pioneiros até os mais recentes dentro dessa temática, buscando contemplar os autores consagrados no tema, tanto em âmbito internacional como nacional. Nesta parte, também se enfatiza as pesquisas desenvolvidas em ambientes costeiros e insulares.

CAPÍTULO I – ASPECTOS CONCEITUAIS

Diversos autores em todo o mundo têm relatado as diferenças climáticas promovidas nas cidades pelo processo de urbanização (MONTEIRO, 1976; LOMBARDO, 1985; DANNI, 1987; OKE, 1996; MONTEIRO & MENDONÇA, 2003; BRANDÃO, 2009; entre outros) mostrando que as variáveis urbanísticas de uso e ocupação do solo determinam os climas a eles associados.

Mas antes de adentrar na discussão conceitual, destaca-se que é necessário considerar que qualquer região da Terra está sujeita a impactos meteorológicos de diferentes tipos e intensidades. No entanto, “os resultados catastróficos jamais advêm ‘exclusivamente’ do impacto meteórico, ou seja, da ação atmosférica” (MONTEIRO, 1999, p.30).

1.1 O CLIMA URBANO

O clima urbano pode ser considerado como um resultado do processo de crescimento urbano, este caracterizado pelo aumento das áreas edificadas, que geram inércia térmica e a produção de calor, combinado com a interação com a baixa troposfera, produzindo condições atmosféricas distintas das áreas do entorno, criando seu próprio clima (DANNI, 1987).

Para Danni (1987), um conjunto de fatores presentes nas cidades é responsável por produzir alterações climáticas que são perceptíveis na escala microclimática e mesoclimática, entre eles pode-se citar: a impermeabilização do solo, a emissão de poluentes por automóveis e indústrias, a concentração de materiais usualmente utilizados na construção civil (concreto, terras de cerâmica, ferro, entre outros), concentração de atividades com a produção artificial de calor, entre outros.

Monteiro (1999) alerta que esses já seriam fatores agravantes neles mesmos, mas,

Adiciona-se a isto aqueles problemas peculiares às condições do subdesenvolvimento: improvisação caótica na urbanização espontânea sobrepujando a planejada, sub habitação em “favelas” extremamente precárias e frágeis localizadas em sítios de alto risco, com várzeas dos córregos ou nas vertentes íngremes de morros onde a vulnerabilidade é agravada pelo desmatamento (MONTEIRO,1999, p.31).

As características do clima urbano não são iguais para todas as cidades, pois os aspectos estruturais, morfológicos e funcionais de cada área urbana são individualizados, projetando diferentes padrões de uso de solo e conseqüentemente interações diferenciadas com a camada de ar imediata (DANNI, 1987). Portanto, o clima urbano é um resultado de modificações locais das condições atmosféricas, estas dependentes do clima regional no qual a cidade está inserida e também das características naturais e de urbanização (SOUZA, 2013).

Para Mendonça (2002), o padrão característico de ocupação do solo urbano é armazenador e refletor de calor, resultando na elevação da temperatura no interior da cidade, contudo, os sintomas da interferência humana no clima perpassam a formação de ilhas de calor e também provocam alterações na composição química do ar, aumento da turbulência, diminuição da umidade relativa e alteração da velocidade e direção dos ventos.

Um das questões a serem avaliadas quando se estuda o clima é refletir o porquê da necessidade desse estudo quando pensamos a cidade. Um dos motivos básicos é que vivemos e nos adaptamos em certas condições ambientais, com limites de temperatura, luz, umidade, qualidade do ar e outras variáveis que resultam em uma resposta biológica que pode ser de conforto, desconforto, estresse ou prazer.

Conforme Brandão (2009) essas condicionantes afetam a percepção que o indivíduo estabelece sobre o espaço em seu entorno, contudo é difícil mensurar com precisão para formar um parâmetro de qualidade do espaço.

No entanto, além da influência direta do clima urbano nos habitantes, podem também ser sentidos efeitos secundários que podem ser mensurados mais facilmente,

A tecnologia atual permite adequar ambientes confinados a qualquer condição desejada, através de sistemas artificiais de iluminação e climatização. Isso, porém, demanda gasto energético, quando a edificação não atinge estas condições de maneira natural. Sol, luz, ventos e temperaturas externas tornam-se recursos preciosos, cujo acesso é intermediado pela cidade que circunda e a qual pertence o edifício (BRANDÃO, 2009, p.45).

O aumento do gasto energético apontado por Brandão (2009) para proporcionar conforto térmico está ligado, sobretudo, ao uso de aparelhos de ar condicionado que, segundo o autor, apresenta impacto duplo através do sombreamento das edificações que reduz a carga de condicionamento mas prejudica a iluminação natural e também altera a temperatura do ar, “afetando as trocas por condução e convecção entre os edifícios e meio externo” (p.45).

Oke (1976, 2006) foi um dos pioneiros na investigação do clima urbano e na proposta de escalas. Em seu guia para obtenção de observações meteorológicas significativas para ambientes urbanos¹, o autor ressalta “*there is no more important input to the success of an urban station than an appreciation of the concept of scale*” (2006, p.2).

Oke (2006) organizou os fenômenos climáticos que ocorrem no ambiente urbano em uma estrutura tridimensional, com os componentes da escala horizontal, escala vertical e a escala temporal.

Na escala horizontal se tem a mesoescala, escala local e a microescala. A primeira se refere à escala de uma cidade, abrangendo dezenas de quilômetros de extensão. A escala local envolve os bairros com padrões de desenvolvimento urbano similares, tais como a cobertura de superfície, tamanho e espaçamento de edifícios e atividades. A local pode variar de um a vários quilômetros, e é a escala adequada para as estações de monitoramento climático. Já a microescala compõe as dimensões de construções individuais, árvores, estradas, ruas, pátios, jardins, etc. Estendem-se de menos de um metro a centenas de metros.

Na escala vertical, Oke (1978) define a Camada Limite Atmosférica (CLA) ou também chamada de Camada Limite Planetária (CLP), em inglês a *Planetary*

¹ Título original da obra: Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites.

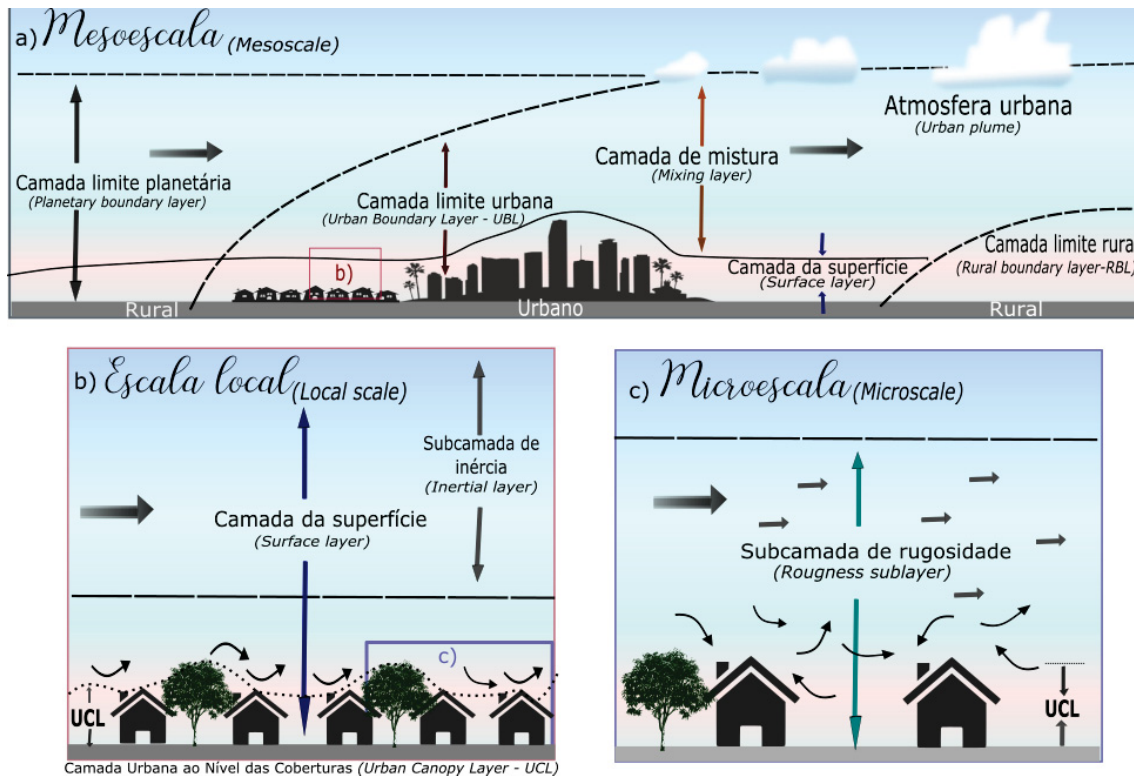
Boundary Layer (PBL), como sendo a parte que abrange os baixos níveis da atmosfera. O autor também define a camada de mistura como sendo àquela que é gerada pela fricção entre o ar e a superfície terrestre e também a partir da convecção de parcelas do ar aquecidas pela superfície. A altura desta é variável e dependente dos processos de mistura.

A CLA é dividida em dois níveis de acordo com as alterações climáticas pelos/nos ambientes urbanos: a Camada Limite Urbana (CLU), em *inglês Urban Boundary Layer (UBL)* e a Camada Urbana ao Nível das Coberturas (CUNC), em inglês, *Urban Canopy Layer (UCL)*.

A Camada Limite Urbana abrange fato urbano e representa a interação da atmosfera com o conjunto da cidade (na mesoescala), já a Camada Urbana ao Nível das Coberturas, também denominada de Camada do “Dossel” Urbano, engloba o espaço entre o solo e o nível médio das coberturas das edificações e representa a interação entre a atmosfera e os elementos urbanos (espaço intra-urbano, micro-escala) (DUMKE, 2007). A [figura 2](#) mostra as escalas conforme Oke (1978), com a representação das camadas apontadas.

Além das camadas citadas, há a Atmosfera Urbana, a *Urban plume*, que se posiciona acima da Camada Limite Rural (CLR) (em inglês: *Rural Boundary Layer-RBL*), que por sua vez, sofre influência da atmosfera urbana, a sotavento da área urbanizada.

FIGURA 2 – ESQUEMA DE ESCALAS CLIMÁTICAS E CAMADAS VERTICAIS DE URBANAS



FONTE: Adaptado de Oke (2006, p.3). Elaborado pela autora (2019)

Um outro aspecto conceitual importante do clima urbano são as escalas de organização geográfica. Monteiro (2003) organiza as unidades especiais do clima baseando-se na ordem de grandeza de Callieux & Tricart (1972). No entanto, para o autor, a taxonomia do clima não é rígida e a divisão constitui-se de um esforço de estudar as relações entre os elementos e auxiliar na visão do todo.

Conforme as categorias de Monteiro (2003, p.29), os espaços climáticos zonal e regional não possuem escala equivalente a nível de espaços urbanos, devido a seu elevado grau de redução. A categoria do clima sub-regional corresponde a uma megalópole. Seguindo a ordem de grandeza, o clima local se refere a uma área metropolitana ou metrópole, já o mesoclima diz respeito a uma cidade grande, um bairro ou um subúrbio de uma metrópole. A categoria do topo-clima corresponde às pequenas cidades e às fâcies de um bairro ou o subúrbio de uma metrópole. A menor unidade, de acordo com o mesmo autor, seria a do microclima, referente às grandes edificações, habitação ou um setor de habitação.

Com relação às características temporais do clima, Mendonça & Danni-Oliveira (2007) dividiram em geológica, histórica e contemporânea. Na primeira se estudam os

fenômenos climáticos que aconteceram na Terra desde sua formação (Paleoclimatologia). Na segunda escala, a histórica, está relacionada aos ocorridos na história registrada pelo ser-humano. E na última escala, a contemporânea, está situado os estudos atuais, que se baseiam nos dados coletados por estações meteorológicas.

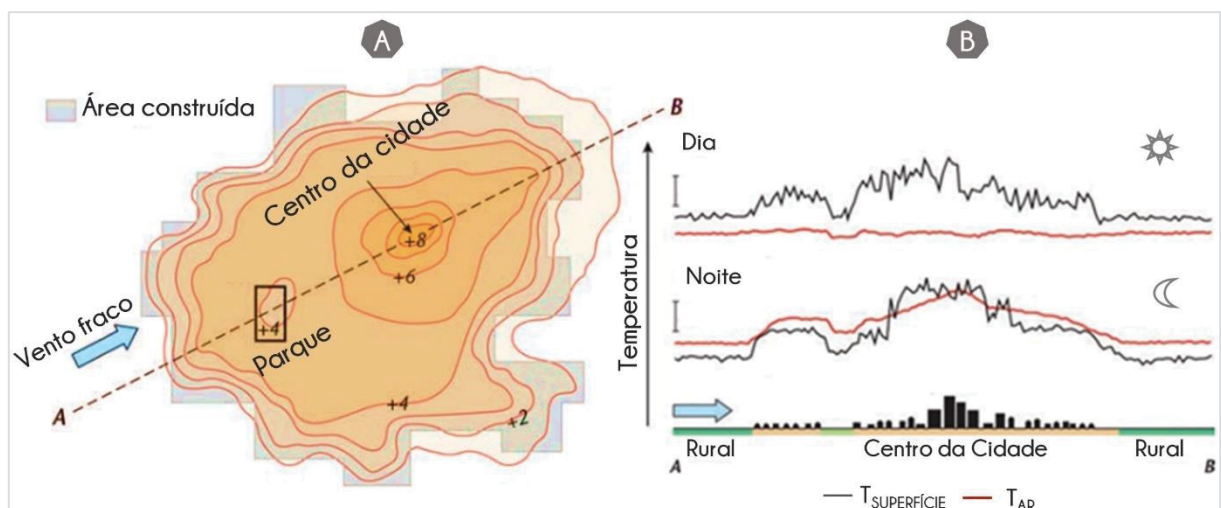
1.2 A ILHA DE CALOR URBANA

O fenômeno da ilha de calor urbana (ICU) constitui-se de uma das expressões climáticas do ambiente urbano, ou seja, do clima urbano. Para este trabalho, um dos pilares estruturantes é compreender e analisar esta consequência em escala local.

De maneira geral, uma ilha de calor urbana pode ser conceituada como a diferença de temperatura existente na cidade e seu entorno não-urbano ou rural, o que Gartland (2010) denomina de “oásis inverso”.

O emprego do termo para descrever o fenômeno climático se deve à semelhança entre o padrão espacial das isotermas de temperatura do ar na camada do dossel urbano e os contornos de altura, como curvas de nível de uma ilha oceânica (figura 3a) (OKE *et al.*, 2017).

FIGURA 3 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UMA ILHA DE CALOR URBANA



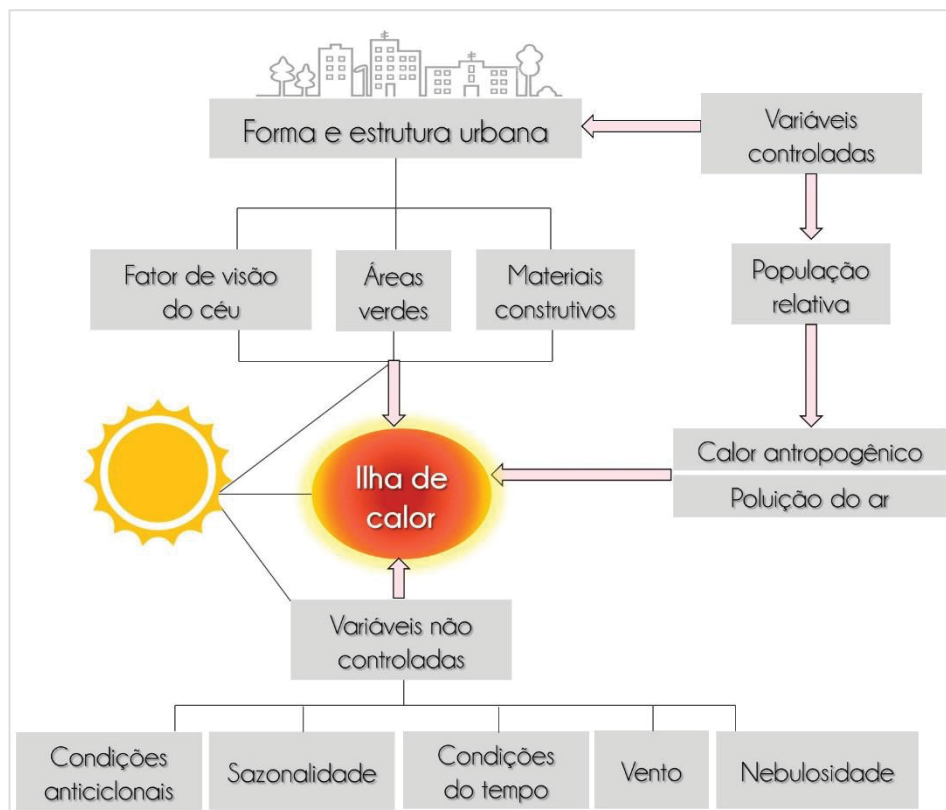
FONTE: Adaptado de Oke *et al.* (2017, p.200). Elaborado pela autora (2019).

A formação da ICU está relacionada com as atividades humanas desempenhadas na cidade, pelos materiais de construção que absorvem e retêm calor, tais como o concreto e cimento, bem como a concentração e disposição das

edificações que altera a dinâmica de circulação local, resultando no aumento de temperatura.

Além disso, conforme Oke (1973) fatores como o tamanho da cidade, velocidade do vento e a disposição e geometria dos prédios podem auxiliar na formação da ICU. Variáveis controladas tais como forma e estrutura urbana e população são responsáveis pela formação da ICU assim como as variáveis não controladas, a exemplo das condições de tempo e a sazonalidade (figura 4).

FIGURA 4 – VARIÁVEIS CONTROLADAS E NÃO CONTROLADAS RESPONSÁVEIS PELA FORMAÇÃO DA ICU



FONTE: Adaptado de Fialho (2012, p.63). Elaborado pela autora (2019).

No mesmo sentido de Oke (1974), Gartland (2010, p.26) afirma que não existe uma só causa para as ilhas de calor, muitos fatores contribuem para a formação deste fenômeno, como a baixa refletância dos materiais urbanos, a falta de vegetação, e entre outros que podem ser observados no [quadro 1](#). A autora divide em cinco as características que auxiliam para o aquecimento nas cidades provocam efeitos no balanço de energia, a saber: a evaporação reduzida, maior armazenamento de calor,

aumento do saldo de radiação, convecção reduzida e aumento do calor antropogênico.

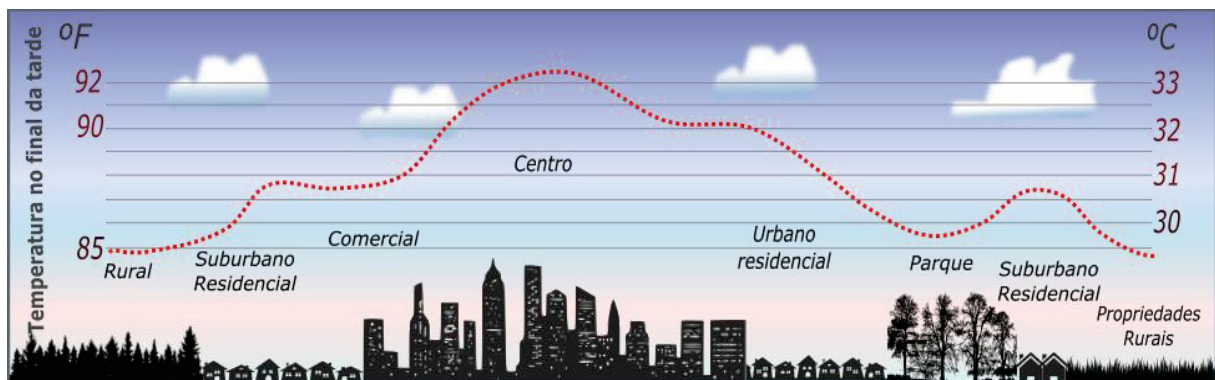
QUADRO 1 – CARACTERÍSTICAS URBANAS E SUBURBANAS QUE CONTRIBUEM PARA A FORMAÇÃO DA ICU E OS EFEITOS NO BALANÇO DE ENERGIA

| Características que contribuem para formação da ICU | Efeitos no 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 calor | Aumenta salto 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: Adaptado de Gartland (2012, p.26). Elaborado pela autora (2019).

Oke (1974) foi um dos pesquisadores pioneiros na identificação deste fenômeno na América do Norte, o autor também ficou conhecido por elaborar o perfil clássico das ilhas de calor, como ilustrado na [figura 5](#).

FIGURA 5 – PERFIL CLÁSSICO DE UMA ILHA DE CALOR URBANA

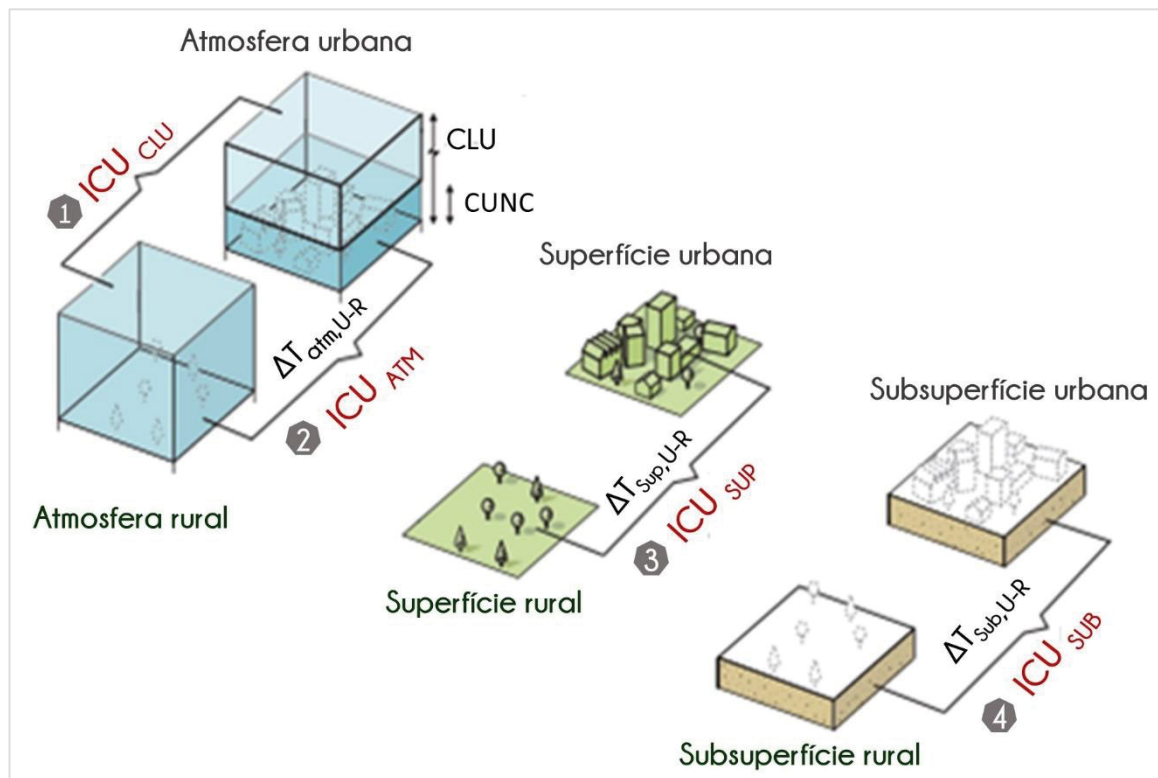


FONTE: Adaptado de Hot Island Group, disponível em: <<https://heatisland.lbl.gov>>. Acesso: 17/07/2019. Elaborado pela autora (2019).

A intensidade e a magnitude das ICUs foram definidas por Fernández García (1996) através da comparação das temperatura registrada em meio urbana com uma rural. O autor elaborou uma escala de intensidade em que para as diferenças entre 0°C a 2°C, a ilha de calor é considerada de fraca magnitude; para variação de 2°C a 4°C de média magnitude; é de forte magnitude quando o intervalo de diferença fica entre 4°C e 6°C; e de muito forte quando a variação é maior que 6°C.

É importante destacar que a ilha de calor não é “única” e que os tipos variam conforme os métodos e técnicas empregadas no processo de registro da temperatura. Para Oke *et al.* (2017, p.198, *tradução nossa*) “não se deve referir-se vagamente à ICU como se fosse um fenômeno unitário, mas sim identificar qual tipo está sendo medido, descrito, interpretado ou modelado”. Neste sentido, os mesmos autores apontam para a existência de quatro tipos de ICU em função das camadas onde são constatadas ([figura 6](#)), a saber: ICU da camada limite (1), ICU da camada do “Dossel” Urbano (2), ICU superficial (3) e ICU subsuperficial (4).

FIGURA 6 – TIPOS DE ILHAS DE CALOR URBANA



FONTE: Adaptado de Oke *et al.* (2017, p.199). Elaborado pela autora (2019).

A ICU da camada limite urbana (CLU) ou ICU da atmosfera superior (tipo 1 – [figura 6](#)), é um fenômeno de escala local e mesoescala definida a partir a diferença entre a temperatura do ar no topo da camada limite urbana (CLU) (desde a base da CUNC) e a camada limite atmosférica (CLA) correspondente em elevação na área rural.

A ICU da camada do dossel urbano (CUNC) ou ICU da atmosfera inferior, nesta tese denominada somente como ICU atmosférica (tipo 2 – [figura 6](#)), constitui-se de um fenômeno de abrangência local. É definida pela diferença entre a temperatura do

ar contido na CUNC e a altura correspondente na camada próxima à superfície da área rural.

O tipo de ICU superficial (tipo 3 – [figura 6](#)), de escala microclimática, é formada pelas diferenças de temperatura na interface da atmosfera externa com os materiais sólidos da cidade e na interface do ar rural equivalente ao solo.

A ICU subsuperficial (tipo 4 – [figura 6](#)), é um dos tipos menos explorados por pesquisas até o momento, é um fenômeno de escala local e pode ser definida a partir das diferenças encontradas entre os padrões de temperatura no solo e subsolo construído da cidade, e aqueles no solo rural circundante.

Ressalta-se que o tipo investigado nesta pesquisa é a ICU atmosférica, que se destaca por ser um fenômeno que se expressa usualmente no período noturno, inclusive mais suscetível de ocorrência em noites calmas e sem nebulosidade.

A ocorrência da ICU no período noturno está relacionada com o balanço de energia na cidade. Durante o dia, o aquecimento solar favorece o armazenamento do calor, de forma superior nas superfícies urbanas em detrimento das rurais, já que nessas últimas, uma grande parte do calor é transformado pela evapotranspiração (calor latente). Nesse período já é possível constatar a ICU superficial ([figura 3b](#)).

Já ao anoitecer, devido ao armazenamento de calor decorrente da presença dos cânions urbanos e do albedo das superfícies das cidades, tanto a temperatura da superfície quanto a do ar não se esfriam tão rapidamente quanto os arredores rurais. Desta maneira, enquanto as temperaturas máximas do ar durante o dia são bastante semelhantes nos dois ambientes (urbano e rural), a temperatura mínima noturna na área rural é muito mais baixa (Oke *et al.*, 2017, p.206). Portanto, no período noturno é maior a probabilidade de se constatar uma ICU atmosférica ([figura 3b](#)).

É importante pontuar também que os métodos de observação variam conforme os diferentes tipos de ICU, estas medidas podem ser diretas ou através de sensoriamento remoto. Para a ICU da camada limite urbana utilizam-se sensores de temperatura acoplados em aeronaves, balões e torres altas; para medir a ICU atmosférica, usam-se principalmente de estações, sensores meteorológicos e transectos móveis. Os sensores de temperatura conectados à superfície podem ser utilizados para medir a ICU superficial, e os dentro do substrato para a ICU subsuperficial.

De acordo com Oke *et al.* (2017) todos os tipos de ICU, com exceção da subsuperficial podem ser monitoras via sensoriamento remoto, que se constitui de

uma medida indireta. No caso das imagens, faz-se necessária as correções das propriedades da superfície radiativa que influenciam a emissão e reflexão da radiação de comprimentos de ondas espectrais detectadas pelo sensor (LUCENA, 2013).

Os sistemas de detecção remota como o *SoDAR* (*Sonic Detection and Ranging*), *LiDAR* (*Light Detection and Ranging*) e o *RASS* (*Radio Acoustic Sounding System*) podem ser usados para estimar a temperatura na CLU e assim oportunizar a detecção do tipo 1 de ICU. Para a ICU atmosférica, pode-se usar dos sistemas, mas em menor tamanho, como o Mini-SoDAR e o Mini-LiDAR. De qualquer modo, é para o tipo superficial em que se utiliza largamente do sensoriamento remoto, sendo feito por meio das imagens de satélite, principalmente.

CAPÍTULO II – TRAJETÓRIA HISTÓRICA: OS ESTUDOS DE CLIMA URBANO COM ÊNFASE NAS ICU'S

O clima das cidades há anos vem preocupando a humanidade. Até mesmo nas antigas civilizações gregas e romanas, Landsberg (1981) apontou que já haviam registros dessas preocupações e o filósofo Quintus Horatius Flaccus (cerca de 65 a.C. a 08 a.C.) já insinuava a contaminação do ar pela fumaça das chaminés na cidade de Roma. O mesmo autor também cita acontecimentos na idade média, em Londres, na qual dois monarcas proibiram a queima do carvão: em 1273 o rei Edward I e em 1533 a rainha Elizabeth II.

A obra de John Evelyn datada em 1661, “*Fumifugium*”, versava sobre o clima urbano de Londres e é considerada como um marco inicial dos estudos de clima urbano na idade moderna que foi motivado pelo episódio que causou a morte de quatro mil pessoas pela alta concentração de poluentes (NASCIMENTO JÚNIOR, 2019).

Em Paris, conforme Foissard (2015), o escritor Henri René Albert Guy de Maupassant descreve em 1885 os efeitos de uma ICU em um de seus contos:

C'était une de ces soirées d'été où l'air manque dans Paris. La ville, chaude comme une étuve, paraissait suer dans la nuit étouffante. Les égouts soufflaient par leurs bouches de granit leurs haleines empestées, et les cuisines souterraines jetaient à la rue, par leurs fenêtres basses, les miasmes infâmes des eaux de vaisselle et des vieilles sauces (MAUPASSANT, 1885).³

No entanto, conforme Stewart (2019), as pesquisas realizadas nos séculos XVII e XVIII, sobretudo nas cidades europeias e norte-americanas, não representam a primeira investigação científica sobre os efeitos meteorológicos e climatológicos do calor e da poluição nas cidades. Para o pesquisador, é no século XIX que isto muda a partir dos estudos de Luke Howard, considerado o fundador da climatologia urbana.

² O título original da obra é “*The inconveniencie of the aer and smoak of London dissipated together with some remedies humbly proposed*”.

³ “Era uma daquelas noites de verão em que falta ar em Paris. A cidade, quente como um forno, parecia suar na noite sufocante. Os esgotos sopravam suas respirações obsoletas com suas bocas de granito, e as cozinhas subterrâneas jogavam para a rua, através de suas janelas baixas, os infames miasmas de água de louça lavada e molhos velhos” (MAUPASSANT, 1885, *tradução nossa*).

2.1A LITERATURA CLÁSSICA E SEUS PERÍODOS

Stewart (2019) advoga a necessidade do estudo histórico das ilhas de calor urbana. Para ele, a ignorância da literatura clássica do tema atrasou o progresso moderno da climatologia urbana. Neste sentido, o autor revisou os estudos clássicos produzidos entre 1800 e 1980, dividindo o período em três: I-Pioneirismo no campo: início de 1800 ao início de 1900; II-Inovação em metodologia: anos 1920 a 1940; e III-Ascensão do experimentalismo: 1950 a 1980 (STEWART, 2019, p.3, *tradução nossa*).

As contribuições de autores da literatura clássica em relação ao pioneirismo na metodologia para observação da temperatura nas cidades e detecção da ICU foram sistematizadas por Stewart (2019) e exibida no [quadro 2](#) de acordo com o período histórico referente.

QUADRO 2 – PRIMEIROS AVANÇOS NOS MÉTODOS PARA OBSERVAÇÃO DA TEMPERATURA NAS CIDADES E ICU

| Período | Pioneirismo na metodologia | Autor | Ano de publicação | Anos de observação | Cidade ou região estudada |
|---------|--|-------------------------|-------------------|----------------------|--------------------------------|
| I | Medições sistemáticas de longo prazo dos efeitos da cidade na temperatura do ar | L. Howard | 1833 | 1806-30 | Londres (Reino Unido) |
| I | Uso da rede de estações climáticas (> 4 estações) para medir os efeitos da temperatura da cidade | E. Renou | 1868 | 1815-68 | Paris (França) |
| I | Comparação dos efeitos da temperatura da cidade em várias cidades e regiões continentais J. Hann 1885 meados do final de 1800 Europa; Índia; EUA | J. Hann | 1885 | Meados dos anos 1800 | Continente europeu; Índia; EUA |
| I | Medição dos efeitos da cobertura de neve nas diferenças de temperatura do ar urbano-rural | W. Hammon & F. Duenckel | 1902 | 1891-95 | St. Louis (EUA) |
| II | Uso de automóveis para coletar dados de temperatura do ar nas cidades | W. Schmidt | 1927 | 1927 | Viena (Áustria) |
| II | Uso de mapas isotérmicos para representar a variação horizontal das temperaturas do ar da cidade | W. Schmidt | 1927 | 1927 | Viena (Áustria) |
| II | Uso de seções transversais térmicas para representar a estrutura interna do campo de temperatura urbano | A. Peppler | 1929 | 1929 | Karlsruhe (Alemanha) |

(Continua)

| Período | Pioneirismo na metodologia | Autor | Ano de publicação | Anos de observação | Cidade ou região estudada |
|---------|---|------------------------|-------------------|--------------------|-------------------------------|
| II | Uso do termo alemão <i>Wärmeinsel</i> (ilha de calor) para descrever a temperatura urbana em campo | A. Peppler | 1929 | 1929 | Karlsruhe (Alemanha) |
| II | Uso de rede expandida de estações climáticas (dezenas de estações) para medir os efeitos da temperatura na cidade | L. Besson | 1931 | 1899–1929 | Paris (França) |
| II | Uso de bicicletas para coletar dados de temperatura do ar nas cidades | A. Budel & J. Wolf | 1933 | 1931-32 | Munique (Alemanha) |
| II | Divisão sistemática da cidade em "zonas termais" urbanas | H. Berg & H. Metzler | 1934 | 1934 | Hanover (Alemanha) |
| II | Uso de uma frota de automóveis para coletar dados de temperatura do ar nas cidades | E. Fukui & N. Wada | 1941 | 1939 | Tóquio, Osaka, Nagoya (Japão) |
| III | Controle experimental de efeitos urbanos e não urbanos na magnitude da ilha de calor | Å. Sundborg | 1951 | 1947-49 | Uppsala (Suécia) |
| III | Uso de métodos estatísticos para identificar locais localmente representativos para medição de ilhas de calor | Å. Sundborg | 1951 | 1947-49 | Uppsala (Suécia) |
| III | Análise estatística dos efeitos do clima na magnitude da ilha de calor | Å. Sundborg | 1951 | 1947-49 | Uppsala (Suécia) |
| III | Tratamento sistemático dos efeitos rurais na magnitude da ilha de calor | E. Einarsson & A. Lowe | 1955 | 1952 | Winnipeg (Canadá) |
| III | Uso de métodos combinados (observatórios, termógrafos, pesquisas de automóveis) para medição de ilhas de calor. | T. Chandler | 1960 | 1958-59 | Londres (Reino Unido) |
| III | Uso de diferenças de temperatura do ar urbano-pré-urbano para medição de ilhas de calor | H. Landsberg | 1979 | 1968-75 | Columbia (EUA) |

(Final)

FONTE: Adaptado de Stewart (2019, p.6, *tradução nossa*). Elaborado pela autora (2020).

O período denominado por Stewart (2019) como “I-Pioneirismo no campo: início de 1800 ao início de 1900”, tem início quando muitos países, sobretudo europeus, formalizaram as observações da atmosfera próximo à superfície, aumentando o

número de medições. Neste contexto ([quadro 2](#)), cinco autores se destacaram: L. Howard, E. Renou, J. Hann, W. Hammon e F. Duenckel.

As duas primeiras revoluções industriais influenciaram diretamente o processo de urbanização no continente europeu. Após a 2ª revolução, em 1833, o inglês Luke Howard publica o livro “*The climate of London*”, no qual o autor trouxe uma descrição dos elementos climáticos e da contaminação do ar, observando a ocorrência de temperaturas mais elevadas na cidade que nos arredores de Londres. O pesquisador deduziu que a diferença de temperatura entre Londres e o entorno rural eram proporcionais à densidade urbana e ao seu desenvolvimento (LANDSBERG, 1981; STEWART, 2019).

Na capital francesa, o meteorologista Émilien Jean Renou (1868) observou gradientes de temperatura do ar após leituras noturnas em Paris, além das medidas distintas entre a cidade e o campo (FOSSARD, 2015).

O trabalho do austríaco Julius Hann (1885) em tabular dados de temperatura de diversas cidades (Viena e Linz, na Áustria, Munique e Celle, na Alemanha, Budapeste na Hungria, Perpignan na França, Calcutá na Índia e St. Louis nos EUA) renderam ao estudioso conclusões como a de que a anomalia da temperatura nas cidades depende mais do ambiente no entorno do ponto de medição do que propriamente do tamanho da cidade (STEWART, 2019).

A dupla W. Hammon e F. Duenckel (1885) ao investigar St. Louis (EUA) constataram que no inverno, a cobertura de neve na cidade provocava o resfriamento noturno nas áreas rurais e suburbanas, ao passo que nas áreas urbanas a neve derretia mais rapidamente devido a fuligem industrial. Desta forma, os autores encontraram diferenças de temperaturas significativas entre os ambientes (STEWART, 2019).

Para completar este primeiro período histórico, destaca-se o estudo mais antigo de temperatura urbana na América Latina, preconizado por Manuel Moreno (1895). O pesquisador investigou a temperatura na Cidade do México (México) e seus arredores, e descobriu que a área urbana permanecia mais quente que as áreas periféricas durante todo o ano, com destaque para o período noturno e para a estação seca.

No segundo período “II-Inovação em metodologia: anos 1920 a 1940” sete autores, entre eles duas duplas, destacam-se por trazerem importantes contribuições

à metodologia de identificação de ICU ([quadro 2](#)), são eles: Schmidt, Peppler, Besson, A. Budel & J. Wolf, E. Fukui & N. Wada.

O austríaco Wilhelm Schmidt (1927) foi o primeiro pesquisador a utilizar o carro para realização das medidas climáticas, o que atualmente chamamos de transectos móveis (LANDSBERG, 1981). Schmidt ao estudar a capital de seu país, Viena, carregou termômetros para lugares que antes não tinham medições e com isto, o autor fez o primeiro desenho do campo de temperatura publicado.

O meteorologista Albert Peppler (1929) replicou a metodologia de Schmidt (1927) em Karlsruhe na Alemanha, defendendo mais testes como este. Além disso, de acordo com Stewart (2019), as publicações de Peppler remontam ao primeiro uso do termo “ilha de calor urbana”, cunhado em alemão “*städtischen Wärmeinsel*”.

Louis Besson (1931) se destacou no segundo período histórico por utilizar uma extensa rede de medição da temperatura em Paris, composta por 26 pontos de observação. Já a dupla alemã A. Budel & J. Wolf (1933) inovou a metodologia de Schmidt ao usar bicicletas para realização dos transectos móveis em Munique.

Fora do eixo europeu, registram-se contribuições destaques na América do Norte com viagens de medição nos EUA (Brooks, 1931) e Canadá (Middleton & Millar, 1936) e também na Ásia, especialmente no Japão, em que E. Fukui & N. Wada (1941) usaram uma frota de automóveis para circular simultaneamente nas três maiores cidades do país na época (Tóquio, Osaka e Nagoya) (STEWART, 2019).

Para Stewart (2019) o período compreendido entre 1950 e 1980 denominado pelo pesquisador de “ascensão do experimentalismo” compreende os estudos que detinham de extenso conjunto de dados de levantamento de temperatura, seja por medida fixa ou por móveis, em que os cientistas conseguiam isolar os processos físicos dos padrões observados e assim inferir nas relações de causa e efeito. Nestes anos também ocorreu a expansão dos estudos para as regiões de baixa latitude.

Neste contexto, com relação às inovações metodológicas, destacam-se os autores: Å. Sundborg, E. Einarsson & A. Lowe, Chandler e H. Landsberg ([quadro 2](#)). O primeiro pesquisador, Åke. Sundborg (1951), a partir de uma investigação experimental em Uppsala (Suécia) foi pioneiro ao controlar as influências do relevo e das florestas no efeito urbano, além de ser o primeiro a relacionar a magnitude da ICU com as condições climáticas.

Os canadenses Einarsson e Lowe (1955) produziram um estudo em Winnipeg (Canadá) que é considerado em um dos trechos de terra mais planos do mundo. Sem

efeitos do relevo, os autores puderam observar a influência de outros fatores na temperatura como a umidade da superfície, uso e cobertura do solo, especialmente nas áreas rurais.

No terceiro período histórico, Chandler e Landsberg são mais conhecidos por autores na literatura moderna (STEWART, 2019). O primeiro, monitorou a ilha de calor urbana em Londres e encontrou diferenças de até 2°C na área central, durante a estação do verão, em relação ao entorno. T. Chandler (1960) também discorreu, em sua obra "*The Climate of London*", acerca das alterações que a urbanização provoca no clima, como a elevação de temperatura, aumento de precipitações e alteração na ventilação.

O segundo autor, Helmut E. Landsberg, publicou em 1956, um trabalho intitulado "*The Climate of Towns*", em que o autor trouxe elementos considerados determinantes para alteração do clima local, à exemplo da produção de calor advinda dos automóveis e outros processos de combustão, dos tipos de materiais construtivos, da retirada da vegetação, entre outros (LANDSBERG, 1956). Mais tarde, em 1981, no livro "*The Urban Climate*", o pesquisador publicou um de seus principais trabalhos que aborda o clima do centro de Londres em comparação com seus arredores, juntamente com novas técnicas para este tipo de estudo.

Apontado por Stewart (2019) como um dos autores mais citados em 75 estudos de ICU no período de 2000 a 2017 está Tim Oke. O pesquisador canadense investigou 10 assentamentos na planície de St. Lawrence, cujas populações variavam de 1.000 a 2 milhões de habitantes, buscando identificar uma relação entre o tamanho da população e a ICU. Em estudos posteriores (OKE, 1976, 1981) o autor conclui que não era a população e nem a taxa de crescimento da cidade preditores da ICU, mas sim a geometria do cânion urbano, que relaciona o tamanho da cidade com a magnitude da ICU.

Além disso, a clássica obra de Oke (1974,1978) "*Boundary Layer climates*" trouxe um esquema do perfil clássico da ilha de calor, largamente utilizado nos estudos nesta temática, anteriormente abordado no capítulo I, [tópico 1.2](#) deste trabalho.

2.2 AS NOVAS TECNOLOGIAS: O USO DO SENSORIAMENTO REMOTO

No final do século XX e decorrer do XXI, em função das novas tecnologias, tem-se verificado uma ampla utilização do sensoriamento remoto e do geoprocessamento para o tratamento dos dados climáticos, análise do clima urbano e suas consequências, tais como a ICU. De antemão, alerta-se que grande parte dos estudos que se utilizam do sensoriamento remoto para detecção de ilha de calor urbana, são voltados ao tipo de ICU superficial.

Neste cenário, o sensoriamento remoto que é definido como ciência e tecnologia que se utiliza de equipamentos (sensores) na obtenção de dados à distância, tem se mostrado como uma ferramenta eficaz na obtenção de informações sobre o ambiente terrestre.

Novo (2008) expõe que sensoriamento remoto é a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que compõem a superfície terrestre. O conceito de sensoriamento remoto vem sendo associado mais especificamente com a indicação de interações entre os materiais da superfície terrestre e a energia eletromagnética.

Para Silva (2014) ao analisar o comportamento térmico de aglomerações urbanas, torna-se necessário a utilização de técnicas de sensoriamento remoto que podem subsidiar o estudo considerando a distribuição espacial do fenômeno em suas diferentes escalas.

Além disso, o uso de imagens de sensores orbitais aliado às técnicas de geoprocessamento, favorece o trabalho simultâneo entre variáveis espaciais e temporais, possibilitando a identificação de diferentes fenômenos espaciais, como por exemplo, o crescimento urbano de cidades em diferentes escalas de tempo (FLORENZANO, 2007).

As primeiras observações da ICU superficial por meio de satélite foram feitas por Rao em 1972 no leste dos EUA e desde então se verifica o aumento considerável de estudos deste tipo, especialmente a partir de 2005. Segundo Zhou *et al.* (2019) isso se deve a diversos fatores como: o aumento do interesse na área devido à rápida urbanização e ao aquecimento global, aos avanços das técnicas de sensoriamento remoto e computação, à quantidade e qualidade dos dados e também à disponibilização gratuita da série de dados do *LandSat* em 2008.

Foi no início da década de 1990 que os dados do *LandSat* foram utilizados pela primeira vez em uma pesquisa de ICU superficial. Mesmo que disponível somente para o período diurno, o satélite se tornou popular para os estudos devido à resolução espacial alta para época (de 60 a 120 metros) e alta qualidade dos dados. Já o MODIS começou a ser usado para este fim em 2004 (ZHOU *et al.*, 2019).

Uma revisão histórica dos estudos que tratam do uso do sensoriamento remoto para a detecção da ICU superficial, realizada por Zhou *et al.* (2019) analisou 462 pesquisas de 1972 a 2018. Constatou-se que a maior parte das pesquisas (69%) investigou a ICU superficial em um único horário, principalmente no período diurno (63%), enquanto o restante explorou tanto o dia quanto a noite. Os autores dos estudos também identificaram que os dados obtidos por meio dos satélites geralmente não coincidem com a hora do dia em que se tem o registro da maior magnitude da ICU.

Segundo Zhou *et al.* (2019) isto se deve principalmente à utilização de dados do LandSat, disponível apenas para o período diurno, além das imagens de infravermelho térmico serem influenciadas pelas condições climáticas, como a cobertura de nuvens que resulta na perda de dados.

Neste sentido, cabe destacar que a temperatura da superfície da Terra obtida por sensoriamento remoto difere completamente da temperatura do ar em termos de observação e altitudes. A temperatura da superfície é medida de forma indireta pelos sensores térmicos do satélite a partir da detecção de radiação de onda longa provinda da superfície da Terra ([figura 7](#)), enquanto que a temperatura do ar é medida diretamente por termômetros.

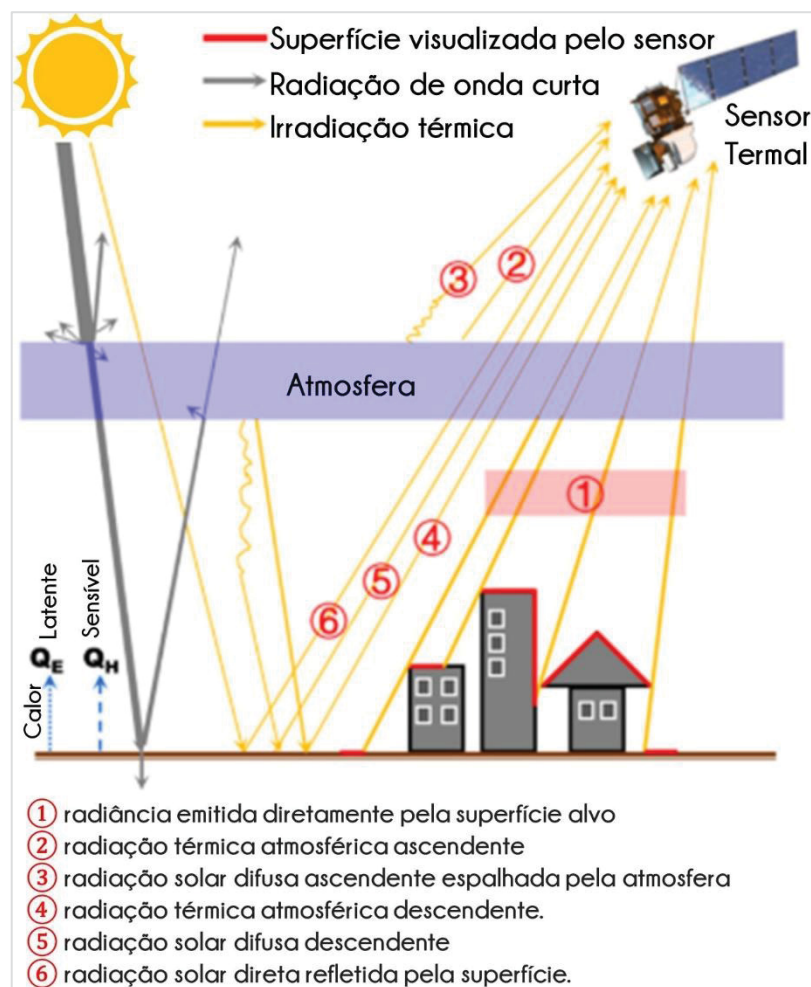
É preciso considerar que elementos como a umidade da superfície, a emissividade, as condições atmosféricas próximo a superfície, podem afetar o fluxo de radiação ascendente da superfície. Além disso, Zhou *et al.* (2019) adicionam que a irradiância recebida pelos sensores são influenciadas pelo próprio ângulo de visão do sensor e também que a estrutura tridimensional da cidade pode dificultar que parte da superfície urbana pode não seja vista pelos sensores. Assim sendo, a precisão da estimativa da temperatura da superfície da Terra depende tanto de correções de efeitos atmosféricos como também da estimativa da emissividade da superfície.

Além da temperatura da superfície, os dados provenientes de satélites também têm sido usados desde 1970 para gerar índices de vegetação, tais como o *Normalized*

Difference Vegetation Index (NDVI), em português, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

De acordo com Orhan (2014), o NDVI além de mapear a presença de vegetação numa base de pixel, também proporciona uma medida da quantidade de vegetação ou condição dentro de um pixel (*picture element*), que promove a compreensão dos impactos de mudanças de cobertura em relação à temperatura na superfície terrestre.

FIGURA 7 – RADIAÇÃO INFRAVERMELHA RECEBIDA PELO SENSOR DE UM SATÉLITE



FONTE: Adaptado de Zhou *et al.* (2019, p.15). Elaborado pela autora (2020).

Novos aprimoramentos dos métodos de identificação e quantificação de ICU superficial foram sendo aplicados ao longo dos anos. A exemplo disso, Stewart e Oke (2012) propuseram um sistema de classificação da paisagem urbana a partir de zonas climáticas locais, em inglês denominadas de “*Local Climate Zones (LCZ)*”.

Uma LCZ corresponde a uma área com uso do solo urbano, morfologia e materiais semelhantes, demonstrando uma temperatura característica para o

ambiente. Desta maneira, a classificação a partir das LCZ's podem orientar a seleção de áreas urbanas e não urbanas de referência para calcular a intensidade de uma ICU superficial.

Com relação aos lugares em que são investigadas as temperaturas da superfície da Terra e suas anomalias, o estudo de Zhou *et al.* (2019) mostrou que grande parte das investigações sobre o tema são feitas na Ásia (62%), seguida pela América do Norte (24%) e a Europa (15%). As pesquisas sobre a África, América do Sul e Central e Oceania, somaram menos de 37 publicações, sendo que a cidade destaque no continente sul-americano é São Paulo.

Os autores clamam pela necessidade de atenção às regiões do globo menos estudadas, que tem um alto potencial de urbanização e/ ou sensibilidade climática e para o futuro próximo, preveem mais pesquisas de cidades de pequeno e médio porte, já que vão abrigar a maior parte da população (ZHOU *et al.*, 2019).

2.3 AS PESQUISAS BRASILEIRAS: A CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA E O SISTEMA CLIMA URBANO

É importante ressaltar que, muitos dos estudos elencados no [tópico 2.1](#) traziam uma abordagem meteorológica, de caráter estatístico, diferentemente do analítico, que foi, posteriormente, ganhando espaço com o desenvolvimento da chamada climatologia geográfica.

A lenta apreensão das noções de ritmo climático de Maximilian SORRE e de tipos de tempo de Pierre PEDELABORDE, embora discordantes segundo MONTEIRO (1976), retardaram a compreensão do clima enquanto fenômeno dinâmico. Foi a partir da concepção de dinâmica atmosférica e de sua inter-relação com as atividades humanas, enquanto fator de causa e efeito de sua alteração, que o clima em geral, e o urbano em particular, passaram a ser tratados sob um enfoque mais geográfico (MENDONÇA, 1995, p.23).

A climatologia brasileira foi relevante neste processo, além do destaque do viés geográfico para o clima, vem desenvolvendo estudos de um ambiente que era pouco investigado internacionalmente: as cidades tropicais.

Conforme aponta Sant'anna Neto (2004) pode-se considerar três obras pioneiras que versam sobre o clima do Brasil, datadas do final do século XIX e no início do século XX: em 1889 a de Henrique Morize, "Esboço da Climatologia do Brazil"; em 1896 o alemão Frederico Draenert publica "O clima do Brazil"; e em 1917 o francês Delgado de Carvalho com a obra "Meteorologie du Brésil". Estas publicações

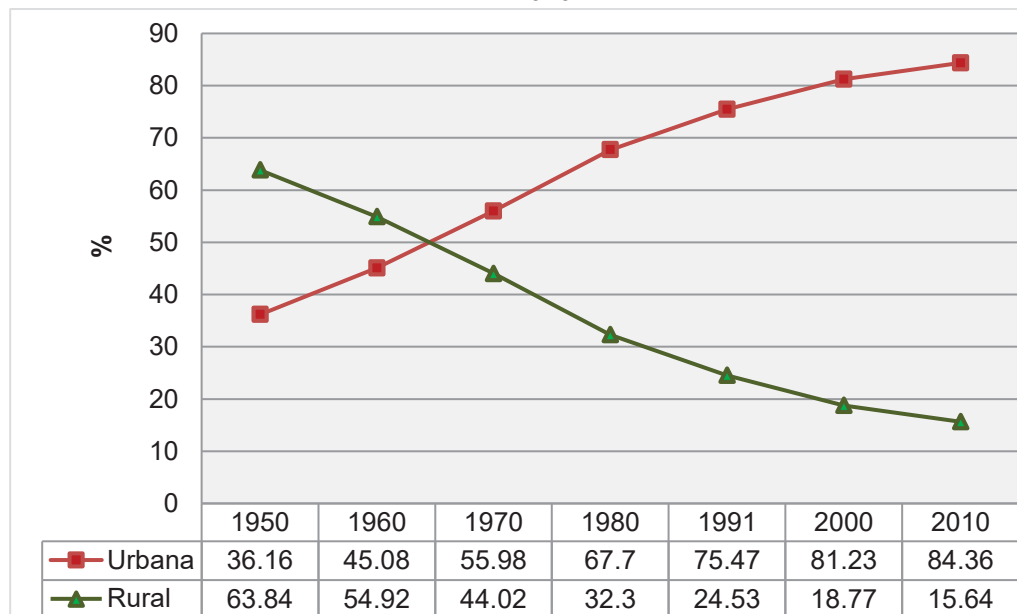
buscaram, sobretudo, fazer uma síntese dos aspectos climáticos bem como apresentar propostas de classificação.

As características climáticas das cidades recém-formadas no país também começaram chamar atenção de pesquisadores. Para Monteiro & Mendonça (2003, p.175)

A preocupação com as alterações introduzidas pelo processo de urbanização na qualidade do ar da cidade constituiu-se no principal alerta a despertar o interesse para elaboração do mesmo. O início de tais estudos remonta ao período da Revolução Industrial na Inglaterra e, no caso brasileiro, acompanham o momento em que a população urbana suplantou a rural.

Desta forma, tanto as cidades de pequeno e médio porte quanto as maiores, passaram a ser investigadas a partir da década de 1960. Como mostra a [figura 8](#) em que, de acordo com o IBGE, a população urbana brasileira superou a rural em 1970, quando contava com 52.904.744 habitantes morando em cidades, compondo um percentual de 55,98%, contra 41.603.839 pessoas vivendo no campo. A urbanização se tornou um fenômeno crescente no Brasil e em 2010 atingiu o patamar de 84,36% da população vivendo em ambiente urbano, o que corresponde a aproximadamente 161 milhões de habitantes.

FIGURA 8 – GRÁFICO DE EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO URBANA E RURAL NO BRASIL DE 1950 A 2010



FONTE: IBGE, Censo Demográfico 1950/2010. Elaborado pela autora (2019)

Neste período de transição do ambiente populacional na década de 1970, especificamente em 1975 (editada em 1976) o pesquisador e professor Carlos

Augusto Figueiredo Monteiro defende a sua tese de livre-docência cujo título era “Teoria e Clima Urbano”, uma produção que se tornaria uma referência para os estudos do âmbito de clima urbano no Brasil. Conforme o autor, a tese “procurava focalizar o clima da cidade sob uma perspectiva conjuntiva, integradora” (MONTEIRO, 2003, p.11).

Apoiado na Teoria Geral dos Sistemas, de L. Von Bertalanffy (1950) e no conceito de geossistema de Bertrand (1968), Monteiro (1976) propõe o Sistema Clima Urbano (SCU). Considerado como aberto, este sistema complexo

visa compreender a organização climática peculiar da cidade e, como tal, é centrado essencialmente na atmosfera que, assim, é encarada como operador. Toda a ação ecológica natural e as associações aos fenômenos da urbanização constituem o conjunto complexo sobre o qual o operador age (MONTEIRO, 2003, p. 21).

Monteiro (2003) traz alguns enunciados básicos para apresentar a teoria do SCU. Destaca-se aqui o primeiro deles, em que afirma que o clima urbano abrange o clima de um determinado espaço terrestre bem como a sua urbanização, de tal maneira que a estrutura e as inter-relações do sistema não são somente sobrepostas ou adicionadas, mas conectadas, integradas e permitindo mecanismos de autorregulação e retroalimentação entre o operador, representado pela atmosfera e os demais elementos do sistema.

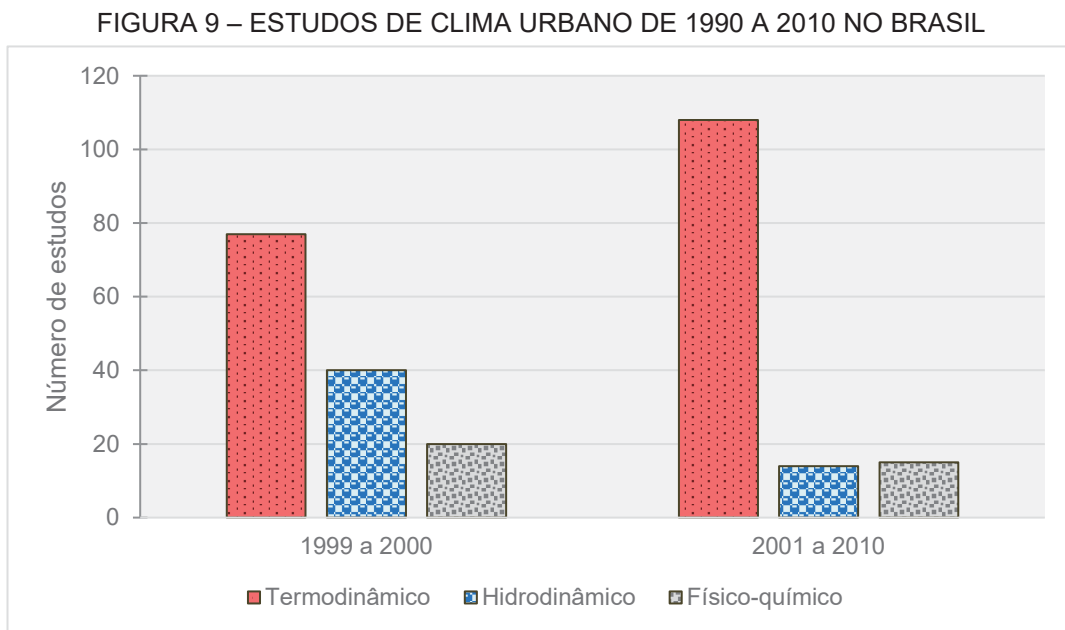
Dentro do SCU para classificar e simplificar os elementos e seus produtos (como impactos), o autor o divide em três subsistemas: o Termodinâmico, o Físico-químico e o Hidrometeorológico. Estes podem ser expressos também como canais de percepção humana.

O primeiro subsistema se expressa através do calor, ventilação e umidade, afetando a todos permanentemente. O segundo associa-se à qualidade do ar e à questão da poluição, que, para o autor é “uma das mais decisivas na qualidade ambiente urbana” (MONTEIRO, 2003, p.24). O terceiro subsistema engloba todas as formas meteorológicas, hídricas e elétricas que são capazes de causar impactos nas cidades. O SCU como metodologia será melhor detalhado no terceiro capítulo.

Considerando os três subsistemas e seguindo a linha do tempo das publicações brasileiras em clima urbano, destaca-se que o campo térmico e o campo hidrométrico foram e ainda são os que recebem maior atenção da climatologia no país. Com relação aos lugares investigados, conforme Mendonça (1995) a cidade de São Paulo foi a que mais despertou a atenção dos estudiosos nas primeiras pesquisas, e

o “efeito Ilha de Calor e a Poluição - foram os mais explorados em tais estudos” (p.70). As demais cidades analisadas localizavam-se, principalmente, na porção centro-sul e litorânea do nordeste do Brasil.

Conforme um levantamento realizado por Mendonça (2015), cerca de 137 estudos de casos sobre clima urbano foram feitos no Brasil na década de 1990, a maioria destes empregando a proposta do SCU de Monteiro. O mesmo número de trabalhos foi realizado de 2001 a 2010, e em 51 destes foi utilizado o SCU.

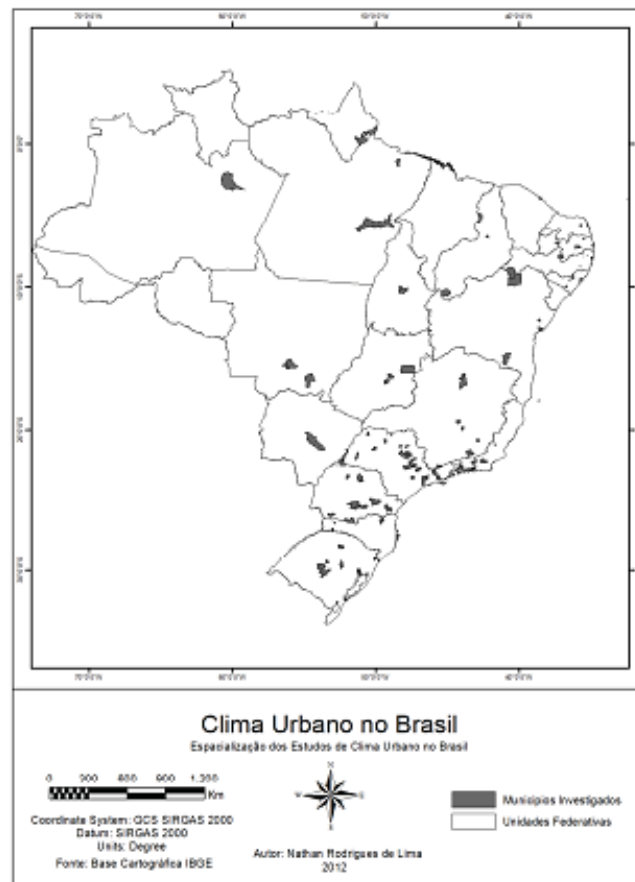


FONTE: Mendonça (2005). Elaborado pela autora (2019)

A figura acima, ao mostrar a concentração de trabalhos por subsistemas, evidencia o protagonismo do termodinâmico em que o total de estudos neste campo, considerando os vinte anos, é o triplo da soma dos demais. A característica tropical das cidades brasileiras e a facilidade técnica/tecnológica são justificativas para o aumento de investigação no escopo deste canal (LIMA *et al.*, 2012). Além disso, uma diferença notável da década mais recente para a anterior é que as pesquisas brasileiras relacionadas ao subsistema hidrometeorológico e físico-químico, diminuíram.

No que se refere à localização dos estudos de casos ([figura 10](#)), a maioria se ateve às grandes cidades e/ou regiões metropolitanas, no entanto, é crescente a pesquisa em cidades de pequeno e médio porte que orientam-se a partir do estudo e da metodologia realizada por Mendonça (1995).

FIGURA 10 – ESPACIALIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CLIMA URBANO NO BRASIL



FONTE: Lima *et al.* (2012)

De acordo com Lima *et al.* (2012), os estudos no campo do subsistema termodinâmico têm uma maior distribuição no território brasileiro, todavia, apresentam-se em maior quantidade nas regiões sul e sudeste. Aqueles que versam sobre o subsistema hidrometeorológico possuem uma distribuição regular, analisando principalmente as cidades que estão no domínio climático tropical úmido.

Já as pesquisas que estudam o subsistema físico-químico estão ligadas às metrópoles, no principal eixo urbano/industrial sudeste-sul, a saber, São Paulo (SP), Rio de Janeiro (RJ), Belo Horizonte (MG) e Curitiba (PR). Verifica-se ainda, através da [figura 10](#), uma carência de trabalhos nos estados da região Norte, que, segundo os autores, deve-se ao menor grau de urbanização e investimentos na região.

Nos estudos do campo termodinâmico, em 1985 é defendida uma tese de referência intitulada “Ilhas de Calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo”, em que Lombardo (1985) utiliza-se pela primeira vez de técnicas de sensoriamento remoto para estudar a ICU na capital paulista a partir das imagens dos satélites *Landsat* e

NOAA. Com imagens multitemporais AVHRR da cidade de São Paulo (SP), a autora detectou cerca de até 10°C de amplitude térmica entre diferentes superfícies da capital paulista, permitindo assim caracterizar a presença de uma ICU.

Dez anos depois, Mendonça (1995) publica sua tese intitulada “O clima e o planejamento urbano: De cidades de porte médio e pequeno. Proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR” na qual estuda a cidade de Londrina (PR) e utiliza-se de imagens de satélite em diferentes escalas (regional e intraurbana), chamando a atenção para as pesquisas sobre o clima das aglomerações urbanas menores.

Neste contexto, Amorim (2000) estudou a cidade de Presidente Prudente, localizada no interior de São Paulo e de porte médio, identificando um clima urbano específico, que a partir das características de temperatura e umidade, apontaram diferenças entre o espaço intraurbano e o rural.

E no âmbito das tecnologias do sensoriamento remoto, Mendonça & Dubreuil (2005) analisaram a termografia de superfície e a temperatura do ar no inverno de 2002 na Região Metropolitana de Curitiba (PR) a partir de imagens de satélite (*Landsat* TM Canal 6). Os resultados mostraram a formação de uma ilha de calor na superfície e os dados meteorológicos apontaram para uma ilha de frescor a 1,5 metros.

Em 2015 Amorim, Dubreuil & Cardoso realizaram a modelagem da ilha de calor em Presidente Prudente (SP) a partir de medidas de temperatura via transectos móveis, o uso da terra utilizando as imagens do satélite *Landsat 8*, do NDVI e a hipsometria. Os autores mostraram que o sensoriamento remoto pode ajudar no processo de análise com multicritérios, substituindo as interpolações espaciais dos registros de temperaturas do ar que não levavam em consideração as características dos alvos superficiais.

São inúmeros os exemplos de pesquisas brasileiras que contribuíram e ainda contribuem para o conhecimento na área do clima urbano, mas seria extenso citá-los nesse trabalho. No entanto, reconhece-se e destaca-se a grande relevância desses estudos no contexto internacional, sendo referência quando se trata especialmente do ambiente tropical.

2.4 OS ESTUDOS DE ICU EM AMBIENTE COSTEIRO E/OU INSULAR

O ambiente costeiro constitui-se de um espaço de alta complexidade no que tange as suas características climatológicas devido à proximidade com o mar. A atuação das brisas, por exemplo, pode atenuar, intensificar ou até dissipar os efeitos de uma ilha de calor. Desta maneira, realizou-se um resgate de trabalhos feitos por pesquisadores brasileiros e do exterior que tratam sobre a zona costeira e/ou insular e que foram sintetizados no [quadro 3](#).









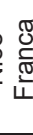
A construção do quadro levou em consideração os trabalhos mais citados nas revisões bibliográficas de dissertações e teses que tratam desse ambiente (especificamente no campo termodinâmico). Os levantamentos realizados por Mendonça (1995) e Fialho (2009) serviram de base para a elaboração.

Também se filtrou as pesquisas a partir de duas bases de dados da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior): o Portal de Periódicos (PP) e o Catálogo de Teses e Dissertações (CTD).














Sintetizou-se na composição do quadro a seção do método de acordo com a utilização de imagens de satélite, transectos móveis e medições nos estudos. Os resultados também foram resumidos a fim de mostrar principalmente a detecção da ilha de calor, sua intensidade e o período de maior intensidade.

Ressalta-se que os estudos que investigam a área de estudo, no caso a área conurbada de Florianópolis (SC), serão tratadas exclusivamente no item "[2.4.1 As pesquisas na área de estudo da tese](#)".















QUADRO 3 – PESQUISAS REALIZADAS NO CAMPO TERMODINÂMICO NA ZONA COSTEIRA E INSULAR

| Autor(es) | Ano (déc. 70 e 80) | Título | Local | | Latitude | Método | | | Resultados |
|-------------------------|--------------------------|---|---|--|-----------|---|----|---|--|
| | | | Brasil | Exterior | | IS | TM | MF | |
| M. Colacino | 1978 | <i>Infrared Radiometric Measurements for the Study of Rome Urban Heat Island</i> | | Roma Itália  | 41,8° N |  | | | Constatação: Existência de ICU na cidade; Intensidade máxima: 4°C; Período: mais evidente no verão; |
| P. Carrega | 1984 | <i>Notes sur les micro-climats urbains de Nice</i> | | Nice França  | 43°42' N |  | |  | Constatação: Existência da ICU na cidade; Intensidade máxima: 10°C; Período: durante dia e noite no inverno e somente a noite no verão; |
| Katsoulis & Theoharatos | 1985 | <i>Indications of the urban heat island in Athens, Greece.</i> | | Atenas Grécia  | 37° 58' N | | |  | Constatação: Existência da ICU na cidade; Intensidade máxima: 3°C; Período: mais evidente no verão |
| I. Danni | 1986 | Aspectos témporo - espaciais da temperatura e umidade relativa de Porto Alegre em janeiro de 1982 – contribuição ao estudo do clima urbano. |  | Porto Alegre (RS) | 30° S | | |  | Constatação: Existência da ICU secas (a noite) e ilhas frescas e úmidas, relacionadas à ocupação e ao uso do solo urbano |

















(Continua 1/4) – Legenda: IS – Imagem de Satélite, TM – Transecto Móvel, MF – Medidas Fixas, ICU – Ilha de Calor Urbana.

| Autor(es) | Ano (déc. 90) | Título | Local | | Latitude | Método | | | Resultados |
|------------------|------------------|--|--|--|-----------|---|----|---|--|
| | | | Brasil | Exterior | | IS | TM | MF | |
| Carreras et al. | 1990 | <i>Modificaciones térmicas en las ciudades: avance sobre la isla de calor en Barcelona</i> | | Barcelona Espanha  | 41° 23' N |  | |  | Constatação: Existência da ICU na cidade; Intensidade máxima: 6,9°C; Período: mais evidente no inverno |
| A. H. L. Sampaio | 1991 | Correlação entre o uso do solo e ilhas de calor no ambiente urbano: o caso de Salvador |  Salvador (BA) | | 13°S | | |  | Constatação: Existência da ICU noturna; Intensidade máxima: 6°C; Período: mais evidente no inverno |
| M. J. Alcoforado | 1993 | O clima da região de Lisboa: contrastes e ritmos térmicos | | Lisboa Portugal  | 38° 43' N | | |  | Constatação: Existência da ICU na cidade a noite; Intensidade máxima: 5°C; Período: mais evidente no inverno |
| C. C. Nascimento | 1996 | Clima e morfologia urbana em Belém |  Belém (PA) | | 1° 27' N | | |  | Constatação: Existência de ICU diurna; Intensidade máxima: 2°C; Período: mais evidente entre 12h e 15h na primavera e outono; |
| A. M. Brandão | 1996 | O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. |  Rio de Janeiro (RJ) | | 22° 54' S | | |  | Constatação: Existência de ICU diurna; Intensidade máxima: 4,2°C; |
| A.M.S. Santana | 1997 | O desenho urbano e a climatologia em Fortaleza |  Fortaleza (CE) | | 3° 43' S | | |  | Constatação: Temperatura elevada durante o dia em ambientes edificadas e sem vegetação, ilhas de frescor na beira-mar |

(Continua 2/4) – Legenda: IS – Imagem de Satélite, TM – Transecto Móvel, MF – Medidas Fixas, ICU – Ilha de Calor Urbana.

| Autor(es) | Ano (séc. XXI) | Título | Local | | Latitude | Método | | | Resultados |
|-------------------------------|-------------------|---|---|---|-----------|---|---|---|---|
| | | | Brasil | Exterior | | IS | TM | MF | |
| **Gual, Perelló & Ramis | 2002 | <i>La isla de calor urbana en Palma de Mallorca</i> | | Palma Espanha  | 39° N | |  |  | Constatação: Existência de ICU na cidade; Intensidade máxima: 5,8° C; Período: mais evidente em cenários atmosféricos frios |
| T.S. Malheiros | 2003 | A geografia do clima em Copacabana: O campo térmico e a percepção da população enquanto subsídio a programas de educação ambiental. |  | Rio de Janeiro (RJ) | 22° 54' S | |  |  | Constatação: Existência de ICU de forte intensidade; Intensidade máxima: 8,5°C; Período: mais evidente no inverno; |
| Mestayer et al. | 2003 | <i>The urban boundary layer field experiment over Marseille. UBL/CLU-ESCOMPTE: Experimental set-up and first results</i> | | Marselha França  | 43° 17' N |  | |  | Constatação: Existência da ICU noturna; Intensidade máxima: 2,5°C; Período: mais evidente em fluxos fracos de brisas marítimas e terrestres; |
| **Sakaida & Egoshi | 2006 | <i>Influences of sea breeze on urban heat island in Sendai. Japan.</i> | | Sendai Japão  | 38° 15' N | | |  | Constatação: Existência da ICU noturna amenizada pela brisa marítima no verão; Intensidade máxima: 3°C; Período: primavera/outono. |
| ** J.A.S. Serra Pardo | 2007 | <i>Estudio de la Isla de calor de la ciudad de Ibiza</i> | | Ibiza Espanha  | 38° 54' N | |  |  | Constatação: Existência da ICU; Intensidade máxima: 6,4°C; Período: mais evidente no verão; |

(Continua 3/4) – Legenda: IS – Imagem de Satélite, TM – Transecto Móvel, MF – Medidas Fixas, ICU – Ilha de Calor Urbana, ** – Estudo realizados em ilhas

| Autor(es) | Ano (séc. XXI) | Título | Local | | Latitude | Método | | | Resultados |
|--|-------------------|--|--|--|-----------|---|---|---|--|
| | | | Brasil | Exterior | | IS | TM | MF | |
| **Kolokotsa, Psomas & Karapidakis | 2009 | <i>Urban heat island. In southern Europe: The case study of Hania, Crete</i> | | Hania (Creta) Grécia  | 35°30' N | |  |  | Constatação: Existência da ICU; Intensidade máxima: 8°C; Período: mais evidente no verão; |
| Roth & Chow | 2012 | <i>A historical review and assessment of urban heat island research in Singapore</i> | | Singapura  | 1° 17' N | | |  | Constatação: Existência da ICU; Intensidade máxima: 7°C; Período: monções de sudeste (maio a agosto); |
| E. B. M. Moreira | 2014 | Balanço de energia e evapotranspiração na cidade do Recife-PE por sensoramento remoto |  Recife (PE) | | 8° 3' S |  | | | Constatação: alterações relevantes nas trocas dos fluxos de energia entre a malha urbana e atmosfera com predominância de altos valores de radiação disponível para aquecimento do ar próximo à superfície e na formação de zonas de calor. |
| R. R. Araújo | 2014 | Clima e vulnerabilidade socioespacial: uma avaliação dos fatores de risco na saúde da população urbana do município de São Luís (MA) |  São Luís (MA) | | 2° 31' S | | |  | Constatação: residências que fazem o uso de matérias construtivos precários em áreas de vulnerabilidade socioespacial apresentam maior impacto negativo à saúde dos moradores. |
| W. P. Gomes | 2017 | Características da temperatura na zona costeira: Análise do clima urbano em Ubatuba – SP |  Ubatuba (SP) | | 23° 26' S |  |  |  | Constatação: Existência da ICU; Intensidade máxima: 6°C; Período: observação feita no verão |
| M. W. B. Anjos | 2017 | Orientações climáticas para o planejamento urbano numa cidade costeira do nordeste do Brasil: Aracaju-SE. |  Aracaju (SE) | | 10° 54' S |  | |  | Constatação: Existência da ICU; Intensidade máxima: 1,3°C; Período: estação fresca, período da tarde; |

(Final) – Legenda: IS – Imagem de Satélite, TM – Transecto Móvel, MF – Medidas Fixas, ICU – Ilha de Calor Urbana, ** – Estudo realizados em ilhas
Elaborado pela autora (2019)

Dos vinte e um trabalhos apresentados no [quadro 3](#), onze são compostos por pesquisas que investigaram em países do continente europeu e asiático, neste caso, todos situados no hemisfério norte, enquanto que dez abordam ambientes costeiros e/ou insulares no Brasil.

É possível notar a variação latitudinal entre os locais dos trabalhos, em que dez destes situam-se na zona térmica tropical e onze na subtropical/temperada, que, somado aos fatores climáticos formam uma diversidade de climas, tais como o mediterrâneo, tropical de monções e tropical. Assim sendo, é importante destacar que o objetivo do levantamento não é traçar um comparativo da área de estudo desta pesquisa com os demais, visto que a realidade climática local é complexa e variada, mas sim, analisar os diferentes métodos e as constatações dos estudiosos para subsidiar/orientar a fundamentação teórico-metodológica desta pesquisa.

Nos trabalhos supracitados, em todos os resultados foram verificadas alterações no campo térmico em função das características de urbanização da cidade, corroborando com um dos pressupostos básicos do clima urbano e do SCU. Nos estudos, as temperaturas mais altas observadas em setores geralmente densamente edificadas das cidades, variaram de 1,3°C (a menor diferença em Aracaju, pesquisa de (2017)) e 8,5°C (maior diferença em Nice, estudo de Carrega *et al.* (1984)).

Com relação aos métodos, pode-se observar ainda no [quadro 3](#) que grande parte se utiliza de medições em pontos fixos, variando o número de pontos e a frequência, por exemplo. Kolokotsa, Psomas & Karapidakis (2009) investigaram a ilha de calor na ilha de Creta (Grécia) a partir da instalação de doze estações meteorológicas durante cinco meses (de maio a outubro). Já Gomes (2017) para estudar o clima urbano em Ubatuba-SP usou quinze miniabrigos meteorológicos durante o mês de novembro.

A realização dos transectos móveis é outra opção para auxiliar na caracterização e análise de uma ilha de calor urbana (ICU). Cinco dos vinte e um estudos apresentados se apropriaram deste tipo de medição. Gual, Perelló & Ramis (2002) por exemplo, estudaram a ICU na ilha de Palma de Mallorca (Espanha) e contaram com 51 pontos de registro. Na ilha vizinha, em Ibiza, Serra Pardo (2007) fez um transecto móvel com 81 pontos de medição.

A utilização de imagens de satélite, a partir do sensoriamento remoto apareceu somente em cinco das vinte e uma pesquisas aqui levantadas, com destaque para o trabalho de Gomes (2017) que foi o único que se utilizou dos três métodos e, assim

como o autor, a maioria das imagens selecionadas para fins de análise do campo térmico, provém do *LandSat*. Os estudos mais recentes vêm apresentando a utilização deste recurso como forma complementar no diagnóstico da ICU e caracterização da vegetação a partir do NDVI. O [tópico 2.2](#) tratou dessa ferramenta.

É interessante observar que dos estudos que constataram a existência da ICU, quatro verificaram intensidade máxima da mesma no período do verão (COLACINO, 1978; KATSOULIS; THEOHARATOS, 1985; SERRA PARDO, 2007; KOLOKOTSA, et.al., 2009). Destaca-se um aspecto em comum entre esses trabalhos: as áreas estudadas possuem o clima mediterrâneo, com temperaturas altas no verão, o que pode ter contribuído neste resultado.

Cinco trabalhos constataram a maior intensidade da ICU no período do inverno (ALCOFORADO, 1989; CARRERAS ET.AL., 1990; SAMPAIO, 1991; GUAL, PERELLÓ E RAMIS, 2002; MALHEIROS, 2003) e com exceção do estudo de Sampaio (1991) em Salvador e Malheiros (2003), no Rio de Janeiro, os demais têm em comum a latitude superior a 30°. Um dos fatores explicados por Gomes (2017) para o caso de Ubatuba (SP), é que

no inverno há a diminuição da precipitação e da temperatura, conseqüentemente a vegetação fica menos exuberante, propiciando o aumento das temperaturas dos alvos nas áreas não construídas, com solos expostos ou com vegetação pouco densa (p.78).

Pelo mesmo motivo apontado por Gomes (2017), Amorim & Dubreuil (2017) também reconheceram que em estações mais secas, no caso do inverno para a cidade de Presidente Prudente (SP), a ICU se torna mais intensa.

No [quadro 3](#) há quatro trabalhos que tratam de ambientes insulares (GUAL, PERELLÓ & RAMIS, 2002; SAKAIDA & EGOSHI, 2006; SERRA PARDO, 2007; KOLOKOTSA, PSOMAS & KARAPIDAKIS, 2009) assim como grande parte do município tratado nesta tese (Florianópolis). Mesmo com dimensões diferentes (por exemplo, Ibiza com 571 km² e Sendai-Japão com cerca de 378 km²), os estudos sobre estas ilhas mostraram a relevância das brisas na configuração das ICU.

Sakaida & Egoshi (2006) constataram que em Sendai (Japão) a ICU é esfriada pela brisa marinha durante a primavera e verão, e que esse efeito diminui à medida que se aumenta a distância do litoral (FIALHO, 2009). Kolokotsa, Psomas & Karapidakis (2009) também perceberam tal efeito na ilha de Creta (Grécia),

verificando que os ventos de quadrante norte aumentaram a área da ICU, enquanto os ventos do quadrante oeste diminuíram.

Mesmo em cidades continentais costeiras foi percebido o efeito das brisas, como em Carrega *et al.* (1984) e Mestayer *et al.* (2003). O primeiro investigou Nice, na França e constatou que as maiores diferenças térmicas são encontradas durante a madrugada, e que as áreas situadas a jusante dos vales onde o ar frio é drenado são as que apresentam menores temperaturas, contrastando em até 10°C com a cidade.

Mestayer *et al.* (2003) investigaram Marselha, também na França. Cabe destacar que o estudo faz parte do projeto ESCOMPTE⁴, que englobou, em 2001, uma série de pesquisas sobre poluição urbana na província sul da França (GRIMMOND *et al.*, 2002; MASSON, 2002; PIGEON *et al.* 2002) e a escolha deste dentre os demais para compor o [quadro 3](#) foi realizada pela relevância temática. Os autores constataram que no período mais fraco das brisas marítimas e terrestres, maior era a intensidade da ICU.

2.4.1 As pesquisas na área de estudo da tese

O primeiro trabalho realizado na área de estudo, em Florianópolis, foi feito pelos professores Maria Lurdes Sezerino & Carlos Augusto Figueiredo Monteiro, de maio a junho de 1987 e tinha como objetivo caracterizar o comportamento atmosférico, em especial o campo térmico. O estudo se deu a partir de levantamentos meteorológicos em diversos pontos da área central (das variáveis temperatura, direção e velocidade do vento) como também da circulação de pessoas e tráfego de veículos por minuto, segmentados em duas etapas. A pesquisa foi publicada na Revista Geosul com o título de “O Campo Térmico na Cidade de Florianópolis: Primeiros Experimentos”.

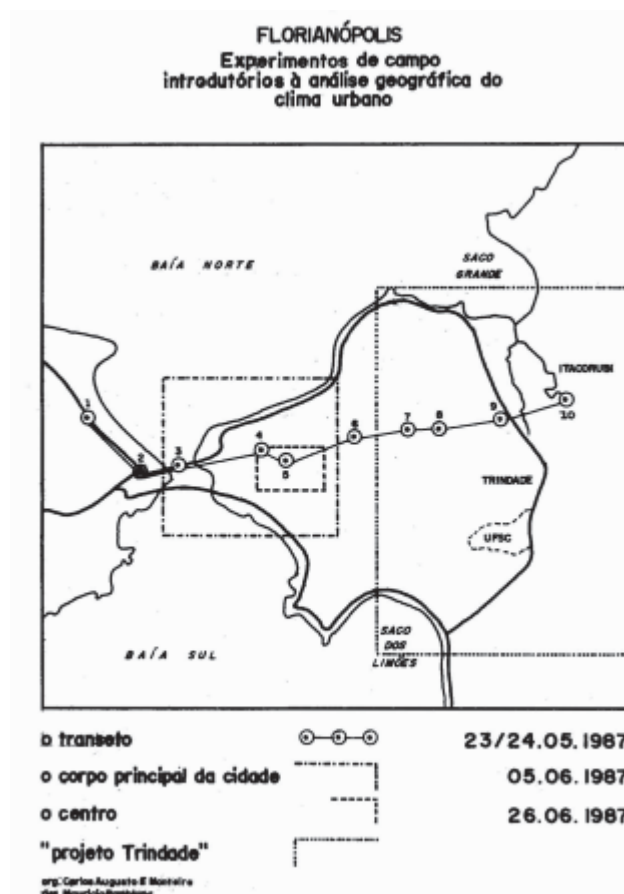
Na primeira etapa da pesquisa de Sezerino & Monteiro (1990) foi realizado um registro da temperatura em dez pontos no trajeto continente-ilha⁵ ([figura 11](#)) durante

⁴ Conforme Mestayer *et al.* (2003) é o acrônimo francês para um experimento de campo para restringir os modelos de poluição e transporte de emissões.

⁵ Descrição do trajeto realizado conforme Sezerino & Monteiro (1990, p.31): “Principiando na Praça N.S. de Fatima, no Estreito, tomou a direção da Ponte Hercílio Luz, atravessou o corpo principal da cidade, através do seu centro e, galgando o Morro da Cruz em sua parte mais elevada onde se encontram as torres dos sistemas de rádio e TV e belvedere - desceu pela ver-tente oriental pela área de recente expansão urbana e atravessou a baixada coberta pelo manguezal do Itacorobi até a estação de Aquicultura do Centro de Ciências Agrárias da UFSC a margem do córrego do Itacorobi”.

24 horas com o propósito de identificar possíveis diferenças térmicas entre os locais mais adensados sob uma mesma condição de tempo. Os resultados desta primeira parte não evidenciaram diferenças significativas entre a cidade e as demais áreas. No entanto, os autores identificaram o maior resfriamento noturno no ponto mais elevado do Morro da Cruz em contraste com as áreas urbanizadas e mais baixas.

FIGURA 11 –TRAJETO REALIZADO EM FLORIANÓPOLIS POR SEZERINO & MONTEIRO (1987)



FONTE: Sezerino & Monteiro (1990)

A segunda etapa da pesquisa consistiu em uma amostragem de vinte pontos distribuídos no centro da cidade na porção insular, nos horários sinóticos das 9h, 12h e 15h. Neste experimento foram identificados indícios da formação de uma ICU. Os pontos que foram registradas as maiores temperaturas são caracterizados pelo adensamento, impermeabilização do solo e verticalização dos edifícios.

Já as temperaturas mais baixas ocorreram ao nível da rua próxima à Catedral, a qual encontra-se em frente a um dos poucos espaços arborizados no centro e, conforme os autores, desempenha "um possível papel auxiliar do amplo jardim

arborizado na Praça XV, como elemento atenuador do armazenamento de calor pelos edifícios" (SEZERINO & MONTEIRO, 1990, p.53).

Para os autores, os resultados do experimento não possuem efeito conclusivo sobre o clima urbano no centro de Florianópolis, no entanto,

os episódios, eventuais e colhidos de modo um tanto ao acaso, podem, contudo, confirmar aquele atributo básico de que a aglomeração urbana representa um maior acúmulo interno de energia térmica em relação às áreas circundantes (SEZERINO & MONTEIRO, 1990, p.54).

Da mesma forma, não foi possível encontrar um traçado nítido de uma ICU, porém, como apontado anteriormente, houve indícios. Os motivos atribuídos à esta indeterminação foram remetidos à morfologia urbana ainda não tão consolidada, às funções centrais espalhadas na porção continental e a leste do Morro da Cruz e à questão da maritimidade, na qual a península central se encontra envolta das baías Norte e Sul. Mesmo diante deste quadro conclusivo, os autores chamam atenção pelo fato de que

Embora o efeito "ilha de calor" seja um dos atributos básicos dos climas urbanos, isto não significa que este efeito "universal" se manifeste sempre em termos espetaculares. (...) Evidentemente, em meio à universalização dos efeitos há a diversificação das causas. O efeito "ilha de calor" não implica em "uma" ilha configurada nas cidades. Uma cidade, segundo seus atributos poderá apresentar um "arquipélago" (SEZERINO & MONTEIRO, 1990, p.57-59).

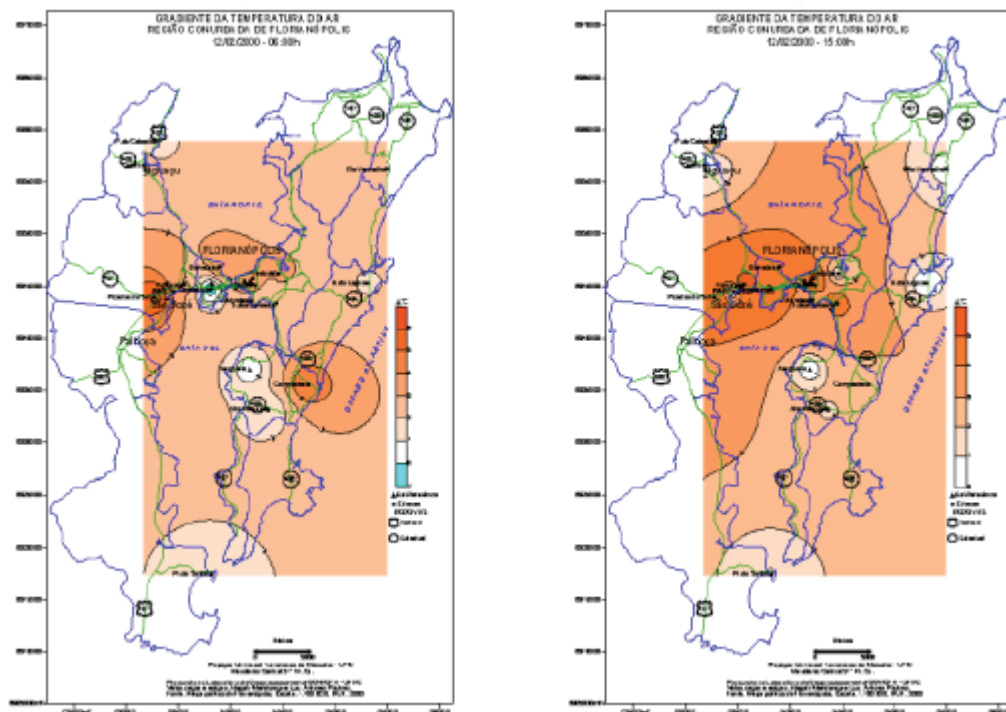
Cabe ressaltar que um dos efeitos do clima urbano em Florianópolis foi percebido pelo vento a partir da diversificação das suas direções no interior da cidade, provocada, principalmente, pelo atrito e rugosidade das edificações que canalizam e deformam o campo anemométrico, ocorrendo até a inversão da direção. Sezerino & Monteiro (1990) constataram que em meio à predominância de ventos sul (S-SE) ocorreu por muitas vezes a inversão para nordeste e noroeste.

Outro trabalho de importante contribuição para o tema e para a área de estudo foi desenvolvido pela professora Magaly Mendonça em sua tese de doutorado defendida em 2002 cujo título foi: "A dinâmica têmporo-espacial do clima subtropical na região conurbada de Florianópolis/SC". Este trabalho buscou compreender a influência simultânea dos fatores geo-ecológicos e da urbanização na variação têmpora-espacial da temperatura, umidade e vento. Para isto, foram realizados levantamentos de dados meteorológicos durante quatro dias nos quatro horários sinóticos (6h, 9h, 15h e 21h) em cada estação do ano em 1999. Os dados coletados

foram comparados com a estação do aeroporto Hercílio Luz, escolhida como representativa das áreas rurais ou semiurbanas.

As conclusões de Mendonça (2002) mostraram que não houve a formação de uma ilha de calor contínua, tal como previsto por Sezerino & Monteiro (1990), mas sim a composição de “arquipélagos de calor” (figura 12), o que vai ao encontro da característica da urbanização, que é nucleada e descontínua devido, em partes, à compartimentação morfológica. Na região conurbada, a autora encontrou anomalias de temperatura em torno de 6°C.

FIGURA 12 – ICU EM FLORIANÓPOLIS POR MENDONÇA (2002)



FONTE: Mendonça (2002)

Além disso, os resultados apontaram os maiores contrastes de temperatura em dias sob domínio da massa de ar polar, observadas às 6h, chegando a atingir 9°C em outubro. Em episódio de fluxo dominante (em abril) as diferenças foram maiores que 7°C, e em fluxo polar alternado (julho), as diferenças foram superiores a 3°C.

Mendonça (2002) também identificou ilhas de frescor em todos os tipos de tempo e horário, contudo, nenhuma no centro de Florianópolis (porção insular). As áreas mais frescas corresponderam àquelas situadas em locais abertos e próximos ao mar.

Para a autora, as constatações realizadas devem remeter à continuidade de registros mais precisos, envolvendo a dinâmica de vento, balanço de radiação, equipamentos mais sofisticados e uma equipe interdisciplinar a fim de avaliar a complexidade da circulação atmosférica urbana nas latitudes subtropicais (MENDONÇA, 2002).

O trabalho de Fábio Ribeiro de Souza desenvolvido no mestrado sob orientação da prof^a. Magaly Mendonça é um dos mais recentes sobre a temática do clima urbano em Florianópolis. A pesquisa intitulada “Estudo de fatores explicativos urbanos da distribuição da temperatura no centro de Florianópolis/SC” defendida em 2013, teve como objetivo compreender como a temperatura do ar é impactada pelas estruturas urbanas e pelas atividades desempenhadas.

Os dados meteorológicos foram tabulados por Souza (2013) a partir da coleta realizada durante seis anos de um projeto de pesquisa⁶, compondo, ao total, 38 dias em diversas datas e em 38 pontos ([figura 13a](#)) espalhados pelo centro nos horários de 6h, 9h, 15h e 21h (hora local).

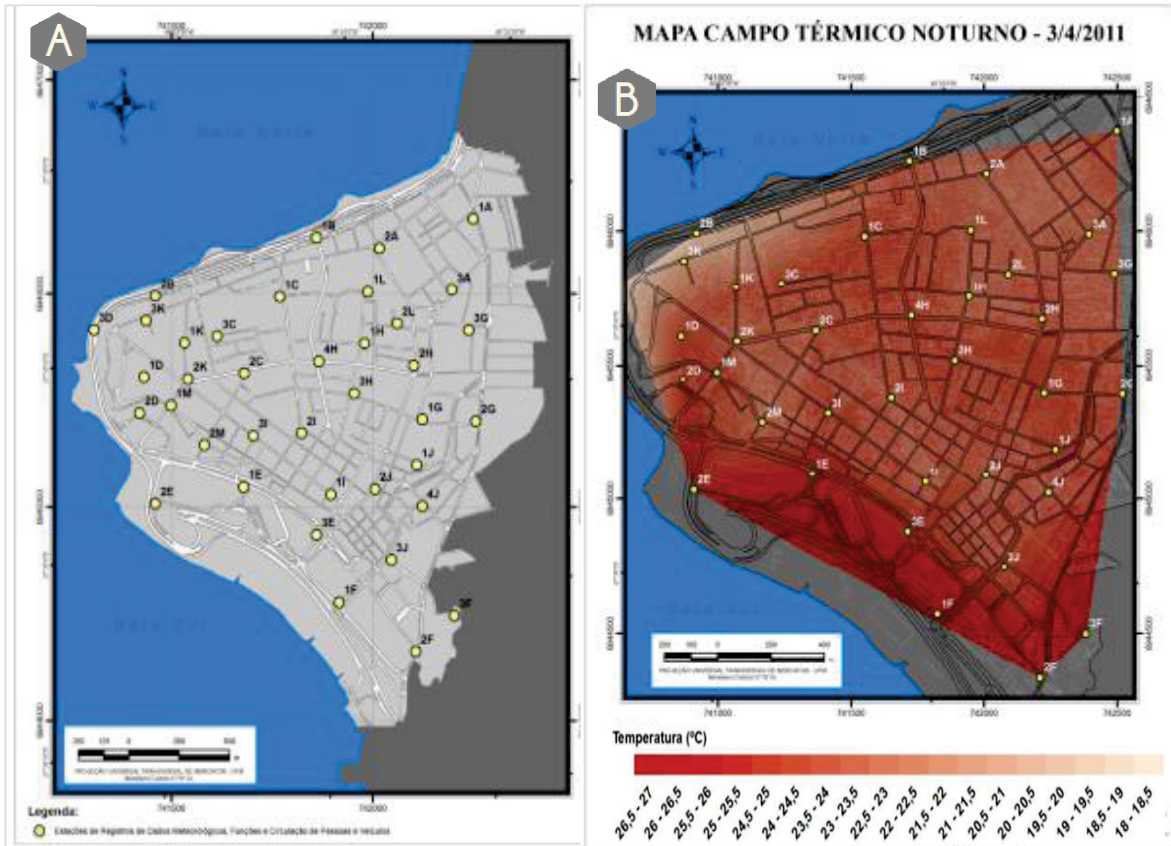
Além dos dados meteorológicos, Souza (2013) testou a metodologia AHP (*Analytic Hierarchy Process*⁷) e o resultado apontou indícios de uma relação direta entre as funções urbanas e a temperatura. O autor encontrou correlação moderada entre a quantidade de superfícies de trocas de energia e amplitude térmica. Verificando que as temperaturas mínimas sofrem influência da quantidade de área construída e volume construído, a “relação foi diretamente proporcional, ou seja, aumentando o valor da variável função, aumenta-se a temperatura mínima” (p.243). A [figura 13b](#) mostra um dos mapeamentos do campo térmico realizado por Souza.

Para o autor, outros elementos como a cobertura do céu por nuvens, a direção e intensidade dos ventos e a comparação com outros bairros de outra tipologia urbana, podem fornecer um maior subsídio para se avaliar o impacto da urbanização sobre a temperatura do ar.

⁶ O projeto pertencente ao programa FUNPESQUISA teve duração de seis anos (2006-2011), intitulado “Mapeamento do Campo Térmico do Centro de Florianópolis: Uma proposta metodológica”, foi coordenado pela professora Dra. Magaly Mendonça. Este era desenvolvido durante a disciplina de Climatologia, ministrada pela mesma professora em que propunha uma atividade prática, na qual a turma era dividida em grupos e responsável por abrigos meteorológicos, pela coleta dos dados e de informações relacionadas ao uso da terra, à circulação de pessoas e automóveis.

⁷ Segundo o autor, esta metodologia que valores subjetivos sejam incorporados nos modelos de avaliação, que incluiu variáveis como uso do solo, circulação de veículos e circulação de pessoas. A AHP foi selecionada com intuito de suprir esta carência de dados, utilizando um método que possibilitasse estabelecer uma análise matemática entre certas variáveis presentes na paisagem urbana, as quais se julgam importantes na variação térmica local (SOUZA, 2013, p.233),

FIGURA 13 – PESQUISA DE SOUZA NO CENTRO DE FLORIANÓPOLIS (2013)



FONTE: Souza (2013)

CONSIDERAÇÕES DA PARTE I

Esta primeira parte da tese, essencialmente teórica, elucidou as questões do clima urbano e sua relação com o processo de urbanização, sendo que este último, possui particularidades decorrentes da formação socioespacial e desenvolvimento socioeconômico. Os problemas resultantes de um clima próprio produzido pelas cidades é alvo de pesquisadores de todos lugares do mundo com maior ênfase pelo menos desde a metade do século XIX, mas o tema no Brasil chamou atenção somente após 1960, quando o processo de urbanização se torna predominante no país.

Frisa-se a contribuição da “escola” da climatologia urbana brasileira onde se sobressai o “sistema clima urbano” elaborado por Monteiro, em que grande parte das pesquisas sobre ilha de calor no Brasil aplicaram suas concepções, sobressaindo-se os estudos relacionados ao campo termodinâmico.

Desta maneira, no momento de escrita desse trabalho se pode afirmar que há uma base sólida de conhecimentos sobre o clima urbano e ICU, como exposto nessa primeira seção. Encontram-se na literatura uma série de manuais, perfis e métodos quanto às formas de detecção e monitoramento da ICU, que cada vez mais vêm sendo aprimoradas. Contudo, cabe aos pesquisadores a cautela na escolha das técnicas adequadas aos seus objetivos e suas áreas de estudo.

Neste sentido, destaca-se que dentre os variados modelos conceituais de ilha de calor, a tese se alinha ao modelo da ICU atmosférica, também chamada de ICU da camada de dossel. Portanto, buscou-se abordar as pesquisas orientadas nesse mesmo conceito e as que consideram o fenômeno enquanto um contraste ou diferença térmica constatadas entre ambientes urbanos e não-urbanos, e não medidas de temperatura absolutas.

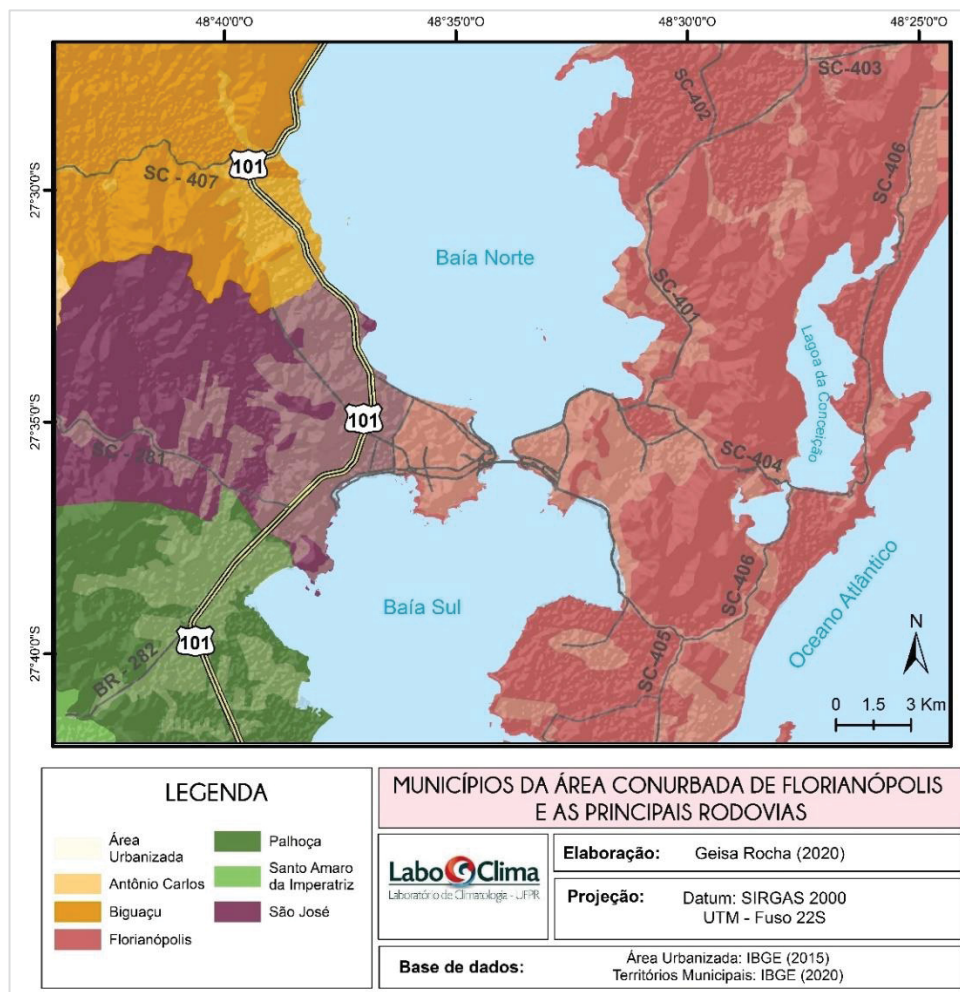
Além disso, nesta primeira parte se enfatizou os estudos de ICU realizados em cidades costeiras e/ou insulares tanto no Brasil quanto em outros países, mostrando diferentes variações de temperatura, períodos e métodos. Evidenciou-se a partir dessas, que um dos efeitos da proximidade do mar é a amenização da ICU na atuação das brisas marítimas, entretanto, as complexidades presentes neste tipo ambiente superam a análise única sob esse aspecto.

PARTE II – CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS

A segunda parte da tese está segmentada em dois capítulos: o capítulo III, intitulado de “Aspectos geoambientais: uma abordagem climática”; e o capítulo IV denominado “Características socioeconômicas e urbanas”. No primeiro, é apresentado um panorama dos elementos físico-naturais da paisagem da área de estudo, ao passo que o segundo se atém aos aspectos referentes ao espaço enquanto cidade a partir da análise do processo de formação e morfologia urbana.

Para fins de orientação, localização e descrição espacial, a [figura 14](#) abaixo mostra a janela do universo de análise, englobando parte das áreas dos municípios que integram a conurbação: Florianópolis, São José, Biguaçu e Palhoça.

FIGURA 14 – MUNICÍPIOS DA ÁREA CONURBADA E AS PRINCIPAIS RODOVIAS



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

CAPÍTULO III – ASPECTOS GEOAMBIENTAIS: UMA ABORDAGEM CLIMÁTICA

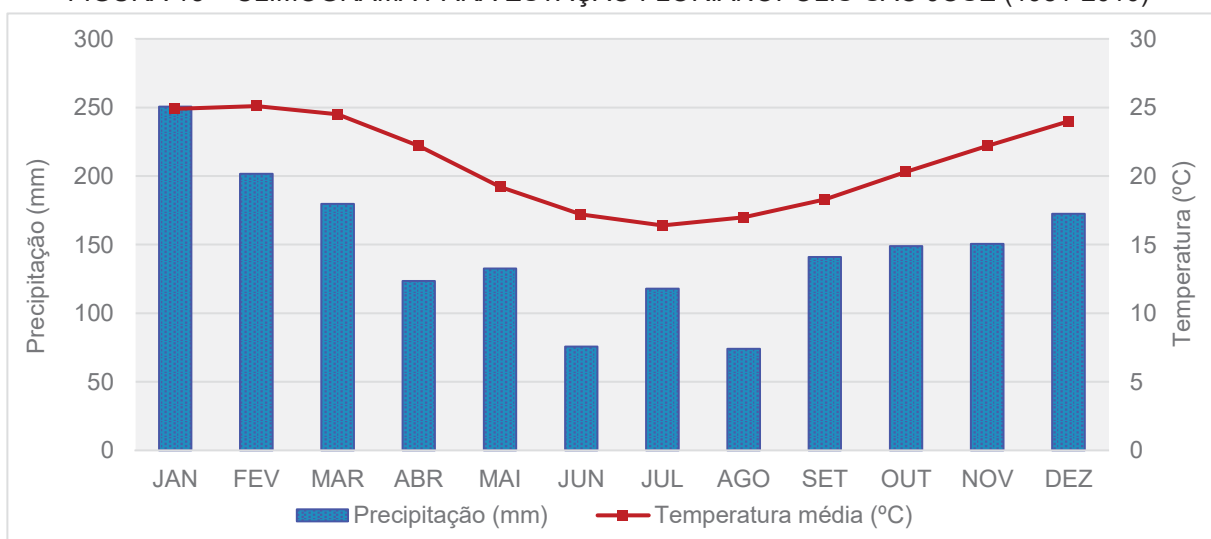
Neste capítulo serão apresentadas as características físicas da área de estudo, partindo da premissa sustentada na bibliografia de que os fatores climáticos como altitude, vegetação e presença de corpos d'água se relacionam com o tipo de clima urbano presente, buscando subsidiar uma análise integrada da ilha de calor urbana.

3.1 CLIMA LOCAL E REGIONAL

Para Mendonça (2002), Florianópolis, em sua posição subtropical na latitude de 27°S, não tem características climáticas tipicamente temperadas, mas sim características condicionadas à atuação e choques das massas de ar Polar e a Tropical Atlântica (mTa), com verões quentes e invernos frescos.

Segundo Monteiro (1963), as precipitações são bem distribuídas durante o ano e a temperatura nos períodos mais quentes varia entre 18°C e 22°C. Já no período mais fresco, a variação fica entre 15°C e 18°C ([figura 15](#)). Além das massas de ar, o autor ainda adiciona outros fatores geográficos que contribuem para a formação de um clima tipicamente subtropical, como a continentalidade reduzida na parte meridional da América do Sul, que por sua vez, acaba não permitindo um resfriamento capaz gerar grandes anticiclones térmicos.

FIGURA 15 – CLIMOGRAMA PARA ESTAÇÃO FLORIANÓPOLIS-SÃO JOSÉ (1981-2010)

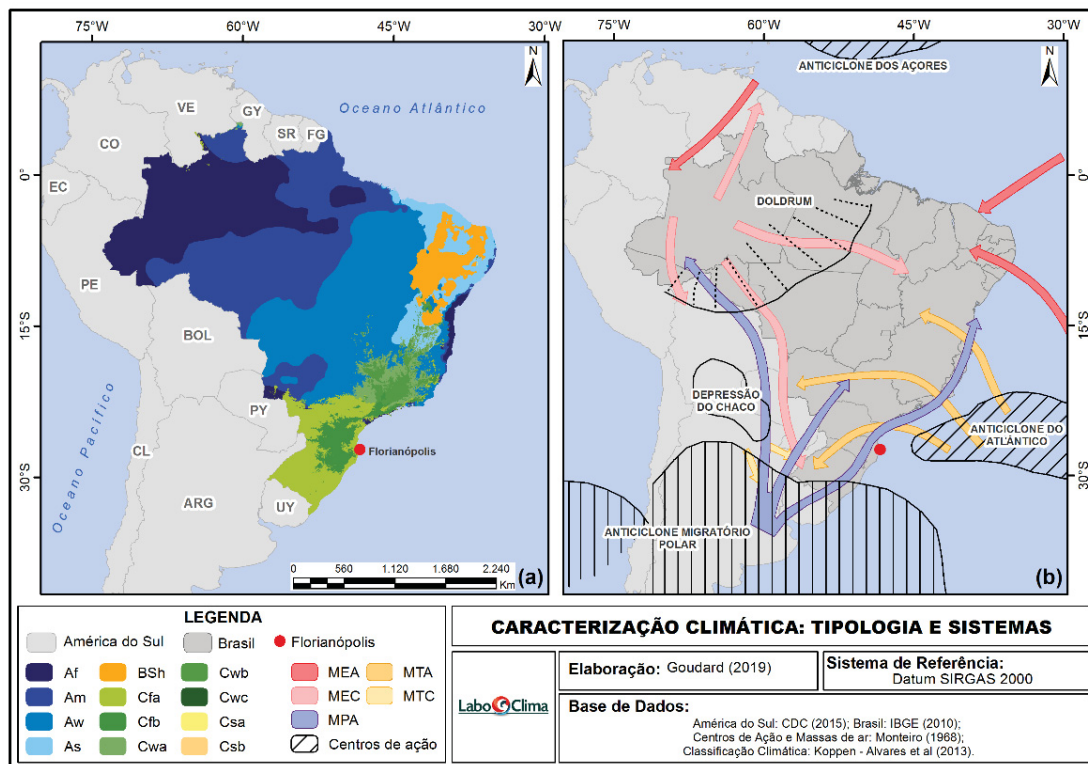


FONTE: INMET (2019). Elaborado pela autora (2020)

A classificação de Köeppen, largamente utilizada no Brasil e no mundo, confere à área a classe do tipo “Cfa” (Clima Subtropical Úmido). Um estudo realizado por Dubreuil *et al.* (2018) analisou o “Tipo de Clima Anual (TCA)” e sua correspondência com a classificação de Köeppen em mais de 200 estações espalhadas pelo território brasileiro. Para Florianópolis, no período de 1961 a 2015, os autores encontraram 94% dos casos como sendo TCA do tipo “C”, ou seja, temperado; os outros 6% como tipo “A”, ou seja, tropical.

No entanto, para melhor compreender as características climáticas, dinâmica atmosférica e principais sistemas atuantes em Florianópolis e sua área conurbada, recorre-se ao à dinâmica em um contexto espacial mais amplo, o da América do Sul (figura 16). De acordo com Monteiro (1963), os centros de ação para a circulação nessa porção são os anticiclones permanentes e semifixos oceânicos, que são as fontes das principais massas de ar atuantes no Brasil. Dessas, três se destacam por atuar com maior intensidade na ACF: a mTa e Massa Tropical Continental (mTc), ambas de origem tropical, e uma polar, a Massa Polar Atlântica (mPa).

FIGURA 16 – CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA: TIPOLOGIA KÖEPPEN, CENTROS DE AÇÃO E MASSAS DE AR NO BRASIL



FONTE: Goudard (2019)

A mTa tem origem marítima, formando-se no Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul (ASAS). Na costa catarinense, esta atua principalmente no verão, sendo responsável pelas elevadas temperaturas no mês de fevereiro, com máximas de 30°C até 40°C. Em função do aquecimento basal, a mTa se torna instável na parte inferior, impulsionando a formação de nuvens responsáveis por pancadas de chuva isoladas e/ou intensas (geralmente acompanhadas de rajadas de vento, trovoadas e descargas elétricas) de ocorrência no final do dia (MENDONÇA, 2002).

A mTc é caracterizada por ser quente e seca, tem origem em uma área denominada de Depressão do Chaco, localizada entre o Paraguai, Norte da Argentina e sul do Mato Grosso do Sul. Na ACF, assim como a mTa, também tem maior atuação no verão, responsável por dias secos e de temperatura elevada.

As frentes frias (FF) formadas a partir do encontro da massa de ar polar (fria e mais densa) com a massa quente (portanto, menos densa) ocasionam bruscas mudanças de temperatura,

sempre precedida por elevação de temperatura, no inverno é sucedida por ondas de frio das massas polares, com ocorrência de geadas nas áreas menos urbanizadas. No verão, a instalação da polar, é sentida pela mudança de direção dos ventos, que passam a soprar do sul, e por uma agradável redução das temperaturas depois de dias de calor intenso (MENDONÇA, 2002, p.65).

As FF também são responsáveis pela regularidade das precipitações, já que estas ocorrem nas situações de pré-frontal, frontal e pós frontal.

Conforme Monteiro (1963), no começo do outono ocorre a intensificação da Frente Polar Atlântica (FPA) que mobiliza as massas intertropicais que se interpõem ao seu avanço, ocasionando seu recuo e estabelecendo uma fase de “frentes indecisas”, caracterizado pela alternância dos dias com altas e baixas temperaturas. O período de outono é marcado por uma menor precipitação se comparado com o verão, esta diminui gradativamente de março a maio.

Dados dos relatórios do Climanálise (INPE/CPTEC) sintetizados por Jorge (2015) mostraram uma média anual de 45 registros de frentes frias em Florianópolis, número mais significativo dentre as cidades da faixa litorânea sul ([figura 17](#)). Para o mesmo autor, isso se deve devido à formação de frontogêneses no oceano que se deslocam para o continente e aos bloqueios atmosféricos.

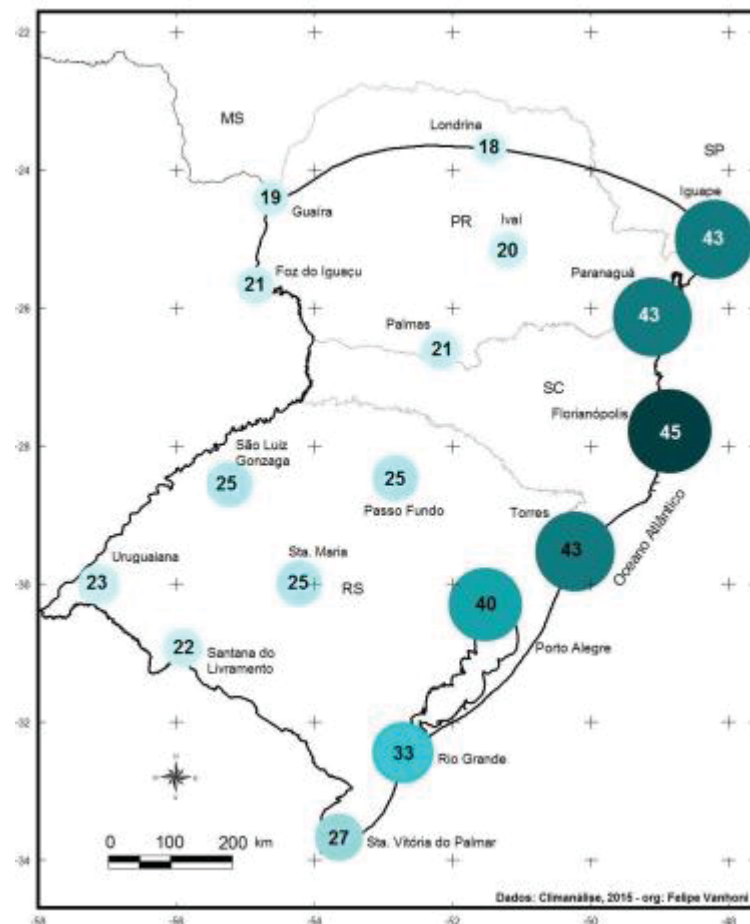
A atuação da mPa na ACF, originada no Anticiclone Migratório Polar, é caracterizada pela grande amplitude térmica diária, que, segundo Mendonça (2002),

pode chegar a 10°C em 24 horas e umidade menor que 50%. A estação em que a mPa atua com mais intensidade é no inverno, sendo julho o mês mais representativo. Neste período também é recorrente a presença de nevoeiros no início da manhã devido à estabilidade causada pelos sistemas de alta pressão, que inibe a formação das nuvens e favorecem perda de calor durante a madrugada.

Monteiro (1963) aponta que na estação da primavera não há mudança radical nos mecanismos de circulação e nem nos tipos de tempo de inverno, todavia, são menos intensos.

Outro aspecto importante para a climatologia da ACF são os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) que assim como a mTc igualmente se formam na Depressão do Cacho. Na primavera e no verão as altas temperaturas na região favorecem a formação de nuvens de desenvolvimento vertical (tais como a *Cumulus Nimbus - Cb*). De acordo com Monteiro e Mendonça (2005) a atuação dos CCM's em Florianópolis é marcada por ventos e intensas pancadas de chuva.

FIGURA 17 – MÉDIA ANUAL DE REGISTRO DE PASSAGEM DE FRENTES FRIAS (1997-2011)



FONTE: Jorge (2015, p.61)

Mendonça (2002) destaca ainda os efeitos do El Niño Oscilação Sul (ENOS) no estado de Santa Catarina. Para a autora, tanto na fase positiva quanto na fase negativa, o fenômeno influencia o ritmo climático, podendo causar chuvas e secas. O jato subtropical é intensificado em anos de El Niño, em razão do aumento do gradiente térmico entre o Equador e os pólos, bloqueando, por sua vez, os sistemas frontais que permanecem estacionados sobre o estado. Desta maneira, os bloqueios contribuem para o aumento de chuvas na primavera no começo do El Niño e no outono e inverno do ano posterior, especialmente nas áreas litorâneas.

No caso de La Niña, a diminuição da temperatura da superfície do mar no Pacífico Equatorial e o aumento da pressão atmosférica relacionam-se com a diminuição da convecção tropical, modificando a circulação em grande escala e, por conseguinte, provocando impactos de diminuição da precipitação em Santa Catarina, especialmente nos meses da primavera.

3.2 RELEVO E HIDROGRAFIA

Com relação aos aspectos geológicos, conforme Covello *et al.* (2018), a porção da área costeira estudada é composta por rochas antigas do Ciclo Brasileiro, diques cretáceos do Enxame de Diques e depósitos quaternários continentais e transicionais. Desta forma, do ponto de vista geomorfológico, existem dois domínios morfoestruturais: o Embasamento em Estilos Complexos e o de Acumulações Recentes. A única unidade geomorfológica do primeiro domínio é a Serra do Leste Catarinense, enquanto que para o segundo são as Planícies Costeiras (HERRMANN; ROSA, 1991).

Os maciços cristalinos se apresentam em forma de serras subparalelas no sentido norte-sul e são neles em que se encontram as maiores altitudes. Na porção insular de Florianópolis, por exemplo, divide-se o maciço em dois setores, o centro-norte e o sul. De acordo com Covello *et al.* (2018, p.4),

O setor Sul, com 15 km de comprimento e altitudes que variam de 300 a 532m no Morro do Ribeirão, e o setor Centro-norte, que abrange as elevações do morro do Campeche ao sul até o morro do Rapa no extremo norte da ilha, sendo o morro da Costa da Lagoa o mais alto com 492m.

São nas planícies costeiras, compostas por terrenos sedimentares, em que há a formação de lagoas, manguezais, restingas e dunas. Na Ilha é possível encontrar este domínio na parte leste (região da Lagoa da Conceição), na porção norte e noroeste (região dos bairros de Jurerê, Canasvieiras, Ingleses e Rio Vermelho), na região central e no sul da Ilha, esta última denominada de Planície Entremares, que divide as duas dorsais cristalinas. Na porção continental observa-se a presença de uma extensão da planície de pelo menos 2 km em todos municípios parte do recorte.

No que diz respeito à altimetria e à declividade da área de estudo ([figuras 18 e 19](#), respectivamente), esta apresenta-se em sua maior parte composta por relevo plano com baixo declive (0 a 5°), onde se encontram as planícies costeiras. Nas planícies marinhas a altitude máxima é de 5 metros e conforme Hermann (1999 *apud* MENDONÇA, 2002, p.72) estas guardam evidências de cordões de restinga e terraços marinhos ao longo da costa. Já na planície aluvial as altitudes são maiores, entre 5 a 10 metros. E as rampas colúvio-aluvionares, outra compartimentação das planícies costeiras identificadas por Hermann (1999), são compostas por superfícies descontínuas, com declividade baixa e altura que varia de 0 a 20 metros.

As partes mais altas e mais inclinadas constituem o embasamento cristalino, com declives entre 15° e 30°, com porções superiores a 30°. De acordo com PMF (2010), na porção insular do município ocorrem constantes episódios de escorregamentos de terra em função de eventos de chuva prolongada. O mesmo acontece na porção oeste do município de São José, principalmente na bacia do Rio Forquilhas e na parte centro-norte de Biguaçu.

FIGURA 18 – HIPSOMETRIA E REDE HIDROGRÁFICA DA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS - SC

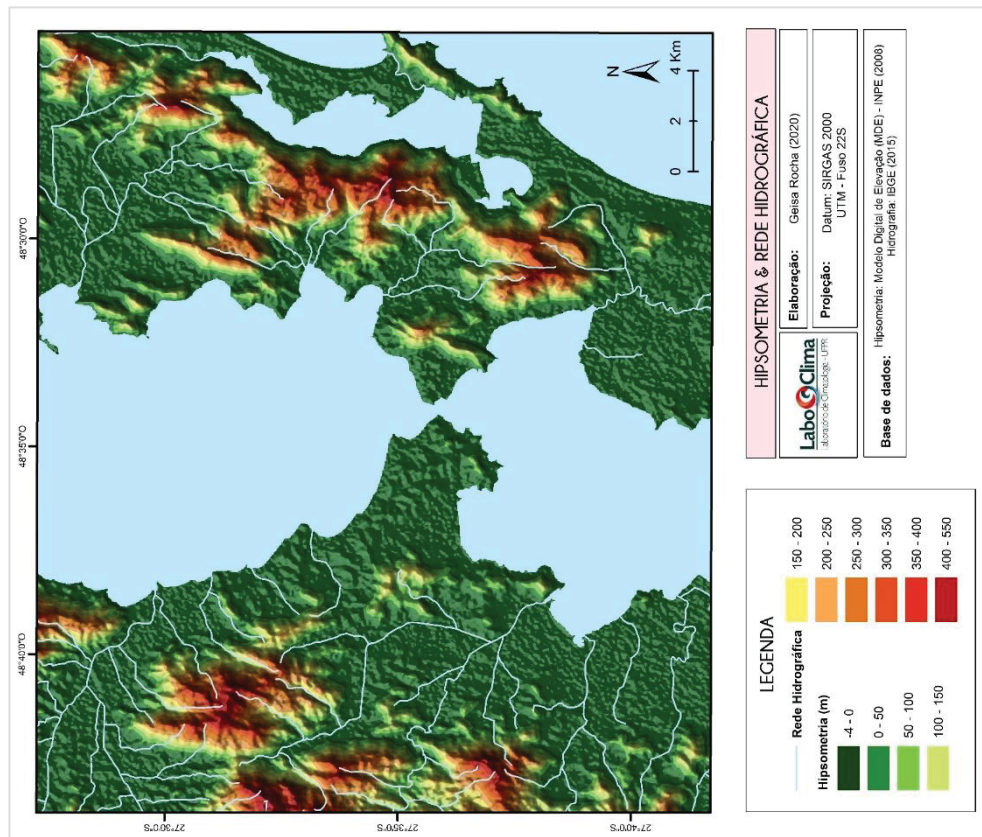
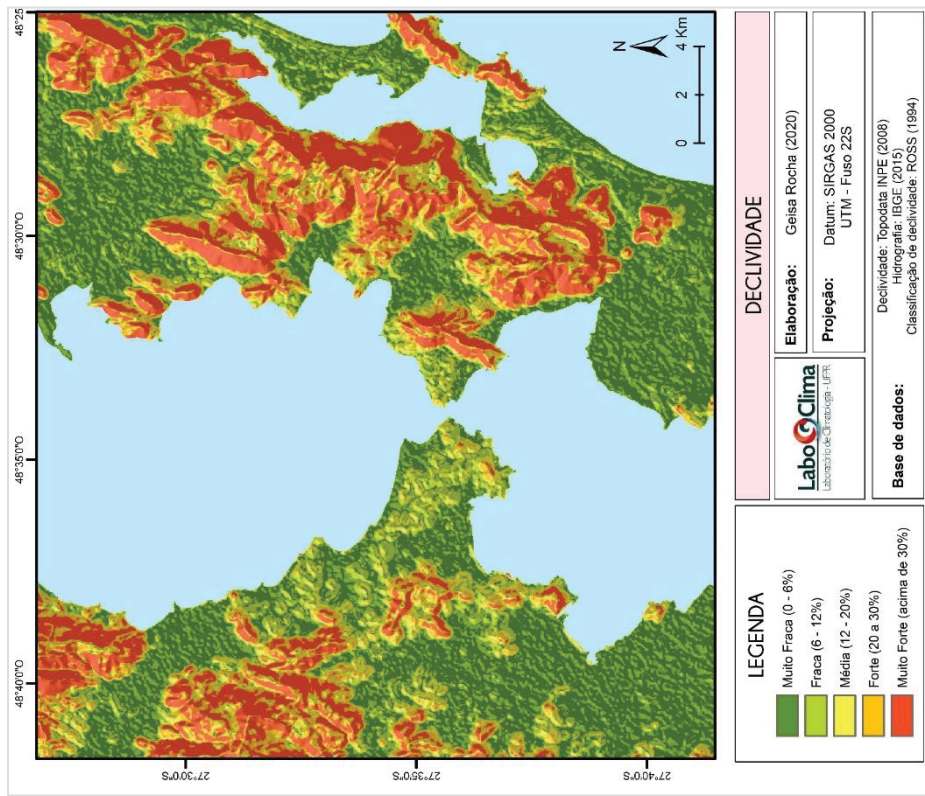


FIGURA 19 – DECLIVIDADE DA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS - SC



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

No que se refere à hidrografia, a rede da área conurbada é pouco expressiva, sendo composta por bacias, lagoas, rios e córregos de pequenas extensões, que deságuam no Oceano Atlântico ou nas Baías Norte e Sul.

Os principais rios de Florianópolis são: Rio Tavares, Rio Ratonas, Rio Vermelho, Rio do Itacorubi, Rio da Tapera e Rio da Cachoeira Grande, todos estes na porção insular. Na parte leste da Ilha, decorrente do processo de sedimentação marinha, há uma laguna, conhecida como Lagoa da Conceição (19,71km²) e duas lagoas: Lagoa do Peri (5,12km²) e Lagoa Pequena (0,15km²), sendo que a do Peri é responsável pelo abastecimento de água potável da região sul da ilha.

Em São José destacam-se os rios: Maruim e Forquilhas, sendo que o primeiro drena 70% do território municipal. Em Biguaçu, a bacia mais expressiva leva o nome do município, cobrindo uma área de 390 km². Palhoça conta com as bacias dos rios Aririú, Imaruim, Madre e Cubatão, sendo o último um dos mais importantes da região, abastecendo as porções continentais, norte e centro da capital catarinense.

Outro aspecto físico relevante para análise do clima urbano é a orientação das vertentes ([figura 20](#)), uma vez que este fator propicia diferentes exposições ao sol, aumentando ou diminuindo a insolação local.

De acordo com Tubelis & Nascimento (1988), no hemisfério sul as vertentes orientadas para norte tendem a ser mais quentes que as de sul, já que recebem mais radiação ao passo que aquelas expostas a leste e a oeste terão menor insolação. Contudo a radiação global é a mesma para as duas orientações. Este fato pode ser observado na [figura 21](#), que exhibe o modelo de radiação total para o período de recorte da pesquisa, ou seja, de agosto de 2018 a julho de 2019⁸.

A observação da orientação das vertentes no recorte espacial da ACF revela certo equilíbrio entre as classes, no entanto, prevalece as inclinações voltadas a leste. Em uma pesquisa da ocupação do solo no distrito sede insular de Florianópolis para estudos de clima urbano, Pamplona (1999) identificou para esta parte a predominância das vertentes de oeste e em segundo lugar as de norte.

⁸ O modelo de radiação total foi realizado a partir de uma ferramenta de modelagem geométrica do ArcMap 10.3 denominada "Solar Analyst" que faz o cálculo a partir dos modelos de elevação digital e de algoritmos para determinar as influências da altitude, condições atmosféricas e orientação da superfície.

FIGURA 21 – ORIENTAÇÃO DAS VERTENTES NA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS - SC

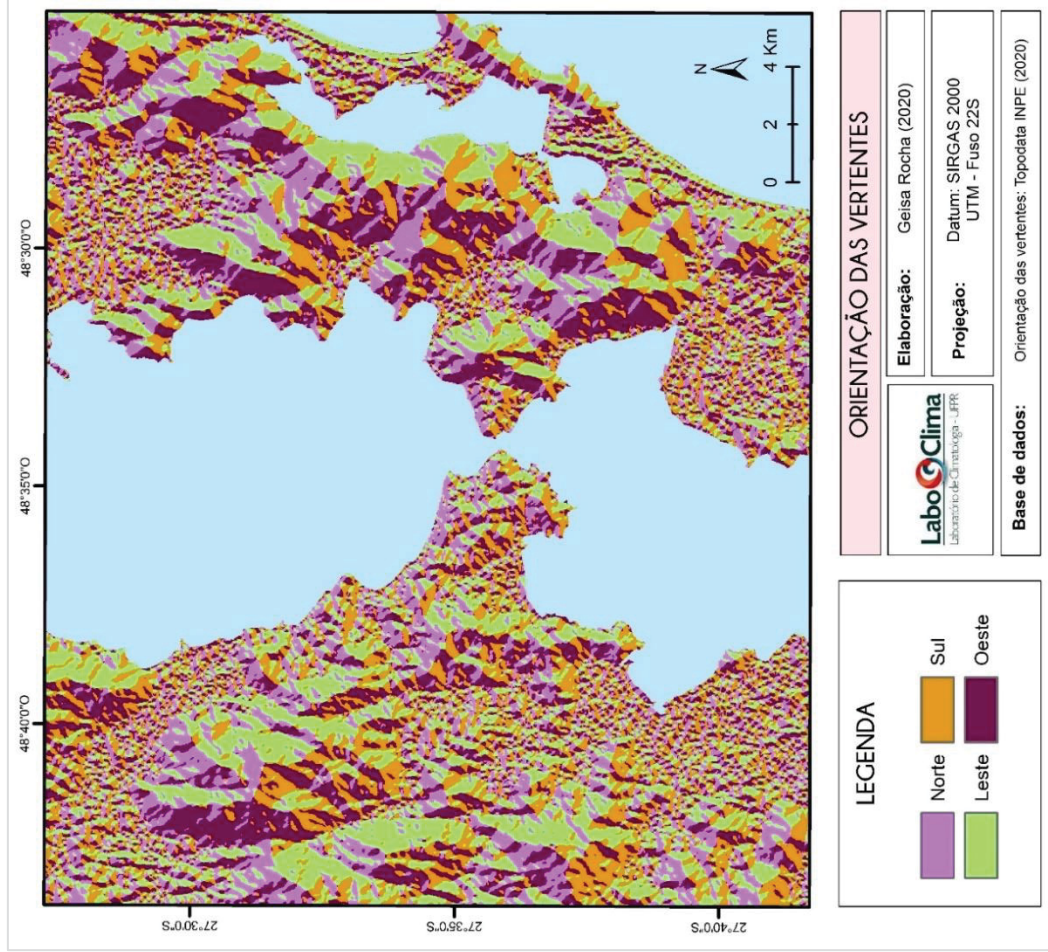
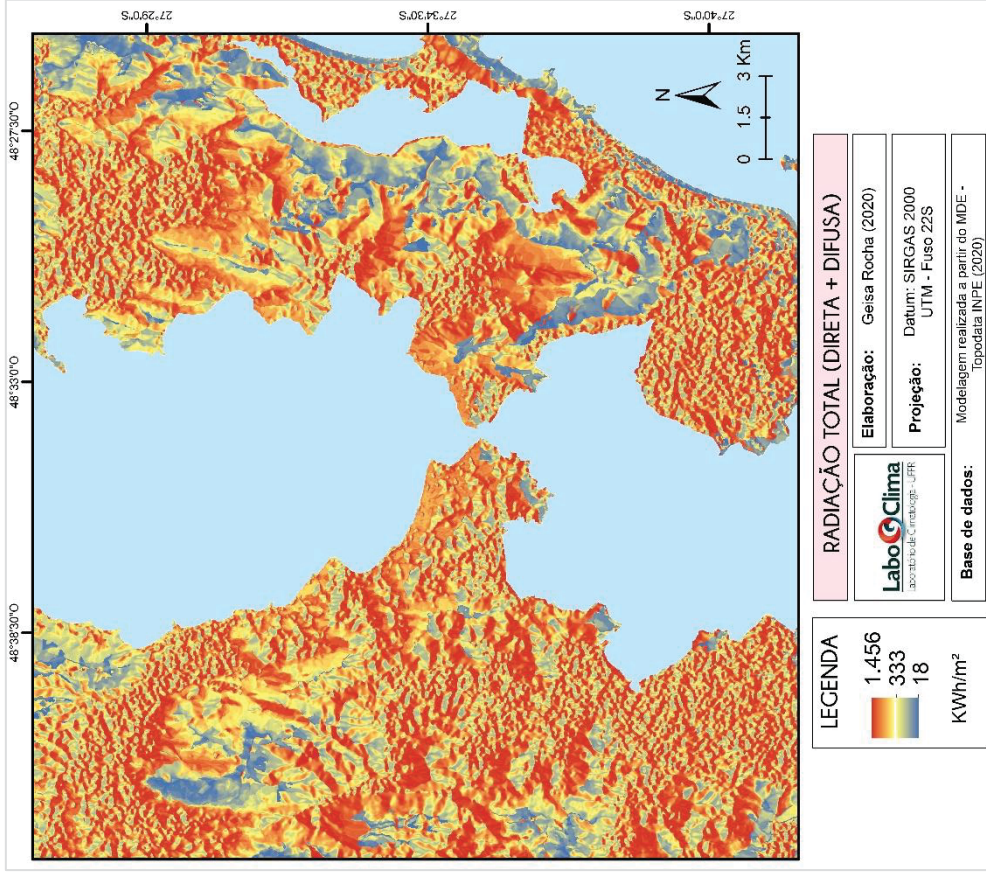


FIGURA 20 – RADIAÇÃO NA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS – SC NO PERÍODO RECORTE



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

3.3 VEGETAÇÃO

Conforme o Banco de Informações Ambientais do IBGE (2020), no que dispõe de cobertura vegetal para o território brasileiro, considerando a área de estudo ([figura 22](#)), observa-se uma expressiva porção (30,8%) correspondente à influência urbana, no entanto, a vegetação pretérita apontada é a Floresta Ombrófila Densa. Sobre esta última, conhecida como Mata Atlântica, manifesta-se em dois tipos: montana e submontana.

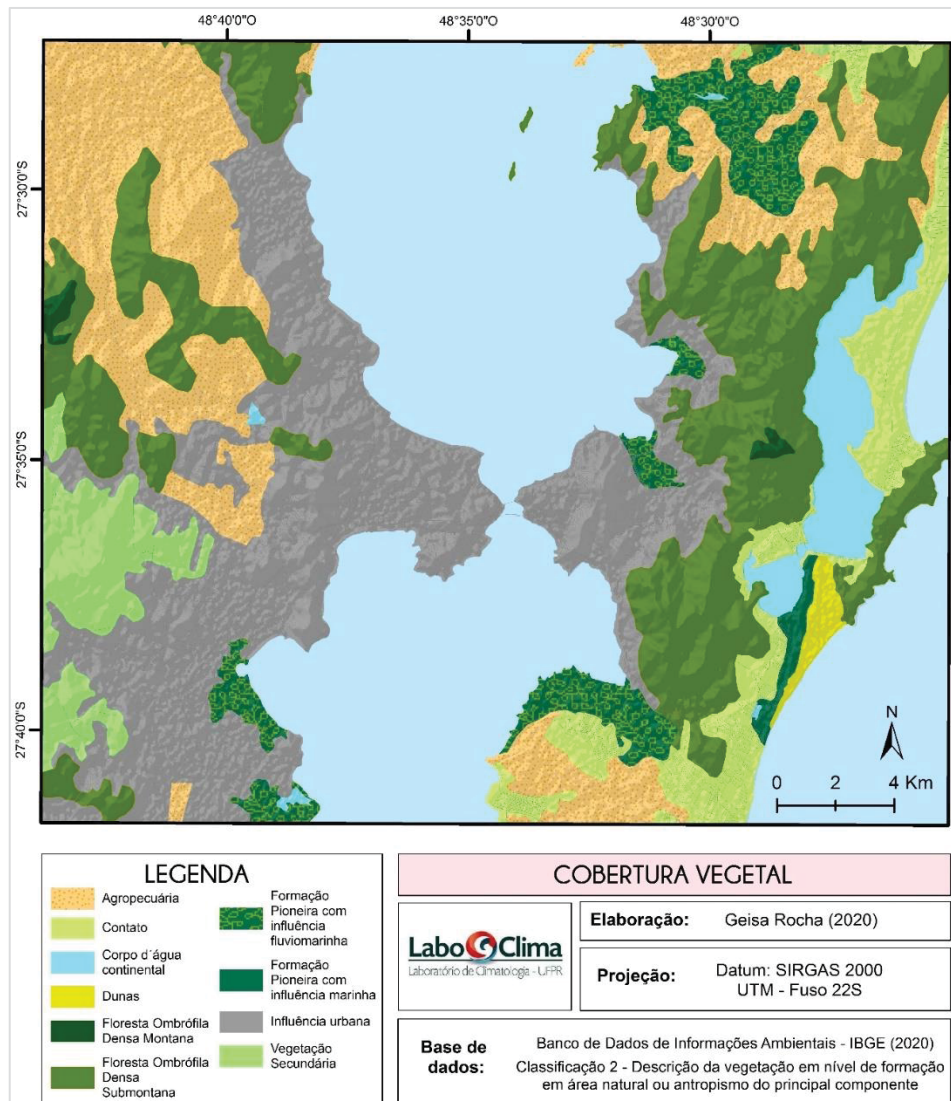
A Floresta Ombrófila Densa Montana está presente nas altitudes de 30 a 400m para as latitudes entre 24°S e 34°S. Na área conurbada de Florianópolis este tipo representa somente 0,5% da cobertura vegetal, podendo ser encontrada em pequenas porções no centro-norte da Ilha e noroeste no continente. Já o tipo “Submontana” situa-se nas encostas dos planaltos e ocupa a segunda posição em termos de área, com 26,5%.

Para PMF (2010), em função da urbanização a Mata Atlântica ficou restrita às unidades de conservação e/ou áreas de difícil acesso. Na porção insular, verifica-se este tipo nas elevações de centro norte-sul, margeando quase toda a costa oeste da Lagoa da Conceição e uma pequena área estreita disposta de nordeste a sudoeste na costa com o oceano Atlântico. No continente, a maior parte desta floresta é encontrada ao norte, nos municípios de São José e Biguaçu nos locais dos divisores de água.

No grupo das vegetações litorâneas estão presentes a Formação Pioneira com influência fluviomarinha e a com influência marinha. A primeira também chamada de manguezal, é o tipo que se desenvolve nas desembocaduras dos rios ou canais, ocorrendo o contato da água doce com a salgada. Manifesta-se em 6,6% da área de estudo, presente na porção norte da Ilha (entorno do rio Ratonés), pequena porção na península central (rio Itacorubi), porção sudoeste (rio Tavares), e no continente na porção sul, nas fozes do rio do Pacheco e Cubatão.

A Formação Pioneira com influência marinha diz respeito à restinga, vegetação encontrada paralela às dunas (cobertura de 0,6%) na porção leste da Ilha, ao sul da Lagoa da Conceição. Espalha-se de forma alongada no sentido norte-sul, ocupando 0,7% da área analisada.

FIGURA 22 – COBERTURA VEGETAL DA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS - SC



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

A vegetação classificada como secundária inclui as áreas onde ocorreu intervenção humana para o uso da terra, descaracterizando a vegetação existente anteriormente. Na área estudada, a manifestação deste tipo é 5,1% do recorte espacial e ocorre na porção sudoeste do continente, cercada pela área de influência urbana em que a vegetação pretérita era a Mata Atlântica.

Ainda sobre a influência antrópica, destaca-se significativa cobertura de 21,3% da área do recorte onde ocorre a agropecuária, com grande extensão no município de Biguaçu e em Florianópolis. Na porção insular, encontra-se ao redor dos manguezais ao norte e ao sul.

A classe do tipo “contato” refere-se às Áreas de Tensão Ecológicas, presentes em 7,9% do total da área pesquisada e ocorre quando há uma mistura de dois ou mais

tipos de vegetação, neste caso, da Mata Atlântica com a Formação Pioneira com influência fluviomarinha e marinha. Manifesta-se especialmente na porção leste da Ilha nas áreas próximas ao mar.

Salienta-se que a caracterização da cobertura vegetal se integra na análise do clima urbano, uma vez que um dos efeitos da vegetação é o resfriamento do ar por meio do aumento da umidade proveniente do processo de evapotranspiração, sendo relacionadas também com o tipo manifestado, as matas mais exuberantes e densas tendem a ter este processo mais intenso em detrimento de vegetações baixas e espaçadas (SHINZATO, 2009).

CAPÍTULO IV – CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS E URBANAS

Neste capítulo serão apresentadas as características de cunho socioeconômico e urbano da área conurbada de Florianópolis a partir da estruturação e evolução do ambiente urbano, elencando também os aspectos populacionais. A análise do processo histórico-geográfico da urbanização é essencial para a compreensão da origem e manifestação dos problemas socioambientais.

4.1 ESTRUTURA E CONFIGURAÇÃO URBANA

A conurbação, aspecto que caracteriza a área de estudo, é o resultado de uma absorção de núcleos urbanos com vinculações socioeconômicas que crescem de maneira contínua ou descontínua no entorno de uma cidade maior ou central (VILAÇA, 2001).

O ritmo acelerado da urbanização brasileira, especialmente a partir da década de 1970, conferiu até mesmo para as cidades de pequeno e médio porte um crescimento significativo, dentre elas, Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina, que neste momento tem sua área urbana extrapolada para além dos limites políticos do município, formando na porção continental, uma malha urbana praticamente contínua.

Conforme Rocha (2016) o início do povoamento/colonização da área conurbada ocorre em Florianópolis, espaço anteriormente habitado por indígenas, em sua maioria da tribo carijós. Fundada em 1673, permaneceu com o nome de “Vila de Nossa Senhora do Desterro” até 1894. A vizinha, atualmente conhecida como São José, tem fundação no ano de 1750 e seu nome era “São José da Terra Firme”. O limite sul desta última é com o município de Palhoça, fundada 43 anos após São José. Biguaçu é o município mais novo da conurbação, datado de 1833, e sua origem remonta à “Vila de São Miguel da Terra Firme”.

A ocupação militar com finalidade de proteção do porto em Florianópolis marca o início efetivo da povoação. Durante dois séculos (XVIII e XIX) a atividade portuária e a produção da farinha de mandioca foram os principais recursos da economia de Desterro (SANTOS, 2009).

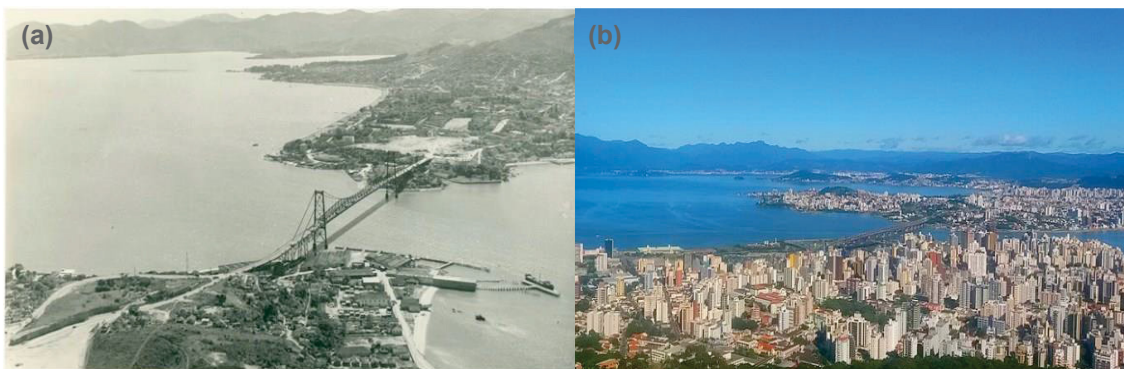
O período de destaque da economia da capital foi após a independência do Brasil (em 1822), em que a chamada Desterro foi elevada à categoria de cidade. Assim, conforme Dassoler (2008, p.57) “intensificaram-se as atividades portuárias e a

burguesia local amplia poderes e propõe modificações para a cidade”. Neste contexto, há implementação de infraestruturas para adaptação à crescente urbanização neste período, como o Mercado Público Municipal.

Para Peluso Jr. (1991), na primeira metade do século XX o modo de vida e economia da região sofrem algumas mudanças. Na ilha de Santa Catarina ocorre a diminuição da produtividade agrícola em função da degradação do solo e ao parcelamento dos terrenos repassados de herança dos colonos aos seus filhos. As atividades do porto diminuiriam consideravelmente até ser extinto, devido a motivos como: a regulamentação das atividades marítimas na década de 1930; a própria estrutura das bacias e águas rasas que não comportavam a atracagem dos navios maiores; e também a construção da primeira ligação rodoviária entre a porção insular e continental, finalizada em 1926.

A ponte foi chamada de Ponte da Independência ([figura 23](#)), posteriormente denominada de Ponte Hercílio Luz, em homenagem ao governador que iniciou a obra (ROCHA, 2016).

FIGURA 23 – FOTOGRAFIAS DE FLORIANÓPOLIS NA DÉCADA DE 1960 (A) E EM 2019 (B)



FONTE: Foto (a): IBGE Cidades. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/florianopolis/historico>>. Foto (b) Trip Advisor Brasil. Disponível em: <https://www.tripadvisor.com.br/Attraction_Review-g303576-d2362720-Reviews-Morro_da_Cruz-Florianopolis_State_of_Santa_Catarina.html>. Acessado em: 23/07/2019.

A ligação rodoviária ilha-continente foi essencial para delinear os vínculos intermunicipais e a expansão urbana, já que até então a relação entre os quatro municípios não possuía muita expressividade. Tanto que até meados do século XX o tecido urbano de Florianópolis ocupava somente as áreas mais próximas ao centro histórico, ordenado pela linha original da orla e pela praça da Igreja matriz, caracterizado por um traçado de quadras irregulares.

Dias (1947) afirma que mais de um quarto da área urbana da cidade era ocupada por chácaras e terrenos vazios devido à especulação imobiliária em decorrência da rápida valorização da terra; isto aconteceu de forma mais acentuada em dois bairros continentais: Estreito e Coqueiros. Todavia, na parte central-norte insular ainda se concentravam glebas remanescentes das antigas chácaras do século XIX, e nas áreas periféricas ainda se encontrava inúmeros vazios urbanos e pouca ocupação.

Conforme PMF (2015), intensifica-se em Florianópolis, a partir dos anos de 1940, o loteamento das chácaras por meio do desmembramento de lotes estreitos e compridos, acessados por meio de ruas chamadas de “servidão”. Este tipo de parcelamento criou uma rede de vias descontínuas que caracteriza o desenho urbano até os dias atuais, chamado de “espinha de peixe”.

Segundo um estudo de crescimento urbano coordenado por PMF (2015), o núcleo metropolitano de Florianópolis, integrado pelos municípios da conurbação somados a outros cinco, a saber: Governador Celso Ramos, Antônio Carlos, São Pedro de Alcântara, Santo Amaro da Imperatriz e Águas Mornas, possuía no ano de 1938 uma mancha urbana que ocupava 0,63km² e que era restrita aos centros de Florianópolis e São José. Em 1950 a área urbanizada cresce para 12,11km², concentrada na península central de Florianópolis, no distrito sede do continente, de maneira fragmentada em São José e nos morros nos arredores dessas áreas.

Sobre as áreas mais altas, salienta-se que estas foram ocupadas em detrimento do crescimento dos núcleos urbanos, especialmente de Florianópolis, que expulsou progressivamente a população mais pobre para os morros, iniciando o processo de favelização e periferização (SANTOS, 2009).

Um dos maiores marcos para a formação da área conurbada é a construção rodovia BR-101 na década de 1960. Para Peluso Jr. (1991), nos acessos da rodovia federal se instalaram depósitos, oficinas e pequenas atividades industriais, aumentando consideravelmente a população e loteamentos, incluindo aqueles financiados pelo Banco Nacional de Habitação, caracterizados pela grande quantidade de moradias.

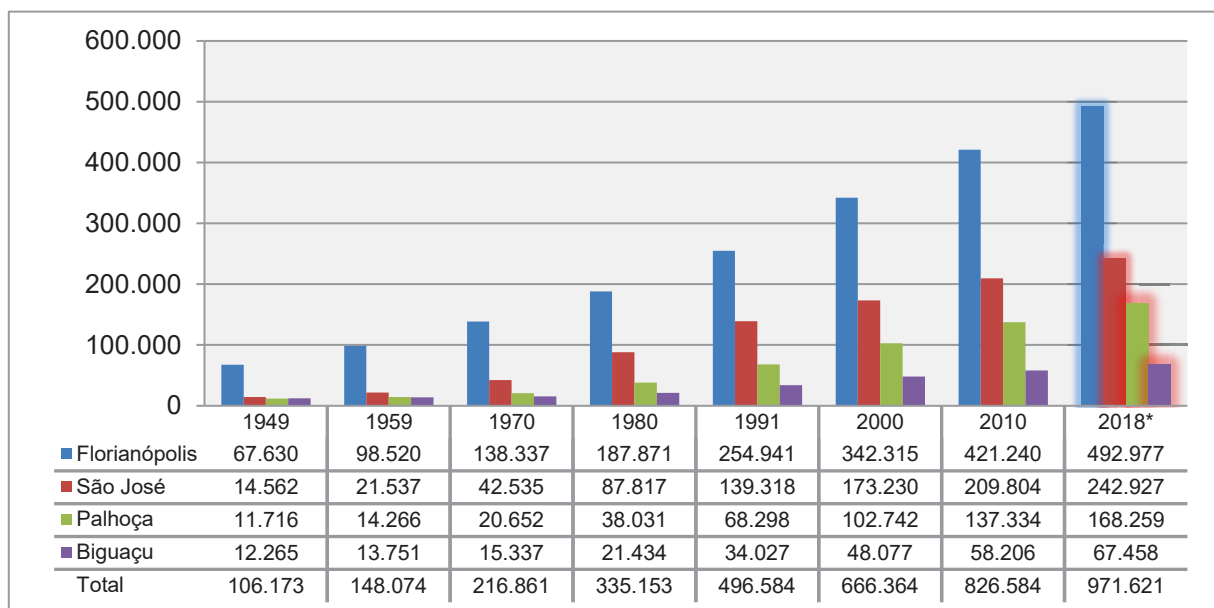
Além da BR-101, a instalação de diversos órgãos estatais na década de 60 como a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e Eletrosul, colaborou para o aumento de imigrantes oriundos do meio agrário, dos investimentos na expansão do sistema viário, na

construção civil, na construção de aterros e conseqüentemente, para o expressivo crescimento dos municípios da conurbação.

Em 1977 a área urbanizada do Núcleo Metropolitano de Florianópolis já é de 40,55km², mais do triplo observada em 1950 (PMF, 2015). Neste momento o crescimento urbano no continente se alonga no litoral e no eixo da BR-101, e em Palhoça em direção ao oeste do estado. Na capital, as áreas urbanas ocupam quase toda a extensão das penínsulas continental e insular, com a presença de manchas dispersas pelo território, tanto na porção norte, como sul.

Os gráficos das [figuras 24](#) e [25](#) mostram respectivamente a evolução da população residente de 1949 a 2015 e a taxa de crescimento populacional dos municípios da área conurbada de Florianópolis, podendo ser observado o referido aumento entre as décadas de 1960 e 1980.

FIGURA 24 – EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO RESIDENTE NOS MUNICÍPIOS DA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS DE 1949 A 2018*

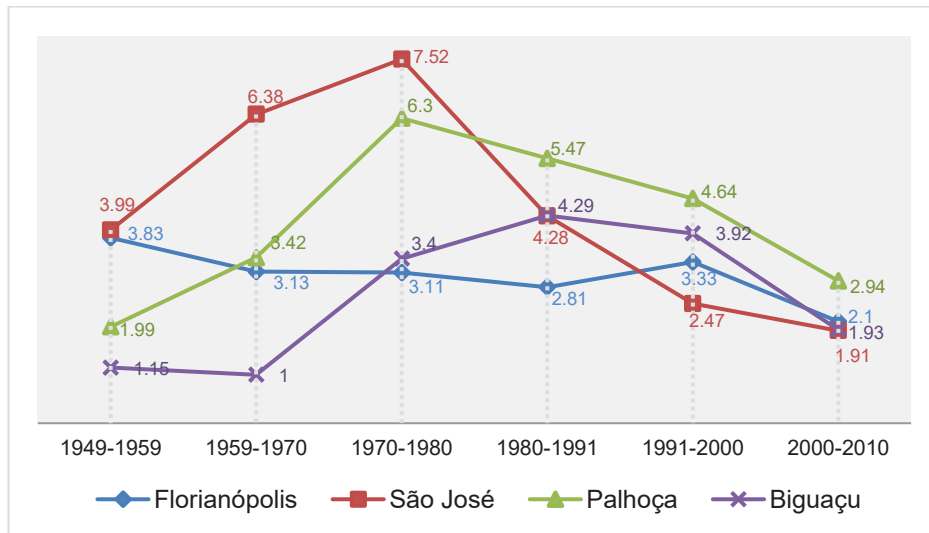


FONTE: IBGE Censos demográficos de 1950,1960,1970, 1980, 1991, 2000 e 2010. *Estimativa IBGE, 2018. Elaborado pela autora (2019)

De acordo com o último censo (IBGE, 2010) o total de pessoas vivendo na aglomeração é de 826.554, sendo que mais da metade em Florianópolis (51%), 25,4% em São José, 16,6% em Palhoça e 7% em Biguaçu. A estimativa de 2018 para os municípios da área conurbada é que o número total alcance quase 1 milhão de habitantes, conservando quase as mesmas proporções, diminuindo pouco para

Florianópolis, São José e Biguaçu (50,7%, 25% e 6,9%, respectivamente) e aumentando para Palhoça (17,3%).

FIGURA 25 – TAXA DE CRESCIMENTO POPULACIONAL NA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS



FONTE: IBGE Censos demográficos de 1950, 1960, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010. Elaborado pela autora (2019).

A taxa de crescimento observada na [figura 25](#) exprime o crescimento supracitado entre as décadas de 1960 e 1980, período em que ocorreu o “boom” imobiliário, em que todos municípios aumentaram consideravelmente seus contingentes populacionais.

Todavia, segundo Pereira (1992) as mudanças ocorridas não significaram uma transformação da base econômica dos municípios da área conurbada, especialmente Florianópolis. A indústria do Aglomerado Urbano de Florianópolis não possuía expressão no contexto estadual, e, além disso, a zona rural mantinha-se estagnada, desta forma,

Apesar do crescimento cumulativo das funções centrais, determinando a própria expansão urbana de Florianópolis, a capital de Santa Catarina não alarga sua centralidade comercial sobre o estado, e apesar de se manter como principal cidade catarinense, a diferença de crescimento em relação a Joinville, Blumenau e Lages é muito pequena; além disso, sua base econômica é mais limitada do que a dessas cidades (PEREIRA, 1992, p.79).

Contudo, no final do século XX, Florianópolis ganha destaque nacional como polo turístico, promovendo a expansão urbana para além do núcleo da área central, gerando uma urbanização poli nucleada e descentralizada. Conforme PMF (2010), os distritos da Lagoa da Conceição, Ingleses do Rio Vermelho e Canavieiras dobraram a população no período de 1970/1991. O crescimento do fluxo migratório e do turismo

aumentaram ainda mais na década de 1990 quando a cidade foi difundida na mídia como “Ilha da Magia” e como sendo a capital com a melhor qualidade de vida do país.

O modelo de urbanização poli nucleado, espraiado e em sua maior parte, desordenado, trouxe vários problemas para Florianópolis e como também para a área conurbada, tal como a ocupação de locais inadequados (como as encostas dos morros, dunas e manguezais), poluição do ar, trânsito intenso, exclusão e periferização das populações mais pobres. A concentração de serviços, equipamentos públicos e postos de trabalho na capital, especialmente no distrito sede insular fez com que certas porções dos municípios vizinhos servissem como bairros “dormitórios”.

Neste âmbito, com relação à rede urbana e perante a hierarquia dos centros urbanos brasileiros, Florianópolis faz parte das quinze principais metrópoles do país, mas, no entanto, é uma das menores conforme seu arranjo populacional. A região de influência, de acordo com o IBGE (2020), é pouco extensa se comparada com outras metrópoles do Brasil, possuindo menos de 100 km², o que se justifica pelo contexto estadual específico, uma vez que há diversas Capitais Regionais em Santa Catarina⁹ com grande dinamismo econômico.

Segundo a classificação de tipologia intraurbana do IBGE (2017)¹⁰, dentro das concentrações urbanas no Brasil acima de 750.000 a 1 milhão de habitantes, somente Florianópolis apresenta o tipo “A” e “B” que indicam melhores condições de vida da população, sendo que 73,6% das pessoas tem boas e médias condições. Os piores índices são encontrados próximo ao centro de Florianópolis, nas encostas dos morros e também em bairros mais afastados como o Rio Vermelho. Já na região continental, esses índices se localizam nas áreas mais distantes da mancha urbanizada principal.

Cabe ressaltar que a organização espacial dos municípios integrantes da ACF foi fortemente influenciada pelo interesse de localização das áreas residenciais das elites, destacando-se o eixo centro-norte da Ilha, impulsionado a partir da década de 1960; o bairro Kobrasol em São José, criado a partir de um loteamento de três empresas privadas na década de 80; e mais recentemente, no início dos anos 2000,

⁹ O IBGE (2020) cita como exemplo Chapecó, Criciúma, Joinville, Blumenau para as quais convergem as ligações das cidades de menor hierarquia.

¹⁰ A classificação é composta por onze tipos intraurbanos em que variam numa escala alfabética de “A” a “K” na qual a primeira representa os tipos com melhores condições de vida da população e a última, as piores. Para a composição das classes o IBGE (2017) levou em consideração a adequação de moradia e as condições socioeconômicas das concentrações urbanas no país.

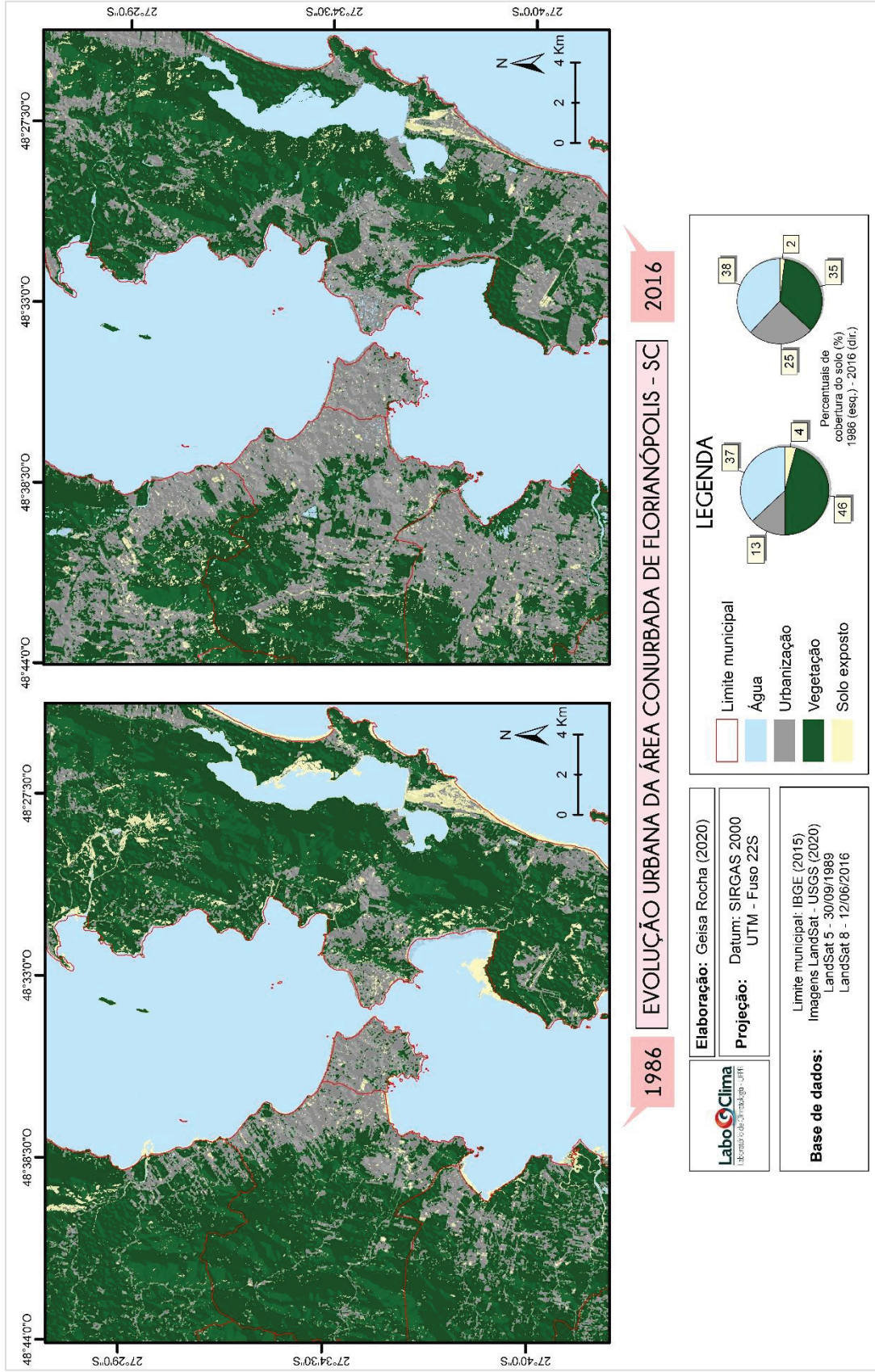
o bairro Pedra Branca em Palhoça, loteamento originado de uma fazenda familiar. Os locais de habitação escolhidos pela população rica influenciaram na determinação dos eixos de ocupação, nas áreas de expansão e também na distribuição dos investimentos públicos.

A [figura 26](#) exibe a evolução urbana da ACF em um período de 30 anos por meio de dois mapas de uso do solo, de 1986 e de 2016. Ambos realizados através de uma classificação das imagens de satélite *LandSat 5* e 8¹¹ pelo *software* Idrisi Selva. A análise do mapa de 1986 releva que a área urbana era de maior extensão no continente, estendendo-se pelas margens da BR-101. Na Ilha chama atenção a face leste, onde encontram-se aglomerados no norte e no sul. A cobertura urbana neste ano representa cerca de 13% da área recorte adotada, enquanto que a vegetação ocupa 46%.

Em 2016 a área de cobertura vegetal diminuiu em relação às três décadas anteriores, passando para 35%, ao passo que a urbanização aumenta para 25%. Verifica-se que no continente as áreas urbanas se espalharam expressivamente de norte a sul, também se interiorizando para as áreas mais planas. Na Ilha, na península central, restaram somente as áreas mais altas do Maciço do Morro da Cruz com vegetação, no restante, as áreas urbanas antes mais fragmentadas tomaram uma maior proporção territorial, tanto nos bairros do norte, como no sul.

¹¹ Utilizou-se imagens dos dias 30/09/1986 e 12/06/2016.

FIGURA 26 – EVOLUÇÃO URBANA DA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS – 1986 E 2016



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

CONSIDERAÇÕES DA PARTE II

A segunda parte da tese trouxe a caracterização geográfica da área de estudo, primordial para a compreensão dos mecanismos de formação e desenvolvimento da ilha de calor urbana. A dissociação entre aspectos físicos, chamados de geoambientais, e dos aspectos urbanos, foi realizada para fins de organização da composição do texto, uma vez que para o fenômeno da ICU esses aspectos estão intimamente interrelacionados.

As principais características geoambientais que se destacaram no capítulo III foram:

- A região da área de estudo tem um clima considerado subtropical de hemisfério sul, com precipitações bem distribuídas ao longo do ano, muito em função da maritimidade que exerce influência na concentração de núcleos de condensação nas camadas inferiores da atmosfera, situação que contribui para a ocorrência de precipitação em todos os meses. Os principais tipos de tempo estão condicionados pela atuação de três sistemas principais, as massas de ar Polar Atlântica (mPa) e Tropical Atlântica e as frentes frias.
- Em relação ao relevo, na ilha se destacam os maciços cristalinos de orientação norte-sul cercado por planícies costeiras. Na península insular há o Maciço do Morro da Cruz com altitudes que alcançam um pouco mais de 300 metros e as encostas com altas declividades. No continente as maiores elevações se encontram na porção oeste do recorte espacial, compondo a unidade geomorfológica da Serras do Leste Catarinense. Além disso, a orientação das vertentes privilegia a exposição à radiação em quase toda a conurbação.
- Quando se aborda a questão hidrográfica, os rios e córregos são pouco expressivos, a maior parte tem pequena extensão e todos deságuam no Oceano Atlântico ou nas Baías Norte e Sul.
- O referido contato do mar com os rios proporcionou a formação de uma vegetação litorânea de influência fluviomarinha, o manguezal, em que parte ainda continua preservada. A cobertura original predominante era a mata atlântica, contudo, foi muito devastada durante o processo de urbanização, restringindo-se à cobertura de parte dos maciços cristalinos.

Ressaltam-se os seguintes aspectos socioeconômicos no capítulo IV:

- A conurbação estudada foi formada por um acelerado processo de urbanização desencadeado na década de 1970, nos “moldes brasileiros”. No entanto, os estreitamentos socioeconômicos dos municípios começaram a se intensificar em décadas anteriores, com a construção de uma ligação rodoviária entre a ilha e o continente em 1926.
- A construção da Ponte Hercílio Luz também representou o início do processo de periferização da população pobre, que migrou principalmente para as áreas urbanizadas nos setores continentais, e na ilha para os morros ou para áreas ambientalmente frágeis.
- O modelo de urbanização que se observou na área conurbada foi marcado por desigualdades e segregação socioespacial. De um lado se nota o adensamento de edificações nas penínsulas insular e continental que compõe o centro econômico da região e do outro, a concentração dos aglomerados subnormais, mais recorrentes no Maciço Central.
- Além da distribuição desigual dos investimentos públicos e privados, as atividades ligadas ao turismo também foram contributivas para o aumento do preço da terra, especialmente na porção insular. Sobre essas atividades, destacam-se os meses de verão, em que se verifica o maior fluxo de pessoas e de veículos em todo o ano.
- A evolução da urbanização avaliada em três décadas (1986 a 2016) mostrou o expressivo crescimento na malha urbana especialmente no continente, em que se expandiu para oeste do eixo da BR-101. Em meio à aglomeração, as áreas de vegetação ficaram restritas em algumas pequenas porções. Na porção insular, na qual também se verificou a expansão urbana, nota-se as marcas principais da urbanização na ilha, a dispersão e a forma polinucleada.

PARTE III – PROCEDIMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

Na terceira parte desta tese apresentam-se o conjunto de técnicas e métodos aplicados que fundamentaram o seu desenvolvimento. O primeiro capítulo denominado “Teoria base e roteiro” trata sobre o arcabouço teórico no qual a pesquisa se apoia, exhibe também o roteiro metodológico que guiou a elaboração do trabalho.

O capítulo seguinte, intitulado “Pontos de medição” traz a caracterização do levantamento de dados meteorológicos, desde os equipamentos utilizados, alocação dos aparelhos, calibração, identificação de falhas até a extensiva caracterização do ambiente ao entorno para fins comparativos e análise espacial.

O capítulo VII, último que compõe esta parte, denomina-se “ Procedimentos e análise temporal e espacial da ICU” este versa sobre as técnicas utilizadas para o cálculo da ICU, para análise dos dados em escala horária, anual e sazonal, bem como a análise do ritmo climático para a compreensão temporal do clima urbano local. Além disso, o capítulo expõe os procedimentos adotados para a realização da modelagem espacial da ICU.

CAPÍTULO V – TEORIA BASE E ROTEIRO

Este capítulo dedica-se à teoria de sustentação desta tese, o Sistema Clima Urbano e ao roteiro metodológico que orienta as análises desenvolvidas. Salienta-se que a pesquisa se apoia no método hipotético-dedutivo, o qual consiste em se perceber problemas, lacunas ou contradições no conhecimento prévio ou em teorias existentes. A partir destes são formuladas soluções ou hipóteses, que por sua vez são testadas através de experimentação ou análise de estatísticas. Posteriormente à análise dos resultados, as premissas são avaliadas e podem ser rejeitadas ou corroboradas (DINIZ, 2015).

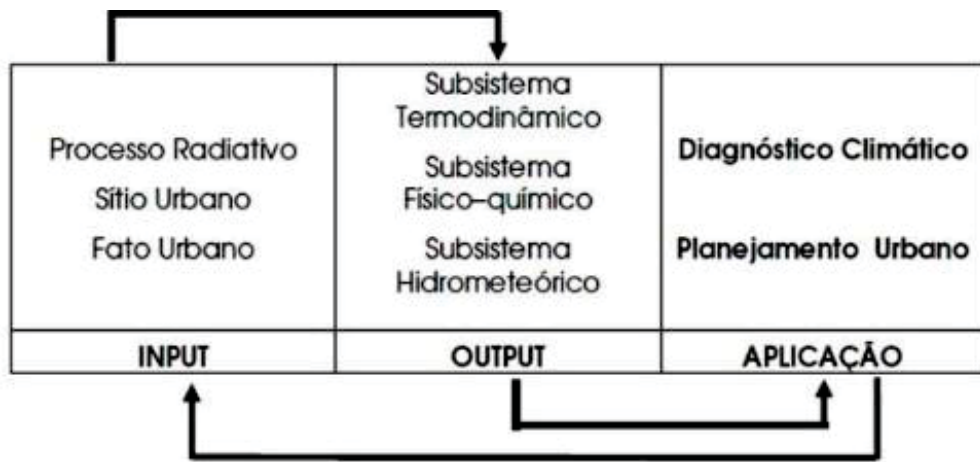
6.1 TEORIA BASE: SCU

O Sistema Clima Urbano (SCU) elaborado por Monteiro (1976), abordado também no [capítulo II](#), constitui-se da base conceitual esta tese, sendo largamente utilizado para pesquisas com a temática clima urbano no Brasil para investigar tanto

para cidades de pequeno e médio porte (como é o caso de Florianópolis e os municípios da aglomeração), quanto para grandes metrópoles.

Além disso, a perspectiva sistêmica do SCU permite uma análise integrada do clima urbano, reconhecendo os diferentes elementos intraurbanos e, assim, identificando os fatores responsáveis por sua formação. A [figura 27](#) mostra o esquema simplificado do SCU.

FIGURA 27 – SISTEMA CLIMA URBANO (MONTEIRO, 1976)



FONTE: Monteiro (2003).

Como exposto na figura acima e abordado no tópico "[2.3 As pesquisas brasileiras: a climatologia geográfica e o sistema clima urbano](#)", o SCU é dividido em três subsistemas e seus canais de percepção: o Termodinâmico, o Físico-químico e o Hidrometeorológico. O [quadro 4](#) mostra estes subsistemas caracterizados conforme componentes como fontes, produtos e responsabilidade.

QUADRO 4 – SCU: SUBSISTEMAS E CANAIS DE PERCEPÇÃO

| Caracterização | Subsistemas e canais de percepção | | |
|---------------------|--|--|---|
| | Termodinâmico (Conforto Térmico) | Físico-Químico (Qualidade do Ar) | Hidrometeorológico (Impacto Meteorológico) |
| Fonte | atmosfera, radiação, circulação horizontal | atividade urbana, veículos automotores, indústrias, obras-limpas | atmosfera, estados especiais (desvios rítmicos) |
| Trânsito no sistema | intercâmbio de operador e operando | de operando ao operador | do operador ao operando |
| Mecanismo de ação | transformação no sistema | difusão através do sistema | concentração no sistema |

| | | | |
|---|--|---|--|
| Projeção | interação núcleo e ambiente | do núcleo ao ambiente | do ambiente ao núcleo |
| Desenvolvimento | contínuo (permanente) | cumulativo (renovável) | episódio (eventual) |
| Observação | meteorológica especial (trabalho de campo) | sanitária e meteorológica especial | meteorológica hidrológica (trabalho de campo) |
| Correlações disciplinares tecnológicas | Bioclimatologia, Arquitetura, Urbanismo | Engenharia Sanitária | Engenharia Sanitária e infraestrutura urbana |
| Produtos | “ilha de calor”, ventilação, aumento de precipitação | poluição do ar | ataques à integridade urbana |
| Efeitos diretos | desconforto e redução do desempenho humano | problemas sanitários e doenças respiratórias, oftalmológicas, etc | problemas de circulação e comunicação urbana |
| Reciclagem adaptativa | controle do uso do solo, tecnologia de conforto habitacional | vigilância e controle dos agentes de poluição | aperfeiçoamento da infraestrutura urbana, regularização fluvial, uso do solo |
| Responsabilidade | natureza e ser humano | ser humano | natureza |

FONTE: Monteiro & Mendonça (2003). ORGANIZAÇÃO: Rocha (2019)

No âmbito desta pesquisa, o estudo do clima urbano da ACF está voltado ao canal termodinâmico, em que tem como produto, dentre outros, a ilha de calor. Neste contexto, este trabalho visa investigar o clima urbano em uma perspectiva integrada, enfatizando a estrutura interna do SCU agregada à outros elementos urbanos e ambientais que forem importantes para composição para melhor compreensão e análise.

Apoiando-se em Monteiro e Mendonça (2003), considerando os critérios de escolha do SCU, a proposição metodológica da tese apresenta-se a consistência, na medida que mantém a conjunção do nomotético e idiográfico, o primeiro representado pela proposta de investigação de ilha de calor em ambiente litorâneo e o segundo pela aplicação para a área conurbada de Florianópolis. Neste contexto também se insere o critério do empirismo, posto que se incluem testes de verificação e refutação.

Ainda, o critério do modelismo é abarcado pelos produtos cartográficos de base para a caracterização tanto dos aspectos geoambientais como dos socioeconômicos e urbanos, além da modelagem espacial da ICU. Assim sendo, o estudo tomado em conjunto revela o dinamismo do clima urbano da ACF e o critério do pragmatismo se manifesta nos resultados da pesquisa, na compreensão da formação e dinâmica da

ICU a fim de subsidiar as tomadas de decisões e ações de planejamento urbano para melhoria da qualidade de vida da população.

Da mesma forma com os critérios de escolha, procurou-se agregar no guia metodológico os dez enunciados básicos preconizados por Monteiro (1976; 2003). Nesta conjuntura, o roteiro exposto no item a seguir pode ser adotado por todos os subsistemas do SCU ou canais de percepção ([quadro 4](#)), mesmo que as fontes se distingam. No entanto, isto é válido para a primeira etapa, em que a definição da problemática é composta pela escolha do subsistema que deve, por sua vez, orientar as etapas subsequentes.

6.2 ROTEIRO METODOLÓGICO

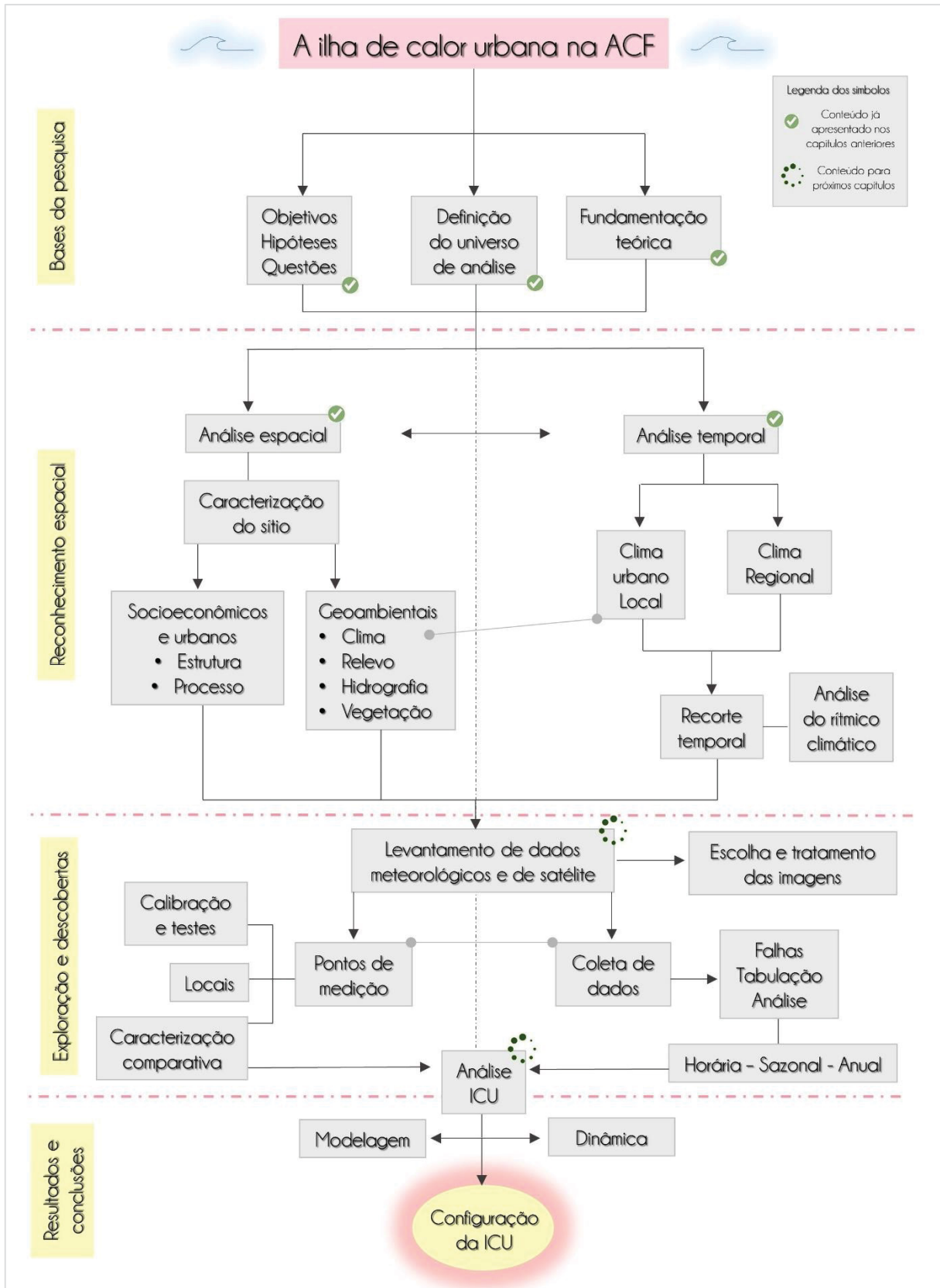
O organograma da pesquisa ([figura 28](#)) composto pelos procedimentos e etapas empregadas, baseia-se no SCU, especificamente no subsistema termodinâmico, além de ter como referência o trabalho de Mendonça (1995), em que o autor organizou um roteiro metodológico para a investigação do clima urbano em cidades de porte médio. A proposta aqui apresentada seguiu o caminho básico do estudo citado, todavia, aplicando as modificações pertinentes aos objetivos da tese.

Optou-se por segmentar o guia metodológico em quatro etapas, a saber: bases da pesquisa, reconhecimento espacial, exploração e descobertas, e resultados e conclusões. Cada divisão se relaciona com a anterior, formando uma sequência lógica e interdependente. Ressalta-se que as duas primeiras etapas já foram apresentadas nas partes I e II desta tese, no entanto, serão descritas em termos gerais a seguir.

Na etapa “Bases da Pesquisa” enunciam-se três procedimentos: objetivos, hipóteses e questões, definição do universo de análise e fundamentação teórica. Os dois primeiros integram a problemática de pesquisa calcada em uma ou mais questões geográficas que delineiam o desenvolvimento do trabalho. Neste caso, o interesse pelo o clima urbano motivou a elaboração dos objetivos e as relações com o espaço vivido deu suporte para a definição, assim, nessa etapa a ICU na área conurbada de Florianópolis se tornou alvo de investigação.

Ainda para a primeira parte, a leitura prévia relativa ao tema e ao próprio recorte espacial conferiu sustentação para a escolha do subsistema termodinâmico, visto que o espaço escolhido disporia de potencial para o desenvolvimento de uma ICU e, a partir deste ponto, construiu-se as hipóteses da pesquisa.

FIGURA 28 – ORGANOGRAMA DA PESQUISA



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

A fundamentação teórica constitui-se procedimento essencial para ancorar a pesquisa nos moldes científicos. Realizou-se esta por meio da leitura e fichamento de bibliografias, que incluíram preponderantemente as dissertações, teses, livros e artigos científicos.

A etapa seguinte, chamada de “Reconhecimento espacial” dedicou-se à produção da caracterização do universo de análise segundo as dimensões espaciais e temporais. Destaca-se que o organograma às apresenta separadas, no entanto, para um trabalho geográfico, estas dimensões se integram a todo momento. Buscou-se nesta etapa detalhar o sítio conforme seus aspectos geoambientais e socioeconômicos e urbanos, para isto, produziu-se um embasamento cartográfico.

Mapeou-se a altimetria, hidrografia, declividade, orientação das vertentes e a vegetação para apresentar as características físicas do sítio, e para os aspectos urbanos fez-se um mapa da evolução do uso do uso por meio de imagem de satélite *LandSat* 5 e 8. Utilizou-se dois Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para as cartografias: *Idrisi Selva* e *ArcMap* 10.3.

Ainda na etapa “Reconhecimento espacial”, para a análise temporal elencaram-se os aspectos da dinâmica atmosférica regional, aprofundando-se posteriormente para a local. Com dados meteorológicos e climatológicos do INMET, caracterizou-se os principais elementos climáticos que se relacionam com a formação da ICU: temperatura, precipitação e ventos. Considerou-se na análise temporal as normais climatológicas oficiais bem como o período-recorte de um ano, que se estende de agosto de 2018 a julho de 2019. A apresentação da variabilidade climática durante o período se dará junto aos resultados, incluiu-se também a análise rítmica.

A etapa “Exploração e descobertas” constituiu-se no levantamento de dados meteorológicos (de campo) e imagens de satélite. Para o primeiro procedimento, na dimensão espacial, realizou-se a seleção dos locais de instalação dos equipamentos (estações e sensores de temperatura), fez-se a calibração e testes e uma caracterização comparativa dos entornos dos pontos de medição ([capítulo VI](#)). Os dados coletados a partir dos equipamentos compõe a dimensão temporal, dos quais se fez a extração das falhas, a tabulação em planilhas do *software* Excel e análise dos dados nas formas horária, anual e sazonal.

Na mesma etapa, utilizaram-se as imagens de satélite do sensor *LandSat* 8 obtidas através do site da USGS (*United States Geological Survey*, em português, Serviço Geológico dos Estados Unidos). Para compor o levantamento de dados, a

seleção considerou o recorte espacial, temporal, e também a ausência de nebulosidade na imagem. Através do *Idrisi*, fez-se o tratamento das imagens. O detalhamento dos procedimentos será descrito no [capítulo VII](#).

A última etapa deste roteiro “Resultados e conclusões” é formada pela análise do fenômeno da ICU na área conurbada de Florianópolis, no qual, a partir da modelagem espacial e da dinâmica “estática” revelam as relações de causas e efeitos dadas pelas características do sítio estudado com os elementos climáticos para a construção do clima urbano local, especificamente no que diz respeito à ICU. As técnicas utilizadas na análise serão apresentadas no [capítulo VII](#), e os resultados da configuração da ICU, na [parte IV](#) desta tese.

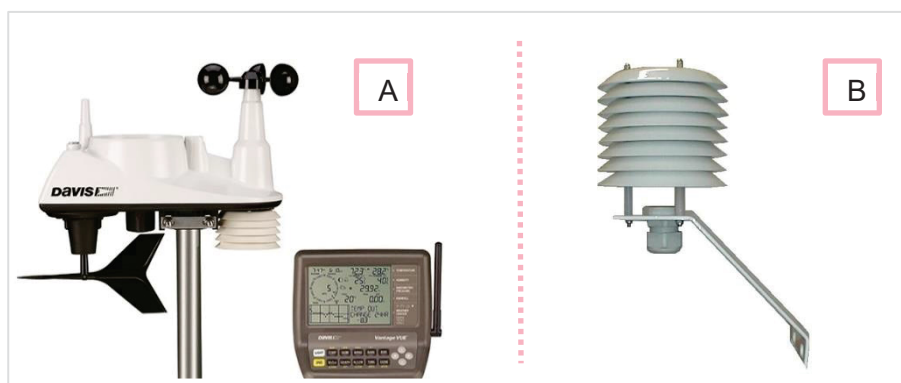
CAPÍTULO VI – OS PONTOS DE MEDIÇÃO METEOROLÓGICA

Este capítulo aborda o levantamento de dados a partir de pontos de medidas fixas e segmenta-se em duas partes: a base de dados meteorológicos e a caracterização dos pontos de registro. A primeira parte dedica-se à instrumentalização do processo, aos equipamentos, à coleta, à calibração e à apresentação das medidas e às falhas. E segunda parte retrata os aspectos espaciais dos locais de medição, com ênfase nas particularidades do uso e ocupação da terra urbana.

6.1 BASE DE DADOS METEOROLÓGICOS

Realizou-se o levantamento de dados a partir de fontes primárias e secundárias. Os dados meteorológicos primários foram obtidos por meio de seis estações meteorológicas completas cedidas pelo laboratório de Climatologia da Universidade Federal do Paraná (Laboclima) do modelo *Davis Vantage Vue* (Figura 29A) e seis sensores de temperatura do tipo *Tinytag* com mini-abrigo (Figura 29-B) cedidos pelo laboratório COSTEL da *Université Rennes 2* - França, instalados na ACF.

FIGURA 29 – ESTAÇÃO DAVIS VUE E SENSOR TINYTAG



FONTE: **A** – Davis Instruments. Disponível em: <https://www.davisinstruments.com/product/vantage-vue-wireless-weather-station/>.

Acesso em: Jul/2019

B – Squitter. Disponível em: <http://www.squitter.com.br/produtos/17/abrigo-meteorologico> Acesso em: Jul/2019.

Somada à rede de coleta primária, obteve-se os dados de cinco estações meteorológicas automáticas no padrão da Organização de Meteorologia Mundial (OMM), a saber: da estação do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do aeroporto Hercílio Luz pertencente à Rede de

Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET), das estações do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM-EPAGRI) e da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Salienta-se que a coleta de dados destas estações que compõe a rede de medição de fonte secundária se deu por meio de ofícios enviados às instituições responsáveis.

Os equipamentos da rede de dados de fonte primária foram instalados no dia 11 de julho de 2018 e retirados em 8 de agosto de 2019, com medições a cada uma hora. Objetivou-se o monitoramento para fins de conhecimento do fenômeno da ICU e representatividade das quatro estações do ano entre 2018 e 2019. No entanto, estabeleceu-se que o período recorte de monitoramento para análise se estende do dia 1 de agosto de 2018 a 31 de julho de 2019, compondo exatamente 12 meses.

Das variáveis meteorológicas utilizadas nesta base de dados e registradas pelas estações, destacam-se: temperatura (instantânea, máxima e mínima), umidade relativa, pressão atmosférica, precipitação e vento (direção e velocidade). Na rede primária a captação foi realizada em uma periodicidade de três meses e por meio do *software Weather Link 6.0*.

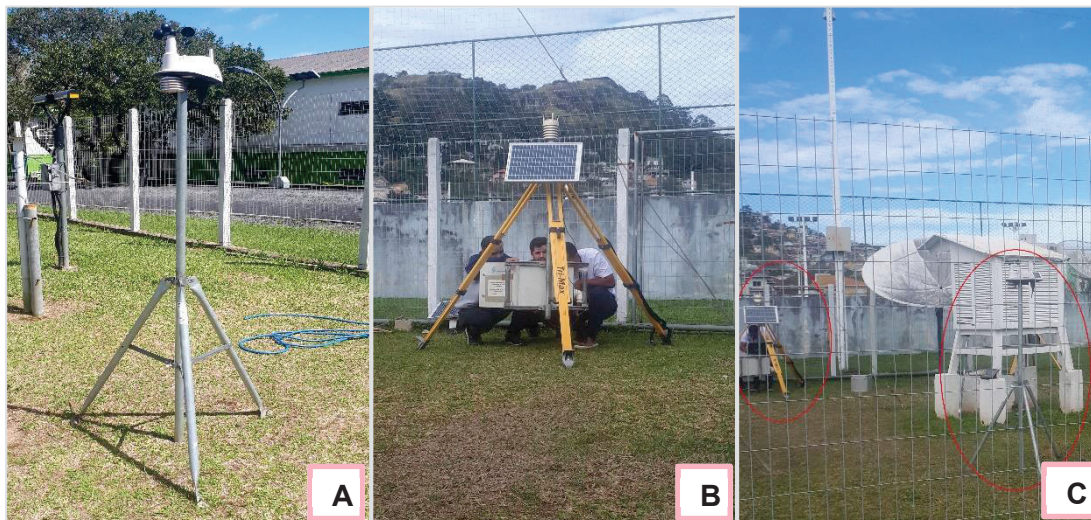
Durante o período de monitoramento ocorreu a ausência de registro dos dados, mudanças de local ou/e problemas nos equipamentos, o que se refere aqui como sendo falhas, expostas no próximo tópico.

6.1.1 Fase de testes e calibração

Para averiguar a acurácia e a aferição das estações que compõe a rede própria da pesquisa, fez-se uma comparação da estação do modelo utilizado (*Davis Vantage Vue*, [figura 30-A](#)) com a estação pertencente ao curso de Meteorologia do IFSC (PI03 – [Figura 32](#)), do modelo *Hobeco/Vaisala MAWS-MET* ([figura 30-B](#)), sendo que para isto, instalou-se as duas estações nas intermediações do cercado meteorológico do Campus Florianópolis do IFSC ([figura 30-C](#)).

O início da operação deu-se no dia 09/07/2018 às 12 horas (horário local – GMT-3) e o fim, no dia 22/10/2018 às 10 horas, perfazendo um período de quase 105 dias de registros.

FIGURA 30 – COMPARAÇÃO ESTAÇÃO DAVIS COM VAISALA NO IFSC



FONTE: Acervo próprio (2018).

As estações possuem os parâmetros de resolução (menor valor que pode ser medido pelo instrumento), de alcance (limites da faixa nominal de medição) e de precisão (grau de variação de resultados de uma medição) muito semelhantes ([tabela 1](#)). Contudo, a estação *Hobeco/Vaisala* apresenta valores um pouco mais precisos para todos os elementos, sendo que para temperatura esta é $0,3^{\circ}\text{C}$ mais precisa que a *Davis Vue*, para umidade 1,5%, para pressão 0,6hPa, para precipitação 2% e para velocidade do vento 3%, exceto para direção do vento (em graus) que a precisão é a mesma.

Vale destacar que as variáveis meteorológicas utilizadas na comparação são as mesmas da análise dos dados: temperatura, umidade, pressão, precipitação, direção e velocidade do vento. Contudo, as estações possuem outros sensores tais como a radiação solar e o índice ultravioleta.

TABELA 1 – ESPECIFICAÇÕES DAS ESTAÇÕES: RESOLUÇÃO (R), ALCANCE (A) E PRECISÃO (P)

| Variáveis meteorológicas | Davis Vantage Vue | | | Hobeco/Vaisala MAWS-MET | | |
|--------------------------|--------------------|---|---------------------------|-------------------------|---------------|--------|
| | R | A | P | R | A | P |
| Temperatura (°C) | 0,1 | -40° a +65 | 0,5 | 0,1 | -40 a +80 | 0,2 |
| Umidade (%) | 1 | 0 ... 100 | 3 | 1 | 0 ... 100 | ±1,5 |
| Pressão (hPa) | 0,10 | 540 a 1100 | 0,8 mmHg 1,0 mb ou hPa | 0,10 | 500 a 1100 | ± 0,20 |
| Precipitação (mm) | 0,2 | Dia: 0 a 999.8 mm Total: 0 a 9999 mm | 4% | 0,254 | 0 a 500 mm/hr | 2% |
| Direção do vento | 1° 22,5° | 0 a 360° 16 rumos | 3° | 1° | 0° a 359° | ±3° |
| Velocidade do vento | 0,1 m/s 1 km/hr | 1 a 67 m/s 3 a 241 km/hr | 5% | 0,01 m/s | 0 a 60 m/s | ±2% |

FONTE: Manual do Console Vantage Vue Agrosystem (2009) e Meteorological Data Management System Vaisala (2002). Elaborado pela autora (2019)

Calculou-se em uma planilha *Excel* o coeficiente de correlação de *Pearson* (ρ), que é a medida da soma dos quadrados dos desvios em relação à média, de modo a comparar as séries de temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica, direção e velocidade do vento de ambas estações ([tabela 1](#)). O [quadro 5](#) exibe a interpretação para os índices de correlação obtidos.

QUADRO 5 – INTERPRETAÇÃO DOS ÍNDICES DE CORRELAÇÃO

| Valor de ρ (+ ou -) | Intepretação |
|-----------------------------|------------------------|
| $0,00 < \rho < 0,30$ | Correlação muito fraca |
| $0,30 \leq \rho < 0,60$ | Correlação moderada |
| $0,60 \leq \rho < 0,90$ | Correlação forte |
| $0,90 \leq \rho < 1,00$ | Correlação muito forte |

FONTE: Lira (2004). Elaborado pela autora (2019)

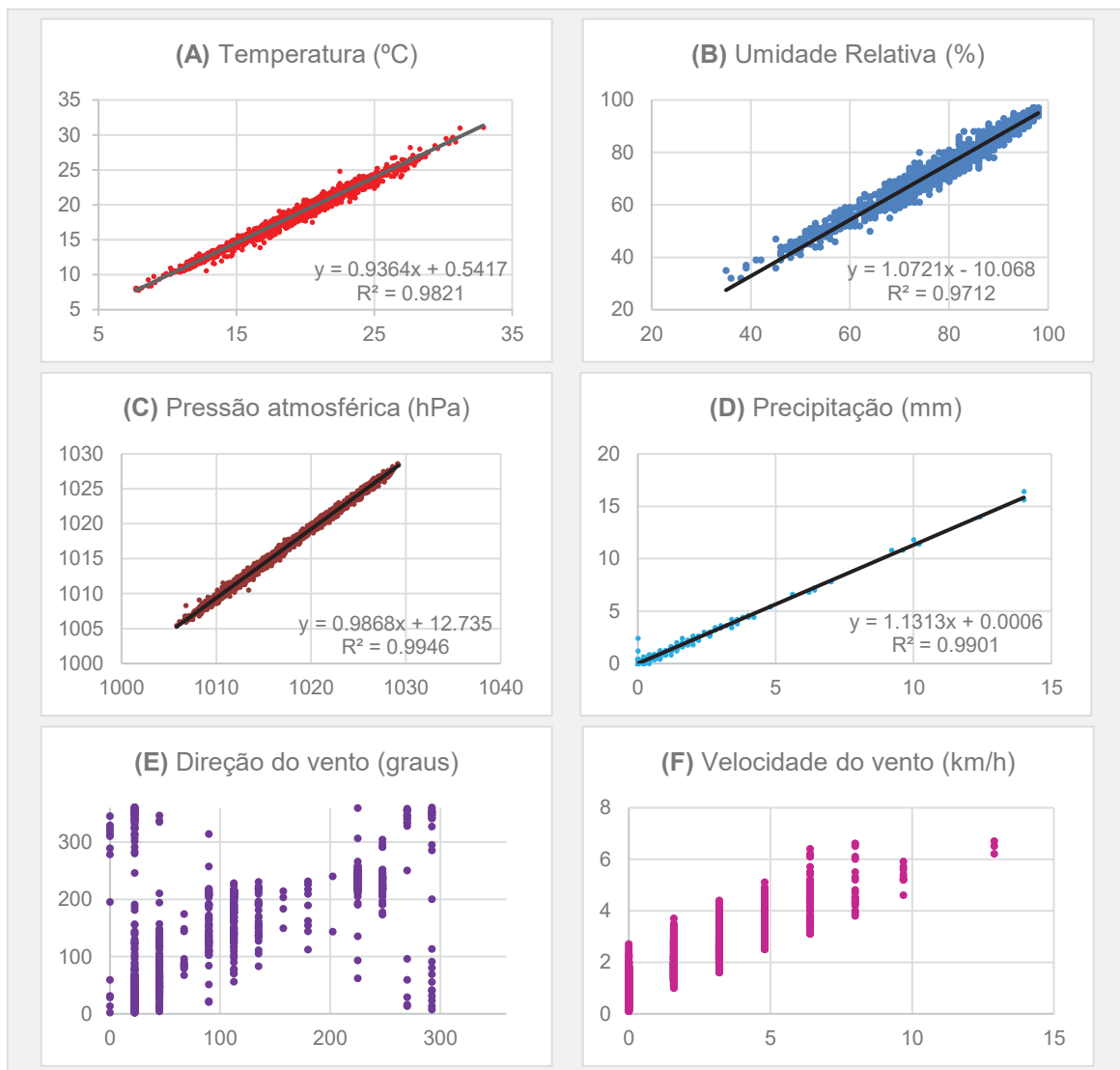
TABELA 2 – CORRELAÇÃO DE PEARSON DAS VARIÁVEIS DAS ESTAÇÕES

| Variável | Correlação de Pearson (ρ) |
|---------------------|----------------------------------|
| Temperatura | 0,991010515 |
| Umidade Relativa | 0,985478902 |
| Pressão atmosférica | 0,997278145 |
| Direção do vento | 0,610712181 |
| Velocidade do vento | 0,884584266 |
| Precipitação | 0,995013745 |

FONTE: Elaborado pela autora (2019)

Plotou-se os diagramas de dispersão de cada uma das variáveis para melhor compreender correlação entre elas ([Figura 31](#)).

FIGURA 31 – GRÁFICOS DE CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS METEROLÓGICAS ENTRE AS ESTAÇÕES DAVIS E VAISALA



FONTE: Elaborado pela autora (2019)

A partir da [tabela 2](#), [quadro 5](#) e [figura 31](#) pode-se dizer que as estações estão alinhadas nos registros da maior parte das variáveis, isso significa que ambas apresentaram medidas muito semelhantes ou iguais. Para as variáveis de temperatura, umidade, pressão e precipitação a correlação encontrada foi muito forte, com destaque para a precipitação com o maior número.

Já a direção e a velocidade do vento apresentaram correlação forte, sendo que a primeira variável foi a que mais destoou. A justificativa encontrada está na forma de registro da direção na estação *Davis Vue* em que se fez com 16 rumos da Rosa dos Ventos, desta forma, para fins de comparação os dados precisaram ser convertidos em graus, tornando uma resolução de 22,5°, mais baixa, se comparada com a *Vaisala* de resolução de 1°.

Também foram calculadas as diferenças médias para o período ([tabela 3](#)). Em relação à temperatura do ar, a estação *Davis Vue* se mostrou 0,66°C mais quente que a *Vaisala*, além da pressão atmosférica 0,71hPa mais alta. A maior diferença foi encontrada para a variável da umidade relativa, 4,13% maior para a *Davis Vue*. A menor diferença foi para a precipitação: a *Vaisala* registrou 0,02mm a mais. Para a velocidade do vento, a *Vaisala* apresentou uma média um pouco mais alta, 0,26km/h a mais que a *Davis Vue*.

TABELA 3 – DIFERENÇAS MÉDIAS ENTRE AS MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES DAVIS E VAISALA

| Variável meteorológica | Estação | Média | Diferença (Davis-Vaisala) |
|----------------------------|----------------|---------|---------------------------|
| Temperatura (°C) | <i>Davis</i> | 18,84 | 0,66 |
| | <i>Vaisala</i> | 18,19 | |
| Umidade relativa (%) | <i>Davis</i> | 82,35 | 4,13 |
| | <i>Vaisala</i> | 78,22 | |
| Precipitação (mm) | <i>Davis</i> | 0,15 | -0,02 |
| | <i>Vaisala</i> | 0,17 | |
| Pressão atmosférica (hPa) | <i>Davis</i> | 1017,51 | 0,71 |
| | <i>Vaisala</i> | 1016,79 | |
| Velocidade do vento (km/h) | <i>Davis</i> | 1,49 | -0,26 |
| | <i>Vaisala</i> | 1,76 | |

FONTE: Elaborado pela autora (2019)

Dados os resultados satisfatórios de comparação, a estação *Davis* foi transferida para outro ponto de medição na porção sul da Ilha.

Além disso, compondo a fase de testes, três estações meteorológicas *Davis Vue* e três sensores *TinyTag* operaram concomitantemente nos mesmos locais (PI02, PC02 e PC05, [figura 32](#)) no período de 11/07/2018 a 27/10/2018. Os dados obtidos demonstraram uma correlação média de $r=0,96$ para a temperatura instantânea, $r=0,96$ para temperatura máxima e $r=0,97$ para temperatura mínima. Constatando consonância entre os medidores de temperatura, os sensores foram alocados para outros locais. Assim sendo, os dados levantados serviram para o estabelecimento de um pré-diagnóstico e para a cobertura de eventuais falhas das estações.

6.2A COBERTURA E A CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS DOS PONTOS DE MEDIÇÃO METEOROLÓGICA

A definição dos locais dos pontos de medição meteorológica levou em consideração os diferentes padrões de uso do solo e de estrutura urbana, a distância do mar, disposição frente às demais estações, locais seguros de furtos e de possíveis interferências de pessoas no funcionamento dos equipamentos.

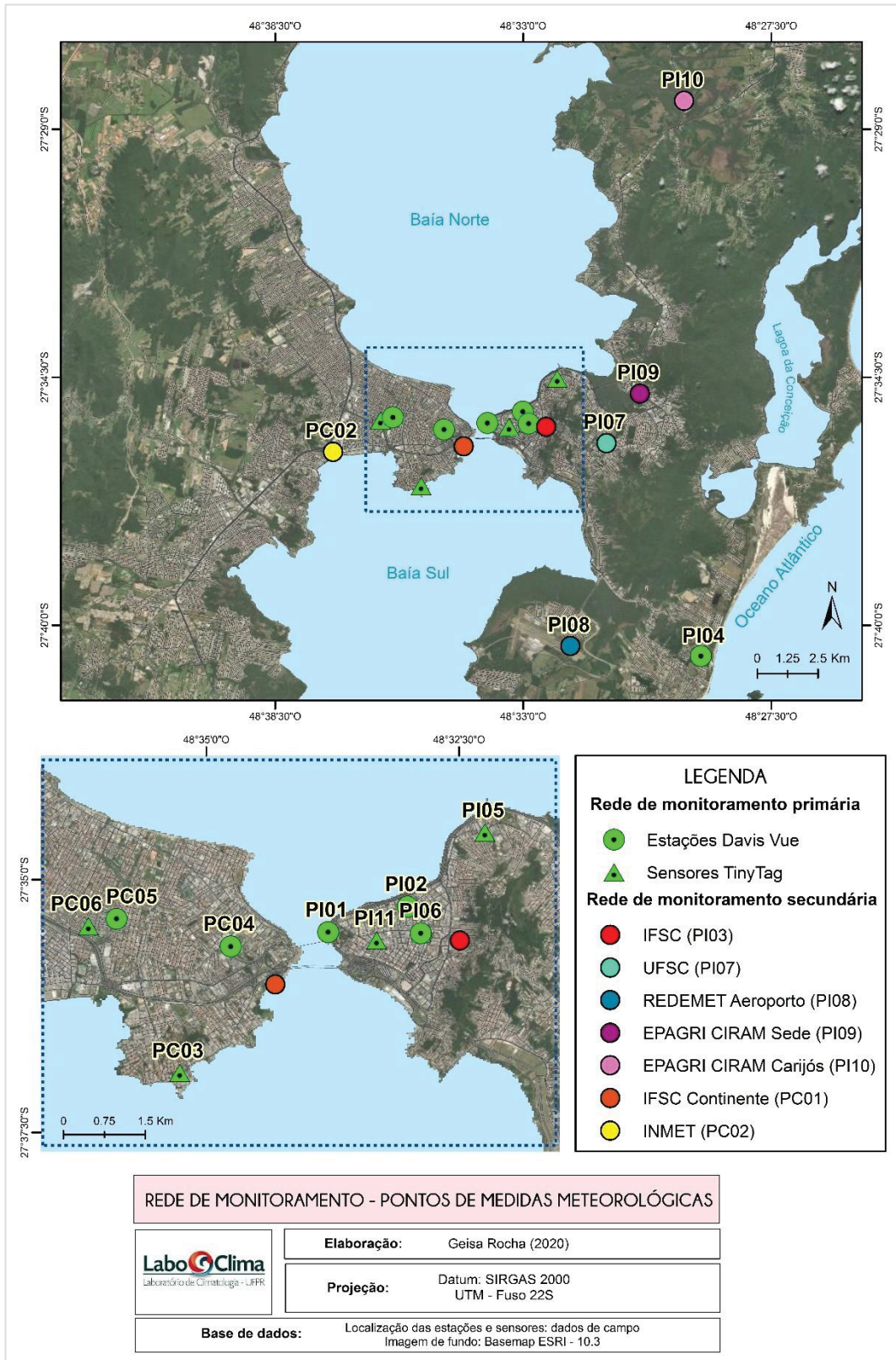
Ademais, a pesquisa atentou-se às indicações de classificação da paisagem a partir das Zonas Climáticas Locais (ZCL, em inglês *Local Climate Zones*) propostas por Stewart e Oke (2012). Segundo os referidos autores, grande parte dos trabalhos sobre ICU não fornece metadados quantitativos de exposição ao local ou cobertura do solo. Para eles “a maioria dos investigadores simplesmente confia nos chamados qualificadores urbanos-rurais para descrever as paisagens dos seus locais de medição (STWEART & OKE, 2012, p.1880, tradução nossa).

Assim sendo, buscou-se observar os diferentes parâmetros utilizados para a definição de uma ZCL para alocação dos pontos de medição. Os aspectos elencados na [segunda parte da tese](#), os geoambientais e os socioeconômicos e urbanos, foram essenciais para este processo.

A [figura 32](#) exhibe a localização dos pontos da rede de monitoramento primária e secundária distribuídas da seguinte maneira: onze locais na porção insular e seis na parte continental, totalizando dezessete pontos. Conferem-se o código, nome, as coordenadas e a responsabilidade das medidas no [quadro 6](#).

Salienta-se que devido às falhas nos dados e outros problemas descritas no [quadro 7](#), a pesquisa não pôde contar com a totalidade das medidas durante todo período, tampouco com todos equipamentos, implicando em ajustes ao longo do monitoramento.

FIGURA 32 – REDE DE PONTOS DE MEDIÇÃO METEOROLÓGICA DO ESTUDO



FONTE: Elaborado pela autora (2019)

Para facilitar a leitura, codificou-se os pontos de medida conforme sua localização na porção insular ou na continental, iniciando com “PI” e “PC” para o primeiro e segundo grupo, respectivamente, seguido de um número. O quadro abaixo também mostra informações de localização, o tipo de medição (se estação meteorológica ou sensor de temperatura) e responsabilidade quanto à manutenção das estações e sensores.

QUADRO 6 – REDE DE PONTOS DE MEDIÇÃO METEOROLÓGICA DO ESTUDO

| Código | Nome da estação | Tipo de medição | Coordenadas (GMS) | | Responsabilidade/Operadora |
|--------|---------------------|-----------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| | | | Latitude (Sul) | Longitude (Oeste) | |
| PI01 | Bombeiros | Estação | 27° 35' 31,103" S | 48° 33' 47,784" W | Própria |
| PI02 | Exército Centro | Estação | 27° 35' 15,947" S | 48° 33' 0,577" W | Própria |
| PI03 | IFSC CENTRO | Estação | 27° 35' 35,946" S | 48° 32' 29,540" W | IFSC |
| PI04 | Campeche | Estação | 27° 40' 41,077" S | 48° 29' 3,635" W | Própria |
| PI05 | Agronômica | Sensor | 27° 34' 31,876" S | 48° 32' 14,838" W | Própria |
| PI06 | PM Centro | Estação | 27° 35' 31,817" S | 48° 32' 52,776" W | Própria |
| PI07 | UFSC | Estação | 27° 35' 57,848" S | 48° 31' 9,242" W | UFSC |
| PI08 | Aeroporto | Estação | 27° 40' 27,704" S | 48° 31' 57,126" W | REDEMET |
| PI09 | Epagri Sede | Estação | 27° 34' 51,965" S | 48° 30' 24,812" W | EPAGRI CIRAM |
| PI10 | Epagri Carijós | Estação | 27° 28' 23,076" S | 48° 29' 28,920" W | EPAGRI CIRAM |
| PI11 | Colégio Tendência | Sensor | 27° 35' 35,949" S | 48 °33' 18,997" W | Própria |
| PC01 | IFSC Continente | Estação | 27° 36' 2,041" S | 48° 34' 19,165" W | IFSC |
| PC02 | INMET | Estação | 27° 36' 9,364" S | 48° 37' 13,074" W | INMET |
| PC03 | Coqueiros | Sensor | 27° 36' 54,614" S | 48° 35' 15,859" W | Própria |
| PC04 | Exército Continente | Estação | 27° 35' 39,617" S | 48° 34' 45,527" W | Própria |
| PC05 | PM Continente | Estação | 27° 35' 22,422" S | 48° 35' 53,035" W | Própria |
| PC06 | EEB Américo Dutra | Sensor | 27° 35' 27,443" S | 48° 36' 10,075" W | Própria |

FONTE: Elaborado pela autora (2019)

Como abordado previamente, considera-se como período de monitoramento, o tempo compreendido entre o início de agosto de 2018 ao final de julho de 2019. No intuito de garantir a qualidade e a consistência da base de dados foi realizada a verificação dos dados faltantes em todos os pontos de medição. Fez-se o preenchimento das falhas somente nos casos em que houve a presença de um outro sensor no mesmo local.

QUADRO 7 – FALHAS E COBERTURAS NA SÉRIE DE DADOS

| Código | Nome | 2018 | | | | | 2019 | | | | | | |
|--------|---------------------|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|---|---|
| | | A | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J |
| PI01 | Bombeiros | | | | | | | | | | | | |
| PI02 | Exército Centro | | | | | | | | | | | | |
| PI03 | IFSC CENTRO | | | | | | | | | | | | |
| PI04 | Campeche | | | | | | | | | | | | |
| PI05 | Agronômica | | | | | | | | | | | | |
| PI06 | PM Centro | | | | | | | | | | | | |
| PI07 | UFSC | | | | | | | | | | | | |
| PI08 | Aeroporto | | | | | | | | | | | | |
| PI09 | Epagri Sede | | | | | | | | | | | | |
| PI10 | Epagri Carijós | | | | | | | | | | | | |
| PC01 | IFSC Continente | | | | | | | | | | | | |
| PC02 | INMET | | | | | | | | | | | | |
| PC03 | Coqueiros | | | | | | | | | | | | |
| PC04 | Exército Continente | | | | | | | | | | | | |
| PC05 | PM Continente | | | | | | | | | | | | |

FONTE: Elaborado pela autora (2019)

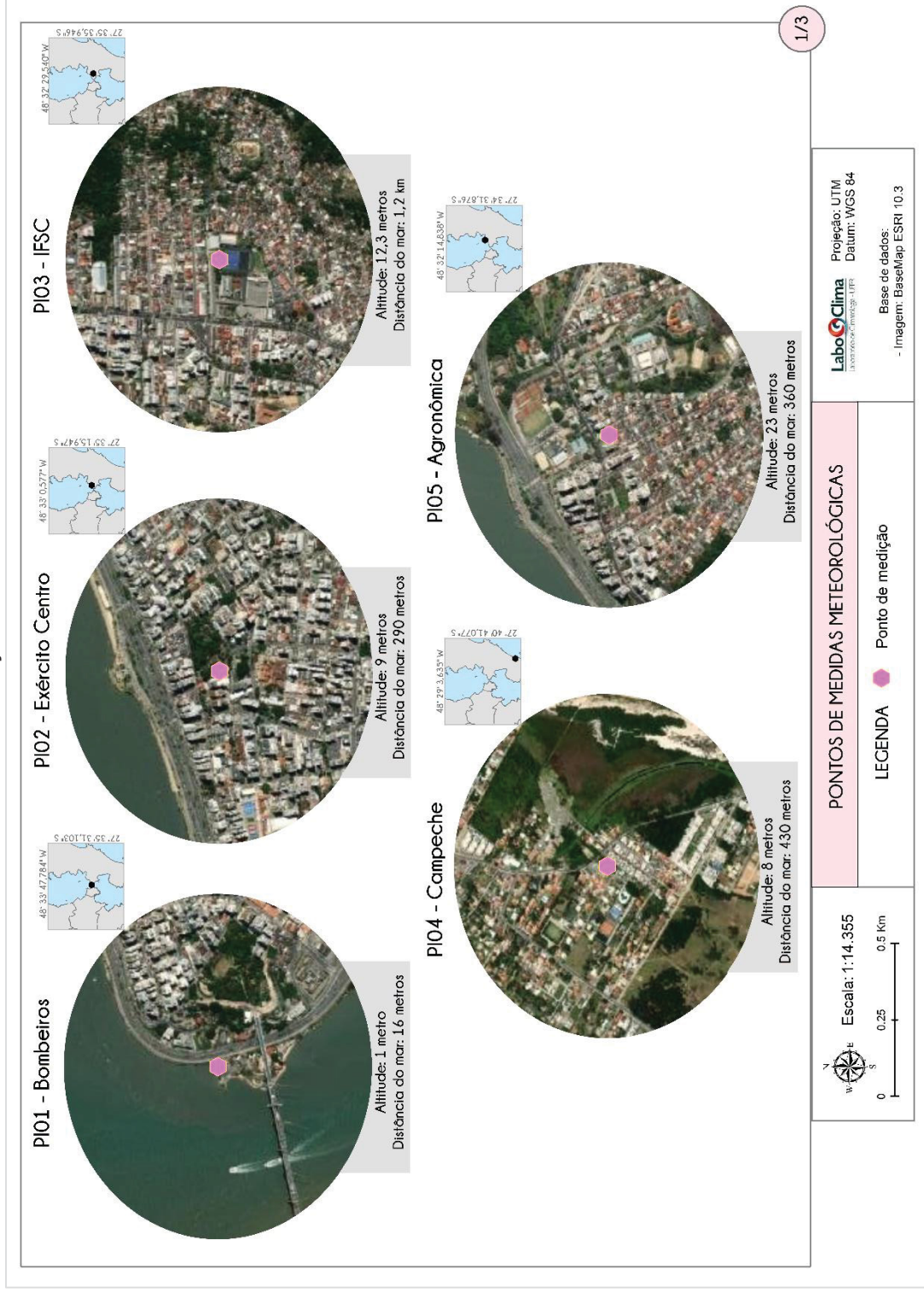
| Legenda | |
|---------|------------------------------------|
| | Não instalado no momento |
| | Sem falhas |
| | 1 a 10 dias de dados faltantes |
| | 10 a 20 dias de dados faltantes |
| | Mais de 21 dias de dados faltantes |

Destaca-se que dois pontos de medição foram excluídos da série de dados, o PI11 (Colégio Tendência) e o PC06 (Escola Básica Estadual Américo Dutra), o primeiro devido ao furto do equipamento e o segundo em razão de mau funcionamento. Desta forma, totalizam-se quinze pontos de medição que compõe o estudo, sendo que seis destes apresentam falhas.

Observa-se no [quadro 7](#) que os meses sem falhas representam 86,3% de toda a série, enquanto que somente 1,2% são dados ausentes de 1 a 10 dias, 4,8% de 10 a 20 dias, e o maior contingente das falhas se referem a mais 21 dias sem registro, representando 7,1%.

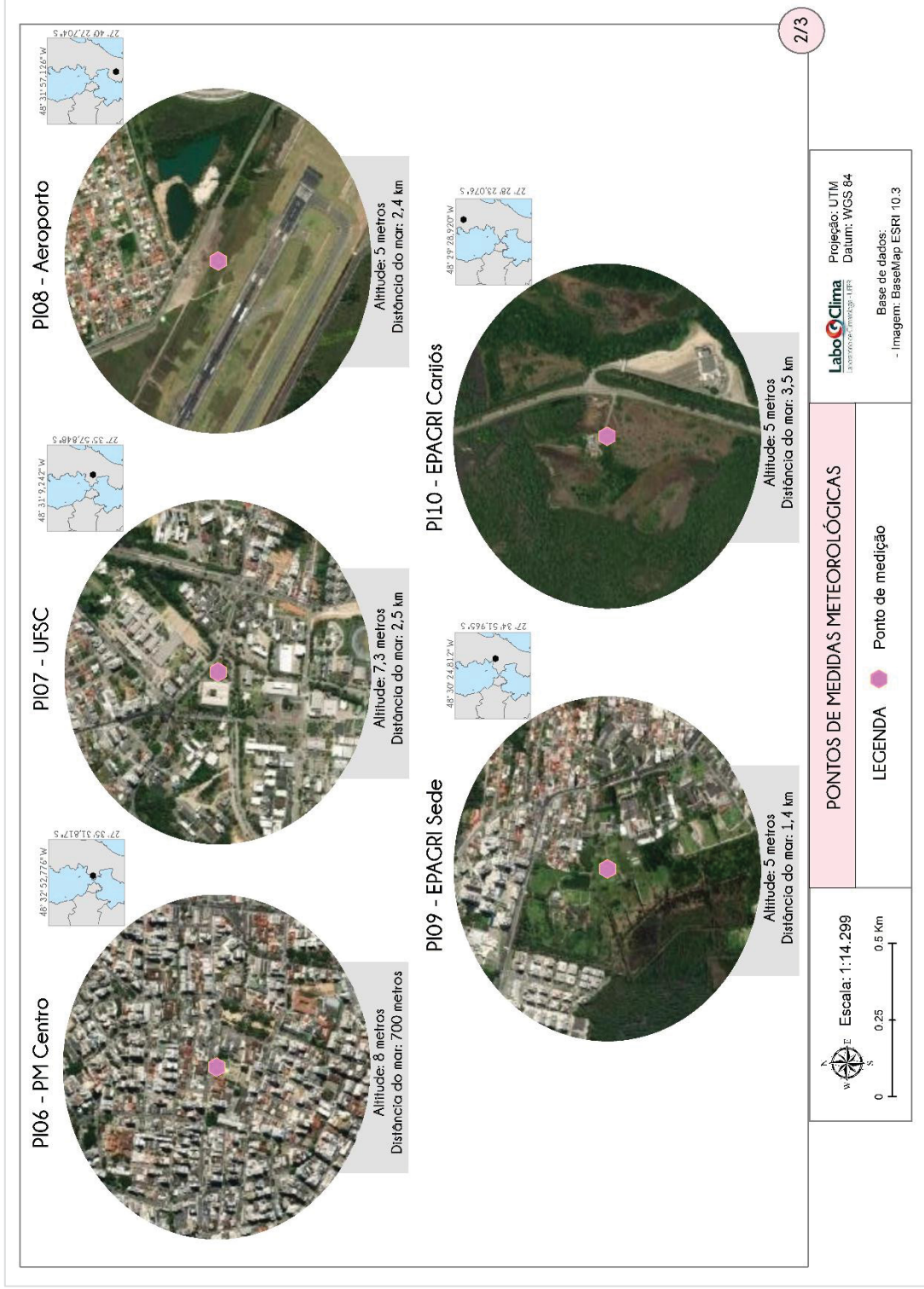
A seguir, apresentam-se as características do entorno dos pontos de medição considerando um raio de 500 metros a partir do local do equipamento de registro como centro da circunferência, ou seja, uma área de 0,78 km². As figuras [33](#), [34](#) e [35](#) exibem os recortes das imagens de satélite juntamente com as informações da altitude e distância do mar. As informações mais detalhadas sobre cada um dos pontos de medição meteorológicas podem ser conferidas nos quadros descritos no [apêndice A](#) deste trabalho.

FIGURA 33 – LOCAIS DE MEDIÇÃO METEOROLÓGICAS 1/3



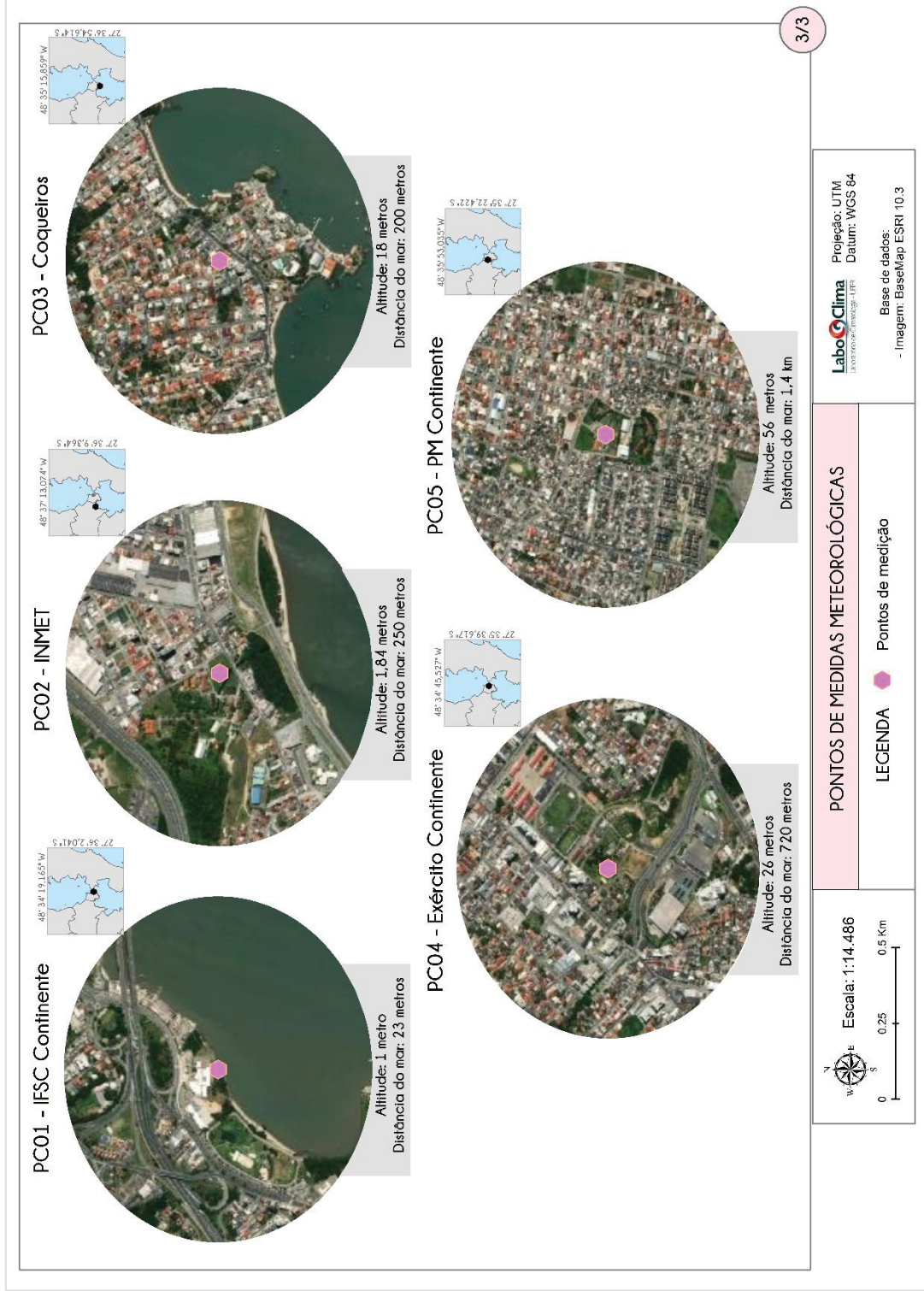
FONTE: Elaborado pela autora (2019)

FIGURA 34 – LOCAIS DE MEDIÇÃO METEOROLÓGICAS 2/3



FONTE: Elaborado pela autora (2019)

FIGURA 35 – LOCAIS DE MEDIÇÃO METEOROLÓGICAS 3/3



FONTE: Elaborado pela autora (2019)

As figuras dos pontos de registro permitem observar os diferentes ambientes onde estes foram alocados. Com relação aos padrões construtivos, de ocupação e arruamento, dividiu-se a caracterização em cinco grandes grupos.

No grupo com maior número de pontos encontram-se os entornos qualificados pela predominância de edificações baixas, intercaladas com alguns prédios e pouca vegetação. Estas características fazem parte de todos os pontos da área continental (PC01, PC02, PC03, PC04 e PC05) e na ilha, somente o PI07 (UFSC).

Os arredores marcados pela presença de prédios altos e traçado urbano xadrez, em sua maioria com áreas vegetadas restritas a uma pequena porção, compõe o grupo que contém os pontos de medição PI01 (Bombeiros), PI02 (Exército Centro) e PI06 (PM Centro).

O grupo em que se pode observar os resquícios do traçado de ocupação urbana denominado “espinha de peixe”, além da predominância de edificações baixas, grandes áreas vegetadas e poucos prédios, é composto pelos pontos PI04 (Campeche), PI08 (Aeroporto) e PI09 (Epagri Sede). Cabe destacar que se optou por incluir o PI09 não pela configuração da malha urbana, uma vez que a área edificada próxima se dispõe na forma de loteamentos, mas principalmente pela porção de área vegetada e a altura das edificações.

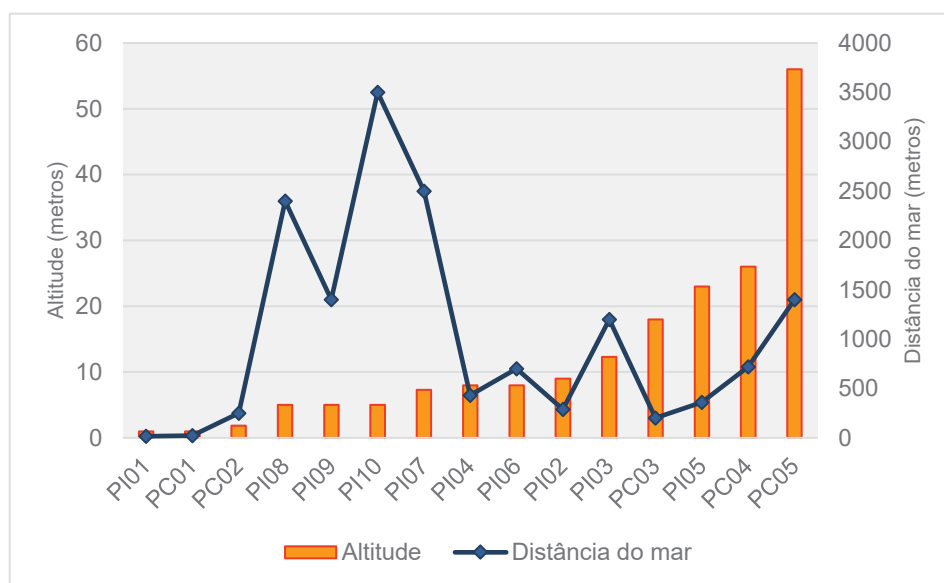
Os pontos PI03 (IFSC) e PI05 (Agrônômica) têm em comum os entornos em que metade da área abrange as encostas dos morros, prevalecendo edificações baixas e no geral de baixo padrão construtivo, e a outra parte marcada por prédios altos.

Por fim, somente o PI10 (Epagri Carijós) tem a particularidade de seu entorno ser definido preponderantemente por área vegetada, com uma rodovia atravessando sua extensão e a presença de uma única edificação baixa.

Em referência à altitude e à distância do mar ([figura 36](#)), a PI01 se destaca por ser a mais baixa, 1 metro de altitude e ao mesmo tempo a mais próxima do oceano, a 16 metros. O ponto de maior altitude é o PC05 com 56 metros, no entanto, não é o mais longe do mar, pois está a 1,4km deste. O local de medição mais afastado do mar é o PI10, com 3,5km de distância.

A média de altitude dos pontos de medição é de 12,4 metros, todavia, dez destes locais (66,6%) estão situados abaixo de 10 metros. Já para a distância do mar, a média é de aproximadamente 1km, porém doze pontos (80%) estão 1,5km afastados.

FIGURA 36 – GRÁFICO DE ALTITUDE E DISTÂNCIA DO MAR DOS PONTOS DE MEDIÇÃO



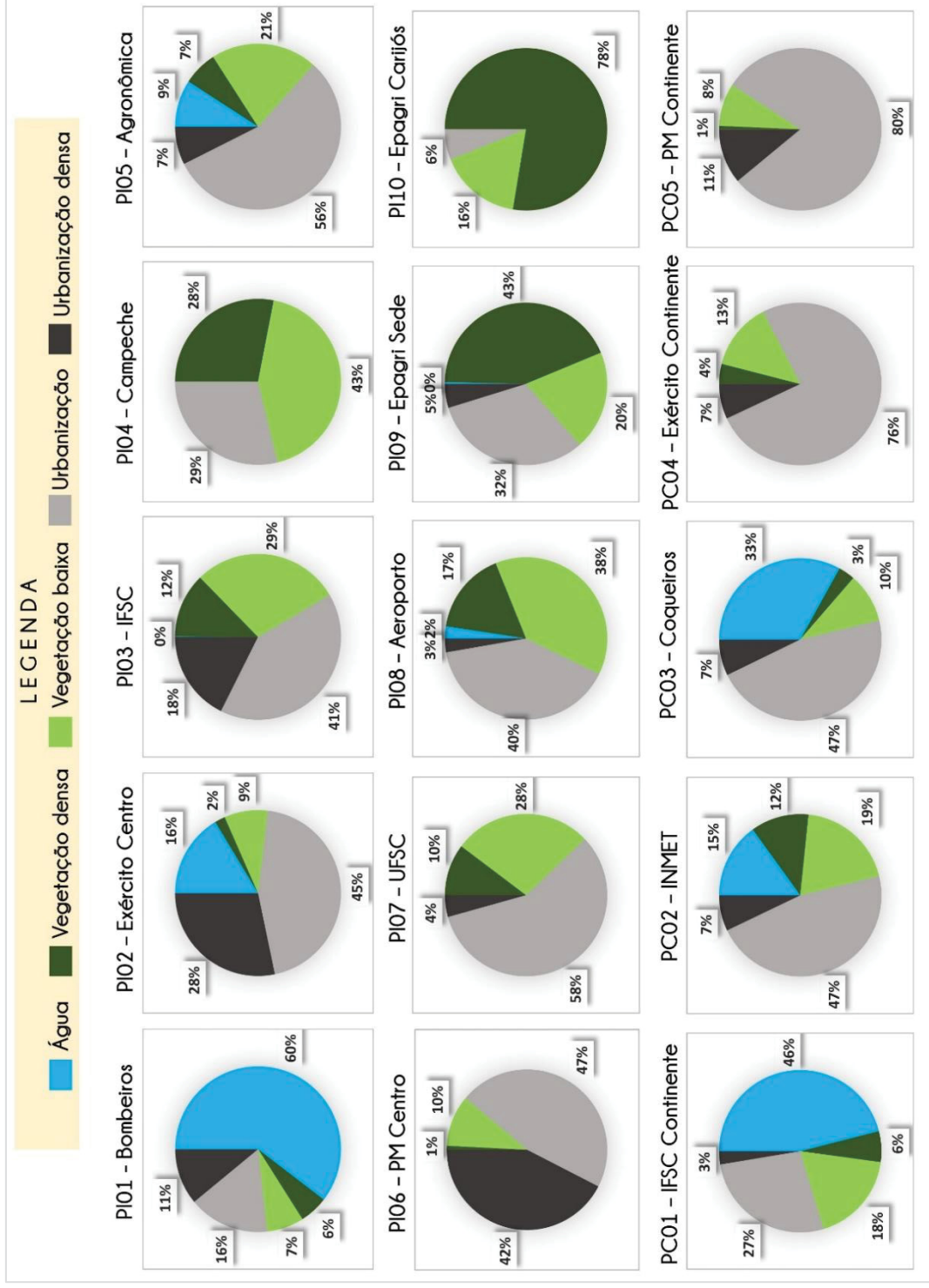
FONTE: Elaborado pela autora (2019)

Para complementar a caracterização, analisou-se o uso do solo através de uma imagem *LandSat 8* da data 06/09/2018, com resolução espacial de 30 metros e que passou por um processamento no *software Idrisi*. Tal procedimento técnico é descrito no capítulo seguinte. Utilizando-se de cinco classes, a saber: água, vegetação densa, vegetação baixa, urbanização e urbanização baixa, calculou-se a frequência de cada classe para uma área de 500 metros de raio no entorno do ponto de medição, e a partir disto, as porcentagens apresentadas na [figura 37](#).

Como esperado e citado anteriormente, a classe água apareceu com uma maior porcentagem para o entorno do PI01, com 60% de toda área. Em segundo lugar, o PC01 com 46%, ponto também localizado na beira da água do mar. Com exceção dos pontos PI05, PC02 e PC03, os demais que apresentaram porcentagem de água, referem-se à presença de corpos hídricos continentais, como é o caso do PI08 com 2% desta classe em sua área.

Na classe intitulada de vegetação densa, os arredores das duas estações meteorológicas pertencentes à EPAGRI detiveram as maiores áreas, a PI10 (Carijós) que por estar inserida em uma área de conservação ambiental tem 78% e a PI09 ao lado de um manguezal tem 43%.

FIGURA 37 – PORCENTAGEM DE COBERTURA DA CLASSE DE USO DO SOLO NO ENTORNO (500M) DOS PONTOS DE MEDIDAS METEOROLÓGICAS



FONTE: Elaborado pela autora (2019)

A vegetação baixa apareceu nos entornos de todos pontos de medição, mesmo naquelas mais urbanizados, a exemplo do PI06 com 10% desta classe. A maior área para este tipo de cobertura foi encontrada para PI04, representando 43%, sendo que a região é marcada por características periurbanas.

As classes urbanização e urbanização densa se diferenciam pelo arranjo urbano. A primeira envolve espaços com construções de baixa e média densidade e está presente em todos os arredores dos pontos de medidas, em maior grau para a estações continentais (variando de 27% para PC01 até 80% para PC05) e em menor proporção para os pontos em ambientes predominantemente vegetados, caso da PI10 com 6%.

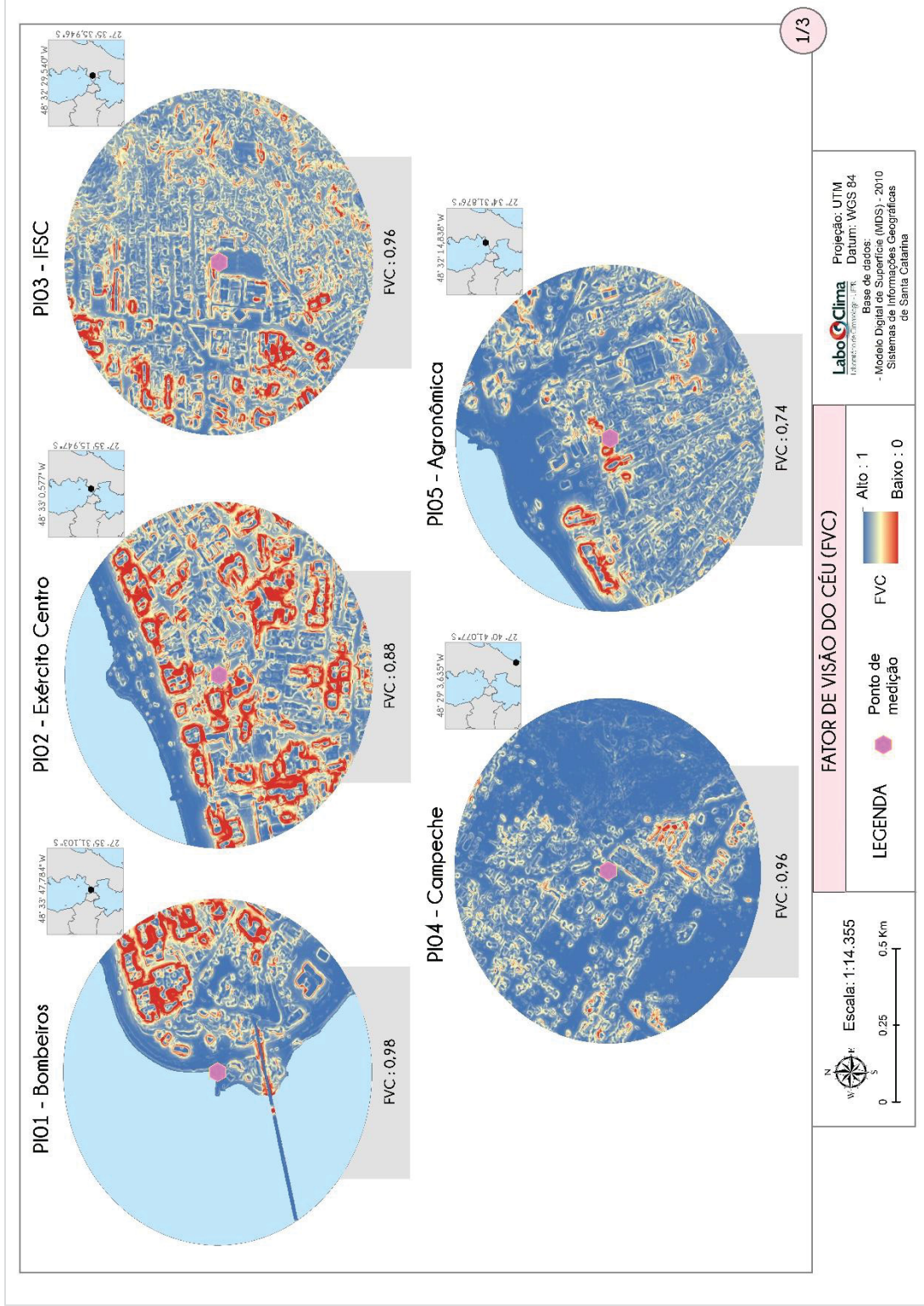
A segunda classe de urbanização engloba áreas de grande concentração de edifícios. Esteve presente em 13 dos 15 pontos de medição, com destaque para a PI06, em que representou 41% de seu entorno. O levantamento destas informações é essencial para a definição das estações de referência para o estudo.

Além do uso do solo, usou-se do Modelo Digital de Superfície (MDS) disponibilizado pelo Governo do Estado de Santa Catarina (2010) com resolução espacial de 1 metro para calcular o fator de visão do céu (FVC), que inclusive é um dos parâmetros empregados para a definição das LCZ's (STEWART & OKE, 2012). Usou-se a ferramenta “*Sky View Factor*” presente no Sistema de Informações Geográficas (SIG) “*Saga GIS*” para o referido cálculo.

O fator de visão do céu (FVC), também chamado de fator de configuração ou angular, indica o grau de abertura do céu, ou seja, a fração do céu observável em um ponto do terreno. O FVC constitui-se de um parâmetro adimensional e o valor varia entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo a 1, maior é o grau máximo de observação do céu e mais próximo de 0, maior o fechamento.

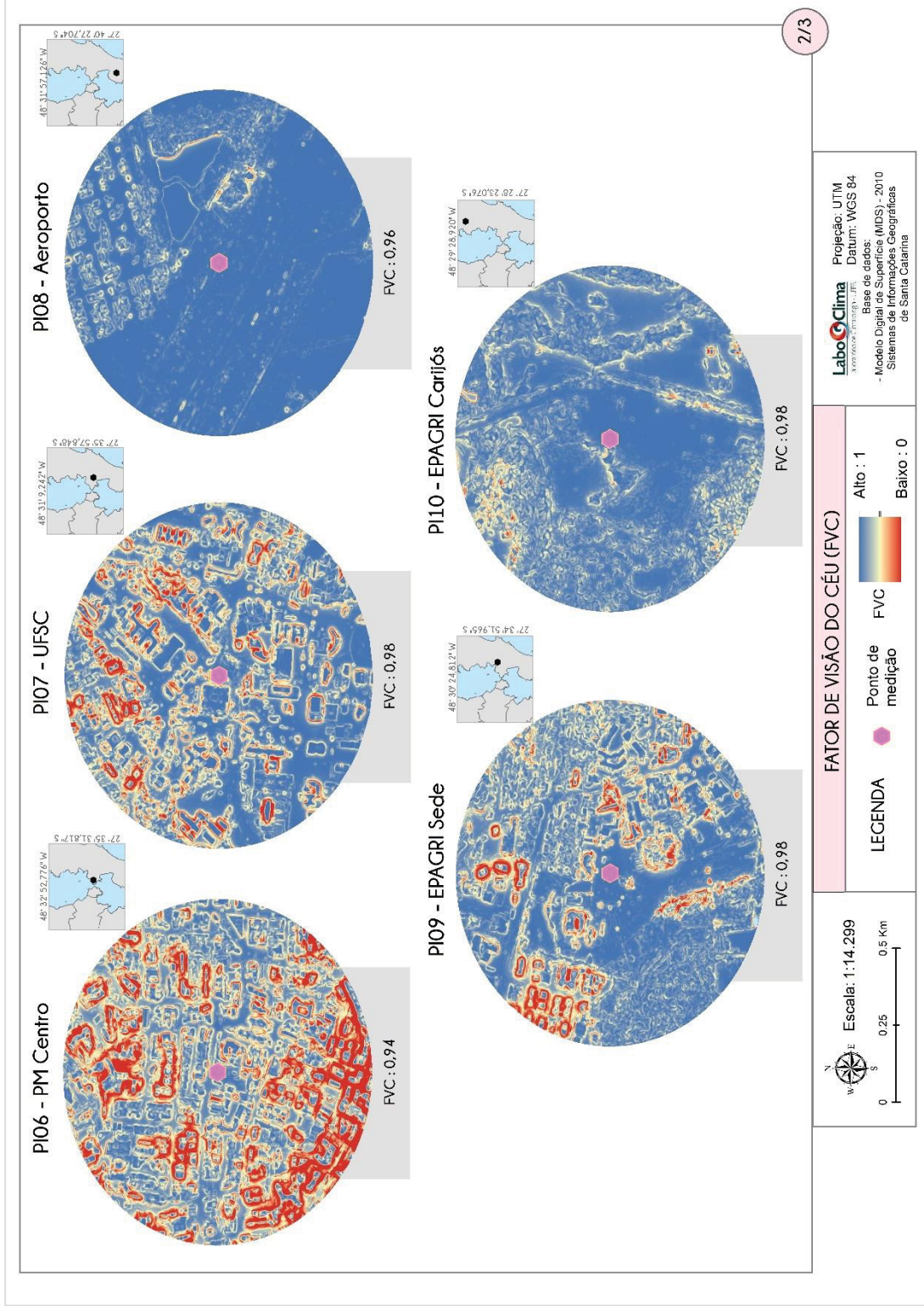
Para Oke (1982) o FVC é o índice mais apropriado para medir a radiação difusa emitida pelas superfícies, na medida em que representa a porção do céu disponível para a troca de calor. Segundo o mesmo autor, a geometria urbana que pode ser determinada pelo FVC, é uma das principais causas da ICU. Neste contexto, o resfriamento das superfícies está associado à área de céu visível para um determinado ponto. Desta forma, julgou-se pertinente a apresentação e consideração do FVC para análise da ICU nesta pesquisa.

FIGURA 38 – FATOR DE VISÃO DO CÉU NO ENTORNO DOS PONTOS DE MEDIDAS METEOROLÓGICAS – 1/3



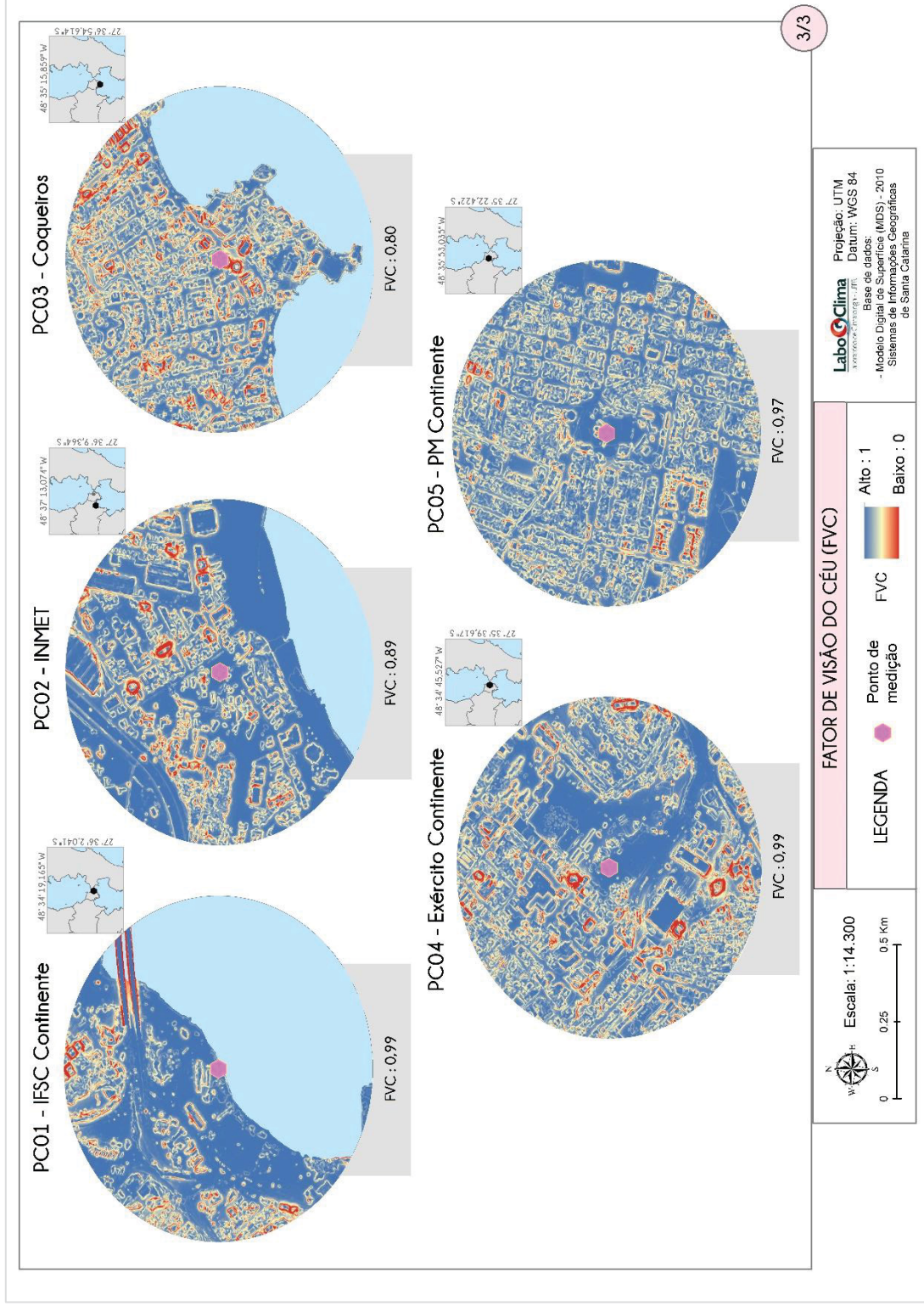
FONTE: Elaborado pela autora (2020)

FIGURA 39 – FATOR DE VISÃO DO CÉU NO ENTORNO DOS PONTOS DE MEDIDAS METEOROLÓGICAS – 2/3



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

FIGURA 40 – FATOR DE VISÃO DO CÉU NO ENTORNO DOS PONTOS DE MEDIDAS METEOROLÓGICAS – 3/3



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

A [tabela 4](#) mostra os valores de FVC no local do ponto de medida e a média para a área no entorno, considerando 500 metros de raio. O segundo conjunto de dados representado na terceira coluna da tabela está formatado em escala de cor que exhibe os valores mais altos de FVC em tom de azul e os mais baixos em vermelho, ou seja, quanto maior for a média da quantidade de espaços abertos, a célula tende à tonalidade azulada.

TABELA 4 – FATOR DE VISÃO DO CÉU NOS PONTOS DE MEDIÇÃO E ENTORNOS

| Ponto de medição | FVC no local | FVC no entorno (média) |
|----------------------------|--------------|------------------------|
| PI01 - Bombeiros | 0,98 | 0,86 |
| PI02 - Exército Centro | 0,88 | 0,82 |
| PI03 - IFSC | 0,96 | 0,86 |
| PI04 - Campeche | 0,96 | 0,94 |
| PI05 - Agronômica | 0,74 | 0,91 |
| PI06 - PM Centro | 0,94 | 0,80 |
| PI07 - UFSC | 0,98 | 0,88 |
| PI08 - Aeroporto | 0,96 | 0,97 |
| PI09 - Epagri Sede | 0,96 | 0,90 |
| PI10 - Epagri Carijós | 0,98 | 0,94 |
| PC01 - IFSC Continente | 0,99 | 0,92 |
| PC02 - INMET | 0,89 | 0,92 |
| PC03 - Coqueiros | 0,80 | 0,86 |
| PC04 - Exército Continente | 0,99 | 0,89 |
| PC05 - PM Continente | 0,97 | 0,90 |

FONTE: Elaborado pela autora (2020)

Em relação aos pontos de medida, o PI05 (Agronômica) é o que tem o menor FVC (0,74), ou seja, menor porção do céu observável, pelo fato de estar situado ao lado de um prédio de 12 pavimentos. Enquanto que o PC04 (Exército Continente) instalado em um terreno plano e descampado, tem o maior FVC, 0,99.

Cabe ressaltar que para este estudo é importante não só considerar o FVC do ponto de medida para identificar os cânions urbanos, mas observar o seu entorno. Neste caso, as três menores médias do FVC se destacaram nos pontos PI06 (0,80), PI02 (0,82), PI01, PI03 e PC03 (os três com 0,86). Estes valores indicam a inserção destas estações e sensores em áreas urbanas verticalizadas e, portanto, propícias ao desenvolvimento de um gradiente térmico se comparadas a um ambiente de características rurais.

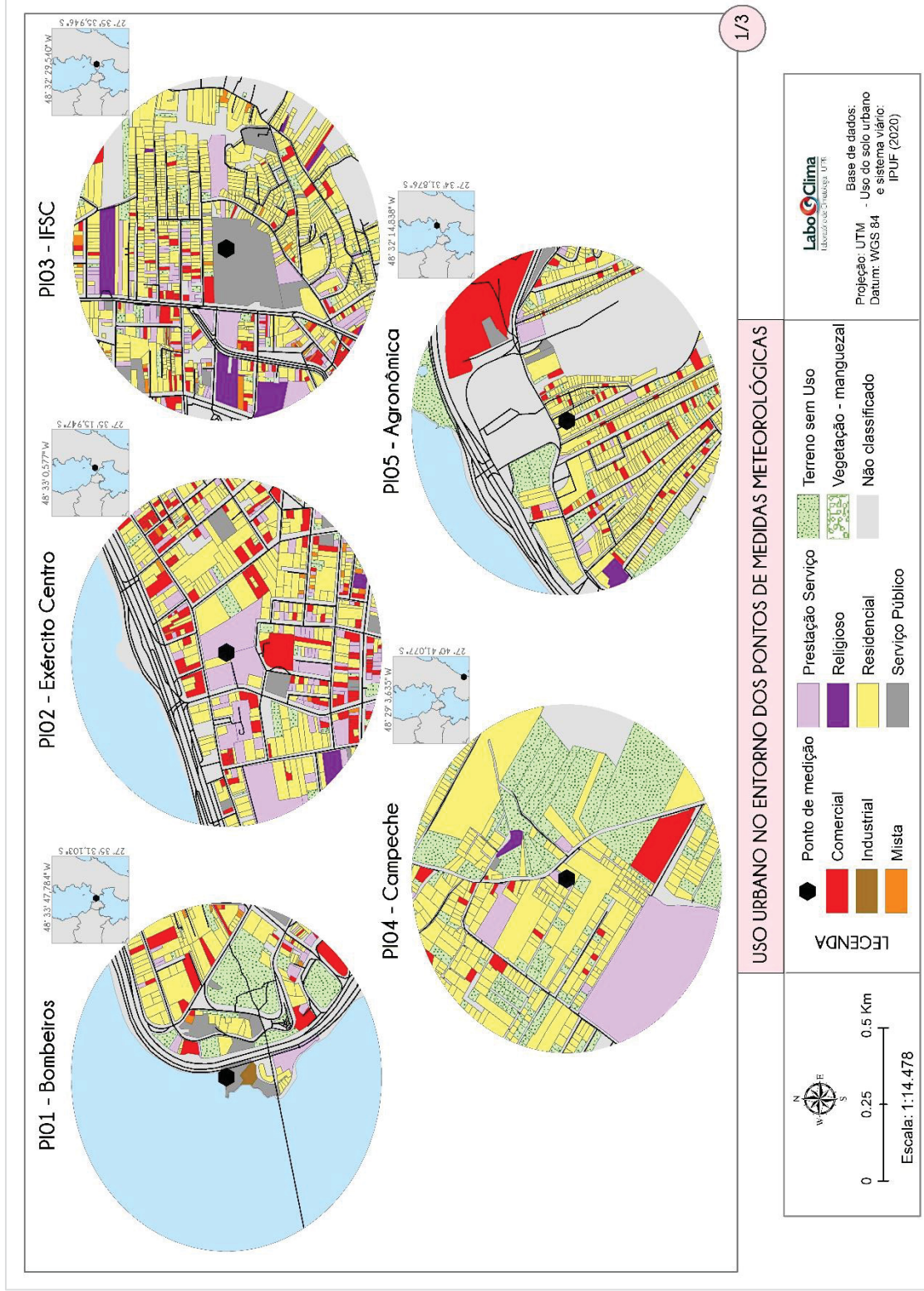
Com os dados do cadastro urbano disponibilizados pelas prefeituras pertencentes à ACF, organizou-se também um mapeamento no entorno dos pontos

de medição em relação ao uso urbano ([figuras 41, 42 e 43](#)), compondo oito classes oficiais, a saber: comercial, industrial, mista, prestação de serviço, religioso, residencial, serviço público e terreno sem uso.

Ressalta-se que as classes “vegetação-manguezal” e “não classificado”, presentes nas legendas, foram incluídas para fins de ilustração, evitando que os mapas ficassem sem preenchimento em algumas das áreas. Desta forma, não se utilizou das referidas classes para cálculos de área ou outras medidas geoespaciais. Neste contexto, também se inseriu o PI10 por conta da representatividade, já que não há nenhuma área no entorno classificada no cadastro urbano da prefeitura de Florianópolis.

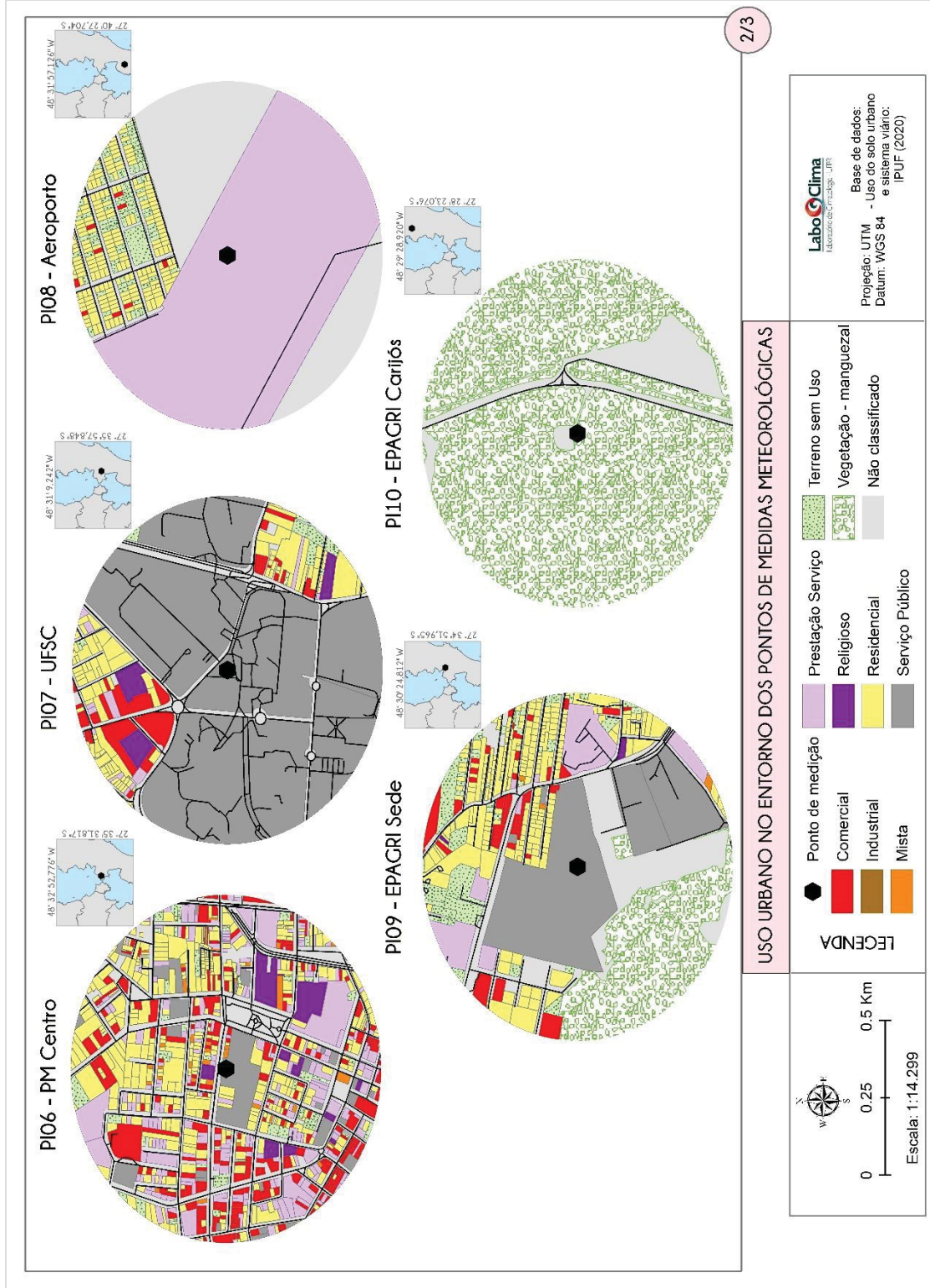
Utilizou-se este tipo de dado (cadastro urbano) com intuito de apurar os aspectos referentes aos locais onde as estações e os sensores foram instalados, para que estes pudessem ser representativos e abordar ambientes diversos, além de oferecer uma visão global da dinâmica e das atividades destas áreas urbanas, o que pode influenciar, por sua vez, na formação e magnitude da ICU.

FIGURA 41 – USO URBANO NO ENTORNO DOS PONTOS DE MEDIDAS METEOROLÓGICAS – 1/3



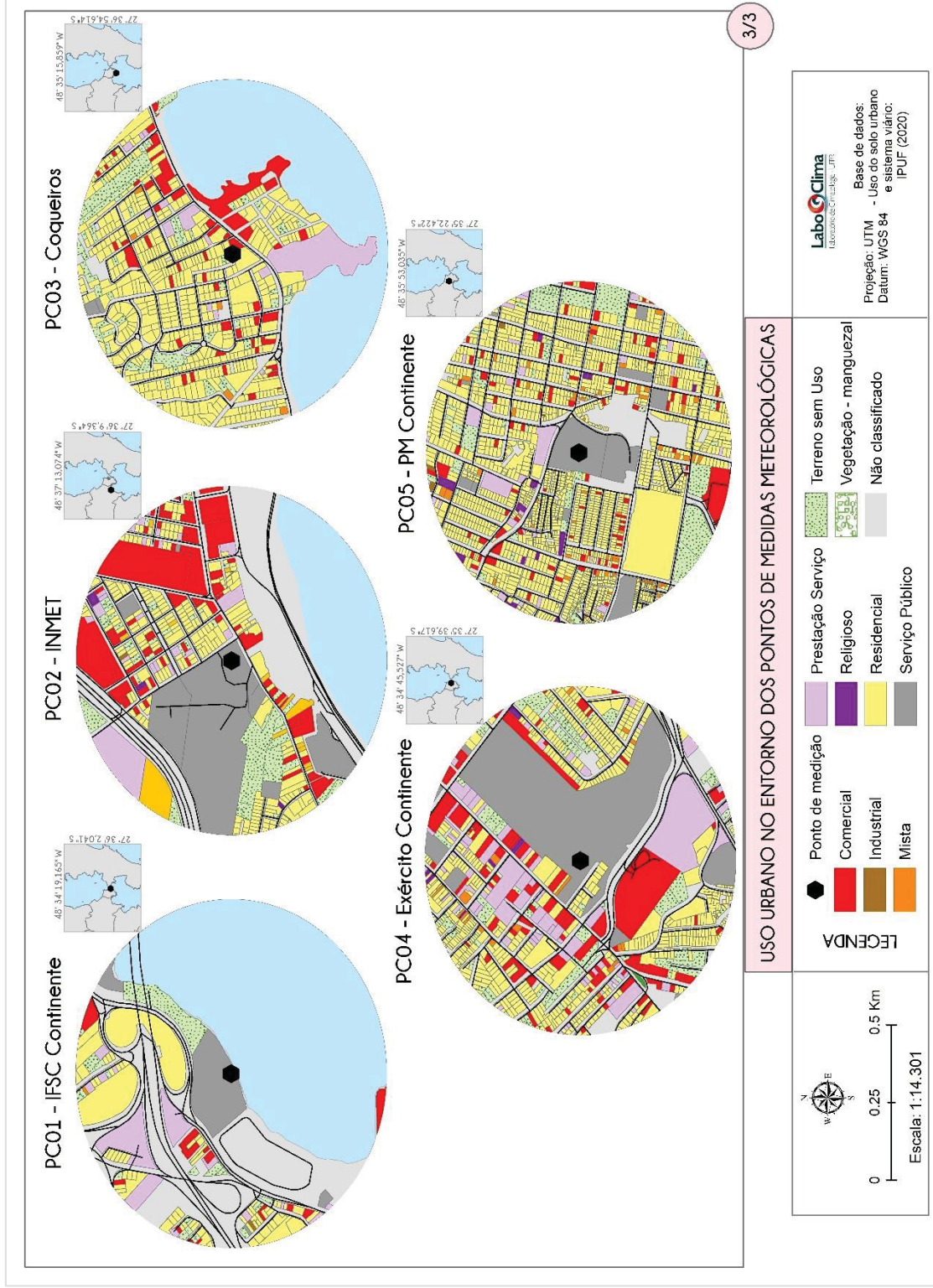
FONTE: Elaborado pela autora (2019)

FIGURA 42 – USO URBANO NO ENTORNO DOS PONTOS DE MEDIDAS METEOROLÓGICAS – 2/3



FONTE: Elaborado pela autora (2019)

FIGURA 43 – USO URBANO NO ENTORNO DOS PONTOS DE MEDIDAS METEOROLÓGICAS – 3/3

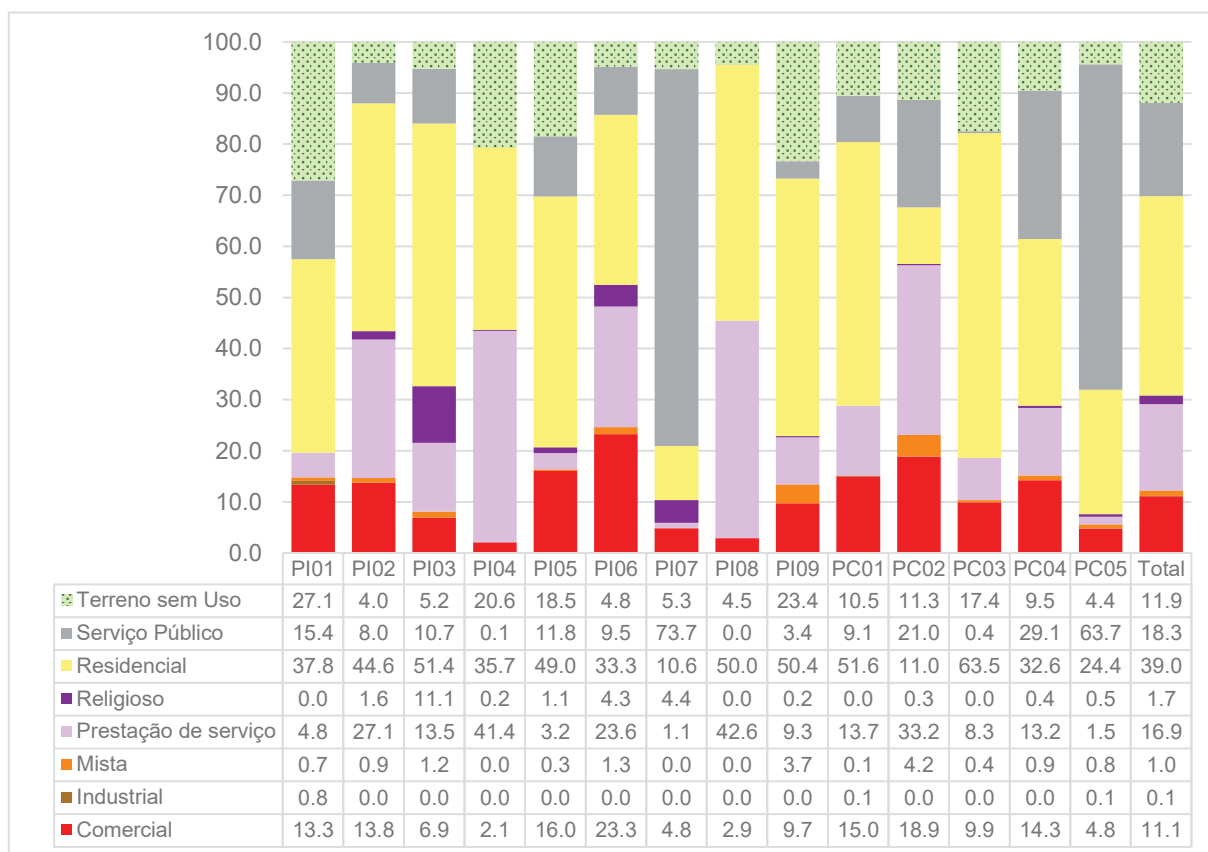


FONTE: Elaborado pela autora (2019)

A análise do cadastro urbano ([figuras 41](#), [42](#) e [43](#)), revela que as áreas circundantes dos pontos de medição meteorológica são em sua maior parte residenciais, somando 38% dos lotes. Neste âmbito, o PC03 se destaca, por ter 63,5% dos lotes ocupados para moradia.

Em segundo lugar, com 19,4% destaca-se a classe de “serviço público”, devido ao fato da instalação de nove pontos em repartições públicas de segurança, educação e serviços (PI01, PI02, PI03, PI06, PI07, PI09, PC01, PC02, PC04 e PC05). O destaque é o PI07, com 73,7% do seu entorno. Este local está inserido no interior do campus “Trindade” da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

FIGURA 44 – GRÁFICO DE PORCENTAGEM DAS CLASSES DE CADASTRO URBANO PARA OS ENTORNOS DOS PONTOS DE MEDIDA



FONTE: Elaborado pela autora (2019)

A prestação de serviços, terceira classe de maior abrangência, representa 16,9% da área em que se tem o cadastro urbano. O PI08 localizado ao lado da pista de pouso do Aeroporto Internacional Hercílio Luz é, por este motivo, o que possui a maior fatia desta classe em sua área total, com 42,6%. Vale ressaltar que a expressiva porcentagem também para o PI04 se deve ao fato da proximidade deste local com uma extensa área gramada que pertence à Base Aérea de Florianópolis.

Os terrenos sem uso, que em sua grande maioria são áreas cobertas por vegetação baixa, representam 11,4% das áreas total cadastradas nos arredores dos pontos de medida. Esta classe corresponde a 27,1% do entorno do PI01, contudo, 36.596m² (60,6%) desta área compreende o Parque da Luz, localizado na cabeceira da Ponte Hercílio Luz.

A classe de comércios se apresenta como a quarta maior frequência do total, com 11,3%. Dentro desta, se destaca o PI06, inserido na porção central insular do município de Florianópolis, seu entorno é composto por 23,3% dessa classe.

As classes mista, religioso e industrial representam uma porcentagem muito baixa no cadastro urbano: 1,8%, 1,0% e 0,7% respectivamente. Na primeira se destaca o PI03, na segunda o PI09 e na terceira o PI01.

CAPÍTULO VII – PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE TEMPORAL E ESPACIAL DA ICU

Este capítulo se dedica a abordar os procedimentos metodológicos adotados para efetivação da análise temporal e espacial da ICU, especialmente no que diz respeito ao conhecimento da dinâmica e configuração do fenômeno, no tempo e no espaço, respectivamente.

A caracterização do ambiente de estudo conforme seus aspectos geoambientais, urbanos e socioeconômicos, bem como dos locais de medição meteorológica desenvolvidos anteriormente, constituem-se igualmente parte de uma análise temporal e espacial.

Entretanto, não se pretende realizar uma dissociação total das dimensões tempo e espaço, uma vez que compõe a essência do trabalho geográfico, mas versar sobre técnicas que auxiliam ambas análises. Dentre elas se destacam a investigação do rítmico climático, o reconhecimento da estabilidade atmosférica e a modelagem.

7.1 DINÂMICA TEMPORAL E ANÁLISE RÍTMICA

A ilha de calor urbana, conceituada no [capítulo 1](#), pode ser representada pela seguinte equação 1:

$$T_{ICU} = T_{REF-URB} - T_{REF-RUR}$$

Na qual a T_{ICU} equivale a intensidade da ICU (em °C); $T_{REF-URB}$ é a temperatura do ponto de referência urbano e a $T_{REF-RUR}$ corresponde à temperatura do ponto de referência não-urbano, ou rural.

Para compreensão da dinâmica horária da ICU calculou-se a [equação 1](#) utilizando os dados horários. Esta análise permite identificar o momento em que a ICU começa tomar expressão até a diminuição considerável do gradiente térmico entre urbano e rural, além disso, fornece subsídio para identificar os horários em que há sombreamento produzido pelas edificações presentes no entorno.

Ao abordar a ICU em escala diária, aplicou-se a equação 1 com base nas temperaturas mínimas diárias, isto em função do registro das mínimas ocorrer principalmente no período noturno, momento em que acontece o resfriamento da terra e identifica-se a ICU.

Analisou-se os dados de ICU mensalmente e sazonalmente (conforme as estações do ano), a fim de identificar a existências de períodos mais propícios para a gênese e a intensidade da ICU. Todos os conjuntos de dados foram registrados em planilha *Excel*.

Para a magnitude da ICU utilizou-se as classes preestabelecidas por Fernández Garcia (1996). A [tabela 5](#) mostra os intervalos desta classificação junto com as cores usadas nos gráficos e tabelas presentes nas análises.

TABELA 5 - CLASSIFICAÇÃO DA MAGNITUDE DA ICU (°C)

| Classe | Intervalo de intensidade (°C) |
|-------------|-------------------------------|
| Fraca | 0 a 2°C |
| Média | 2 a 4°C |
| Forte | 4 a 6°C |
| Muito Forte | >6°C |

FONTE: Fernandez Garcia (1996). Organizado pela autora (2020)

A fim de identificar as repercussões do clima na dinâmica da ICU utilizou-se a análise rítmica do tipo episódica (para o período de análise). Desenvolvida por Monteiro (1971), sua aplicação é recorrente nos estudos de climatologia no Brasil e consiste em um método que visa compreender e explicar o ritmo climático atual, que,

só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo. (MONTEIRO, 1971, p.9)

Desta maneira, a análise rítmica busca relacionar e associar a dinâmica das massas de ar e sistemas frontais com as variações locais, tanto diárias como horárias, de elementos meteorológicos tais como pressão, umidade, temperatura, entre outros, registrados por estações meteorológicas de superfície (FONTÃO *et al.*, 2019).

Optou-se pela utilização dos dados do PC02 – INMET designando-o como estação de referência sinótica, por integrar a rede nacional de monitoramento meteorológico e usada para os cálculos das Normais Climatológicas. Neste âmbito, as variáveis usadas foram: temperatura máxima e mínima (°C) diária, temperatura instantânea (°C) das 9h (12 UTC) e 21h (00 UTC), umidade relativa do ar (%) das 9h (12 UTC) e 21h (00 UTC), pressão atmosférica (hPa) das 9h (12 UTC) e 21h (00 UTC), precipitação pluvial (mm) acumulada em 24h, radiação solar (KJ/m²) diária e insolação

(h) diária¹². Todas as variáveis, com exceção da última, são extraídas da estação do tipo automática.

Ressalta-se que para os dados de vento, direção (oito rumos da rosa dos ventos) e velocidade (km/h), considerou-se três horários de análise, 9h (12 UTC), 15h (18 UTC) e 21h (00 UTC), com intervalos de seis horas. Além disso, em decorrência de problemas identificados nos dados de vento da estação INMET (PC02), utilizou-se os dados do PI08 – Aeroporto.

Também foram adicionados os dados da ICU diária, tendo como base a equação 1 descrita anteriormente.

Além dos dados da estação sinótica de referência, interpretou-se os sistemas atmosféricos atuantes durante o período com base nas cartas sinóticas da Marinha do Brasil e do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), ambas para os horários das 9h (12 UTC) e 21h (00 UTC). Recorreu-se também às imagens de satélite do CPTEC-INPE. Com os dados e informações reunidos, confeccionou-se os gráficos mensais de análise rítmica nos *softwares Microsoft Excel e Power Point*.

Baseando-se em Fontão (2018) a classificação dos sistemas atmosféricos para a ACF considerou o sistema de classificação fundamentado nos posicionamentos relativos das massas de ar e sistemas frontais da América do Sul. Neste caso, para a área de estudo verifica-se a atuação das massas de origem polar e tropical.

Com intuito de facilitar a classificação das massas de ar e dos sistemas frontais de modo empírico, Fontão (2018) organizou um quadro de critérios ([quadro 8](#) e [9](#)), do qual esta pesquisa apoiou-se.

¹² A insolação diária foi a única variável usada que provém de equipamento da estação meteorológica do tipo convencional do INMET.








QUADRO 8 – MASSAS DE AR: ORIGEM E CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO

| TIPO | ORIGEM | CLASSIFICAÇÃO |
|------|---|--|
| mTa | Massa Tropical Atlântica Sistema de alta pressão de anticiclone do Atlântico Sul sobre latitudes tropicais, apresentando características de alta temperatura e umidade. | A presença de isóbaras do setor de alta pressão influenciando a área de estudo, através dos fluxos de ar do leste e nordeste observados no gráfico sinótico, reforçados pelas características tropicais das variáveis climáticas, como altas temperaturas e umidade relativa do ar. |
| mTAC | Massa Tropical Atlântica Continentalizada Este sistema é formado a partir do mTA, quando permanece sobre o continente por alguns dias e, apesar de ainda apresentar alta pressão, perde suas propriedades originais, diminuindo principalmente a umidade relativa. | Sempre precedido pelo mTA e apresentando um padrão de pressão semelhante a essa massa de ar, distingue-se pela mudança significativa nas variáveis climáticas que podem ser observadas nos dados da área de estudo, como grande queda na umidade relativa, maior temperatura máxima, céu claro e alta insolação. |
| mTC | Massa Tropical Continental Sistema de baixa pressão do Chaco, na região tropical a leste dos Andes, com circulação ciclônica da superfície e anticiclônico nos níveis superiores, como consequência da depressão térmico-orográfica intermitente. As características dessa massa de ar são quentes e secas. | A presença de isobares do setor de baixa pressão do centro da América do Sul na área de estudo, provenientes dos fluxos de ar para o oeste observados no gráfico sinótico. Uma grande diminuição na umidade relativa, elevação da temperatura máxima, céu limpo e alta insolação são características dessa massa de ar. |
| mPa | Massa Polar Atlântica Anticiclone com a região de origem no Oceano Atlântico, no sul da América do Sul, apresentando temperaturas frias como principal característica. Devido à alta pressão, essa massa de ar tende a fluir em direção às latitudes mais baixas. | Sempre ocorre após a passagem de uma frente fria, quando ocorre a incursão desse sistema anticiclônico. Além de observar a alta pressão que influencia a região nas cartas sinópticas, outro fator que deve ser observado são os dados meteorológicos, principalmente a presença de temperaturas mais baixas e alta pressão atmosférica na área. |
| mPV | Massa Polar Velha Este sistema é formado a partir do mPa, quando permanece fora da região de origem por alguns dias e perde suas propriedades originais, aumentando principalmente sua temperatura. | No quadro sinótico, deve-se observar a incursão e a influência do anticiclone polar na área de estudo. No entanto, difere claramente do mPA pela diminuição sensível da pressão atmosférica original, além da temperatura mais alta na aquisição das características tropicais. |
| mPVC | Massa Polar Velha Continentalizada Semelhante ao mPV, esse sistema é formado a partir do mPA quando perde suas propriedades originais; no entanto, foi modificado pela trajetória continental da migração do anticiclone, diminuindo principalmente a umidade relativa. | Apresenta os mesmos critérios do mPV, porém é classificado como mPVC quando a trajetória anticiclone ocorre dentro do continente, resultando em umidade relativa muito baixa. |

FONTE: Serra e Ratisbona (1942); Monteiro (1969; 1973; 2000); Nimer (1989); Zavattini e Boin (2013); Fontão e Zavattini (2017.) Adaptado de: Fontão (2018).

O [quadro 9](#) expressa os tipos de sistemas frontais bem como seus critérios de classificação. Salienta-se que Fontão (2018) inclui a Linha de Instabilidade (LI) no quadro, no entanto, este não é classificado como uma frente, mas como um sistema particularizado que se encontra associado às massas de ar.

QUADRO 9 – SISTEMAS FRONTAIS E SISTEMAS INDIVIDUALIZADOS: CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO

| TIPO | CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO |
|--|---|
|  <p>FPA</p> | <p>Frente Atlântica Polar</p> <p>O sistema é representado no gráfico sinótico como os limites da mPA avançam em direção à área de estudo. Uma queda na temperatura e pressão atmosférica deve ser observada nas variáveis climáticas, além de um aumento na umidade relativa e na nebulosidade.</p> |
|  <p>FPR</p> | <p>Frente Polar Reflexa</p> <p>Este sistema ocorre quando, após o ar polar avançar sobre a região de estudo, é observada uma calha neste anticiclone formando uma linha de instabilidade, que pode ser identificada no gráfico sinótico pelo símbolo da frontólise no continente e o símbolo da frontogênese no Oceano. Umidade e nebulosidade aumentadas podem ser observadas nos dados climáticos.</p> |
|  <p>FPA DIS</p> | <p>Frente Polar Atlântica em Dissipação</p> <p>Ela é representada no gráfico sinótico como uma frontólise sobre a área de estudo. Nas variáveis climáticas, observa-se aumento do sol e diminuição da umidade e nebulosidade durante o dia.</p> |
|  <p>FPA REP</p> | <p>Frente Polar Atlântica Repercussão</p> <p>Este sistema é classificado quando uma aproximação do FPA é observada através do gráfico sinótico, mas não ocorre diretamente sobre a área de estudo. Mesmo assim, uma mudança significativa já foi observada nas variáveis climáticas, como aumento da nebulosidade e umidade, diminuição da amplitude térmica e, na maioria dos casos, precipitação.</p> |
|  <p>FPA EST</p> | <p>Frente Polar Atlântica Estacionária</p> <p>Este sistema possui um símbolo específico para a frente estacionária no gráfico sinótico e pode ser classificado quando um sistema frontal está se movendo muito lentamente ou fica parado por alguns dias. Observam-se principalmente nebulosidade e precipitação.</p> |
|  <p>QTE</p> | <p>Frente Polar Atlântica com Setor Quente de Retorno no Continente</p> <p>Este sistema pode ser identificado como uma frente quente no gráfico sinótico. Geralmente está associado ao aumento da nebulosidade e temperatura e à ocorrência de precipitação.</p> |
|  <p>LI</p> | <p>Linhas de Instabilidade</p> <p>Linhas de instabilidade podem aparecer nas massas de ar, especialmente mTA e mTC, identificadas no gráfico sinótico como uma linha de fundo. Essas linhas de pressão intensificam o movimento convectivo. Pode-se observar chuvas e aumento da umidade.</p> |

FONTE: Serra e Ratisbona (1942); Monteiro (1969; 1973; 2000); Nimer (1989); Zavattini e Boin (2013); Fontão e Zavattini (2017.) Adaptado de: Fontão (2018).

Considerou-se a análise do ritmo climático, através da observação da comparação da frequência dos sistemas atmosféricos ao longo do período utilizado na pesquisa, como base para a compreensão da relação entre os tipos de tempo e a formação e intensificação da ICU.

7.2 ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA: MODELO PGT

A estabilidade do ar é considerada como uma das características essenciais para a formação e intensificação de uma ICU. Condições como a ausência de nuvens e ventos fracos são apontados como “elementos-chave” para a identificação dos contrastes térmicos na cidade (OKE, 2017).

Conceitua-se como estabilidade atmosférica a condição de equilíbrio do ar, que é determinada a partir da comparação da temperatura de uma parcela de ar ascendente ou descendente com a temperatura do ambiente. Tem-se uma condição estável quando a parcela resiste ao movimento de ascensão, tal como uma parcela de ar fria e densa (mais pesada), que tende a retornar à sua posição inicial.

Para uma atmosfera instável ocorre a prevalência do movimento de ascensão, a exemplo de uma parcela de ar quente e menos densa (menos pesada) do que o ar ambiente, assim, ela tende a ascender e alcançar a mesma temperatura do ambiente. Esse processo favorece a maior convecção do ar, provocando a condensação de umidade e a formação das nuvens.

Para a determinação da estabilidade do ar, pode-se medir a temperatura do ambiente e da parcela em vários níveis da atmosfera. No entanto, há alguns tipos de classificações de estabilidade que se baseiam em disponibilidade de parâmetros e variáveis meteorológicas, ou ainda que avaliam os processos que ocorrem na baixa troposfera, em especial na Camada Limite Atmosférica (CLA). Dentre elas, uma das mais utilizadas é a de Pasquill (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2010).

Esta tese se apoia no modelo construído por Pasquill & Gifford (1961) e revisado por Turner (1970), portanto conhecido como “PGT” (iniciais dos autores) para a classificação da estabilidade atmosférica, que é muito usada para pesquisas sobre a dispersão de plumas de poluentes atmosféricos, mas que tem sido empregada também para estudos de ICU (KRUGER & EMMANUEL, 2013; MASIERO & SOUZA, 2014; KRÜGER & ROSSI, 2015; ROCHA *et al.* 2020).

O modelo PGT estabelece sete classes de estabilidade atmosférica com base na combinação de parâmetros meteorológicos segmentados em dois turnos: diurno e o noturno ([quadro 10](#)). Para o primeiro se considera a velocidade do vento e a irradiância solar, já para o segundo, leva-se em conta novamente a velocidade do vento, mas acrescida da nebulosidade ([tabela 6](#)).

QUADRO 10 – CLASSES DE ESTABILIDADE DO MODELO PGT

| Classe | Significado |
|--------|---|
| A | Altamente instável |
| B | Moderadamente instável |
| C | Pouco instável |
| D | Estabilidade neutra |
| E | Moderadamente estável |
| F | Extremamente estável |
| G | Condições noturnas extremamente estáveis com baixa velocidade do ar |

FONTE: Adaptado de Mohan e Siddiqui (1998).

Ressalta-se que os turnos diurnos e noturnos são determinados pelos horários do nascer e pôr do sol. Para desprezar os períodos de transição entre dia e noite, desconsiderou-se duas horas após o amanhecer e duas horas antes do crepúsculo. Para isso, calculou-se conforme o dia do ano, a declinação magnética e a latitude local.

TABELA 6 – PARÂMETROS E LIMIARES DAS CLASSES DE ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA DO MODELO PGT

Fonte: Adaptado de Mohan e Siddiqui (1998).

| Velocidade do vento (m/s) | Período Diurno Irradiância solar (W/m ²) | | | | Período Noturno Nebulosidade | | |
|---------------------------|---|----------------------|-------------|---------|---------------------------------|-------|---|
| | Alta (>600) | Moderada (300 - 600) | Leve (<300) | Nublado | 0 - 3 | 4 - 7 | 8 |
| | <2 | A | A-B | B | C | G-F | F |
| 2,0 - 3,0 | A-B | B | C | C | F | E | D |
| 3,0 - 5,0 | B | B-C | C | C | E | D | D |
| 5,0 - 6,0 | C | C-D | D | D | D | D | D |
| > 6,0 | C | D | D | D | D | D | D |

Decodificou-se os dados de nebulosidade e de vento da estação do Aeroporto (PI08), uma vez que o formato desses eram do tipo METAR¹³; Para tanto, converteu-se a velocidade do vento de “nós” para m/s e os códigos de cobertura do céu foram adaptados ([tabela 7](#)) de modo a corresponder com as frações de nebulosidade apresentadas na [tabela 6](#).

¹³ A sigla em inglês se refere à “METeological Aerodrome Report”, em português significa “Informe meteorológico regular de aeródromo”.

TABELA 7 – CÓDIGO METAR PARA NEBULOSIDADE E ADAPTAÇÃO PARA O MODELO PGT

| Código METAR (Significado) | Cobertura do céu - em oitavos | Adaptação para classe de nebulosidade (modelo PGT) |
|--|-------------------------------|--|
| SKC, CLR, NSC (<i>Sky clear, clear, no significant cloud</i>) | 0 | 0 |
| FEW | 1 a 2 | 2 |
| SCT (<i>Scattered</i>) | 3 a 4 | 4 |
| BKN (<i>Broken</i>) | 5 a 7 | 6 |
| OVC (<i>Overcast</i>) | 8 | 8 |

FONTE: Elaborado pela autora (2020)

Utilizou-se os dados de radiação do PC02 (INMET), para compor a análise diurna, no entanto, necessitou-se converter a unidade dos mesmos, registrados em kJ/m^2 e alterados para W/m^2 .

Com o propósito de analisar a relação entre os parâmetros empregados pelo modelo PGT e o desenvolvimento da ilha de calor urbana na área de estudo, realizou-se a correção de *Pearson*. Além disso, realizou-se cálculos de frequência de cada classe de estabilidade atmosférica, definida pelo PGT para cada classe de magnitude de ICU (fraca, média, forte e muito forte).

7.3 MODELAGEM ESPACIAL

Para compreender a configuração da ICU do espaço recorreu-se à modelagem espacial. Para Amorim (2019), a espacialização é um problema rotineiro nos estudos de climatologia, na medida em que é resultado da criação de um campo contínuo gerado pela interpolação espacial a partir de registros pontuais. Ainda segundo a autora, há dois métodos de interpolação: os métodos geoestatísticos e os multicritérios.

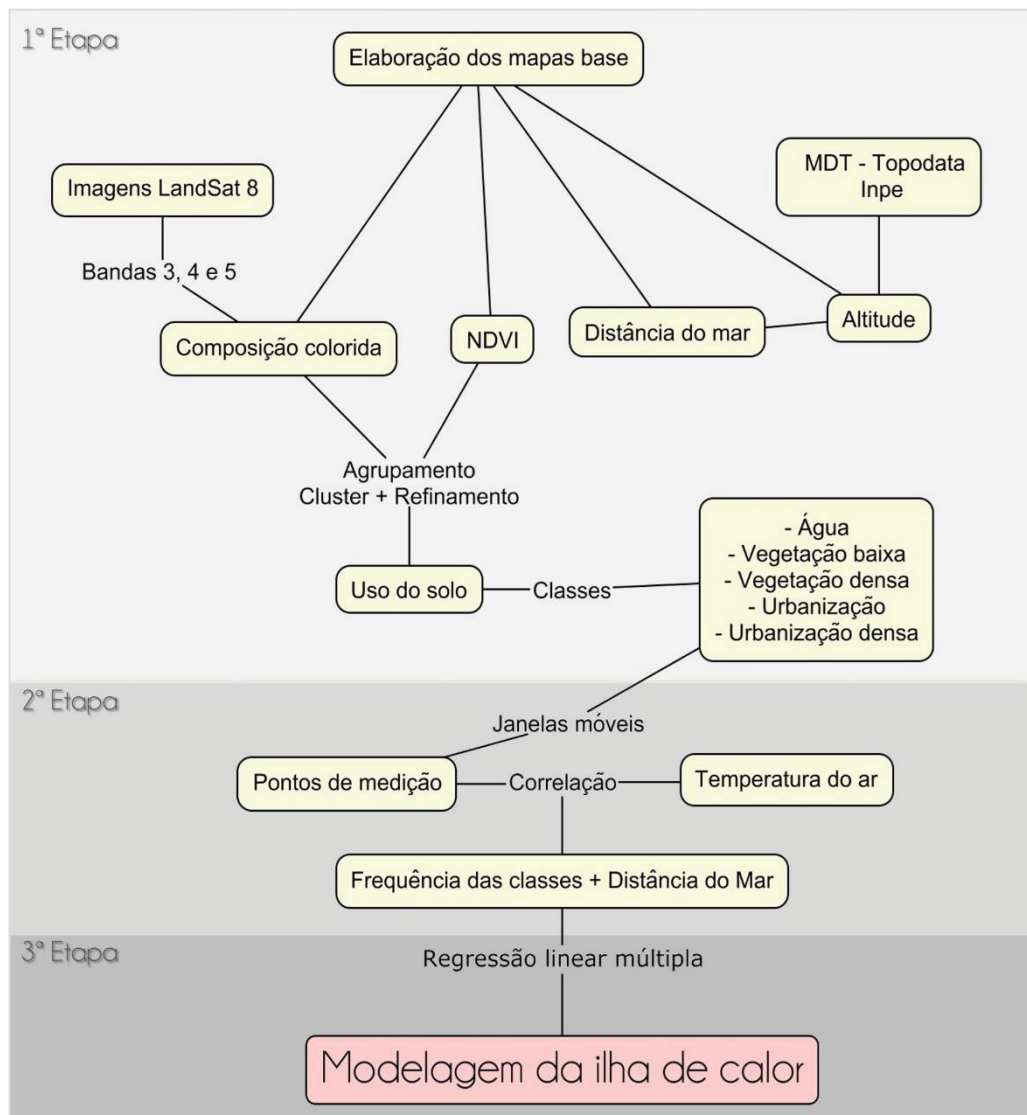
A correlação espacial, expressa pela semelhança de um ponto com seu entorno próximo (usualmente através da krigagem), é utilizada no método geoestatístico de interpolação e têm recebido muitas críticas por conta do nível de abstração da realidade (FOISSARD, 2015; AMORIM, 2019). Ao passo que os métodos multicritérios ou os de multirregressão se espacializam os elementos climáticos levando em consideração os fatores que interferem na sua distribuição espacial, tais como uso e cobertura da terra, relevo, entre outros.

Para o caso das ilhas de calor, Amorim (2019) aponta que a modelagem espacial a partir de métodos multicritérios ou métodos de multirregressão

permite a análise da distribuição da temperatura no intraurbano e rural próximo para além do que foi registrado nos pontos, na medida em que estima a intensidade da temperatura nos pixels com as mesmas características de onde elas foram registradas considerando-se o uso da terra, a vegetação e o relevo (p.27).

Desta forma, este trabalho utiliza-se do método multirregressão para a modelagem espacial da ICU, fundamentado e adaptado de Foissard (2015), Amorim, Dubreuil e Cardoso (2015), Gomes (2017) e Amorim (2019), perseguindo as seguintes etapas demonstradas na figura abaixo.

FIGURA 45 – ETAPAS DA MODELAGEM ESPACIAL ATRAVÉS DO MÉTODO DE MULTIREGRESSÃO



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

Os procedimentos e técnicas exibidos na [figura 45](#) para cada etapa serão detalhados nos itens a seguir. Destaca-se que toda a modelagem foi realizada através do *software Idrisi Selva* e a finalização cartográfica no *ArcMap 10.3*.

7.3.1 1ª Etapa: elaboração dos mapas de base

Os mapas de base foram confeccionados a partir de duas fontes principais: imagens de satélite do sensor *LandSat 8* obtidas no site da USGS e o Modelo Digital do Terreno (MDT) do Topodata-INPE, ambos com resolução espacial de 30 metros, sendo que para este método, o mapa de uso do solo é o principal.

A composição colorida, o NDVI e o uso do solo gerada a partir dos dois primeiros vieram do processamento das imagens de satélite. Já o mapa de altitude e distância do mar foi derivado do MDT.

A junção das bandas 3, 5 e 4 do *LandSat 8* ([tabela 8](#)) formam a composição colorida ([figura 46A](#)), que por sua vez auxiliou na diferenciação da área urbana para a rural.

TABELA 8 – INTERVALO ESPECTRAL E APLICAÇÕES DAS BANDAS 3, 5 E 4 DO SATÉLITE LANDSAT 8

| Banda | Intervalo espectral | Aplicações |
|--|---------------------------|---|
| 3 - <i>Green</i> (Verde) | 0.53 – 0.59 μm | Evidencia a vegetação para a avaliação do vigor das plantas |
| 5 - <i>Near infrared</i> (Infravermelho próximo) | 0.85 – 0.88 μm | Evidencia o teor de biomassa e linhas costeiras |
| 4 - <i>Red</i> (Vermelho) | 0.64 – 0.67 μm | Discrimina a vegetação em função do conteúdo em clorofila |

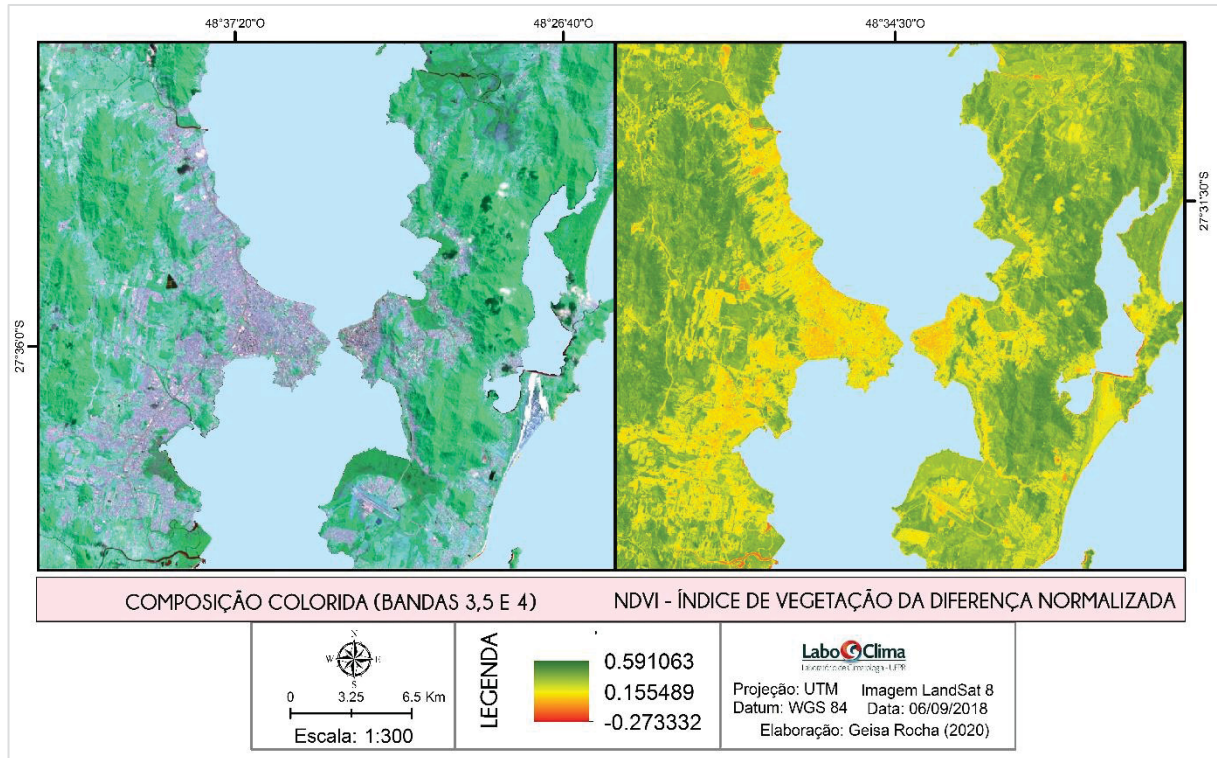
FONTE: USGS. Disponível em: <https://www.usgs.gov/faqs/what-are-best-landsat-spectral-bands-use-my-research?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products>. Acesso em fev.2021

O NDVI ([figura 46B](#)), formado pela combinação das bandas 5 e 4 amparou tanto a identificação da densidade da vegetação, bem como sua distribuição. A escala gerada pelo processamento do NDVI varia entre -1 e +1, indicando que quanto mais negativo, menor a densidade vegetal, e ao contrário, positivo, mais densa é a vegetação.

Para obter o uso do solo, fez-se a classificação automática por meio do *cluster* ([figura 47A](#)), que consiste em uma técnica não supervisionada que adiciona as frequências de pico do histograma das imagens com as bandas espectrais da região

visível e do NDVI. O resultado deste processo passou pelo refinamento das classes, conforme o conhecimento técnico da área de estudo.

FIGURA 46 – COMPOSIÇÃO COLORIDA (A) E NDVI (B) DA ACF ELABORADA A PARTIR DA IMAGEM LANDSAT 8 06/09/2018



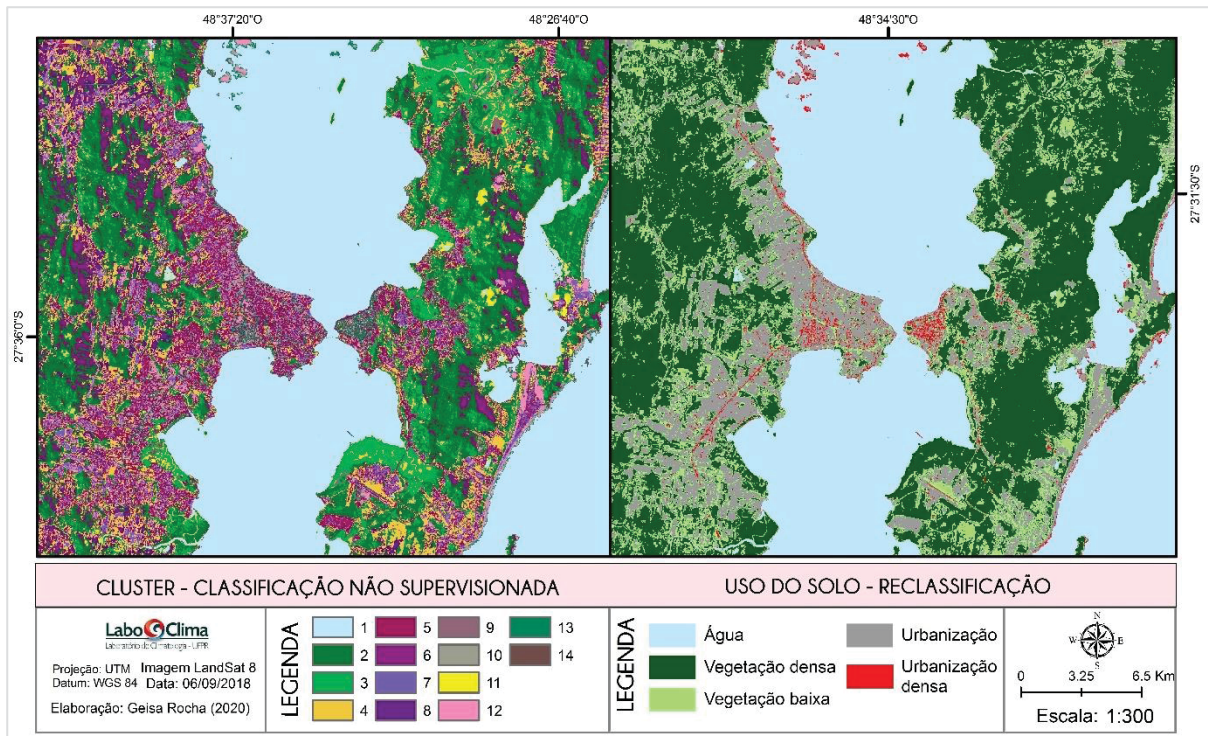
FONTE: Elaborado pela autora (2020)

Deste modo, a classificação final foi reduzida para cinco classes a partir da reclassificação da imagem ([figura 47B](#)). Considerou-se a predominância das classes em cada pixel: água, vegetação baixa, vegetação densa, urbanização e urbanização densa.

Com base no NDVI, na classe da vegetação baixa incluiu-se as superfícies gramadas, de cultivo ou pastagens e os terrenos urbanos sem construções. Já para a densa, englobou-se as áreas arborizadas em parques urbanos, áreas de preservação nas margens e estuário de rios, como também em fundos de vale.

A classe urbanização densa diz respeito às áreas de ambiente construído, impermeabilizado e pavimentado de alta densidade de construção na qual predominam-se edifícios elevados, enquanto que a classe urbanização envolve as áreas de baixa e média densidade.

FIGURA 47 – USO DO SOLO: CLUSTER(A) E RECLASSIFICAÇÃO(B) DA ACF ELABORADA A PARTIR DA IMAGEM LANDSAT-8 06/09/2018



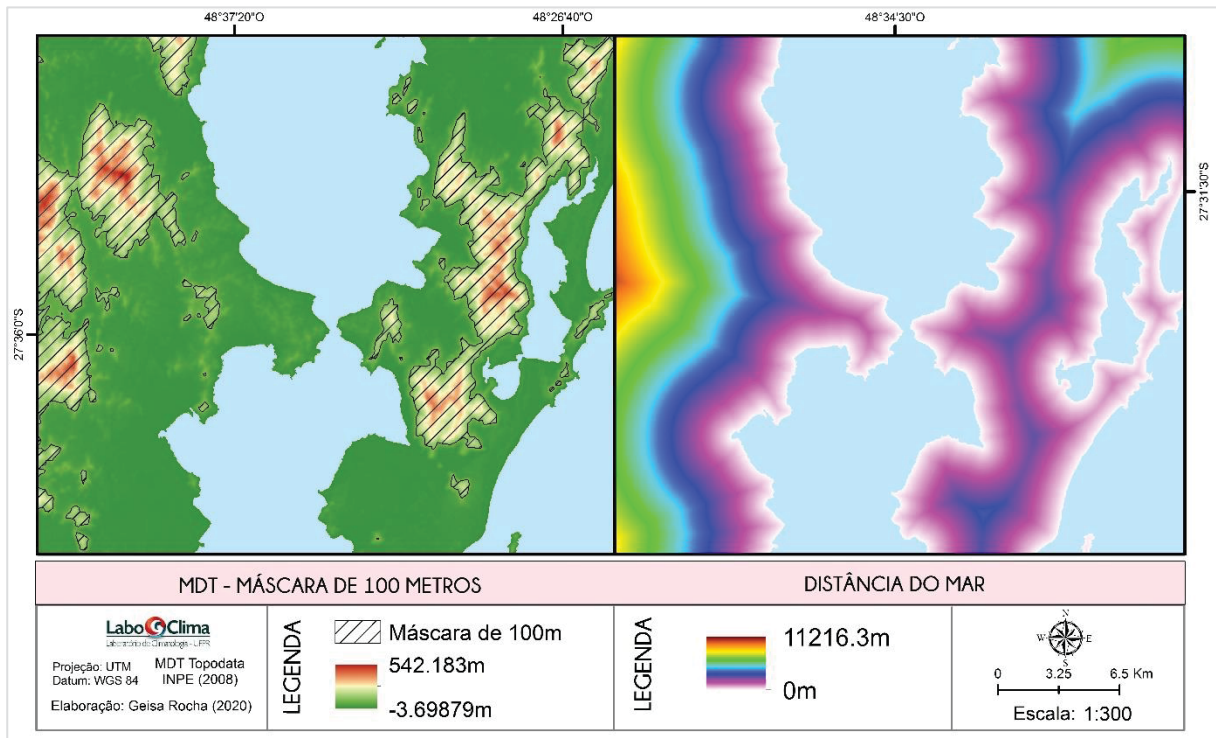
FONTE: Elaborado pela autora (2020)

O Modelo Digital de Terreno serviu para duas finalidades: a elaboração de uma máscara de altitude ([figura 48A](#)) e o estabelecimento das distâncias até o mar ([figura 48B](#)).

Como grande parte dos pontos de medida estão situados em baixas altitudes, optou-se por gerar uma máscara para cobrir as áreas com mais de 100 metros. Com isso, buscou-se preservar a coerência do modelo, excluindo, portanto, as superfícies mais elevadas.

Gomes (2017) mostrou que para uma cidade costeira é primordial que se considere o afastamento do oceano na modelagem espacial da ICU, já que este fator pode interferir na temperatura do ar. Assim sendo, incorporou-se esta variável nesta pesquisa.

FIGURA 48 – MDT: MÁSCARA DE 100 METROS (A) E DISTÂNCIA DO MAR (B)



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

7.3.2 2ª Etapa: correlação entre a temperatura do ar e o uso do solo

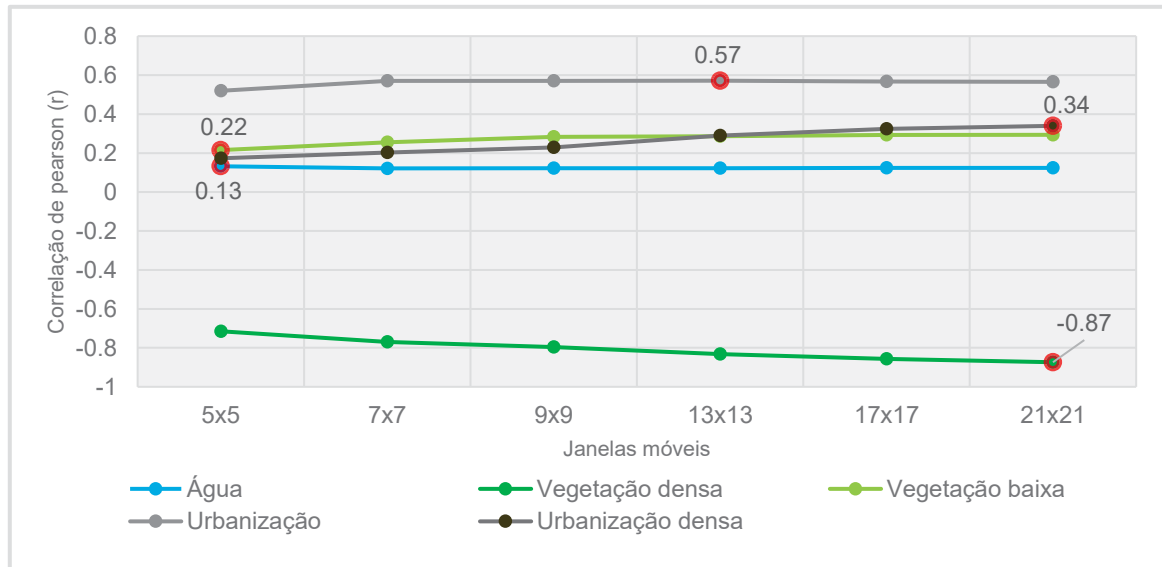
Com o uso do solo já reclassificado e refinado, parte-se para o procedimento da utilização de janelas móveis para melhor analisar as correlações estatísticas das classes com a temperatura medida, ou com a magnitude da ICU e calcula-se a frequência da classe para cada janela.

Testou-se janelas de tamanho variável, a saber: 5×5 pixels (150 x 150 metros), 7×7 pixels (210 x 210 metros), 9×9 pixels (270 x 270 metros), 13×13 pixels (390 x 390 metros), 17×17 pixels (510 x 510 metros) e 21×21 pixels (630 x 630 metros). A utilização desta técnica se justifica no desconhecimento inicial do tamanho da área de influência do uso do solo sobre as medidas.

A partir da frequência das classes filtradas nas diferentes janelas, extraiu-se a quantidade de pixels de cada classe presentes no entorno de todos os pontos de medida. Em seguida, fez-se a correlação desta quantidade obtida com a magnitude da ICU medida em determinado dia ou hora, dando-se preferência para períodos próximos ao dia de captação da imagem utilizada para a classificação do uso do solo.

Escolheu-se as janelas móveis com as melhores correlações para integrarem o cálculo da regressão múltipla. A [figura 49](#) exemplifica este procedimento.

FIGURA 49 – EXEMPLO GRÁFICO DAS JANELAS MÓVEIS E A CORRELAÇÃO PARA CADA CLASSE DO USO DO SOLO



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

No exemplo ilustrado, para a classe “água”, a melhor correlação obtida a partir da frequência dessa classe com a ICU foi para a janela 5x5 *pixels*; para a vegetação densa, a janela de 21x21 *pixels* teve o melhor resultado; para a vegetação baixa, a janela 5x5 *pixels* teve destaque; para a classe da urbanização, a janela 13x13 *pixels* se mostrou mais propícia; e para urbanização densa, a janela 21x21 *pixels* apresentou a melhor correlação.

7.3.3 3ª Etapa: Regressão linear múltipla e a modelagem da ICU

A última etapa realizada para compor o método multicritério e gerar a modelagem espacial foi a regressão linear múltipla feita entre magnitude ICU nos pontos de medição e os parâmetros geográficos da superfície, neste caso o uso do solo e a distância até o mar. A regressão pode ser descrita pela [equação 2](#):

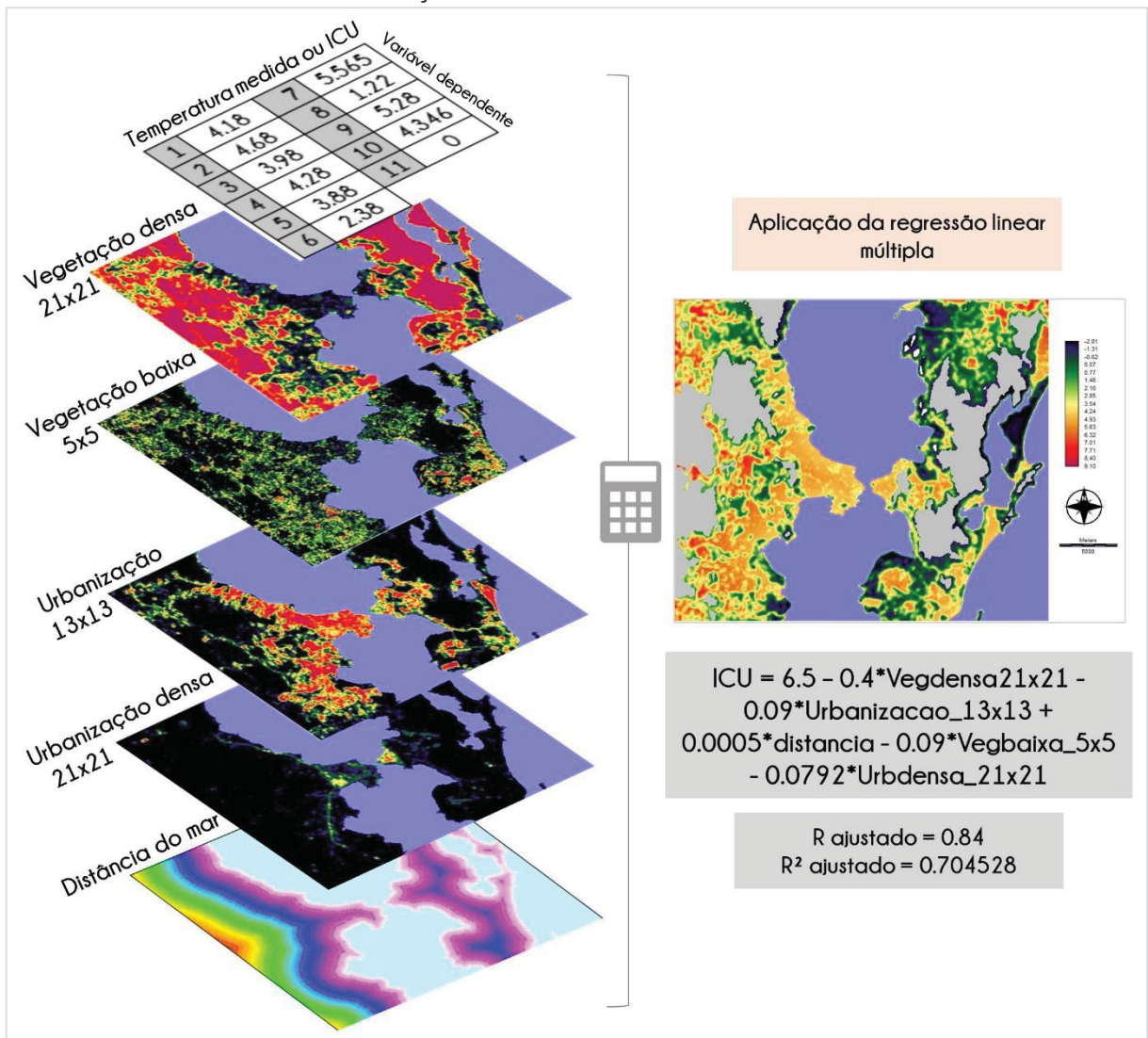
$$Y' = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n + \varepsilon$$

Na qual “Y'” é definida pela temperatura estimada da ICU no modelo, “ β_n ” os parâmetros do modelo a serem determinados, “ x_n ” os parâmetros geográficos adotados e “ ε ” representa os resíduos da equação.

Assim sendo, a partir da regressão, encontrou-se os coeficientes de cada parâmetro geográfico e suas relações, que em seguida permitiu a aplicação na

“calculadora raster” do *Idrisi* para gerar o modelo em imagem. Portanto, o modelo espacial retornou as melhores variáveis espaciais para cada aspecto do uso do solo, de modo a estimar os resultados para as áreas em que não houve a medição. A figura abaixo ilustra um resumo desta última etapa.

FIGURA 50 – MODELIZAÇÃO DA ICU POR REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

A [figura 50](#) demonstra um exemplo em que se utilizou todas classes de uso do solo, com exceção da água, e mais o afastamento do mar para compor o cálculo de regressão, que por sua vez, apontou os coeficientes de cada variável. Destaca-se que a temperatura dos pontos de medida fixos foi inserida como variável dependente.

CONSIDERAÇÕES DA PARTE III

Na terceira parte desta tese se apresentou os procedimentos teórico-metodológico que foram empregados para o desenvolvimento da pesquisa segundo seus objetivos. Baseou-se no Sistema Clima Urbano elaborado por Monteiro (1976) para orientar as análises da ilha de calor urbana.

Adaptou-se o roteiro metodológico de Mendonça (1993) para organizar as etapas de trabalho, que nesse ponto se encontra na terceira parte, já tendo passado pelas bases da pesquisa e pelo reconhecimento espacial. Um dos segmentos da etapa de “exploração e descobertas” foi a coleta e o processamento dos dados coletados. Sobre isso, destacam-se as características do processo de medição meteorológica a seguir.

- A rede de medição meteorológica integrou estações completas e sensores de temperatura, somando inicialmente dezessete pontos. No entanto, devido aos problemas encontrados no decorrer da pesquisa, dois sensores foram excluídos, restando dez pontos de medida na porção insular e cinco na parte continental;
- A alocação das estações e sensores levou em consideração os aspectos geoambientais e urbanos da área de estudo, buscando abarcar espaços com diferentes configurações;
- Os pontos de medição PI01 (Bombeiros), PI02 (Exército Centro) e PI06 (PM Centro) foram o que se encontraram mais próximos ou em meio à urbanização densa. Também foram os que apresentaram os menores valores do fator de visão do céu, indicando a presença de prédios altos no entorno;
- Do outro lado, o ponto PI10 (Epagri Carijós) está localizado em uma área majoritariamente vegetada;
- O mapeamento do uso urbano no entorno dos pontos de medida chamou atenção para as questões da dinâmica urbana, na qual se destacaram os pontos PI01, PI02 e PI06 pela diversificação dos usos e a maior porcentagem para comércio, o que indica a centralidade urbana desses pontos e seus arredores;

No que diz respeito aos procedimentos de análise dos dados essa foi dividida em duas partes, a dinâmica temporal e a espacial, acerca do assunto, destacam-se:

- O cálculo da ilha de calor urbana considerou a diferença entre a temperatura mínima do ponto de referência urbana para o ponto de referência não urbano ou rural;

- A estação do INMET (PC02) foi considerada como estação de referência sinótica por fazer parte da rede nacional de monitoramento e usada para os cálculos das Normais Climatológicas;
- Fez-se a classificação dos sistemas atmosféricos a partir da técnica da análise rítmica. Utilizou-se os dados meteorológicos da PC02 nos gráficos de variabilidade, exceto para a direção e velocidade do vento em que se usou a PI08 (Aeroporto);
- Para determinar a estabilidade atmosférica dos dias analisados, empregou-se o modelo PGT, que considera as variáveis do vento, radiação e nebulosidade em dois turnos separados (diurno e noturno);
- A análise da dinâmica espacial da ICU foi realizada através da modelagem climática a partir da técnica de regressão múltipla, baseando-se em Foissard (2015);
- A modelagem da ICU considerou as diferenças térmicas (dados pontuais) como uma variável dependente, ao passo que as diferentes classes de uso do solo (dados contínuos) foram consideradas como variáveis explicativas. Assim sendo, realizou-se uma estimativa da ICU por todo o universo de análise a partir da regressão linear múltipla.

PARTE IV – CARACTERÍSTICAS DA ICU NA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS

A quarta e última parte da tese é formada por três capítulos, que juntos apresentam os resultados e características da ICU na área conurbada de Florianópolis.

O primeiro capítulo dessa parte ([capítulo VIII](#)) traz a dinâmica da ICU, porém antes de tudo, apresenta-se a definição dos pontos de medição meteorológica que se tornaram referência urbana e rural para a caracterização da ICU. Em seguida, traz-se as médias climatológicas estabelecidas pelas Normais como suporte à variabilidade climática observada no período-recorte. Com o resumo dos aspectos climáticos apresentado, parte-se para a análise da dinâmica da ICU em escala sazonal, anual, mensal e por fim, horária.

No segundo capítulo ([capítulo IX](#)) abordam-se os aspectos atmosféricos que influenciam a formação e intensificação da ilha de calor urbana, a partir da análise da relação entre a ICU e os ventos, da estabilidade atmosférica e também dos tipos de tempo através dos sistemas atmosféricos, determinados pela técnica da análise rítmica.

Por fim, no terceiro capítulo dessa última parte ([capítulo X](#)) trata-se da espacialização da ICU na área conurbada a partir da modelagem por regressão múltipla e apresenta-se a dimensão espacial da ICU conforme dias representativos em situações atmosféricas distintas para possibilitar a análise das diferentes configurações e desenvolvimento do fenômeno.

CAPÍTULO VIII – VARIABILIDADE CLIMÁTICA E A DINÂMICA DA ICU

Este capítulo dedica-se a exibir as características estáticas da ICU na área de estudo, apresentando inicialmente a análise de dados que levou à escolha das estações de referência urbana e não-urbana. Posteriormente, trata-se da variabilidade climática durante o período de monitoramento, em sequência, caracteriza-se a ICU anualmente, mensalmente e sazonalmente e, ao final, mostra-se como esta anomalia térmica se desenvolve ao longo de 24 horas.

8.1 OS PONTOS DE MEDIDA DE REFERÊNCIA URBANA E NÃO-URBANA

A fim de conhecer a magnitude da ICU, fez-se necessário o reconhecimento de pontos de medição para servirem como referência para o cálculo da anomalia de temperatura, um ponto para representar a área urbana e outro para a área não-urbana ou rural.

Pondera-se que fazer a distinção do “urbano” e “rural” não é uma tarefa fácil, especialmente se considerarmos a realidade das cidades brasileiras, em sua grande parte marcadas por um crescimento desordenado que produziu múltiplas formas de uso e ocupação do solo. Assim sendo, alguns pesquisadores (brasileiros e estrangeiros) têm se utilizado da técnica do agrupamento das estações para representar os pontos urbanos e rurais, considerando a média da temperatura dos grupos para o cálculo da ICU, uma adaptação da [equação 1](#) mostrada no capítulo anterior ($T_{ICU} = T_{GRUPO-URB} - T_{GRUPO-RUR}$) (LOPES *et al.*, 2013; ALCOFORADO *et al.*, 2014; ANJOS, 2017).

Contudo, esta estratégia de agrupamento para o cálculo da ICU pode não funcionar no caso da ocorrência de falhas dentre as estações, fato que ocorreu na série de dados da presente pesquisa que, desta maneira, realizou-se a seleção de pontos representativos. A escolha desses pontos considerou todas as características de uso e ocupação do solo e outros aspectos abordados no tópico “[6.2 A cobertura e a caracterização dos locais dos pontos de medição meteorológica](#)” e nos quadros descritivos ([Apêndice A](#)), além da atenção às temperaturas registradas, especialmente as mínimas.

No primeiro momento, agrupou-se os pontos de medida conforme uma Classificação Hierárquica Ascendente (CHA) de acordo com o método de Ward por uma métrica do tipo distância Euclidiana (dissimilaridades) no *software* estatístico *Xlstat 2020.3.1*. Inseriu-se os dados de uso do solo no entorno dos pontos (raio de 500 metros) obtidos a partir da classificação de imagem do *LandSat 8*¹⁴, com as respectivas porcentagens de cada classe (água, vegetação densa, vegetação baixa, urbanização e urbanização densa).

O dendrograma resultante da CHA mostra três classes de agrupamento ([figura 52](#)), C1, C2 e C3. A C1 engloba os pontos de medição em áreas urbanas muito

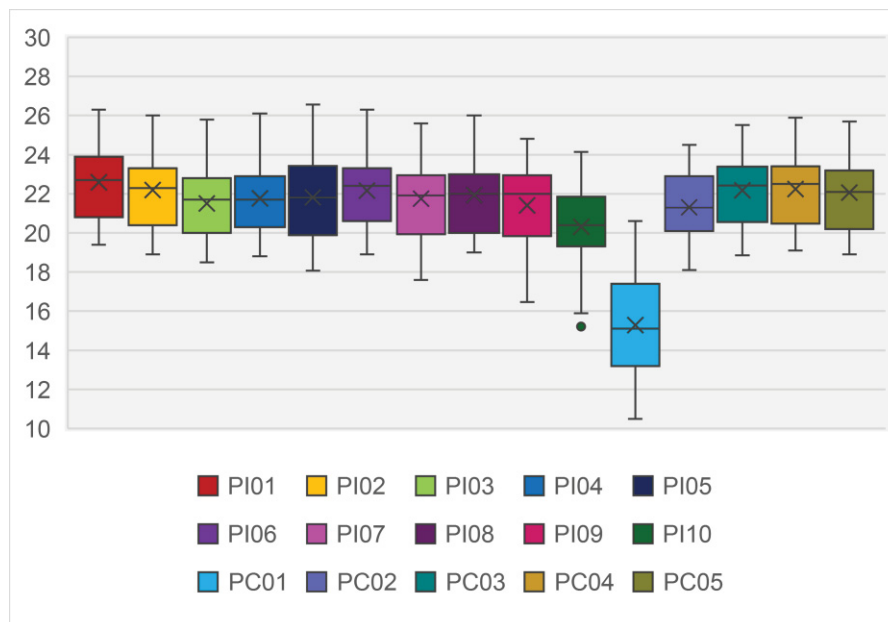
¹⁴ Utilizou-se como base a imagem de satélite do dia 06/09/2018, aplicou-se o método descrito no item “7.2 MODELAGEM ESPACIAL”.

próximas à beira do mar; A C2 integra os pontos em áreas urbanas um pouco mais distantes da costa; e a C3 integra os localizados em áreas periurbanas ou rurais, com a vegetação sendo o componente de maior peso. Desta forma, constatou-se uma maior proximidade entre as classes C1 e C2 do que na C3, orientando o reconhecimento dos pontos de referência urbana e não-urbana.

No segundo momento, para aprimorar a escolha, utilizou-se da CHA novamente, contudo, desta vez, a partir dos dados diários de temperatura mínima. A análise dos dados revelou forte discrepância do PC01-IFSC Continente em relação às demais medidas.

Fez-se a apuração no único mês com 100% da série de dados completa, ou seja, março de 2019 (vide [quadro 7](#)). Neste período a média geral da temperatura mínima foi de 21,4°C e somente três pontos registraram médias menores. Para o PC01o valor foi -6,1°C mais baixo, para o PC02-INMET -0,1°C e para PI10-EPAGRI Carijós -1,1°C. Além disso, o desvio padrão da PC01 foi o maior dentre todos os pontos, 2,7°C, sendo que o desvio médio da série é de 1,9°C. Diante deste quadro, a PC01 foi excluída da análise da dinâmica da ICU. A [figura 51](#) exibe os *box-plot* das temperaturas mínimas para os pontos.

FIGURA 51 – GRÁFICO DE BOX-PLOT DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DE CADA PONTO DE MEDIDA PARA O MÊS DE MARÇO DE 2019



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

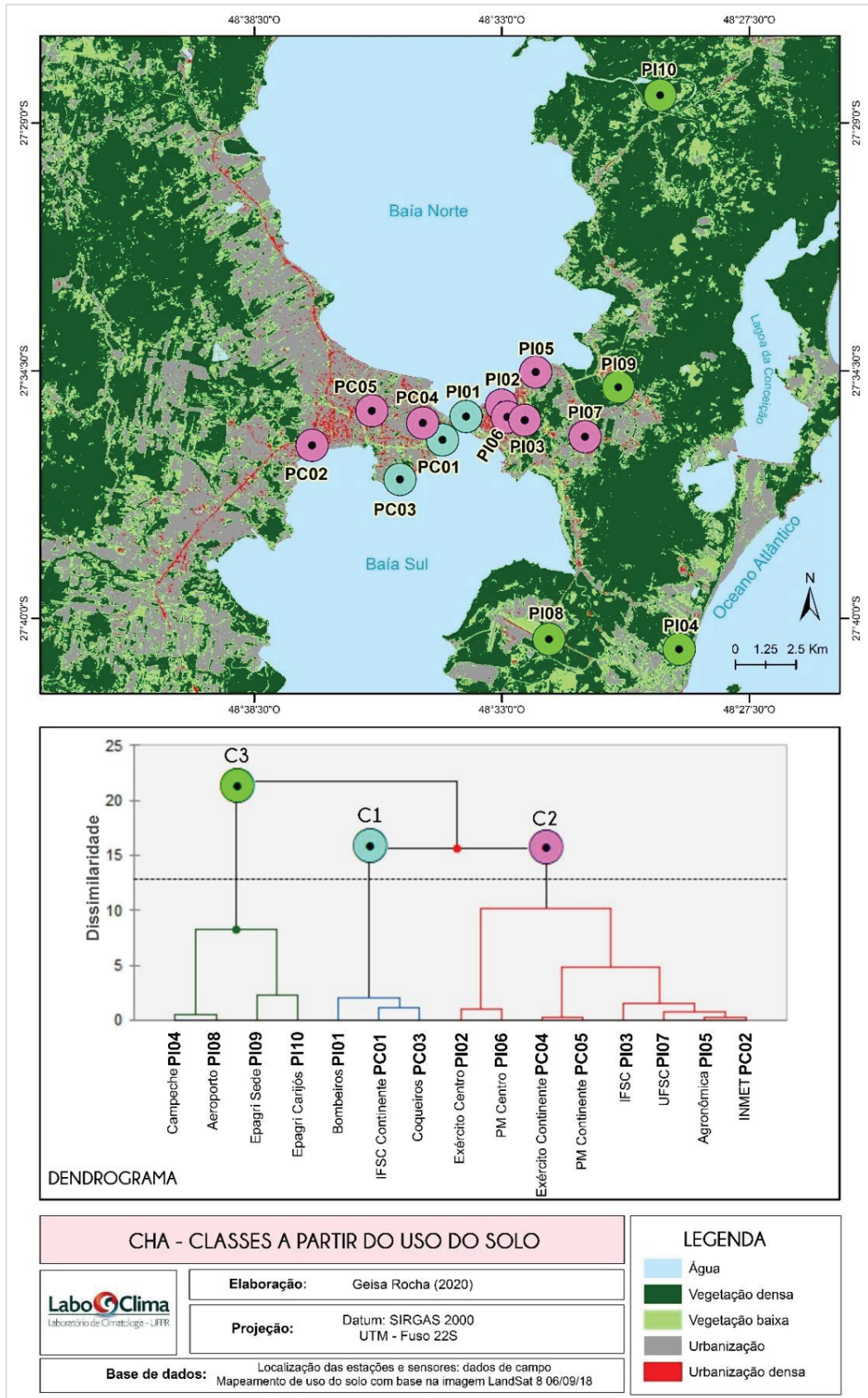
Como a CHA não admite dados incompletos e considerando o caráter particular/representativo do entorno dos pontos de medidas, optou-se pela não realização do preenchimento das falhas. Excluindo a PC01, todas demais estações e sensores na área de estudo têm concomitantemente os meses de março e abril de 2019 sem dados ausentes de temperatura mínima. Desta forma, estes dados integraram a segunda CHA ([figura 53](#)).

Diferentemente da CHA através do uso do solo, a CHA pelas temperaturas mínimas resultou em quatro classes de agrupamento: C1, C2, C3 e C4. A Classe C1 integrou somente a PI10-EPAGRI Carijós (estação rural), enquanto a C2 abrigou o maior número de pontos: foram seis ao total, todos localizados na porção central da área de estudo, tanto no continente quanto na ilha; A C3 somou cinco estações/sensores mais afastados do centro, com exceção do PI03; E a C4 abrangeu PI09 e PC02.

A partir das duas CHA, das características elencadas no [capítulo VI](#), incluindo a cobertura de dados, o PI10-EPAGRI Carijós foi escolhida como ponto de referência rural/não-urbana (PRR). Na CHA com base no uso do solo ([figura 52](#)), o PI10 foi agrupado junto a outros pontos que possuíam características não urbanas, com a vegetação densa sendo o componente de maior peso. Na CHA com base nas temperaturas mínimas, a mesma estação meteorológica se mostrou a mais distante das demais, corroborando com a escolha desta como referência.

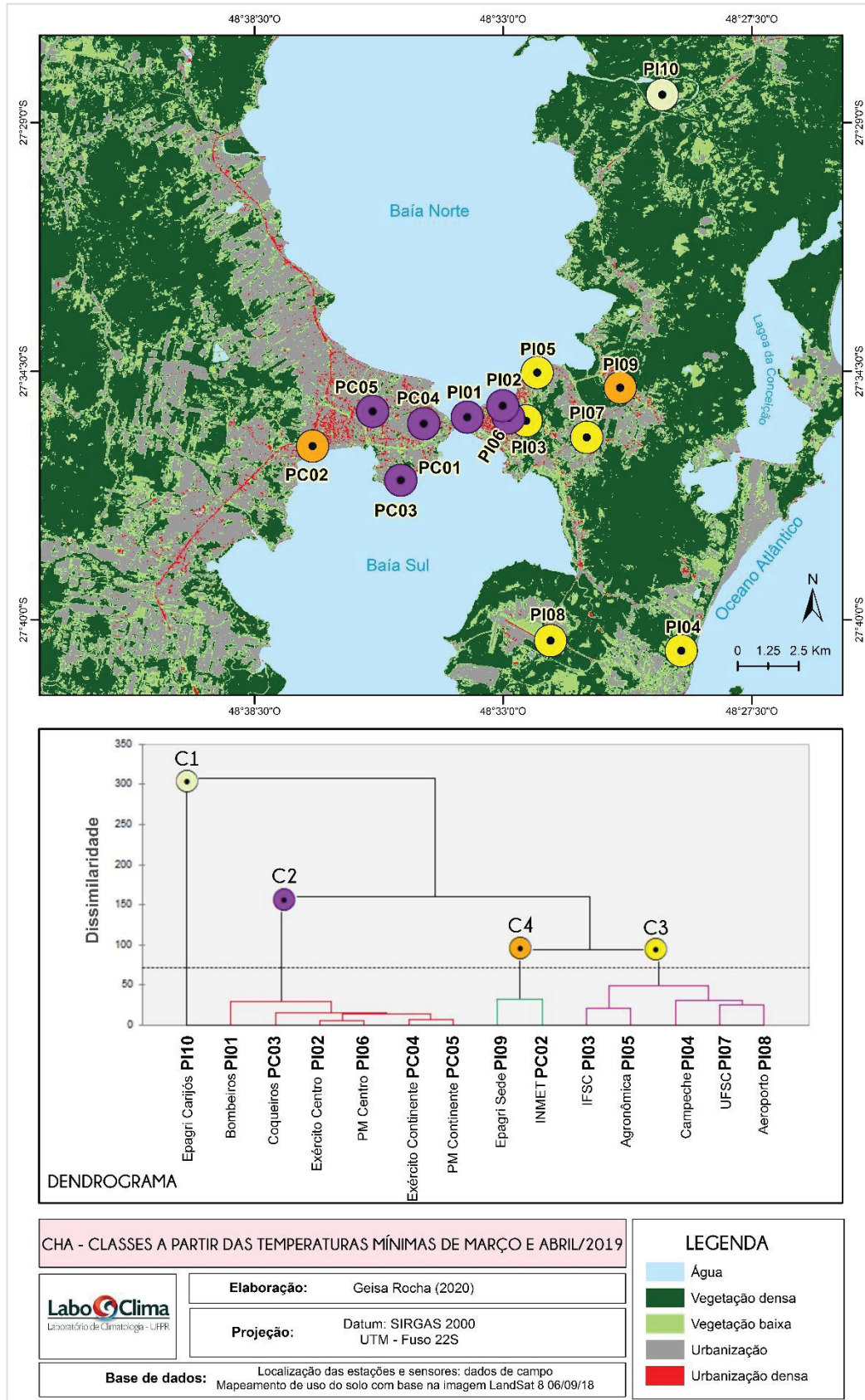
O PI01-Bombeiros foi escolhido como ponto de referência da área urbana (PRU) e é uma das estações da península central insular e sem ocorrência de falhas na série de dados, e diferentemente da PI02 não apresenta sombreamento em nenhum horário específico. As diferenças térmicas com relação ao PI10 da temperatura mínima diária em todos os meses apontaram uma maior anomalia para o ponto de referência não-urbana ([Apêndice B](#)).

FIGURA 52 – CLASSIFICAÇÃO HIERÁRQUICA ASCENDENTE DOS PONTOS DE MEDIDA A PARTIR DO USO DO SOLO



FONTE: Elaborado pela autora (2020).

FIGURA 53 – CLASSIFICAÇÃO HIERÁRQUICA ASCENDENTE DOS PONTOS DE MEDIDA A PARTIR DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DOS MESES DE MARÇO E ABRIL DE 2019



FONTE: Elaborado pela autora (2020).

8.2 VARIABILIDADE CLIMÁTICA NO PERÍODO

Para caracterização dos elementos climáticos utilizaram-se as duas Normais Climatológicas (NC), de 1931 a 1960 e de 1961 a 1990, e a Normal Provisória (NP) de 1981 a 2010, todas estas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para a estação Florianópolis-São José (83897) pertencente ao mesmo órgão.

Destaca-se que a Normal Provisória (1981-2010) foi inserida para fins de descrição junto às outras (1931-1960, 1961-1990), uma vez que parte dos períodos se sobrepõe. No entanto, utilizou-se para comparação com os anos de 2018 e 2019, período de monitoramento, a partir dos dados da PC02 (INMET). Para a temperatura, apresentou-se também as medições obtidas no PRU (PI01) e no PRR (PI10). [A tabela 9](#) especifica a fonte dos dados para cada uma das variáveis a depender da finalidade. Destaca-se que para a caracterização do período se utilizou dos dados da estação do aeroporto (PI08) em função desta estar em uma área aberta sem muitos obstáculos próximos.

TABELA 9 – FONTES DOS DADOS USADOS NAS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS E NA CARACTERIZAÇÃO DO PERÍODO

| Variáveis | Normais Climatológicas | Caracterização do período (AGO-18 – JUL19) |
|---------------------------|------------------------|--|
| Temperatura (°C) | INMET (PC02) | INMET (PC02) |
| ICU (°C) | - | PRU (PI01) – PRR (PI10) |
| Umidade relativa (%) | INMET (PC02) | INMET (PC02) |
| Precipitação (mm) | INMET (PC02) | INMET (PC02) |
| Velocidade do vento (m/s) | INMET (PC02) | Aeroporto (PI08) |
| Direção do vento (°) | INMET (PC02) | Aeroporto (PI08) |

FONTE: elaborado pela autora (2021).

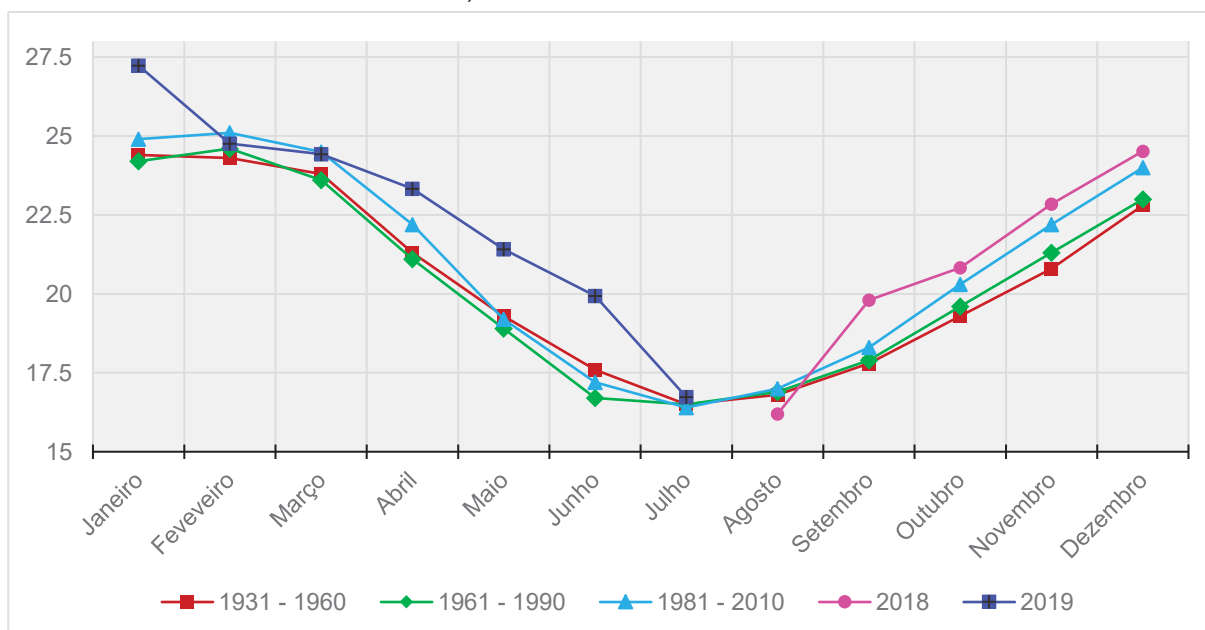
8.2.1 Temperatura

Analisou-se as temperaturas conforme seus valores médios, máximos e mínimos. A [figura 54](#) apresenta a temperatura média mensal para as Normais Climatológicas e Provisória, bem como para os anos de 2018 e 2019, mas apenas para os meses de monitoramento.

Para os anos de 1931-1960 a maior média foi registrada em janeiro, com 24,4°C; para 1961-1990 foi o mês de fevereiro, 24,6°C; para 1981-2010 também foi fevereiro, com 25,1°C. Já para meses do monitoramento, o mês mais quente foi janeiro de 2019, com 27,3°C.

O mês de julho foi o que apresentou a menor média de temperatura para as três normais (16,5°C para as duas primeiras e 16,4° para a provisória) e para 2019 (16,7°C). Contudo, o mês mais frio no período-recorte foi agosto de 2018, cuja média foi de 16,2°C.

FIGURA 54 – GRÁFICO DE TEMPERATURA MÉDIA (°C): NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1931-1960, 1961-1990), NORMAL PROVISÓRIA (1981-2010), PERÍODO-RECORTE (AGO 2018 À JUL 2019) PARA FLORIANÓPOLIS-SC



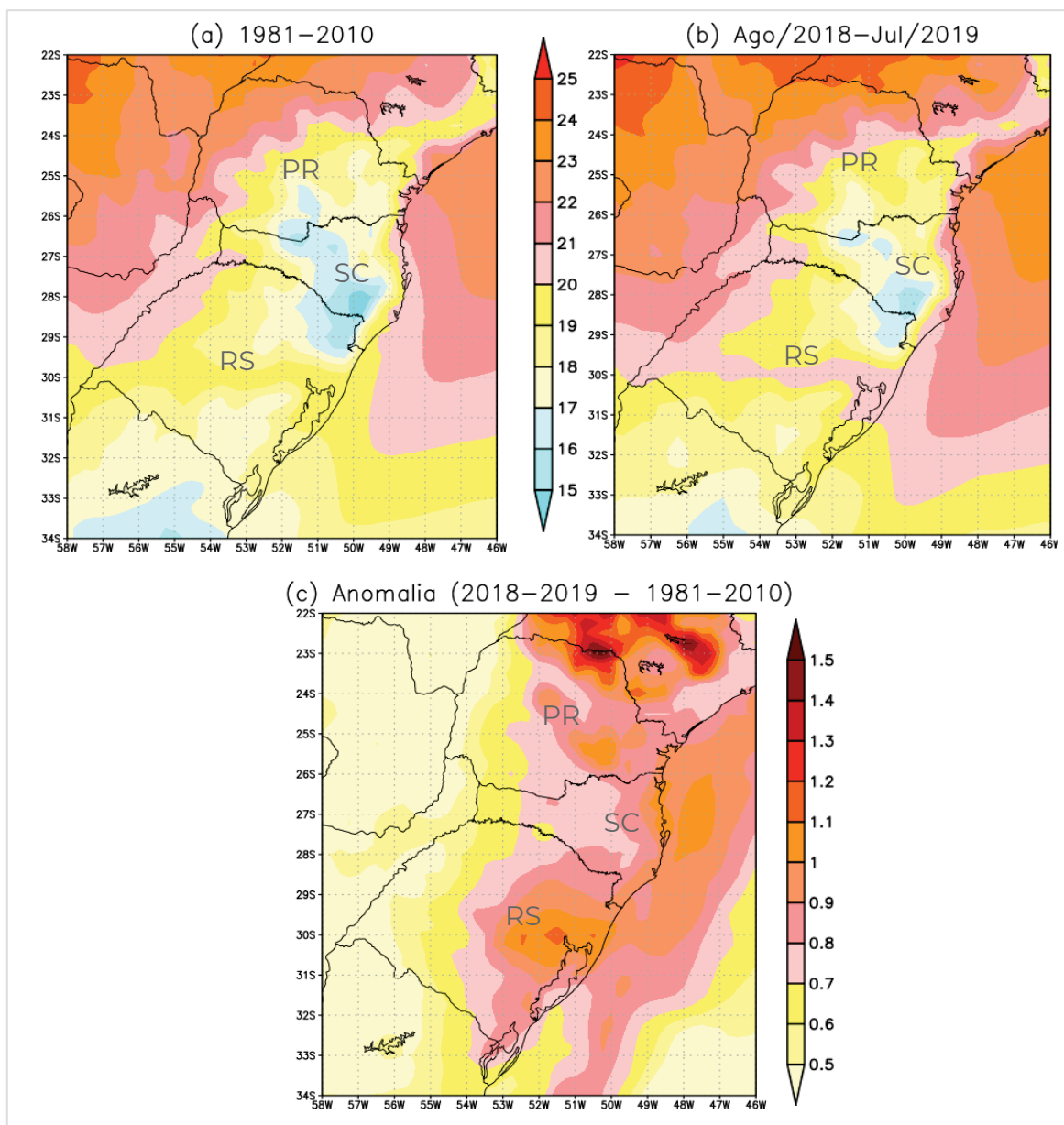
FONTE: INMET (2020). Elaborado pela autora (2020).

A [figura 55](#) ilustra a espacialização da média de temperatura (°C) na região sul do Brasil nos anos correspondentes à Normal provisória (1981-2010), à média para o período-recorte da pesquisa (agosto de 2018 a julho de 2019) e à anomalia deste último em relação ao primeiro. Utilizou-se, para tanto, os dados de reanálise ERA-5¹⁵.

A distribuição espacial da temperatura ([Figura 55A e B](#)) evidenciou o domínio do clima subtropical, com a maior parte da região apresentando variações médias de 17 a 20°C. As áreas mais quentes encontraram-se no noroeste e litoral do Paraná, extremo oeste e litoral de Santa Catarina e oeste do Rio Grande do Sul. Já as áreas mais frias corresponderam àquelas que possuem elevada altitude, como as serras e planaltos encontrados nos três estados.

¹⁵ É um conjunto de dados de reanálise de 1979 até 5 dias em tempo real, produzido pelo Serviço de Mudanças Climáticas Copernicus (C3S) da ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, em português “Centro Europeu de Previsões Meteorológicas de Médio Prazo”) (HERSBACH, 2020).

FIGURA 55 – TEMPERATURA MÉDIA (°C) PARA NORMAL PROVISÓRIA (1981-2010) (A), PARA O PERÍODO-RECORTE (AGO/2018-JUL-2019) (B) E ANOMALIA ENTRE ESTES (°C) (C)



FONTE: Dados da Reanálise ERA-Interim (ECMWF, 2020). Elaborado pela autora (2020).

Pôde-se observar na [figura 55C](#) o aumento generalizado da temperatura na região sul no período-recorte em relação a NP, especialmente a porção oriental, cujo acréscimo foi superior a 0,7°C. Na região litorânea de Santa Catarina, onde se encontra o recorte espacial desta pesquisa, a temperatura para o período-recorte esteve 1°C acima da NP.

Conforme a Nota Técnica publicada pelo INMET, fevereiro foi o único mês de 2018 que ficou com o valor da temperatura média abaixo da Normal Provisória de 1981-2010 para o Brasil, todos demais tiveram anomalias positivas (INMET,2019).

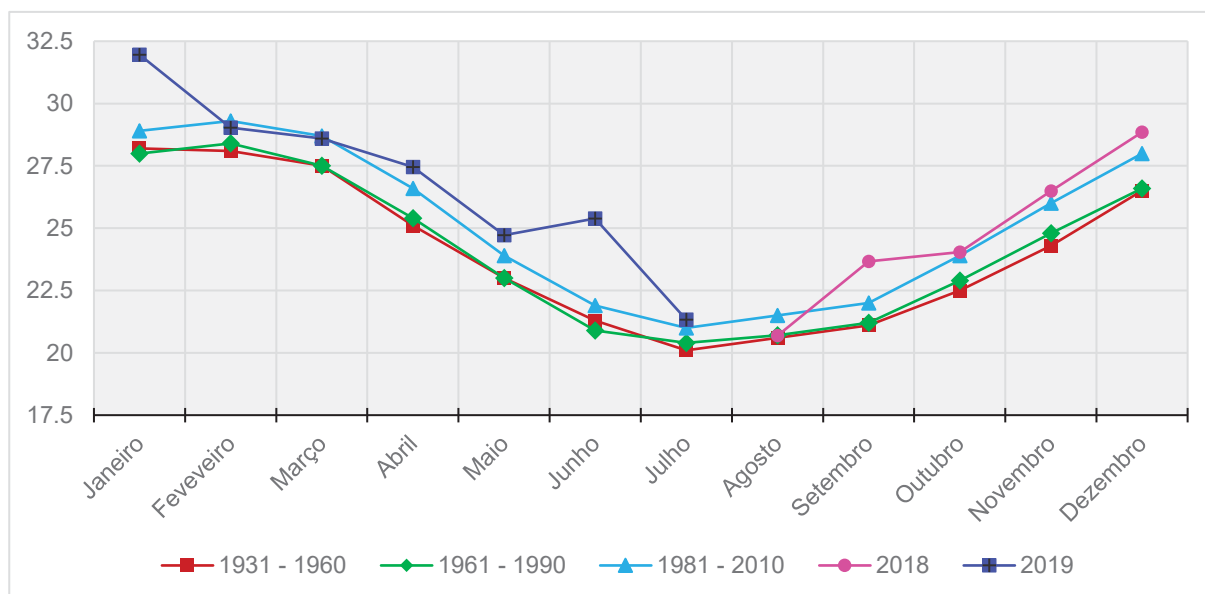
Além disso, o segundo semestre foi mais quente que o primeiro, principalmente o mês de setembro, que conforme ilustrado na [figura 54](#), destoava das Normais apresentadas.

O Boletim “State of Climate in 2018” apontou que desde do início do século XXI as temperaturas da superfície da Terra e do mar estão acima da média de 1981-2010; Em 2018 esta anomalia foi de 0,3 a 0,4°C, tornando o quarto ano mais quente desde meados de 1800, atrás de 2016, 2015 e 2017 (BLUNDEN; ARNDT, 2019).

No ano seguinte, em 2019, a situação não foi muito diferente. Dois conjuntos de dados (*NOAAGlobalTemp* e *NASA-GISS*) classificaram 2019 como o segundo ano mais quente já registrado, apenas 0,04°C atrás de 2016. A anomalia da temperatura de 2019 em relação à média foi de 0,44 a 0,56°C (BLUNDEN; ARNDT, 2020).

A [figura 56](#) mostra as temperaturas máximas para as três normais e o período-recorte. Evidentemente é no período do fim da primavera ao verão em que as maiores temperaturas máximas são registradas, no qual a atuação das massas de ar tropicais se sobressai em relação às polares.

FIGURA 56 – GRÁFICO DE TEMPERATURA MÁXIMA (°C): NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1931-1960, 1961-1990), NORMAL PROVISÓRIA (1981-2010), PERÍODO-RECORTE (AGO 2018 À JUL 2019) PARA FLORIANÓPOLIS-SC

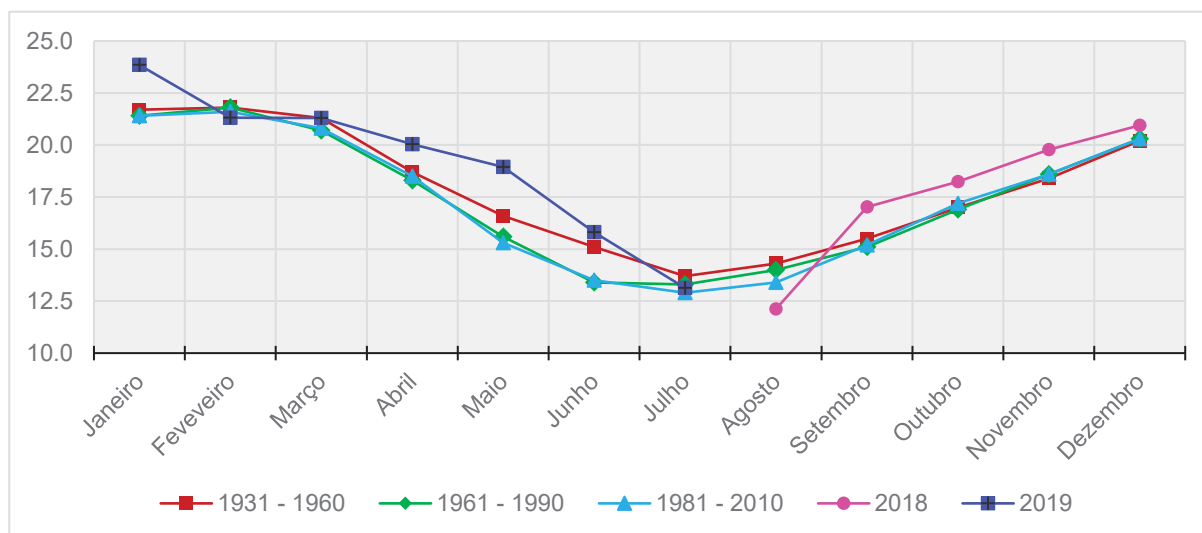


FONTE: INMET (2020). Elaborado pela autora (2020).

Observou-se que o mês de janeiro foi o que apresentou as maiores médias de temperatura máxima. Para o período de 1981 a 2010 a Normal para o mês de janeiro foi de 28,9°C, sendo esta superada em 3°C por 2019.

Já com relação às temperaturas mínimas ([figura 57](#)), é a partir do mês de maio em que há uma diminuição significativa destas em função da atuação das massas de ar polares, especialmente a mPa, que tem sua trajetória, sobretudo no inverno, desviada em direção ao continente.

FIGURA 57 - GRÁFICO DE TEMPERATURA MÍNIMA (°C): NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1931-1960, 1961-1990), NORMAL PROVISÓRIA (1981-2010), PERÍODO-RECORTE (AGO 2018 À JUL 2019) PARA FLORIANÓPOLIS-SC



FONTE: INMET (2020). Elaborado pela autora (2020).

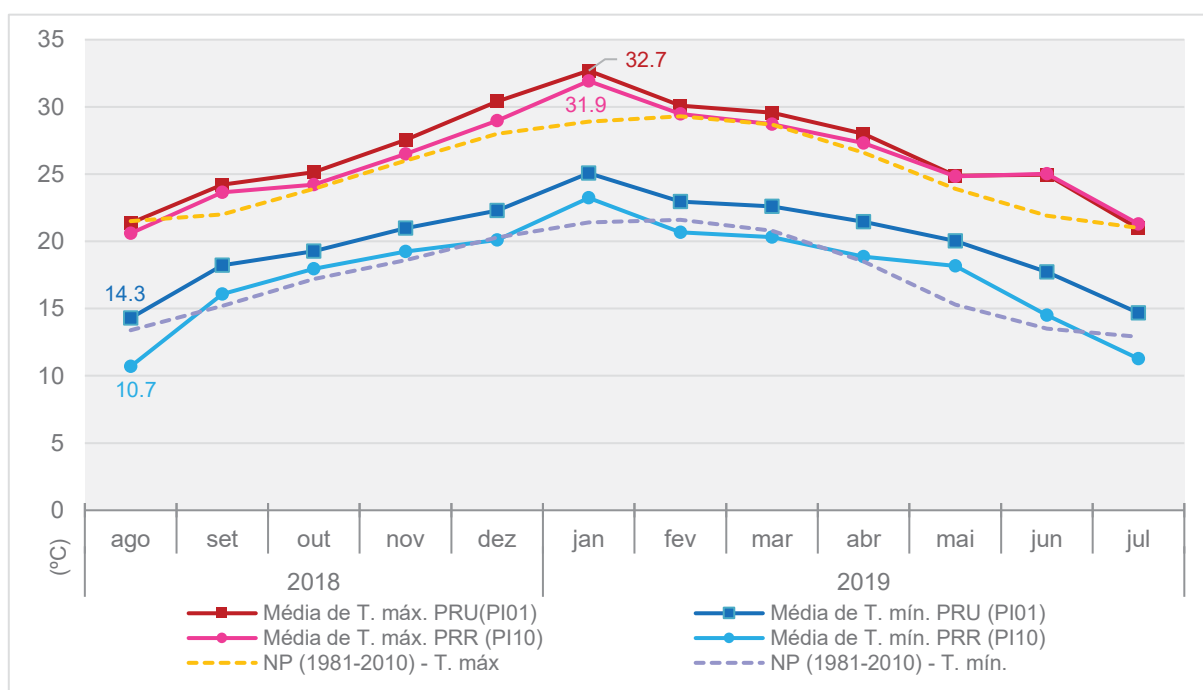
O mês de julho é o que registra as menores temperaturas mínimas. De 1981 a 2010 a média é de 12,9°C e as Normais de 1931-1960 e 1961-1990 indicaram valores um pouco mais alto, 13,7°C para a primeira e 13,3°C para a segunda.

Entretanto, dentro do período-recorte, o mês mais frio foi agosto de 2018, com um desvio de -1,3°C em relação à NP. No mês de julho de 2019, o segundo mais frio, a anomalia foi de 1,1°C.

8.2.1.1 Temperatura nos pontos de referência urbano e rural

Analizou-se as temperaturas máximas e mínimas das estações de referência (PRU e PRR) conforme suas médias mensais, para que assim, evidencie-se os contrastes térmicos que sugerem a presença do fenômeno da ICU.

FIGURA 58 – GRÁFICO DE VARIABILIDADE TÉRMICA DAS MÁXIMAS E MÍNIMAS DAS ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA URBANA E RURAL DURANTE O PERÍODO RECORTE (AGO 2018 À JUL 2019)



FONTE: Elaborado pela autora (2020).

Durante o período de observação ([figura 58](#)), a maior média da temperatura máxima das duas estações foi registrada durante o mês de janeiro de 2019, com 32,7°C para a estação urbana e 31,9°C para a estação não-urbana, ou seja, uma diferença de 0,8°C entre elas. No entanto, a maior variação entre elas ocorreu no mês de dezembro, quando o PRU esteve 1,4°C mais quente que o PRR, sendo que a média dessa diferença foi de 0,6°C.

Ambas estações estiveram acima da média da temperatura máxima da Normal Climatológica Provisória (NP) em quase todos os meses, exceto por agosto, em que a NP superou a PI01 em 0,1°C e a PI10 em 0,9°C. Embora a NP apresente o mês de fevereiro como o mais quente, a diferença entre os registros foi pequena. A maior divergência com as duas estações apareceu em janeiro, uma vez que a estação urbana ficou 3,8°C acima da Normal e a estação não-urbana 3°C.

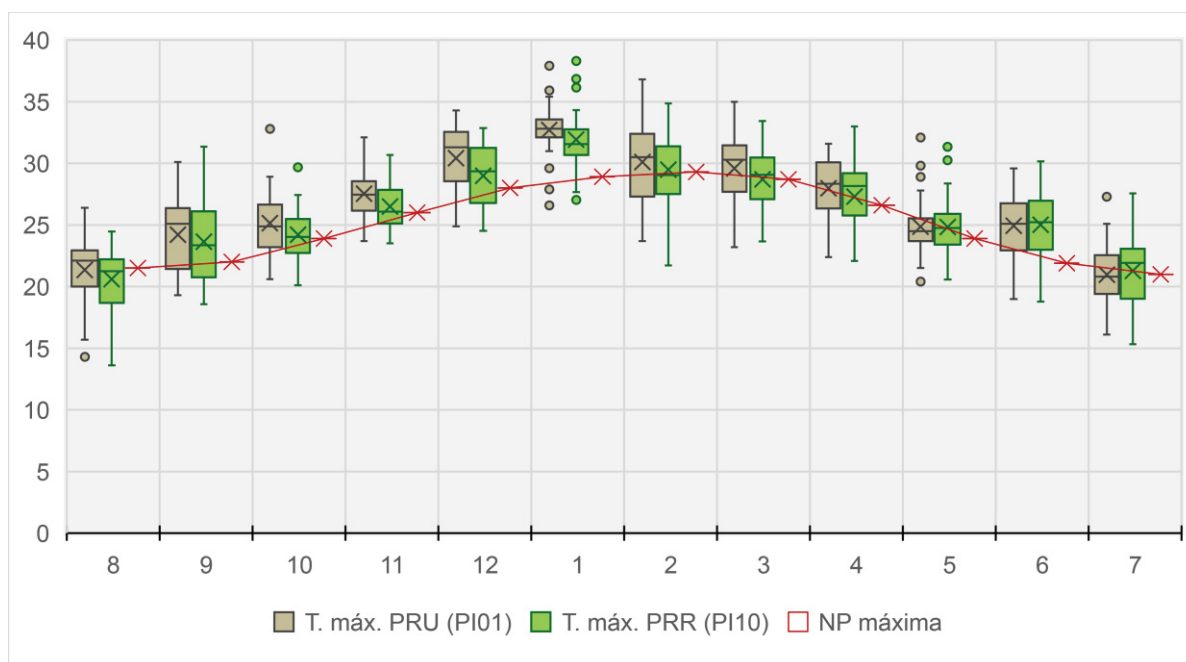
Foi a partir da média das temperaturas mínimas em que se constatou as maiores diferenças entre as estações de referência, indicando a presença do fenômeno da ICU. A menor média da temperatura mínima foi registrada em agosto de 2018, com 14,1°C para a estação urbana e 10,3°C para a estação rural, uma diferença de 3,8°C, enquanto que a média foi de 2,4°C.

Com relação à NP, nota-se que as médias da temperatura mínima do PRR se assemelham com a Normal, ainda que cinco meses tenham apresentado médias menores que a climatológica (agosto, dezembro, fevereiro, março e julho). Contudo, a maior diferença é positiva e ocorreu no mês de maio, com 2,9°C a mais que a NP.

Já a comparação entre o PRU e a NP deixa explícito no gráfico (figura 58) que a primeira apresentou temperaturas mínimas maiores que a segunda durante todo o período. E assim como para o PRR, a maior diferença também foi encontrada em maio, quando a média da urbana esteve 4,7°C mais alta que a NP.

Os gráficos de *box-plot* das temperaturas máximas e mínimas (figuras 59 e 60) permitem observar a variação mensal desta variável em cada ponto de referência, como também as medidas extremas.

FIGURA 59 – BOX-PLOT DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DAS ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA URBANA E RURAL DURANTE O PERÍODO RECORTE (AGO 2018 À JUL 2019)



FONTE: Elaborado pela autora (2020).

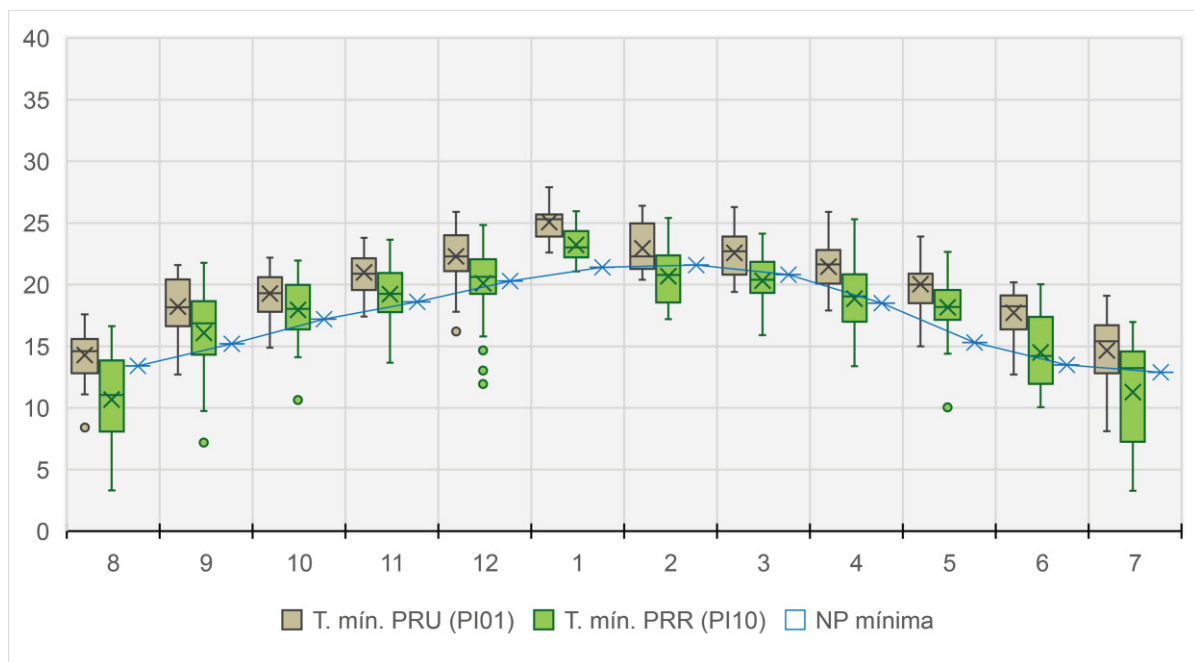
Notou-se que as diferenças interquartílicas do PRU e PRR são semelhantes, sendo maiores em setembro de 2018 e menores em janeiro de 2019 para ambas. Isto

se deve à dinâmica sazonal destes meses que resultam em uma maior variabilidade térmica na primavera se comparado ao verão.

No que se refere às medidas extremas, representadas pelo limite superior do *box-plot* mensal ou pelos *outliers* quando presentes, observou-se que mais da metade das maiores temperaturas máximas registradas na PRU são superiores a PRR e que a outra parte é inferior (em cinco meses). Inclusive o recorde do registro mais alto se deu na PRR, com 38,3°C em janeiro de 2019.

Já no *box-plot* que contém as temperaturas mínimas ([figura 60](#)), as diferenças interquartílicas do PRR foram maiores em todos os meses que em relação ao PRU. Isso quer dizer as mínimas em ambiente rural variam mais, especialmente nos meses de inverno (junho, julho e agosto).

FIGURA 60 – BOX-PLOT DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DAS ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA URBANA E RURAL DURANTE O PERÍODO RECORTE (AGO 2018 À JUL 2019)



FONTE: Elaborado pela autora (2020).

Com relação às medidas extremas, para as temperaturas mínimas a PRR foi destaque durante todo o período, diferentemente das máximas, em que a essa estação superou a PRU em alguns meses. As menores temperaturas do período foram registradas em agosto de 2018 e em julho de 2019, ambas com 3,3°C.

A análise das temperaturas mínimas nos dois ambientes de referência (PRU e PRR) reforçam a necessidade da atenção desta variável para o estudo de ICU, posto

que essa expressa as diferenças do aquecimento e resfriamento da atmosfera nestes ambientes.

8.2.2 Pluviosidade e umidade relativa

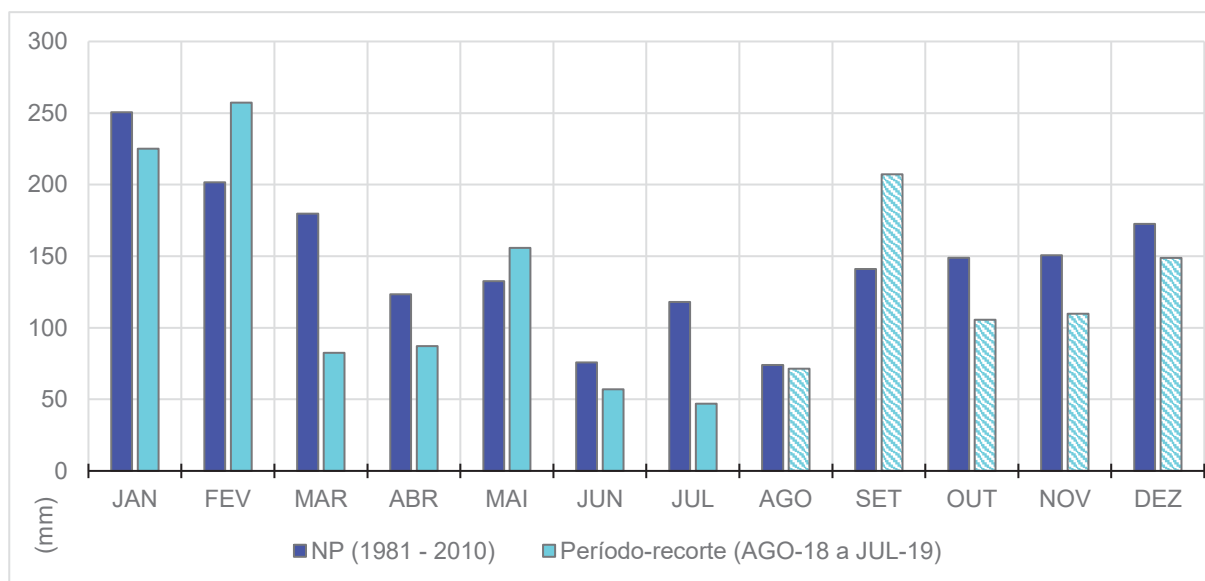
Pode-se afirmar que a pluviosidade na área de estudo é bem distribuída ao longo do ano, sem a presença de uma estação seca. De acordo com Mendonça (2002), o ritmo das precipitações é regulado pela frente polar, uma vez que as chuvas geralmente são pré-frontais, frontais e pós-frontais. Contudo, com menos índices no inverno, mais abundantes, rápidas e torrenciais no verão.

A intensidade das chuvas na região, segundo Nimer (1989), estão condicionadas à estrutura e velocidade da frente polar, como também ao índice de umidade absoluta contida na massa de ar tropical no momento anterior à chegada da descontinuidade. Além disso, as chuvas tendem a ser mais intensas caso a trajetória da mPa for mais úmida por conta do deslocamento no oceano. Todavia, se a trajetória desta massa for continental, as chuvas tendem a diminuir (MONTEIRO, 1963).

Conforme a NP de 1981-2010, os maiores índices são registrados no mês de janeiro, com uma média de 250,6mm e no mês de junho os menores, com 75,7mm ([figura 61](#)¹⁶). Nesse período a média anual é de 1768,6mm, superior à média para a Normal de 1961-1990 que é de 1517,8mm, contudo, destaca-se a sobreposição da década de 1980. No entanto, ainda assim, a média do total acumulado para a Normal Provisória é maior em 365,8mm que para a Normal de 1931-1960.

¹⁶ Para os meses de 2018 as colunas na figura foram hachuradas para diferenciar dos meses de 2019.

FIGURA 61 – GRÁFICO DE PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (MM): NORMAL PROVISÓRIA (1981-2010) E PERÍODO-RECORTE (AGO 2018 À JUL 2019) PARA FLORIANÓPOLIS-SC



FONTE: INMET (2020). Elaborado pela autora (2020).

A partir do ponto de vista do clima urbano, além dos impactos causados pela ICU, objeto desta tese, verificaram-se também impactos relacionados aos altos índices pluviométricos (inundações, deslizamentos de terra, entre outros). Pode-se citar como exemplo o ano de 2008 em que no mês de novembro registrou-se o maior acumulado observado no período dos anos da NP, com 614,9mm, 270% acima da média climatológica. Neste mês houve um episódio excepcional que combinou um vórtice ciclônico e um sistema de baixa pressão em médios níveis da atmosfera, causando uma das maiores catástrofes de origem climática não somente para Florianópolis, mas para todo estado de Santa Catarina. Cabe aqui dizer que eventos deste tipo não são raros no litoral catarinense (HERMANN, 2014).

Ao analisar os anos inclusos no recorte temporal, a anomalia média para a NP foi de -17,8mm, ou seja, o período de monitoramento foi mais seco. Os meses de destaque com a menor pluviosidade em relação à NP foram março e junho de 2019, com -97,1mm e -71mm, respectivamente. Somente três meses tiveram anomalias positivas: setembro de 2018 (66,2mm), fevereiro (55,6mm) e maio (23,3mm) de 2019.

Os dados de precipitação em áreas terrestres globais do *Global Precipitation Climatology Center* (GPCC) para 2018 mostraram que o ano não teve consideráveis desvios em comparação à média de 1981-2010 (cerca de 1 mm) (BLUNDEN; ARNDT, 2019). Já para 2019, em que o Boletim “State of Climate in 2019” indicou que a

precipitação global ficou abaixo da NP, conforme os dados do GPCC a anomalia foi de -16,5 mm.

Os dados de precipitação total diária média da reanálise do conjunto ERA-5 não destacaram anomalias significativas na área de estudo ([figura 62C](#)). Para a média climatológica ([figura 62A](#)) os maiores índices de pluviosidade, acima de 6mm, concentram-se em parte do Planalto Norte de Santa Catarina e litoral do Paraná, assim como nas áreas mais altas ao sul do estado catarinense. Na porção oeste de SC, norte do RS e sudoeste do Paraná a precipitação varia de 4,5 a 6mm/dia. Na área de estudo da tese, a média é cerca de 4mm/dia.

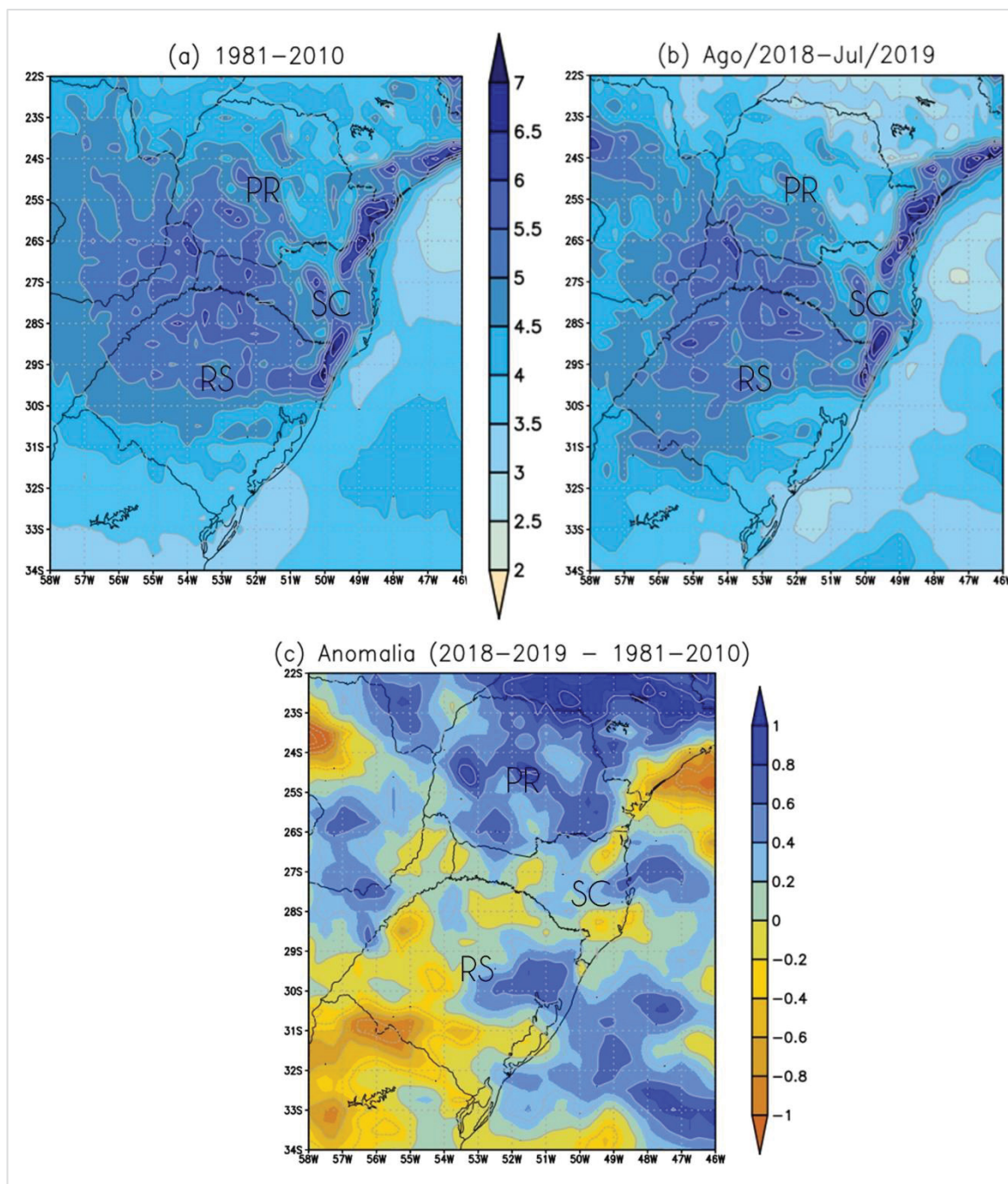
Para o período-recorte ([figura 62B](#)) o padrão espacial se assemelha com a NP, exceto em algumas áreas restritas ao sul de SC e RS. A [figura 62C](#) ilustra esta diferença com anomalias positiva muito baixa para área de estudo (cerca de 0,5mm) e ao sul encontra-se uma porção com médias menores que a Normal (-0,4mm).

As divergências dos dados de reanálise para os dados observados na área de estudo possivelmente se relacionam com a acurácia e a precisão do primeiro, bem como a questão da escala. Em estudo dos dados de grade ERA-Interim para o estado do Paraná, Aparecido *et al.* (2019) concluíram que a acurácia para os dados de temperatura foi alta, ao passo que de precipitação foi considerada moderada por subestimar a chuva em várias regiões do estado.

Destaca-se ainda que para Oke (1988,2006) as medições de ICU devem ser realizadas em dias com céu limpo, baixa velocidade do vento e sem chuva, assim, as diferenças térmicas entre as áreas urbanas e rurais estariam mais pronunciadas. Desta maneira, salienta-se a importância do conhecimento dos índices pluviométricos ao estudo, uma vez que muitas pesquisas apontam as relações entre as precipitações e a formação/intensificação da ICU.

Dentre os estudos, pode-se citar Amorim & Dubreuil (2017) que constataram que tanto para Rennes (França), cidade de clima temperado, quanto para Presidente Prudente (SP-Brasil), clima tropical, as maiores intensidades de ICU foram registradas nos meses com menor precipitação. No litoral paulista, Gomes (2017) encontrou a mesma relação para Ubatuba. Na cidade do Rio de Janeiro, Lucena (2012) constatou que quanto mais seco estiver o tempo, maior tende a ser a magnitude da ICU. O tópico da [dinâmica da ICU](#), no [capítulo IX](#), trará como se desenvolve esta relação para a área de estudo.

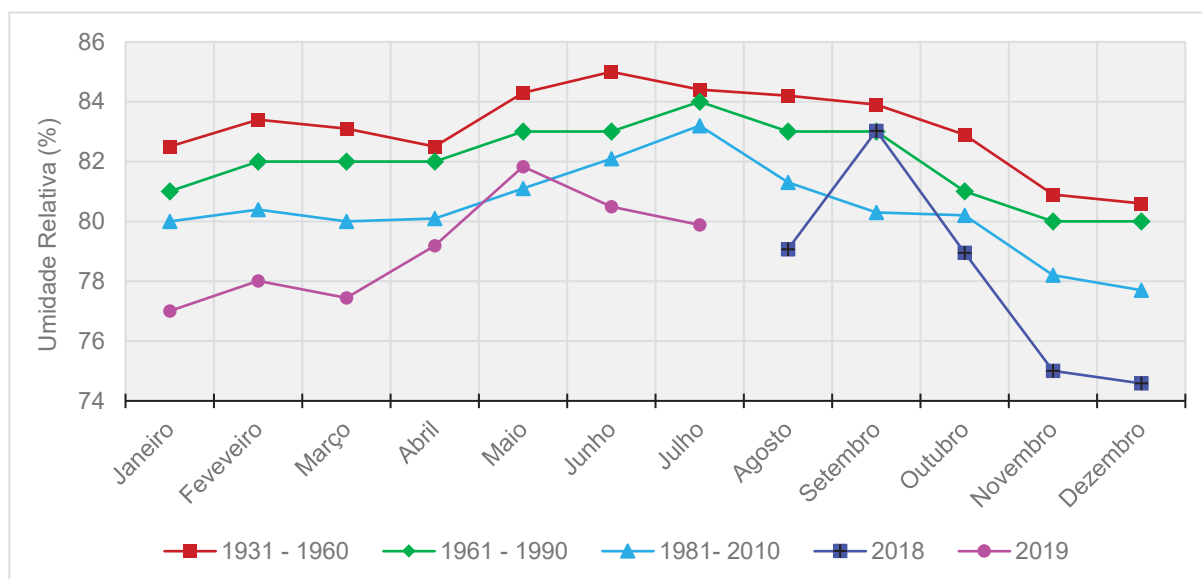
FIGURA 62 – PRECIPITAÇÃO DIÁRIA MÉDIA (%) PARA NORMAL PROVISÓRIA (1981-2010) (a), PARA O PERÍODO-RECORTE (AGO/2018-JUL/2019) (b) E ANOMALIA ENTRE ESTES (°C) (c)



FONTE: Dados da Reanálise ERA-Interim (ECMWF, 2020). Elaborado pela autora (2020).

No que se refere à umidade relativa do ar, a posição geográfica da área de estudo lhe confere índices elevados. A proximidade com o mar, a dinâmica das correntes e os sistemas atmosféricos mais atuantes são os principais responsáveis.

FIGURA 63 – GRÁFICO DE UMIDADE RELATIVA DO AR (%): NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1931-1960, 1961-1990), NORMAL PROVISÓRIA (1981-2010), 2018 E 2019 PARA FLORIANÓPOLIS-SC

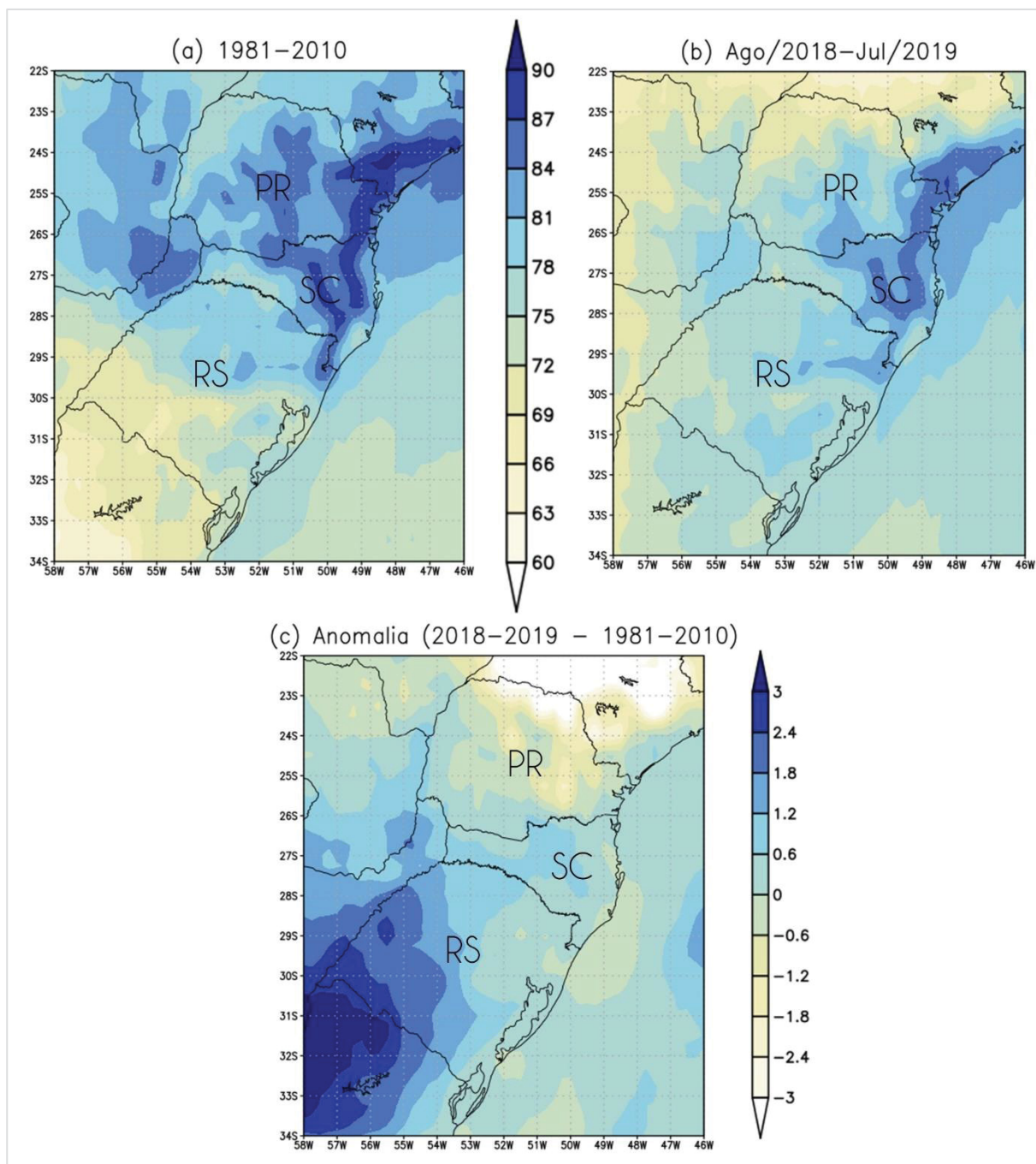


FONTE: INMET (2020). Elaborado pela autora (2020).

Pôde-se observar a partir da [figura 63](#) que mostra as normais e os registros do período recorte, que não há padrão bem definido nesta distribuição, no entanto, em linhas gerais se nota o aumento da umidade nos meses de abril e a diminuição em agosto e setembro. Durante o tempo de monitoramento, somente os meses de setembro de 2018 e maio de 2019 ficaram acima da NP.

Na espacialização da umidade relativa média do ar no sul do Brasil a partir de dados de reanálise ERA-5 para a NP ([figura 64A](#)), verificou-se valores de umidade superiores a 78% até cerca de 90% em quase toda região. As áreas da Serra do Mar e Serra Geral no Paraná e em Santa Catarina se destacaram pela maior umidade. No período de monitoramento ([figura 64B](#)) os valores máximos diminuem, embora o padrão espacial se assemelhe à NP. A anomalia entre os períodos ([figura 64C](#)) se expressou de forma positiva ao sudoeste do RS e de maneira negativa ao norte do PR e parte do litoral de SC (aproximadamente -0,6), onde encontra-se a área de recorte espacial da tese.

FIGURA 64 – UMIDADE RELATIVA MÉDIA (%) PARA NORMAL PROVISÓRIA (1981-2010) (A), PARA O PERÍODO-RECORTE (AGO/2018-JUL-2019) (B) E ANOMALIA ENTRE ESTES (°C) (C)



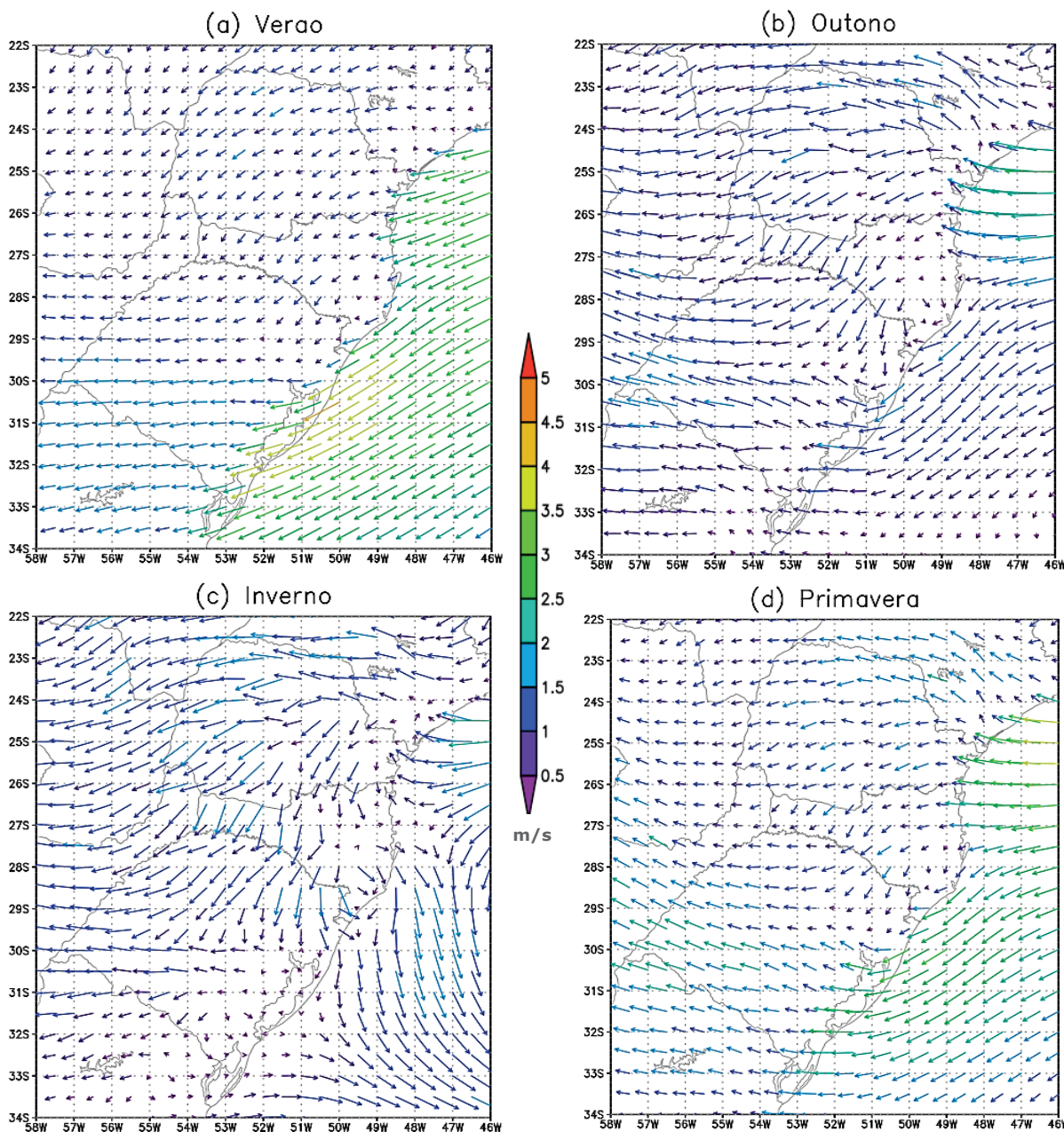
FONTE: Dados da Reanálise ERA-Interim (ECMWF, 2020). Elaborado pela autora (2020).

8.2.3 Ventos: direção e velocidade

Os sistemas atmosféricos atuantes na área de estudo possuem dinâmicas e sazonalidades distintas, refletindo na variabilidade dos ventos. Além disso, também sofrem influência das características físicas locais do ambiente, como a orografia, rugosidade do solo e a proximidade do mar, o que provoca a dinâmica das brisas (marítimas e terrestres). A urbanização e os padrões construtivos de uma cidade são aspectos a serem considerados, pois os ventos podem variar de direção e se tornarem mais intensos ou fracos em função do uso do solo urbano.

A circulação do Anticiclone Semi-permanente do Atlântico Sul (ASAS) provoca para a região sul do Brasil a prevalência das direções do vento de nordeste (NE) e leste (E). A [figura 65](#) traz a climatologia do vento em superfície em cada estação do ano considerando a NP.

FIGURA 65 – DIREÇÃO E VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO (m/s) PARA NORMAL PROVISÓRIA (1981-2010) NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO EM FLORIANÓPOLIS-SC



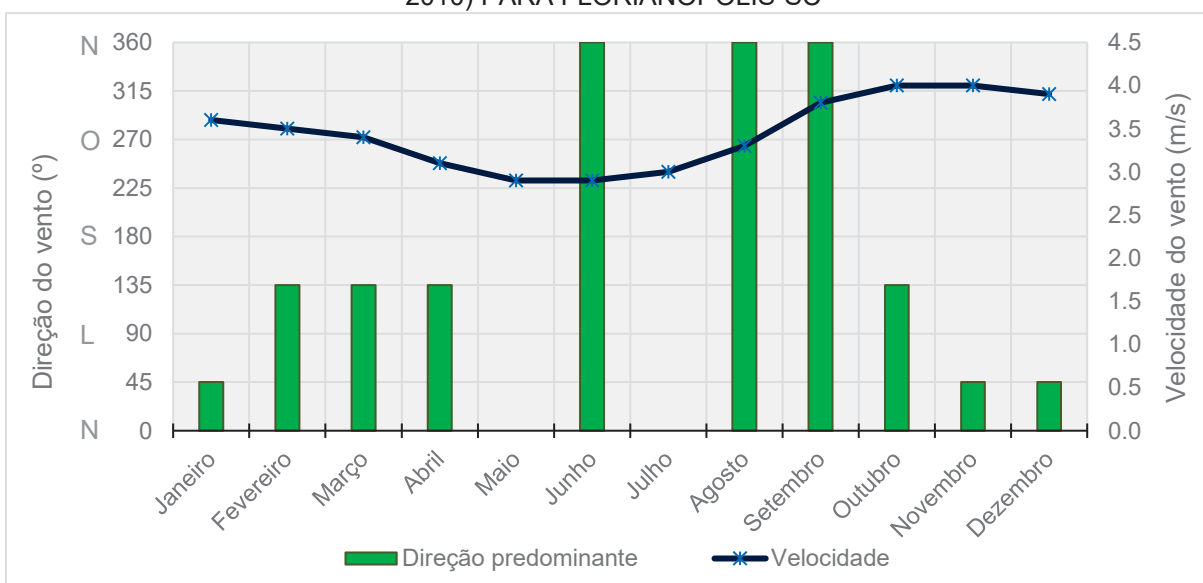
FONTE: Dados da Reanálise ERA-Interim (ECMWF, 2020). Elaborado pela autora (2020).

A partir da [figura 65A](#), nota-se que a direção do vento predominante no verão no litoral de Santa Catarina é de nordeste associado à atuação da mTa, mais frequente na estação mais quente do ano, com a velocidade variando de 2 a 3,5 m/s. No outono ([figura 65B](#)) a velocidade do vento diminui, com média de 1 m/s e a direção se alterando entre leste e nordeste. Já no inverno ([figura 65C](#)), com a ASAS deslocada um pouco mais para norte da região Sul, os ventos que atingem a costa são sobretudo de direção norte-noroeste, e assim como na estação anterior, tendem a ser mais

fracos (média entre 0,5 e 1,5 m/s). Com o início da primavera (figura 65D) tem-se a intensificação da velocidade, superando cerca de 2m/s, e a direção se assemelha ao verão, com fluxos de nordeste.

Ao refinar a escala de análise, tanto espacial (neste caso somente para a Florianópolis, segundo o INMET) e temporal (considerando os meses do ano ao invés de estações) é possível visualizar a maior variabilidade do vento (figura 66).

FIGURA 66 – GRÁFICO DE DIREÇÃO (°) E VELOCIDADE (m/s): NORMAL PROVISÓRIA (1981-2010) PARA FLORIANÓPOLIS-SC

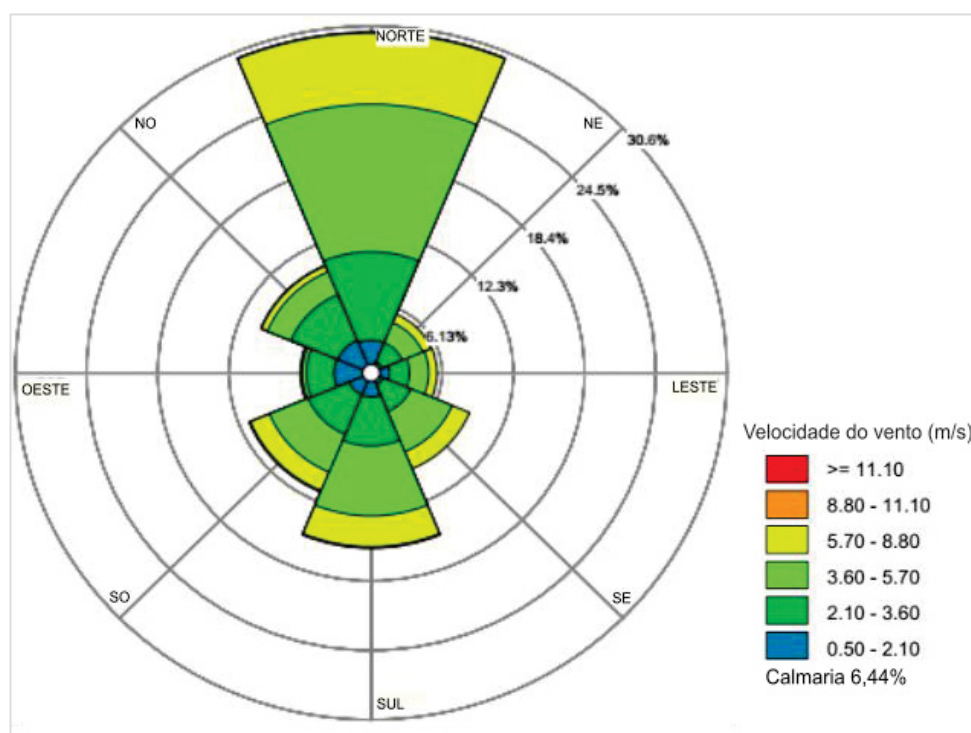


FONTES: INMET (2020). Elaborado pela autora (2020).

A NP da direção predominante do vento em janeiro é do quadrante nordeste, com velocidade média de 3,6 m/s. Nos três meses seguintes a direção muda para sudeste e a velocidade diminui gradativamente. Os meses de maio e de julho são considerados como de calmaria, por este motivo não possuem direção definida, contudo, a velocidade média é de 2,9 e 3,0 m/s, respectivamente. Nos meses de junho, agosto e setembro o fluxo do vento se altera para norte e a velocidade volta a aumentar a partir de agosto. O mês de outubro, marcado pela atuação da FPA, o vento predominante é de sudeste, com velocidade média de 4 m/s. A direção do vento em novembro e dezembro vira para nordeste, mantendo-se com a média de velocidade em 4 m/s.

Para o período que compõe a análise desta pesquisa, de agosto de 2018 a julho de 2019, observou-se que o vento predominante para a área de estudo¹⁷ foi de quadrante norte, com 30,6% das ocorrências ([figura 67](#)). A predominância secundária da direção é dada ao sul, com uma frequência de 15,5%. Nos apêndices P e Q têm-se a rosa dos ventos para cada mês que compõe o período de monitoramento.

FIGURA 67 – DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO PARA O PERÍODO-RECORTE (AGO/28-JUL-19) EM FLORIANÓPOLIS-SC



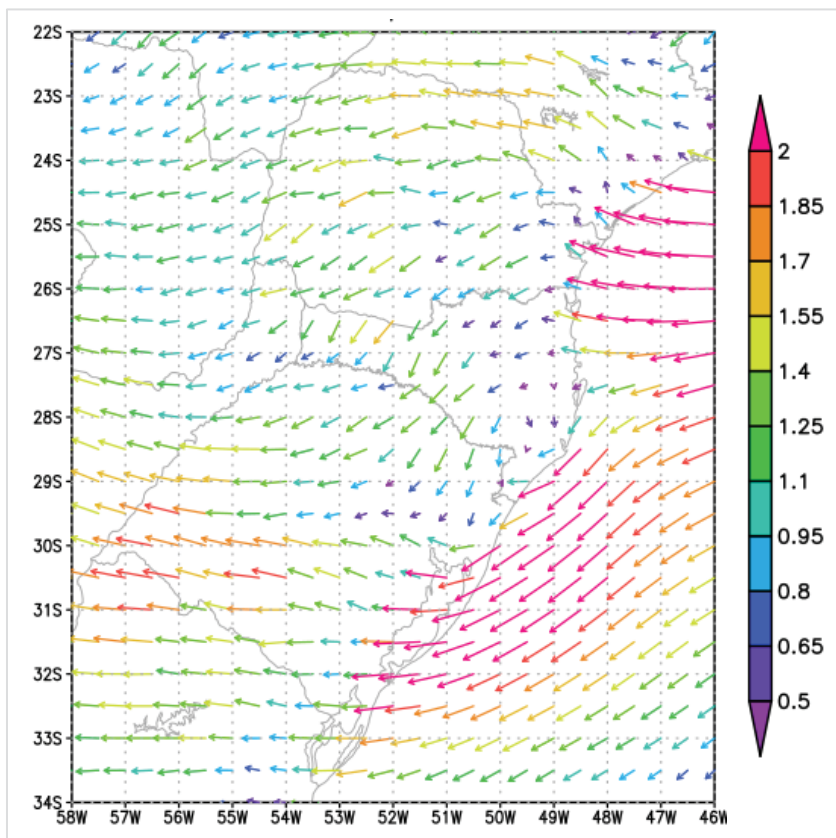
FONTE: Elaborado pela autora (2020)

Com relação à velocidade, o período-recorte foi marcado por uma maior frequência de ventos entre 3,6 e 5,7 m/s, representando 32,6% do total. Os registros abaixo de 0,5 m/s foram classificados como calmaria, neste caso totalizaram 6,44%.

Os dados de grade da Reanálise ERA-5 apontaram a direção nordeste e a velocidade variando de 0,5 a 1,1 m/s para a área de estudo ([figura 68](#)). O padrão observado se assemelha com a média NP para a primavera ([figura 65D](#)), tanto para velocidade quanto para direção do vento.

¹⁷ Considera-se como estação meteorológica sinótica como referência para vento a estação do Aeroporto Hercílio Luz, em Florianópolis.

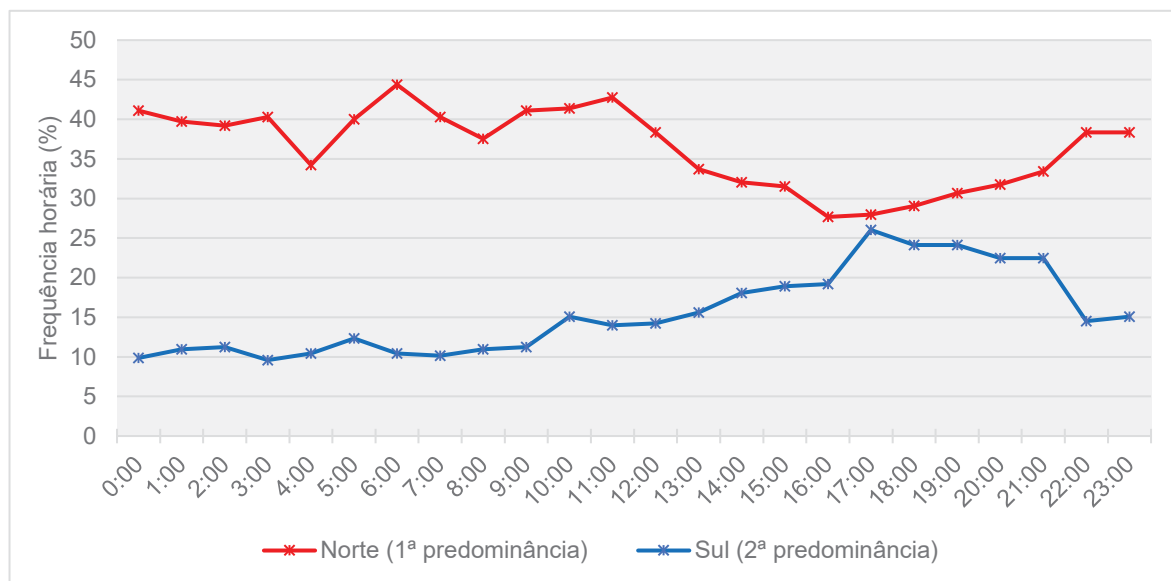
FIGURA 68 – DIREÇÃO E VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO (m/s) PARA O PERÍODO-RECORTE (AGO/2018-JUL-2019)



FONTE: Dados da Reanálise ERA-Interim (ECMWF, 2020). Elaborado pela autora (2020).

Ainda considerando o período de monitoramento, analisou-se a ocorrência horária dos ventos predominantes, considerando o quadrante norte como primeira predominância e o sul como de segunda ([figura 69](#)). Identificou-se que a frequência dos ventos de direção norte tende a diminuir a partir do meio dia até as 21h, depois dessa hora retorna a aumentar. Já para a direção secundária, a dinâmica horária é praticamente inversa, os ventos de quadrante sul são mais expressivos a partir das 11h até as 22h, quando começam a decrescer sua ocorrência.

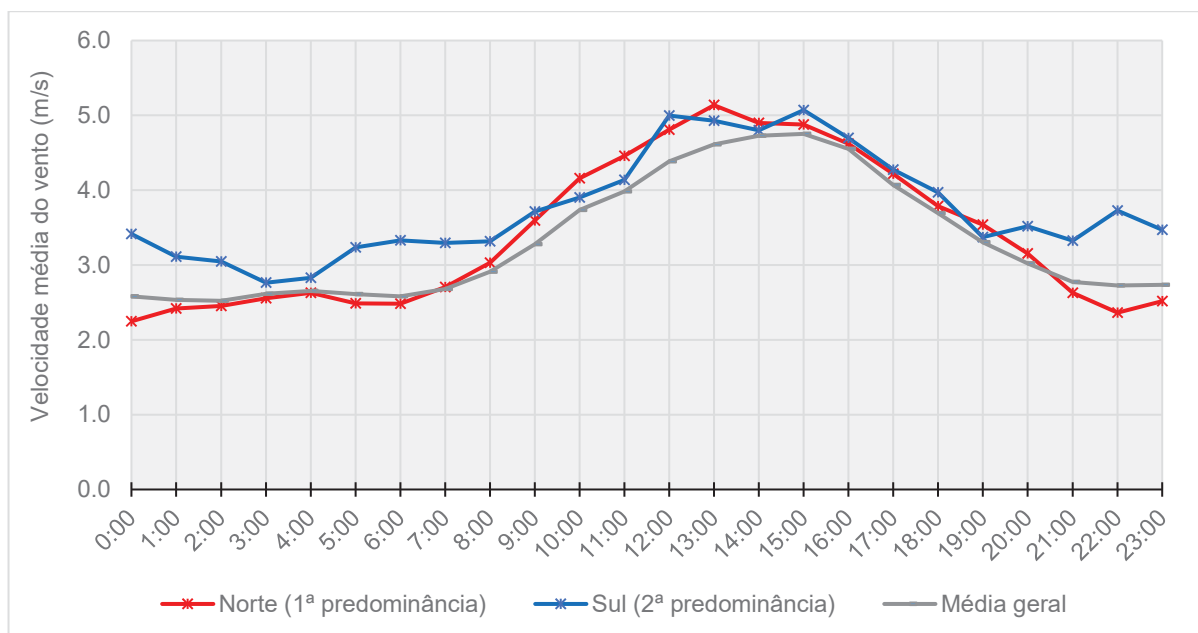
FIGURA 69 - GRÁFICO DA FREQUÊNCIA HORÁRIA (%) DA DIREÇÃO DO VENTO NORTE E SUL EM FLORIANÓPOLIS PARA O PERÍODO-RECORTE (AGO/2018-JUL-2019)



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

A velocidade média horária dos ventos predominantes ([figura 70](#)) aponta a presença de um patamar de fluxo mais veloz entre as 12h e 16h, período de ocorrência da brisa marítima. Na parte da manhã quando sopra o vento sul, este tende a ser um pouco mais intenso que o norte, todavia, ambos aumentam gradativamente no decorrer das horas de maior radiação solar. Já no entardecer verifica-se a diminuição da velocidade, de forma mais acentuada para o quadrante norte. No que se refere à média da velocidade para todas direções, o horário com ventos mais fortes foram as 15h, enquanto os fluxos mais fracos ocorreram as 2h, o que podem estar relacionados a atuação das brisas, discutidas no próximo tópico.

FIGURA 70 – GRÁFICO DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA DOS VENTOS NORTE, SUL E MÉDIA GERAL EM FLORIANÓPOLIS PARA O PERÍODO-RECORTE (AGO/2018-JUL-2019)



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

8.2.3.1 A dinâmica das brisas

As brisas marítimas e terrestres são ventos locais que compõem a circulação local padrão e de baixos níveis da atmosfera, geralmente ocorrendo a menos de 10km da mesma. Este fenômeno se origina devido à diferença de calor específico da água e da terra, provocando um aquecimento maior na área continental em detrimento do corpo d'água, isso quando expostas a uma mesma quantidade de radiação solar (FREITAS & DIAS, 2002; MENDONÇA & DANI-OLIVEIRA, 2007).

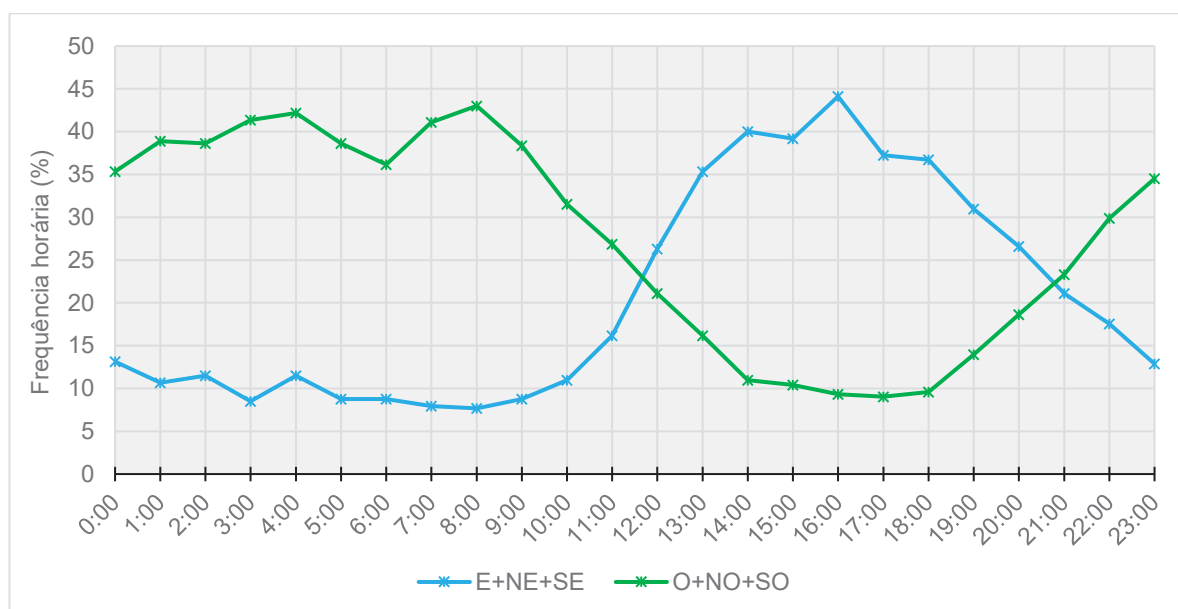
No período do dia, a área continental se aquece mais que a água, aumentando também a temperatura do ar em contato com essas superfícies, gerando uma diferenciação térmica que, por sua vez, provoca um gradiente de pressão horizontal que faz com o que o ar se direcione no sentido do mar para a terra (brisa marítima). Durante a noite, em função do resfriamento da terra, ocorre o contrário e o gradiente de pressão se inverte, formando um fluxo de vento da terra para o mar (brisa terrestre).

A área de estudo desta tese, localizada em ambiente costeiro, conta com uma forte participação das brisas na dinâmica atmosférica, e como visto em outras cidades costeiras ([tópico 2.4](#)), a rugosidade do tecido urbano interfere no fluxo e no escoamento dos ventos, podendo intensificar ou atenuar as ICU. Para analisar

posteriormente a relação com a ICU, caracterizou-se as brisas durante o período-recorte.

Fez-se a análise com base nos fluxos provindos de quadrante leste (somados ao sudeste e nordeste) e oeste (somados ao sudoeste e noroeste), para que assim possam representar as brisas marítimas e terrestres, respectivamente¹⁸. A [figura 71](#) exhibe a frequência horária (em porcentagem) da direção destes ventos durante o período de monitoramento.

FIGURA 71 - GRÁFICO DA FREQUÊNCIA HORÁRIA (%) DA DIREÇÃO DO VENTO DE QUADRANTE LESTE E OESTE EM FLORIANÓPOLIS PARA O PERÍODO-RECORTE (AGO/2018-JUL-2019)



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

O padrão revelado pela [figura 71](#) expressou a teoria de brisas previamente apresentada e notou-se que os ventos de leste foram mais frequentes no período diurno e os de oeste no noturno, indicando os fluxos de ar do mar para terra e da terra pro mar. Os marcos foram perceptíveis às 12h e às 21h, momentos nos quais as séries de dados se cruzam.

Nesta conjuntura, a brisa marítima começa a se destacar a partir das 11h da manhã, sendo mais frequente às 16h (44,1%) e diminuindo sua atuação com o início

¹⁸ Cabe salientar que esse tipo de identificação de brisa tem a limitação da separação dos ventos alísios, que podem ser das mesmas direções das brisas do mar.

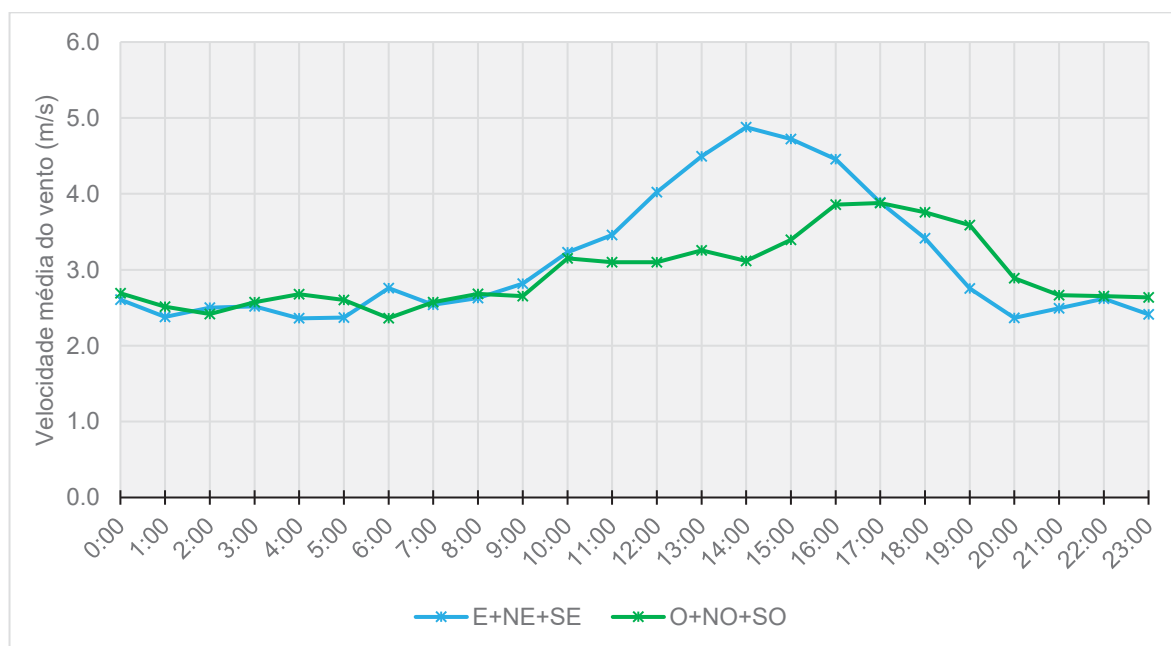
da noite. Entre as 10h e as 23h, este fluxo varia entre 8 a 15% de todas outras direções.

Já os ventos provenientes de oeste, representando a brisa terrestre, foram mais frequentes a partir das 18h, quando começam a aumentar a atuação e permanecem no patamar de 35 a 45% entre as 23h e 8h da manhã. Depois do amanhecer, estes fluxos passam a ser menos dominantes.

A [figura 72](#) sintetiza a velocidade média horária dos ventos de quadrante leste e oeste durante o período de estudo. A interpretação desta indicou que os fluxos de leste foram mais velozes que de oeste, especialmente no período diurno. Para o primeiro, a mais alta velocidade foi registrada as 14h com média de 4,9 m/s e no mesmo horário, para o quadrante oeste, foi de 3,1 m/s.

A menor média de velocidade foi as 6h e as 20h, 2,4 m/s para ambas, no entanto, a primeira hora representa os fluxos de oeste e a segunda as de leste. Embora as 6h a média seja um pouco maior para a brisa marítima (2,9 m/s) do que a terrestre, a frequência da direção indicou que os fluxos do mar são muito menos dominantes que os que vêm da terra nesta hora: 8,8% contra 31%.

FIGURA 72 – GRÁFICO DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA DOS VENTOS DE QUADRANTE LESTE E OESTE EM FLORIANÓPOLIS PARA O PERÍODO-RECORTE (AGO/2018-JUL-2019)

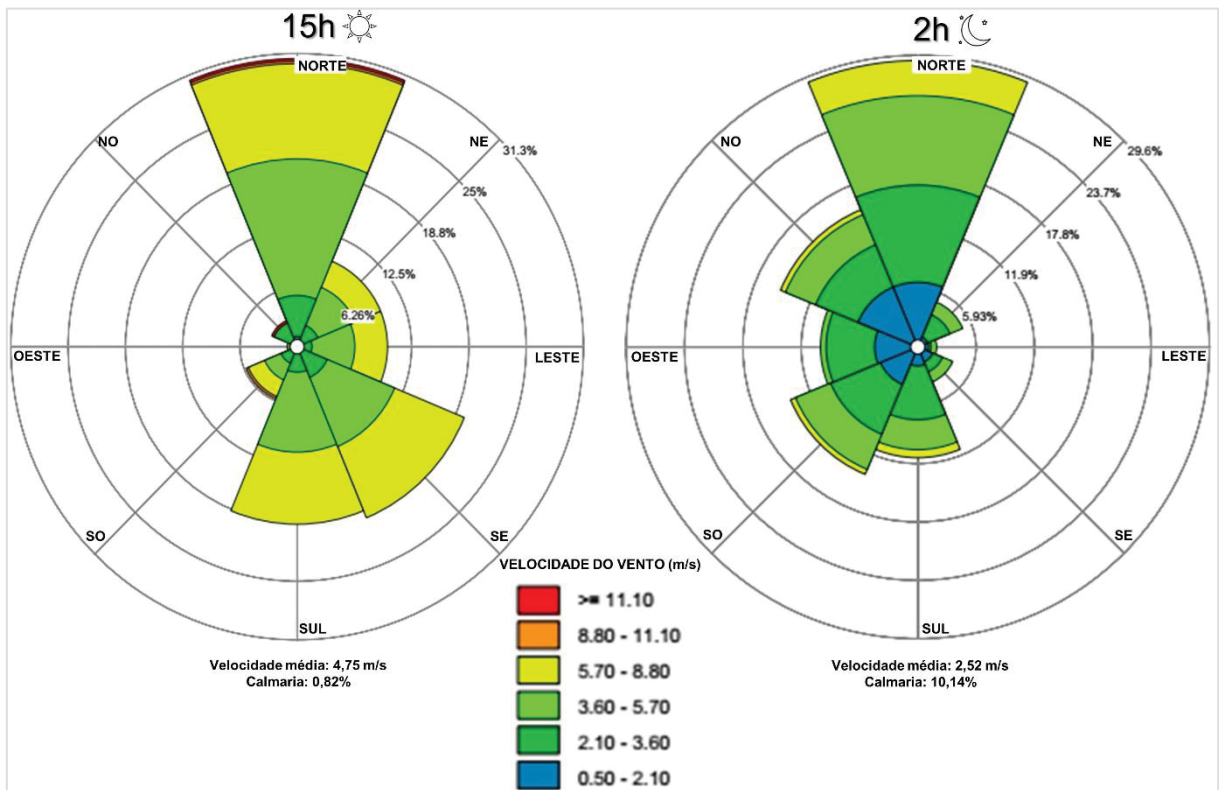


FONTE: Elaborado pela autora (2020)

Os momentos de maior e menor média de velocidade do vento para todas as direções (apresentados na [figura 70](#)), as 15h e as 3h, respectivamente, evidenciam a atuação das brisas marítimas e terrestre como demonstrado na [figura 73](#). Para as 15h, representando o período diurno, além dos dois primeiros ventos predominantes (norte e sul), verifica-se a atuação de fluxos do quadrante sudeste, leste e nordeste, em conformidade com a posição do mar. Nesta hora do dia, a média da velocidade é de 4,75 m/s e o período de calmaria é presente somente em 0,8% dos registros.

As 3h da madrugada, representando o período noturno, além do protagonismo do vento norte, os de quadrante noroeste, oeste e sudoeste se destacam, também em conformidade com as áreas continentais em relação ao ponto de medição, revelando a brisa terrestre. Nesta hora a velocidade média é de 2,52 m/s e a calmaria representa 10,14% dos registros.

FIGURA 73 – DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO AS 15H E AS 3H PARA O PERÍODO-RECORTE (AGO/2018-JUL-2019) EM FLORIANÓPOLIS-SC



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

8.3 DINÂMICA SAZONAL, ANUAL E MENSAL DA ICU

A intensidade média da ICU no período total que corresponde a um ano foi de 2,4°C ([tabela 10](#)), com a maior diferença entre as mínimas diárias (ICU máxima) registrada no mês de agosto de 2018, 7,3°C, classificada como de magnitude muito forte. Com relação às médias mensais, constatou-se as maiores intensidades nos meses de inverno (média de 3,4°C), na ordem decrescente: agosto de 2018, junho e julho de 2019. Destaca-se que para compor as médias, foram utilizados os dados diários de temperatura mínima.

TABELA 10 – INTENSIDADE MÉDIA DA ICU (°C) E TEMPERATURA MÍNIMA (TMIN) MÉDIA (°C) NOS PONTOS DE REFERÊNCIA URBANO E NÃO-URBANO/RURAL

| | Período | ΔT ICU média (°C) | ΔT ICU máxima (°C) | Ponto urbano | Ponto não- urbano |
|------|--------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------------|
| | | | | Tmin. Média (°C) | |
| | 1 ANO | 2,4 | 7,3 | 19,9 | 17,6 |
| 2018 | Agosto | 3,6 | 7,3 | 14,3 | 10,7 |
| | Setembro | 2,1 | 6,1 | 18,2 | 16,1 |
| | Outubro | 1,3 | 4,3 | 19,3 | 18,0 |
| | Novembro | 1,8 | 5,7 | 21,0 | 19,2 |
| | Dezembro | 2,2 | 4,8 | 22,3 | 20,1 |
| | 2019 | Janeiro | 1,8 | 3,4 | 25,1 |
| | Fevereiro | 2,3 | 4,4 | 22,9 | 20,7 |
| | Março | 2,3 | 4,6 | 22,6 | 20,3 |
| | Abril | 2,6 | 5,3 | 21,5 | 18,9 |
| | Maio | 1,9 | 5,0 | 20,0 | 18,2 |
| | Junho | 3,2 | 6,7 | 17,7 | 14,5 |
| | Julho | 3,4 | 7,2 | 14,7 | 11,3 |

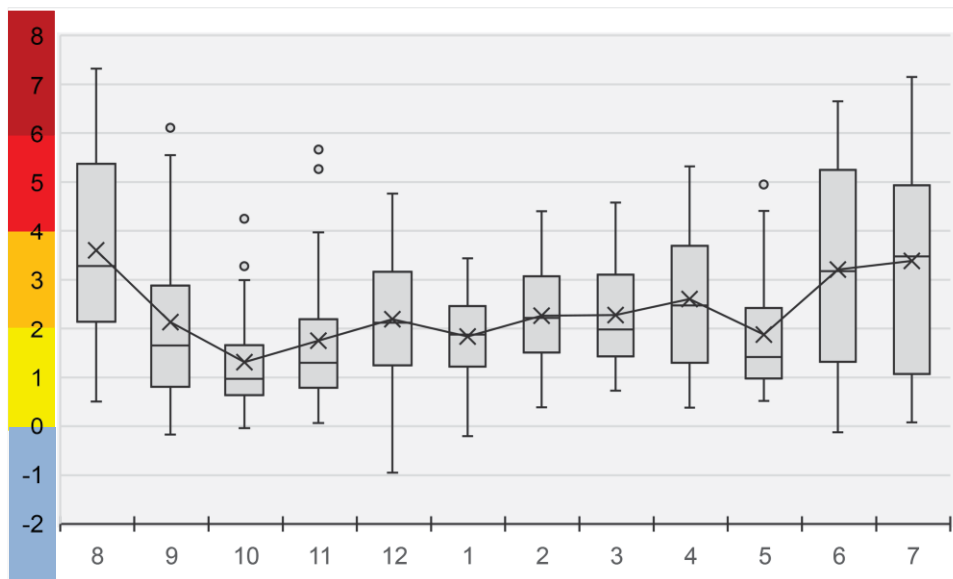
FONTE: Elaborado pela autora (2020)

Ainda sobre a sazonalidade, os meses de outono correspondem ao segundo grupo com a maior média, 2,3°C, característica semelhante encontrada por Amorim & Dubreuil (2017) para a Presidente Prudente - SP. Os meses de verão registraram uma diferença térmica média entre os pontos de referência de 2,1°C, sendo 0,4°C a mais que para o período da primavera.

No que se refere à dispersão dos dados em cada mês, os meses de maiores intensidade da ICU são também os que apresentaram maior desvio padrão, 2,1°C tanto para agosto de 2018 quanto para junho de 2019, indicando que a elevada amplitude térmica no inverno pode ser um fator relevante na composição da ICU.

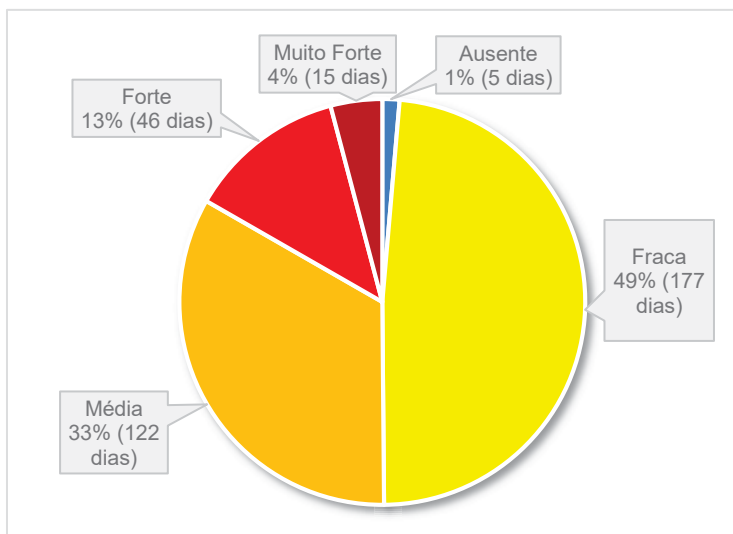
O gráfico da [figura 74](#) permite visualizar a distribuição dos valores mensais, colocando em evidência as maiores amplitudes interquartílicas nos meses de inverno e as menores na primavera. A [figura 75](#) resume a situação anual da ICU diária conforme as classes de magnitude.

FIGURA 74 – BOX-PLOT DAS INTENSIDADES DE ICU (°C) PARA CADA MÊS DURANTE O PERÍODO-RECORTE



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

FIGURA 75 – GRÁFICO DAS CLASSES DE INTENSIDADE DE ICU PARA O PERÍODO DE UM ANO (AGO/2018-JUL-2019)



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

Também se verifica a partir da [figura 74](#) a ocorrência de registros negativos da diferença de temperatura urbano-não-urbano, ou seja, ausência da ICU ou ilha de

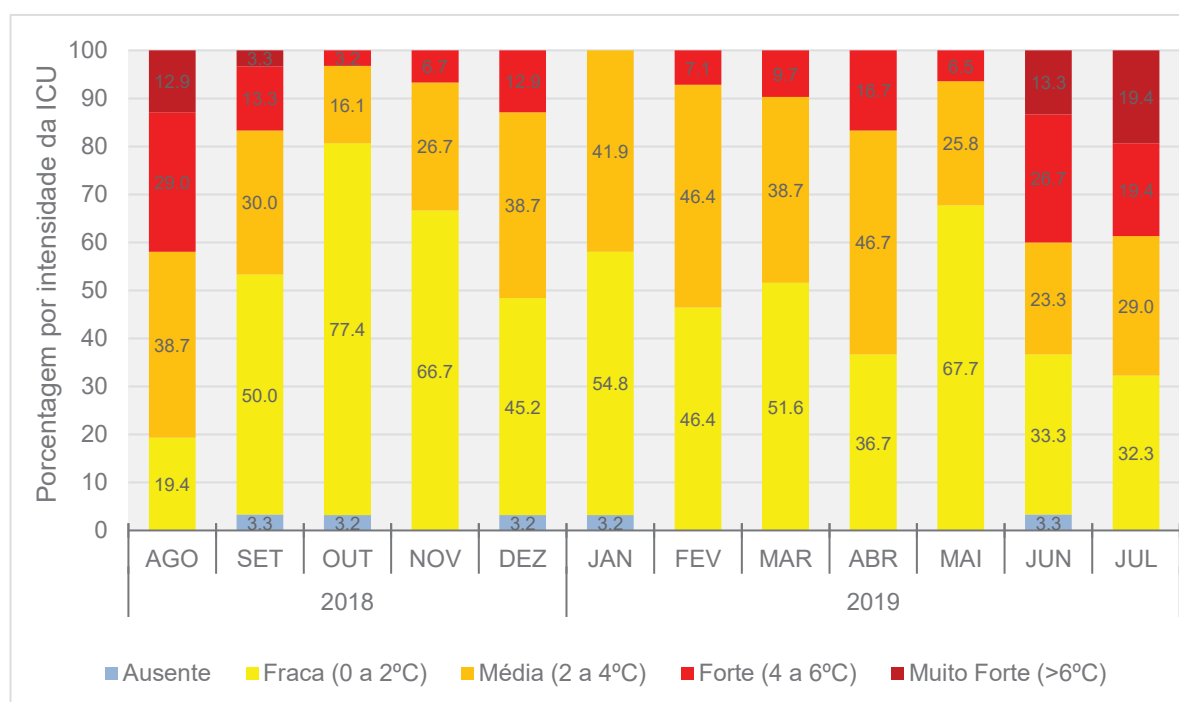
frescor. Há dias nos meses de setembro, outubro, janeiro e junho em que o ponto de referência urbano esteve mais frio que o não-urbano, contudo, esses dias representam somente 1% de todo o período ([figura 75](#)). A maior parte do ano, 82%, caracterizaram-se por ICU de magnitude entre 0° e 4°C. A porção das classes forte (13%) e muito forte (4%) somam 61 dias e, todavia, compõe uma das parcelas mais importantes para análise da ICU.

Em relação às particularidades mensais, elas são evidentes na [figura 76](#). Para a classe de intensidade considerada “fraca” o mês com a maior ocorrência foi outubro de 2018, com 66,8% dos dias com ICU abaixo de 2°C. Do contrário, dois meses antes, em agosto, teve-se a menor porcentagem para a mesma classe, com somente 19,4% dos registros.

Os destaques percentuais para a classe de magnitude “média” foram os meses de agosto e dezembro de 2018. Ambos tiveram 38,7% dos seus dias com ICU entre 2 e 4°C e o menor número se encontra em outubro do mesmo ano, com 16,1%.

A classe de intensidade “forte” teve maior representatividade no mês de agosto, com 29% dos registros de ICU entre 4°C e 6°C. Já o mês de janeiro não teve nenhuma ocorrência de magnitude forte e muito forte.

FIGURA 76 – GRÁFICO DE PORCENTAGEM DE OCORRÊNCIA MENSAL DE CADA CLASSE DE MAGNITUDE DE ICU



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

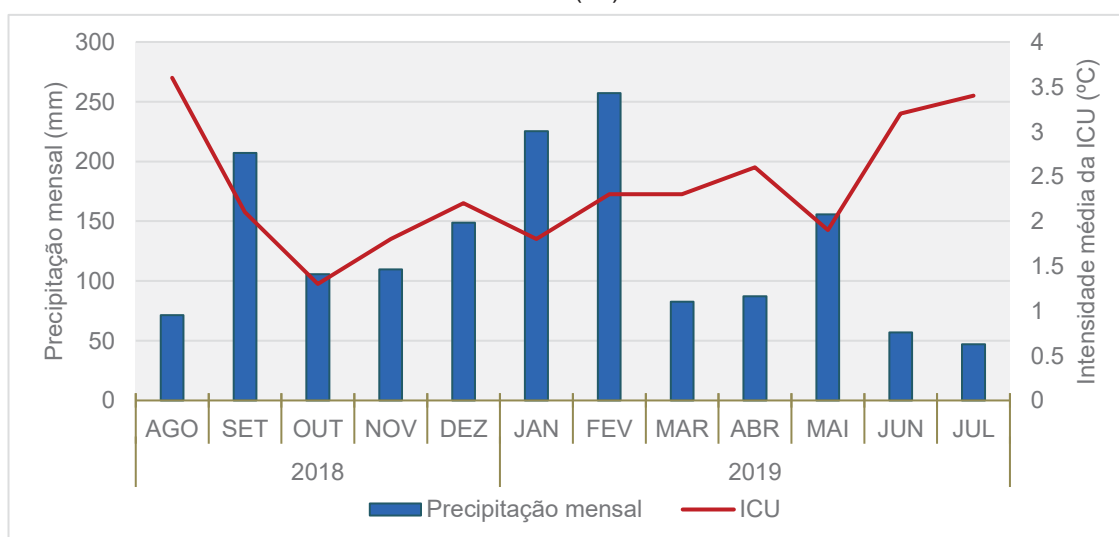
Na classe mais extrema da magnitude, que envolve as ICU com registros superiores a 6°C, somente os meses de julho/19, junho/19, agosto/18 e setembro/18 apresentaram medidas de intensidade “muito forte”, 19,4%, 13,3%, 12,9% e 3,3%, respectivamente.

Tratando-se de estações do ano, verificou-se que no inverno há chances que em uma dezena de dias, cerca de pelo menos 1,5 destes tenham magnitude acima de 6°C. Enquanto que para as outras estações a probabilidade é nula, exceto para a primavera que é de 0,1 para a mesma relação. Em um ano, estima-se que 93% da ocorrência da ICU muito forte seja nos meses invernais e 7% nos meses de primavera.

Em contrapartida, na classe de menor magnitude, denominada “fraca” há chances de que 6,5 dias a cada 10 da primavera tenham ICU com intensidade inferior a 2°C, enquanto que para o inverno o número cai para 2,8 na mesma relação. No período de um ano, há 33% de probabilidade que a ICU fraca seja registrada na primavera, 27% no outono, 25% no verão e 15% no inverno.

Para além das características térmicas sazonais, também é importante considerar a influência das chuvas nessa dinâmica. Como apontado anteriormente, a precipitação é bem distribuída ao longo do ano, contudo, é um pouco mais intensa nos meses de verão e primavera (vide setembro e fevereiro durante o monitoramento), e com menor intensidade nos meses de inverno e outono (a exemplo do mês de junho de 2018). A [figura 77](#) exibe os acumulados mensais de chuva junto da magnitude média da ICU.

FIGURA 77 – GRÁFICO DE PRECIPITAÇÃO MENSAL (mm) X INTENSIDADE MENSAL MÉDIA DA ICU (°C)

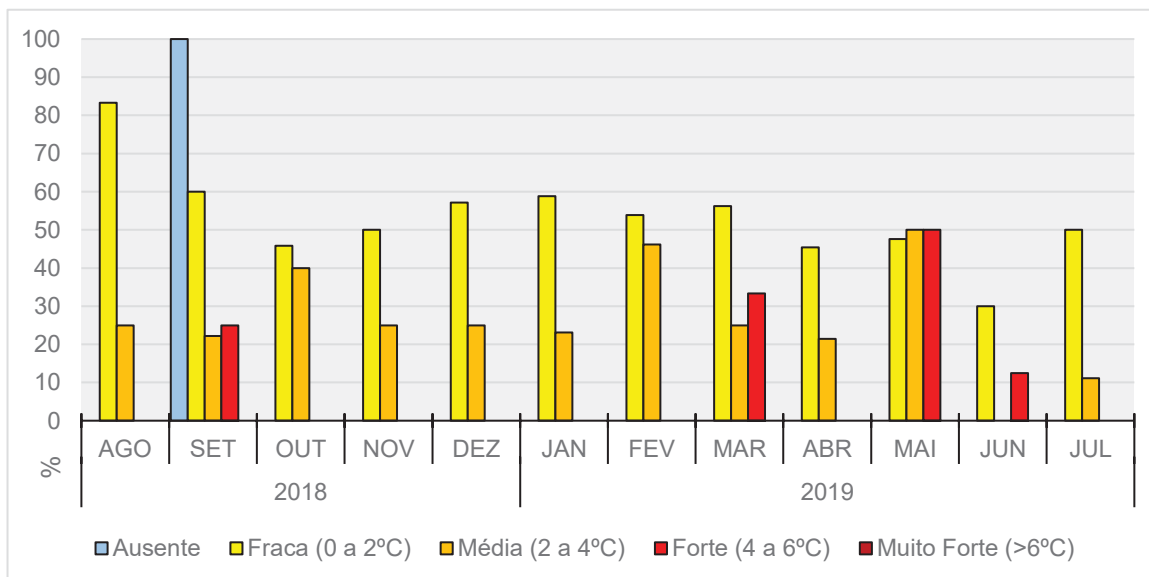


FONTE: Elaborado pela autora (2021)

De forma geral, a partir da observação da [figura 77](#), notou-se a relação inversa entre a quantidade de precipitação e a intensidade da ICU. A exemplo de agosto de 2018, junho e julho de 2019 que registraram em média 58mm e tiveram ICU acima de 3°C, enquanto que setembro de 2018, janeiro e fevereiro de 2019 com os maiores índices pluviométricos (acima de 200mm) a ICU não superou 2,5°C. A correlação linear encontrada entre as variáveis mensais foi de -0,53, o que explica parte da relação inversa descrita.

A análise mais detalhada da precipitação e a ICU a partir de dados diários, evidenciou que em dias de chuva as magnitudes são menores, prevalecendo a formação de ICU de classes “fraca” e “média” ([figura 78](#)). Ressalta-se que em escala diária, utilizou-se dados da ICU de um determinado dia e os dados de chuva do dia anterior, uma vez que a ICU diária representa a diferença entre as mínimas, que, na maior parte dos casos, são tomadas durante a madrugada ou amanhecer, e por conseguinte, foram usadas para representar o fenômeno climático urbano em questão. Portanto, considerou-se coerente analisar o acumulado de precipitação por exemplo, no dia 1 e a ICU registrada no dia 2, já que se pressupõe que essa inicia no dia 1.

FIGURA 78- GRÁFICO DAS CLASSE DE MAGNITUDE DE ICU EM DIAS DE OCORRÊNCIA DE CHUVA (%)



FONTE: Elaborado pela autora (2021)

Marcou-se como dia em que ocorreu precipitação quando o acumulado registrado foi igual ou superior a 1mm. Nesse âmbito, sintetizou-se as classes de magnitude de ICU conforme a ocorrência de dias de chuva ([figura 78](#)).

Notou-se que para todos os meses, ao menos 40% das ICU fracas foram registradas em dias de precipitação (média de 53%). A observação conjunta com a média de chuva para cada categoria ([tabela 11](#)) indicou que para essa classe (ICU entre 0 e 2°C) a média geral foi a mais elevada de todas, com 7mm.

Destacaram-se os meses de agosto de 2018 e junho de 2019 pela maior e menor porcentagem de ocorrência ICU fraca sob a chuva, respectivamente. No primeiro, cerca de 84% de ICU fraca aconteceu quando chovia ([figura 78](#)), com acumulado médio de 7,3mm; já no segundo, a porcentagem foi de somente 30% com média de 4,3mm.

A ocorrência de classe de magnitude média em dias de chuva foi menor que para a classe fraca em todos os meses (média de 26%), exceto para maio (50%) e para junho (nenhuma ocorrência de ICU média em dia de precipitação). Somente os meses de outubro de 2018, fevereiro e maio de 2019 ultrapassaram a faixa dos 30%. A média do acumulado para essa classe foi de 2,5mm.

TABELA 11 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA (mm) PARA CADA CLASSE DE MAGNITUDE DE ICU

| | Dias de chuva (>1mm) | Ausente ou negativa | Fraca (0 a 2°C) | Média (2 a 4°C) | Forte (4 a 6°C) | Muito Forte (>6°C) | |
|------|----------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----|
| 2018 | 8 | 8 | - | 7,3 | 2,6 | 0,0 | 0,1 |
| | 9 | 13 | 1,6 | 10,9 | 3,3 | 1,0 | 0,0 |
| | 10 | 13 | 0,4 | 5,0 | 1,0 | 0,0 | - |
| | 11 | 12 | - | 4,2 | 3,3 | 0,0 | - |
| | 12 | 11 | 0,0 | 6,3 | 3,5 | 0,0 | - |
| 2019 | 1 | 13 | 0,0 | 12,7 | 1,7 | - | - |
| | 2 | 13 | - | 14,7 | 5,1 | 0,0 | - |
| | 3 | 13 | - | 2,8 | 1,9 | 4,9 | - |
| | 4 | 8 | - | 5,1 | 2,2 | 0,0 | - |
| | 5 | 15 | - | 5,6 | 4,4 | 0,8 | - |
| | 6 | 4 | 0,0 | 5,0 | 0,2 | 0,6 | 0,1 |
| | 7 | 6 | - | 4,5 | 0,5 | 0,2 | 0,1 |
| | Média | 0,4 | 7,0 | 2,5 | 0,7 | 0,1 | |

FONTE: Elaborado pela autora (2021)

A ocorrência de ICU de magnitude forte em dias de chuva se tornou ligeiramente menor se comparado às outras classes (média de 10%). Somente janeiro de 2019 ([figura 76](#)) que não teve registro de ICU nesta categoria, ou seja, em todos os outros meses em que a barra representativa está ausente (0%) no gráfico ([figura 78](#) – agosto, outubro, novembro, dezembro, fevereiro, abril e julho) significa que este tipo de ICU só se formou em dias secos.

Em setembro de 2018, março, maio e junho de 2019 houve a presença da classe forte, com média de 2,5mm. Neste contexto, destacou-se maio, em que metade da ICU forte se deu em dia de chuva. No entanto, cabe lembrar que esse mês tipicamente mais frio foi também mais chuvoso que a Normal.

Nenhum dos quinze episódios de ICU de magnitude muito forte (ocorridos em agosto e setembro de 2018 e junho e julho de 2019) se deu em dias de registro de chuva igual ou acima de 1mm.

Além disso, em um dia dos meses de setembro, outubro e dezembro de 2018, e de janeiro e junho de 2019, não houve a formação de ICU ou o gradiente urbano-rural foi negativo, nessas ocorrências, somente em setembro este registro se deu em dia de chuva. A investigação de outras variáveis e sistemas atmosféricos discutidas no próximo capítulo podem apontar as interrelações e o motivo da estação de referência rural estar mais quente que a urbana nesses casos.

Assim sendo, a análise revelou que a ICU ocorre em dias de precipitação em todos os meses, no entanto, tende ser menos intensa quando o volume de chuva é maior. Em resumo, a observação das médias mensais e sazonais oferece suporte para a determinação das análises episódicas contempladas nos próximos capítulos, além de destacar as estações do ano com as maiores propensões às altas intensidades de ICU.

8.4 DINÂMICA HORÁRIA DA ICU

Analisar a dinâmica por hora da ICU permite a verificação da configuração desta enquanto uma ICU “clássica”, ou seja, presente e intensa no período noturno. Neste sentido, a [tabela 12](#) apresenta as médias horárias da ICU em cada mês do período de monitoramento.

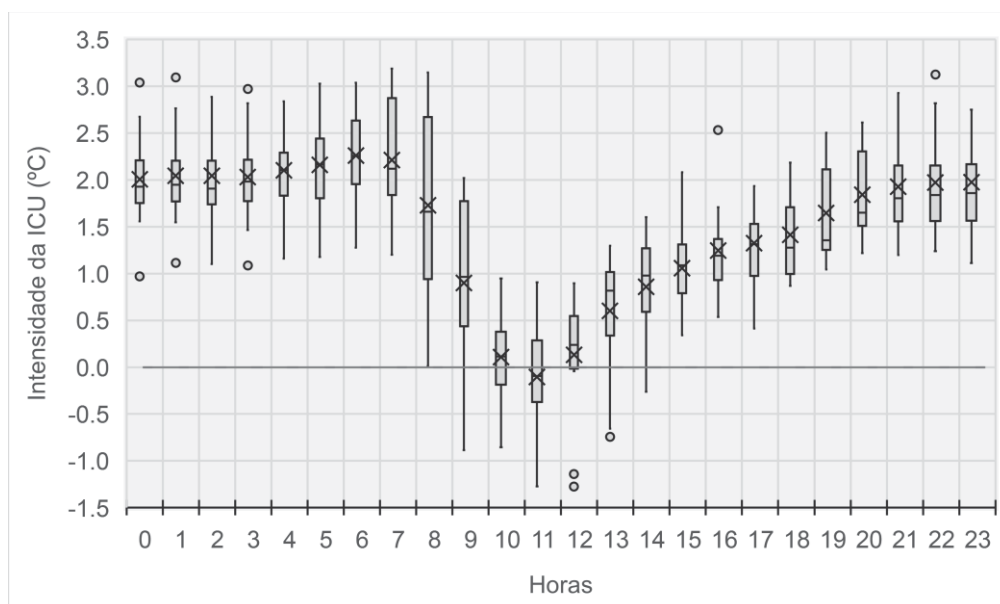
TABELA 12 – INTENSIDADE MÉDIA HORÁRIA, MENSAL E ANUAL DA ICU (°C)

| MESES HORAS | 2018 | | | | | 2019 | | | | | | | Média |
|----------------|------|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|-------|
| | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | |
| 0 | 3.0 | 1.9 | 1.0 | 1.8 | 2.1 | 1.6 | 2.0 | 1.8 | 2.0 | 1.6 | 2.7 | 2.7 | 2.0 |
| 1 | 3.1 | 1.9 | 1.1 | 1.8 | 2.0 | 1.7 | 1.9 | 1.9 | 2.0 | 1.5 | 2.7 | 2.8 | 2.0 |
| 2 | 3.1 | 1.9 | 1.1 | 1.7 | 2.0 | 1.7 | 1.9 | 1.9 | 2.0 | 1.5 | 2.8 | 2.9 | 2.0 |
| 3 | 3.0 | 1.8 | 1.1 | 1.7 | 2.0 | 1.9 | 2.1 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 2.6 | 2.8 | 2.0 |
| 4 | 3.0 | 1.9 | 1.2 | 1.8 | 2.2 | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 2.2 | 1.5 | 2.6 | 2.8 | 2.1 |
| 5 | 3.0 | 1.8 | 1.2 | 1.7 | 2.3 | 2.1 | 2.2 | 2.0 | 2.3 | 1.6 | 2.7 | 2.9 | 2.2 |
| 6 | 3.0 | 2.0 | 1.3 | 1.6 | 2.3 | 2.1 | 2.3 | 2.2 | 2.5 | 1.8 | 2.9 | 3.0 | 2.3 |
| 7 | 2.9 | 2.0 | 1.2 | 1.2 | 1.6 | 1.9 | 2.3 | 2.4 | 2.9 | 1.9 | 3.1 | 3.2 | 2.2 |
| 8 | 2.6 | 1.3 | 0.7 | 0.0 | 0.3 | 1.0 | 1.3 | 2.3 | 3.1 | 2.0 | 3.0 | 3.1 | 1.7 |
| 9 | 1.2 | 0.7 | 0.5 | -0.6 | -0.9 | 0.2 | 0.6 | 1.9 | 1.9 | 1.5 | 1.7 | 2.0 | 0.9 |
| 10 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | -0.4 | -0.9 | -0.1 | -0.3 | 0.7 | 0.9 | 0.6 | -0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 11 | -0.3 | 0.1 | 0.6 | -0.1 | -0.6 | -0.1 | -0.3 | 0.6 | 0.9 | 0.2 | -1.3 | -1.0 | -0.1 |
| 12 | 0.0 | 0.2 | 0.9 | 0.3 | 0.0 | 0.4 | 0.3 | 0.9 | 0.9 | 0.2 | -1.3 | -1.1 | 0.1 |
| 13 | 0.4 | 0.8 | 1.3 | 0.8 | 1.0 | 1.1 | 0.8 | 1.2 | 1.0 | 0.3 | -0.7 | -0.7 | 0.6 |
| 14 | 0.9 | 0.9 | 1.5 | 1.1 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 1.2 | 0.7 | 0.2 | -0.3 | 0.0 | 0.9 |
| 15 | 1.0 | 1.0 | 1.5 | 1.3 | 2.1 | 1.3 | 1.1 | 1.2 | 0.9 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 1.1 |
| 16 | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 1.7 | 2.5 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 0.8 | 0.5 | 1.0 | 0.7 | 1.2 |
| 17 | 1.6 | 1.3 | 1.0 | 1.9 | 2.5 | 1.5 | 1.3 | 0.8 | 0.4 | 0.7 | 1.5 | 1.3 | 1.3 |
| 18 | 1.6 | 1.2 | 1.0 | 2.1 | 2.2 | 1.4 | 1.1 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 2.0 | 1.6 | 1.4 |
| 19 | 1.9 | 1.4 | 1.0 | 2.1 | 2.5 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 2.3 | 2.1 | 1.6 |
| 20 | 2.5 | 1.6 | 1.2 | 1.8 | 2.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.5 | 2.6 | 2.4 | 1.8 |
| 21 | 2.9 | 1.8 | 1.2 | 1.6 | 2.0 | 1.5 | 1.6 | 1.8 | 1.8 | 1.5 | 2.6 | 2.7 | 1.9 |
| 22 | 3.1 | 1.9 | 1.2 | 1.6 | 2.0 | 1.5 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 1.5 | 2.5 | 2.8 | 2.0 |
| 23 | 3.1 | 1.8 | 1.1 | 1.6 | 2.0 | 1.6 | 1.9 | 1.8 | 2.0 | 1.5 | 2.6 | 2.8 | 2.0 |
| Média | 2.0 | 1.4 | 1.1 | 1.3 | 1.5 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.2 | 1.7 | 1.8 | |

FONTE: Elaborado pela autora (2021)

Da tabela acima, extraiu-se as demais figuras apresentadas nessa seção, afim de compreender e sintetizar as informações sobre as diferenças térmicas horárias.

FIGURA 79 – BOX-PLOT DAS INTENSIDADES MÉDIAS DE ICU (°C) PARA CADA HORA DURANTE O PERÍODO-RECORTE



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

A [figura 79](#) mostra que as maiores médias da ICU horária ocorreram durante o período noturno e ao amanhecer, com destaque para o valor mais alto as 6h da manhã, 2,3°C; A partir desta hora a diferença térmica urbano-não urbano começa a diminuir gradativamente até voltar a subir as 12h. Mendonça (2002) identificou em Florianópolis diferenças de temperatura mais intensas no mesmo horário, especialmente em dias de domínio de massa de ar polar (mPa). Já as ilhas de frescor (diferenças negativas), a autora encontrou em todos tipos de tempo e horários nas estações meteorológicas mais próximas ao mar.

Foram nas primeiras horas do dia em que se registraram as maiores variações interquartílicas, com ênfase para as 8h da manhã quando a diferença entre o primeiro e o terceiro quartil foi de 1,8°C. Já as menores variações foram encontradas entre 0h e 4h, quando a diferença entre os quartis foi inferior a 0,5°C.

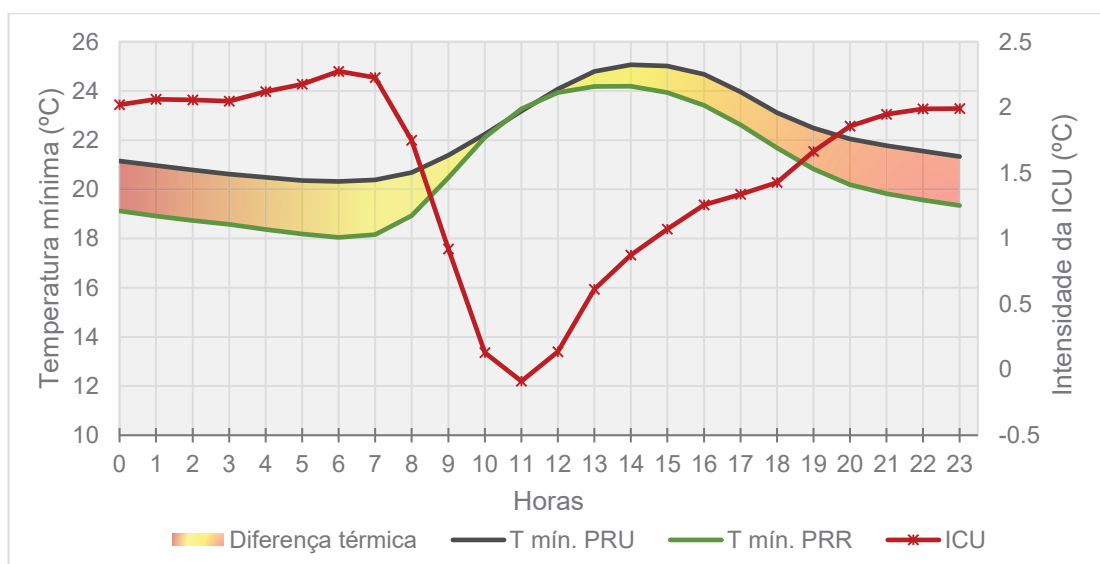
Uma parte da série de dados das diferenças térmicas horárias apontou para valores abaixo de 0°C, ou seja, neste momento a temperatura do ar do ponto de referência não-urbano esteve maior que a do ponto urbano. Estes registros foram encontrados entre 9h e 14h horas.

O fato anterior é explicado por Oke *et al.* (2017). Conforme os autores, após o amanhecer a temperatura do ar nas áreas não-urbanas, nitidamente menor que para as áreas urbanas, eleva-se mais rapidamente porque superfícies rurais são geralmente abertas ao sol e seus efeitos no aquecimento se concentram nas camadas

mais baixas do ar, na qual a inversão noturna prolongada impede a mistura entre o solo e a camada limite atmosférica superior até o meio da manhã. No entanto, no mesmo período, o aquecimento da Camada Urbana ao Nível das Coberturas (CUNC) é mais lento.

Geralmente ao meio-dia, a temperatura do ar na área urbana alcança a temperatura na área rural e, desta maneira, não é incomum que as diferenças anteriores possam ser negativas, ou seja, uma ilha de frescor. Após as temperaturas das duas áreas atingirem seus máximos no início ou meio da tarde, ambos ambientes se esfriam, contudo, a taxa de resfriamento rural/não-urbano é muito maior (OKE *et al.*, 2017). A [figura 80](#) ilustra mais nitidamente o fenômeno descrito.

FIGURA 80 – GRÁFICO DA MÉDIA HORÁRIA DA TEMPERATURA MÍNIMA (°C) NOS PONTOS DE REFERÊNCIA URBANO E NÃO-URBANO/RURAL, E A INTENSIDADE DA ICU (°C)



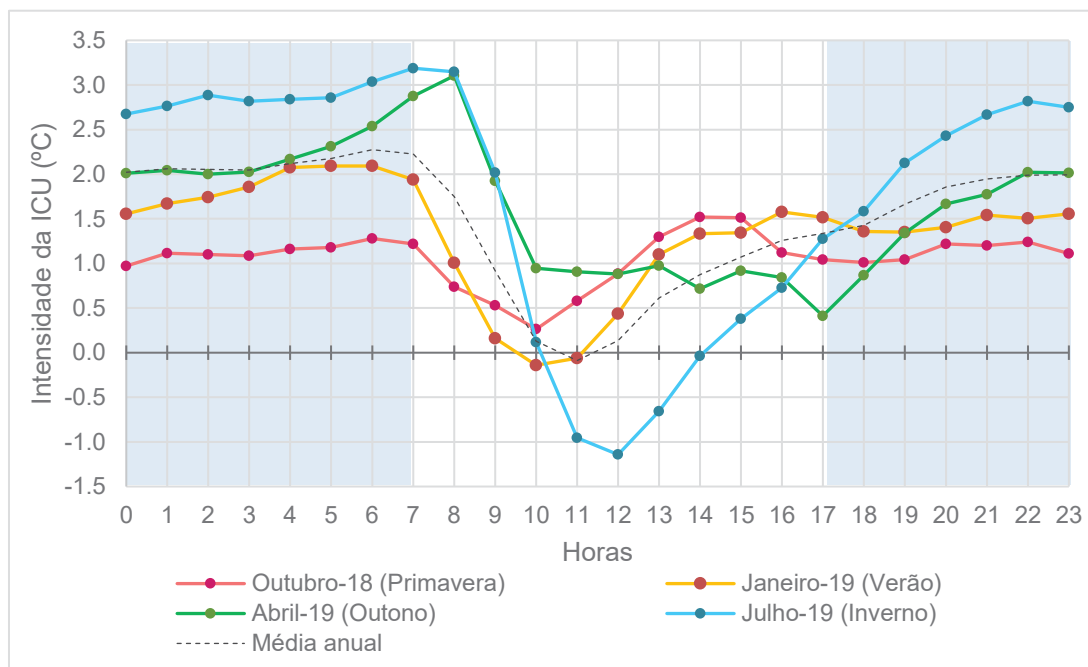
FONTE: Elaborado pela autora (2020)

Investigou-se também a intensidade da ICU horária de acordo com as quatro estações do ano ([figura 81](#)), para isto, optou-se pela escolha de um mês representativo para cada período. Verificou-se que a partir das 19h em todas as estações a ICU foi superior a 1°C, permanecendo acima deste patamar até as 7h da manhã, indicando a característica do fenômeno tipicamente noturno independente do momento do ano.

Como apontado no tópico anterior, para dados diários foi no inverno em que se registrou as maiores médias e para os dados horários ocorreu o mesmo. Contudo, a estação mais fria se destaca também pela maior quantidade de registros negativos da

diferença térmica entre os pontos, especialmente entre as 11h e 14h. Depois dessas horas a ICU cresceu de forma expressiva.

FIGURA 81 – GRÁFICO DE INTENSIDADE HORÁRIA DA ICU (°C) POR ESTAÇÕES DO ANO



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

A [figura 81](#) também exhibe a queda da intensidade da ICU a partir das 7h da manhã para a primavera (1,2°C) e verão (1,9°C), enquanto que para o inverno (2°C) e outono (1,9°C) o resfriamento do ponto de referência urbano ocorreu somente duas horas após as duas outras estações. Este “atraso” é explicado pela posição latitudinal da área de estudo e a decorrente distribuição da insolação nos períodos do ano.

Nota-se, de maneira geral, que em todas estações a intensidade da ICU segue a linha da média anual, com aumento ao anoitecer e queda ao amanhecer, sendo que as maiores variações entre as séries ocorrem no período diurno, o que pode ser explicado pelos diferentes ângulos de insolação, possíveis sombras presentes no ponto de referência urbano provocadas pelas edificações do entorno ou também a precipitação no momento.

CAPÍTULO IX – ASPECTOS ATMOSFÉRICOS CONTRIBUTIVOS NA FORMAÇÃO E INTENSIDADE DA ICU

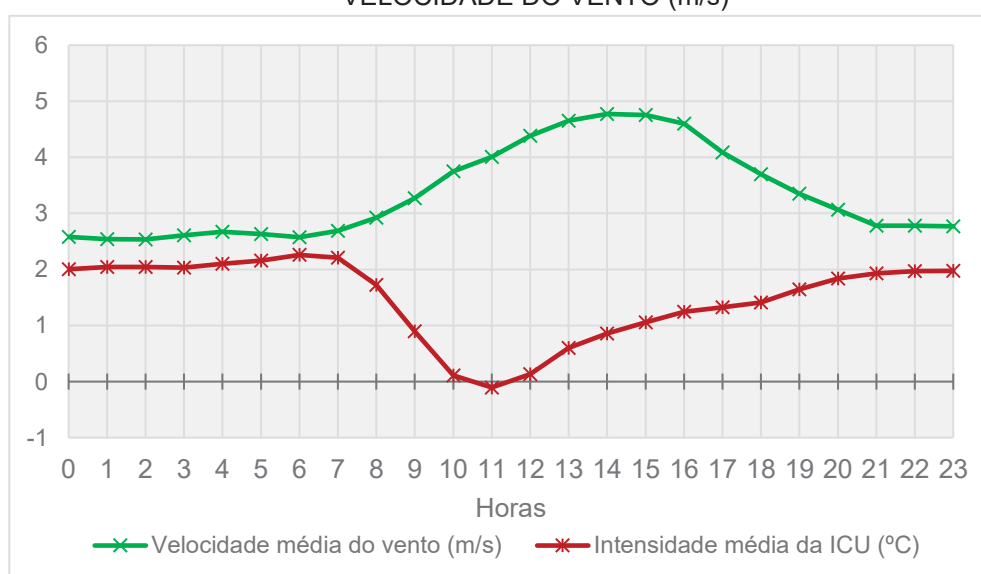
Este capítulo se propõe a discutir os aspectos atmosféricos que influenciam a formação e intensificação da ilha de calor urbana na área conurbada de Florianópolis. Após a abordagem no [capítulo VIII](#) sobre a dinâmica sazonal, diária e horária da ICU, o presente capítulo avança no sentido de inter-relacionar os elementos climáticos, sistemas e estabilidade atmosférica ao fenômeno climático urbano analisado nesta tese.

9.1A ICU E OS VENTOS

No capítulo anterior apresentou-se a climatologia dos ventos na área de estudo ([tópico 8.2.3](#)), no qual, destacou-se a atuação do quadrante norte e a presença de brisas. É sobre esta dinâmica relacionada à ICU que se pretende tratar neste tópico.

Em cidades costeiras, diversos autores identificaram que as brisas marítimas podem atenuar os contrastes térmicos (GEDZELMAN *et. al.*, 2003; MESTAYER *et al.*, 2003; EMMANUEL & JOHANSSON, 2006; PAPANASTASIOU *et al.*, 2010; LOPES *et. al.*, 2012). A [figura 82](#) indica a variação diária da ICU e a relação com a velocidade média do vento.

FIGURA 82 – GRÁFICO DE MÉDIA HORÁRIA DA INTENSIDADE DA ICU HORÁRIA (°C) E DA VELOCIDADE DO VENTO (m/s)

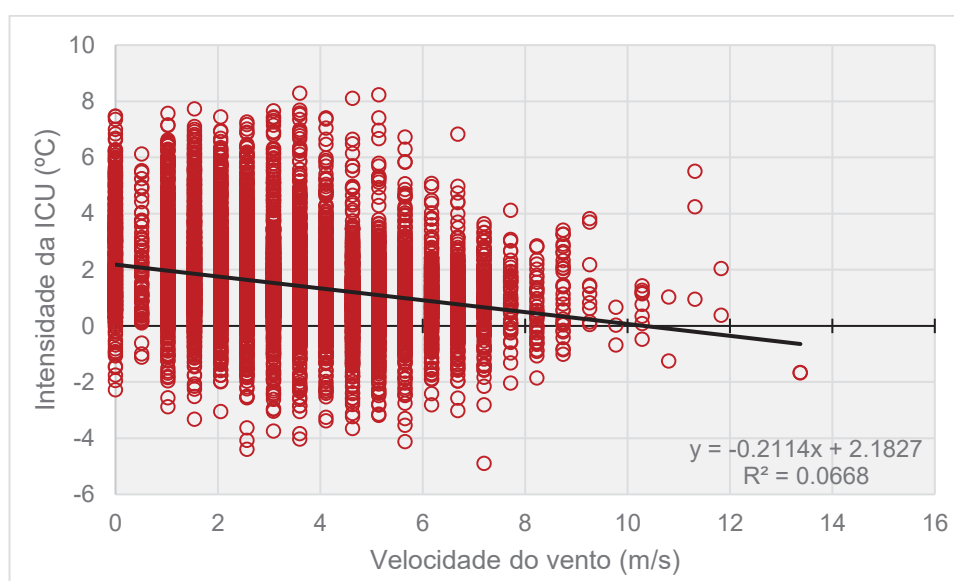


FONTE: Elaborado pela autora (2020)

Verificou-se uma relação inversa entre a magnitude da ICU e a velocidade do vento no período diurno, já durante a noite, tanto a média do vento quanto da ICU são quase que constantes. A partir das 9h da manhã o vento começa a ultrapassar 3 m/s. Neste momento, a ICU que estava acima de 2°C nas horas anteriores, diminui, tornando a voltar ao mesmo patamar somente a partir das 21h quando o fluxo de ar, por sua vez, reduz a velocidade. Contudo, as 11h, horário em que se registrou ocorrência de ilha de frescor (média de -0,1°C), a velocidade do vento está alta (4,0 m/s) porém, não está em seu máximo, que é de 4,7 m/s, as 14h.

O diagrama de dispersão ([figura 83](#)) com todos os dados da série (considerando os valores horários) expressa a correlação entre as variáveis. A linha de tendência linear é resultado de uma correlação estatística de $r=-0,26$, que mesmo considerada muito fraca, indica que quanto maior a velocidade do vento, menor tende a ser a magnitude da ICU.

FIGURA 83 – DIAGRAMA DE DISPERSÃO: INTENSIDADE DA ICU HORÁRIA (°C) X VELOCIDADE DO VENTO (m/s)



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

A [tabela 13](#) mostra a estratificação do vento em classes de velocidade, a ocorrência horária, a frequência relativa e a intensidade da ICU. Constatou-se que a média da ICU diminuiu com o aumento da velocidade do vento (de 1,94°C de 0 a 2 m/s até 0,89°C para velocidade superior a 10 m/s). Na classe com maior representatividade nos dados horários (37,4%), de 2 a 4 m/s, a ICU chegou em média a 1,59°C. No estágio seguinte, 4 a 6 m/s, houve uma diminuição de um pouco mais

de meio grau na magnitude média da ICU. No entanto, nas velocidades mais altas a diferença não foi tão significativa.

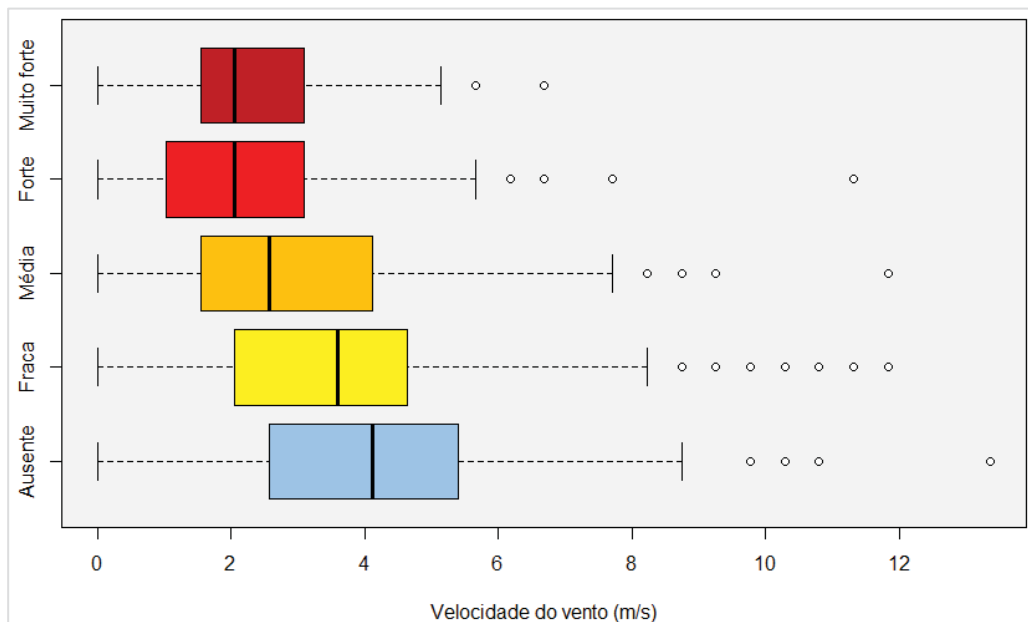
TABELA 13 – VELOCIDADE DO VENTO (M/S): OCORRÊNCIA, FREQUÊNCIA E INTENSIDADE MÉDIA DA ICU HORÁRIA (°C)

| Velocidade do vento (m/s) | Nº de ocorrência | Frequência relativa (%) | Intensidade média da ICU (°C) |
|---------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Calmaria | 579 | 6,6 | 2,30 |
| 0 a 2 | 1513 | 17,3 | 1,94 |
| 2 a 4 | 3279 | 37,4 | 1,59 |
| 4 a 6 | 2547 | 29,1 | 1,05 |
| 6 a 8 | 743 | 8,5 | 0,95 |
| 8 a 10 | 82 | 0,9 | 0,88 |
| >10 | 17 | 0,2 | 0,89 |

FONTE: Elaborado pela autora (2020)

Ressalta-se que nos registros de calmaria (velocidade = 0 m/s), que representaram 6,6% das ocorrências, foi registrada a maior média de ICU (°C). Conforme a literatura são nesses momentos de ausência de vento e ventos fracos (0 a 2 m/s) que se espera que os contrastes térmicos sejam evidenciados (OKE, 1973;1976). A [figura 84](#) ilustra a distribuição dos dados de velocidade de vento conforme as classes de magnitude de ICU.

FIGURA 84 – BOXPLOT DA VELOCIDADE DO VENTO CONFORME AS CLASSES DE INTENSIDADE DA ICU HORÁRIA

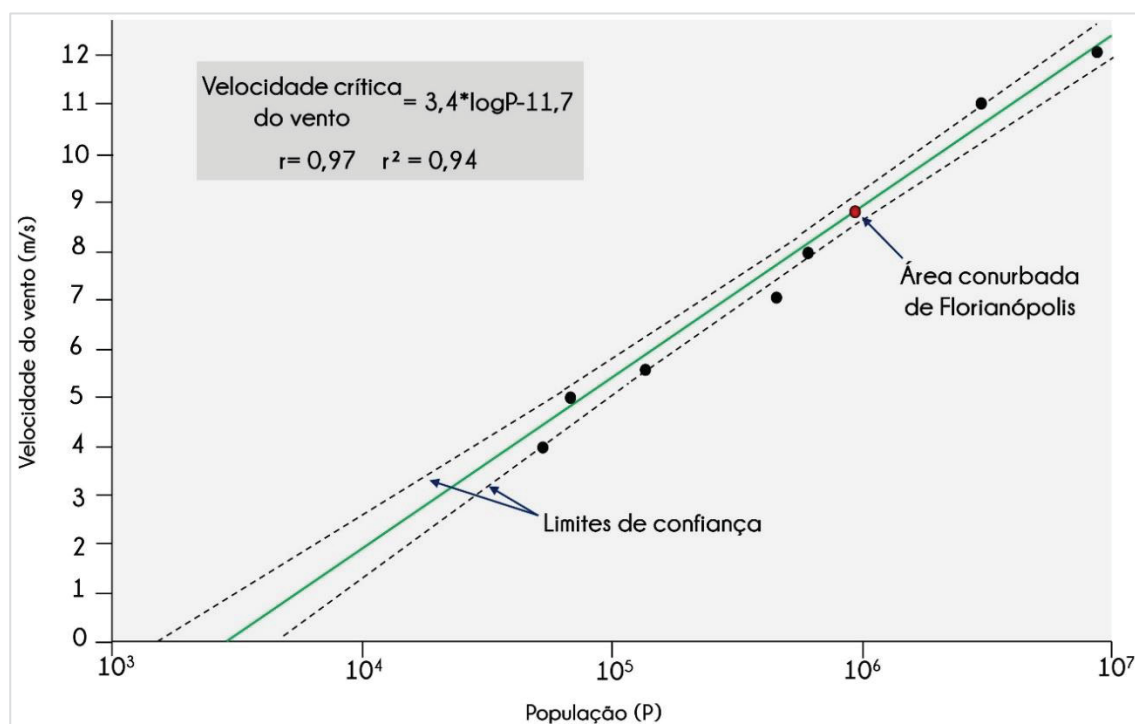


FONTE: Elaborado pela autora (2020)

Notou-se que para a classe de ICU fraca houve registros (desconsiderando os outliers) de ventos de até no máximo 8,2 m/s, e este valor só decresce conforme as classes de ICU mais altas; para classe média o máximo foi de 7,7 m/s, para forte 5,7 m/s e muito forte 5,3 m/s. Salieta-se que a mesma relação ocorreu para as medianas e para as diferenças interquartílicas, que foram menores conforme o aumento da magnitude da ICU. Os registros negativos da diferença do ponto urbano para o rural (classe ausente ou ilha de frescor) ocorreram tanto em ventos fracos quanto nos ventos mais fortes de toda a série.

Oke & Hannel (1970) propuseram uma equação para calcular a velocidade crítica do vento, ou seja, velocidade em que a intensidade de ICU se anularia ou seria desconfigurada ([figura 85](#)). Para a cidade de Vancouver (Canadá), por exemplo, Oke (1976) encontrou esse valor em aproximadamente 9 m/s.

FIGURA 85 – RELAÇÃO ENTRE O TAMANHO DA CIDADE (P) E A VELOCIDADE CRÍTICA DO VENTO PARA A ELIMINAÇÃO DO EFEITO DA ILHA DE CALOR URBANA



FONTE: Adaptado de Oke & Hannel (1970)

Para a área conurbada de Florianópolis aplicou-se a equação considerando a estimativa populacional do IBGE (2018) para os quatro municípios, totalizando 971.621 habitantes. O resultado encontrado da velocidade crítica do vento foi de 8,8 m/s, que está em conformidade em outras cidades ([quadro 11](#)), especialmente as litorâneas.

QUADRO 11 – VELOCIDADES CRÍTICAS DO VENTO PARA A ICU EM ALGUMAS CIDADES DO GLOBO

| Velocidade crítica do vento (m/s) | Cidade (País) | Litoral | Referência do estudo |
|-----------------------------------|-------------------------------|----------|------------------------------|
| 12,1 | Incheon (Coréia do Sul) | X | Kim & Baik (2004) |
| 10,9 | Busan (Coréia do Sul) | X | Kim & Baik (2004) |
| 9,4 | Buenos Aires (Argentina) | X | Camilloni & Barrucand (2012) |
| 8,8 | Florianópolis (Brasil) | X | Esta tese |
| 8 | Lisboa (Portugal) | X | Lopes <i>et. al.</i> (2013) |
| 7,8 | Aracajú (Brasil) | X | Anjos (2017) |
| 7 | Salamanca (Espanha) | | Alonso <i>et al.</i> (2007) |
| 7 | Seoul (Coréia do Sul) | | Kim & Baik (2004) |
| 6,4 | Daejeon (Coréia do Sul) | | Kim & Baik (2004) |

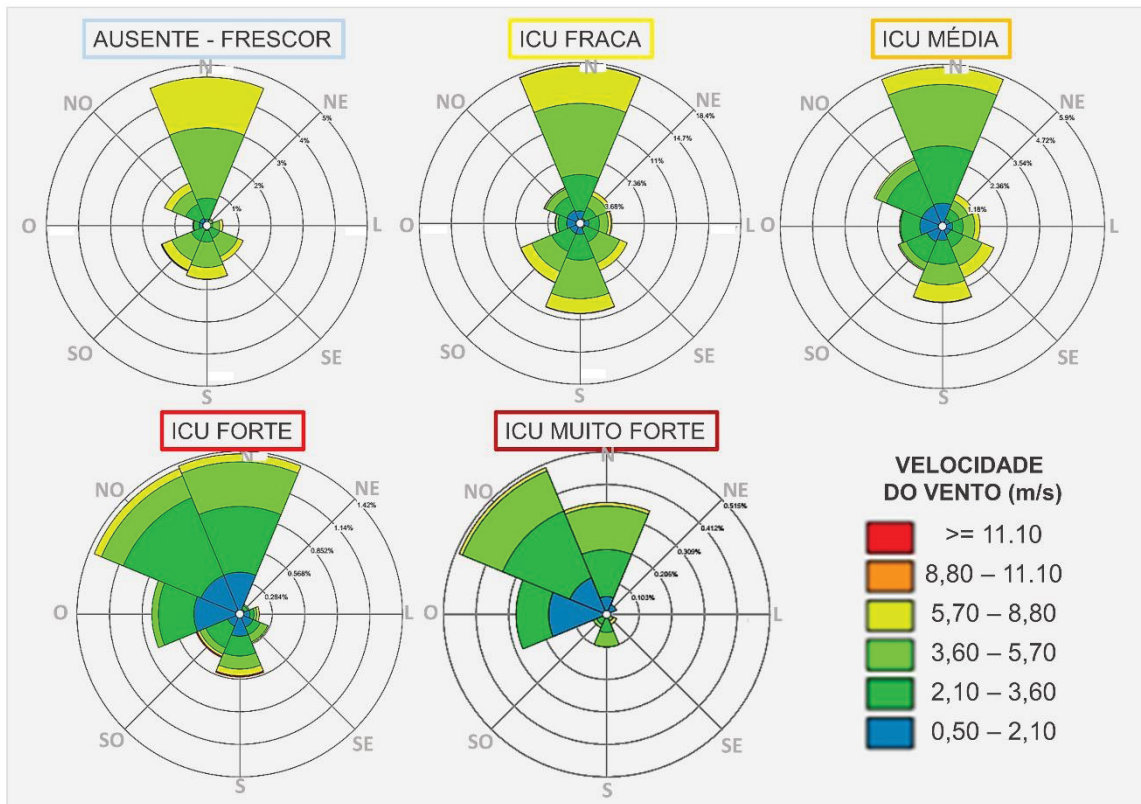
FONTE: Adaptado de Anjos (2017)

Por mais que haja uma compatibilidade da velocidade crítica do vento em Florianópolis com as demais cidades apresentadas no quadro acima, pondera-se a necessidade da precaução na comparação, uma vez que os métodos, equipamentos e período de análise utilizados pelos autores se diferem entre si. De qualquer maneira, o valor encontrado para a área de estudo caracteriza um dos componentes atmosféricos contributivos para o desenvolvimento da ICU.

Além da velocidade do vento, a direção pode indicar a relação dos fluxos locais, provenientes especialmente do mar e da terra, ou seja, as brisas, com a formação da ICU. Como apontado nos tópicos anteriores, a direção predominante na área de estudo é a norte, decorrente principalmente da circulação do ASAS, seguido por ventos de sul, referente aos sistemas de baixa pressão que atuam na região.

No entanto, durante o dia observou-se também o protagonismo dos ventos de quadrante leste, enquanto a noite os de quadrante oeste, indicando a presença das brisas marítimas e terrestres, respectivamente. A [figura 86](#) apresenta a rosa dos ventos a partir de dados horários conforme as classes de magnitude de ICU.

FIGURA 86 – DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO CONFORME AS CLASSES DE MAGNITUDE DA ICU



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

Posto que as maiores intensidades de ICU foram mais evidentes no período noturno, a [figura 86](#) representa a conformidade com esta constatação em virtude do aumento da parcela (da ICU fraca até a muito forte) dos fluxos de oeste e noroeste, relacionados à atuação da brisa terrestre.

Nesse contexto, observa-se na rosa dos ventos da classe ICU “muito forte” que a maior porção é dada aos ventos de noroeste, enquanto que pra “fraca”, por exemplo, a mesma direção não apareceu como uma das mais frequentes. Da mesma forma, os fluxos de leste foram praticamente ausentes nas ocorrências de ICU de classe forte e muito forte.

Em suma, constatou-se que o período de atuação das brisas marítimas, tipicamente diurno e com ventos mais fortes, tende a não favorecer a formação de ICU de maior magnitude e ainda por vezes produz gradientes de temperatura negativos entre o ambiente urbano e rural. Durante a noite, com o fluxo inverso e de menor intensidade, a ICU toma forma e dificilmente é desconfigurada.

De todo modo, não é possível explicar a configuração desse fenômeno climático urbano somente pela análise do vento (vide por exemplo a baixa correlação estatística encontrada), mesmo que para uma área de estudo litorânea como a desta tese, pois há outros fatores que podem e devem ser considerados e estes serão discutidos nos próximos tópicos.

9.2A ICU E A ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA

As relações entre ICU e estabilidade atmosférica foram analisadas conforme modelo PGT (descrito no [tópico 7.2](#) do capítulo 7) e parte dos resultados apresentados foram publicados ao longo do andamento desta pesquisa (vide Rocha *et al.*, 2020).

A aplicação do modelo PGT resultou na composição de duas classes de estabilidade para cada dia: uma para o período diurno e outra para o noturno. O arranjo possível é de 28 combinações, isso considerando 7 classes para o dia e 4 para a noite e cada um desses arranjos foi denominado de “dia-tipo”. Para esta pesquisa, encontrou-se 22 dias-tipo ([tabela 14](#)).

TABELA 14 – CLASSIFICAÇÃO DOS DIAS CONFORME O MODELO PGT E AS INTENSIDADES DA ICU

| Tipo | Diurno | Noturno | Dias | % Dias | ICU média (°C) | <=0 -2°C | 2 – 4°C | 4 – 6°C | >6°C | ICU >=4°C |
|-------|--------|---------|------|--------|----------------|---------------------|-----------|-----------|-----------------|-----------|
| | | | | | | ICU Fraca + Ausente | ICU Média | ICU Forte | ICU Muito forte | |
| 1 | A-B | G-F | 2 | 0,5 | 1,8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | B | G-F | 34 | 9,3 | 3,5 | 8 | 13 | 9 | 4 | 13 |
| 3 | B-C | G-F | 28 | 7,7 | 3,3 | 6 | 13 | 9 | 0 | 9 |
| 4 | C | G-F | 13 | 3,6 | 3,1 | 4 | 5 | 4 | 0 | 4 |
| 5 | C-D | G-F | 2 | 0,5 | 5,3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 6 | D | G-F | 2 | 0,5 | 2,8 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | A-B | F | 2 | 0,5 | 3,4 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 8 | B | F | 27 | 7,4 | 2,8 | 10 | 11 | 5 | 1 | 6 |
| 9 | B-C | F | 29 | 7,9 | 2,8 | 12 | 11 | 3 | 3 | 6 |
| 10 | C | F | 36 | 9,9 | 1,9 | 23 | 11 | 2 | 0 | 2 |
| 11 | C-D | F | 4 | 1,1 | 3,0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 |
| 12 | D | F | 8 | 2,2 | 3,2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 |
| 13 | B | E | 26 | 7,1 | 2,0 | 15 | 9 | 2 | 0 | 2 |
| 14 | B-C | E | 29 | 7,9 | 2,2 | 17 | 9 | 0 | 3 | 3 |
| 15 | C | E | 30 | 8,2 | 2,0 | 14 | 14 | 2 | 0 | 2 |
| 16 | C-D | E | 15 | 4,1 | 2,9 | 7 | 4 | 2 | 2 | 4 |
| 17 | D | E | 6 | 1,6 | 2,3 | 2 | 3 | 1 | 0 | 1 |
| 18 | B | D | 8 | 2,2 | 1,0 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | B-C | D | 17 | 4,7 | 1,4 | 13 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | C | D | 29 | 7,9 | 1,1 | 26 | 2 | 1 | 0 | 1 |
| 21 | C-D | D | 8 | 2,2 | 2,0 | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | D | D | 10 | 2,7 | 1,3 | 8 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| TOTAL | | | 365 | 100 | 2,5 | 182 | 122 | 46 | 15 | 61 |

FONTE: Elaborado pela autora (2020)

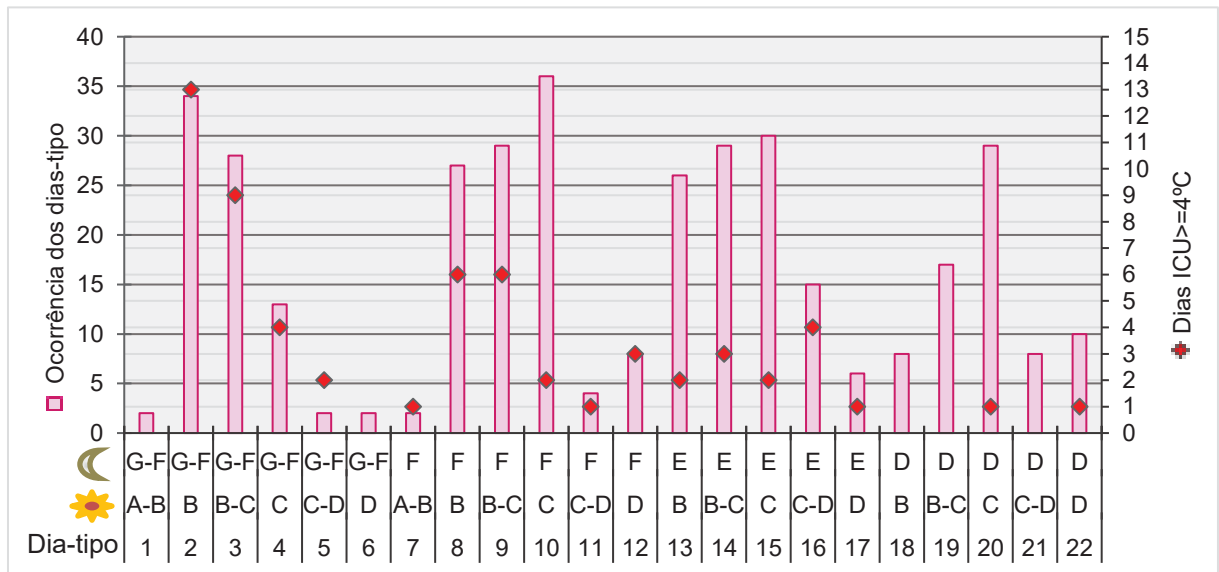
Faz-se importante salientar que nesta análise foram utilizados os dados de ICU diária (diferenças entre as mínimas diárias do ponto de referência urbano do ponto de referência rural). E assim como a relação com a precipitação (descrita no capítulo 8, [tópico 8.3](#)), correlacionou-se os parâmetros diurno e noturno usados pelo PGT com a ICU do dia posterior, já que que ICU na escala diária representa os contrastes térmicos ocorridos no período noturno.

O dia-tipo com a maior porcentagem de ocorrência foi o 10 com 9,9% do período, sendo que foram 36 dias de combinação “C-F”, pouco estável no período diurno e extremamente estável no noturno. No entanto, a média da ICU não foi uma das maiores: 1,9°C. Nesse dia-tipo, 34 dias apresentaram ICU inferior a 4°C (ICU fraca e média) e somente 2 dias com ICU forte.

A maior média foi de 5,3°C encontrada dia-tipo 5, com classe C-D diurno (pouco instável) e G-F noturno (condições extremamente estáveis). No entanto este dia-tipo ocorreu somente duas vezes ao longo do ano.

Inseriu-se uma coluna na [tabela 14](#) a ICU acima de 4°C (inclui as classes de magnitude “ICU forte” e “ICU muito forte”) a fim de avaliar os casos mais significativos do fenômeno. A [figura 87](#) mostra a ocorrência dos dias-tipo (em dias) durante o período de monitoramento em conjunto com os registros de ICU iguais ou superiores a 4°C.

FIGURA 87 – OCORRÊNCIA DOS DIAS-TIPO DE ESTABILIDADE E DIAS DE ICU>=4



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

A [figura 87](#) demonstra que a maior ocorrência absoluta de dias com ICU igual ou acima de 4°C foi para o dia-tipo 2, no qual 12 dos 34 dias foram caracterizadas por superar esse patamar de magnitude, que em números relativos isso corresponde a 38%. Neste dia-tipo, o período noturno é marcado pela classe de maior estabilidade (G-F) enquanto que o diurno por ser classificado como “moderadamente instável”.

Ao considerar a relação entre as ICU igual ou superior a 4°C e a classificação do período noturno, percebeu-se que quanto maior a estabilidade, maior a porcentagem de ocorrência da ICU nesta magnitude. Para a classe “D”, estabilidade neutra, somente em duas de 72 ocorrências houve ICU forte e muito forte, ou seja 2,8%. Para a classe “E”, moderadamente estável, esse número subiu para 11%; para a classe “F”, extremamente estável, o percentual é ainda maior, 17,9%. Mas foi na classe “G-F”, em que as condições noturnas são extremamente estáveis com baixa velocidade do ar, na qual se obteve a maior porcentagem, 36,4%.

O tipo de resultado descrito acima corrobora, de certa maneira, com a literatura clássica da ICU, em que aponta que no período noturno há um favorecimento ao desenvolvimento da ICU, especialmente quando marcado por uma estabilidade e ventos fracos.

No entanto, verificou-se que houve situações em que se tinham condições extremamente estáveis a noite, mas que não ocorreu nenhum registro de ICU de magnitude significativa (igual ou acima de 4°C), que foi o caso dos dias-tipo 1 e 6, totalizando 4 dias do período, a saber: 19/09/2018 e 09/10/2018 (Dias-tipo 1), 24/11/2018 e 18/12/2018 (Dias-tipo 6).

Kruger & Emmanuel (2013) aplicaram o modelo PGT para Glasglow (Escócia-Reino Unido) e encontraram ICU de maior magnitude em dia-tipo classificado como A-F (instável durante o dia e extremamente estável a noite), em que a média da intensidade foi de 2,6°C. Para a área conurbada de Florianópolis, a classe somente “A” não ocorreu, isto em razão da maior frequência de ventos acima de 2 m/s. E ainda sobre o trabalho em Glasglow, os autores constataram que quanto mais alta a classe de estabilidade maior tende a ser a ICU.

Dois estudos no Brasil também aplicaram o modelo PGT: Masiero & Souza (2014) e Krüger & Rossi (2015). Os primeiros autores analisaram São José do Rio Preto (São Paulo) e os outros autores, Curitiba (Paraná). Na cidade paulista os pesquisadores usaram do PGT para avaliar as diferenças térmicas horárias encontradas entre os ambientes urbanos e rural. Masiero & Souza (2014) identificaram que em condições de instabilidade atmosférica a diferença da temperatura foi 2°C menor que em condições estáveis.

Para a capital paranaense, Krüger & Rossi (2015) constataram que as maiores médias de intensidade diária de ICU ocorreram no dia tipo “B-F”. Neste caso o período

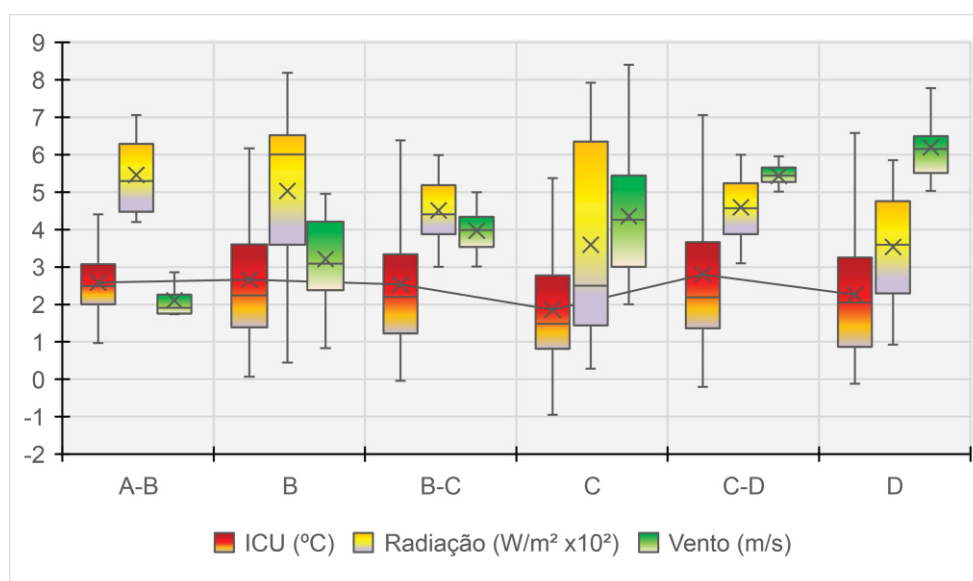
diurno é marcado por condições de instabilidade moderada e o noturno por estabilidade extrema.

Em suma, os trabalhos citados reafirmam a relação entre uma maior estabilidade da atmosfera com o aumento da magnitude da ICU. A fim de compreender a combinação dos parâmetros por trás da classificação obtida pelo modelo PGT, analisou-se em detalhes os dois turnos.

9.2.1 Os parâmetros diurnos e noturnos: radiação, vento e nebulosidade

A análise isolada do turno diurno mostrou que não ocorreu variações significativas da média da intensidade da ICU quando se compara da classe mais instável (no caso, A-B) até a classe mais estável (classe D). Na [figura 88](#) pode-se notar que a linha média da magnitude da ICU permanece no intervalo entre 1,8 e 3°C.

FIGURA 88 – VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS OBSERVADOS PARA AS CLASSES PGT NO PERÍODO DIURNO E A ICU



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

Para a classe de maior instabilidade identificada (A-B) no período de monitoramento, os ventos foram fracos (média de 2,1m/s) ao passo que para a de maior estabilidade, a média da velocidade do vento foi de 6,2 m/s. Já para a radiação ocorreu o contrário: para o grupo A-B a média foi de 546W/m², e no D 352W/m².

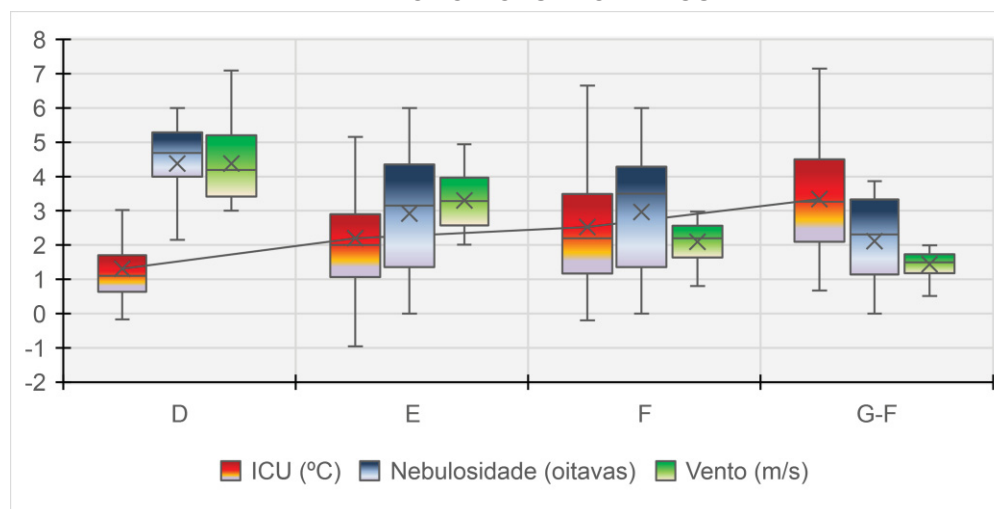
Isso quer dizer que o grupo A-B, teoricamente, a respeito dos parâmetros, reuniria melhores condições para o desenvolvimento da ICU: ventos fracos e alta radiação, que indicaria menor presença de nuvens. Todavia, a diferença da média de

magnitude de ICU entre a classe A-B e a D, foi de apenas 0,3°C. Embora a A-B apresente a maior média da ICU, foi na classe D em que se registrou o maior valor máximo.

De qualquer forma, os limiares dos parâmetros das classes do modelo PGT para o período diurno induziriam à hipótese de que uma atmosfera mais instável teria maior chance de produzir uma ICU de maior intensidade, uma vez que as classes mais instáveis estão ligadas a velocidades baixas do vento e maior quantidade de radiação solar. Contudo, a análise isolada do turno do dia indicou que essa relação não foi constatada para o caso estudado.

Já para o período noturno, encontrou-se uma relação próxima entre o aumento da intensidade da ICU e os parâmetros empregados, neste caso, o vento e a nebulosidade. A [figura 89](#) demonstra que a classe mais estável (G-F) foi a que apresentou a maior média de ICU (3,3°C), assim como as menores médias de nebulosidade (2,1) e da velocidade do vento (1,4 m/s). Do outro lado, a classe menos estável, obteve a menor intensidade média da ICU (1,3°C) e maiores médias de velocidade do vento (4,4 m/s) e nebulosidade (4,4).

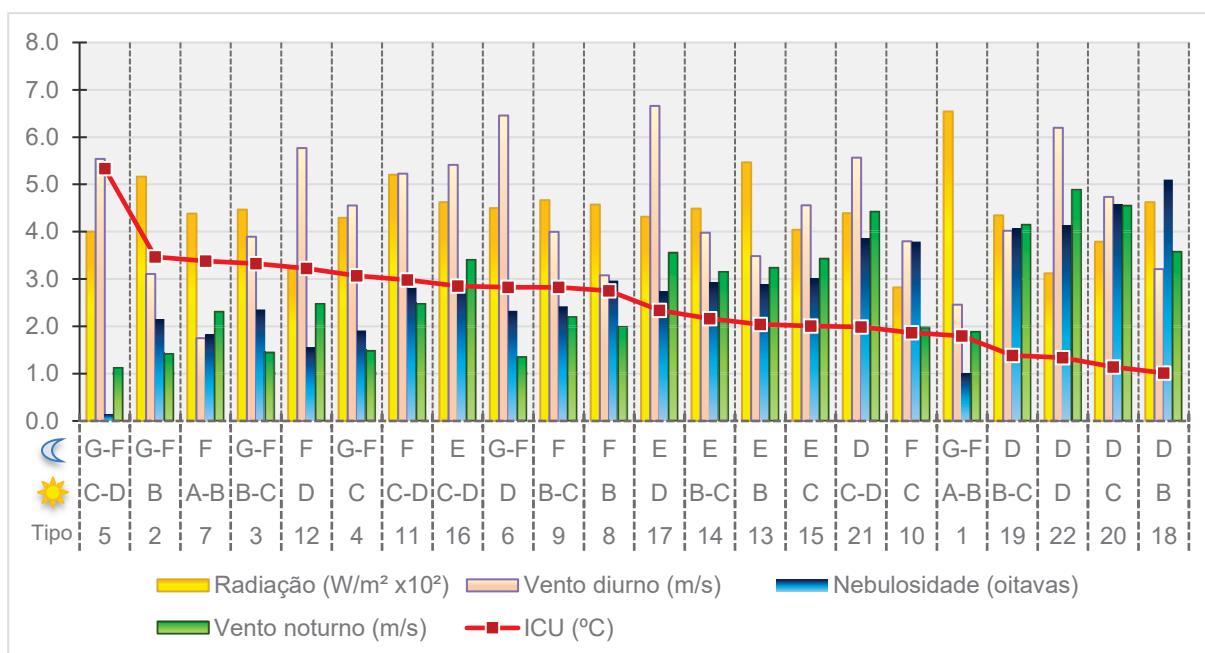
FIGURA 89 – VARIACÃO DOS PARÂMETROS OBSERVADOS PARA AS CLASSES PGT NO PERÍODO NOTURNO E A ICU



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

Como exposto anteriormente, para a composição dos dias-tipo utiliza-se a classificação a partir dos parâmetros diurnos com os noturnos. A [figura 90](#) exibe a média decrescente da intensidade da ilha de calor urbana conforme os dias tipo e as variáveis usadas no modelo PGT.

FIGURA 90 – INTENSIDADE DA ICU DIÁRIA MÉDIA X PARÂMETROS DA CLASSIFICAÇÃO PGT



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

Constatou-se que as condições noturnas são necessárias para formação e intensificação da ICU, no entanto, não são suficientes para explicar o fenômeno como um todo. No período diurno a relação ICU e estabilidade não é evidente (figura 90), por exemplo, a classe de estabilidade neutra (D) ocupou a 5ª posição (dia-tipo 12) na maior média de ICU. Mas, no período noturno, em que há classes com maior estabilidade, a mesma classe D ficou em 19ª posição (dia-tipo 22) de maior intensidade da ICU.

Também se verificou que nas classes de estabilidade (E, F e G-F) há uma probabilidade maior da ocorrência de ICU de magnitude forte ou muito forte. Por exemplo, na classe mais estável de todas, a G-F (Condições noturnas extremamente estáveis com baixa velocidade do ar) a probabilidade é de aproximadamente 1 a cada 3 ocorrências classificadas assim tenham uma ICU de magnitude forte (34,6%). Diminuindo um pouco a estabilidade, na classe F a probabilidade da ocorrência de uma ICU forte ou muito forte cai para 18%.

Para caracterizar estatisticamente a relação entre os parâmetros empregados no modelo PGT e a intensidade da ICU, realizou-se a correlação de *Pearson* para cada variável (tabela 15, figura 91). Os resultados obtidos apontaram para uma contribuição praticamente nula da velocidade do vento durante o dia ($r=0,03$) (figura 91A) e para o mesmo período a radiação também teve uma correlação com magnitude

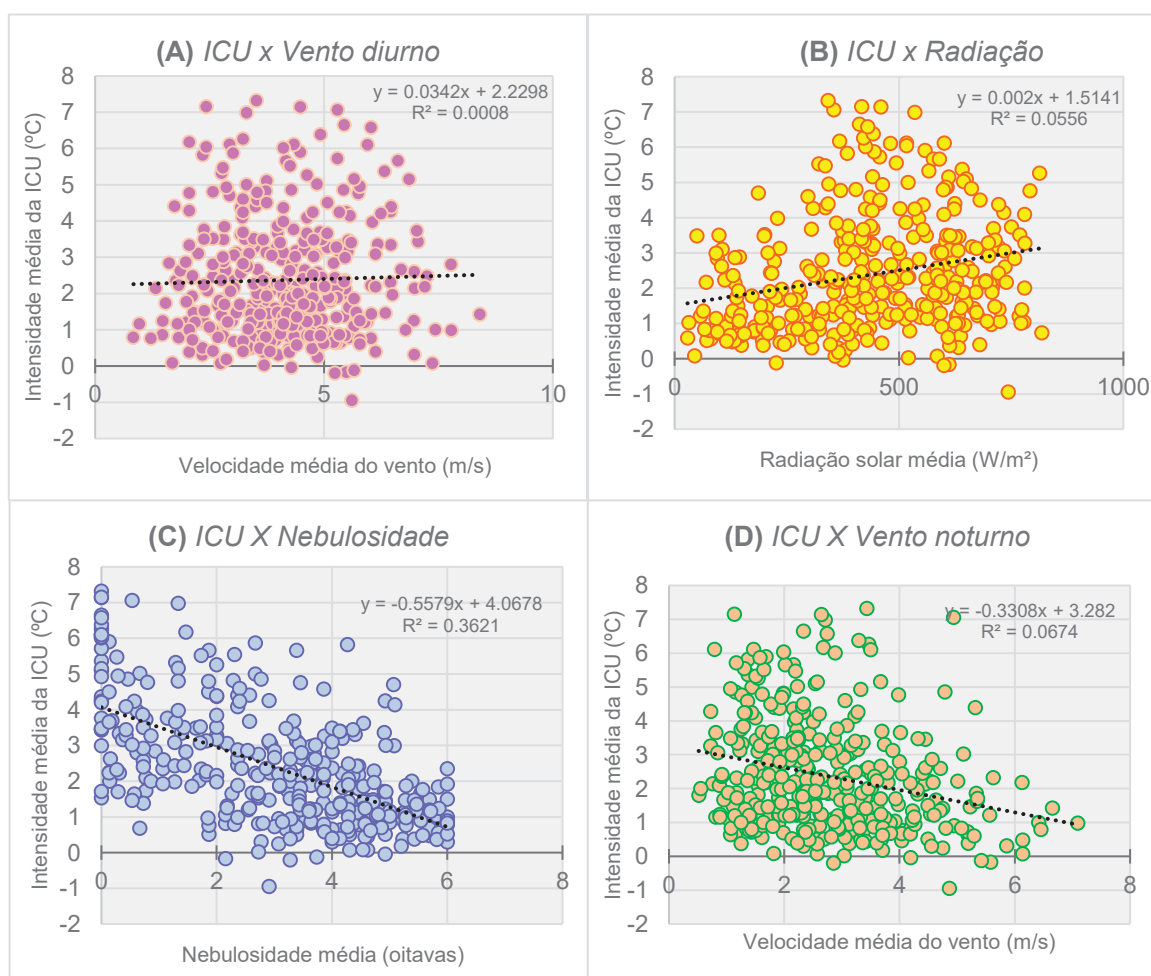
da ICU muito baixa ($r=0,24$) ([figura 91B](#)). Contudo, para o período noturno, como esperado, os resultados foram mais promissores: a correlação obtida com a nebulosidade foi de $-0,6$ ([figura 91C](#)), o que significa que quanto maior a cobertura de nuvens, menor tende a ser a intensidade da ICU. Para o vento noturno ([figura 91D](#)), a correlação também se estabeleceu de forma negativa, porém com menor peso, $r=-0,25$.

TABELA 15 –CORRELAÇÃO ENTRE A MAGNITUDE DA ICU E AS VARIÁVEIS USADAS EM CADA TURNO NO MODELO PGT

| Turno | Parâmetros | Correlação de Pearson (r) | Coefficiente de determinação (r^2) |
|---------|---------------------|---------------------------|--|
| Diurno | Radiação | +0,24 | 0,06 |
| | Velocidade do vento | +0,03 | 0,00 |
| Noturno | Nebulosidade | -0,60 | 0,36 |
| | Velocidade do vento | -0,25 | 0,07 |

FONTE: Elaborado pela autora (2020)

FIGURA 91 – GRÁFICOS DE CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE A ICU DIÁRIA MÉDIA E AS VARIÁVEIS USADAS NO MODELO PGT



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

Aplicou-se a regressão linear múltipla para analisar as estatísticas do modelo e seus parâmetros em conjuntos. Na equação abaixo o “ Y' ” é definida pela temperatura estimada da ICU, “ β_n ” os parâmetros do modelo a serem determinados, “ x_n ” os parâmetros adotados na classificação PGT e “ ε ” representa os resíduos da equação.

$$Y' = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n + \varepsilon$$

Portanto, a regressão se expressou pela equação:

$$ICU = 4,40 + 7,55 * Ra + 1,29 * Vd - 0,5 * Nb - 0,3 * Vn$$

Na qual ICU é a magnitude da ilha de calor urbana; Ra a radiação diária; Vd é o vento no turno diurno; Nb é a nebulosidade no turno noturno; Vn é o vento do turno noturno.

Os resultados da regressão linear múltipla indicaram uma correlação global ajustada de $r=0,65$ e r^2 ajustado= $0,42$, assim sendo, o conjunto de variáveis utilizadas no modelo PGT explicou 42% das variações da intensidade da ICU.

Desta maneira, destaca-se a importância de cautela na utilização do modelo PGT como ferramenta de previsão da intensidade da ICU na área conurbada de Florianópolis, pois os dias-tipo classificados neste estudo não se relacionam de forma satisfatória para explicar a anomalia térmica encontrada entre os ambientes urbanos e rurais.

Contudo, ao observar os parâmetros usados, constatou-se que as variáveis noturnas têm mais peso do que as características do dia anterior. Embora sejam necessárias condições estáveis durante a noite para a formação da ICU, elas não são, no entanto, suficientes para explicar o fenômeno como um todo. A análise do ritmo climático ([tópico 9.3](#)) pode ser um indicativo relevante para compreensão da estabilidade e da formação da ICU, uma vez que os sistemas atmosféricos são os responsáveis por impor a condição estável ou instável do ar.

9.3 A ICU E OS TIPOS DE TEMPO

Algumas pesquisas de ICU têm incorporado em suas análises as condições sinóticas da atmosfera para a melhor compreensão do fenômeno e especialmente no Brasil se destaca a utilização da técnica da análise rítmica para caracterizar o período investigado ou partes dele (MENDONÇA, 1995; FIALHO, 2009; ANJOS, 2014; SCHMITZ, 2014; GOMES, 2017; entre outros).

Especificamente para a mesma área de estudo desta tese, Mendonça (2002) verificou em Florianópolis que as maiores magnitudes de ICU foram registradas em dias sob atuação da mPa. Em um dos pontos de medição urbana a autora registrou um contraste térmico com o ponto rural que chegou a 9,3°C em um dia de primavera. A mesma autora também encontrou diferenças de até 5,2°C na passagem de uma frente fria no inverno.

O objetivo deste tópico é sistematizar e relacionar os sistemas atmosféricos ou tipos de tempo com a formação e intensidade da ICU, utilizando-se da técnica da análise rítmica ([Apêndice D](#)) detalhada no capítulo VII, [tópico 7.1](#) que trata dos procedimentos de análise temporal e espacial do fenômeno.

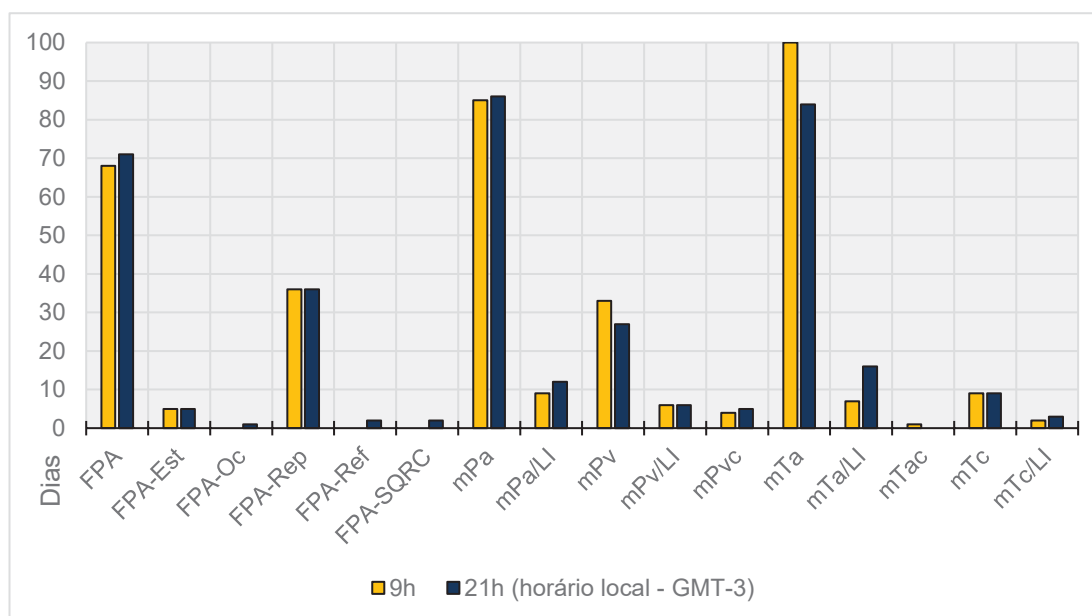
9.3.1 Síntese dos sistemas atmosféricos no período-recorte e a ICU

Durante o período de um ano (agosto de 2018 a julho de 2019) constatou-se três sistemas atmosféricos mais atuantes na área de estudo: a Frente Polar Atlântica (FPA), a Massa Polar Atlântica (mPa) e a Massa Tropical Atlântica (mTa) ([figura 92](#)). Para as 9 horas da manhã (12 UTC), 100 dias (27,4%) foram registradas o domínio da mTa, em 85 dias (23,3%) a mPa e 68 dias (18,6%) a FPA. Em contrapartida, à noite, as 21h (0 UTC), a atuação da mPa (23,6%) superou a mTa (23%) e a FPA contou com 71 noites de registro (19,5%). Assim, de maneira geral, pode-se afirmar que não houve diferenças relevantes dos principais sistemas nas duas horas analisadas.

Destaca-se que os três sistemas supracitados também foram classificados por suas variações. Para a FPA foram registradas também a FPA-Est (Estacionária) com 5 casos em ambos horários de análise (representando 1,4% para cada); a FPA-Oc (Oclusa) atuou somente uma vez as 21h (0,3%); a FPA-Rep (Repercussão) foi presente em 36 dias as 9h e também as 21h (9,9% para ambos horários); e a FPA-

Ref (Reflexa) e FPA-SQRC (Setor quente de retorno no continente) atuaram somente duas vezes cada uma as 21h (0,5%).

FIGURA 92 – GRÁFICO DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES AS 9H E 21H (LOCAL) DURANTE O PERÍODO-RECORTE (AGO 2018 À JUL 2019) PARA FLORIANÓPOLIS-SC



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

Para a mPa também foram verificadas as variações como a presença de linha de instabilidade (LI), ou seja, mPa/LI, que foi o caso de 9 registros as 9h e as 21h (2,5 e 3,3% respectivamente) proporcionando na maioria dos casos a ocorrência de precipitação, o que não é habitual quando a mPa atua sozinha.

Quando a mPa perde suas características de origem e modifica suas propriedades pode se tornar uma Massa Polar Velha (mPv) ou também uma Massa Polar Velha Continentalizada (mPvc), quando a atuação se dá no continente. Neste contexto, verificou-se 33 (9%) registros de mPv as 21h e 27 registros as 21h (7,4%). Ocorreu a mPv/LI em somente 6 registros para as 9h e para as 21h (1,6% para cada). A mPvc foi classificada apenas 4 vezes (1,1%) as 9h e 5 vezes (1,4%) as 21h.

E assim como a mPa, a mTa também esteve associada à linha de instabilidade (mTa/LI) e se continentalizou (mTac). Os registros de mTa/LI foram maiores para as 21h, com 16 ocorrências (4,4%) e 7 ocorrências para as 9h (1,9%). Já a mTac só atuou em um dia, as 9h (0,3%).

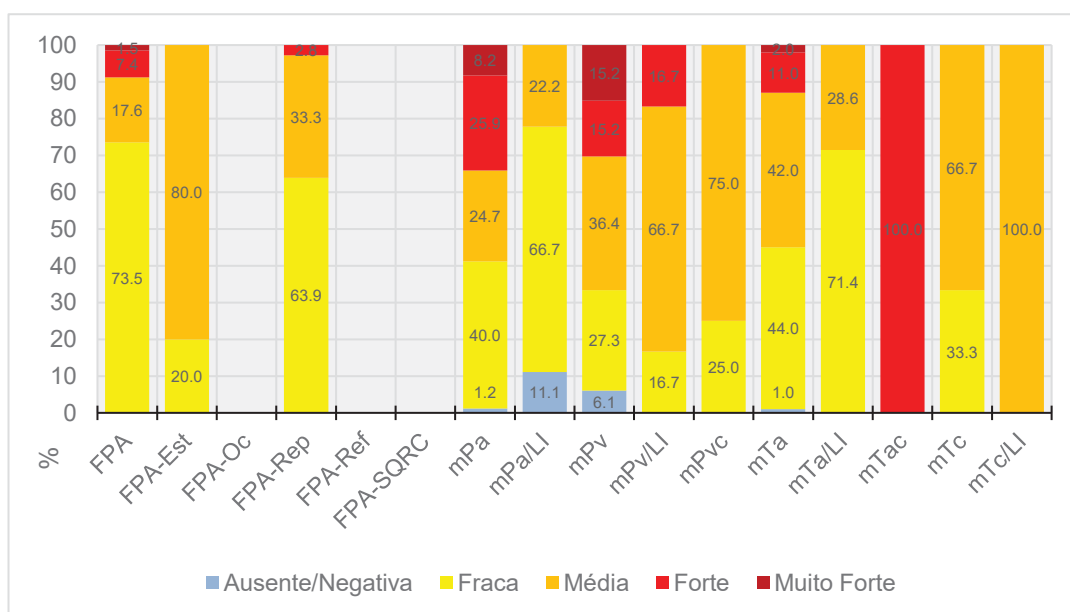
A participação da Massa Tropical Continental (mTc) nos tipos de tempo na área de estudo foi muito baixa: registrou-se 9 ocorrências em cada horário (2,5%). Essa

massa, tipicamente seca, associada à linha de instabilidade (mTc/LI) esteve presente apenas 2 vezes as 9h (0,5%) e 3 vezes as 21h (0,8%).

O [tópico 9.2](#) trouxe evidências de que as condições noturnas são mais preponderantes para a formação da ICU. Além disso, a ausência de nebulosidade se mostrou, dentre os demais parâmetros do modelo PGT, a variável de maior peso para o delineamento do fenômeno. Nesse âmbito, espera-se que os sistemas atmosféricos associados a tempo seco e sem nuvens, tais como mPa e mTc estejam ligadas às magnitudes mais altas de ICU.

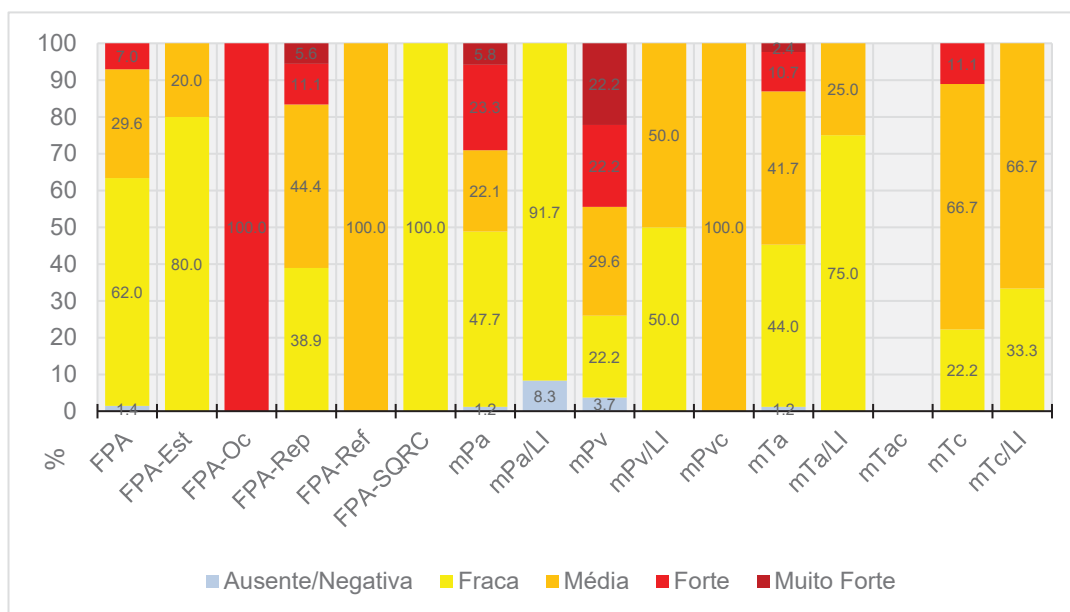
Para compreender tal relação, fez-se a contagem de ocorrência de cada sistema atmosférico para as classes de magnitude da ICU para as 9h ([figura 93](#)) e as 21h ([figura 94](#)). Calculou-se a frequência a partir de dados de ICU diária e a classificação pela análise rítmica do dia anterior, assim como feito para precipitação e estabilidade em tópicos precedentes.

FIGURA 93 – SISTEMAS ATMOSFÉRICOS AS 9H E CLASSES DE MAGNITUDE DE ICU DIÁRIA



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

FIGURA 94 – SISTEMAS ATMOSFÉRICOS AS 21H E CLASSES DE MAGNITUDE DE ICU DIÁRIA



FONTE: Elaborado pela autora (2020)

Considerando os três sistemas de maior atuação no período, a mTa, FPA e mPa, foi na passagem da massa polar em que se registrou o maior percentual de ICU superior a 4°C dentre as demais. Nas atuações da mPa identificadas as 9h, 34,1% da ICU foram de intensidade forte ou muito forte, para as 21h o valor foi de 29,1%. No entanto, dentro desse contexto, destaca-se a mPv, em que 44% dos registros de sua passagem à noite (21h) ocorreu ICU forte ou muito forte.

Interessante observar que na presença de linha de instabilidade associada à mPa ou mPv, não houve ocorrência de ICU de magnitude muito forte. Somente em 16,7% dos casos diurnos (as 9h) de mPv/LI a ICU registrada foi classificada como forte. Além disso, os percentuais de ilha de frescor (ICU<0) são os maiores dentre todos os sistemas quando ocorreu a associação mPa/Li (11,1% para 9h e 8,3% para 21h).

Em 13% dos casos de domínio da mTa, tanto para 9h quanto para 21h, registrou-se ICU acima de 4°C, já quando associada a LI, não há nenhuma ocorrência de magnitude nessa plataforma.

Na passagem de frente polar atlântica, conhecida como frente fria, a porcentagem de ocorrência de ICU de magnitude forte e muito forte diminui consideravelmente. Nos dias em que houve registro desse sistema as 9h, em 8,8% verificou-se ICU maior que 4°C, enquanto que para 21h o percentual foi de 7%. Vale

ressaltar que das variantes da FPA, somente no tipo repercussão na classificação das 21h é que ocorreu a maior porcentagem de ICU forte e muito forte (16,7%).

Sistematizou-se ([tabela 16](#)) a combinação dos sistemas atmosféricos que ocorreram tanto as 9h quanto as 21h e o registro de ICU superior a 4°C durante todo o período. O resultado ratificou o exposto nas análises horárias realizadas mesmo que separadamente. O destaque deu-se para dias em que a mPa prevaleceu nos dois horários, e essa combinação rendeu 20 ocorrências da ICU acima de 4°C.

TABELA 16 – COMBINAÇÃO DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS DAS 9H E 21 E OCORRÊNCIA DE ICU >4°C

| 9h \ 21h | FPA | FPA-Est | FPA-Oc | FPA-Rep | FPA-Ref | FPA-SQRC | mPa | mPa/LI | mPv | mPv/LI | mPvc | mTa | mTa/LI | mTac | mTc | mTc/LI |
|----------|-----|---------|--------|---------|---------|----------|-----|--------|-----|--------|------|-----|--------|------|-----|--------|
| FPA | 1 | - | - | - | - | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| FPA-Est | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| FPA-Oc | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| FPA-Rep | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| FPA-Ref | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| FPA-SQRC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| mPa | 1 | - | 1 | 1 | - | - | 20 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | - |
| mPa/LI | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| mPv | - | - | - | 2 | - | - | - | - | 5 | - | - | 3 | - | - | - | - |
| mPv/LI | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| mPvc | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| mTa | 2 | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 8 | - | - | - | - |
| mTa/LI | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| mTac | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - |
| mTc | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| mTc/LI | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

FONTE: Elaborado pela autora (2021)

Para conhecer as especificidades das repercussões dos sistemas atmosféricos e as relações com o fenômeno da ICU, fez-se uma síntese mensal (vide [apêndice E](#)). A análise dos meses reforçou a constatação de que em dias de domínio da massa de ar polar, a ICU tende a se manifestar com maior intensidade. Além disso, os eventos de ICU superior a 4°C durante a passagem de uma frente fria foram mais raros.

Pontua-se a presença de um bloqueio atmosférico (mTa atuante) entre os dias 12 e 17 de junho. Nesse período, mesmo com céu claro e ausência de precipitação, a magnitude da ICU ficou entre as classes fraca e média. Esse evento demonstra que a análise dos tipos de sistemas ou de tempo não explica todas as especificidades ou condicionantes para a ICU.

CAPÍTULO X – ESPACIALIZAÇÃO DA ICU POR REGRESSÃO MÚLTIPLA

As análises qualitativas e quantitativas de ilhas de calor em várias cidades ao redor do mundo têm se mostrado como uma possibilidade para subsidiar processos de planejamento e gestão do espaço urbano, e, portanto, amenizar os efeitos desse fenômeno climático. Para Mendonça (1995),

A abordagem predominantemente meteorológica dos estudos de climas urbanos elaborados até bem recentemente, inclusive por geógrafos, tem revelado a necessidade do aprofundamento de tais estudos na identificação dos fatores determinantes da configuração do clima da cidade. Somente assim é que a tão almejada contribuição do clima ao planejamento urbano poderá se dar de forma mais pragmática pois, a acentuada degradação do ambiente urbano, notadamente nos países não desenvolvidos, e a conseqüente queda da qualidade de vida nos mesmos, exige uma efetiva intervenção na orientação do desenvolvimento das cidades (p.343).

A espacialização da ICU a partir de modelagem climática permite o conhecimento das diferenças térmicas intraurbanas e rurais para além das medidas fixas e/ou móveis usualmente utilizadas nesses casos. Evidentemente, as formas de representação do clima urbano têm sido aprimoradas e vários autores mostraram a necessidade da incorporação de elementos do espaço urbano no modelo, tais como as características de uso e ocupação do solo (OKE, 2004; STEWART e OKE, 2009; FOISSARD et al. 2013; FOISSARD, 2015; AMORIM et al. 2015; GOMES, 2018).

Tal como descrito no capítulo VII [tópico 7.3](#), fez-se a espacialização da ICU através da regressão linear múltipla, selecionando as melhores regressões para incorporar o modelo. Assim como a determinação das variáveis explicativas, na qual foram incluídas as que obtiveram correlações significativas ([apêndices H](#)).

Portanto, nos modelos foram utilizadas as classes de vegetação densa (classe 2), vegetação baixa (classe 3), urbanização (classe 4), urbanização densa (classe 5) e a distância do mar. E para melhor determinar a zona de influência das classes, foram medidas as frequências de cada uma delas a partir de seis janelas de pixels, quais sejam, 5x5 (150 x 150 metros), 7x7 (210 x 210 metros), 9x9 pixels (270 x 270 metros), 13x13 (390 x 390 metros), 17x17 (510 x 510 metros) e 21x21 (630 x 630 metros), sendo escolhidas as com melhor correlação linear com a ICU.

As referidas classes foram extraídas do procedimento de análise do uso do solo a partir de imagem de satélite. Destaca-se que a água (classe 1) e o canal termal da IS não foram usados em nenhum modelo, a primeira por que não foram feitas

medições da temperatura do ar sobre o mar e a segunda por não apresentar correlações estatísticas relevantes.

Afim de relacionar os condicionantes atmosféricos com o desenvolvimento da ICU, modelizou-se conforme quatro critérios: sazonais, ventos, estabilidade atmosférica e tipos de tempo ([quadro 12](#)). O objetivo da utilização dos critérios foi a seleção de dias que pudessem representar o fenômeno da ICU em maiores magnitudes e em situações atmosféricas distintas.

Como exposto nos procedimentos metodológicos dessa pesquisa, utilizou-se as imagens de satélite do sensor *LandSat 8* na modelização, buscando-se a imagem mais próxima da data de representação da ICU, o que é apresentado no [quadro 12](#) como “IS de base”.

QUADRO 12 – DETERMINAÇÃO DOS DIAS DE MODELAGEM CLIMÁTICA DA ICU

| Critério | Características | Dia representativo | ICU diária (°C) | IS de base |
|-------------------------------|--|---------------------------|------------------------|-------------------|
| 10.1 Sazonais | Período com maior precipitação | 05/09/2018 | 6,11 | 06/09/2018 |
| | Período com menor precipitação | 11/07/2019 | 7,15 | 07/07/2019 |
| 10.2 Ventos | Velocidade média diária do vento elevada | 09/08/2018 | 7,06 | 06/09/2018 |
| 10.3 Estabilidade atmosférica | Maior estabilidade atmosférica noturna | 06/08/2018 | 6,11 | 06/09/2018 |
| | Menor estabilidade atmosférica noturna | 21/06/2019 | 4,39 | 07/07/2019 |
| 10.4 Tipos de tempo | Domínio de mPa | 08/07/2019 | 7,14 | 07/07/2019 |
| | Domínio de mTa | 13/08/2018 | 7,32 | 06/09/2018 |
| | Domínio de FPA | 19/06/2019 | 5,52 | 07/07/2019 |

FONTE: Elaborado pela autora (2021)

10.1 DIMENSÃO ESPACIAL DA ICU EM PERÍODOS DE MAIOR E MENOR PRECIPITAÇÃO (SAZONAIS)

Para determinar os dias representativos a partir da sazonalidade, considerou-se a precipitação mais relevante do que a diferenciação pelas quatro estações do ano, uma vez que a ocorrência dessa se mostrou um fator atenuante na intensidade da ICU.

Tendo em vista a distribuição regular das chuvas na área de estudo, selecionou-se dois períodos para a modelagem, um com maior precipitação e outro com menor. Para isso, adaptou-se o método de definição de “anos-padrão” de Nascimento Júnior (2013) para análise mensal.

A classificação baseou-se em quatro percentis extraídos a cada mês de uma série de dados de 39 anos (1980 a 2019). Desta maneira, os meses foram classificados em extremamente secos ($q < 0,10$); secos (entre 0,10 e 0,35); habituais (entre 0,35 e 0,65); chuvosos (entre 0,65 e 0,90); e os extremamente chuvosos ($q > 0,90$) (Vide [apêndice F](#)).

No período-recorte (agosto de 2018 a 2019), três meses foram classificados como “chuvosos”, são eles: setembro de 2018, fevereiro e maio de 2019; três meses denominados como “secos”, a saber: março, junho e julho de 2019; já os meses restantes foram considerados como “habituais”.

Assim, buscou-se entre os meses chuvosos o dia com maior intensidade de ICU e sem a ocorrência de precipitação, sendo escolhido 05/09/2018 como representativo do período de maior precipitação. Dentre os meses classificados como “secos” fez-se o mesmo procedimento, e o dia 11/07/2019 foi selecionado para representar o período de menor precipitação.

10.1.1 Período de maior precipitação: dias representativos 05 e 06/09/2018

Os dias 05 e 06/09/2018 modelizados para representar o período chuvoso ([figura 97](#) e [98](#)) sucederam cinco dias de chuva, marcados pelo domínio de FPA, totalizando um acumulado de 111mm. Mesmo diante desse contexto, a ICU se configurou pela área conurbada.

Verificou-se na primeira hora do modelo, 18h, os sinais de delineamento da ICU com baixa magnitude. Nessa modelagem a distância do mar teve o maior peso

na regressão, indicando que as áreas mais próximas ao mar foram estimadas como as mais quentes ([apêndice H1](#)).

As 21h do dia 05/09 é evidente o aumento da diferença térmica que se reproduziu nos contornos da malha urbana da conurbação, atingindo magnitude de 5 a 6°C. A mesma configuração espacial se mantém até as 6h do dia 06/09, sendo o modelo das 18h (05/09) o que melhor explicou a variabilidade, com $R^2_{ajustado} = 0,85$ ([tabela 17](#)).

TABELA 17 – COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E RAIZ DO ERRO QUADRÁTICO MÉDIO (RMSE) DOS MODELOS DE REGRESSÃO PARA OS DIAS 05 E 06/09/2018

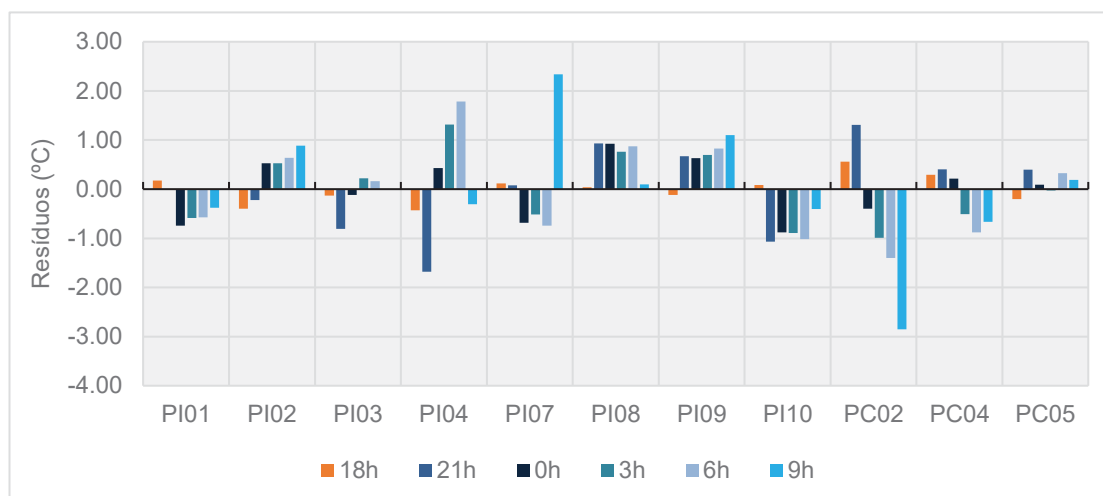
| Data | 05/09/2018 | | | 06/09/2018 | | |
|-------------------------------|------------|------|------|------------|------|------|
| | 18h | 21h | 0h | 3h | 6h | 9h |
| RMSE | 0.38 | 1.27 | 0.79 | 0.98 | 1.28 | 1.53 |
| R² | 0.89 | 0.68 | 0.86 | 0.81 | 0.76 | 0.37 |
| R² ajustado | 0.85 | 0.47 | 0.80 | 0.73 | 0.65 | 0.21 |

FONTE: Elaborado pela autora (2021)

No horário em que se verificou a maior média da ICU, as 6h do dia 06/09, traçou-se um perfil linear da intensidade da temperatura nas penínsulas do continente e da ilha, do ponto mais próximo à costa até o encontro com uma elevação superior a 100 metros, ou seja, aproximadamente 2,5km na porção insular e 6km na continental ([figura 98](#)). O perfil indicou certa estabilidade da ICU entre 4 e 6°C nessas áreas centrais e de urbanização intensa.

Quanto aos erros residuais, o RMSE variou entre 0,5 e 1,5, com o menor valor as 18h. A análise dos resíduos ([figura 95](#)) mostrou que os pontos de medição em que mais se destacaram por valores negativos, ou seja, em que a ICU observada foi menor que a estimada pelo modelo foram PI01, PI10 e PC02.

FIGURA 95 – GRÁFICO DOS RESÍDUOS (°C) DA MODELAGEM DE REGRESSÃO DOS DIAS 05 E 06/09/2018



FONTE: Elaborado pela autora (2021)

10.1.2 Período de menor precipitação: dias representativos 11 e 12/07/2019

Na modelagem representativa do período de menor precipitação, 11 a 12/07/2019 o delineamento da ICU se dá de forma mais rápida e mais intensa comparativamente com o modelo do período mais chuvoso, além de apresentar melhores resultados na regressão linear múltipla.

No dia 11, oitavo dia consecutivo da atuação de massa de ar de origem polar, nesse momento classificada como “velha” (mPv), logo na primeira hora do modelo, as 18h, os contornos das penínsulas continental e insular se destacaram com a ICU de intensidade entre 3 e 4°C, sendo que nesse momento o vento observado na estação PI08 (Aeroporto) soprava de direção sudeste. As 21h a direção do vento vira para sudoeste e enfraquece a velocidade, enquanto que a ICU supera os 5°C de intensidade em todas as áreas urbanizadas.

O mesmo padrão espacial das 21h foi observado para as 0h, 3h e 6h do dia 12, no entanto, a magnitude da ilha de calor atingiu um patamar superior a 7°C em vários pontos na ilha e no continente. A maior média da ICU nesses dias de análise se deu as 3h, na qual o R^2 ajustado foi de 0,85, ou seja, o modelo que utilizou da vegetação densa, duas classes de urbanização e distância do mar, explicou 85% das variações térmicas na área de estudo ([tabela 18](#)).

TABELA 18 – COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E RAIZ DO ERRO QUADRÁTICO MÉDIO (RMSE) DOS MODELOS DE REGRESSÃO PARA OS DIAS 11 E 12/07/2019

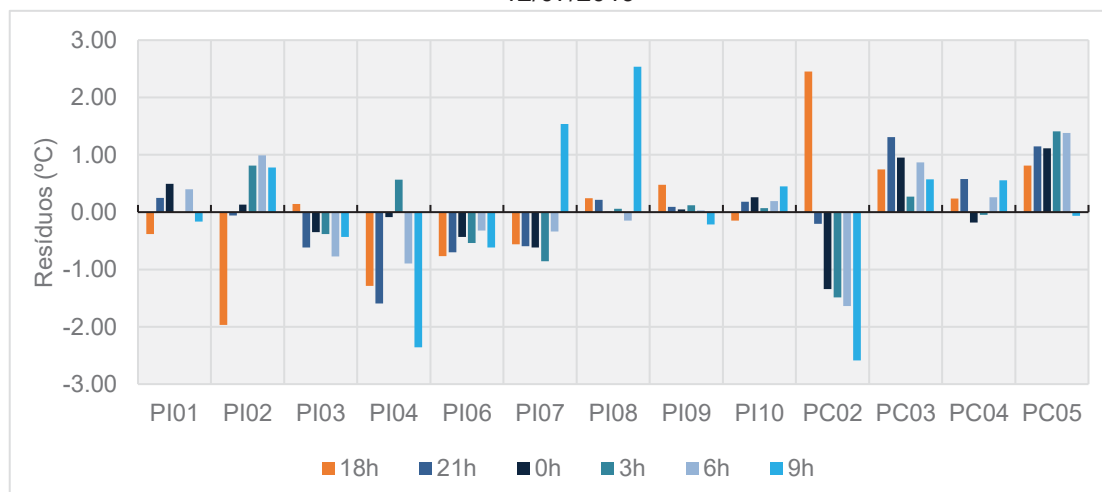
| Data | 11/07/2019 | | | 12/07/2019 | | |
|----------------|------------|------|------|------------|------|------|
| | 18h | 21h | 0h | 3h | 6h | 9h |
| RMSE | 1.33 | 0.96 | 0.79 | 0.90 | 1.01 | 1.60 |
| R^2 | 0.47 | 0.83 | 0.90 | 0.89 | 0.86 | 0.58 |
| R^2 ajustado | 0.30 | 0.77 | 0.87 | 0.85 | 0.81 | 0.49 |

FONTE: Elaborado pela autora (2021)

O perfil da temperatura em ambas penínsulas mostram a magnitude da ICU entre 6 e 8°C com algumas variações, todavia, enfatiza-se o perfil insular, em que o contraste térmico diminui consideravelmente cerca de 300 metros na costa, não visível no modelo por questões de escala. Porém essa distância coincide com a presença de um parque arborizado (Parque da Luz), o que conferiu, segundo o modelo, uma diminuição de 4°C da magnitude da ICU na região.

No que se refere aos erros residuais, o intervalo de variação do RMSE foi entre 0,9 e 1,6, índices maiores que o modelo do período mais chuvoso, apresentando menor valor as 0h do dia 11. Os resíduos do modelo ([figura 96](#)) foram maiores para as 18h e 9h, nos quais os coeficientes de determinação também foram os mais baixos.

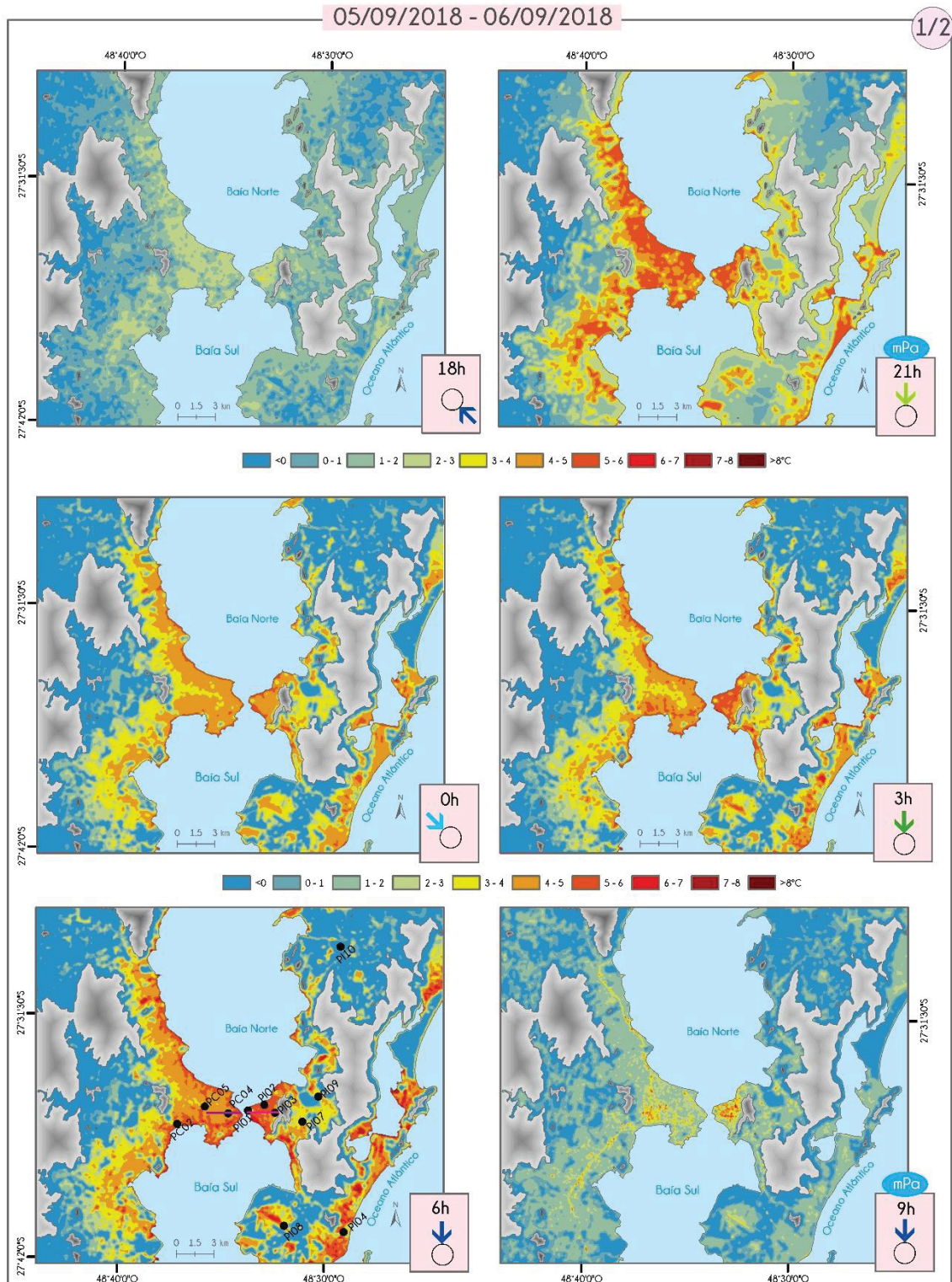
FIGURA 96 – GRÁFICO DOS RESÍDUOS (°C) DA MODELAGEM DE REGRESSÃO DOS DIAS 11 E 12/07/2019



FONTE: Elaborado pela autora (2021)

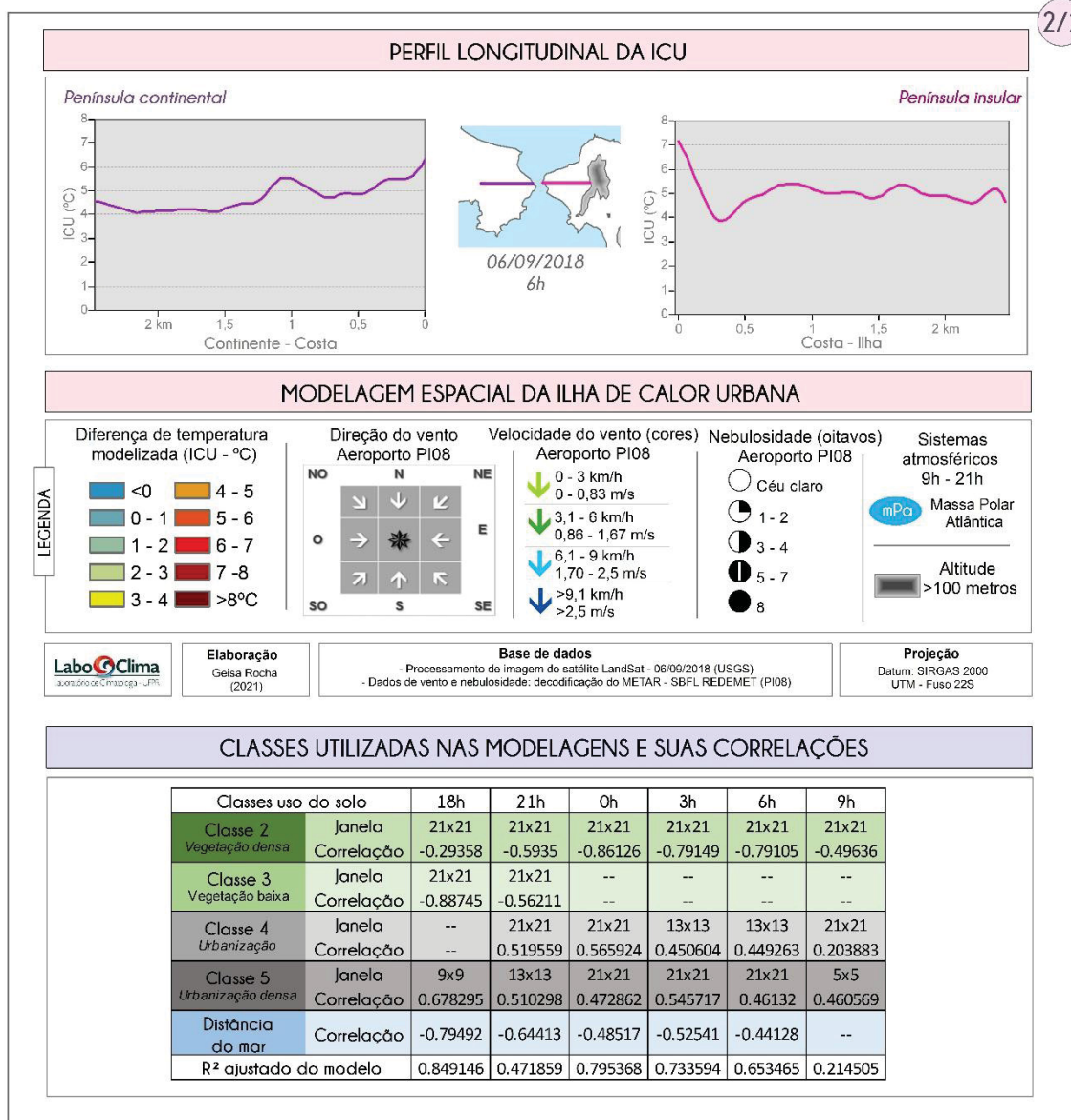
10.1.3 Resultados espacializados pelo modelo de regressão múltipla

FIGURA 97 – ICU OBSERVADA E ESPACIALIZADA (A CADA 3 HORAS) DAS 18H AS 9H DO DIA 5 A 6 DE SETEMBRO DE 2018 – PERÍODO DE MAIOR PRECIPITAÇÃO – 1/2



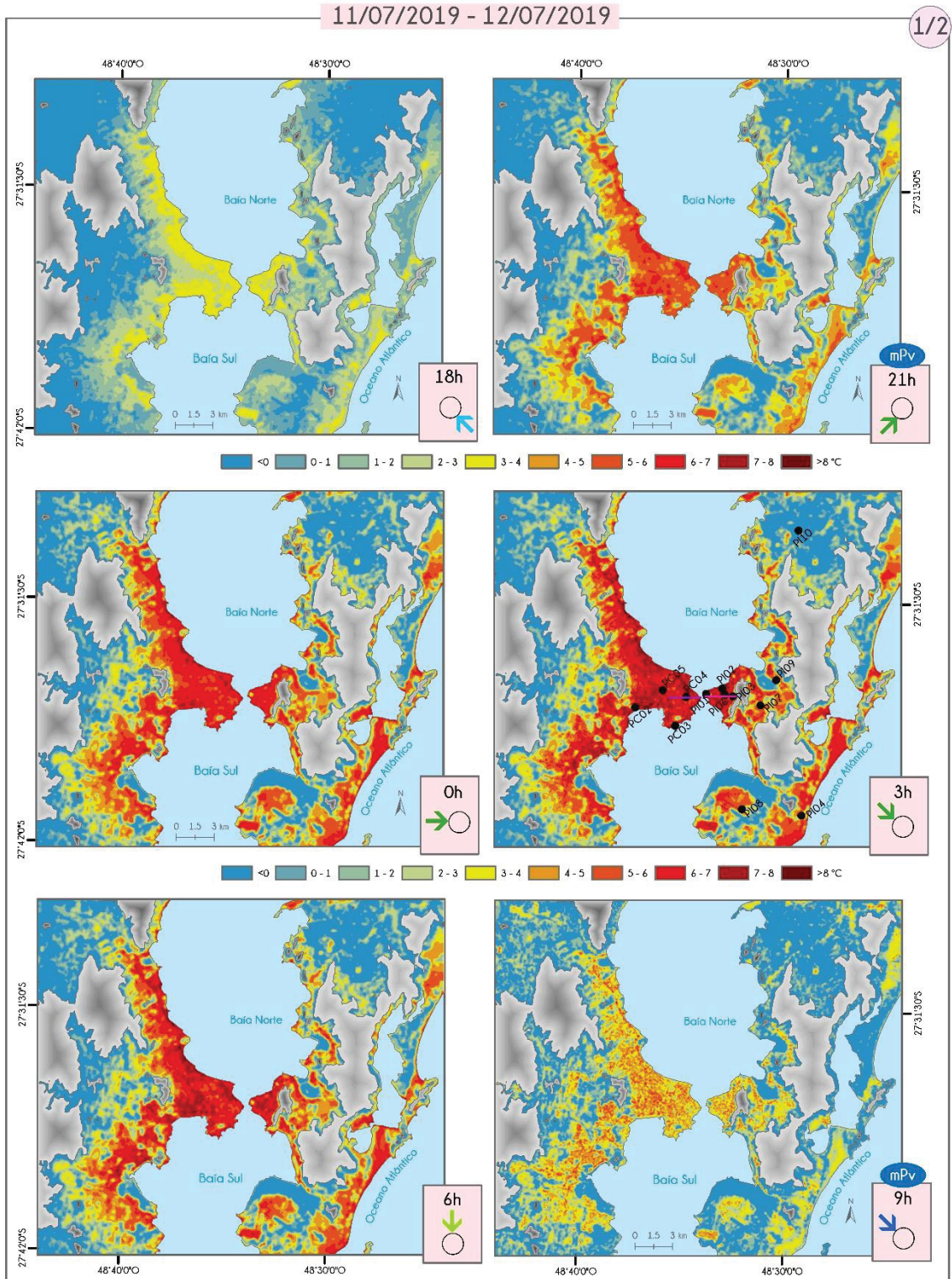
FONTE: Elaborado pela autora (2021)

FIGURA 98 – PERFIL LONGITUDINAL, LEGENDA E CLASSES UTILIZADAS NOS MODELOS DOS DIAS 5 A 6 DE SETEMBRO DE 2018 - PERÍODO DE MAIOR PRECIPITAÇÃO - 2/2



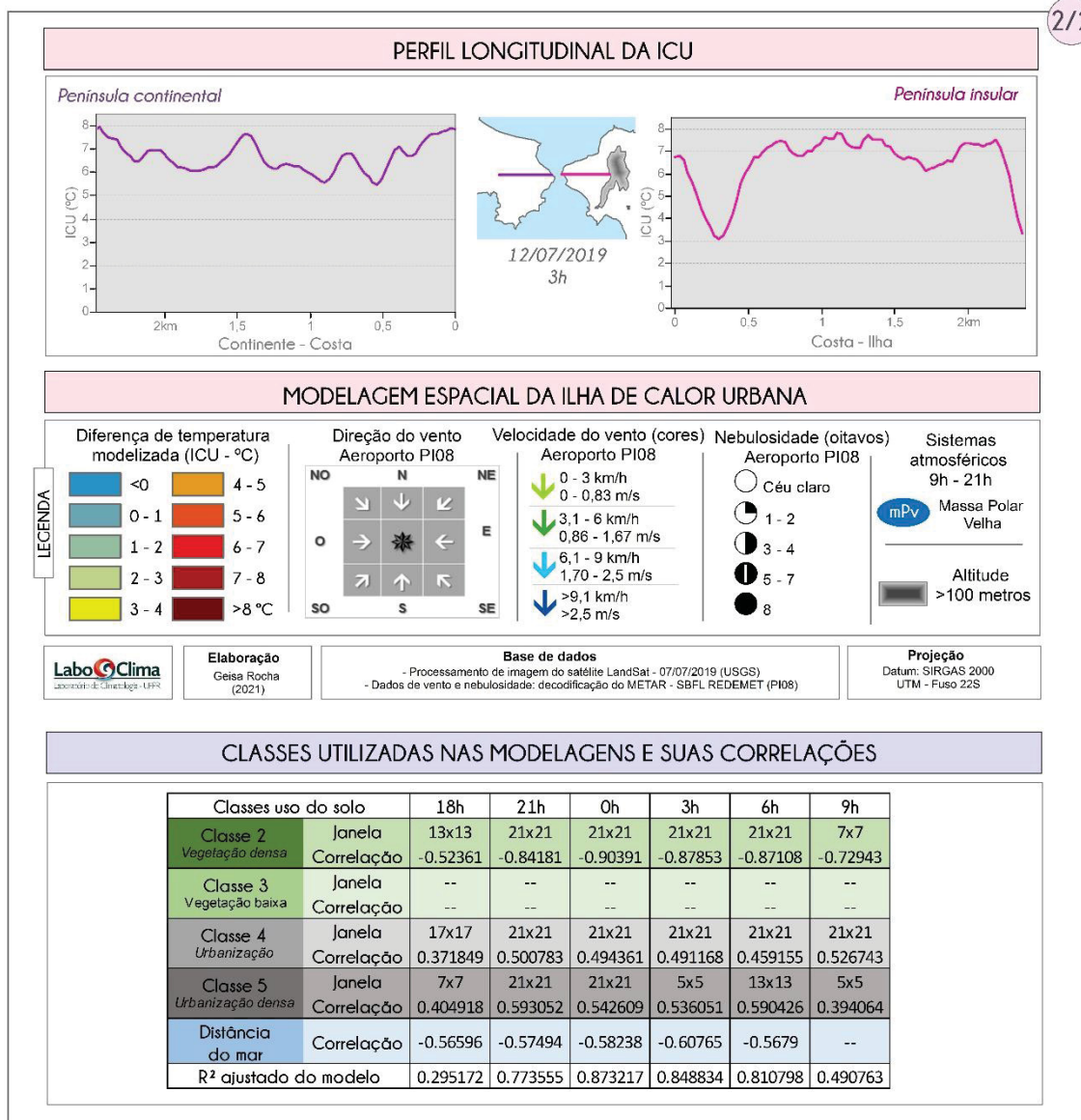
FONTE: Elaborado pela autora (2021)

FIGURA 99 – ICU OBSERVADA E ESPACIALIZADA (A CADA 3 HORAS) DAS 18H AS 9H DO DIA 11 A 12 DE JULHO DE 2019 - PERÍODO DE MENOR PRECIPITAÇÃO - 1/2



FONTE: Elaborado pela autora (2021)

FIGURA 100 – PERFIL LONGITUDINAL, LEGENDA E CLASSES UTILIZADAS NOS MODELOS DOS DIAS 11 A 12 DE JULHO DE 2019 - PERÍODO DE MENOR PRECIPITAÇÃO - 2/2

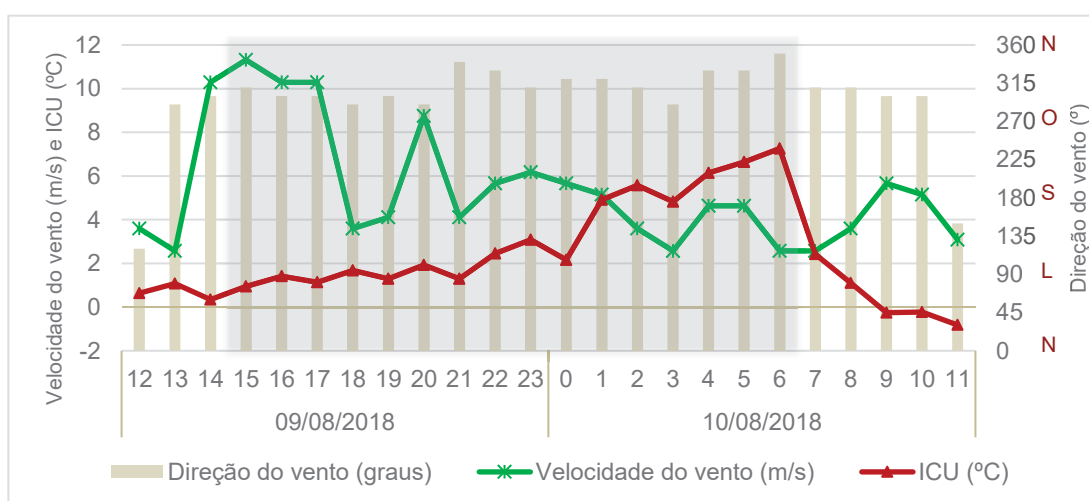


FONTE: Elaborado pela autora (2021)

10.2 DIMENSÃO ESPACIAL DA ICU EM DIA DE VENTO FORTE

Para representar um dia de vento forte, fez-se a seleção com base na média diária da velocidade do vento e extraiu-se o percentil 90 resultando em 37 dias com média igual ou superior a 4,9 m/s. Desse fragmento, selecionou-se o dia com a maior ICU e que não tivesse registro de precipitação significativa (>1mm), resultando em 09 e 10/08/2019. A figura abaixo exhibe a velocidade e direção do vento (dados do PI08 Aeroporto), ICU horária das 12h do dia 09 até 11h do dia 10.

FIGURA 101 – GRÁFICO DE DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO, ICU HORÁRIA PARA OS DIAS 9 E 10 DE AGOSTO DE 2018



FONTE: Elaborado pela autora (2021)

Precedido por frente fria, a situação sinótica conforme a análise rítmica ([Apêndice D1](#)) se modificou as 21h do dia 09/08 na qual se verificou o domínio da mPa. Diferentemente dos modelos de ICU dos períodos anteriores apresentados, das 15h às 0h de 10/08 não houve registros de ICU forte ([figura 103](#)) e nesse intervalo, ao observar a [figura 101](#), nota-se que a velocidade do vento variou entre 6 e 12 m/s, maiores patamares durante 24 horas.

Os modelos das 15h e 18h pouco diferem entre si, as áreas mais quentes na conurbação são exatamente as urbanizadas, atingindo entre 2 e 3°C de magnitude. Entretanto, foi o modelo das 18h que apresentou o melhor resultado da regressão, $R^2_{ajustado} = 0,55$, conforme a [tabela 19](#) abaixo.

TABELA 19 – COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E RAIZ DO ERRO QUADRÁTICO MÉDIO (RMSE) DOS MODELOS DE REGRESSÃO PARA OS DIAS 09 E 10/08/2018

| Data | 09/08/2018 | | | 10/08/2018 | | |
|------------------|------------|------|------|------------|------|------|
| Hora | 15h | 18h | 21h | 0h | 3h | 6h |
| RMSE | 0.37 | 0.30 | 0.25 | 0.65 | 1.18 | 1.79 |
| R^2 | 0.44 | 0.64 | 0.61 | 0.41 | 0.48 | 0.50 |
| $R^2_{ajustado}$ | 0.29 | 0.55 | 0.52 | 0.15 | 0.35 | 0.37 |

FONTE: Elaborado pela autora (2021)

Como observa-se na [figura 103](#), as 21h a cobertura de nuvens que antes era de 1 a 2 oitavos, passou para céu claro e vento de direção norte, o padrão espacial das áreas mais quentes (entre 2 e 3°C) se modificou, restringindo-se ao centro da península insular e áreas dispersas na península continental, regiões nas quais a malha urbana é mais densa.

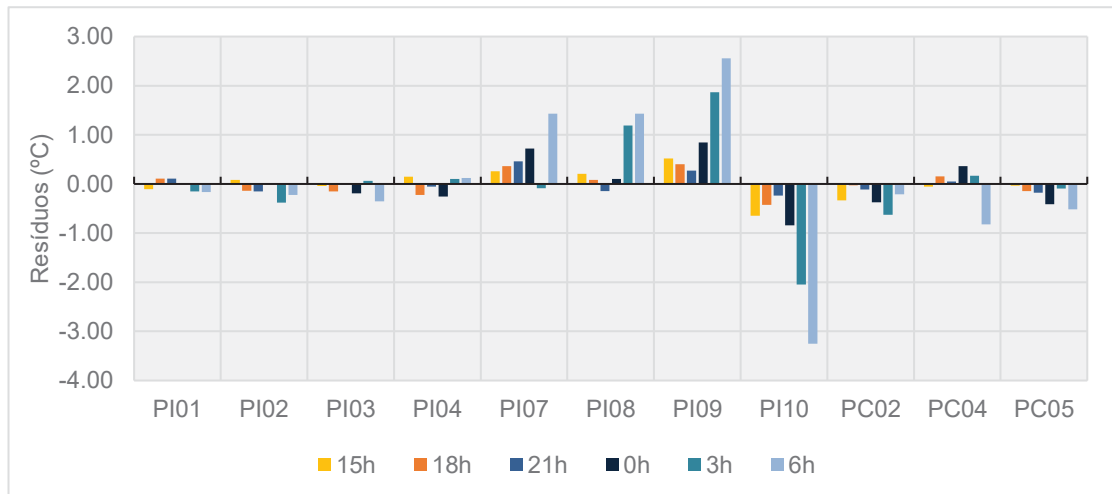
As 3h do dia 10/08 a intensidade da ICU já atingia a classe forte (acima de 4°C) na maior parte das áreas urbanizadas, no continente nas áreas mais próximas ao mar e na Ilha na península central como também quase que a totalidade da costa leste. Nessa hora o vento soprava de oeste e a velocidade chegava a 2,5 m/s, a menor desde os modelos anteriores.

A evolução do contraste térmico para as 6h é bem explícito no modelo, no continente as áreas mais quentes apontadas no modelo das 3h se alongam em direção ao interior e atingem magnitudes consideradas muito fortes, acima de 6°C. Na porção insular, as mesmas áreas na modelagem anterior foram intensificadas.

Como observado na [figura 101](#), após as 6h há uma queda acentuada da magnitude da ICU e ao mesmo tempo, elevação da velocidade do vento. Nas horas posteriores, como as 9h realizada para outros dias representativos, a modelagem não obteve resultados satisfatórios pois superestimou o contraste térmico das porções continentais para além dos limites lógicos admitidos na pesquisa.

Em relação aos erros residuais da modelagem, o intervalo de variação do RMSE foi entre 0,4 e 1,8, com o menor RMSE às 21h, quando o $R^2_{ajustado} = 0,52$. Os resíduos do modelo ([figura 102](#)) foram maiores para as 6h, com destaque para o PI10, ponto de referência rural, novamente superestimado na regressão.

FIGURA 102 – GRÁFICO DOS RESÍDUOS (°C) DA MODELAGEM DE REGRESSÃO DOS DIAS 09 E 10/08/2018



FONTE: Elaborado pela autora (2021)

10.2.1 Resultados espacializados pelo modelo de regressão múltipla

FIGURA 103 – ICU OBSERVADA E ESPACIALIZADA (A CADA 3 HORAS) DAS 15H AS 6H DO DIA 09 A 10 DE AGOSTO DE 2018 – DIA DE VENTO FORTE – 1/2

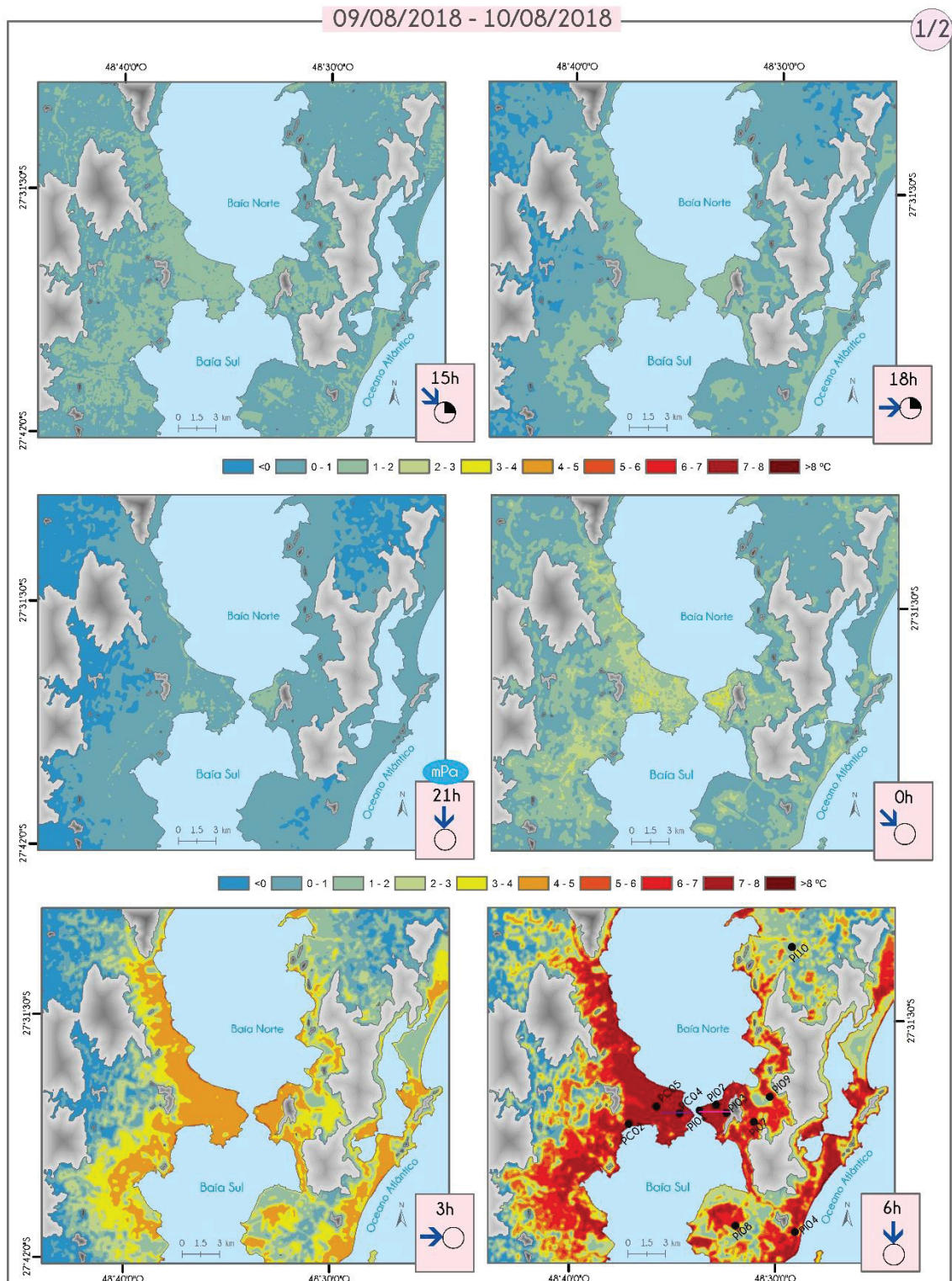
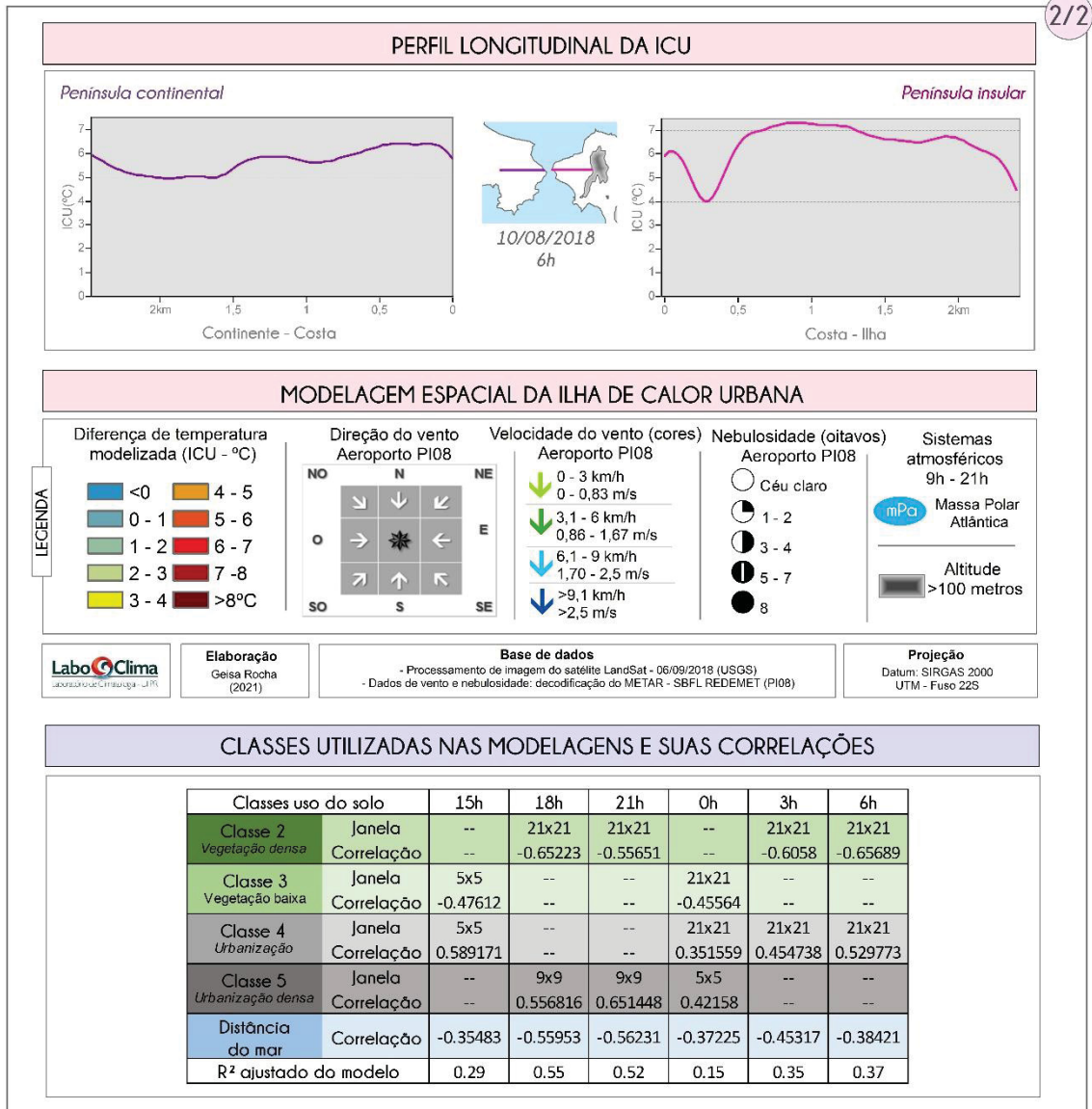


FIGURA 104 – PERFIL LONGITUDINAL, LEGENDA E CLASSES UTILIZADAS NOS MODELOS DOS DIAS 09 A 10 DE AGOSTO DE 2018 – DIA DE VENTO FORTE – 2/2



FONTE: Elaborado pela autora (2021)

10.3 DIMENSÃO ESPACIAL DA ICU EM SITUAÇÃO DE MAIOR E MENOR ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA NOTURNA

Para representar a ICU nos dias de maior e menor estabilidade atmosférica, segmentou-se o ano de análise em dois grupos conforme as classes PGT para o período noturno, já que esse se estende do anoitecer de um dia e o amanhecer do dia seguinte, estando, portanto, em conformidade com o modelo.

Assim, filtrou-se o período em que a estabilidade noturna foi classificada como “G-F” (Condições noturnas extremamente estáveis com baixa velocidade do ar) para representar a situação mais estável, o que resultou em 81 dias, sendo escolhido o dia 06/08/2018. A escolha da representação da situação de menor estabilidade atmosférica foi realizada com base na filtragem das noites classificadas como “D” (estabilidade neutra), e de 72 dias resultantes, selecionou-se o dia 21/06/2019.

10.3.1 Situação de maior estabilidade atmosférica noturna: dias representativos 06 e 07/08/2018

Nos modelos feitos para a situação de maior estabilidade noturna ([figura 107](#) e [108](#)), os dias 6 e 7 de agosto estavam sob atuação da massa polar atlântica (mPa), com céu sem nuvens em todo período modelizado.

No primeiro modelo, das 15h do dia 06 de agosto, quase a totalidade da área de estudo não marcou alterações no campo térmico no que diz respeito à ICU, exceto para o centro da península insular, na área de urbanização densa, em que as diferenças de temperatura urbano-rural chegaram a 4°C. No continente ocorreu o mesmo, de forma marcada na porção oeste da península, na qual encontra-se o bairro Kobrasol (São José). No modelo também é perceptível o delineamento da BR-101.

As 18h foi marcada pela presença do vento de sudeste e as áreas com ICU variando de 1 a 3°C se expandem das duas penínsulas em direção ao interior, diminuindo gradativamente a magnitude quanto mais se afastam do mar. As 21h o vento enfraquece e vira para norte e a ICU se intensifica atingindo a marca dos 5 a 6°C por toda extensão das áreas urbanizadas.

Para as 0h o padrão espacial de extensão da ICU pouco se modificou em relação às 21h, no qual se destacaram as áreas do centro da península insular (presença de urbanização densa), em que as diferenças de temperatura urbano-rural

chegaram a mais de 7°C. No continente ocorreu o mesmo, de forma marcada na porção oeste da península, na qual encontra-se o bairro Kobrasol (São José). No modelo também é perceptível o delineamento da BR-101.

No meio da madrugada, as 3h, identificou-se a maior média da ICU e também o modelo com o melhor coeficiente de determinação ([tabela 20](#)), $R^2_{ajustado}=0,94$, ou seja, as variáveis usadas explicaram 94% da ilha de calor na área de estudo. Nessa hora as áreas da urbanizadas mais próximas à costa ficaram mais quentes, ICU com cerca de 7°C e as mais distantes tiveram intensidade de até 4°C. No entanto, verificou-se áreas de frescor no meio das regiões mais quentes, como ilustrado no perfil da ICU na península insular para as 3h ([figura 108](#)).

TABELA 20 – COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E RAIZ DO ERRO QUADRÁTICO MÉDIO (RMSE) DOS MODELOS DE REGRESSÃO PARA OS DIAS 06 E 07/08/2018

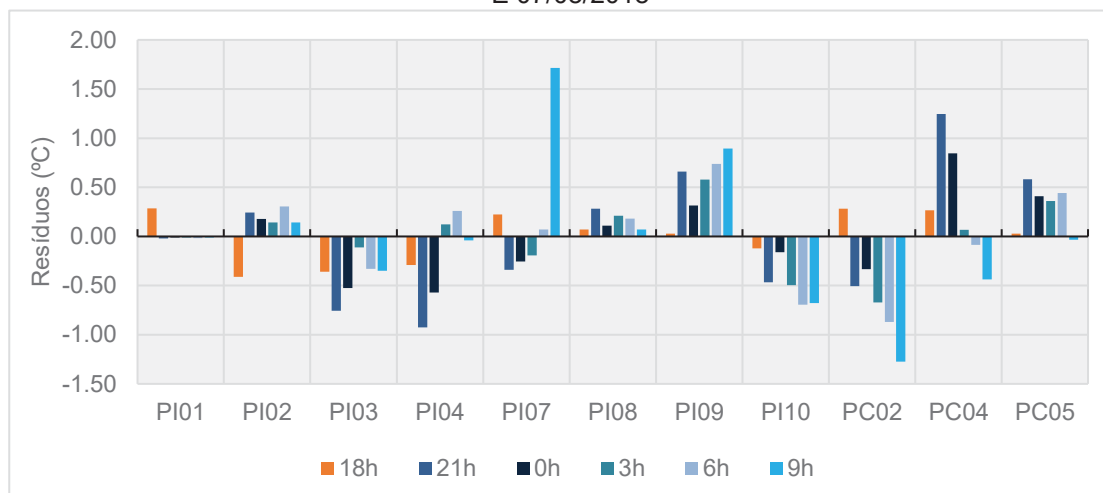
| Data | 06/08/2018 | | | 07/08/2018 | | |
|-------------------------------|------------|------|------|------------|------|------|
| | 18h | 21h | 0h | 3h | 6h | 9h |
| RMSE | 0.34 | 0.95 | 0.61 | 0.51 | 0.68 | 0.94 |
| R² | 0.89 | 0.83 | 0.94 | 0.97 | 0.94 | 0.72 |
| R² ajustado | 0.84 | 0.71 | 0.90 | 0.94 | 0.89 | 0.65 |

FONTE: Elaborado pela autora (2021)

Em termos da dimensão espacial, o modelo das 6h não teve alterações significativas se comparado com o das 3h. Já as 9h a ICU reduz consideravelmente de intensidade.

Quanto aos erros residuais, o intervalo do RMSE foi o menor das modelagens de dias representativos apresentadas até este ponto da tese, variando entre 0,34 a 0,94. Os resíduos ([figura 105](#)) mais significativos foram encontrados para as 9h e para os pontos PC02, na qual o modelo estimou uma ICU maior que a observada e o ponto PI07, em que o modelo estimou a ICU menor.

FIGURA 105 – GRÁFICO DOS RESÍDUOS (°C) DA MODELAGEM DE REGRESSÃO DOS DIAS 06 E 07/08/2018



FONTE: Elaborado pela autora (2021)

10.3.2 Situação de menor estabilidade atmosférica noturna: dias representativos 21 e 22/06/2019

Na representação da situação de menor estabilidade atmosférica noturna através dos dias 21 e 22 de junho de 2019 ([figuras 109](#) e [110](#)) é evidente o desenvolvimento da ICU restrito a poucas horas e áreas da conurbação. Predominaram-se os de ventos do quadrante norte superando os 2,5 m/s em todos os modelos, com céu sem nuvens somente as 18h e 21h.

No primeiro modelo, as 18h, as diferenças térmicas ficaram delineadas pelas áreas urbanas, mas com intensidade fraca, entre 2 e 3°C. As horas de maiores destaques foram as 21h e 0h. A primeira foi a que obteve o melhor resultado na regressão, $R^2_{ajustado}=0,87$ ([tabela 21](#)), no entanto, a maior média da ICU foi as 0h. De todo modo, verificou-se as áreas urbanizadas aquecidas no geral em 4°C.

Na modelagem das 21h algumas porções especialmente na ilha se destacaram por contrastes térmicos de magnitude de 7°C. A costa leste insular ficou mais quente que as áreas centrais das penínsulas e isso se deve tanto à temperatura registrada no PI04 e quanto também à classificação do uso do solo pela imagem de satélite, em que o *software* identificou essa parte da orla com uma resposta espectral semelhante a uma área densamente urbanizada.

TABELA 21 – COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E RAIZ DO ERRO QUADRÁTICO MÉDIO (RMSE) DOS MODELOS DE REGRESSÃO PARA OS DIAS 21 E 22/06/2019

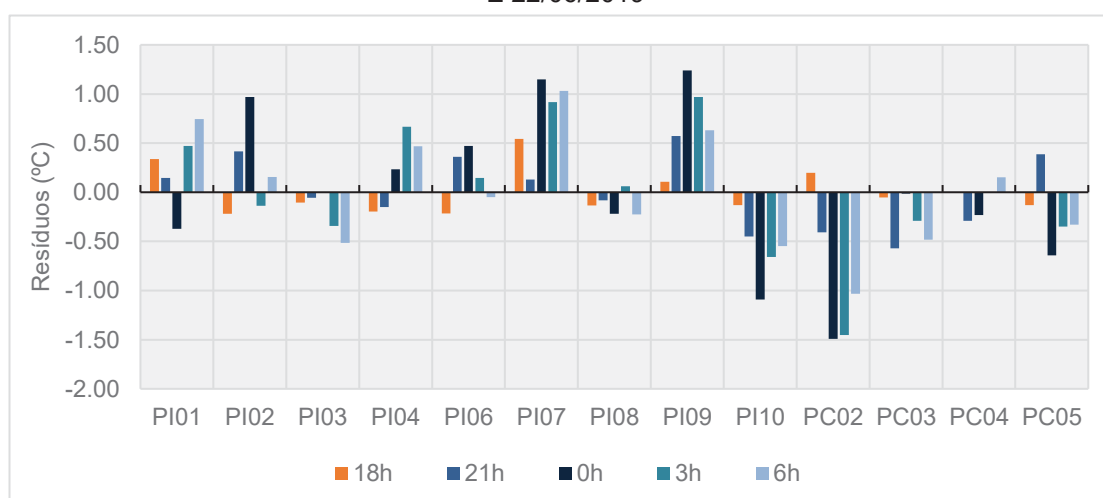
| Data | 21/06/2019 | | 22/06/2019 | | |
|------------------|------------|------|------------|------|------|
| Hora | 18h | 21h | 0h | 3h | 6h |
| RMSE | 0.29 | 0.45 | 1.01 | 0.73 | 0.69 |
| R^2 | 0.81 | 0.90 | 0.59 | 0.16 | 0.34 |
| $R^2_{ajustado}$ | 0.74 | 0.87 | 0.46 | 0.08 | 0.21 |

FONTE: Elaborado pela autora (2021)

Nas horas seguintes, 3h e 6h, a ICU diminuiu de intensidade e seus contornos antes alinhados com os limites da malha urbana já se dissiparam. O modelo das 9h foi excluído por não apresentar resultados significativos e coerentes.

Assim como na situação de maior estabilidade atmosférica, para a de menor os erros residuais também foram baixos e o RMSE ficou entre 0,4 e 1. O maior resíduo negativo ([figura 106](#)) foi identificado na PC02, na qual os modelos (com exceção das 18h) estimaram uma diferença térmica maior que o que foi observado.

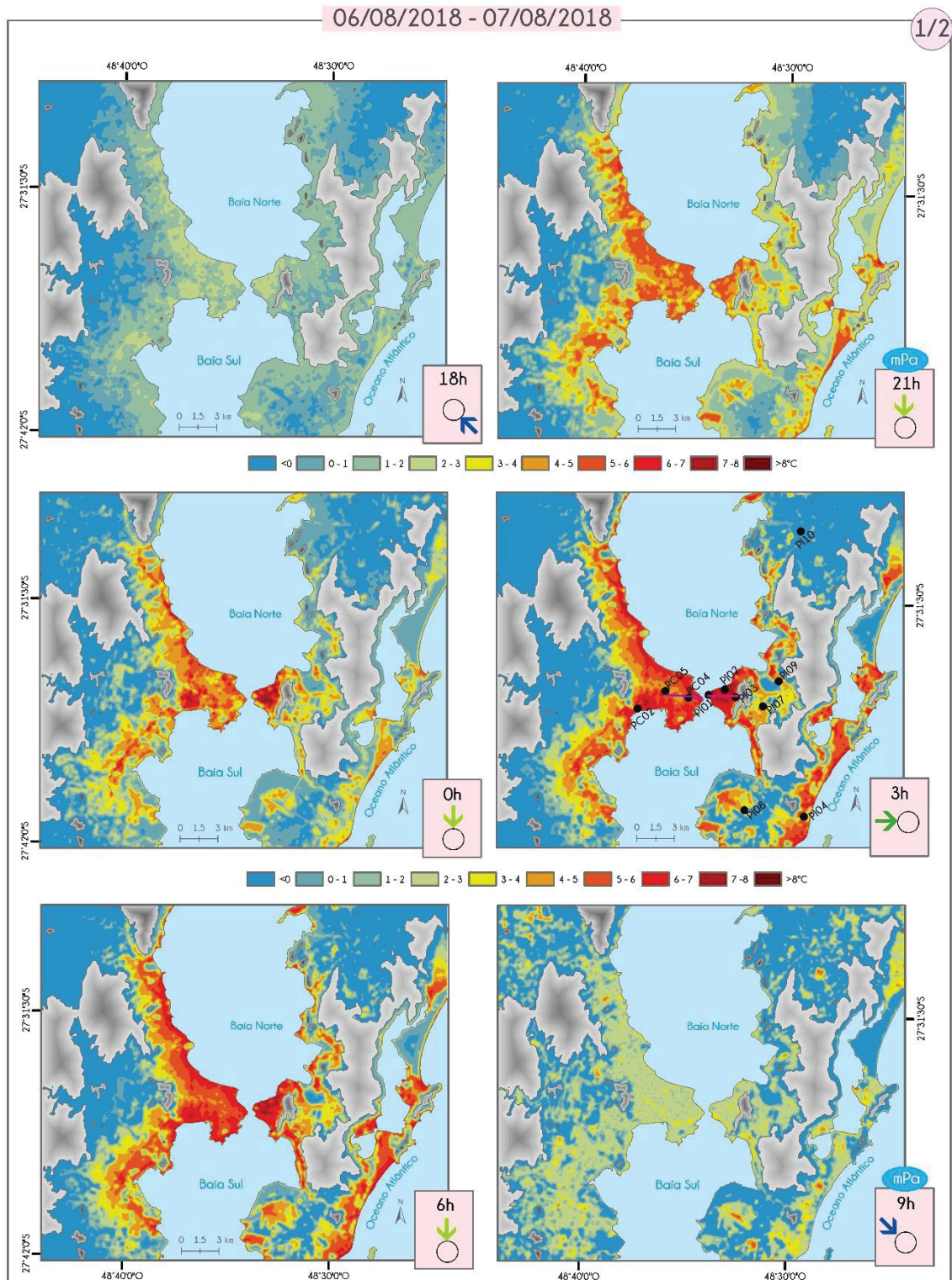
FIGURA 106 – GRÁFICO DOS RESÍDUOS (°C) DA MODELAGEM DE REGRESSÃO DOS DIAS 21 E 22/06/2019



FONTE: Elaborado pela autora (2021)

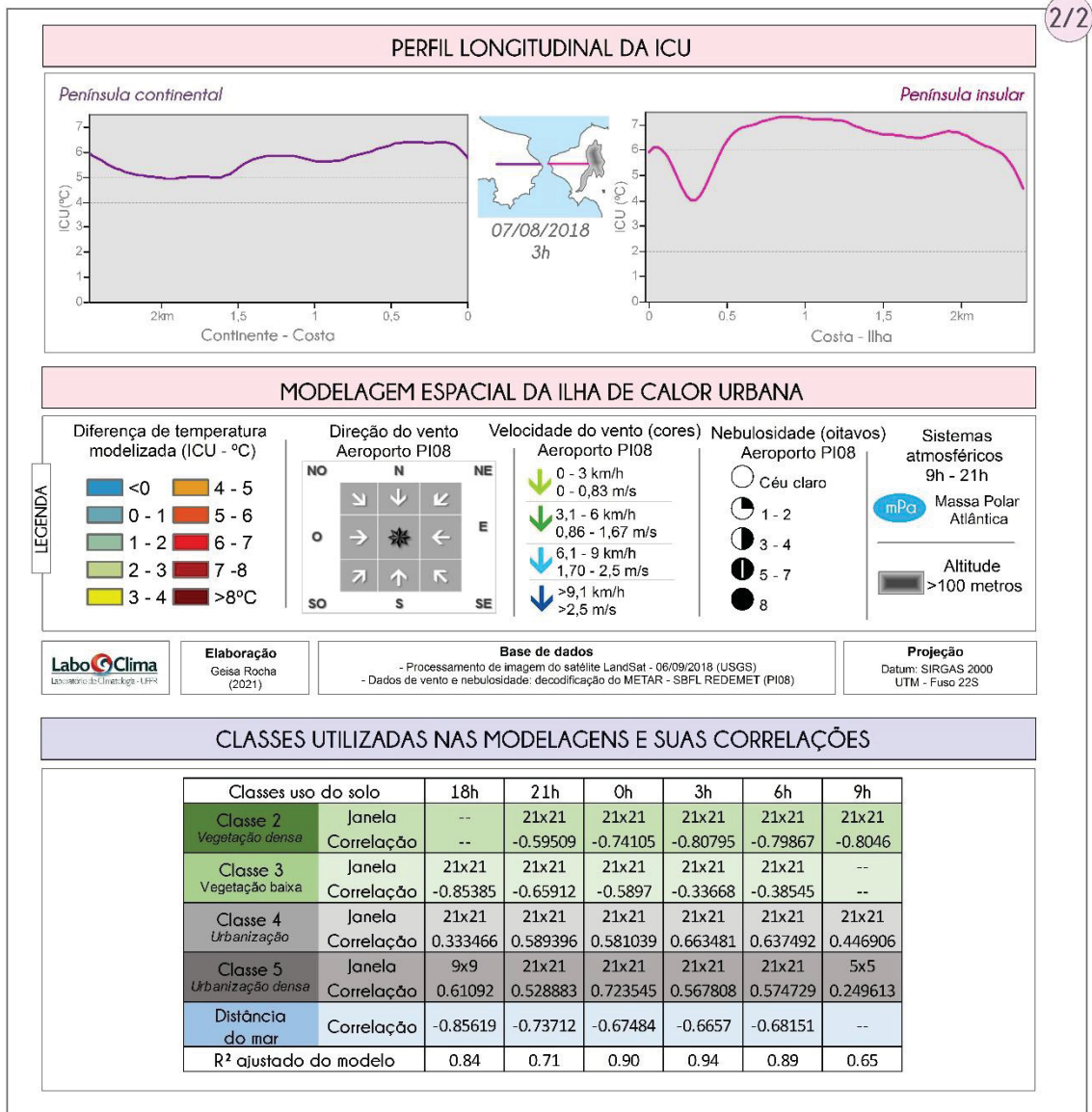
10.3.3 Resultados espacializados pelo modelo de regressão múltipla

FIGURA 107 – ICU OBSERVADA E ESPACIALIZADA (A CADA 3 HORAS) DAS 18H AS 9H DO DIA 06 A 07 DE AGOSTO DE 2018 – MAIOR ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA – 1/2



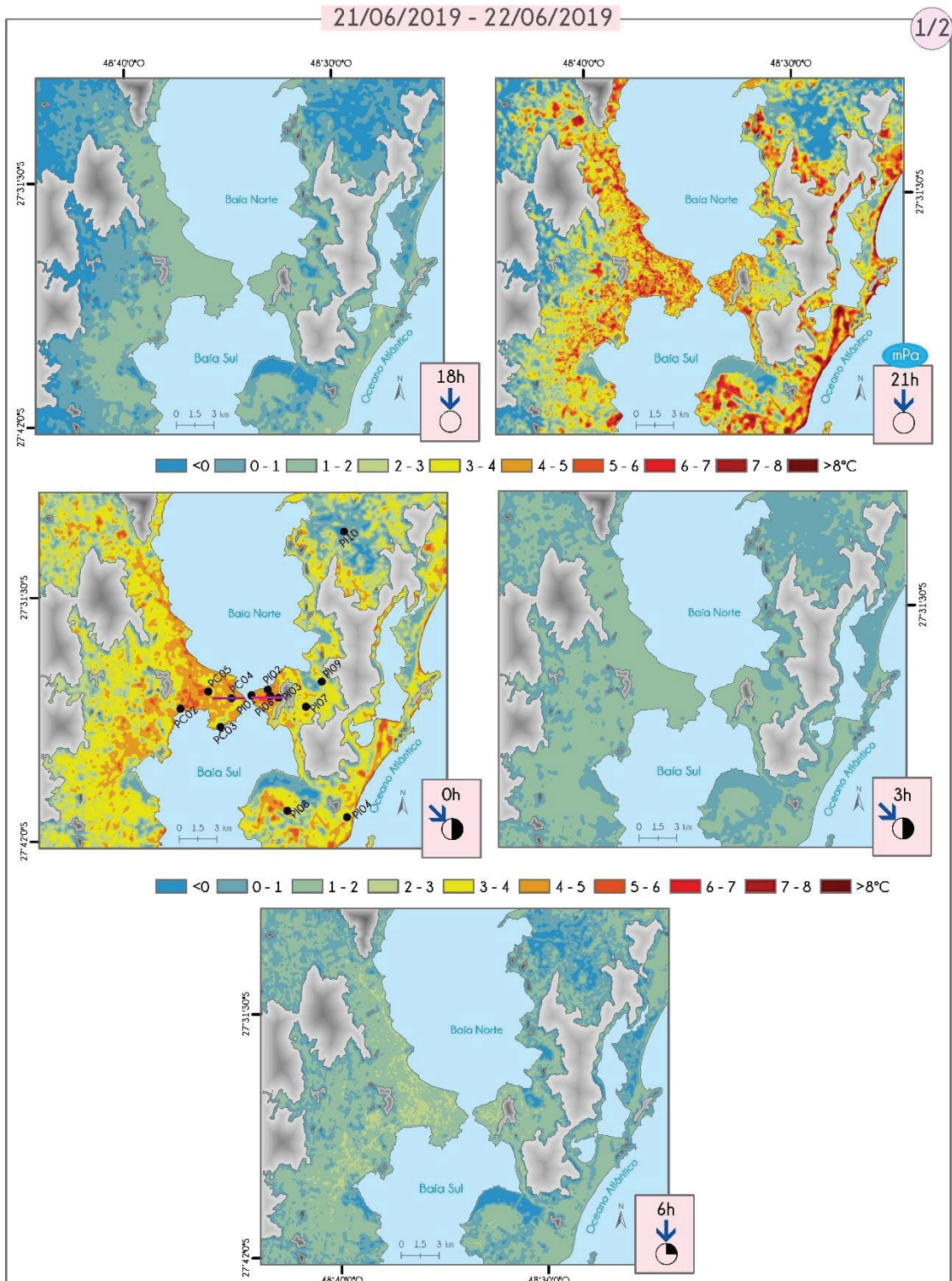
FONTE: Elaborado pela autora (2021)

FIGURA 108 – PERFIL LONGITUDINAL, LEGENDA E CLASSES UTILIZADAS NOS MODELOS DOS DIAS 06 A 7 DE AGOSTO DE 2018 – MAIOR ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA NOTURNA – 2/2



FONTE: Elaborado pela autora (2021)

FIGURA 109 – ICU OBSERVADA E ESPACIALIZADA (A CADA 3 HORAS) DAS 18H AS 6H DO DIA 21 A 22 DE JUNHO DE 2019 – MENOR ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA NOTURNA – 1/2



18h

21h

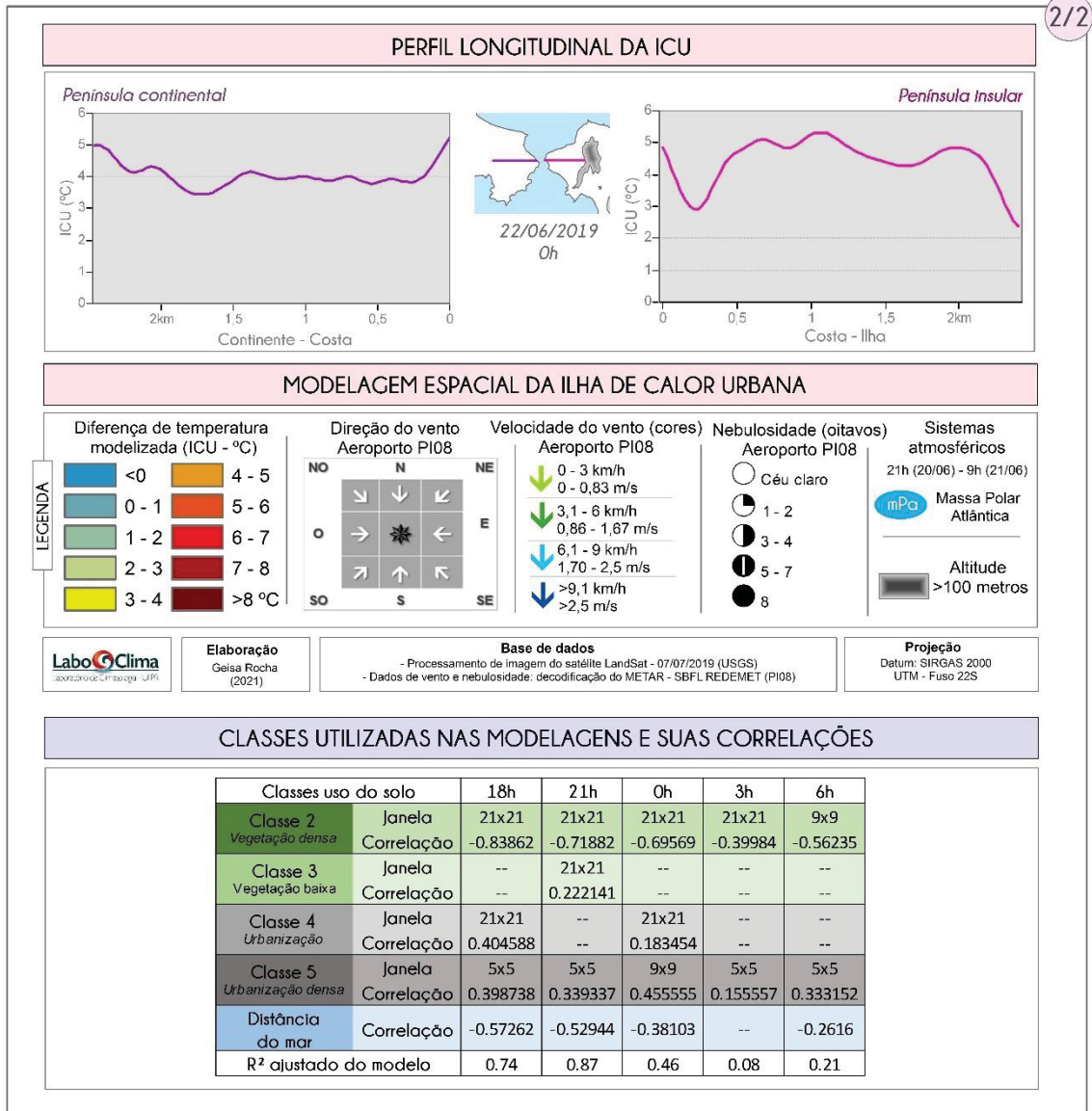
0h

3h

6h

FONTE: Elaborado pela autora (2021)

FIGURA 110 – PERFIL LONGITUDINAL, LEGENDA E CLASSES UTILIZADAS NOS MODELOS DOS DIAS 21 A 22 DE JUNHO DE 2019– MENOR ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA NOTURNA – 2/2



FONTE: Elaborado pela autora (2021)

10.4 DIMENSÃO ESPACIAL DA ICU EM TRÊS TIPOS DIFERENTES DE SISTEMAS ATMOSFÉRICOS

Para representar a ICU sob diferentes sistemas atmosféricos os dias foram selecionados pelos três sistemas mais atuantes, que conforme análise dos tipos de tempo ([tópico 9.3](#)) são eles: mPa, mTa e FPA.

Na seleção se considerou a predominância do sistema nos dois horários da análise rítmica (9h e 21h). No filtro foram incluídas as variações dos respectivos tipos (por exemplo mPv, mTac, FPA-Est), no entanto, para a mPa e mTa foram excluídos os dias em que a linha de instabilidade esteve associada. Após esse processo, três dias foram selecionados pelas maiores ICU em cada grupo.

10.4.1 Domínio da massa polar Atlântica: dias representativos 08 e 09/07/2019

A representação da massa polar Atlântica (mPa) se fez pelos dias 08 e 09/07/2019. Na modelagem se nota como a ICU evoluiu rapidamente ao anoitecer ([figuras 114 e 115](#)). Em todas as horas modelizadas não houve nebulosidade, o vento foi forte e de quadrante norte. Os dias escolhidos vêm de uma sequência de domínio da mPa, identificada desde 21h de 03/07 ([apêndice D12](#)).

No modelo das 18h o contorno do contraste térmico da cidade em relação às áreas não-urbanas é evidente, principalmente nas porções urbanizadas bem próximas à costa, no entanto, ainda com magnitude considerada fraca, até 2°C.

Já as 21h a magnitude da ICU aumenta consideravelmente com destaque para as áreas densamente urbanas, atingindo 6 a 7°C. As 0h e as 3h do dia 09/07 o padrão espacial das 21h se repete, contudo de forma mais intensa. Já no amanhecer, as 6h, o contorno das áreas urbanas densas se desfaz e a ICU tem forma praticamente homogênea atingindo 7°C. No perfil longitudinal insular da ICU nessa hora é possível constatar a presença de uma ilha de frescor a aproximadamente 300 metros da costa.

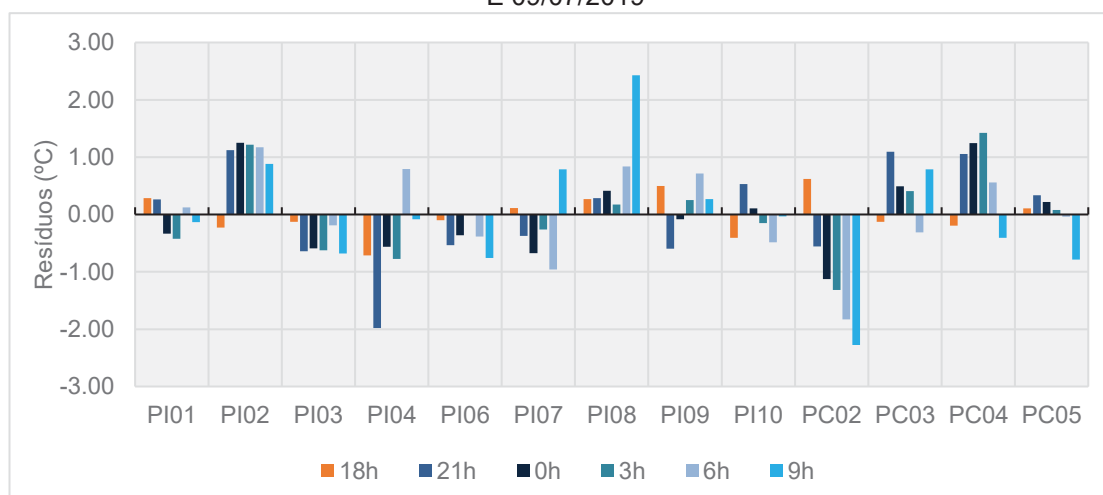
As 9h, pela primeira vez dentre os modelos realizados, a ICU não se desconfigurou, somente diminuiu a intensidade. O coeficiente de regressão ajustado para esse modelo foi de 0,7, mas o mais alto foi constatado as 0h, com $R^2_{ajustado}=0,85$ ([tabela 22](#)).

TABELA 22 – COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E RAIZ DO ERRO QUADRÁTICO MÉDIO (RMSE) DOS MODELOS DE REGRESSÃO PARA OS DIAS 08 E 09/07/2019

| Data | 08/07/2019 | | 09/07/2019 | | | |
|------------------|------------|------|------------|------|------|------|
| Hora | 18h | 21h | 0h | 3h | 6h | 9h |
| RMSE | 0.42 | 1.09 | 0.88 | 0.92 | 0.96 | 1.29 |
| R^2 | 0.64 | 0.80 | 0.88 | 0.88 | 0.86 | 0.75 |
| $R^2_{ajustado}$ | 0.57 | 0.74 | 0.85 | 0.84 | 0.83 | 0.70 |

FONTE: Elaborado pela autora (2021)

Apesar das 18h ter o menor coeficiente de regressão dessa série, foi as 9h em que se verificou o mais alto RMSE, com 1,29, assim como os mais altos resíduos ([figura 111](#)) que ultrapassaram $\pm 2^\circ\text{C}$ no PI08 e PC02.

FIGURA 111 – GRÁFICO DOS RESÍDUOS ($^\circ\text{C}$) DA MODELAGEM DE REGRESSÃO DOS DIAS 08 E 09/07/2019

FONTE: Elaborado pela autora (2021)

10.4.2 Domínio da massa tropical Atlântica: dias representativos 13 e 14/08/2018

Na modelagem dos dias 13 e 14/08/2018 ([figuras 116](#) e [117](#)) representativos do domínio da massa tropical Atlântica (mTa) notou-se que a ICU se desenvolveu de forma mais gradativa se comparada à da mPa. Na primeira hora a ICU ainda não havia tomado forma e intensidade, além disso, foi o modelo com o pior resultado da regressão para esses dias ([tabela 23](#)).

As 21h a ICU se apresentou com intensidade de 3 a 4°C , com destaque para a península central insular e a porção sudoeste da península continental, que como já pontuado, encontram-se áreas densamente urbanizadas. Esse horário apresentou o melhor resultado, com $R^2_{ajustado}=0,82$.

TABELA 23 – COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E RAIZ DO ERRO QUADRÁTICO MÉDIO (RMSE) DOS MODELOS DE REGRESSÃO PARA OS DIAS 13 E 14/08/2018

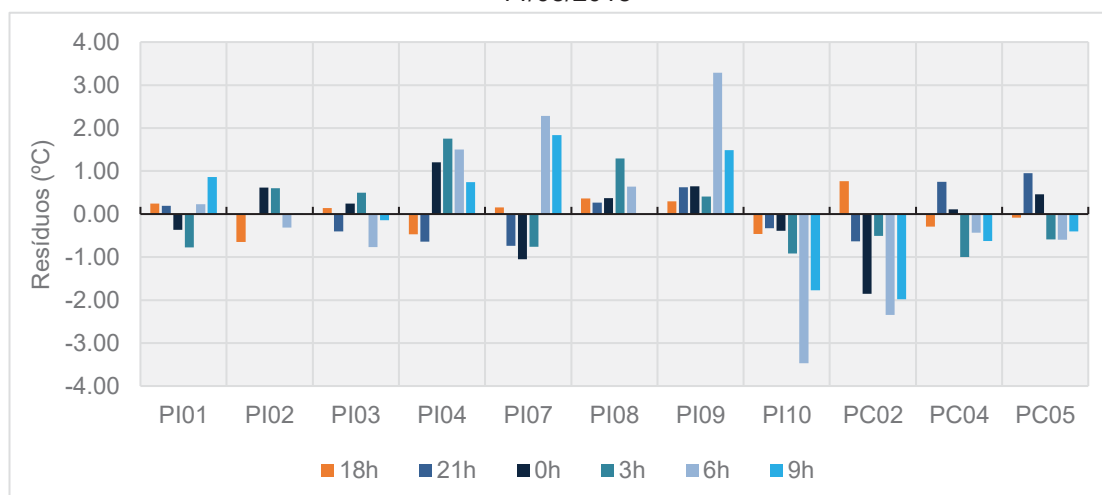
| Data | 13/08/2018 | | 14/08/2018 | | | |
|------------------|------------|------|------------|------|------|------|
| Hora | 18h | 21h | 0h | 3h | 6h | 9h |
| RMSE | 0.52 | 0.77 | 1.12 | 1.23 | 2.31 | 1.44 |
| R^2 | 0.23 | 0.88 | 0.84 | 0.85 | 0.31 | 0.24 |
| $R^2_{ajustado}$ | 0.04 | 0.82 | 0.77 | 0.79 | 0.14 | 0.05 |

FONTE: Elaborado pela autora (2021)

As 0h do dia 14 de agosto as áreas urbanas mais próximas ao mar ficaram mais quentes que as demais. Para o modelo das 3h, essa relação ficou ainda mais nítida, na qual as áreas costeiras chegaram à magnitude de 7°C. No modelo seguinte, as 6h, quase toda a malha urbana da área de estudo ficou homogênea, com a ICU em 6°C. As 9h a ICU se descaracteriza, inclusive com as áreas de urbanização densa mais frias que o entorno.

Com relação aos erros residuais, o maior RMSE foi constatado para as 6h, quando chegou a 2,31. Nessa hora o R^2 também foi muito baixo e o gráfico dos resíduos ([figura 112](#)) mostra que foi exatamente nesse momento que se tem os maiores valores.

FIGURA 112 – GRÁFICO DOS RESÍDUOS (°C) DA MODELAGEM DE REGRESSÃO DO DIA 13 a 14/08/2018



FONTE: Elaborado pela autora (2021)

10.4.3 Domínio da frente polar Atlântica: dias representativos 19 e 20/06/2019

O domínio da frente polar Atlântica (FPA) foi representado na modelagem dos dias 19 e 20/06/2019 ([figuras 118 e 119](#)). Com ventos predominantes de quadrante sul e céu parcialmente encoberto na maior parte do tempo, o desenvolvimento da ICU nas horas inclusas ocorreu de forma mais lenta do que sob os sistemas analisados anteriormente. Cabe destacar que não foi registrada precipitação nesses dias, somente no dia anterior em que o acumulado foi de 0,2 mm.

Na primeira hora modelizada a ICU ainda não havia tomado sua formação “clássica” e as áreas mais quentes, com 3°C as 18h, corresponderam aos pequenos pedaços no centro da península insular e no sudoeste da continental. Para as 21h, notou-se que o contraste térmico de intensidade entre 2 e 3°C se espalhou pela extensão da malha urbana. A situação para as 0h do dia 20/06 não é muito diferente das duas horas anteriores.

As 3h da manhã as áreas urbanizadas mais próximas à costa tiveram ICU de magnitude de 5 a 6°C. Já as 6h foi o momento da maior média da ICU bem como o melhor coeficiente de determinação, $R^2_{ajustado} = 0,77$ ([tabela 24](#)). Nessa hora o contraste urbano-rural/não urbano apontou 6 a 7°C nas áreas mais centrais e também é possível distinguir o traçado BR-101 com essa magnitude.

TABELA 24 – COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E RAIZ DO ERRO QUADRÁTICO MÉDIO (RMSE) DOS MODELOS DE REGRESSÃO PARA OS DIAS 19 E 20/06/2019

| Data | 19/06/2019 | | 20/06/2019 | | | |
|------------------|------------|------|------------|------|------|------|
| Hora | 18h | 21h | 0h | 3h | 6h | 9h |
| RMSE | 0.30 | 0.71 | 0.86 | 1.03 | 0.91 | 1.16 |
| R^2 | 0.48 | 0.45 | 0.70 | 0.77 | 0.85 | 0.52 |
| $R^2_{ajustado}$ | 0.38 | 0.27 | 0.59 | 0.69 | 0.77 | 0.42 |

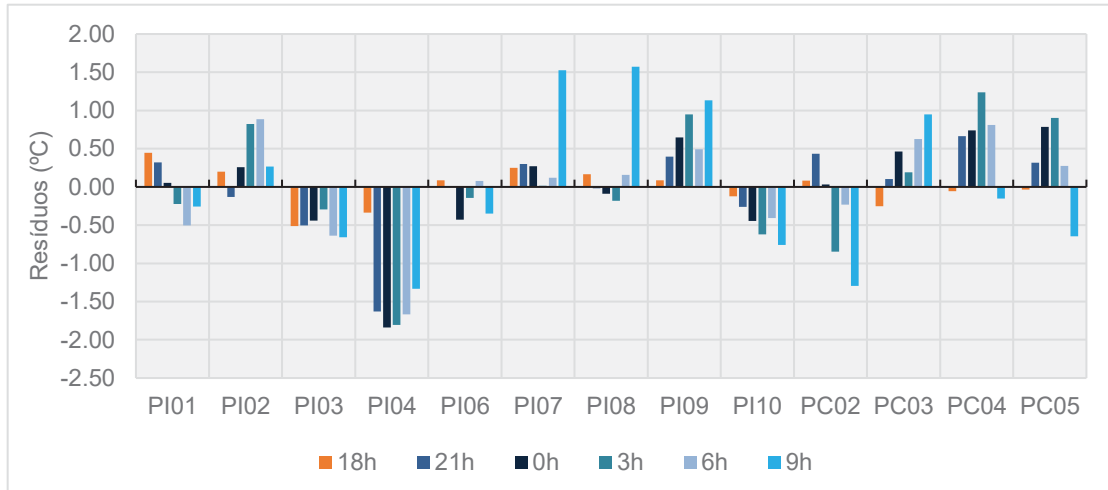
FONTE: Elaborado pela autora (2021)

Mas, se sob o domínio da FPA houve demora para a formação e intensificação da ICU comparativamente a outras situações já expostas, até as 9h ainda não se constatava a desconfiguração do fenômeno, somente uma desintensificação, pois as áreas urbanas ainda alcançavam os 4°C em sua maior parte.

O intervalo do RMSE ([tabela 24](#)) ficou entre 0,3 e 1,16 um dos menores dentre as modelagens apresentadas. Na [figura 113](#) é possível verificar que os resíduos que

mais se destacaram foram para o PI04, em que todas as horas a ICU observada foi menor que a estimada.

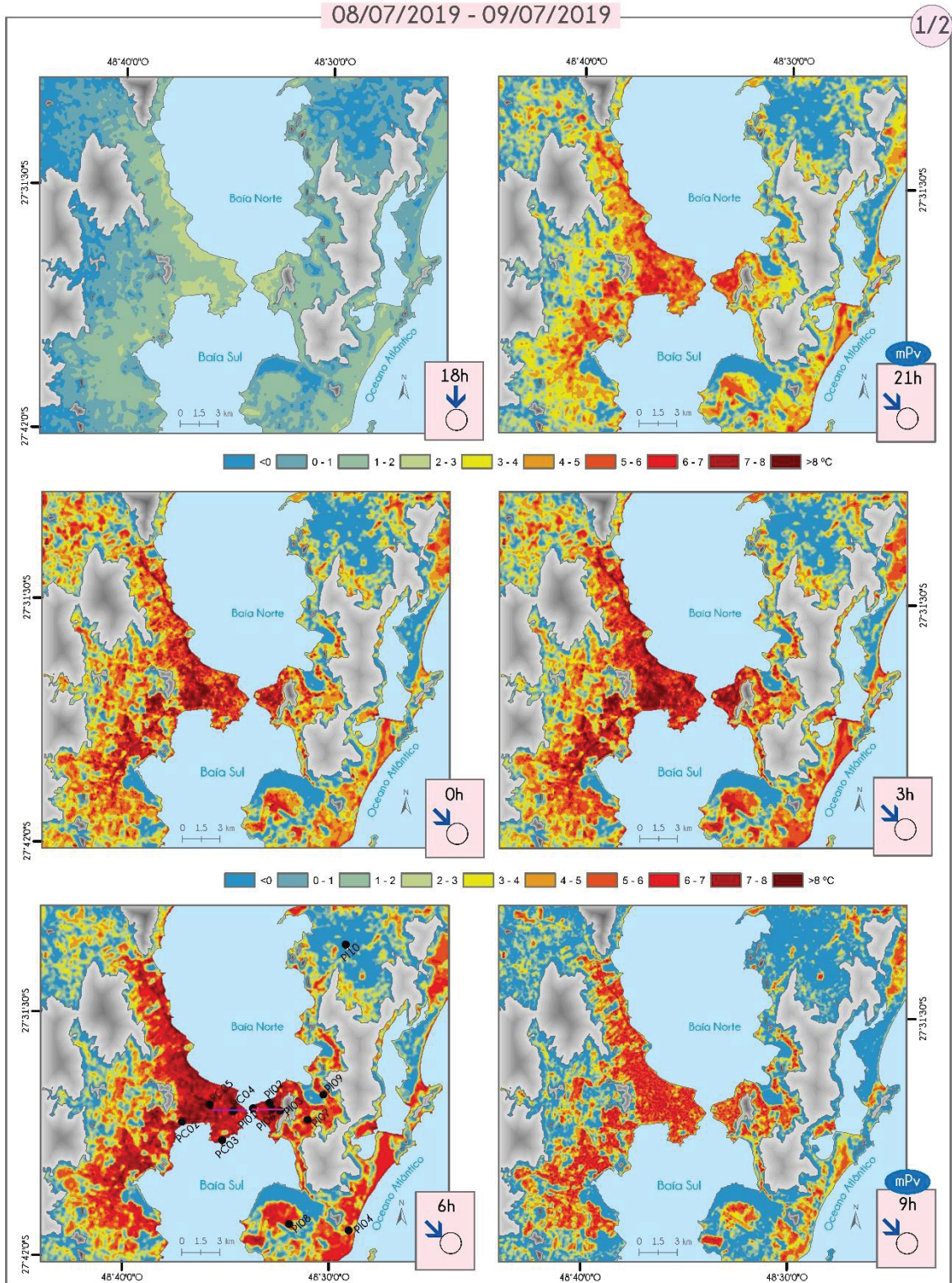
FIGURA 113 – GRÁFICO DOS RESÍDUOS (°C) DA MODELAGEM DE REGRESSÃO DO DIA 19 a 20/06/2019



FONTE: Elaborado pela autora (2021)

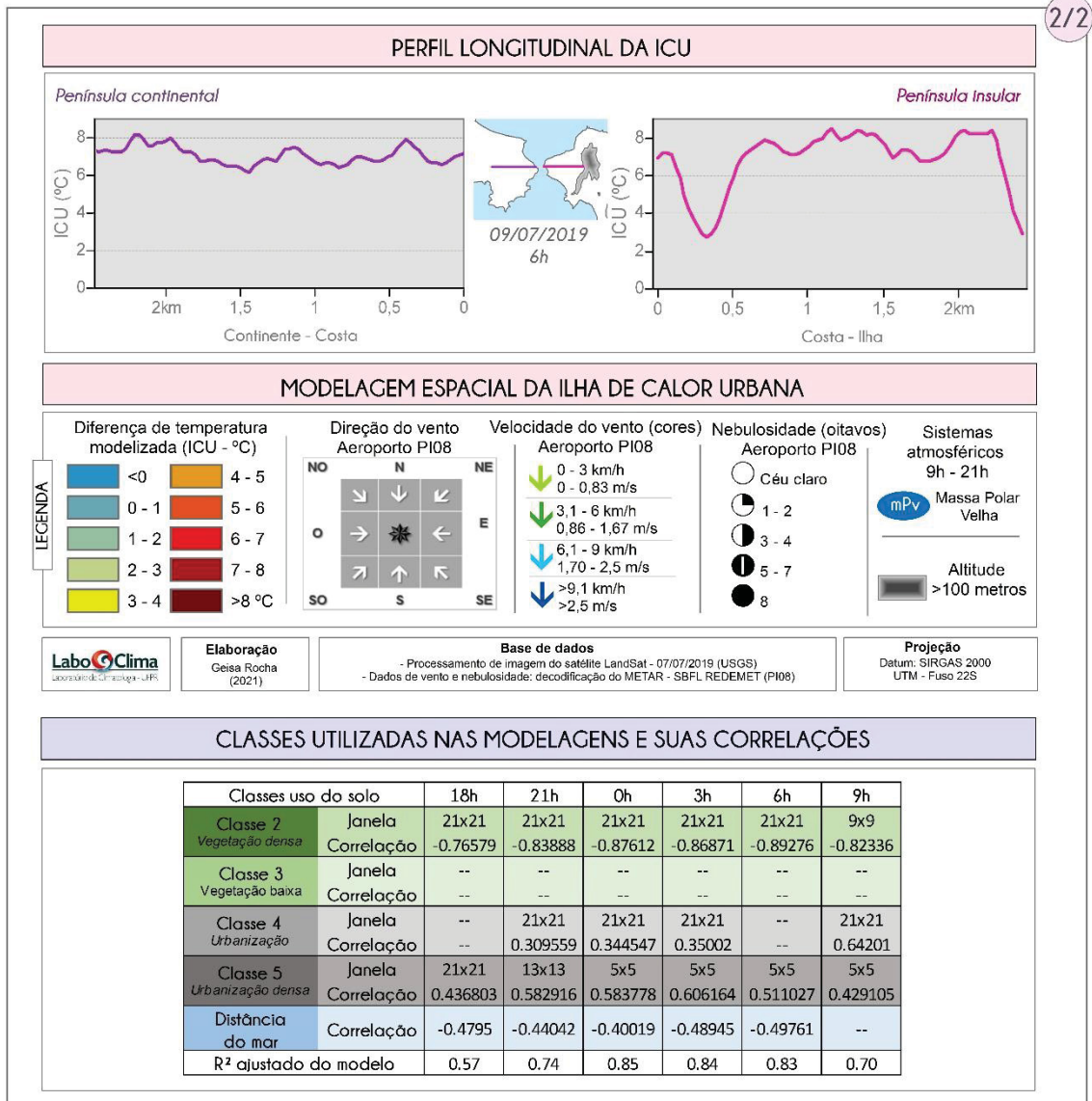
10.4.4 Resultados espacializados pelo modelo de regressão múltipla

FIGURA 114 – ICU OBSERVADA E ESPACIALIZADA (A CADA 3 HORAS) DAS 18H AS 9H DO DIA 08 A 09 DE JULHO DE 2019 – MASSA POLAR ATLÂNTICA – 1/2



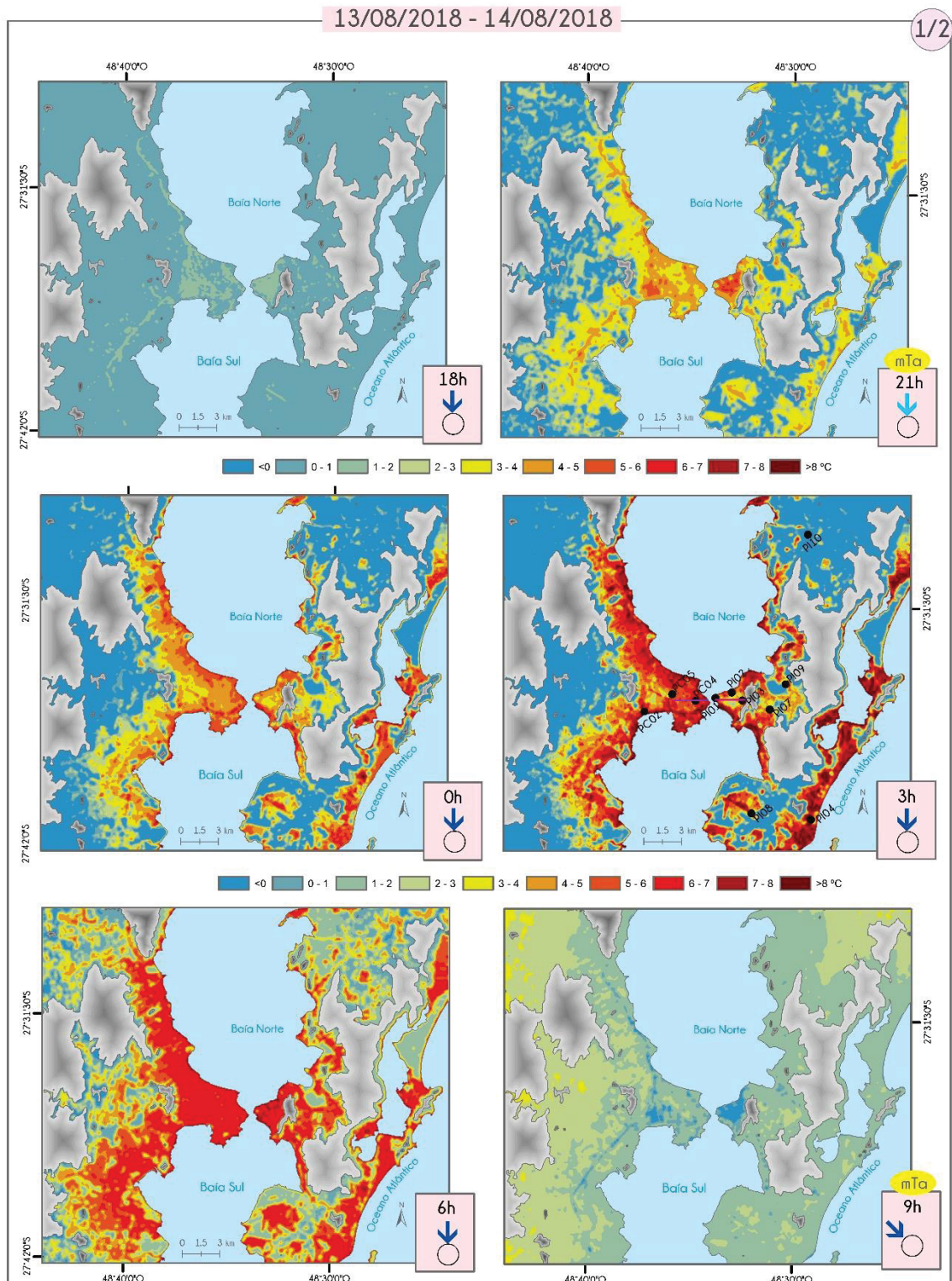
FONTE: Elaborado pela autora (2021)

FIGURA 115 – PERFIL LONGITUDINAL, LEGENDA E CLASSES UTILIZADAS NOS MODELOS DOS DIAS 08 A 09 DE JULHO DE 2019 – MASSA POLAR ATLÂNTICA – 2/2



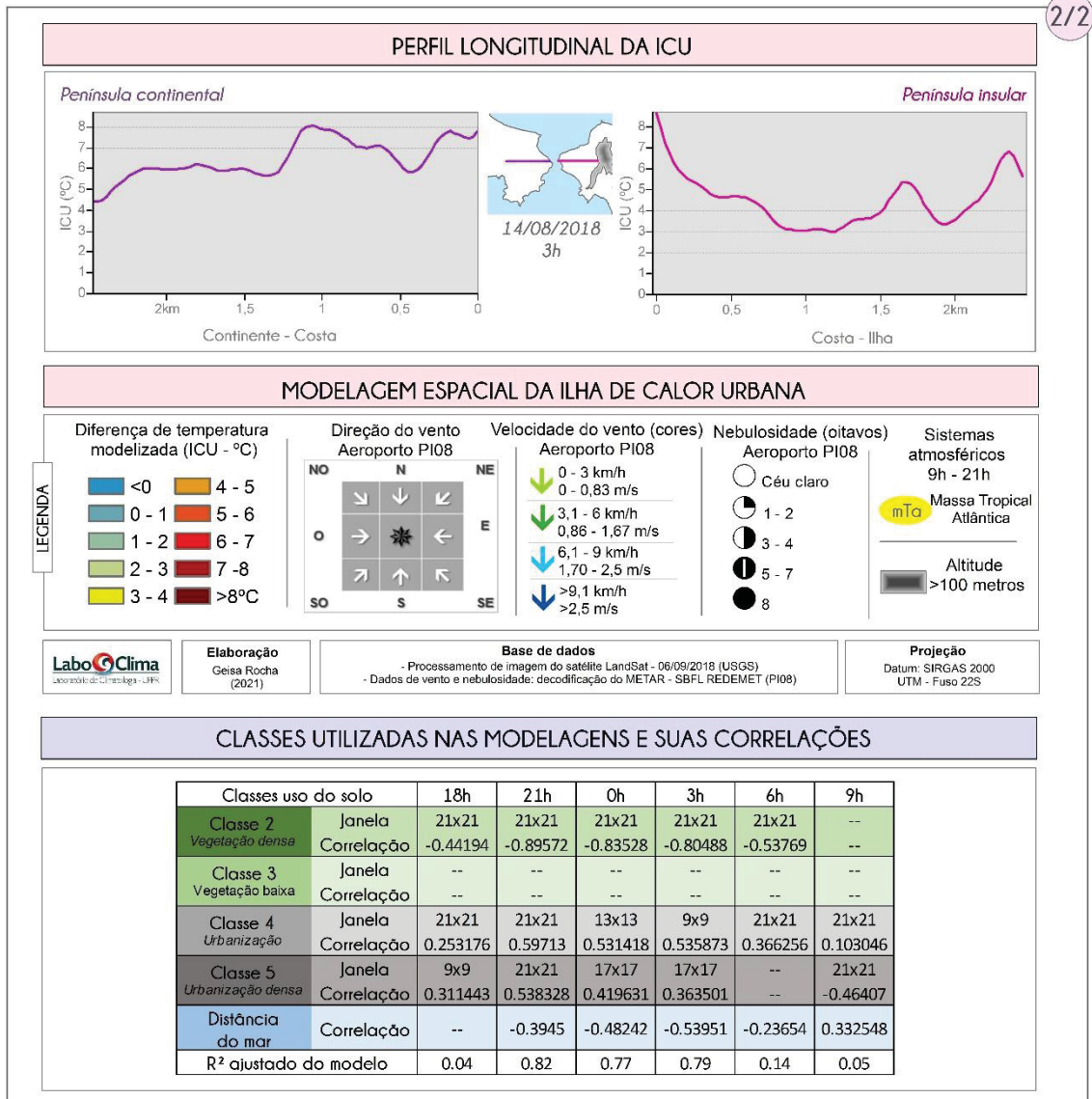
FONTE: Elaborado pela autora (2021)

FIGURA 116 – ICU OBSERVADA E ESPACIALIZADA (A CADA 3 HORAS) DAS 18H AS 9H DO DIA 13 A 14 DE AGOSTO DE 2018 – MASSA TROPICAL ATÂNTICA – 1/2



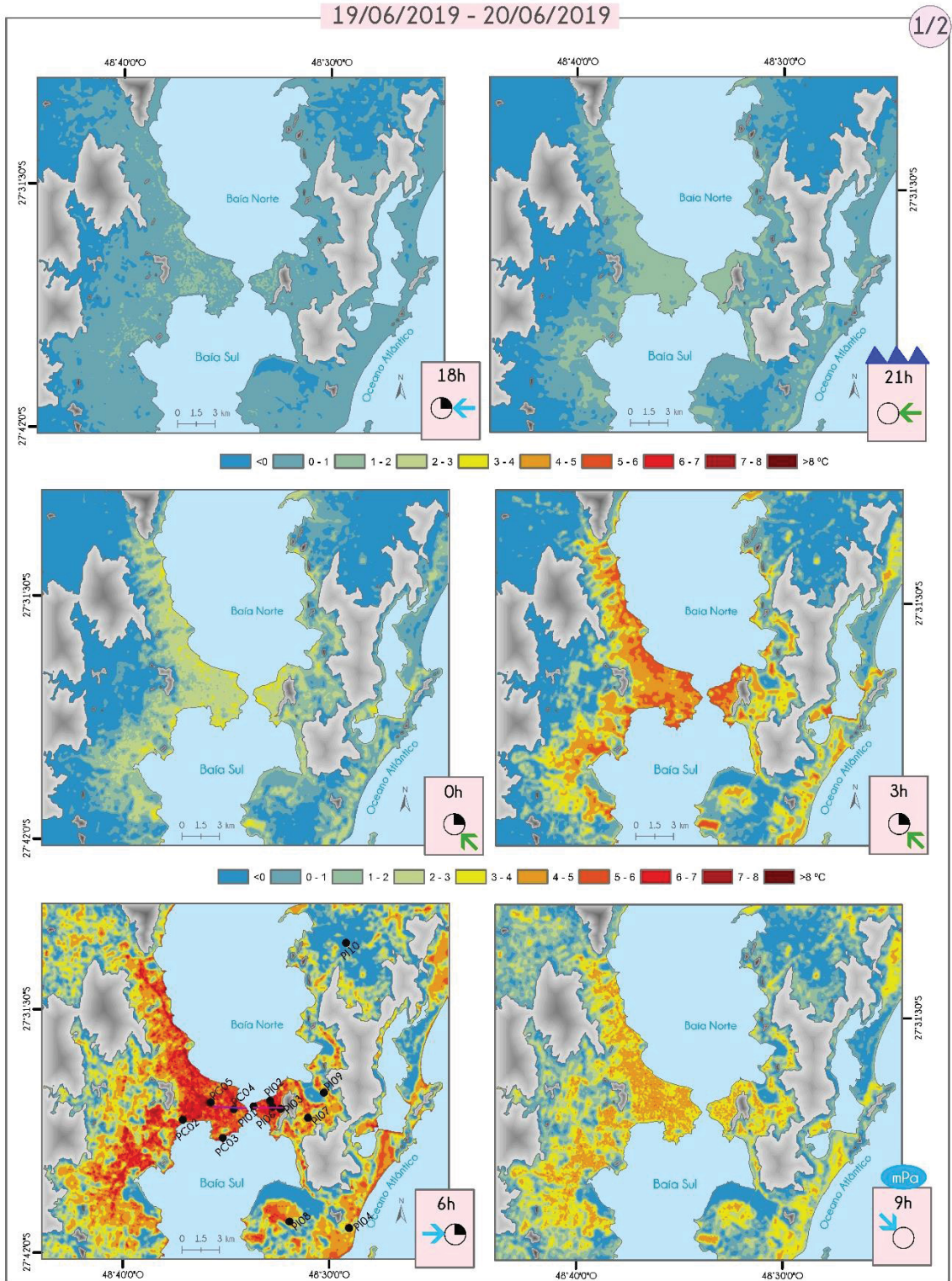
FONTE: Elaborado pela autora (2021)

FIGURA 117 – PERFIL LONGITUDINAL, LEGENDA E CLASSES UTILIZADAS NOS MODELOS DOS DIAS 13 A 14 DE AGOSTO DE 2018 – MASSA TROPICAL ATÂNTICA – 2/2



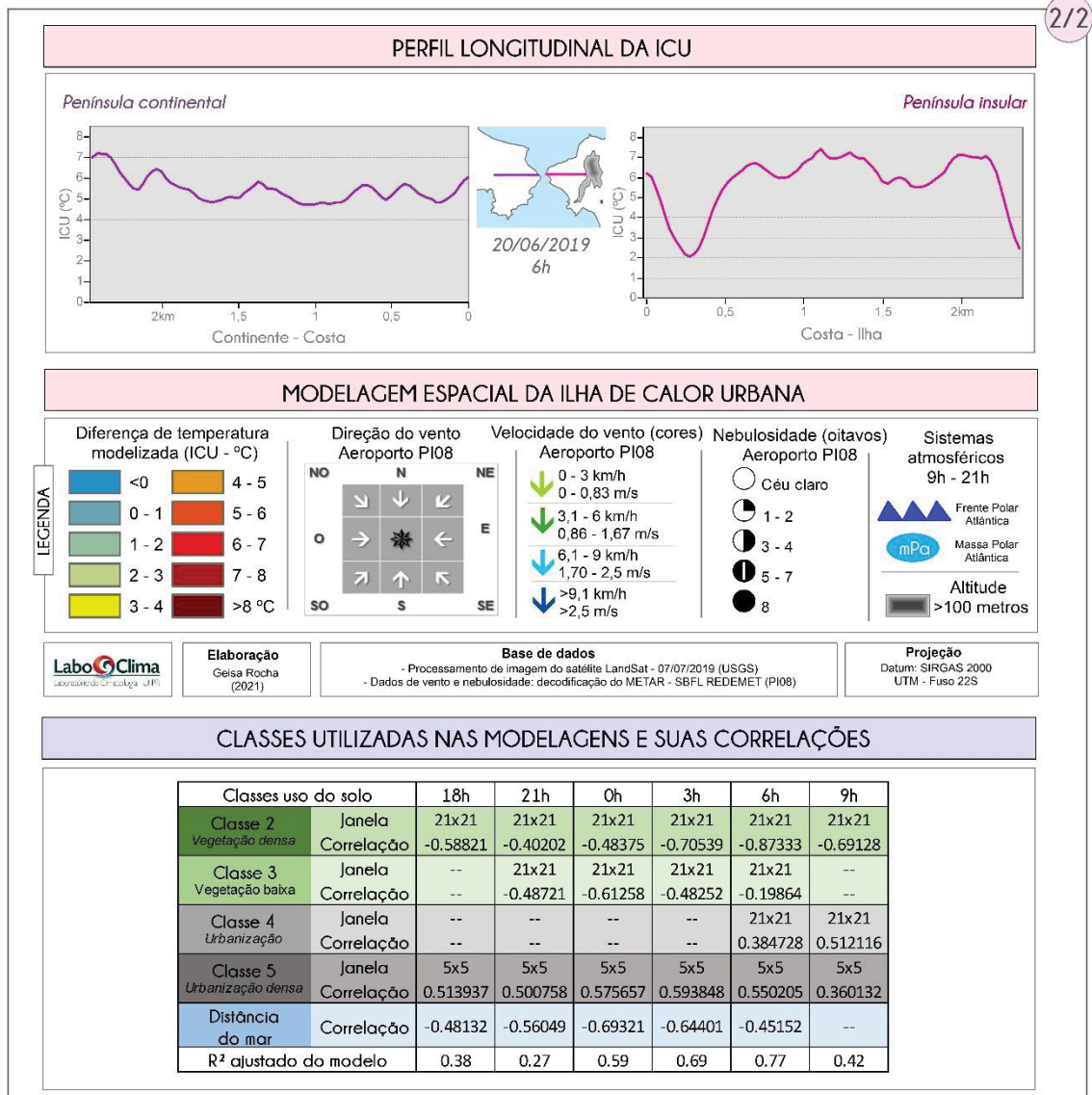
FONTE: Elaborado pela autora (2021)

FIGURA 118 – ICU OBSERVADA E ESPACIALIZADA (A CADA 3 HORAS) DAS 18H AS 9H DO DIA 19 A 20 DE JUNHO DE 2019 – FRENTE POLAR ATLÂNTICA – 1/2



FONTE: Elaborado pela autora (2021)

FIGURA 119 – PERFIL LONGITUDINAL, LEGENDA E CLASSES UTILIZADAS NOS MODELOS DOS DIAS 19 A 20 DE JUNHO DE 2019 – FRENTE POLAR ATLÂNTICA – 2/2



FONTE: Elaborado pela autora (2021)

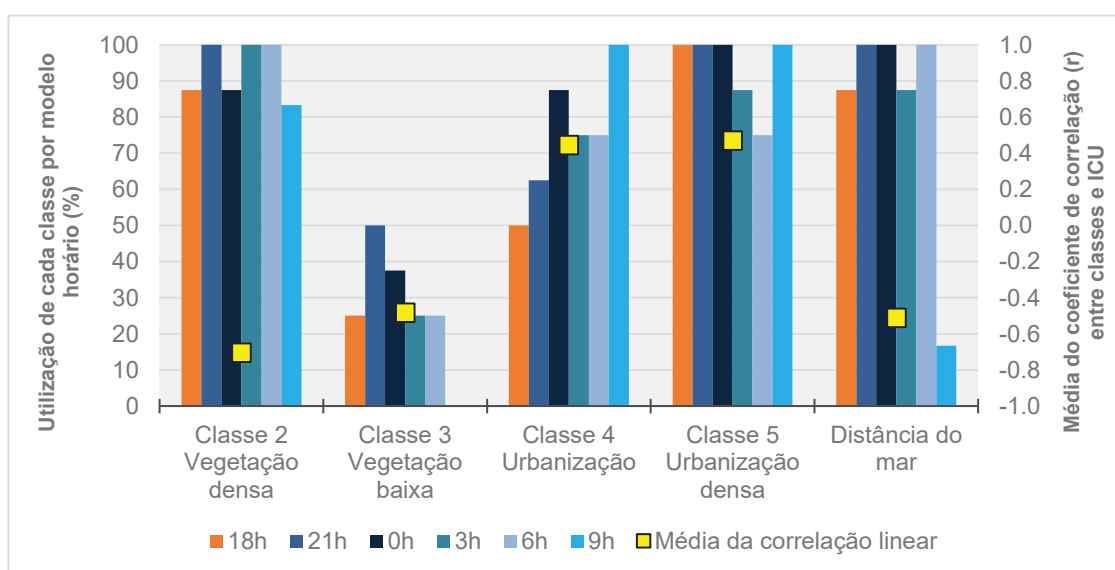
10.5 DISCUSSÃO E SÍNTESE DA CARACTERIZAÇÃO DA ICU NA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS

A construção dos modelos de ICU representando a dinâmica espacial, bem como a caracterização estática do fenômeno no período revelou que o aspecto costeiro do sítio não foi um agravante para que a ilha de calor na área conurbada atingisse magnitudes próximas àsquelas encontradas em aglomerações urbanas de grande escala e continentalizadas, a exemplo de São Paulo em que as diferenças térmicas podem superar os 10°C (LOMBARDO, 1985).

10.5.1 Classes e resíduos dos modelos

As variáveis explicativas dos modelos de regressão múltipla, nessa tese expressas por quatro classes do uso do solo e a distância do mar, foram usadas conforme as melhores correlações estatísticas com a variável dependente, ou seja, a ICU horária. A figura abaixo mostra a síntese das classes usadas por horário em todos os oito grupos de modelagem abordados anteriormente (tópicos 10.1 a 10.4), bem como a média da correlação linear com a ICU.

FIGURA 120 – SÍNTESE DAS CLASSES UTILIZADAS E MÉDIA DA CORRELAÇÃO COM A ICU



FONTE: Elaborado pela autora (2021).

A vegetação densa e urbanização densa foram as classes mais usadas nas regressões múltiplas, ambas fizeram parte de 93,5% dos modelos, sendo usadas em

pelo menos 70% em cada um dos seis horários modelizados (18h, 21h, 0h, 3h, 6h e 9h). Também foram as que obtiveram a maior média da correlação linear com a ICU, -0,71 para a classe 2 e 0,47 para a classe 5. Ou seja, a primeira marca a relação em diminuir a intensidade da ICU enquanto que a segunda em aumentar.

A distância do mar foi aplicada em 84,8% dos modelos, especialmente no período entre o entardecer e amanhecer, já que para as 9h o uso dessa classe representa menos de 20% da modelagem dessa hora. A análise dessa variável que mais expressa a particularidade do sítio investigado mostrou que ela possui relação inversa com a ICU, indicando que quanto mais próximo à costa, maior tende a ser o gradiente térmico. Fato que pode ser explicado tanto pela inércia térmica da água para manutenção das temperaturas, quanto pela predominância das brisas terrestres bem marcadas no período noturno e também pela urbanização densa nas proximidades do litoral. Gomes (2017) também encontrou essa mesma relação nos modelos noturnos para Ubatuba-SP.

As correlações da vegetação densa (classe 2) foram melhor identificadas predominantemente nas janelas de *pixels* maiores, como em 21x21 (91%), ou seja, menor interferência dos efeitos microclimáticos nesse caso. Já para a urbanização densa, ocorreu ao contrário: as melhores correlações foram verificadas para as menores janelas, como a 5x5 que foi usada em 44% nessa classe 5.

Foram realizados testes de modelagem com os horários das 15h e 12h, no entanto os resultados obtidos não foram satisfatórios, exceto para o dia 09/08/2018 (representativo para dia de vento forte – [tópico 10.2](#)). Os modelos superestimavam o gradiente de temperatura em direção ao interior do continente e atribuíam forte peso positivo para a distância do mar, além de obter correlação muito baixa ou inexistente com as demais classes. Isso demonstrou que a modelagem utilizada não se aplica para o período diurno, o que já era esperado pois a ICU é um fenômeno que se manifesta essencialmente a noite.

Outra questão a ser pontuada são os resíduos das modelagens. Ao considerar a média desses para cada ponto de medição meteorológica por horário em todos os modelos, encontrou-se os maiores valores as 9h, com variação de -2,04 a 1,62°C. Já os menores resíduos foram detectados as 3h e 6h, variando de -1,21 a 1,16°C. Ambos casos se relacionam e se explicam pela própria dinâmica da ICU, sendo mais evidente na madrugada e amanhecer, com os modelos dessas horas apresentando os melhores resultados da regressão múltipla.

No que se refere especificamente aos pontos de medição, pode-se agrupar os resultados em três: o grupo em que os resíduos foram mínimos (não ultrapassando a média de $\pm 0,25^{\circ}\text{C}$), o grupo em que os resíduos foram positivos (acima da média de $0,3^{\circ}\text{C}$) e o grupo dos negativos (acima da média de $-0,4^{\circ}\text{C}$). Integram-se ao primeiro os pontos PI01, PI02, PI03, PI04, PI06, PC03, PC04 e PC05; no segundo grupo têm-se o PI08 e PI09; e no terceiro o PI10 e PC02.

Sobre o grupo dos maiores resíduos positivos, com o PI08 (Aeroporto) e PI09 (Epagri Sede), os modelos, em geral, estimaram uma diferença térmica menor do que aquilo que foi de fato observado. Pode-se atribuir parcialmente essa configuração às classes de uso do solo, por exemplo. A [figura 52](#) exibiu um dendrograma em que ambos pontos foram classificados no mesmo grupo.

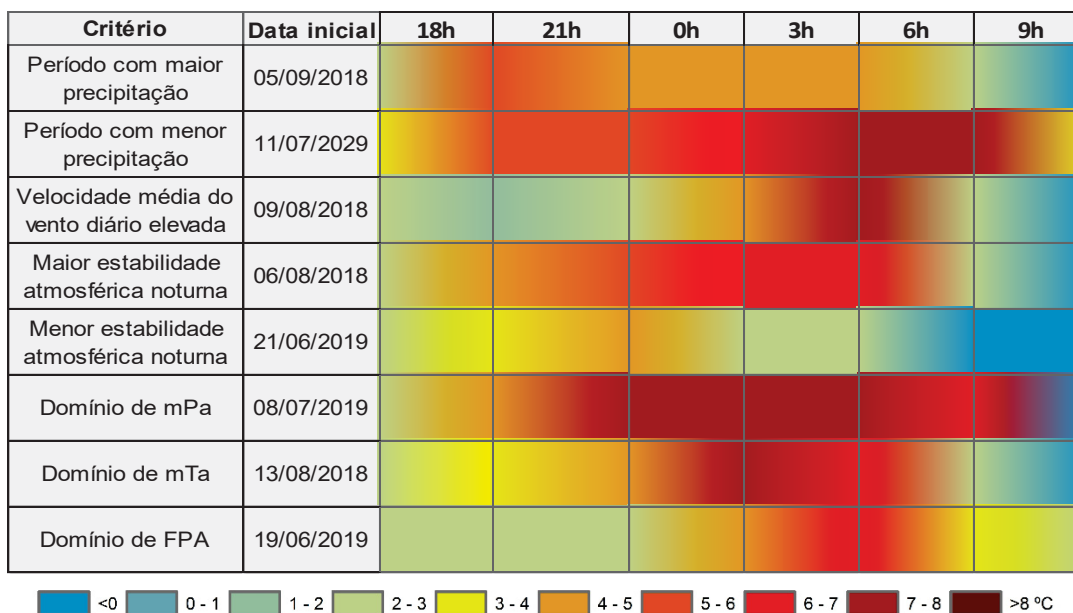
Por outro lado, no grupo dos maiores resíduos negativos, o PI10 (Epagri Carijós ou PRR) e PC02 (INMET) mostraram que os modelos estimaram contrastes térmicos maiores do que fora observado. Uma das explicações pode ser o *pixel* classificado no ponto onde se encontra a estação meteorológica, ambos muito próximos à uma edificação, possivelmente inseridos na classe 3, urbanização.

De todo modo, os resíduos ressaltam a busca em representar a realidade a partir dos modelos, contudo, é necessário que se pontue que apesar dos bons resultados, esses possuem limitações.

10.5.2 Desenvolvimento horário da ICU e áreas de destaque

As análises episódicas realizadas por Mendonça (2002) para a mesma área de estudo dessa pesquisa mostraram que os maiores contrastes térmicos foram observados principalmente as 6h e os mais intensos na passagem de mPa. Para a presente tese também se notou que a maior média geral da ICU se dá pouco antes do amanhecer, no entanto, as diferentes situações abordadas nesse capítulo mostrou algumas especificidades do desenvolvimento desse fenômeno climático. A [figura 120](#) mostra o gradiente de cores para representar o resumo da espacialização da ICU.

FIGURA 121 – GRADIENTE DE CORES REPRESENTATIVAS DO DESENVOLVIMENTO DA ICU



FONTE: Elaborado pela autora (2021)

Fez-se a figura acima com base na magnitude predominante em cada modelo e a partir dela se percebe que em algumas situações a ICU se intensificou de forma acelerada e só amenizou após ao amanhecer. Nesse contexto se destacaram as modelagens do período de menor precipitação, de maior estabilidade atmosférica, sob a passagem da massa de ar polar e da massa tropical. Com exceção da penúltima citada, as outras três tiveram a maior média de ICU no meio da madrugada, as 3h.

Nos quatro grupos de modelos elencados acima, notou-se que as 18h as áreas urbanas estiveram pelo menos 2°C mais quentes que as áreas não urbanizadas. Para as 21h se observou que o vento geralmente diminui a velocidade e inverte a direção para o quadrante oeste, típico do início do fenômeno das brisas terrestres. Nessa hora, a magnitude aumentou consideravelmente, atingindo pelo menos 5°C.

Ainda sobre os mesmos exemplos, com relação ao padrão espacial da ICU, verificou-se que as 0h as áreas em que a urbanização foi considerada densa (em que predominam prédios elevados com pouco afastamento entre eles) se destacaram mediante aos seus entornos, com diferenças térmicas que superaram os 8°C.

Já no decorrer da madrugada ao amanhecer, a malha urbana mais contínua no continente e as áreas dispersas na porção insular praticamente se homogeneizaram em termos de magnitude de ICU. As áreas mais densas que antes se destacavam mais nitidamente, perdem parte de seu contorno. As 9h ainda se observou resquícios do fenômeno da ICU.

Do outro lado, os modelos representativos do período de maior precipitação, da maior velocidade do vento, menor estabilidade atmosférica e o domínio da FPA, tiveram o desenvolvimento da ICU de forma menos intensa e mais gradativa. Nas situações de vento forte e da passagem da FPA, observou-se que as diferenças térmicas entre os ambientes urbano-rural se evidenciaram logo no anoitecer, intensificando-se mais bruscamente somente as 6h da manhã, que é o momento em que se marcam as temperaturas mínimas, contrastando a temperatura dos ambientes.

Nos modelos do período de maior precipitação e menor estabilidade o desenvolvimento da ICU foi mais gradativo, porém, sem alterações súbitas de contrastes, atingindo magnitudes de até 4°C. No entanto, o resfriamento da cidade ocorreu de forma mais acelerada do que nas situações anteriores analisadas.

Ainda sobre padrões espaciais, verificou-se que foram as mesmas áreas nos diferentes modelos que se destacaram por serem mais quentes ([figura 122](#)) que o restante da conurbação, como também mais frescas ([figura 123](#)).

As áreas de destaques para a ICU mais intensas mostradas na [figura 122](#) são mais numerosas na porção continental do que na insular. No continente tem-se o bairro do Estreito, na parte noroeste da península, caracterizado por edificações de em média 10 andares e por zonas mistas comerciais e residenciais, sendo considerado um dos bairros centrais na dinâmica urbana da área conurbada. Assim como o bairro vizinho, Barreiros, pertencente à São José, mas com quase nenhuma distinção do Estreito tanto em termos de ICU quanto em importância local.

Ainda no continente, a maior área de destaque de ICU em tamanho corresponde ao bairro Kobrasol, em São José. Considerado como o “coração” econômico do município, também possui relevância regional e já concentra vários comércios e serviços. Por também conter um polo gastronômico o bairro é bastante movimentado em todos os dias da semana, além disso, localiza-se nas margens de uma das rodovias mais movimentadas do país, a BR-101. Mendonça (2002) também verificou as maiores diferenças térmicas da região no mesmo local.

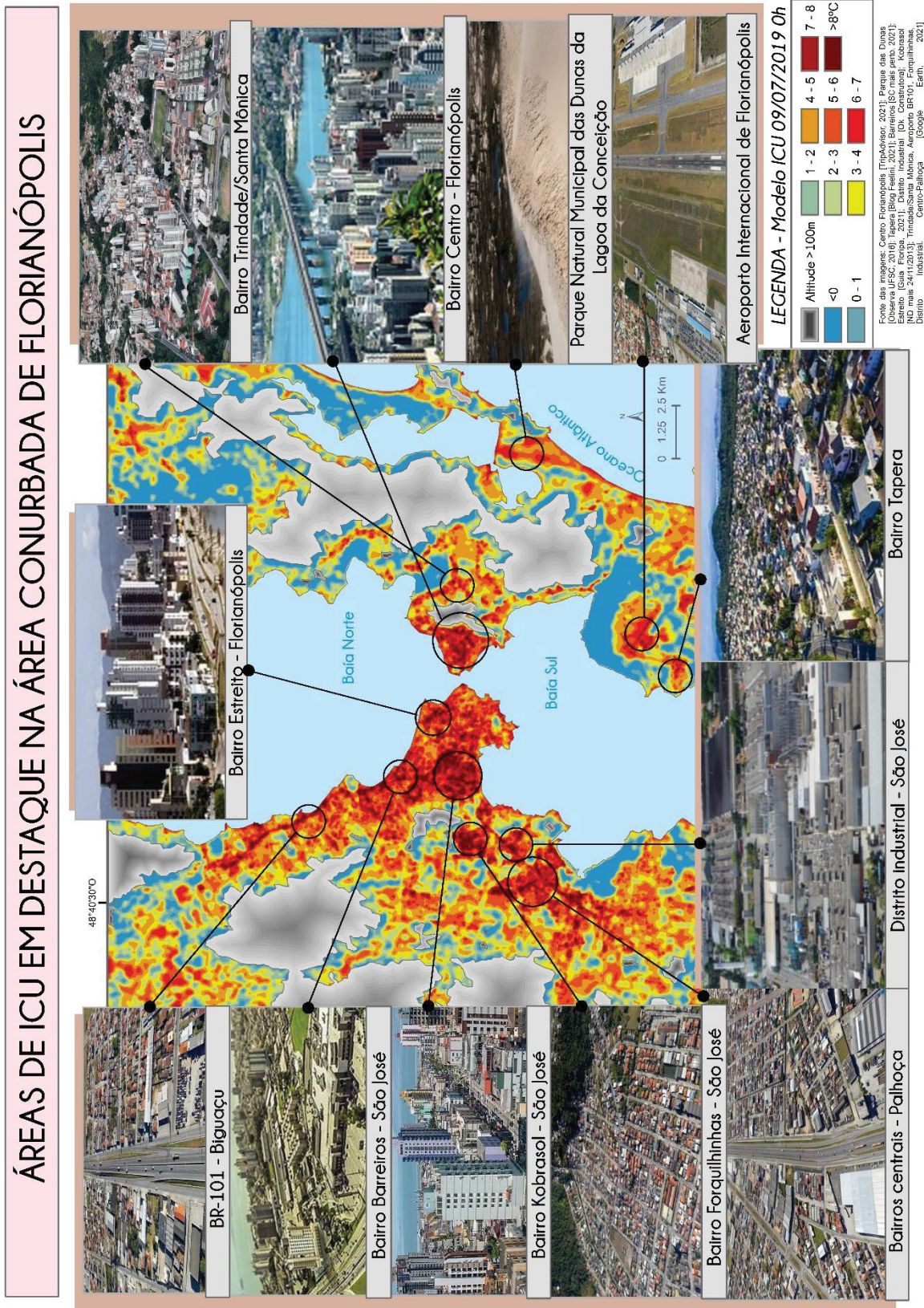
Devido à grande quantidade de galpões e áreas impermeabilizadas, o Distrito Industrial de São José, na beira da BR-101, foi um dos destaques de maior intensidade da ICU. Mais ao norte, o bairro de Forquilha, predominantemente residencial, de edificações baixas e terreno relativamente plano também permitiu o desenvolvimento de um contraste térmico de ICU que dependendo da situação pode chegar atingir 9°C.

No mesmo contexto se inserem os bairros da porção norte do município de Palhoça, em que a verticalização das edificações se dá mais próxima à rodovia federal.

Já na porção norte do continente as áreas de ICU mais intensas foram verificadas ao longo do contorno da BR-101, tanto é que em vários dos modelos gerados foi possível acompanhar o delineamento da ICU com a rodovia.

Para a porção insular, a ICU emerge como “um arquipélago de calor”, termo cunhado por Sezerino & Monteiro em 1990 para se referir aos indícios de “ICU’s” encontrados na Ilha de Santa Catarina. E quase três décadas após, constata-se que embora as áreas urbanas tenham aumentado, essa configuração permanece, pois essas ainda se encontram polinucleadas e dispersas pelo território.

FIGURA 122 – SÍNTESE DAS ÁREAS DE ICU EM DESTAQUE NA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS



A península central foi a área de maior destaque na ilha, onde se encontra o bairro Centro, concentrando comércio, serviços e importantes equipamentos públicos institucionais e privados. Além disso, notou-se que as áreas com maiores ICU pareceram formar um cinturão ao redor do Maciço Central. Nessa região se destacou na [figura 122](#) bairro da Trindade, onde se localiza a Universidade Federal de Santa Catarina, adquirindo importância na dinâmica urbana.

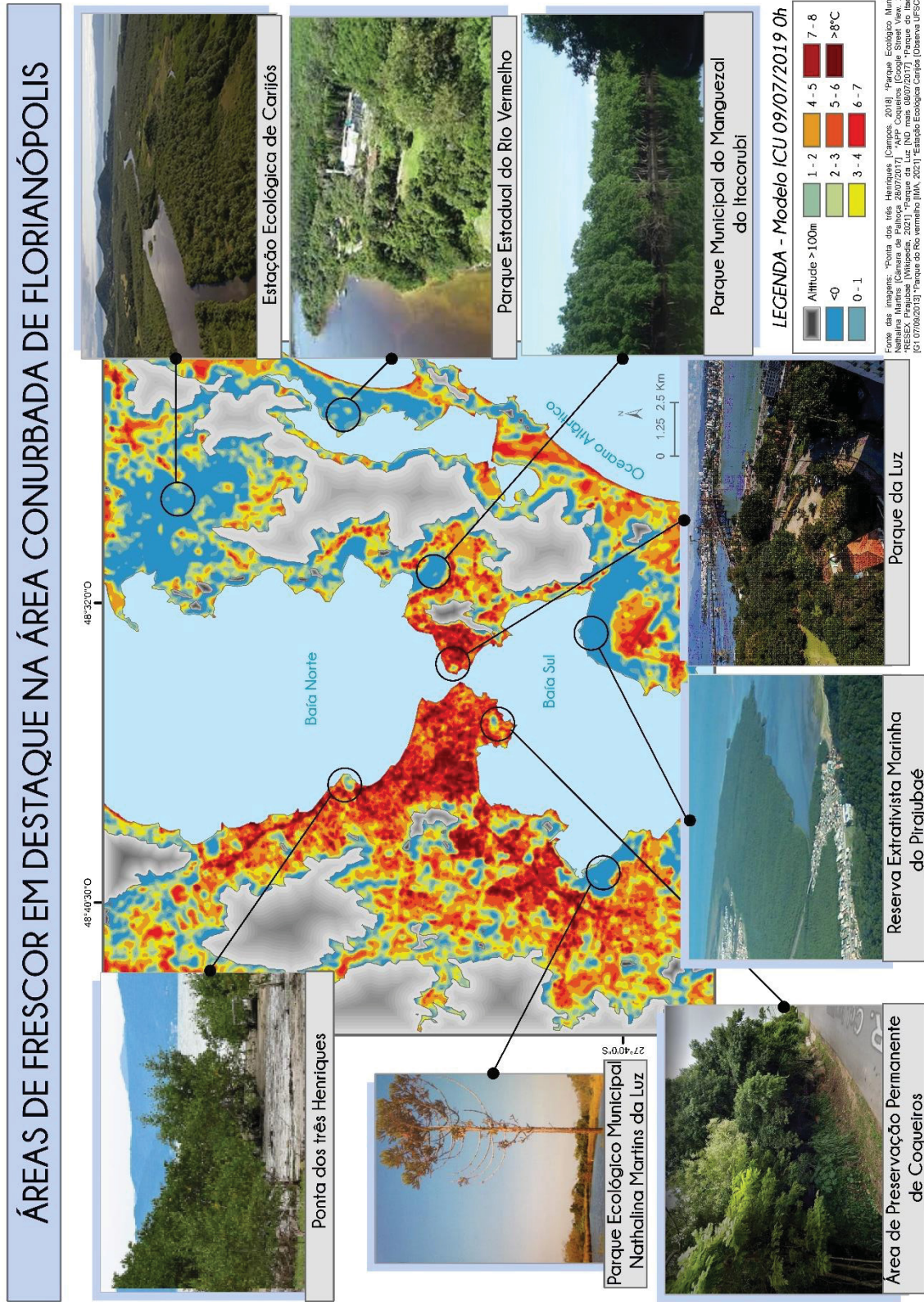
Também foram destacados como áreas mais quentes o bairro da Tapera, o aeroporto Hercílio Luz e seu entorno (bairro do Carianos). Ambos são bairros majoritariamente residenciais, planos e com edificações baixas, e que mesmo assim se verificou a produção da ICU de alta intensidade. Outras localidades não indicadas na figura, tais como os bairros do Campeche, Morro das Pedras, Lagoa da Conceição, Cacupé, Ingleses, Rio Vermelho e Daniela também tiveram porções mais aquecidas que os ambientes não-urbanos.

Vale a pena salientar que em todas as modelagens, a área correspondente ao Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição apresentou ICU significativa, mas isso porque no processo de construção do modelo utilizou-se a classificação do uso do solo realizada a partir do *cluster* das respostas espectrais da imagem de satélite, apontando as dunas de areia como porções urbanizadas. De todo modo, estima-se que na região ocorra o efeito inverso, devido à exposição ao sol e ao material de composição, em que durante o dia essas áreas são provavelmente mais quentes que as urbanas, no entanto, ao anoitecer, perdem calor mais rápido que nos ambientes concretados.

Pontua-se também as áreas que se configuraram como “frescor” ([figura 122](#)). Identificou-se uma quantidade maior dessas áreas na ilha que no continente, perceptivelmente atreladas às áreas de preservação e unidades de conservação, reafirmando o papel da vegetação na amenização dos efeitos da ICU.

Dentro do território insular de Florianópolis, conforme Ferretti (2013) 29,86% é marcado por espaços naturais protegidos, contando com 14 unidades de conservação (UC). Uma das áreas destacadas pelo frescor é justamente onde se localiza o ponto de medição de referência rural (PI10 ou PRR), situado na sede da Estação Ecológica de Carijós, uma UC federal de proteção integral que possui 7,9 km². Nas modelagens, durante a madrugada a área esteve sempre com magnitude negativa.

FIGURA 123 – SÍNTESE DAS ÁREAS DE FRESCOR EM DESTAQUE NA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS



Outra parte de destaque de frescor, também na porção norte da ilha e mais próximo à costa leste, está o Parque Estadual do Rio Vermelho com 14,8 km² de área vegetada, apresentando-se nos modelos como uma espécie de “corredor fresco” que separa o bairro do Rio vermelho ao norte e o bairro da barra da lagoa ao sul.

Considerado como o segundo maior manguezal urbano do Brasil, o Parque Municipal do Manguezal do Itacorubi, uma UC com 1,36 km² se sobressai como uma ilha de frescor em meio a uma região marcada por intensa urbanização.

Com 16,9 km² a Reserva Extrativista do Pirajubaé (RESEX) integra as áreas de frescor. A RESEX é uma UC federal onde há possibilidade de extração de recurso natural local e segundo Ferretti (2013), essa UC tem suportado efeito da pressão e da ameaça urbana por sua característica de ambiente de manguezal sobre a planície marinha.

Fora do rol das UC's está o Parque da Luz, que em todos os perfis longitudinais traçados na modelagem da península central insular se mostrou uma importante área de amenização dos efeitos da ICU. Classificado como Área Verde de Lazer (AVL) no plano diretor vigente de Florianópolis, tem dimensão de 37,4 m² e nos modelos esteve pelo menos 2°C mais frio que no entorno.

Na porção continental as áreas de frescor foram mais restritas se comparadas à ilha. No bairro de Coqueiros em Florianópolis, uma pequena área de preservação permanente (APP) junto com proteção limitada de uso por conta de uma encosta (APL) que somam cerca de 82,6 m² de mata atlântica, destacaram-se na modelagem de ICU por apresentarem de 1 a 2°C a menos que nos arredores.

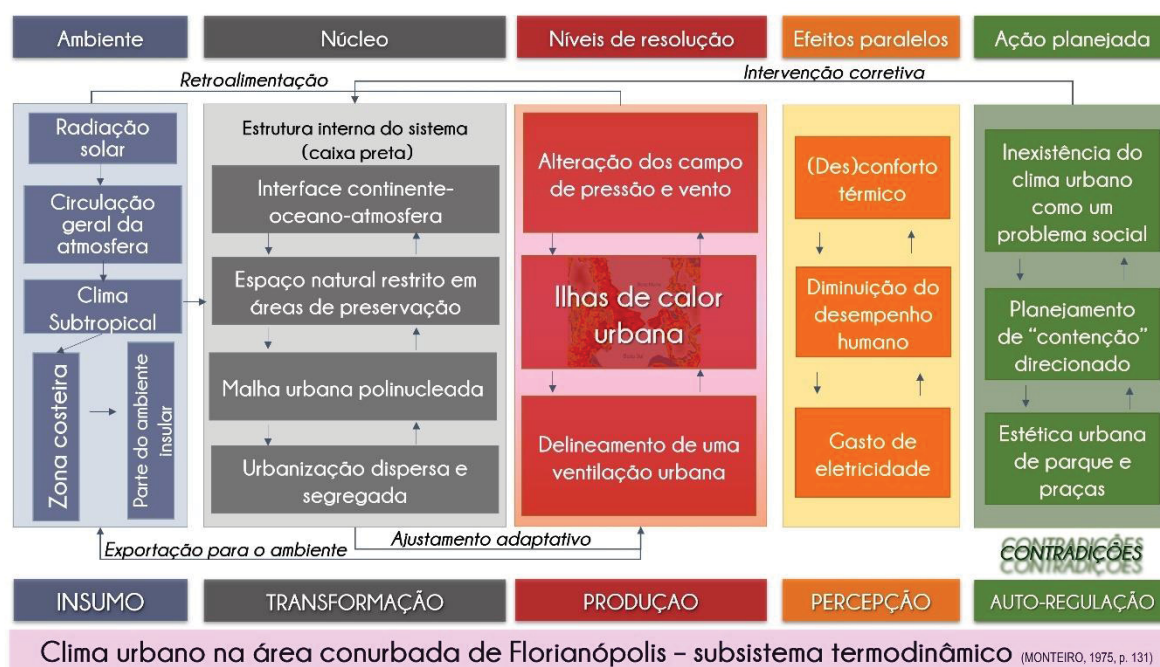
No mesmo contexto, ao norte de São José se localiza uma área de 300 m² de APL denominada Ponta dos Três Henriques, ao lado da foz do rio com o mesmo nome. Essa é a única porção de vegetação do município que se encontra com o mar, além de conter os últimos resquícios de restinga. Mesmo ao lado da BR-101, essa área se destacou como atenuadora da intensidade da ICU.

Delimitada como APP pelo município de Palhoça, há uma área de manguezal de 3,1 km² que corresponde ao Parque Ecológico Natalina Martins da Luz e conforme os resultados dos modelos, o parque é a maior área de frescor que se apresenta entre a malha urbana do continente.

10.5.3 O clima urbano da área conurbada de Florianópolis: o subsistema termodinâmico

Por fim, adaptou-se o esquema do Sistema Clima Urbano de Monteiro (1975), suporte metodológico dessa pesquisa, para apresentar o resultado do subsistema termodinâmico para a área de estudo dessa tese ([figura 124](#)).

FIGURA 124 – CLIMA URBANO DA ÁREA CONURBADA DE FLORIANÓPOLIS, SUBSISTEMA TERMODINÂMICO



FONTE: Elaborado pela autora (2021). Adaptado de Monteiro (1975, p.131)

Na perspectiva do SCU avaliou-se que os níveis de resolução com destaque para a produção da ICU e seus efeitos paralelos encontram como mecanismos de auto-regulação, um planejamento de “contenção” direcionado.

Contenção pelo fato de as ações sobre os problemas decorrentes da manifestação de um clima urbano próprio baseiam-se em tentativas de controle de mitigação e de reação aos impactos que são mais imediatos, como é o caso por exemplo, de inundações urbanas.

No entanto, no campo termodinâmico os efeitos emergem menos “palpáveis” e a ação planejada se dá majoritariamente de forma individual do que coletiva. A resolução ao desconforto térmico relacionado à diminuição do desempenho humano

passa muito mais pela aquisição de aparelhos de refrigeração e climatização do que pela ampliação de áreas verdes, especialmente dentro do perímetro urbano.

Além disso, o termo “direcionado” foi adicionado ao “planejamento de contenção” em duplo sentido, o primeiro no sentido de direcionar a ação ao local específico do impacto e o segundo referente ao encaminhamento histórico dos investimentos públicos e privados na área conurbada de Florianópolis aos espaços de maior concentração de renda (SUGAI, 2015; ROCHA, 2016).

Os espaços públicos de lazer, como parques e praças, quando bem arborizados e concebidos para além da função de estética/embelezamento urbano, podem se configurar como importantes atenuadores dos efeitos da ICU, servindo como um “oásis” em meio à malha urbana densa. No entanto, conforme o ordenamento territorial observado na área conurbada, esses espaços ainda estão em sua maior parte, próximos às áreas residenciais da população mais rica, como é o caso do Parque da Luz.

Como apontado, a maior parte das áreas de frescor destacadas nos resultados se constituem como espaços de preservação ambiental protegidos por lei, mas que foram e são constantemente ameaçados por pressões e expansões imobiliárias (FERRETTI, 2013).

No que se refere ao segmento do turismo, forte ramo econômico na região de estudo, sobretudo na porção insular, os espaços de proteção ambiental são ao mesmo tempo parte da paisagem vendida e propagandeada como também alvo de transformações para servir aos interesses imobiliários, comerciais, entre outros. Nesse ponto podem se interpretar as contradições.

Nos documentos institucionais de planejando urbano, nesse caso o plano diretor vigente, dos quatro municípios integrantes da conurbação somente o da capital versa sobre a questão climática em seu texto. Inserido no artigo 8º e inciso I da lei complementar 482/2014 que estabelece o plano diretor para Florianópolis além de outras providências (2014), um dos princípios do plano é

I - a preservação do meio ambiente, da paisagem e do patrimônio cultural, e a consideração do caráter insular da maior parte do território municipal, da capacidade de suporte do meio natural e dos riscos decorrentes de **alterações climáticas** como limitadores do crescimento urbano; (PMF, 2014, grifo nosso).

Neste contexto, notou-se a expressão do caráter de reação frente aos riscos decorrentes de alterações climáticas, mas não se observa em Florianópolis e na área

conurbada, a concepção do clima urbano como um problema social. Enquanto isso, as modificações do clima local seguem em curso, mostrando que o fenômeno da ilha de calor em ambiente costeiro, em parte insular e de clima subtropical, pode adquirir proporções muito semelhantes às identificadas em cidades maiores e tropicais.

CONSIDERAÇÕES DA PARTE IV

Na última parte desta tese se conheceu as características da ilha de calor urbana na área conurbada de Florianópolis, sendo evidenciados a forma de sua evolução de acordo com situação sinóticas distintas, como também a influência do uso do solo nos contrastes térmicos observados. Nesse sentido, ressaltam-se os seguintes resultados:

- Determinou-se os pontos de referência como sendo PI01 (Bombeiros) para o ambiente urbano e PI10 (Epagri Carijós) para o ambiente rural. A seleção ocorreu através de duas classificações hierárquicas ascendentes em conjunto com o reconhecimento dos entornos dessas estações;
- O período-recorte, que compreende agosto de 2018 a junho de 2019, com exceção dos meses de agosto e de fevereiro, tiveram a temperatura média maior que a Normal Provisória (NP - 1981 a 2010). Conforme dados de reanálise a área de estudo esteve 1°C acima da NP;
- A observação das temperaturas máximas dos pontos de medição de referência revelou que o PRU esteve em média 0,6°C mais quente que o PRR. Em relação à temperatura mínima, essa diferença foi maior, de 2,4°C;
- Não há presença de estação seca na área do estudo, contudo, o acumulado no período-recorte foi quase 18 mm a menos que a NP. Segundo dados do ERA-Interim, a umidade relativa do ar na região também ficou abaixo da média;
- O vento predominante foi de norte, sendo o de sul o segundo protagonista, com maior atuação entre o fim de tarde e noite. As maiores velocidades foram constatadas entre as 14 e 16 horas;
- A circulação de brisas foi identificada na área de estudos, os ventos de nordeste, leste e sudeste são predominantes quando fluxo vem do mar e durante o dia, enquanto que os de direção noroeste, oeste e sudoeste se fizeram presentes à noite, identificando o fluxo proveniente da terra e com menor média de velocidade;
- Encontrou-se uma relação inversa entre a intensidade da ICU e a velocidade do vento. Os episódios de ICU horária superior a 6°C, classe muito forte, foram registrados quando a velocidade do vento foi inferior a 5,3 m/s (desconsiderando os outliers). Conforme a equação da formulada por Oke & Hannell que considera o tamanho da cidade para que a velocidade do vento seja crítica ao desenvolvimento da ICU, essa foi de 8,8 m/s para a área conurbada;

- Analisou a relação entre a estabilidade do ar com a ICU a partir do modelo PGT. Os parâmetros da noite foram os que melhor explicaram as anomalias térmicas entre os ambientes. Ou seja, noites mais estáveis foram mais propícias ao desenvolvimento de ICU de magnitude alta, especialmente a cobertura de nuvens, que teve maior peso na equação de regressão calculada para esse modelo;
- Constatou-se a predominância de três tipos de sistemas atmosféricos durante o período estudado, a mPa, a mTa e a FPA. E dentre esses, foi sob o domínio da mPa em que se verificou as maiores intensidades da ICU. Nos sistemas relacionados à chuva, a ocorrência da ICU ficou restrita às menores magnitudes ou não se produziu;
- A espacialização da ICU analisada sob diferentes situações sinóticas mostrou que na passagem da mPa e mTa o fenômeno se desenvolveu rapidamente de um dia para o outro, nessas situações as áreas urbanas só se resfriaram a partir das 6h da manhã;
- As áreas de urbanização densa e urbanização não-densa se mostram um componente de grande peso na estimativa da ICU, juntamente com a vegetação densa, que apresentou correlações mais altas com os contrastes térmicos observados nas medidas pontuais;
- A distância do mar foi um elemento que se correlacionou negativamente com a ICU, em especial no período noturno em quase todos os modelos, ou seja, áreas mais costeiras ficaram mais quentes que as mais distantes das baías ou do oceano. Fato que se relaciona também com a forma de ocupação na beira do mar, que nas duas penínsulas são densamente edificadas;
- A configuração espacial da ICU destacou, na maioria dos modelos, algumas áreas na porção continental e também na insular por magnitudes que superaram os 8°C em diferentes situações. No continente essas áreas se situam nas beiradas da rodovia BR-101, ressaltando o próprio desenvolvimento urbano que foi impulsionado por esse eixo rodoviário;
- Já na porção insular se verificou que a ICU se apresenta menos concentrada, com exceção para o bairro centro de Florianópolis. Os núcleos de ICU na ilha atingem pelo menos 7°C, mas o fenômeno não se desenvolve tão intensamente em outras regiões como ocorre na península central;
- A maior parte das áreas de preservação que pode ser observada no recorte espacial se manifestou como importantes ilhas de frescor, nas quais os efeitos da

ICU foram anulados. Pequenas áreas de vegetação em meio à urbanização densa foram estimadas em todas as modelagens como partes mais frias, no mínimo 2°C a menos que seus arredores;

- Os resultados analisados a partir da ótica do Sistema Clima Urbano demonstraram que o subsistema termodinâmico se revela na área conurbada com algumas contradições nos mecanismos de auto-regulação, uma vez que as cidades que a formam se estruturam de maneira segregada e dispersa;

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pesquisas no campo do clima urbano devem partir do pressuposto que cada cidade tem suas particularidades, formando seu próprio clima. Nesse sentido, a tese buscou apresentar as especificidades de uma conurbação envolta ao mar. A área conurbada de Florianópolis se localiza em zona subtropical e tem sua malha urbana interrompida por conta da Ilha de Santa Catarina.

Mesmo diante desse contexto, verificou-se a produção do fenômeno da ilha de calor urbana, que apresentou episódios de intensidade muito forte, acima de 6°C conforme a classificação utilizada. Observou-se a ICU atmosférica a partir de medições meteorológicas fixas e de modelagem climática que considerou o uso do solo através do tratamento de imagens de satélite. Essa metodologia calcada no sistema clima urbano pode evidenciar os aspectos contributivos para o desenvolvimento dos contrastes térmicos entre os diferentes ambientes.

Em todo o período de observação, que totalizou um ano, a média da ICU foi de 2,4°C, atingindo as maiores magnitudes nos meses de inverno. Ao considerar as diferenças da temperatura mínima diária das estações de referência, a maior ICU foi registrada com 7,3°C de magnitude em agosto de 2018.

O desenvolvimento horário da ICU na área de estudo seguiu o “perfil clássico”, em que o fenômeno se manifesta ao entardecer alcançando os maiores valores no decorrer da madrugada ou mesmo no amanhecer. Durante o dia, especialmente entre as 9 e 14 horas, verificou-se na maioria das vezes uma ICU de classe fraca, ausente e até mesmo com contrastes térmicos negativos, atestando a presença de ilha de frescor.

A análise da variabilidade dos elementos climáticos apontou para um período marcado por temperaturas acima da Normal, enquanto a precipitação ficou abaixo da média. O menor índice pluviométrico se relacionou com as maiores intensidades de ICU, tanto é que em nenhum dos quinze episódios de ICU acima de 6°C ocorreu em dia de chuva.

Além disso, verificou-se, a partir do modelo PGT, de estabilidade atmosférica, que os ventos fracos e a baixa nebulosidade em período noturno se correlacionaram de maneira significativa com a formação de ICU na área de estudo, enquanto que os parâmetros diurnos indicativos da estabilidade do ar não possuíram peso relevante para explicar o desenvolvimento do fenômeno.

Ainda sobre os elementos climáticos, a análise dos ventos, tão cara no contexto das pesquisas de ambientes litorâneos, revelou que a ICU se forma em todas as direções do vento, no entanto, como é tipicamente noturna, acaba sendo favorecida pelos fluxos de menor velocidade e de quadrantes noroeste, oeste e sudoeste, esse último observado na presença de frente fria na região.

Se durante o dia a proximidade com o mar e a dinâmica das brisas marítimas se apresentaram como fatores atenuantes das diferenças térmicas entre urbano-não urbano/rural, no período da noite a relação se mostrou inversa. De todo modo, concluiu-se que, à medida que a velocidade do vento aumentava, que menores foram as chances de se produzir uma ICU de classe forte e muito forte. Obteve-se também o valor de 8,8 m/s, ou seja, aproximadamente 32 km/h como sendo a velocidade crítica do vento para o desenvolvimento da ICU considerando o tamanho da população.

As diferenças térmicas entre os ambientes urbano e não-urbano foram registradas em todos tipos de tempo, no entanto, foi sob domínio da massa de ar polar em que se verificou as maiores magnitudes, exceto quando essa esteve associada com linha de instabilidade em que não se verificou ICU acima de 2°C.

A forma de representação da ICU a partir da modelagem climática viabilizou a estimativa para as áreas que não ocorreram as medidas fixas. Além disso, possibilitou a incorporação de parâmetros espaciais no modelo que permitiram ainda mais as análises das relações da paisagem com as variações do campo térmico nas cidades da conurbação.

Nesse contexto, buscou-se a partir de dias representativos mostrar a espacialização da ICU. Os resultados da modelagem podem ser divididos em dois grupos: o grupo em que se destacaram pela acelerada formação, desenvolvimento e intensidade da ICU, especialmente na madrugada; e o grupo em que as diferenças térmicas não foram tão intensas ou que o destaque se deu somente em um dos horários modelizados.

O primeiro grupo citado foi composto pelos modelos do período de menor precipitação, de maior estabilidade atmosférica, sob a passagem da massa de ar polar e da massa tropical. Integraram o segundo grupo os modelos para o período de maior precipitação, menor estabilidade atmosférica, maior velocidade do vento e passagem de frente polar Atlântica. Dessa maneira, atestando mais uma vez, como as condições estáveis do ar se correlacionam com o desenvolvimento da ilha de calor.

Os resultados multirregressão linear dos modelos produzidos indicaram e mensuraram a influência das variáveis explicativas, nesse caso, as classes de uso do solo e distância do mar na temperatura do ar e, conseqüentemente, na ilha de calor urbana (variável dependente). Os coeficientes de determinação foram bastante significativos em todos modelos e a média geral foi superior a 0,5.

Observado enquanto um fenômeno noturno, em escala horária os modelos de ICU com maiores coeficientes de determinação foram constatados entre as 21h e 6h, principalmente as 0h. Já as 15h os modelos pouco explicaram as variações das diferenças térmicas, no entanto, cabe salientar que é justamente nesse horário na qual as brisas possuem maior intensidade, o que pode ter contribuído para o deslocamento das temperaturas mais altas para outras partes da cidade, diminuindo as relações com o grau de urbanização ou a vegetação presente.

Com relação ao padrão espacial, verificou-se que as mesmas áreas se destacam por alta intensidade de ICU em diferentes modelos e situações sinóticas. Na porção continental as áreas que se sobressaem são os bairros mais verticalizados ou aqueles próximos à BR-101, como o Kobrasol e Barreiros. Na parte insular, a península central e os arredores do Maciço do Morro da Cruz demarcaram as áreas mais quentes.

Do outro lado, porções de frescor foram identificadas na área de estudo, sobretudo relacionadas com áreas de proteção permanente, mais presentes na ilha, a exemplo do próprio local onde se situou o ponto de medição de referência rural, a unidade de conservação de Carijós. Isso promoveu diferenças relevantes de mais de 10°C em relação às áreas mais quentes. Nas ilhas de frescor mais próximas ou em meio à urbanização, a diferença variou de 2 a 4°C, como o caso do Parque da Luz em Florianópolis.

Salienta-se que nessa análise se considerou as áreas mais frescas no período noturno, já que durante o dia, mesmo nas partes de intensa urbanização, se pode verificar áreas mais frescas, como de fato foi percebido na análise horária do fenômeno.

Ainda sobre o padrão espacial, este relevou e ressaltou as formas de urbanização presentes na área conurbada, qual se observa na ilha de forma polinucleada com maior concentração na península insular, enquanto no continente se apresenta de forma espalhada, tendo como eixo uma das rodovias mais movimentadas no país, a BR-101.

Em relação aos desafios, limitações e indicações de trabalhos futuros, essa pesquisa não se aprofundou na influência da temperatura do mar como um dos fatores de interferência na ilha de calor atmosférica. As análises dessa interação ainda são insólitas em escalas de maior detalhamento.

Também se considera a necessidade de estudos relacionados ao impacto na população a partir do desconforto térmico e vulnerabilidade socioespacial. Esses aspectos podem embasar as definições de ações a serem adotadas para minimizar a repercussão do clima urbano.

Sobre isso, notou-se que muitas das pesquisas que tratam do tema, seja na esfera do campo termodinâmico, hidrometeorológico ou físico-químico, buscam ressaltar a importância do planejamento urbano na resolução ou amenização de problemas climáticos em que suas consequências e efeitos estão interligados com as condições de vida da população.

Esta tese não nega a relevância do planejamento urbano, no entanto, a análise indicou que a forma como isso tem se efetuado historicamente na área de estudo se direciona à uma população favorecida, manifestado também sob muitas contradições. Assim sendo, admite-se a necessidade de cautela nas proposições e do reforço na busca pela inserção dos efeitos do clima urbano no debate das cidades e do bem-viver de suas populações.

Por fim, julga-se que a pesquisa respondeu aos questionamentos iniciais, demonstrando que a combinação dos aspectos geoambientais, socioeconômicos e urbanos na área conurbada de Florianópolis se manifestou em clima próprio em que se verificou a formação de ilha de calor, mesmo em ambiente costeiro e insular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAMF – **Atlas Ambiental Municipal – Florianópolis – SC** – Brasil. 1ªEd. Universidade Federal de Santa Catarina, Grupo de Pesquisa, Grupo Gestão do Espaço (CGE) – Projeto Funcitec, p. 35, out. 2006.
- ALCOROFADO, M. J. **O Clima da região de Lisboa: Contrastes e ritmos térmicos**. Lisboa: Centros de Estudos de Lisboa/Universidade de Lisboa, 1993, 347p.
- AMORIM, M.C.C.T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP**. (Tese de Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciência Humanas – USP, São Paulo, 2000. 378p.
- AMORIM, M.C.C.T.; DUBREUIL, V.; CARDOSO, R. Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente(SP) – Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 11, vol. 16, jan-jun 2015.
- AMORIM, M.C.C.T.; DUBREUIL, V. Intensity of Urban Heat Islands in Tropical and Temperate Climates. **Climate**, v. 5, n. 4, p. 91, 2017.
- AMORIM, M.C.C.T. Ilhas de Calor Urbanas: métodos e técnicas de análise. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. Ano 15 – E, p. 22–46, 2019.
- AMORIM, M. C. DE C. T. Daily evolution of urban heat islands in a Brazilian tropical continental climate during dry and rainy periods. **Urban Climate**, v. 34, n. October, p. 100715, 2020. Elsevier. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100715>. Acesso em: fevereiro/2021.
- ANDRADE, L.L.; SOUZA, L.H.; SAKURAGI, J.; CASTRO, R.M. Estudo de ilhas de calor na cidade de São José dos Campos utilizando o canal infravermelho termal do Landsat-5 e o aerotransportado HSS. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 473-480.
- ANJOS, M. W. B. dos. **Orientações climáticas para o planejamento urbano numa cidade costeira do nordeste do Brasil: Aracaju-SE**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade de Lisboa, p. 291, 2017.
- APARECIDO, L.O. *et al.* Acurácia da Reanálise ERA Interim do ECMWF e sua Aplicação na Estimativa da Deficiência Hídrica no Estado do Paraná, Brasil. **Revista brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 515-528, Dez. 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862019000400515&lng=en&nrm=iso. Acesso em: março/2021.

ARAÚJO, R.R. **Clima e vulnerabilidade socioespacial: uma avaliação dos fatores de risco na população urbana do município de São Luís (MA)**. 2014. xviii, 289 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2014.

BRANDÃO, A. M. P. M. **O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro**. 362f. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Programa de Pós-graduação em Geografia Física, USP, 1996.

BRANDÃO, R. S. **As Interações Espaciais Urbanas e o Clima**: Incorporação das análises térmicas e energéticas no planejamento urbano. 2009. 350 f. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BLUNDEN, J.; ARNDT, D. S (orgs). State of the Climate in 2018. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1175/2019BAMSStateoftheClimate.1>>. Acesso em: outubro/2020.

BLUNDEN, J.; ARNDT, D.S. (orgs). State of the Climate in 2019. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, 101 (8), 2020. <<https://doi.org/10.1175/2020BAMSStateoftheClimate.1>>. Acesso em: outubro/2020.

CAMILLONI, I., BARRUCAND, M. Temporal variability of the Buenos Aires, Argentina, urban heat island. **Theoretical and Applied Climatology**, 107(1–2), 47–58, 2012. Disponível em: <http://doi.org/10.1007/s00704-011-0459-z>. Acesso em: janeiro/2021.

CARREGA, P. Note sur les micro-climats urbains de Nice. l'importance du cadre géographique. **Rev. d'Analyse spatiale**, 17, 1-30, 1984.

CARRERAS, C.; MARIN, M.; MARTIN VIDE, J. M.; MORENO, M. C.; SABI, J. Modificaciones térmicas en las ciudades. Avance sobre la isla de calor en Barcelona. **Documents d'análisi geogràfica**, Barcelona, v. 17, p. 51–77, 1990.

CASTRO, A.L.C.; CALHEIROS, L.B.; CUNHA, M.I.R; BRINGEL, M.L.N.C. Manual de Desastres – Desastres Naturais. **Ministério da Integração Nacional - MI**, Brasília, v. 1, 2003.

COLACINO, M. **Infrared Radiometric Measurements for the Study of Rome Urban Heat Island**. Archiv fur Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, n. 26, p. 207-217, 1978

COLLISCHONN, E. **O campo térmico da Região Metropolitana de Porto Alegre: Uma Análise a partir da Interação das Variáveis Ambientais na Definição do Clima Local**. 155f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

COLLISHON, E. ; MENDONÇA, F. ; DUBREUIL, V. . Relações entre o clima e saúde: o caso da dengue no Rio Grande do Sul no período de 2007 a 2017. **CONFINS (PARIS)**, v. 37, p. 1-57, 2018.

COVELLO, C.; OLMIRO, N.; FILHO, H.; BRILHA, J. O patrimônio geológico do município de Florianópolis, Ilha de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil: inventário dos geossítios. **Pesquisas em Geociências**. V.45, 2018.

DANNI, I. M. **A ilha térmica de porto alegre** (Monografia), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1980.

DANNI, I. M. Aspectos **Temporo-Espaciais da Temperatura e Umidade Relativa de Porto Alegre em Janeiro de 1982**: Contribuição ao estudo do clima urbano. 1987. 129 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

DASSOLER, E. R. **A área central de Florianópolis e as dinâmicas do comércio popular: estudo de caso sobre as atividades de camelôs e ambulantes**. Trabalho de conclusão de curso, graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

DIAS, W. Florianópolis, ensaio de geografia. In: *DECG: Boletim Geográfico*. Florianópolis, ano 1, nº1, janeiro, 1947

DINIZ, M. T. M. Contribuições ao ensino do método hipotético-dedutivo a estudantes de Geografia. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 19, n. 2, p. 107–111, 2015.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; NETO, J. L. S. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins-Revue Franco-Brésilienne de Géographie-Revista Franco-Brasileira de Geografia**, v. 35, p. 0–22, 2018. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/confins/15738>>. Acesso em: julho/2020.

DUMKE, L. M. S. **Clima urbano/conforto térmico e condições de vida na cidade – uma perspectiva a partir do aglomerado urbano da região metropolitana de Curitiba (AURMC)**. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

ECMWF - European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. **European Centre for Medium-Range Weather Forecasts**. Disponível em: <https://apps.ecmwf.int/datasets/>. Acesso em: julho/2020.

EMMANUEL, R., ROSENLUND, H., JOHANSSON, E. Urban shading—a design option for the tropics? A study in Colombo, Sri Lanka. **International Journal of Climatology**, 27(14), 1995-2004, 2007.

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

FERRETTI, Orlando. **Os espaços de natureza protegida na Ilha de Santa Catarina, Brasil**. Florianópolis: UFSC, 2013, 346 p. Tese (doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

FIALHO, E. S. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira**. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, 2009.

FIALHO, E. S. Ilha de calor: reflexões acerca de um conceito. **Revista ACTA Geográfica**, p. 61–76, 2012.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto: Imagens de Satélite para estudos ambientais**. 2ª ed. Oficina de Textos, 2007. 101p.

FOISSARD X., QUENOL H., DUBREUIL V. Analyse et spatialisation de l'îlot de chaleur urbain dans l'agglomération rennaise. **Actes du 26e colloque de l'AIC**, Cotonou, Bénin, p.242-247, septembre 2013.

FOISSARD, X. **L'îlot de chaleur urbain et le changement climatique : application à l'agglomération rennaise**. Géographie. Université Rennes 2, 2015. Disponível em: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01381999>. Acesso em: setembro/2019.

FONTÃO, P.A.B. **Variações do ritmo pluvial na Região Metropolitana de São Paulo: reflexos no armazenamento hídrico e impactos no abastecimento urbano**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 251 p., 2018.

FONTÃO, P. A. B.; ZAVATTINI, J. A.; SHERIDAN, S. C.; ARMOND, N. B. Gênese das chuvas em São Paulo (SP): estudo comparativo entre a “spatial synoptic classification” e a “análise rítmica” em climatologia. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 23, n. 1, p. 267–288, 2019.

FREITAS, E.D.; DIAS, P.L.S. **Interações entre ilha de calor urbana e a brisa marítima na região metropolitana de São Paulo**. Departamento de Ciências Atmosféricas – IAG/USP, São Paulo. 2002.

GEDZELMAN, S. D., AUSTIN, S., CERMAK, R., STEFANO, N., PARTRIDGE, S., QUESENBERRY, S., ROBINSON, D. A. Mesoscale aspects of the urban heat island around New York City. **Theoretical and Applied Climatology**, 75(1), 29-42, 2003.

GRIMMOND, C. S. B.; SALMOND, J.; OFFERLE, B.D.; OKE, T.R.. Local-scale surface flux measurements at a downtown site in Marseille during the ESCOMPTE field campaign. Preprints, Fourth Symp. on the Urban Environment, Norfolk, VA, **Amer. Meteor. Soc.**, 21–22, 2002.

GUAL, M.; PERELLÓ, J.; RAMIS, C. La Isla de calor urbana en Palma de Mallorca. **Revista Española de Física**. V.16, n.1, 2002.

GOMES, W. P. **Características da temperatura na zona costeira: análise do clima urbano em Ubatuba-SP**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - FCT/UNESP. Presidente Prudente, 2017.

HERRMANN, M. L. DE; ROSA, R. DE O. **Mapeamento Temático do Município de Florianópolis: Geomorfologia: Síntese Temática**. Florianópolis: IBGE: IPUF, 1991.

HERMANN, M.L. (org.). **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina: período de 1980 a 2010**. 2. ed. atual. e rev.– Florianópolis: IHGSC/Cadernos Geográficos, 2014.

HERSBACH, H.; BELL, B.; BERRISFORD, P., HIRAHARA, S.; HORÁNYI, A.; MUÑOZ SABATER, J. *et al.* The ERA5 global reanalysis. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, 146, 1999 – 2049, 2020. Disponível em: <<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/qj.3803#>>. Acesso em: novembro/2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Nota técnica 2019: Principais Condições Meteorológicas do Clima e do Tempo observadas em 2018**. Publicado em 2019. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/notasTecnicas>>. Acesso em: Out/2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censos demográficos 1960, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010**. Disponível em: <[268TT://geofpt.ibge.gov.br/organizacao_territorial/divisao_territorial/evolucao_da_divisao_territorial_do_brasil_1872_2010/evolucao_da_populacao_segundo_os_municipios.pdf](https://geofpt.ibge.gov.br/organizacao_territorial/divisao_territorial/evolucao_da_divisao_territorial_do_brasil_1872_2010/evolucao_da_populacao_segundo_os_municipios.pdf)>. Acesso em: fevereiro/2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Tipologia intraurbana: espaços de diferenciação socioeconômica nas concentrações urbanas do Brasil** / IBGE, Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 164p. Disponível em: <https://geofpt.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/tipologias_do_territorio/tipologia_intraurbana/Tipologia_Intraurbana.pdf>. Acesso em: agosto/2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Regiões de influência das cidades: 2018** / IBGE, Coordenação de Geografia. - Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101728.pdf>>. Acesso em: agosto/2021.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. 2021. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>>. Acesso em: agosto/2019.

JORGE, F. V. **Dinâmica Pluvial Do Clima Subtropical : Variabilidade E Tendência No Sul Do Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia), Setor de Ciências da Terra - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

KATSOULIS, B. D.; THEOHARATOS, G. A. Indications of the heat island in Athens. Greece. **Journal of climate applied meteorology**, New York, v. 24, n. 12, p. 1296–1302, 1985.

KIM, Y. H., BAIK, J. J. Daily maximum urban heat island intensity in large cities of Korea. **Theoretical and Applied Climatology**, 79(3–4), 151–164, 2004.

KOLOKOTSA, D.; PSOMAS, A.; KARAPIDAKIS, E. Urban heat island. In southern Europe: The case study of Hania, Crete. **Solar Energy**, n. 83, p. 1871-1883, 2009.

KRÜGER, E.; EMMANUEL, R. Accounting for atmospheric stability conditions in urban heat island studies: The case of Glasgow, UK. *Landscape and Urban Planning*, v. 117, p. 112–121, 2013. **Elsevier B.V.** Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.04.019>>. Acesso em: jul/2020.

KRÜGER, E.; ROSSI, F. Quantificação da ilha de calor de Curitiba considerando aspectos de estabilidade atmosférica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 4, p. 394–404, 2015.

LANDSBERG, H. E. **The Climate of towns**. In.: Ed. THOMAS, W. E., *Man`s role in changing the face of the earth*. Pub. for the Wenner Grem Foud. for Antropological Research and the National and Cience Found. University of Chicago Press, 1956.

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

LIMA, N. R.; PINHEIRO, G. M.; MENDONÇA, F. Clima urbano no Brasil: análise e contribuição da metodologia de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 5, p. 626–638, 2012.

LIRA S. A. **Análise de correlação: Abordagem Teórica e de construção dos coeficientes com aplicações**. Dissertação – UFPR, 2004.

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

LOMBARDO, M. A. O uso de geotecnologias na análise das mudanças climáticas na metrópole de São Paulo. In: **Revista Geográfica de América Central**, Número Especial EGAL, 2011- Costa Rica, II Semestre 2011, p. 1-19.

LOPES, A., LOPES, S., MATZARAKIS, A., ALCOFORADO, M. J. The influence of the summer sea breeze on thermal comfort in Funchal (Madeira). A contribution to tourism and urban planning. **Meteorologische Zeitschrift**, 20(5), 553–564, 2012.

LOPES, A., ALVES, E., ALCOFORADO, M. J., MACHETE, R. Lisbon Urban Heat Island Updated: New Highlights about the Relationships between Thermal Patterns and Wind Regimes. **Advances in Meteorology**, 1–11, 2013.

LUCENA, A. J.. **A ilha de calor na região metropolitana do Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado) em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

LUCENA, A. J. de. Notas Conceituais E Metodológicas Em Clima Urbano E Ilhas De Calor. **Revista Continentes**, v. 2, n. 2, p. 28–59, 2013.

MASIERO, É.; SOUZA, L. C. L. de. Estabilidade Atmosférica E Comportamento De Zonas Climáticas Locais Em São José Do Rio Preto - Sp. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 15, p. 163–181, 2015.

MALHEIROS. **A geografia do clima em Copacabana: O campo térmico e a percepção da população enquanto subsídio a programas de educação ambiental**. 74f. Dissertação (Graduação em Geografia) –Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza-Instituto de Geociências da UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.

MARENGO, J.A., JONES, R., ALVES, L.M., VALVERDE, M.C. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. **International Journal of Climatology**, v. 29, p. 2241-2255, 2009.

MASSON, V.; GRIMMOND, C. S. B.; OKE, T. R. Evaluation of the Town Energy Balance (TEB) scheme with direct measurements from dry districts in two cities. **J. Appl. Meteor**, 41:1011–1026, 2002.

MENDONÇA, F. **O clima e o planejamento urbano de cidade de porte médio e pequeno: proposição metodológica para estudo e aplicação à cidade de Londrina, PR**. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1995.

MENDONÇA, F.; DUBREUIL, V. L'etude du climat urbain au Bresil: Etat actuel et contribution de la teledetection. In: Vicent Dubreuil. (Org.). **Environnement et teledetection au Bresil**. Rennes: Presses Universitaires de Rennes - PUR, 2002, v., p. 135-146.

MENDONÇA, F. “S.A.U. – Sistema socioambiental urbano: uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade”. In. MENDONÇA, F.A. (Org.). **Impactos socioambientais urbanos**. Curitiba: Editora da UFPR, 2004, p. 185-208.

MENDONÇA, F.; DUBREUIL, V. Termografia de superfície e temperatura do ar na RMC (Região Metropolitana de Curitiba-PR). **RA EGA (UFPR)**, Curitiba, p. 25-35, 2005.

MENDONÇA, F. Clima, tropicalidade e saúde: Uma perspectiva a partir da intensificação do aquecimento global. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, p. 97-110, 2006.

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

MENDONÇA, F. O estudo do SCU - Sistema Clima Urbano - no Brasil: aplicações e avanços. In: C. A. de F. Monteiro (Org.); **A construção da climatologia geográfica no Brasil**, 2015. Editora Alínea.

MENDONÇA, M. **A dinâmica têmporo-espaical do clima subtropical na região conurbada de Florianópolis**. Tese (Doutorado em Geografia Física) Programa de Pós Graduação em Geografia Física. Universidade de São Paulo, 2002.

MENDONÇA, M. **Mapeamento do Campo Térmico no Centro de Florianópolis - Etapa avançada de uma proposta metodológica**. Projeto de Pesquisa FUNPESQUISA, 2007.

MESTAYER, P. *et al.* The urban boundary layer field experiment over Marseille. UBL/CLU-ESCOMPTE: Experimental set-up and first results. **Bound.-Layer Meteor.**, 2003.

MOHAN, M., SIDDIQUI, T. A.. Analysis of various schemes for the estimation of atmospheric stability classification. **Atmospheric Environment**. No. 32(21), p. 3775–3781. 1998.

MONTEIRO, C. A. F. Geografia Regional do Brasil - Região Sul (Tomo 1, cap. III), **Série Biblioteca Brasileira**. Rio de Janeiro, IBGE, 1963, p. 117-169.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976.

MONTEIRO, C. A. F. A análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia**, n. 01, p. 01-21, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos de clima urbano no Brasil. **Revista GEOSUL**, nº 9 - Ano V - 19 semestre de 1990. Florianópolis, 1990a.

MONTEIRO, C. A. F. O campo térmico na cidade de Florianópolis: primeiros experimentos. **Revista GEOSUL**, nº 9 - Ano V - 19 semestre de 1990. Florianópolis, 1990b.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Orgs). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

MONTEIRO, C. A. F.; Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos. In: F. Mendonça; C. A. F. Monteiro (Orgs.); **Clima urbano**. p.9–68, 2003. São Paulo: Contexto.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, M. Dinâmica atmosférica no Estado de Santa Catarina. In: **Atlas de Desastres Naturais de Santa Catarina**. p. 05-10, 2005.

MOREIRA, E. B. M. **Balço de energia e evapotranspiração na cidade do Recife-PE por sensoriamento remoto**. 152f. Tese (Doutorado em Geografia), Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 2014.

Morris, C. J. G., Simmonds, I., Plummer, N. Quantification of the influences of wind and cloud on the nocturnal urban heat island of a large city. **Journal of Applied Meteorology**, 40(2), 169-182, 2001.

NASCIMENTO, C. C. **Clima e morfologia urbana em Belém**. Belém: UFPA/NUMA, 1995, 157p.

NASCIMENTO JÚNIOR, L. O Clima Urbano Como Risco Climático: Contribuição Da Geografia Do Clima Aos Estudos Sobre Os Climas Das Cidades / Urban Climate As a Climate Risk: Contribution of Climate Geography To Studies About Cities 'Climates. **Geo UERJ**, n. 33, p. e36827, 2019.

NEVES, J. **Uso da terra e urbanização dos ambientes costeiros na ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. 2017**. 446 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 2017.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Edmon Nimer (Org.) - 2ª ed. - Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 422 p., 1989.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 3. ed. revista e ampliada. São Paulo: E. Blücher, 2008. 388p.

OLIVEIRA JUNIOR, J. F.; PIMENTEL, L. C. G.; LANDAU, L.. Critérios de estabilidade atmosférica para a região da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, Angra dos Reis - RJ. **Rev. bras. meteorol.**, São Paulo , v. 25, n. 2, p. 270-285, Junho de 2010 . Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862010000200011&lng=en&nrm=iso. Acesso em: abril/2021.

OKE, T. R.; HANNELL, F. G. The form of the urban heat island in Hamilton, Canada (Vol. 108, pp. 113-126). **WMO Tech Note 108:113–126**, 1970.

OKE, T. R. City size and urban heat island. **Atmospheric environment**, New York, v. 7, n. 8, 1973. pp. 769–779.

OKE, T. R. The distinction between canopy and boundary-layer urban heat Islands. **Atmosphere**, v. 14, n. 4, p. 268–277, 1976.

OKE, T. R. Technical note nº134. **Review of urban climatology**, World Meteorological Organization, Geneva, WMO, 1974.

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

OKE, T. R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: Comparison of scale model and field observations. **Journal of Climatology**, v. 1, n. 3, p. 237–254, 1981.

OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 108, n. 455, p. 1-24, jan. 1982.

OKE, T. R. The urban energy balance. **Progress in Physical geography**, 12(4), 471-508, 1988.

OKE, T. R. **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites**. World Meteorological Organizations: Report N.81, Instruments and observing methods. 2006. Disponível em: <https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo-td_1250.pdf>. Acesso em: julho/2019.

OKE, T. R. ; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. Urban Heat Island. In **Urban Climates (pp.)**. Cambridge: Cambridge University Press, p.197-237, 2017.

ORHAN, O.; EKERCIN, S.; DADASER-CELIK, F.. Use of Landsat Land Surface Temperature and Vegetation Indices for Monitoring Drought in the Salt Lake Basin Area, Turkey. **The Scientific World Journal**, v. 2014, p. 1-11, 2014.

PAMPLONA, M. **Mapeamento da Ocupação do Solo na Porção Insular do Distrito Sede de Florianópolis (SC) Como Base Para o Estudo do Clima Urbano**. 1999. 108f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PASQUILL, F. The estimation of the dispersion of wind-borne materials. **Meteorological Magazine**, v. 90, n. 1063: p. 33- 49, 1961.

PAPANASTASIOU, D. K., MELAS, D., BARTZANAS, T., KITTAS, C. Temperature, comfort and pollution levels during heat waves and the role of sea breeze. **International Journal of Biometeorology**, 54(3), 307–17, 2010.

PELUSO JR., V. A.. **Estudos de geografia urbana de Santa Catarina**. Florianópolis: Editora da UFSC: Secretaria do Estado da Cultura e do Esporte, 1991.

PEREIRA, E.M. **Gestão do espaço urbano: um estudo de caso das áreas central e continental da cidade de Florianópolis**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Sócio-Econômico, Programa de Pós-Graduação em Administração. Florianópolis, 1992.

PIGEON, G.; LEMONSU, A.; DURAND, P.; MASSON, V. Urban surface network in Marseille: Network optimization using numerical simulations and results. Preprints, Fourth Symp. on the Urban Environment, Norfolk, VA, **Amer. Meteor. Soc.**, 23–24, 2002.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS - PMF. Secretaria de Habitação e Saneamento Ambiental - Prefeitura Municipal de Florianópolis. **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico – PMISB - Produto 2: Diagnóstico da caracterização física das unidades territoriais de análise e planejamento**. Florianópolis, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS - PMF. **Plano de Ação Sustentável**. Florianópolis, 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS - PMF. **Estudos base iniciativa cidades emergentes e sustentáveis: Estudo 3, crescimento urbano – Florianópolis. 2015.** Disponível em: <http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/27_08_2015_9.30.19.2d57c5303b800097ab78796419b761af.pdf>. Acesso em: julho/2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS - PMF. **Lei complementar Nº 482, de 17 de janeiro de 2014.** Institui o plano diretor de urbanismo do município de Florianópolis que dispõe sobre a política de desenvolvimento urbano, o plano de uso e ocupação, os instrumentos urbanísticos e o sistema de gestão. Disponível em: <<https://planodiretorflorianopolis.webflow.io/>>. Acesso em: junho/2021.

Rao, P.K. Remote sensing of urban “heat islands” from an environmental satellite. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 1972, 53, 647–648.

ROCHA, G. S. **Política habitacional e mercado: as estratégias das construtoras no PMCMV na área conurbada de Florianópolis.** 2016. 244 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 2016.

ROCHA, G. S.; DUBREUIL, V.; MENDONÇA, F. A. A estabilidade atmosférica e a ilha de calor urbana na área conurbada de Florianópolis-SC. **Revista Brasileira de Climatologia.** v. 27, dec. 2020. ISSN 2237-8642. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/76237>>. Acesso em: abril/2021.

ROTH, M.; CHOW, W. T. L. A historical review and assessment of urban heat island research in Singapore. **Singapore Journal of Tropical Geography**, v. 33, n. 3, p. 381–397, 2012.

SAKAIDA, K.; EGOSHI, A. Influences of sea breeze on urban heat island in Sendai. Japan. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE. ICUC,6, **Proceedings**...., Göteborg, Sweden, p. 388–391, 2006.

SAMPAIO, A. H. L. **Correlações entre uso do solo e ilha de calor no ambiente urbano: O caso de Salvador.** 88f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Programa de Pós-graduação em Geografia Física USP, 1981.

SANTANA, A. M. S. **O Desenho Urbano e a Climatologia em Fortaleza.** 1997. 200f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANT'ANNA NETO, J. L. História da Climatologia no Brasil: gênese e paradigmas do clima como fenômeno geográfico. **Cadernos Geográficos.** p.124, 2004.

SANTOS, A. L. **Do mar ao morro: a geografia histórica da pobreza urbana em Florianópolis**. Florianópolis, xix, 639 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 2009.

SANTOS, M.. **A urbanização brasileira**. 5ª edição. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2009.

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

SCHMITZ, L. K.. **Reestruturação Urbana e Conforto Térmico em Curitiba/PR: Diagnóstico, Modelagem e Cenários**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-graduação em Geografia, 2014.

SERRA PARDO, J. A. Estudio de la isla de calor de la ciudad de Ibiza. **Investigaciones Geográficas**. 44. 55-73, 2007.

SEZERINO, M. L.; MONTEIRO, C. A. F. O campo térmico na cidade de Florianópolis: primeiros experimentos. **Geosul**, v. 9, n. Ano V, p. 20–60, 1990.

SHINZATO, Paula. **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos**. Dissertação (Mestrado - Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP, São Paulo, 2009.

SILVA, J. P. **Análise do comportamento térmico da superfície do aglomerado urbano da região metropolitana de Curitiba durante os anos de 1985 a 2010 a partir do satélite Landsat-5**. Curitiba. Dissertação (Mestrado em Geografia). Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014, 171p.

SOUZA, F.R. **Estudo de fatores explicativos urbanos da distribuição da temperatura no centro de Florianópolis/SC**. 2013. 252 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 2013.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, n. 12, p. 1879–1900, 2012.

STEWART, I. D. Why should urban heat island researchers study history? **Urban Climate**, v. 30, n. May, p. 100484, 2019. Elsevier. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100484>>.

SUGAI, M. I. **Segregação silenciosa: investimentos públicos e dinâmica socioespacial na área conurbada de Florianópolis**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2015.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. do. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Editora Nobel, 1988.

TURNER, D. B.. Workbook of atmospheric dispersion estimates. Office of Air Program Pub. No. AP-26, **Environmental Protection Agency**, USA. 1970.

WENG, Q. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. In: **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing** 64, 2009, p. 335-344.

ZHOU, D.; XIAO, J.; BONAFONI, S. *et al.* Satellite remote sensing of surface urban heat islands: Progress, challenges, and perspectives. **Remote Sensing**, 2019.

APÊNDICE A – QUADROS DESCRITIVOS DOS PONTOS DE MEDIÇÃO

APÊNDICE A1 – QUADRO DESCRITIVO PI01

APÊNDICE A2 – QUADRO DESCRITIVO PI02

APÊNDICE A3 – QUADRO DESCRITIVO PI03

APÊNDICE A4 – QUADRO DESCRITIVO PI04

APÊNDICE A5 – QUADRO DESCRITIVO PI05

APÊNDICE A6 – QUADRO DESCRITIVO PI06

APÊNDICE A7 – QUADRO DESCRITIVO PI07

APÊNDICE A8 – QUADRO DESCRITIVO PI08

APÊNDICE A9 – QUADRO DESCRITIVO PI09

APÊNDICE A10 – QUADRO DESCRITIVO PI010

APÊNDICE A11 – QUADRO DESCRITIVO PC01

APÊNDICE A12 – QUADRO DESCRITIVO PC02

APÊNDICE A13 – QUADRO DESCRITIVO PC03

APÊNDICE A14 – QUADRO DESCRITIVO PC04

APÊNDICE A15 – QUADRO DESCRITIVO PC05

APÊNDICE A1 – QUADRO DESCRITIVO PI01

PI01 BOMBEIROS

Estação mais próxima do mar

27°35'30,546 S 48°33'47,014 W

Grupo de Busca e Salvamento dos Bombeiros Militares de Santa Catarina

Av. Jorn. Rubéns de Arruda Ramos | 595
Bairro: Centro | **Município:** Florianópolis

Distância do mar: 12m | **Altitude:** 1m

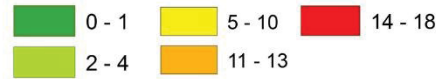
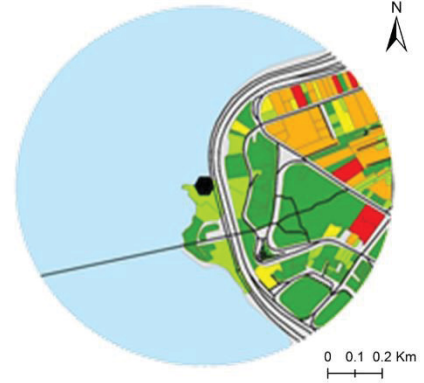
Instalação: 11.07.2018 – 13h00 (GMT-3)

Retirada: 08.08.2019 – 11h26 (GMT-3)

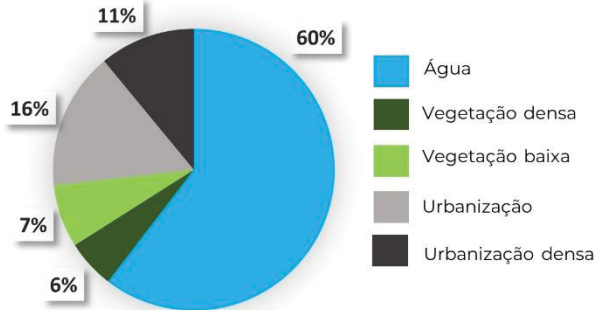
Tempo de Operação: 1 ano e 25 dias

Falhas: 3h **Modelo:** Davis Vue

Pavimentação



Entorno (raio de 500m) | Uso e cobertura do solo



Breve descrição:

O PI01 está situado ao lado de uma rodovia de alto fluxo de automóveis. A porção nordeste em seu entorno é caracterizada por prédios de 12 andares em média.



APÊNDICE A2 – QUADRO DESCRITIVO PI02

PI02

Exército Centro

Estação na região arborizada do centro

27°35'15,947" S 48°33'0,577" W

Comando da 14ª Brigada de Infantaria Motorizada

Rua Bocaiúva | 1858

Bairro: Centro | **Município:** Florianópolis

Distância do mar: 290m | **Altitude:** 9m

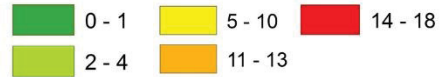
Instalação: 11.07.2018 – 11h30 (GMT-3)

Retirada: 08.08.2019 – 11h00 (GMT-3)

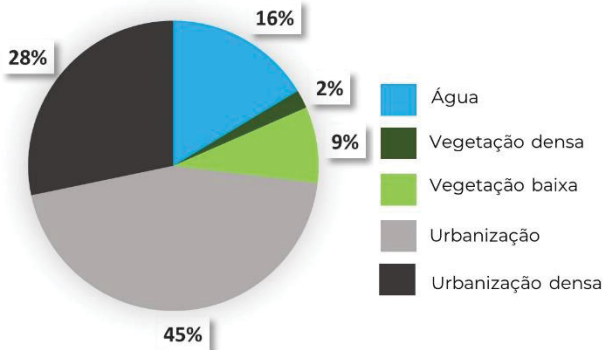
Tempo de Operação: 1 ano e 25 dias

Falhas: 3h **Modelo:** Davis Vue

Pavimentação

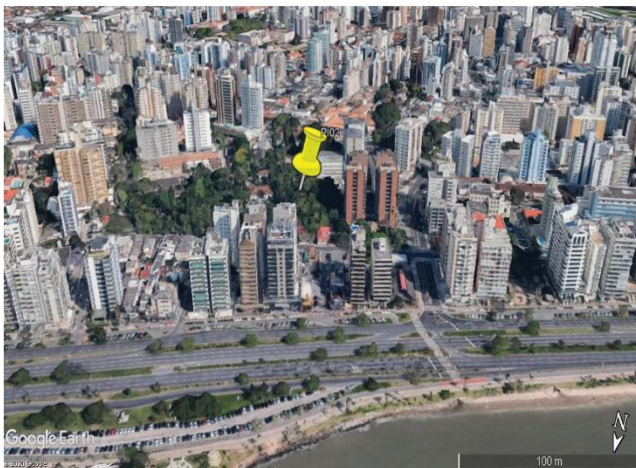


Entorno (raio de 500m) | Uso e cobertura do solo



Breve descrição:

Localizado no centro de Florianópolis, o PI02 está em uma região bem arborizada, contudo, o seu entorno de forma geral, constitui-se de ambiente urbano com a presença de prédios de em média 12 andares, intercalado com residências de 2 pavimentos.



APÊNDICE A3 – QUADRO DESCRITIVO PI03

PI03

IFSC

Estação no centro e nas encostas do morro

27°35'35,946" S 48° 32'29,540" W

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Av. Mauro Ramos | nº 950

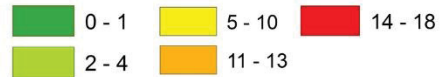
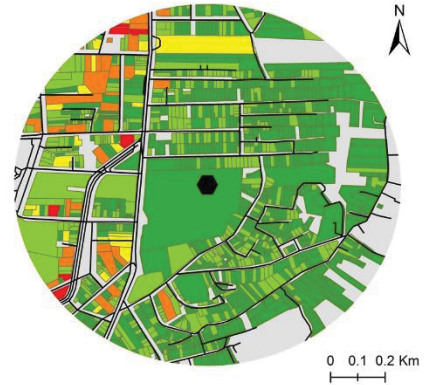
Bairro: Centro | **Município:** Florianópolis

Distância do mar: 1,2 km | **Altitude:** 12,3m

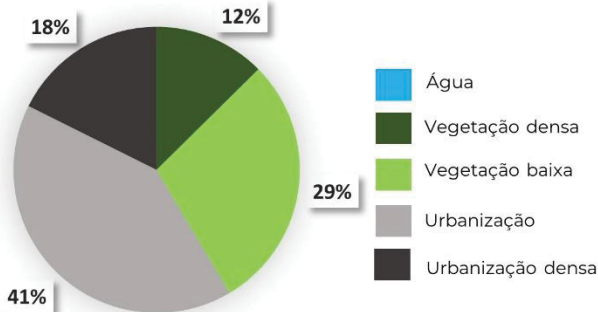
Responsabilidade: Estação operada pelo curso técnico em Meteorologia do IFSC.

Falhas no período-recorte: 1 mês e 10 dias

Pavimentação

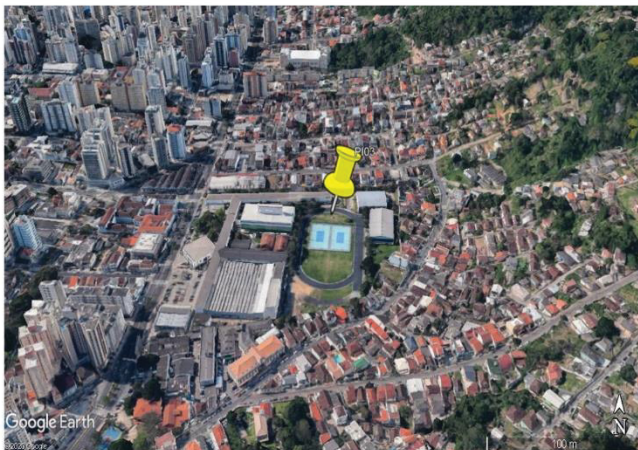


Entorno (raio de 500m) | Uso e cobertura do solo



Breve descrição:

Situa-se a poucos metros da maior elevação do centro de Florianópolis (Maciço do Morro da Cruz, 285 metros). O entorno é marcado por prédios comerciais e residenciais variando entre 2 e 12 pavimentos.



APÊNDICE A4 – QUADRO DESCRITIVO PI04

PI04

Campeche

Estação periurbana próxima ao mar

27°40'41,077" S 48° 29' 3,635" W

Av. Campeche

Bairro: Campeche | **Município:** Florianópolis

Distância do mar: 430m | **Altitude:** 8m

Modelo: TinyTag

Instalação: 15.06.2018 – 13h00 (GMT-3)

Retirada: 27.10.2018 – 10h00 (GMT-3)

Modelo: Davis Vue

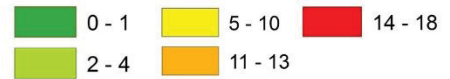
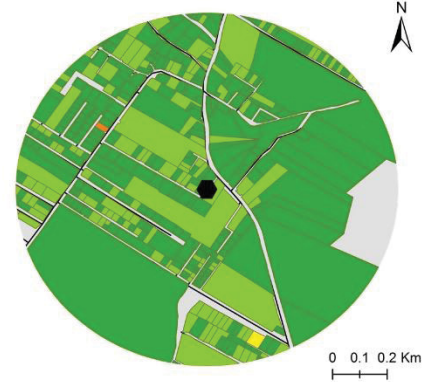
Instalação: 02.12.2018 – 12h00 (GMT-3)

Retirada: 27.08.2019 – 19h00 (GMT-3)

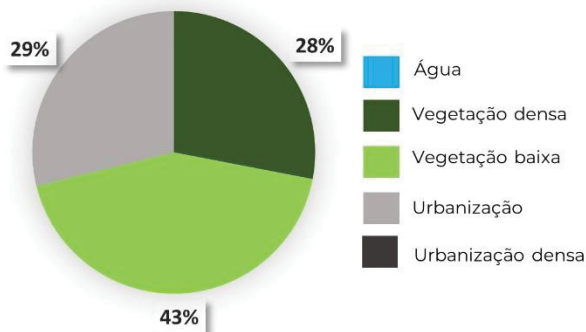
Tempo de Operação: 402 dias

Falhas: 22h

Pavimentação

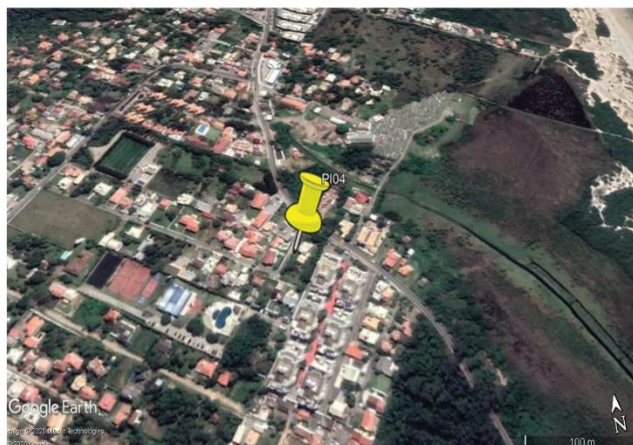


Entorno (raio de 500m) | Uso e cobertura do solo



Breve descrição:

Situado no sul da Ilha de SC, o entorno do PI04 é marcado por características periurbanas, de urbanização inconsolidada, com predominância de residências unifamiliares de até 2 andares e alguns prédios residenciais de até 4 andares. Na região mais próxima ao mar, destacam-se as Áreas de Preservação Permanente, caracterizada por dunas e vegetação de restinga.



APÊNDICE A5 – QUADRO DESCRITIVO PI05

PI05

Agrônômica

Estação nos arredores do centro

27° 34'31,876" S 48° 32'14,838" W

Rua Joaquim Costa
Bairro: Agrônômica
Município: Florianópolis

Distância do mar: 360m | **Altitude:** 23m

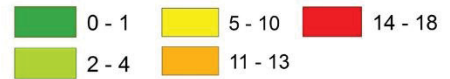
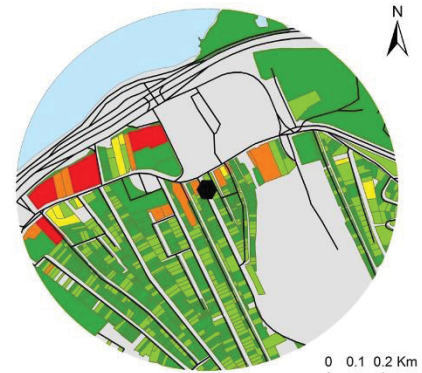
Instalação: 28.12.2018 – 15h00 (GMT-3)

Retirada: 05.04.2019 – 14h00 (GMT-3)

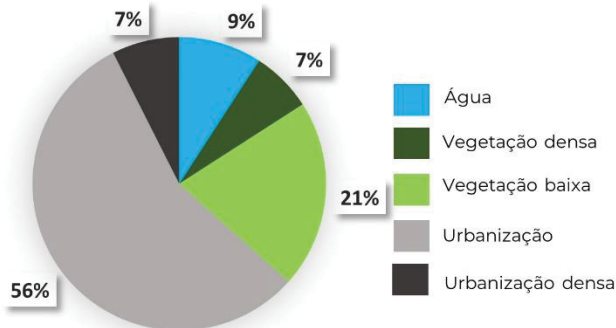
Tempo de Operação: 98 dias

Falhas: 0h **Modelo:** TinyTag

Pavimentação

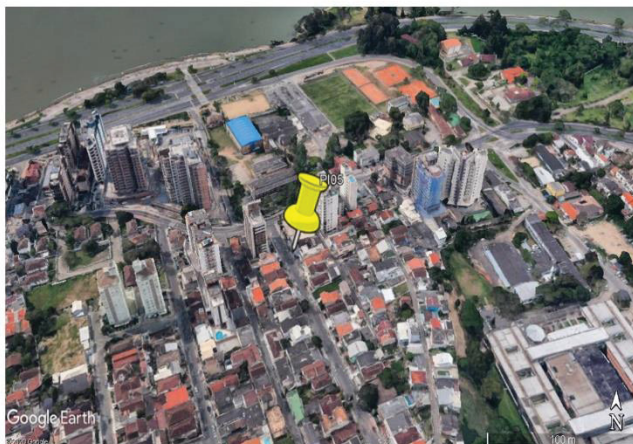


Entorno (raio de 500m) | Uso e cobertura do solo



Breve descrição:

Em região periférica ao centro de Florianópolis, a área no entorno do PI05 é caracterizada por prédios altos próximo à orla (de até 15 andares) e à medida em que a declividade do morro se acentua, as casas atingem no máximo 2 andares.



APÊNDICE A6 – QUADRO DESCRITIVO PI06

PI06

PM Centro

Estação no coração do centro de Florianópolis

27° 35'31,817" S 48° 32'52,776" W

4º Batalhão de Polícia Militar de Santa Catarina

Rua Luiz Carlos Prestes | nº 364

Bairro: Monte Cristo

Município: Florianópolis

Distância do mar: 700m | **Altitude:** 8m

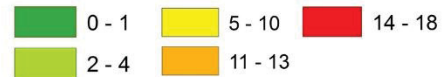
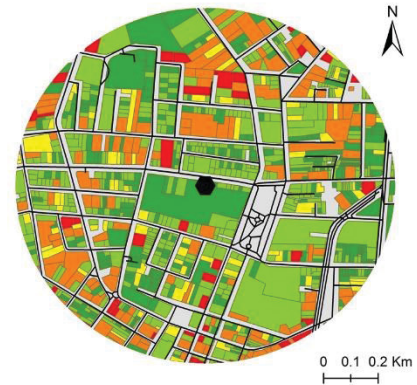
Instalação: 17.07.2018 – 15h00 (GMT-3)

Retirada: 08.08.2019 – 14h00 (GMT-3)

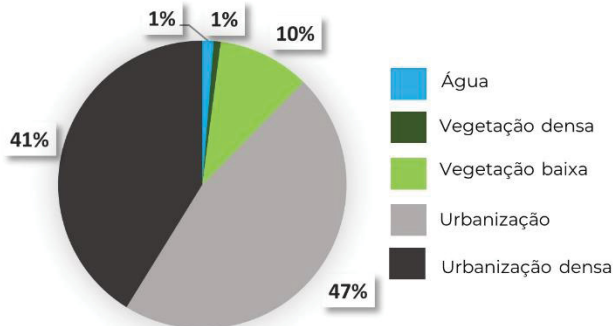
Tempo de Operação: 387 dias

Falhas: 5 meses **Modelo:** Davis Vue

Pavimentação

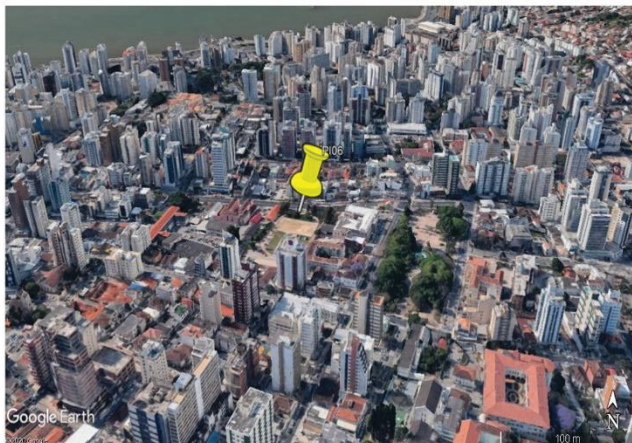


Entorno (raio de 500m) | Uso e cobertura do solo



Breve descrição:

O entorno do PI06 é marcado por uma densa urbanização, com predomínio de edifícios comerciais de até 25 andares. A estação situa-se ao lado de uma das principais ruas do centro de Florianópolis (Avenida Rio Branco), com quatro pistas para carro, a avenida concentra um alto fluxo de automóveis durante o dia.



APÊNDICE A7 – QUADRO DESCRITIVO PI07

PI07

UFSC

Estação em local movimentado

27° 35'57,848" S 48° 31'9,242" W

Universidade Federal de Santa Catarina

Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima, s/n°

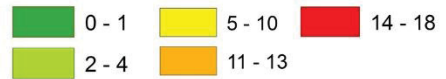
Bairro: Trindade | **Município:** Florianópolis

Distância do mar: 2,5 km | **Altitude:** 7,3m

Responsabilidade: Estação operada pelo Laboratório de Hidrologia da UFSC

Falhas no período-recorte: 0h

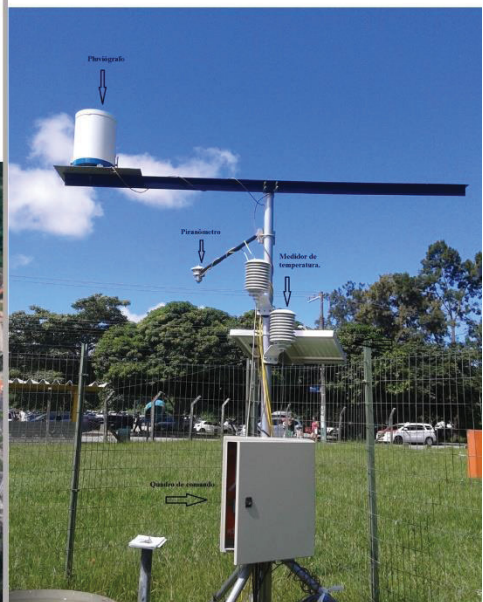
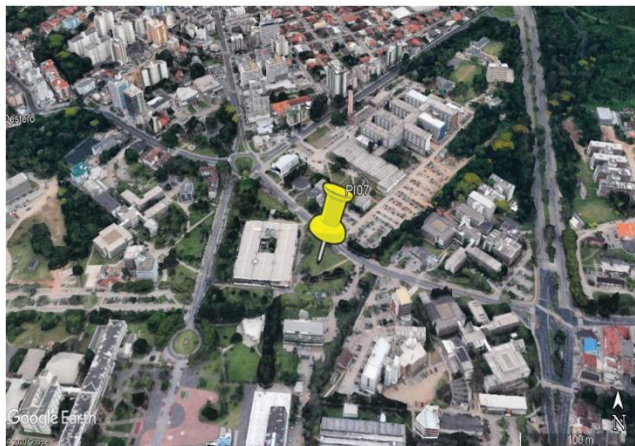
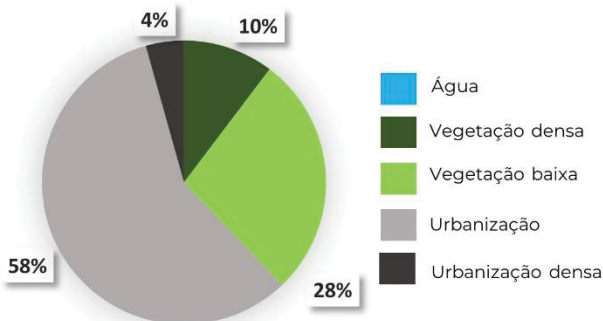
Pavimentação



Breve descrição:

O PI07 localiza-se ao lado de uma avenida de fluxo intenso e está rodeada de prédios de 2 a 8 pavimentos, intercalado com algumas residências de 2 andares. Além de contar com uma intensa circulação de pessoas, especialmente em dias de semana, por estar situada no interior do campus da UFSC.

Entorno (raio de 500m) | Uso e cobertura do solo



APÊNDICE A8 – QUADRO DESCRITIVO PI08

PI08

Aeroporto

Estação ao lado da pista de pouso

27° 40'27,704" S 48° 31'57,126" W

Aeroporto Internacional de Florianópolis – Hercílio Luz

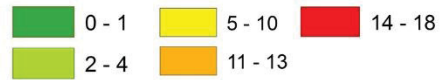
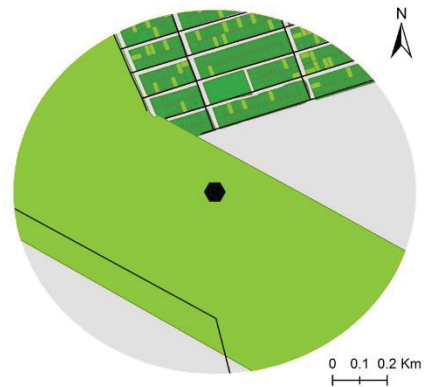
Av. Deputado Diomício Freitas
Bairro: Carianos | **Município:** Florianópolis

Distância do mar: 2,4 km | **Altitude:** 5m

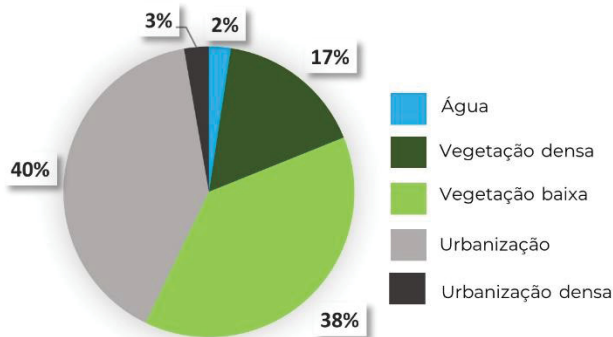
Responsabilidade: Estação operada pela Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET).

Falhas no período-recorte: 0h

Pavimentação



Entorno (raio de 500m) | Uso e cobertura do solo



Breve descrição:

Localizado na porção sudeste da ilha e nas dependências do Aeroporto Hercílio Luz, os arredores do aeroporto e da estação se encontram casas de até 2 pavimentos intercaladas de terrenos desocupados com vegetação rasteira. No entorno também se encontra manguezal.



APÊNDICE A9 – QUADRO DESCRITIVO PI09

PI09

Epagri Sede

Estação em área urbana, porém ao lado do manguezal e rio

27° 34'51,965" S 48° 30'24,812" W

Centro de Informações e Recursos Ambientais (CIRAM) da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

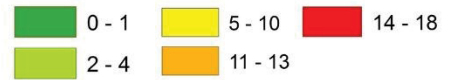
Rod. Ademar Gonzaga | n° 1347
Bairro: Itacorubi | **Município:** Florianópolis

Distância do mar: 1,4 km | **Altitude:** 5m

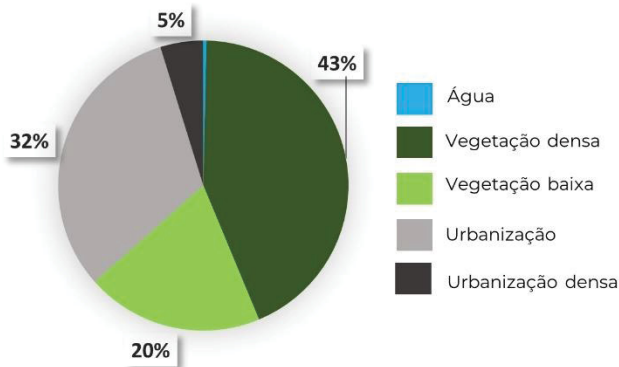
Responsabilidade: Estação operada pela EPAGRI-CIRAM

Falhas no período-recorte: 16h

Pavimentação

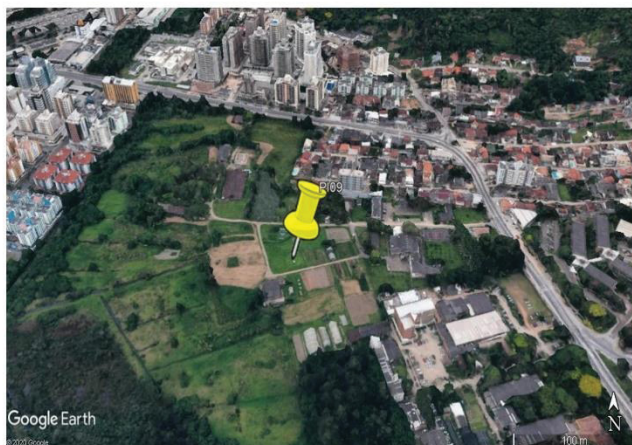


Entorno (raio de 500m) | Uso e cobertura do solo



Breve descrição:

O entorno do PI09 é caracterizado por uma urbanização difusa composta por prédios comerciais e residenciais de até 6 pavimentos, e por uma grande APP com manguezal com a presença do Rio Itacorubi a 500 metros da estação.



APÊNDICE A10 – QUADRO DESCRITIVO PI10

PI10

Epagri Carijós

Estação de referência rural

27° 28'23,076" S 48° 29'28,920" W

Centro de Informações e Recursos Ambientais (CIRAM) da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

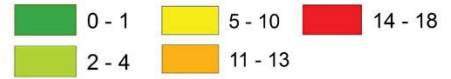
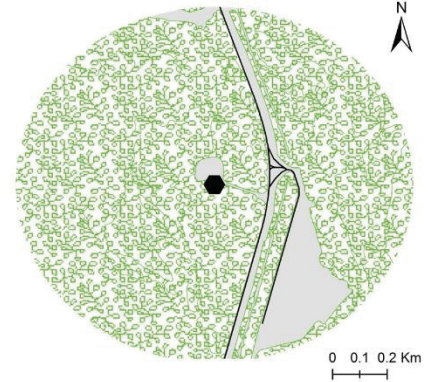
Rod. Jornalista Maurício Sirotski Sobrinho | Km2 (noICMBio) **Bairro:** Ratores | **Município:** Florianópolis

Distância do mar: 3,5 Km | **Altitude:** 5m

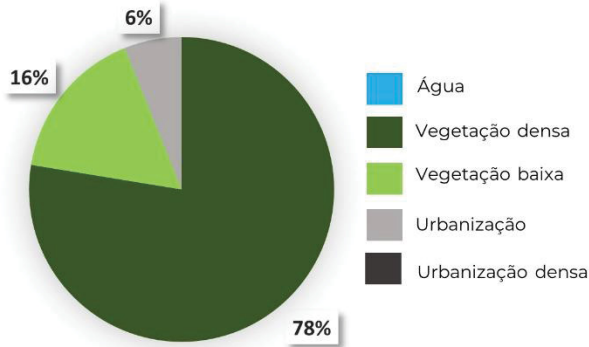
Responsabilidade: Estação operada pela EPAGRI-CIRAM

Falhas no período-recorte: 2h

Pavimentação



Entorno (raio de 500m) | Uso e cobertura do solo



Breve descrição:

O PI10 é considerada o ponto de referência "rural" da rede de medição. Situa-se dentro da estação ecológica "Carijós", uma área em que predomina o ecossistema de manguezal.



APÊNDICE A11 – QUADRO DESCRITIVO PC01

PC01

IFSC Continente

Estação perto do mar na porção continental

27° 36'2,041" S 48° 34'19,165" W

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Rua 14 de Julho | nº 150

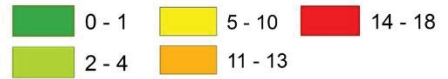
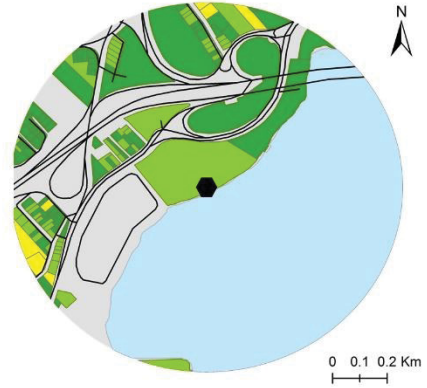
Bairro: Coqueiros | **Município:** Florianópolis

Distância do mar: 23m | **Altitude:** 1m

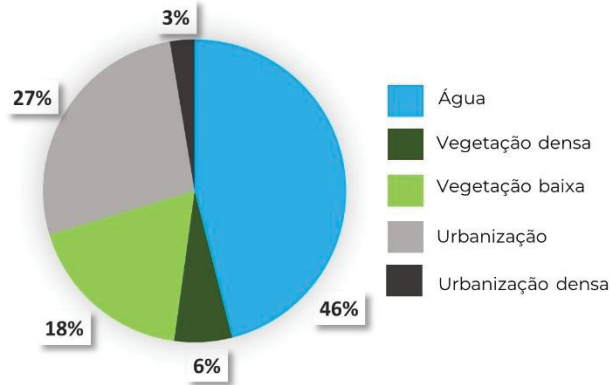
Responsabilidade: Estação operada pelo curso técnico em Meteorologia do IFSC.

Falhas no período-recorte: 5 meses e 17 dias

Pavimentação

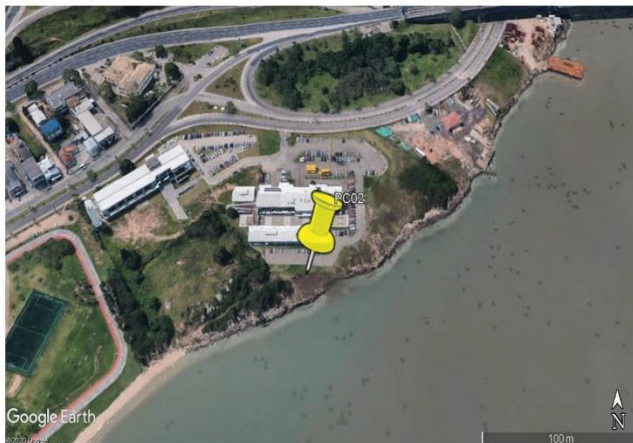


Entorno (raio de 500m) | Uso e cobertura do solo



Breve descrição:

Localizada nas proximidades das cabeceiras das pontes, a estação do PC01 fica no interior do campus IFSC-Florianópolis-Continente. O entorno é caracterizado por rodovias alto fluxo de veículos durante o dia todo. As edificações são esparsas e no geral, de até 2 pavimentos.



APÊNDICE A12 – QUADRO DESCRITIVO PC02

PC02

INMET

Estação de referência sinótica

27° 36'9,364" S 48° 37'13,074" W

Instituto Nacional de Meteorologia

Rua Joaquim Vaz | nº 1661

Bairro: Praia Comprida |

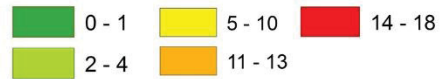
Município: São José

Distância do mar: 250m | **Altitude:** 1,84m

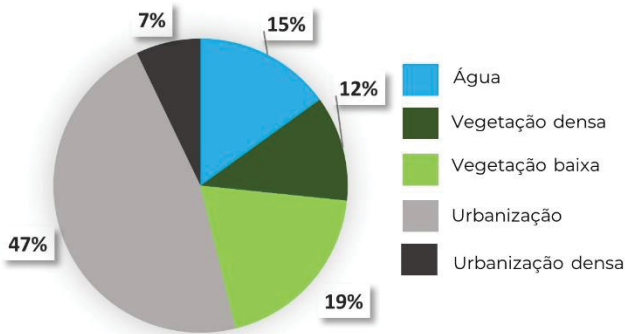
Responsabilidade: Estação operada pelo INMET-São José

Falhas no período-recorte: 9h

Pavimentação



Entorno (raio de 500m) | Uso e cobertura do solo



Breve descrição:

O entorno do PC02 é marcado pela presença de residências de 2 pavimentos, com alguns prédios de até 20 andares. A INMET está situada nas bordas de uma mancha urbana densa e contínua.



APÊNDICE A13 – QUADRO DESCRITIVO PC03

PC03

Coqueiros

Sensor em área urbana e próximo ao mar

27° 36'54,614" S 48° 35'15,859" W

Rua Renato Ferreira e Costa e Jr.
Bairro: Coqueiros | **Município:** Florianópolis

Distância do mar: 200m | **Altitude:** 18m

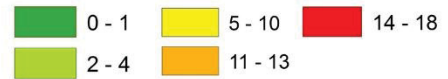
Instalação: 28.12.2018 – 10h00 (GMT-3)

Retirada: 05.09.2019 – 19h00 (GMT-3)

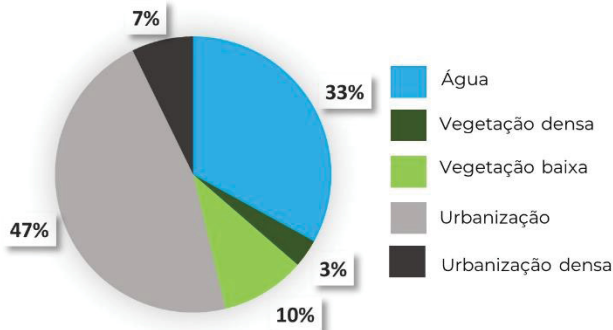
Tempo de Operação: 251 dias

Falhas: 0h **Modelo:** TinyTag

Pavimentação



Entorno (raio de 500m) | Uso e cobertura do solo



Breve descrição:

Localizado na porção sul continental de Florianópolis, o entorno do PC03 é caracterizado por casas térreas de até 2 andares, com a presença de poucos prédios de até 10 andares. É uma região de população de classe média/alta, verifica-se piscinas no interior das residências.



APÊNDICE A14 – QUADRO DESCRITIVO PC04

PC04

Exército Continente

Estação em bairro central continental

27° 35'39,617" S 48° 34'45,527" W

63º Batalhão de Infantaria - Batalhão Fernando Machado

Rua Gen. Eurico Gaspar Dutra | nº 831
Bairro: Estreito | **Município:** Florianópolis

Distância do mar: 720m | **Altitude:** 16m

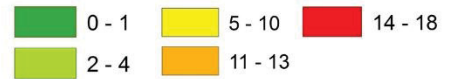
Instalação: 11.07.2018 – 11h00 (GMT-3)

Retirada: 08.08.2019 – 10h00 (GMT-3)

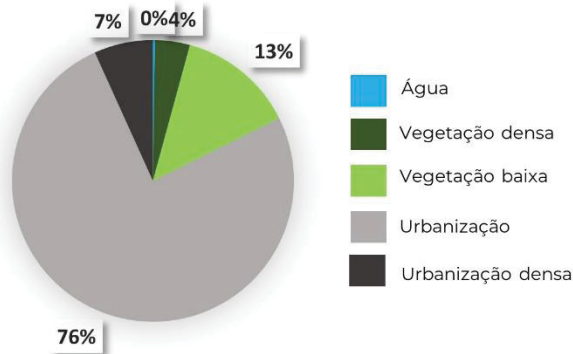
Tempo de Operação: 393 dias

Falhas: 2 meses | **Modelo:** Davis Vue

Pavimentação

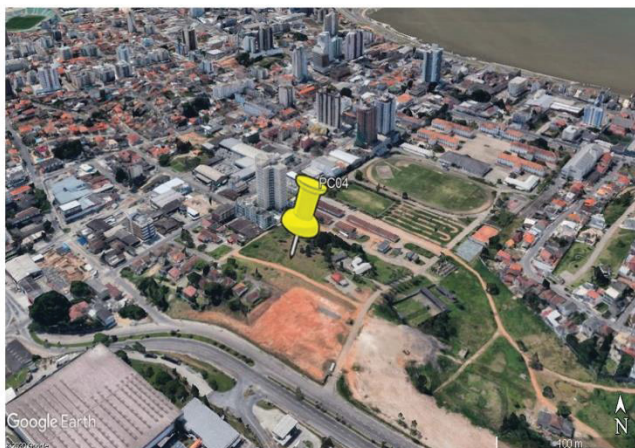


Entorno (raio de 500m) | Uso e cobertura do solo



Breve descrição:

O PC04 situa-se a 120 metros de uma avenida de alto fluxo de automóveis. O entorno é caracterizado por residências de em média 2 pavimentos, com a presença de alguns terrenos vazios com vegetação pouco arbustiva.



APÊNDICE A15 – QUADRO DESCRITIVO PC05

PC05

PM Continente

Estação mais alta

27° 35'22,422" S 48° 35'53,035" W

22º Batalhão de Polícia Militar de Santa Catarina

Rua Luiz Carlos Prestes | nº 364

Bairro: Monte Cristo

Município: Florianópolis

Distância do mar: 1,4 km | **Altitude:** 56m

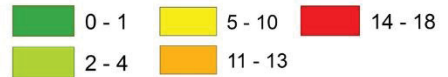
Instalação: 11.07.2018 – 10h15 (GMT-3)

Retirada: 08.08.2019 – 09h20 (GMT-3)

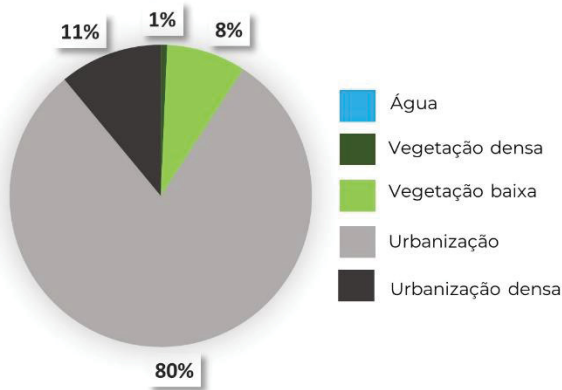
Tempo de Operação: 393 dias

Falhas: 1 mês **Modelo:** Davis Vue

Pavimentação

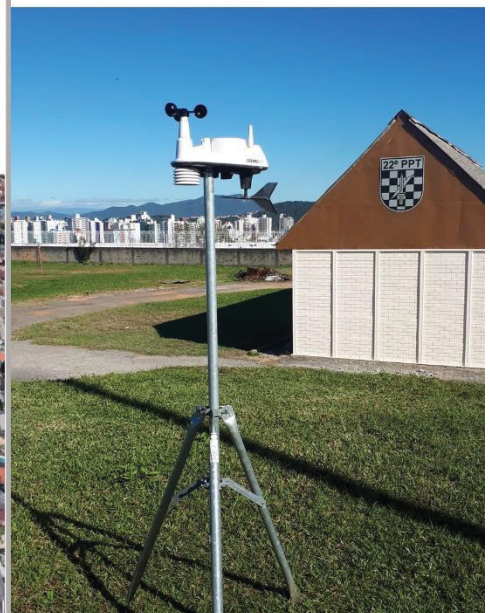
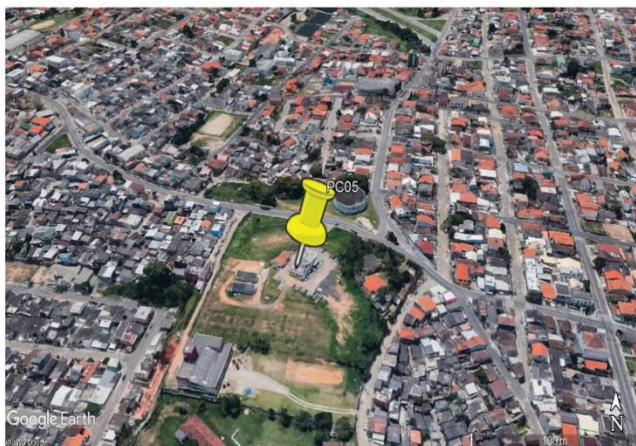


Entorno (raio de 500m) | Uso e cobertura do solo



Breve descrição:

A PC05 situa-se no ponto mais alto dentre as demais estações. A urbanização no entorno é consolidada, com residências de até 2 pavimentos. Também fica ao lado de umas das comunidades mais carentes da porção continental de Florianópolis, a Chico Mendes.



**APÊNDICE B – DIFERENÇAS DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DIÁRIA DOS PONTOS DE
MEDIÇÃO EM RELAÇÃO AO PONTO DE REFERÊNCIA RURAL**

APÊNDICE B1 – PI01 & PI02

APÊNDICE B2 – PI03 & PI04

APÊNDICE B3 – PI05 & PI06

APÊNDICE B4 – PI07 & PI08

APÊNDICE B5 – PI09 & PC02

APÊNDICE B6 – PC03 & PC04

APÊNDICE B7 – PC05

APÊNDICE B2 – PI03 & PI04

| | | Meses | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | PI03 - IFSC | | | | | | | | | | | | | |
| Dias | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | |
| 1 | | 1.31 | 0.3 | -0.56 | 1.23 | 1.37 | 1.78 | 2.39 | 2.43 | 2.17 | 2.36 | -0.41 | -0.3 | | |
| 2 | | 2.78 | 0.44 | 2.28 | 0.74 | 2.26 | 2.21 | 0.99 | 2.21 | 3.62 | 0.97 | -0.19 | -0.32 | | |
| 3 | | 0.26 | 0.02 | 0.07 | -0.6 | 0.75 | 2.28 | -0.14 | 2.47 | 2.66 | 1.16 | -0.08 | -0.42 | | |
| 4 | | 1.24 | 0.4 | 0.46 | -0.6 | 2.02 | | 0.46 | 2.05 | 1.7 | 0.85 | 4.2 | 3.7 | | |
| 5 | | 1.95 | 2.4 | 2.78 | 0.9 | 3.39 | 0.9 | 1.67 | 1.16 | -0.2 | 3.14 | 0.86 | 4.6 | | |
| 6 | | 3.78 | 4.71 | 3.85 | 1.82 | 3.04 | 0.03 | 1.52 | 2.04 | 0.04 | 1.1 | 2.83 | 3.87 | | |
| 7 | | 5.31 | 4.26 | 0.43 | 0.2 | 0.83 | -0.43 | 2.8 | 0.38 | -0.3 | 0.04 | 2.02 | 3.73 | | |
| 8 | | 6.58 | 4.65 | 0.42 | 0.1 | 3.06 | 0.29 | 3.37 | 1.66 | 0.15 | 1.1 | 4.12 | 4.84 | | |
| 9 | | 1.24 | 3.96 | -0.32 | 0.46 | 3.46 | 0.88 | 2.37 | 0.88 | 1.94 | 0.4 | 3.18 | 6.24 | | |
| 10 | | 6.76 | 3.03 | 0.87 | -0.02 | -0.55 | -0.16 | -0.41 | -0.07 | 2.21 | 0.52 | 4.87 | 4.68 | | |
| 11 | | 4.8 | 1.68 | 0.56 | 0.2 | 2.36 | 2.18 | 0.58 | -0.06 | 3.04 | 0.36 | 4.06 | 5.08 | | |
| 12 | | 4.06 | 0.06 | 0.66 | 0.36 | 2.59 | 0.98 | 1.82 | 0.22 | 2.54 | -0.01 | 4.2 | 5.75 | | |
| 13 | | 4.9 | 0.18 | 0.01 | 0.14 | 1.61 | -0.28 | 0.66 | 2 | 2.39 | 0.09 | 1.41 | 3.36 | | |
| 14 | | 6.02 | 0.21 | -0.42 | -0.93 | 1 | 1.19 | 2.3 | 0.84 | 1.46 | 0.56 | 1.23 | 2.72 | | |
| 15 | | 5.36 | 0.42 | 0.59 | 1.73 | 1.23 | 0.66 | -0.26 | 0.54 | 1.59 | -0.22 | 1.53 | 0.47 | | |
| 16 | | 1.05 | 0.4 | 1.74 | 6.47 | 0.33 | 1.43 | 1.16 | 0.59 | 1.81 | -0.06 | -0.52 | 2.88 | | |
| 17 | | 2.96 | 0.3 | 0 | -3.24 | 0.81 | 2.27 | -1.7 | 1.46 | 3.22 | 2.6 | 2.7 | 5.4 | | |
| 18 | | 5.12 | 1.33 | 0.36 | 0.9 | 2.46 | 1.31 | 0.21 | 0.53 | 2.46 | 0.1 | 3.74 | 2.2 | | |
| 19 | | 2.31 | 4.85 | 0.22 | 0.49 | 1.11 | 1.46 | 1.7 | 2.17 | 3.69 | 0.3 | 2.22 | 0.4 | | |
| 20 | | 2.24 | 2.23 | 0.52 | 3.13 | 0.27 | -0.28 | 1.28 | 0.47 | 3.49 | 1.72 | 4.82 | 3.18 | | |
| 21 | | -0.44 | 2.63 | 0.9 | 4.96 | 2.27 | 1.34 | -0.3 | -0.27 | 2.66 | 4.41 | 4.97 | 0.66 | | |
| 22 | | -0.24 | 2.18 | 2.39 | 0.83 | 2.18 | 0.98 | 0.98 | 0.46 | -0.26 | 1.5 | 3.29 | 0.93 | | |
| 23 | | 2.44 | 0.04 | 2.1 | 2.24 | 1.2 | 2.38 | 1.23 | 0.31 | -0.34 | 0.34 | 4.75 | 3.18 | | |
| 24 | | 2.34 | 1.13 | -1.04 | 0.65 | 1.43 | -1.1 | 1 | 2.8 | -0.22 | 0.56 | 4.81 | 3.6 | | |
| 25 | | 0.11 | 1.08 | 0.2 | 3.44 | 1.4 | 0.4 | 0.77 | 1.68 | 0.06 | 1.12 | 4.36 | 2.5 | | |
| 26 | | 4.67 | 1.6 | -0.26 | 0.98 | 1.17 | 0.92 | 1.95 | -0.63 | 1.34 | 3.85 | -0.42 | 1.9 | | |
| 27 | | 4.5 | 1.4 | -0.23 | 1.4 | 1.92 | 1.66 | -0.23 | 1.42 | 1.56 | 2.84 | 0.25 | -0.28 | | |
| 28 | | 3.82 | -0.5 | 0.52 | -1.51 | 2.86 | 2.14 | 1.38 | 0.48 | 1.36 | 1.66 | 2.56 | -0.17 | | |
| 29 | | 2.32 | -0.29 | 0.12 | 0.56 | 2.02 | 1.73 | | 0.5 | 2.9 | 2.29 | -0.42 | 1.85 | | |
| 30 | | 0.36 | -0.87 | -0.83 | 1.82 | 2.16 | 2.7 | | 3.28 | 3.92 | -0.28 | 1.32 | 3.16 | | |
| 31 | | 2.53 | | -0.29 | | 2.38 | 2.02 | | 2.84 | | 0.22 | | 4.67 | | |
| | Média (°C) | 3.0 | 1.5 | 0.6 | 1.0 | 1.8 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.8 | 1.1 | 2.4 | 2.7 | 1.6 | Total |
| | Fraca | 10 | 20 | 26 | 25 | 16 | 22 | 23 | 22 | 16 | 24 | 12 | 11 | 227.0 | |
| | Média | 10 | 6 | 5 | 3 | 15 | 8 | 5 | 9 | 14 | 6 | 8 | 12 | 101.0 | |
| | Forte | 8 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 10 | 7 | 31.0 | |
| | Muito Forte | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5.0 | |

Magnitude

| | | | |
|---------|----------|---------|-------------|
| Fraca | Média | Forte | Muito forte |
| 0 - 2°C | 2 - 4° C | 4 - 6°C | >6°C |

| | | Meses | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------------|-----------------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| | | PI04 - Campeche | | | | | | | | | | | | | |
| Dias | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | |
| 1 | | 1.38 | 0.39 | 0.08 | | | 0.48 | 1.39 | 2.93 | 2.67 | 2.16 | -0.31 | 0.1 | | |
| 2 | | 1.48 | 0.07 | 1.04 | | | -0.19 | 1.19 | 2.51 | 4.02 | 0.77 | -0.19 | 0.38 | | |
| 3 | | 0.57 | 0.07 | -0.19 | | 0.35 | 2.08 | -0.14 | 2.27 | 2.86 | 0.56 | 0.32 | 0.08 | | |
| 4 | | 2.03 | 0.79 | 0.52 | | 2.92 | -0.72 | 0.56 | 1.45 | 1.8 | 0.15 | 3.7 | 1.6 | | |
| 5 | | 2.07 | 4.59 | 2.24 | | 2.09 | 0.4 | 1.27 | 1.96 | 0.4 | 1.34 | 2.16 | 3.1 | | |
| 6 | | 3.57 | 5.56 | 3.68 | | 2.94 | 0.43 | 2.02 | 1.34 | -0.36 | 1.4 | 2.93 | 3.57 | | |
| 7 | | 5.42 | 5.00 | 0.19 | | 0.33 | -0.33 | 3.8 | 0.78 | 0.3 | -0.36 | 1.82 | 3.83 | | |
| 8 | | 4.44 | 4.67 | 0.28 | | 4.06 | 0.69 | 3.67 | 1.96 | 0.05 | 1.1 | 5.42 | 5.24 | | |
| 9 | | 1.11 | 3.69 | 0.29 | | 4.36 | 1.68 | 2.47 | 0.48 | 2.84 | 0.5 | 2.68 | 4.94 | | |
| 10 | | 6.23 | 2.84 | 0.08 | | 0.05 | -0.16 | -0.11 | 0.43 | 3.01 | 1.32 | 4.97 | 6.38 | | |
| 11 | | 4.93 | 2.04 | 0.70 | | 2.06 | 1.18 | 0.58 | -0.16 | 4.24 | 0.26 | 4.76 | 5.88 | | |
| 12 | | 3.29 | 0.37 | 0.42 | | 3.59 | 0.78 | 0.22 | -0.08 | 1.64 | 0.09 | 3 | 4.15 | | |
| 13 | | 4.59 | -0.26 | 0.37 | | 0.81 | 0.02 | -0.24 | 2 | 2.69 | 0.29 | 0.41 | 2.66 | | |
| 14 | | 6.83 | 0.58 | -0.21 | | 1 | 0.79 | 2.1 | 0.74 | 1.26 | -0.14 | -0.37 | 2.12 | | |
| 15 | | 4.76 | 0.65 | 0.47 | | 1.13 | -0.04 | 0.94 | 1.14 | 1.59 | -0.22 | 0.33 | 0.37 | | |
| 16 | | 0.70 | 0.51 | 0.99 | | -0.17 | 0.73 | 1.66 | 0.29 | 1.51 | 2.24 | -3.32 | 2.48 | | |
| 17 | | 2.60 | 0.50 | 0.58 | | 0.71 | 1.77 | 0.5 | 1.46 | 1.62 | 3.7 | 2.6 | 5.2 | | |
| 18 | | 4.16 | 1.27 | 0.65 | | 1.66 | 0.01 | 0.41 | 1.33 | 2.56 | 1 | 2.44 | 2.4 | | |
| 19 | | 3.47 | 3.67 | -0.08 | | 0.81 | 2.26 | 1.8 | 2.27 | 3.89 | 0.9 | 3.52 | -0.1 | | |
| 20 | | 2.42 | 1.83 | 0.26 | | -0.03 | -0.08 | 1.88 | 0.47 | 3.19 | 2.02 | 2.72 | 4.08 | | |
| 21 | | -0.49 | 2.56 | 0.61 | | 0.57 | 1.74 | 0.9 | -0.47 | 1.66 | 2.81 | 3.37 | 0.76 | | |
| 22 | | -0.39 | 0.73 | 1.81 | | 0.98 | -0.12 | 0.28 | 1.66 | -0.36 | 1.3 | 4.39 | 2.03 | | |
| 23 | | 2.50 | -0.82 | 2.00 | | 0.5 | 2.08 | 3.13 | 0.61 | -0.14 | 0.54 | 5.35 | 2.38 | | |
| 24 | | 1.10 | 1.34 | -0.61 | | 0.93 | -1.5 | 2.4 | 4.1 | 0.28 | 0.26 | 5.61 | 3.3 | | |
| 25 | | -0.20 | 0.70 | 0.79 | | 0.5 | 0.2 | 1.17 | 2.48 | 0.36 | 0.72 | 3.66 | 2.6 | | |
| 26 | | 2.72 | 1.64 | -0.17 | | 1.17 | 1.32 | 1.05 | 0.67 | 1.04 | 3.85 | -0.22 | 1.4 | | |
| 27 | | 5.86 | 0.84 | -0.17 | | 0.82 | 1.46 | 0.17 | 1.32 | 0.86 | 1.04 | 0.35 | 0.02 | | |
| 28 | | 5.19 | -0.06 | | | 1.76 | 2.34 | 2.48 | -0.02 | 1.96 | 1.36 | 2.26 | 0.33 | | |
| 29 | | 3.52 | -0.64 | | | 0.22 | 0.63 | | 1.2 | 2.2 | 1.39 | 0.68 | 1.95 | | |
| 30 | | 0.55 | -0.61 | | | -0.24 | 1.2 | | 4.68 | 4.42 | 0.22 | 3.42 | 3.46 | | |
| 31 | | 3.33 | | | | 1.08 | 1.42 | | 3.54 | | 0.12 | | 3.67 | | |
| | Média (°C) | 2.9 | 1.5 | 0.6 | | 1.3 | 0.7 | 1.3 | 1.5 | 1.8 | 1.1 | 2.3 | 2.6 | 1.6 | Total |
| | Fraca | 10 | 21 | 24 | 0 | 22 | 27 | 20 | 23 | 18 | 25 | 11 | 11 | 212.0 | |
| | Média | 11 | 5 | 3 | 0 | 5 | 4 | 8 | 6 | 9 | 6 | 13 | 13 | 83.0 | |
| | Forte | 8 | 4 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 6 | 6 | 31.0 | |
| | Muito Forte | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3.0 | |

APÊNDICE B3 – PI05 & PI06

| | | Meses | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------------|-------------------|---|----|----|------|-------|-------|------|-------|------|---|---|--|-------|------|
| | | PI05 - Agrônômica | | | | | | | | | | | | | | |
| Dias | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | |
| 1 | | | | | | | 1.95 | 3.81 | 3.29 | 2.46 | 2.81 | | | | | |
| 2 | | | | | | | 2.17 | -0.63 | 3.26 | 3.16 | 1.71 | | | | | |
| 3 | | | | | | | 2.23 | 0.02 | 3.77 | 2.34 | 1.78 | | | | | |
| 4 | | | | | | | 0.88 | 0.95 | 2.69 | 1.45 | 1.30 | | | | | |
| 5 | | | | | | | 0.86 | 1.82 | 2.07 | 0.26 | 3.53 | | | | | |
| 6 | | | | | | | 0.89 | 2.72 | 2.67 | -0.17 | 1.46 | | | | | |
| 7 | | | | | | | 0.24 | 4.32 | 0.48 | -0.28 | 0.48 | | | | | |
| 8 | | | | | | | -0.59 | 4.58 | 2.42 | -0.24 | 1.94 | | | | | |
| 9 | | | | | | | 2.44 | 3.08 | 0.98 | 0.77 | 1.15 | | | | | |
| 10 | | | | | | | 0.77 | 0.25 | 0.04 | 1.76 | 1.15 | | | | | |
| 11 | | | | | | | 3.22 | 1.29 | 0.09 | 3.01 | 0.56 | | | | | |
| 12 | | | | | | | 1.92 | 2.59 | 0.81 | 2.05 | 0.57 | | | | | |
| 13 | | | | | | | 0.22 | 1.51 | 2.08 | 2.38 | 0.78 | | | | | |
| 14 | | | | | | | 2.07 | 3.21 | 1.04 | 1.36 | 0.88 | | | | | |
| 15 | | | | | | | 1.93 | 0.93 | 0.33 | 1.13 | 0.10 | | | | | |
| 16 | | | | | | | 0.19 | 2.17 | 0.59 | 1.98 | 0.36 | | | | | |
| 17 | | | | | | | 1.45 | 0.47 | 1.77 | 2.29 | 3.84 | | | | | |
| 18 | | | | | | | 1.34 | 0.36 | 1.05 | 2.14 | | | | | | |
| 19 | | | | | | | 2.59 | 2.23 | 1.94 | 3.25 | | | | | | |
| 20 | | | | | | | 0.54 | 2.19 | 0.55 | 2.72 | | | | | | |
| 21 | | | | | | | 2.49 | 1.94 | 0.06 | 2.30 | | | | | | |
| 22 | | | | | | | 2.02 | 1.92 | 0.70 | -0.10 | | | | | | |
| 23 | | | | | | | 3.08 | 2.81 | 0.19 | 0.18 | | | | | | |
| 24 | | | | | | | -0.89 | 3.47 | 3.04 | 0.26 | | | | | | |
| 25 | | | | | | | 0.39 | 0.84 | 2.01 | 0.48 | | | | | | |
| 26 | | | | | | | 0.69 | 2.76 | 1.08 | 1.91 | | | | | | |
| 27 | | | | | | | 2.68 | 0.49 | 1.07 | 2.25 | | | | | | |
| 28 | | | | | | | 2.47 | 2.34 | 0.40 | 1.81 | | | | | | |
| 29 | | | | | | | 2.58 | | 0.39 | 3.17 | | | | | | |
| 30 | | | | | | 0.75 | 3.48 | | 2.86 | 4.87 | | | | | | |
| 31 | | | | | | 2.65 | 3.18 | | 3.03 | | | | | | | |
| | Média (°C) | | | | | 1.7 | 1.6 | 1.9 | 1.5 | 1.7 | 1.4 | | | | Total | 1.7 |
| | Fraca | | | | | 1 | 17 | 14 | 19 | 16 | 14 | | | | | 81.0 |
| | Média | | | | | 1 | 14 | 12 | 12 | 13 | 3 | | | | | 55.0 |
| | Forte | | | | | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | | | | | 3.0 |
| | Muito Forte | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | 0.0 |

| Magnitude | Fraca | Média | Forte | Muito forte |
|-----------|---------|----------|---------|-------------|
| | 0 - 2°C | 2 - 4° C | 4 - 6°C | >6°C |

| | | Meses | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------------|----------------|---|----|----|----|------|------|------|-------|------|-------|-------|--|-------|
| | | PI06 PM Centro | | | | | | | | | | | | | |
| Dias | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | |
| 1 | | | | | | | 1.9 | 3.31 | 2.73 | 3.07 | 3.06 | -0.01 | -0.1 | | |
| 2 | | | | | | | 2.1 | 1.13 | 2.71 | 4.02 | 1.47 | 0.11 | 0.28 | | |
| 3 | | | | | | | 2.2 | 0.49 | 3.17 | 2.96 | 1.56 | 0.42 | -0.02 | | |
| 4 | | | | | | | 0.9 | 1.39 | 2.55 | 2.1 | 1.35 | 4 | 3.9 | | |
| 5 | | | | | | | 1.2 | 2.36 | 1.86 | 0.6 | 3.64 | 1.56 | 4.7 | | |
| 6 | | | | | | | 0.8 | 2.12 | 2.64 | 0.54 | 1.7 | 2.93 | 4.27 | | |
| 7 | | | | | | | 0.1 | 3.86 | 0.78 | 0.3 | 0.74 | 0.92 | 4.13 | | |
| 8 | | | | | | | 0.3 | 4.22 | 2.16 | 0.55 | 1.9 | 5.12 | 5.44 | | |
| 9 | | | | | | | 1.8 | 2.79 | 0.98 | 1.84 | 0.8 | 3.48 | 6.54 | | |
| 10 | | | | | | | 0.8 | 0.03 | 0.63 | 2.81 | 0.82 | 5.27 | 5.562 | | |
| 11 | | | | | | | 2.9 | 1.33 | 0.34 | 3.639 | 0.56 | 4.56 | 5.97 | | |
| 12 | | | | | | | 1.8 | 2.32 | 0.72 | 3.06 | 0.69 | 4.6 | 6.546 | | |
| 13 | | | | | | | 1.0 | 1.26 | 2.5 | 3.266 | 0.79 | 1.61 | 3.76 | | |
| 14 | | | | | | | 2.5 | 3.20 | 1.64 | 1.833 | 0.16 | 1.43 | 3.212 | | |
| 15 | | | | | | | 2.0 | 0.64 | 1.24 | 1.944 | 0.48 | 1.83 | 0.87 | | |
| 16 | | | | | | | 2.2 | 1.96 | 1.29 | 2.494 | 1.34 | 0.28 | 3.235 | | |
| 17 | | | | | | | 1.9 | 0.60 | 2.16 | 3.432 | 3.3 | 3.2 | 5.974 | | |
| 18 | | | | | | | 1.7 | 0.71 | 1.33 | 2.86 | 0.7 | 3.94 | 2.8 | | |
| 19 | | | | | | | 2.3 | 2.10 | 2.67 | 4.29 | 0.7 | 2.92 | 0.4 | | |
| 20 | | | | | | | 0.8 | 1.68 | 1.07 | 3.79 | 2.32 | 5.42 | 3.98 | | |
| 21 | | | | | | | 2.2 | 1.70 | 0.43 | 3.36 | 4.11 | 5.27 | 1.241 | | |
| 22 | | | | | | | 1.8 | 1.68 | 2.26 | 0.54 | 2.1 | 3.69 | 0.93 | | |
| 23 | | | | | | | 2.9 | 2.73 | 0.81 | 0.26 | 0.94 | 5.45 | 3.68 | | |
| 24 | | | | | | | -0.1 | 3.50 | 3.8 | 0.18 | 0.76 | 5.31 | 4.4 | | |
| 25 | | | | | | | 1.4 | 1.47 | 2.78 | 0.36 | 1.02 | 5.26 | 2.3 | | |
| 26 | | | | | | | 1.8 | 2.75 | 0.97 | 2.14 | 4.25 | -0.02 | 2.653 | | |
| 27 | | | | | | | 2.3 | 0.37 | 1.52 | 2.16 | 1.54 | 0.75 | 0.32 | | |
| 28 | | | | | | | 2.5 | 1.88 | 1.28 | 1.36 | 1.86 | 2.76 | 0.73 | | |
| 29 | | | | | | | 2.4 | | 1 | 3.4 | 2.59 | -0.12 | 2.05 | | |
| 30 | | | | | | | 3.2 | | 3.68 | 4.72 | 0.32 | 1.72 | 3.36 | | |
| 31 | | | | | | | 2.7 | | 3.44 | | 0.42 | | 5.269 | | Total |
| | Média (°C) | | | | | | 1.7 | 1.9 | 1.8 | 2.3 | 1.5 | 2.8 | 3.2 | | 2.2 |
| | Fraca | | | | | | 18 | 16 | 17 | 12 | 23 | 13 | 9 | | 108.0 |
| | Média | | | | | | 13 | 11 | 14 | 15 | 6 | 8 | 11 | | 78.0 |
| | Forte | | | | | | 0 | 1 | 0 | 3 | 2 | 9 | 9 | | 24.0 |
| | Muito Forte | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | | 2.0 |

APÊNDICE B6 – PC03 & PC04

| | | Meses | | | | | | | | | | | PC03 - Coqueiros | |
|------|-------------|-------|---|----|----|------|-------|-------|------|-------|------|-------|------------------|-------|
| Dias | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 1 | | | | | | | 1.84 | 2.88 | 3.17 | 3.16 | 3.48 | 0.51 | -0.34 | |
| 2 | | | | | | | 1.47 | 0.10 | 3.00 | 4.37 | 1.93 | 0.57 | -0.02 | |
| 3 | | | | | | | 1.77 | 0.19 | 3.35 | 3.08 | 1.78 | 0.38 | 0.04 | |
| 4 | | | | | | | 0.67 | 1.49 | 2.90 | 1.73 | 1.13 | 4.29 | 5.49 | |
| 5 | | | | | | | 1.03 | 2.35 | 1.78 | 0.33 | 3.77 | 1.82 | 5.17 | |
| 6 | | | | | | | 0.55 | 2.78 | 2.22 | 0.99 | 1.41 | 3.57 | 5.22 | |
| 7 | | | | | | | -0.36 | 4.25 | 0.03 | 0.21 | 0.81 | 1.64 | 4.53 | |
| 8 | | | | | | | 0.23 | 4.13 | 1.38 | 0.79 | 1.69 | 5.76 | 6.40 | |
| 9 | | | | | | | 2.08 | 2.89 | 0.99 | 2.19 | 0.75 | 4.08 | 6.24 | |
| 10 | | | | | | | 0.86 | -0.27 | 1.10 | 2.95 | 0.56 | 5.94 | 6.35 | |
| 11 | | | | | | | 2.64 | 0.84 | 0.35 | 4.43 | 0.64 | 4.66 | 6.64 | |
| 12 | | | | | | | 1.27 | 2.20 | 1.04 | 3.22 | 0.53 | 4.75 | 7.15 | |
| 13 | | | | | | | -0.37 | 1.40 | 2.00 | 3.80 | 0.48 | 1.47 | 4.08 | |
| 14 | | | | | | | 1.47 | 3.04 | 2.19 | 1.76 | 0.71 | 1.59 | 3.10 | |
| 15 | | | | | | | 1.57 | 0.37 | 0.73 | 2.23 | 0.55 | 2.15 | 0.78 | |
| 16 | | | | | | | 1.01 | 1.86 | 1.12 | 2.81 | 1.68 | -0.45 | 4.43 | |
| 17 | | | | | | | 0.62 | -0.84 | 2.00 | 3.29 | 4.34 | 3.41 | 6.34 | |
| 18 | | | | | | | 1.38 | 0.08 | 1.07 | 4.36 | 0.46 | 3.65 | 2.72 | |
| 19 | | | | | | | 1.92 | 2.05 | 2.82 | 4.60 | 0.88 | 3.40 | 0.69 | |
| 20 | | | | | | | 0.62 | 1.79 | 0.91 | 3.71 | 2.17 | 5.53 | 4.24 | |
| 21 | | | | | | | 2.13 | 1.61 | 0.46 | 3.81 | 4.76 | 5.98 | 0.89 | |
| 22 | | | | | | | 1.40 | 1.49 | 2.20 | 0.67 | 2.27 | 3.73 | 1.47 | |
| 23 | | | | | | | 2.52 | 2.66 | 0.67 | 0.55 | 0.95 | 6.39 | 4.07 | |
| 24 | | | | | | | -1.25 | 3.72 | 4.66 | -0.21 | 0.94 | 5.78 | 4.64 | |
| 25 | | | | | | | 0.57 | 1.49 | 2.77 | 0.88 | 2.16 | 6.90 | 3.04 | |
| 26 | | | | | | | 1.37 | 2.25 | 1.31 | 2.00 | 5.27 | -0.13 | 3.04 | |
| 27 | | | | | | | 2.41 | 0.83 | 1.66 | 1.96 | 3.11 | 1.29 | 0.87 | |
| 28 | | | | | | | 3.18 | 2.19 | 0.96 | 2.23 | 1.45 | 2.43 | 0.94 | |
| 29 | | | | | | 1.53 | 2.26 | | 0.52 | 3.20 | 2.30 | -0.46 | 2.44 | |
| 30 | | | | | | 0.02 | 2.57 | | | 5.04 | 5.47 | -0.13 | 3.26 | 3.64 |
| 31 | | | | | | 1.75 | 3.13 | | | 3.64 | 0.50 | | 5.91 | 5.91 |
| | Média (°C) | | | | | 1.1 | 1.4 | 1.8 | 1.9 | 2.5 | 1.7 | 3.1 | 3.6 | 2.3 |
| | Fraca | | | | | 3 | 22 | 15 | 19 | 11 | 21 | 11 | 9 | 111.0 |
| | Média | | | | | 0 | 9 | 11 | 10 | 14 | 7 | 8 | 6 | 65.0 |
| | Forte | | | | | 0 | 0 | 2 | 2 | 5 | 3 | 9 | 10 | 31.0 |
| | Muito Forte | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6 | 8.0 |

| Magnitude | Fraca | Média | Forte | Muito forte |
|-----------|---------|----------|---------|-------------|
| | 0 - 2°C | 2 - 4° C | 4 - 6°C | >6°C |

| | | Meses | | | | | | | | | | | PC04- Exército Continente | |
|------|-------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|---------|------|------|------|-------|---------------------------|-------|
| Dias | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 1 | | 2.31 | 0.8 | 0.14 | 1.83 | 1.27 | 1.78 | | | 2.77 | 2.76 | 0.49 | -0.1 | |
| 2 | | 3.08 | 1.14 | 2.58 | 1.44 | 2.36 | 1.81 | | 2.91 | 4.12 | 1.57 | 0.61 | 0.38 | |
| 3 | | 0.86 | 0.82 | 0.67 | 0 | 0.85 | 1.88 | | 2.87 | 2.96 | 1.86 | 0.62 | 0.08 | |
| 4 | | 2.04 | 1.2 | 1.36 | 0.3 | 2.62 | 0.98 | | 2.75 | 1.7 | 1.15 | 3.5 | 4.8 | |
| 5 | | 2.85 | 2.5 | 3.28 | 1.8 | 3.29 | 1.2 | | 1.66 | 0.5 | 3.64 | 1.36 | 4.6 | |
| 6 | | 4.28 | 4.91 | 4.15 | 2.02 | 3.84 | 0.43 | | 2.44 | 0.74 | 1.5 | 2.73 | 4.27 | |
| 7 | | 5.81 | 3.96 | 1.13 | 1.1 | 0.53 | -0.63 | | 1.38 | 0.5 | 0.74 | 1.02 | 4.13 | |
| 8 | | 7.08 | 4.35 | 0.52 | 1.2 | 3.96 | 0.09 | | 1.76 | 1.05 | 1.6 | 4.72 | 4.64 | |
| 9 | | 1.74 | 4.76 | 0.48 | 0.96 | 4.26 | 1.98 | | 1.28 | 2.24 | 0.8 | 3.78 | 5.94 | |
| 10 | | 6.36 | 3.63 | 0.97 | 0.38 | 0.25 | -0.76 | | 1.03 | 2.51 | 0.62 | 4.87 | 5.28 | |
| 11 | | 5.5 | 1.88 | 1.56 | 0.3 | 2.76 | 2.48 | | 0.54 | 3.84 | 0.86 | 4.46 | 5.68 | |
| 12 | | 4.76 | 0.76 | 1.16 | 0.76 | 3.29 | 1.48 | | 0.92 | 3.04 | 0.69 | 3.8 | 5.75 | |
| 13 | | 5.5 | 0.48 | 0.41 | 0.44 | 2.11 | | | 2.5 | 2.89 | 0.69 | 1.31 | 3.86 | |
| 14 | | 6.92 | 0.81 | 0.18 | -0.13 | 1.8 | | | 1.74 | 1.56 | 0.86 | 0.93 | 3.02 | |
| 15 | | 5.66 | 1.02 | 1.29 | 1.83 | 1.33 | | | 0.84 | 1.89 | 0.48 | 1.73 | 0.97 | |
| 16 | | 1.45 | 1 | 2.24 | 2.37 | 1.43 | | | 1.39 | 2.51 | 1.74 | -0.22 | 3.18 | |
| 17 | | 3.36 | 0.9 | 0.5 | 5.26 | 1.31 | | | 1.86 | 3.32 | 4.3 | 3.4 | 5.9 | |
| 18 | | 5.02 | 1.73 | 0.56 | 0.6 | 3.06 | | | 1.23 | 3.46 | 0.7 | 3.54 | 2.7 | |
| 19 | | 3.31 | 4.85 | 0.62 | 0.89 | 1.91 | | | 2.77 | 4.49 | 0.9 | 2.42 | 0.7 | |
| 20 | | 2.34 | 2.83 | 1.72 | 3.13 | 0.57 | | | 1.17 | 3.59 | 2.02 | 4.82 | 3.58 | |
| 21 | | 0.26 | 3.03 | 1.8 | 4.26 | 2.07 | | | 0.43 | 3.36 | 4.61 | 5.07 | 1.26 | |
| 22 | | 0.46 | 2.28 | 2.49 | 0.53 | | | | 2.36 | 0.54 | 2 | 3.99 | 1.03 | |
| 23 | | 2.84 | 0.24 | 2.5 | 2.54 | | | | 0.91 | 0.56 | 1.14 | 5.05 | 3.38 | |
| 24 | | 2.24 | 1.33 | -0.34 | 0.65 | | | | 3.9 | 0.18 | 1.16 | 5.01 | 4.1 | |
| 25 | | 0.51 | 1.48 | 0.8 | 3.24 | | | | 2.48 | 0.76 | 2.22 | 6.06 | 2.5 | |
| 26 | | 4.97 | 2.2 | 0.44 | 1.88 | | | | 1.47 | 1.84 | 3.85 | 0.08 | 2.6 | |
| 27 | | 4.3 | 2.2 | 0.27 | 1.8 | | | | 1.52 | 1.86 | 2.14 | 1.15 | 0.62 | |
| 28 | | 4.02 | 0.2 | 1.42 | 0.29 | | | | 0.98 | 2.06 | 2.16 | 2.56 | 0.73 | |
| 29 | | 2.42 | -0.09 | 1.22 | 0.26 | 1.52 | | | 0.9 | 2.9 | 2.29 | -0.02 | 2.35 | |
| 30 | | 0.46 | -0.47 | -0.63 | 2.02 | 0.46 | | | 3.98 | 3.82 | 0.32 | 2.82 | 2.96 | |
| 31 | | 3.03 | | -0.09 | | 1.88 | | | 3.44 | | 0.92 | | 5.47 | 5.47 |
| | Média (°C) | 3.4 | 1.9 | 1.1 | 1.5 | 2.0 | 1.1 | #DIV/0! | 1.8 | 2.3 | 1.7 | 2.7 | 3.1 | 2.1 |
| | Fraca | 7 | 18 | 25 | 22 | 13 | 11 | 0 | 19 | 13 | 21 | 12 | 9 | 170.0 |
| | Média | 11 | 8 | 5 | 6 | 10 | 1 | 0 | 11 | 15 | 8 | 10 | 10 | 95.0 |
| | Forte | 10 | 4 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 7 | 12 | 41.0 |
| | Muito Forte | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4.0 |

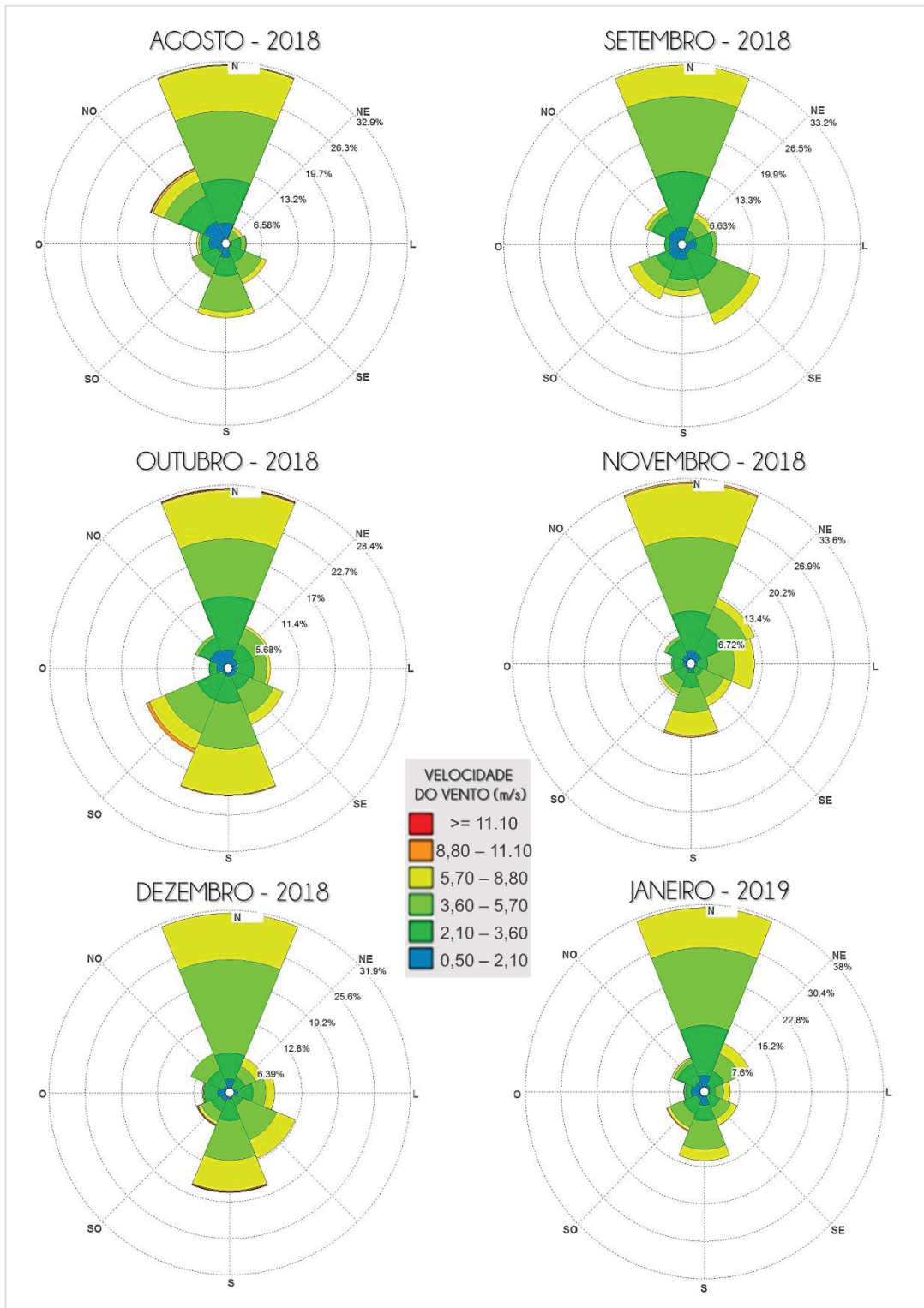
APÊNDICE B7 – PC05

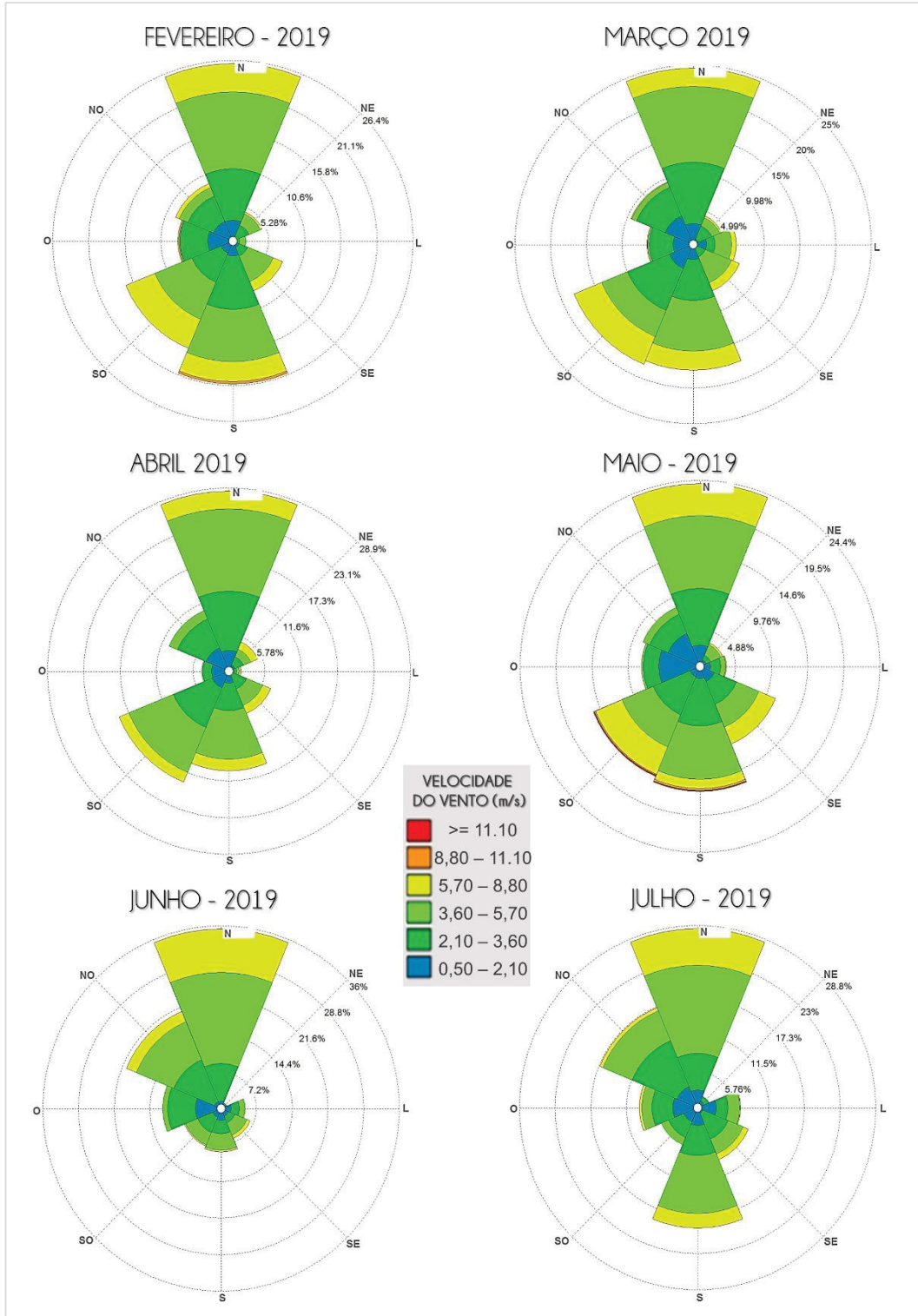
| | | PC05 - PM Continente | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|--|--|
| | | Meses | | | | | | | | | | | | | | |
| Dias | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | |
| 1 | | 1.91 | 0.7 | -0.06 | 1.83 | 1.27 | 1.88 | 2.49 | 2.93 | 3.07 | 3.16 | 0.59 | -0.5 | | | |
| 2 | | 2.68 | 1.04 | 2.18 | 1.34 | 2.36 | 1.61 | -0.11 | 2.71 | 3.82 | 1.77 | 0.41 | 0.18 | | | |
| 3 | | 0.56 | 0.82 | 0.47 | 0 | 0.55 | 1.68 | 0.46 | 2.87 | 2.56 | 1.36 | 0.62 | -0.12 | | | |
| 4 | | 2.44 | 1.1 | 1.16 | 0.2 | 2.52 | 0.98 | 1.36 | 3.05 | 1.5 | 0.95 | 3.9 | 4.6 | | | |
| 5 | | 2.45 | 2.9 | 2.98 | 1.8 | | 1.1 | 2.07 | 1.36 | 0.2 | 3.54 | 0.86 | 4.1 | | | |
| 6 | | 3.88 | 5.11 | 3.75 | 1.72 | | 0.33 | 1.72 | 2.34 | 0.34 | 1.1 | 3.23 | 4.87 | | | |
| 7 | | 5.61 | 3.96 | 1.13 | 1.2 | | -0.23 | 3.1 | 1.48 | 0.2 | 0.64 | 1.82 | 3.73 | | | |
| 8 | | 6.48 | 4.45 | 0.22 | 0.8 | 3.86 | 0.99 | 3.67 | 1.56 | 0.75 | 1.4 | 5.02 | 5.44 | | | |
| 9 | | 1.84 | 4.96 | 0.38 | 0.56 | 4.26 | 1.68 | 2.47 | 1.38 | 2.34 | 0.8 | 4.18 | 6.34 | | | |
| 10 | | 6.56 | 3.03 | 0.77 | 0.38 | -0.35 | 0.74 | -0.61 | 0.93 | 2.31 | 0.82 | 5.17 | 5.48 | | | |
| 11 | | 6.1 | 1.88 | 1.16 | 0.2 | 2.46 | 2.18 | 0.88 | 0.54 | 4.24 | 0.76 | 4.06 | 6.18 | | | |
| 12 | | 4.56 | 0.66 | 1.16 | 0.76 | 2.79 | 1.18 | 2.12 | 0.92 | 2.64 | 0.39 | 4.2 | 6.65 | | | |
| 13 | | 5.1 | 0.28 | -0.29 | 0.34 | 2.11 | 0.12 | 1.16 | 2.2 | 3.29 | 0.39 | 1.11 | 4.26 | | | |
| 14 | | 5.82 | 0.61 | -0.02 | -0.13 | 1.9 | 1.49 | 2.5 | 2.04 | 1.46 | 0.76 | 1.23 | 2.92 | | | |
| 15 | | 5.56 | 1.02 | 0.99 | 1.73 | 1.33 | 1.46 | 0.94 | 0.54 | 1.79 | 0.28 | 1.73 | 0.67 | | | |
| 16 | | 1.05 | 0.9 | 2.14 | 2.57 | 0.83 | 0.83 | 1.66 | 0.79 | 2.71 | 1.24 | -0.32 | 3.88 | | | |
| 17 | | 3.36 | 0.9 | 0.6 | 4.86 | 0.71 | 0.97 | 0.3 | 1.86 | 3.22 | 4.1 | 3.5 | 5.5 | | | |
| 18 | | 5.62 | 1.23 | 1.26 | 0.4 | 2.76 | 1.01 | 0.31 | 1.23 | 3.56 | 0.7 | 3.24 | 2.6 | | | |
| 19 | | 2.71 | 4.75 | 0.32 | 0.99 | 1.71 | 1.76 | 2 | 2.57 | 4.19 | 1 | 2.62 | 0.2 | | | |
| 20 | | 1.94 | 2.23 | 1.02 | 2.73 | 0.57 | 0.62 | 1.88 | 0.77 | 2.99 | 2.22 | 4.92 | 3.68 | | | |
| 21 | | -0.04 | 3.13 | 1.4 | 4.66 | 1.77 | 1.94 | 1.3 | 0.23 | 3.36 | 4.61 | 4.87 | 1.06 | | | |
| 22 | | 0.06 | 2.08 | 2.19 | 0.43 | 0.68 | 1.08 | 1.28 | 1.96 | 0.04 | 2.3 | 3.19 | 0.93 | | | |
| 23 | | 2.64 | 0.04 | 2.2 | 1.54 | 0.6 | 2.28 | 2.53 | 0.71 | 0.36 | 1.14 | 5.65 | 3.38 | | | |
| 24 | | 2.14 | 1.43 | -0.94 | 0.65 | 0.93 | 0 | 3.2 | 3.8 | -0.02 | 1.16 | 5.31 | 4.2 | | | |
| 25 | | 0.31 | 1.28 | 0.7 | 2.64 | 0.7 | 0.6 | 1.57 | 2.58 | 1.16 | 2.22 | 6.16 | 2.7 | | | |
| 26 | | 3.67 | 2.2 | 0.24 | 1.18 | 0.67 | 0.92 | 1.85 | 1.07 | 1.94 | 4.45 | -0.42 | 2.7 | | | |
| 27 | | 4.7 | 2.1 | 0.47 | 1.6 | 1.22 | 2.26 | 0.47 | 1.22 | 1.86 | 2.44 | 0.75 | 0.42 | | | |
| 28 | | 4.72 | 0 | 1.02 | -0.11 | 2.06 | 3.04 | 1.58 | 0.88 | 1.76 | 1.76 | 2.36 | 0.53 | | | |
| 29 | | 2.32 | 0.01 | 1.22 | 0.26 | 1.32 | 2.03 | | 0.8 | 2.7 | 2.19 | -0.22 | 2.05 | | | |
| 30 | | 0.06 | -0.47 | -0.93 | 1.52 | 0.26 | 2.4 | | 4.18 | 4.02 | 0.32 | 2.52 | 3.16 | | | |
| 31 | | 3.43 | | -0.09 | | 1.48 | 2.72 | | 3.04 | | 0.62 | | 5.47 | Total | | |
| | Média (°C) | | | | | 1.5 | 1.3 | 1.6 | 1.8 | 2.1 | 1.6 | 2.7 | 3.1 | 1.9 | | |
| | Fraca | | | | | 19 | 24 | 19 | 19 | 14 | 21 | 12 | 9 | 137.0 | | |
| | Média | | | | | 8 | 7 | 9 | 11 | 13 | 7 | 8 | 10 | 73.0 | | |
| | Forte | | | | | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 | 3 | 9 | 9 | 26.0 | | |
| | Muito Forte | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 4.0 | | |

Magnitude

| | | | |
|---------|---------|---------|-------------|
| Fraca | Média | Forte | Muito forte |
| 0 - 2°C | 2 - 4°C | 4 - 6°C | >6°C |

APÊNDICE C – DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO DE AGOSTO DE 2018 A JULHO DE 2019 EM FLORIANÓPOLIS-SC





APÊNDICE D – CONJUNTO DE ANÁLISES RÍTMICAS DE AGOSTO DE 2018 A JULHO DE 2019

APÊNDICE D1 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE AGOSTO DE 2018

APÊNDICE D2 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE SETEMBRO DE 2018

APÊNDICE D3 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE OUTUBRO DE 2018

APÊNDICE D4 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE NOVEMBRO DE 2018

APÊNDICE D5 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE DEZEMBRO DE 2018

APÊNDICE D6 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE JANEIRO DE 2019

APÊNDICE D7 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE FEVEREIRO DE 2019

APÊNDICE D8 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE MARÇO DE 2019

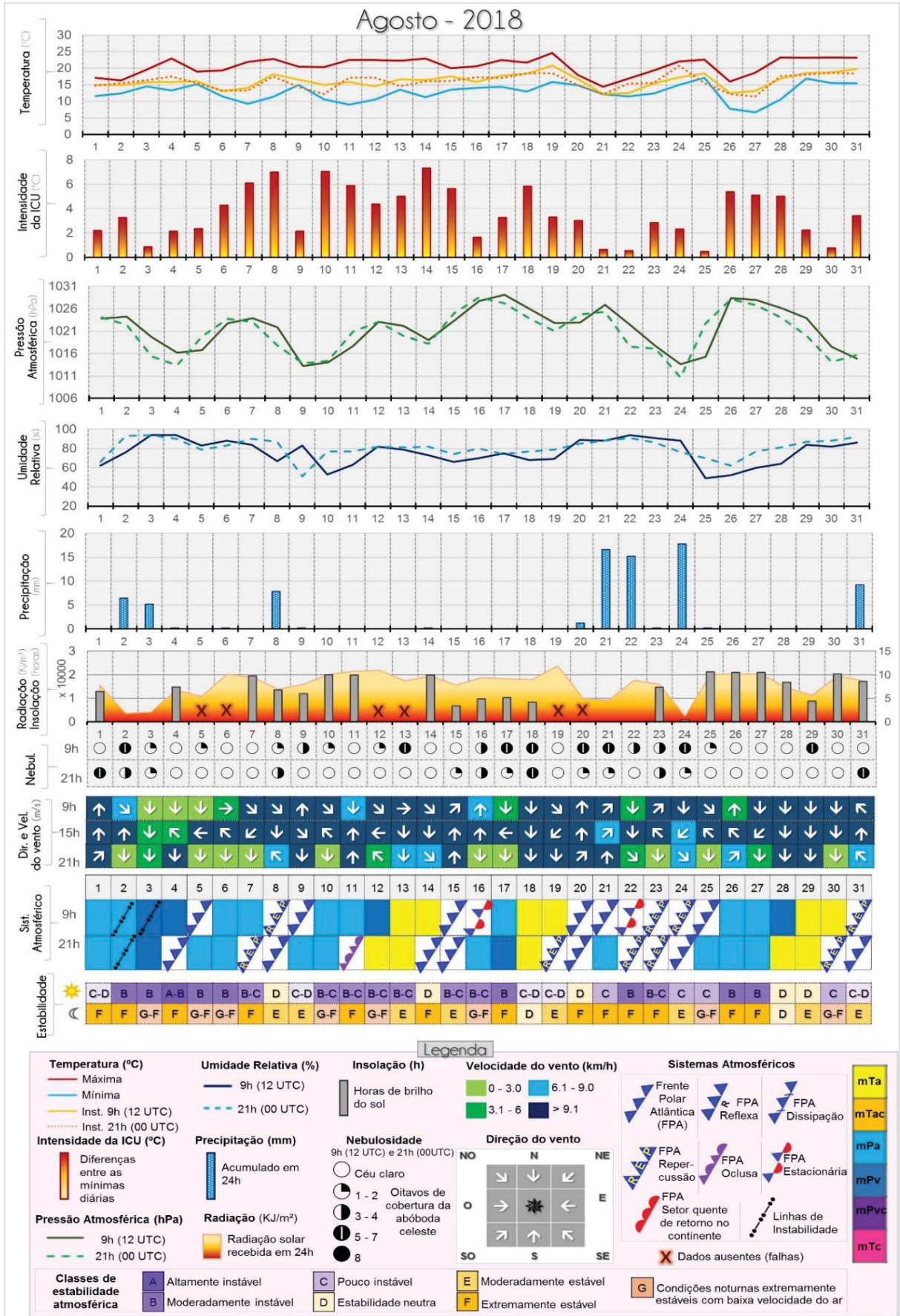
APÊNDICE D9 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE ABRIL DE 2019

APÊNDICE D10 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE MAIO DE 2019

APÊNDICE D11 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE JUNHO DE 2019

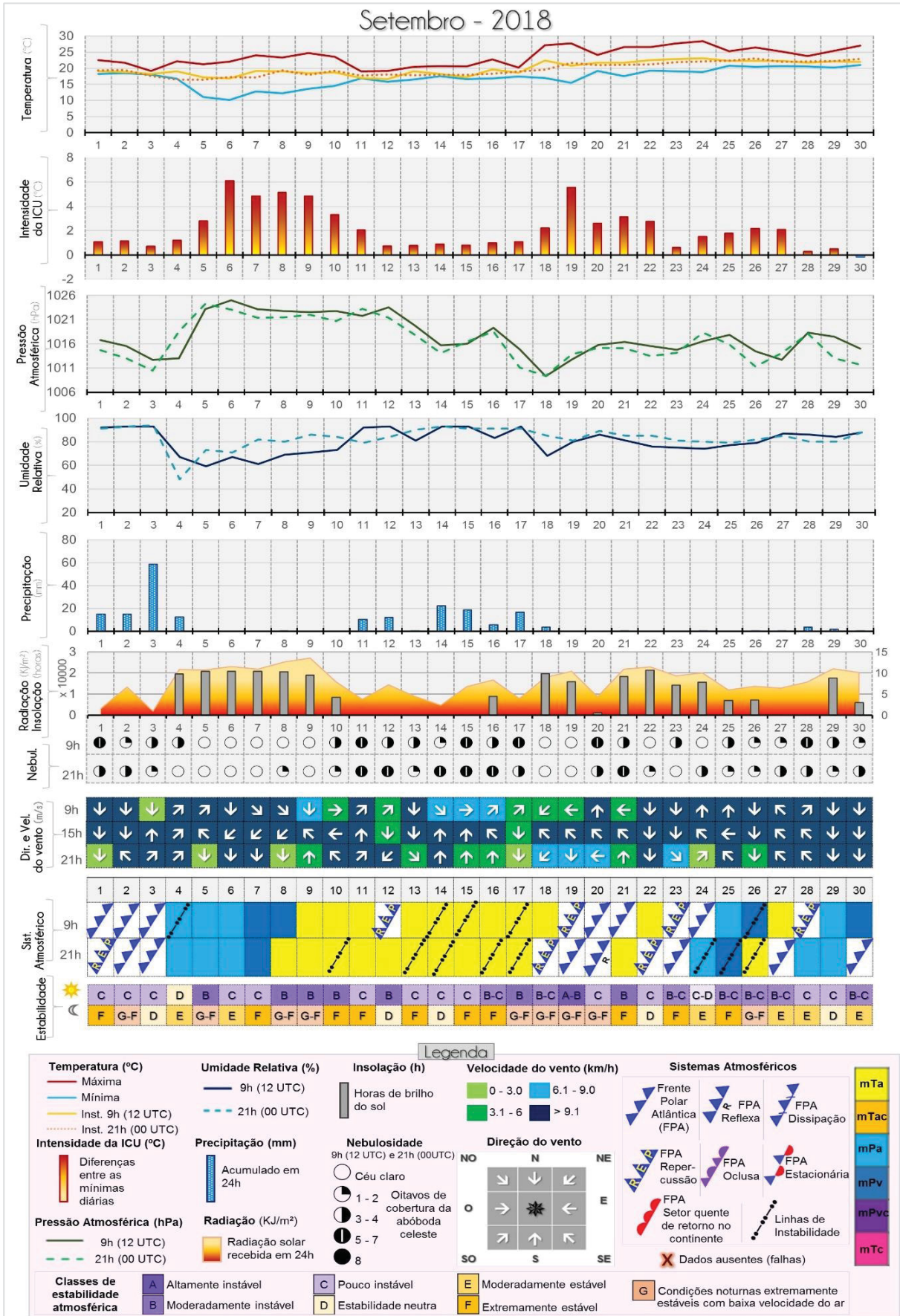
APÊNDICE D12 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE JULHO DE 2019

APÊNDICE C1 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE AGOSTO DE 2018



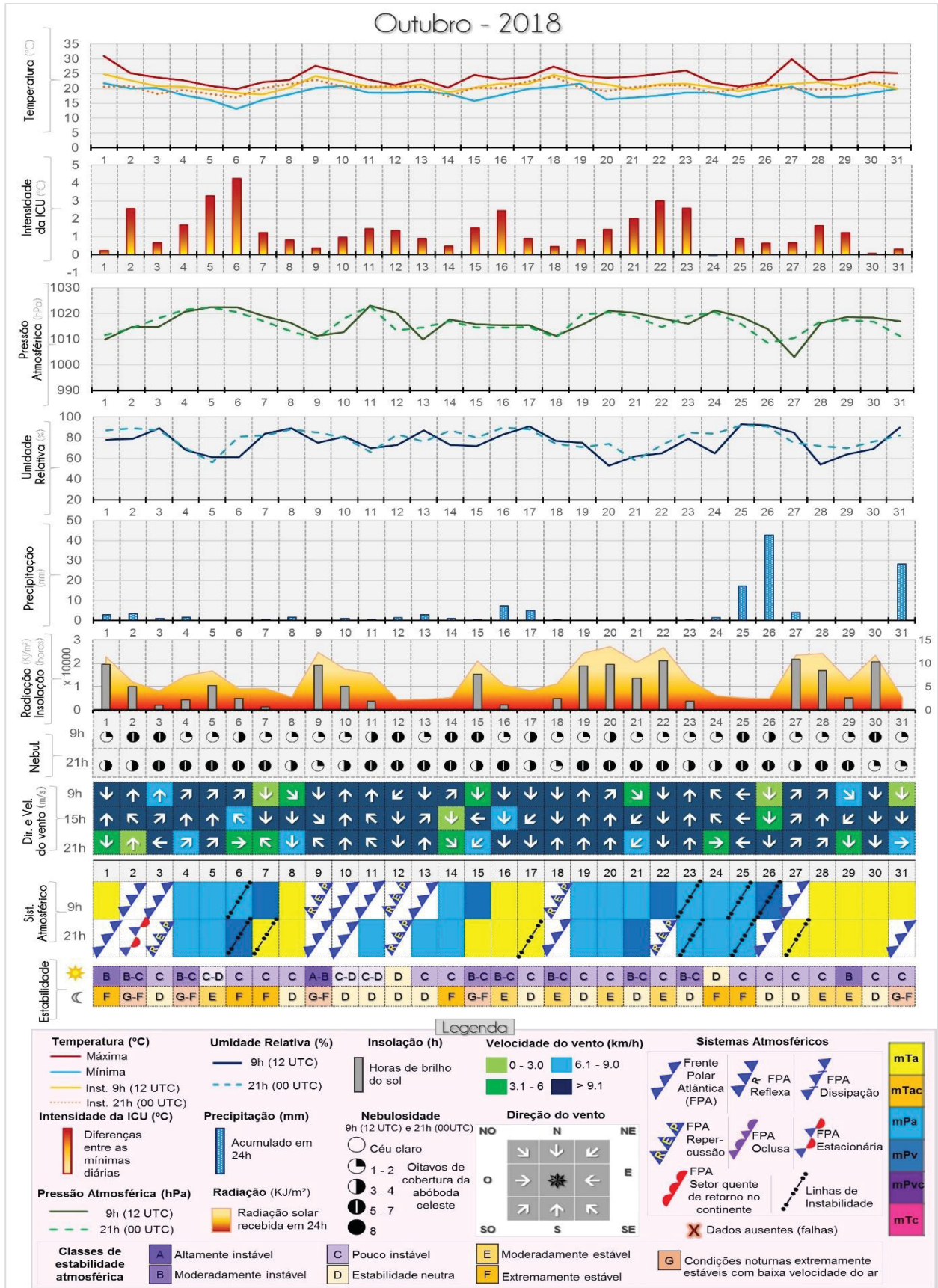
FONTE: Elaborado pela autora (2020)

APÊNDICE C2 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE SETEMBRO DE 2018



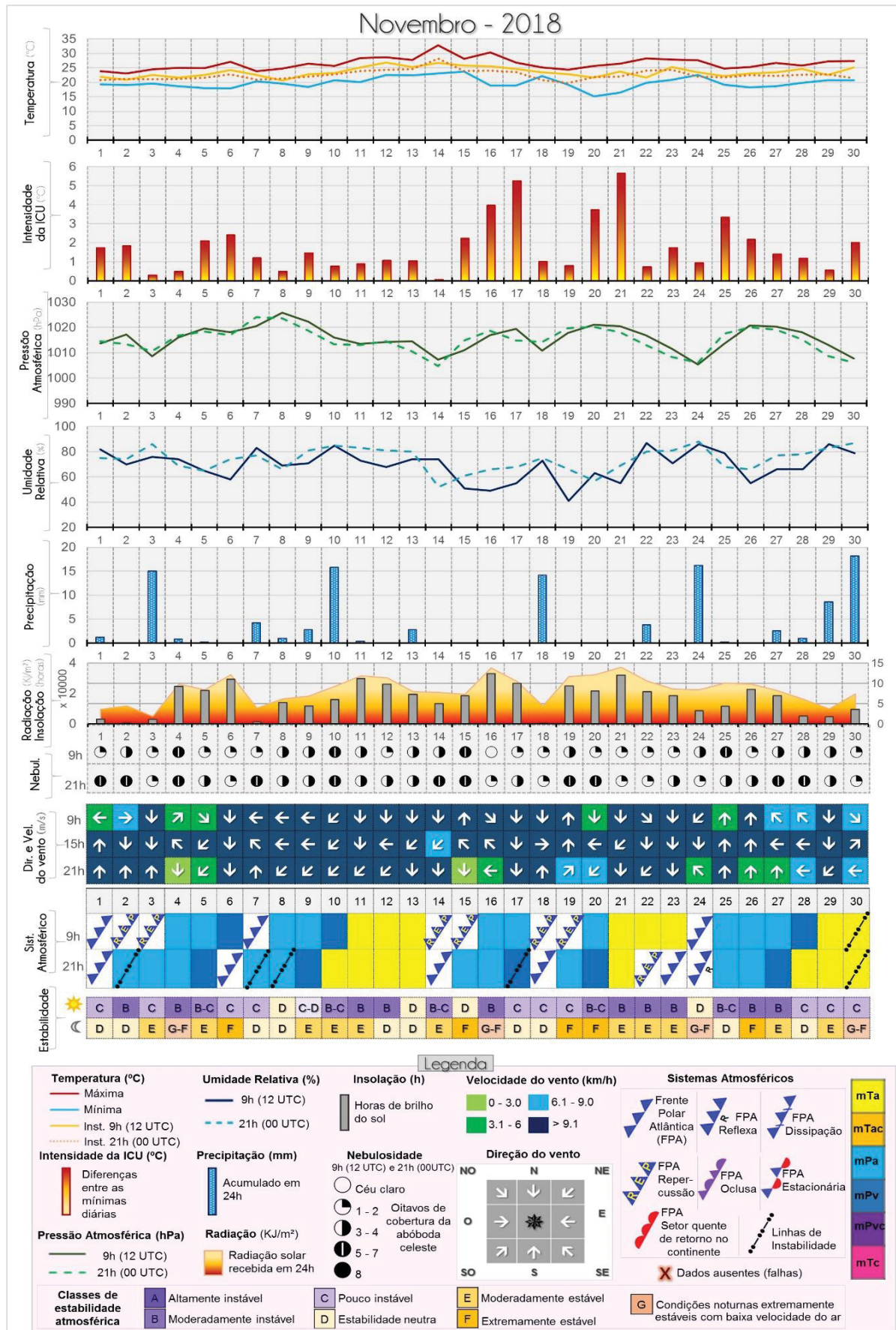
FONTE: Elaborado pela autora (2020)

APÊNDICE C3 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE OUTUBRO DE 2018



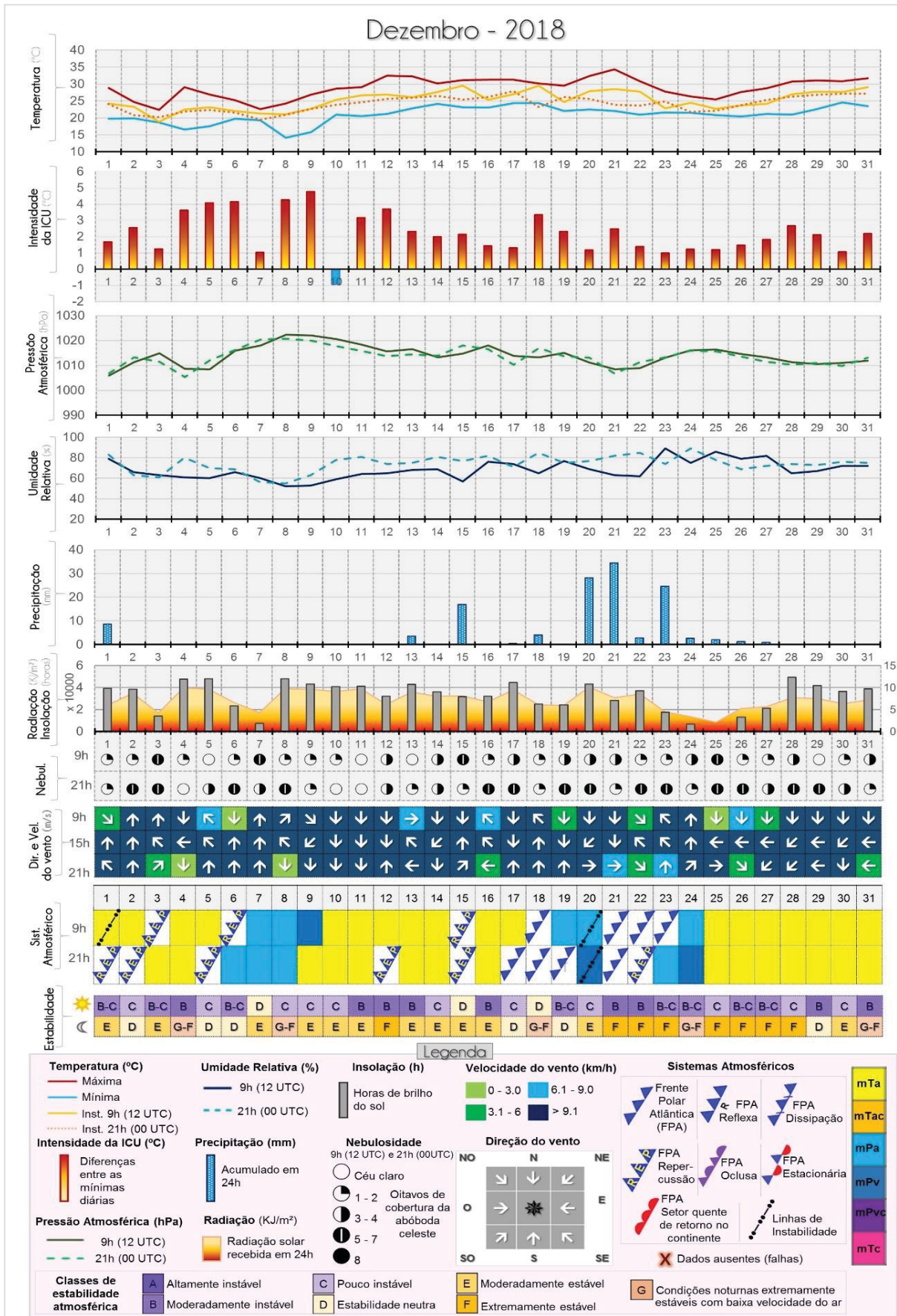
FONTE: Elaborado pela autora (2020)

APÊNDICE C4 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE NOVEMBRO DE 2018



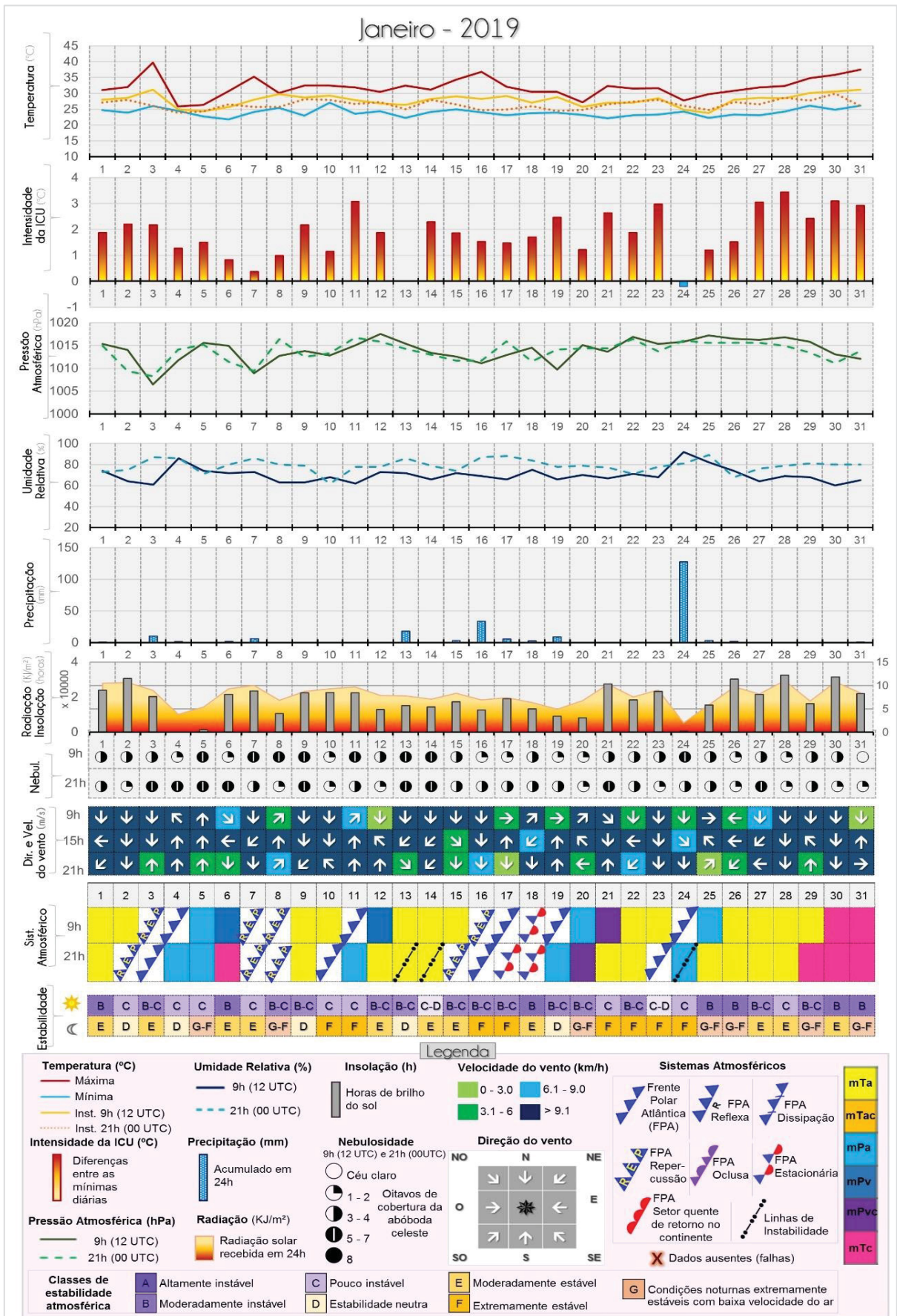
FONTE: Elaborado pela autora (2020)

APÊNDICE C5 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE DEZEMBRO DE 2018



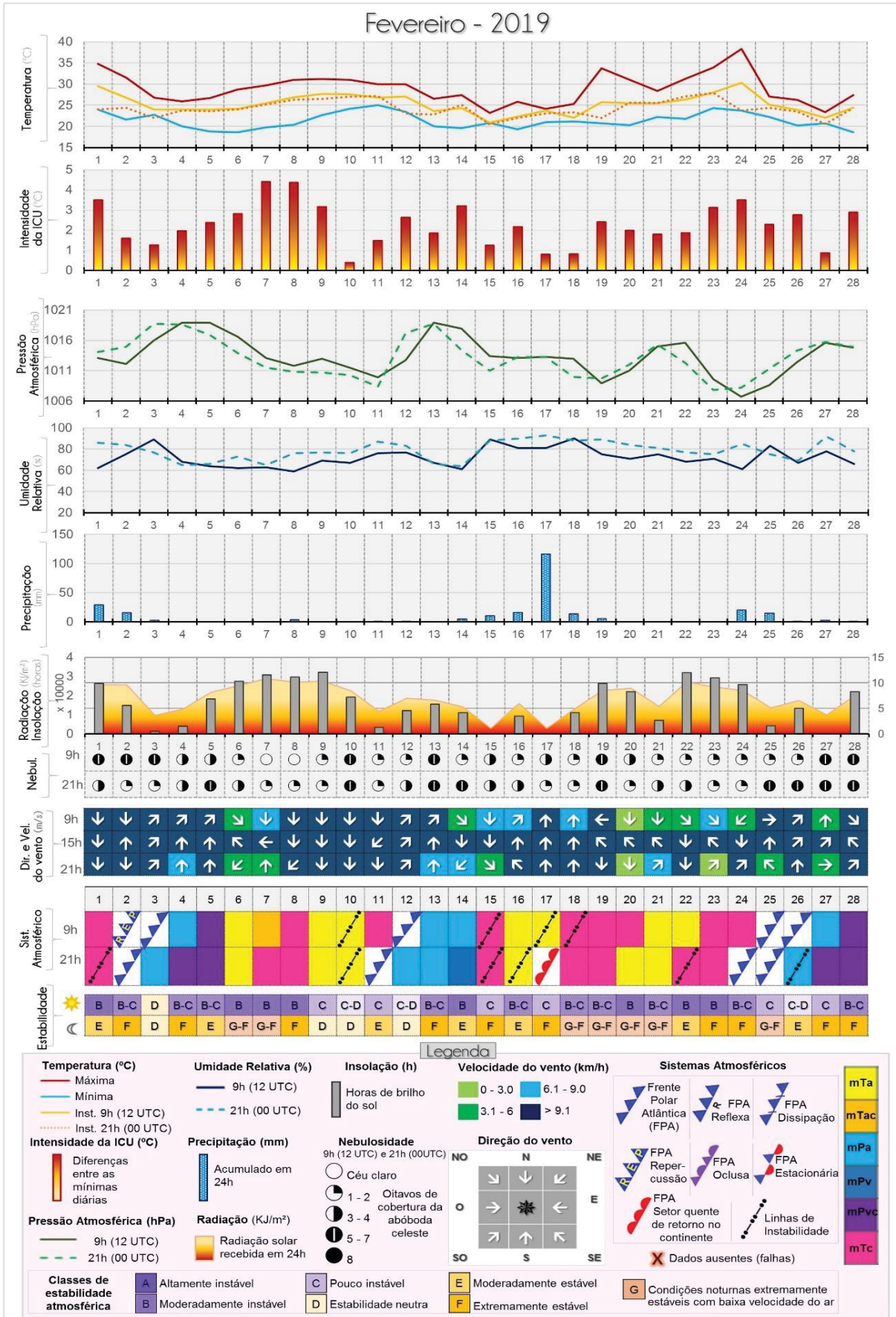
FONTE: Elaborado pela autora (2021)

APÊNDICE C6 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE JANEIRO DE 2019



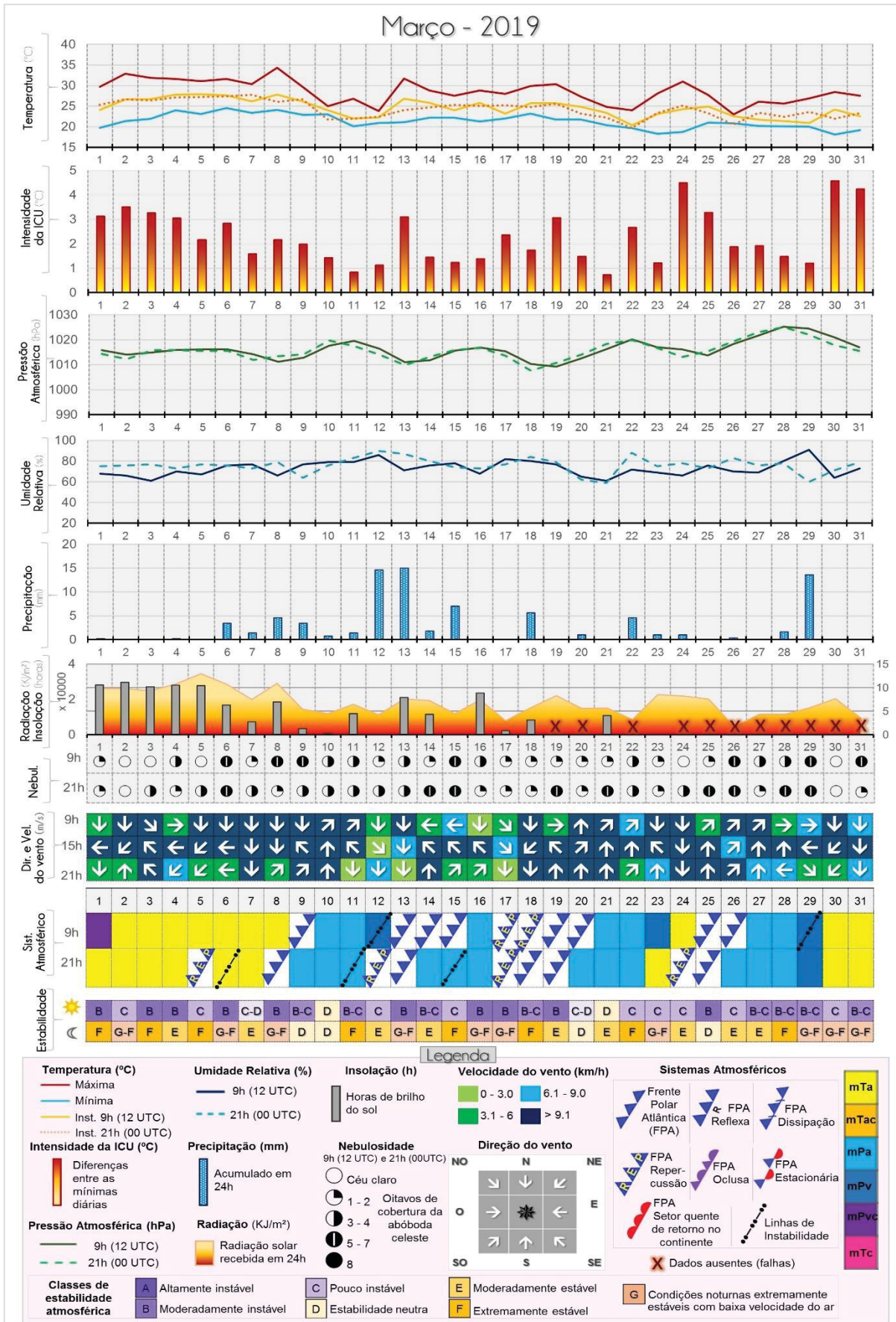
FONTE: Elaborado pela autora (2021)

APÊNDICE C7 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE FEVEREIRO DE 2019



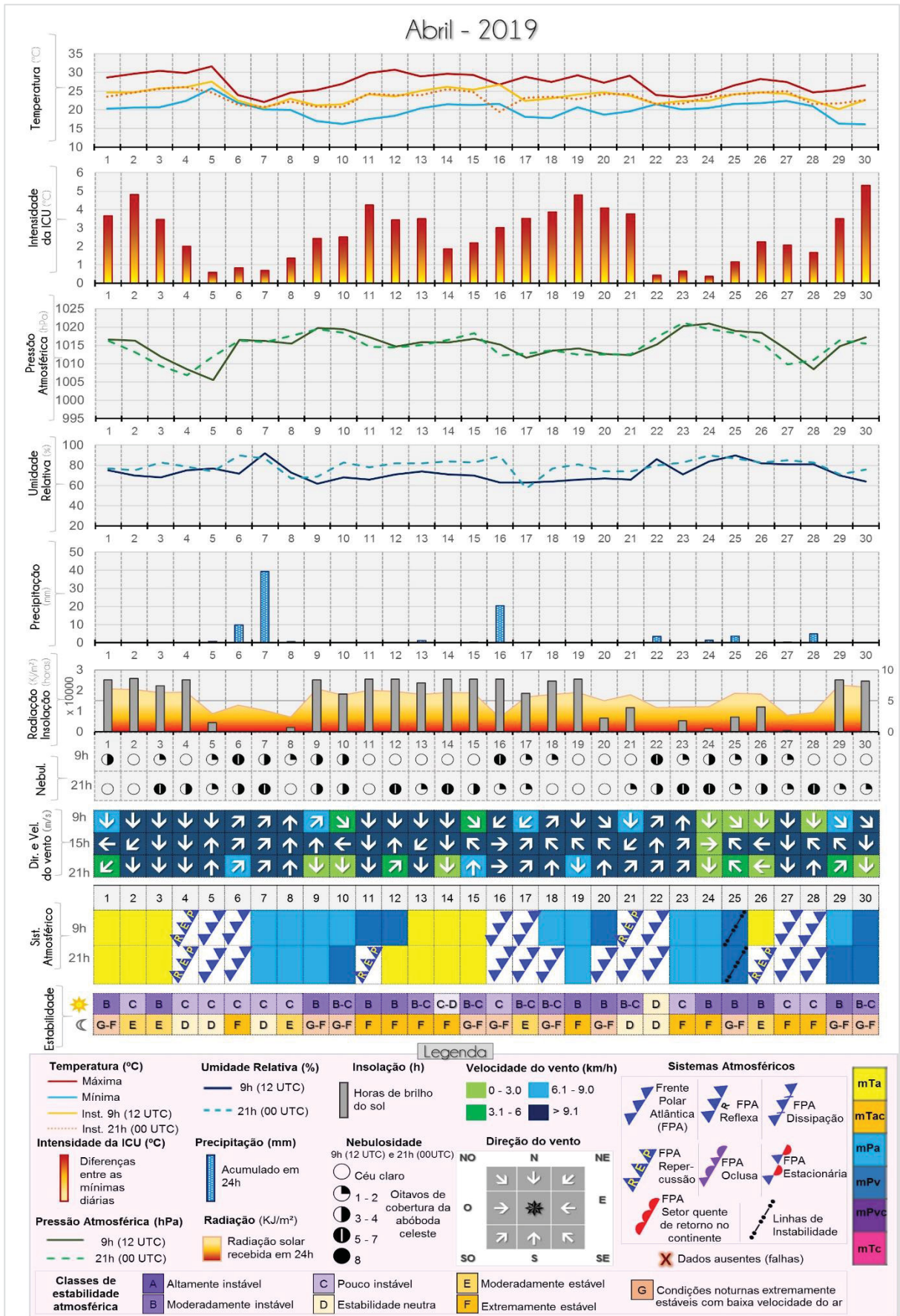
FONTE: Elaborado pela autora (2020)

APÊNDICE C8 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE MARÇO DE 2019



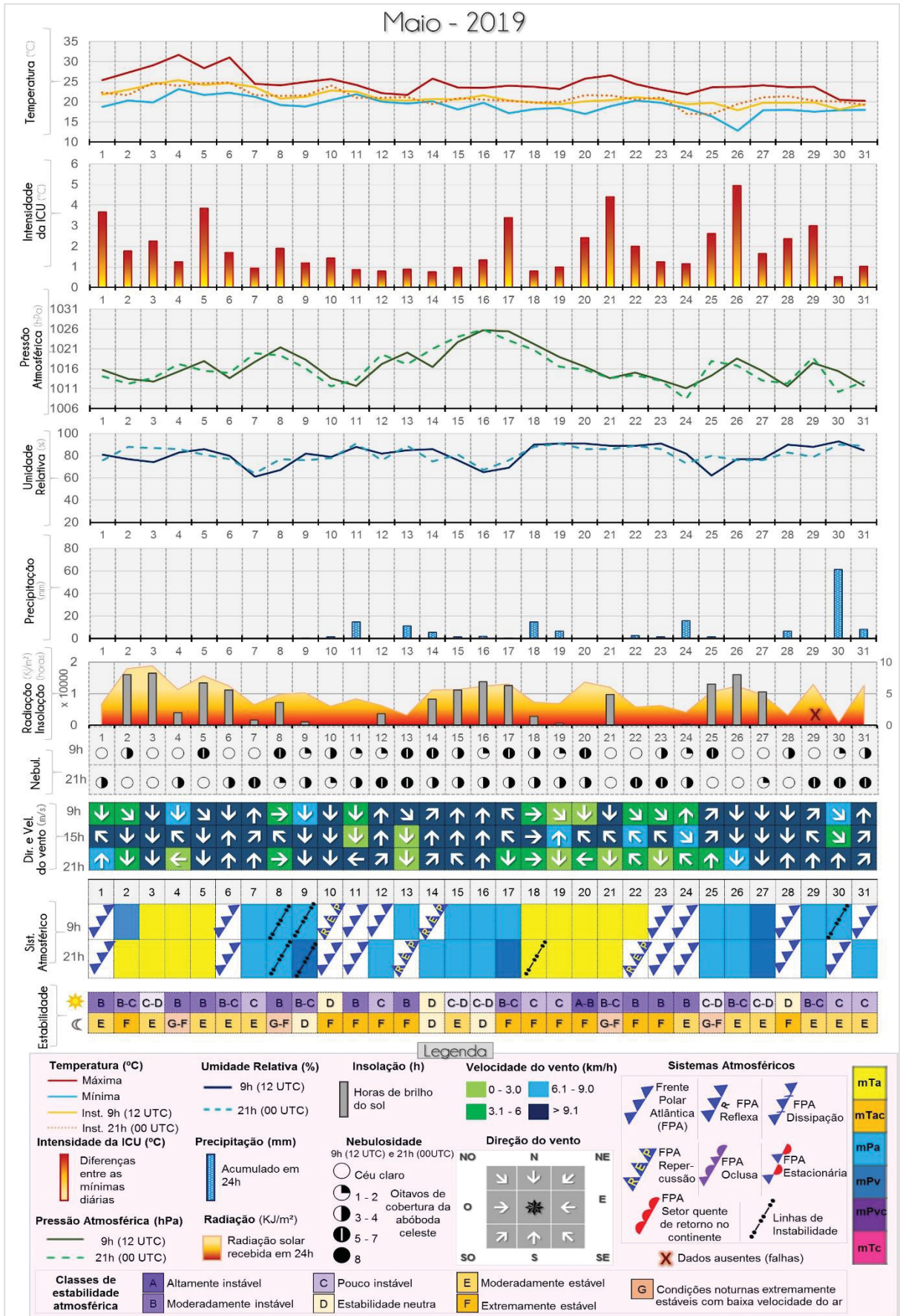
FONTE: Elaborado pela autora (2020)

APÊNDICE C9 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE ABRIL DE 2019



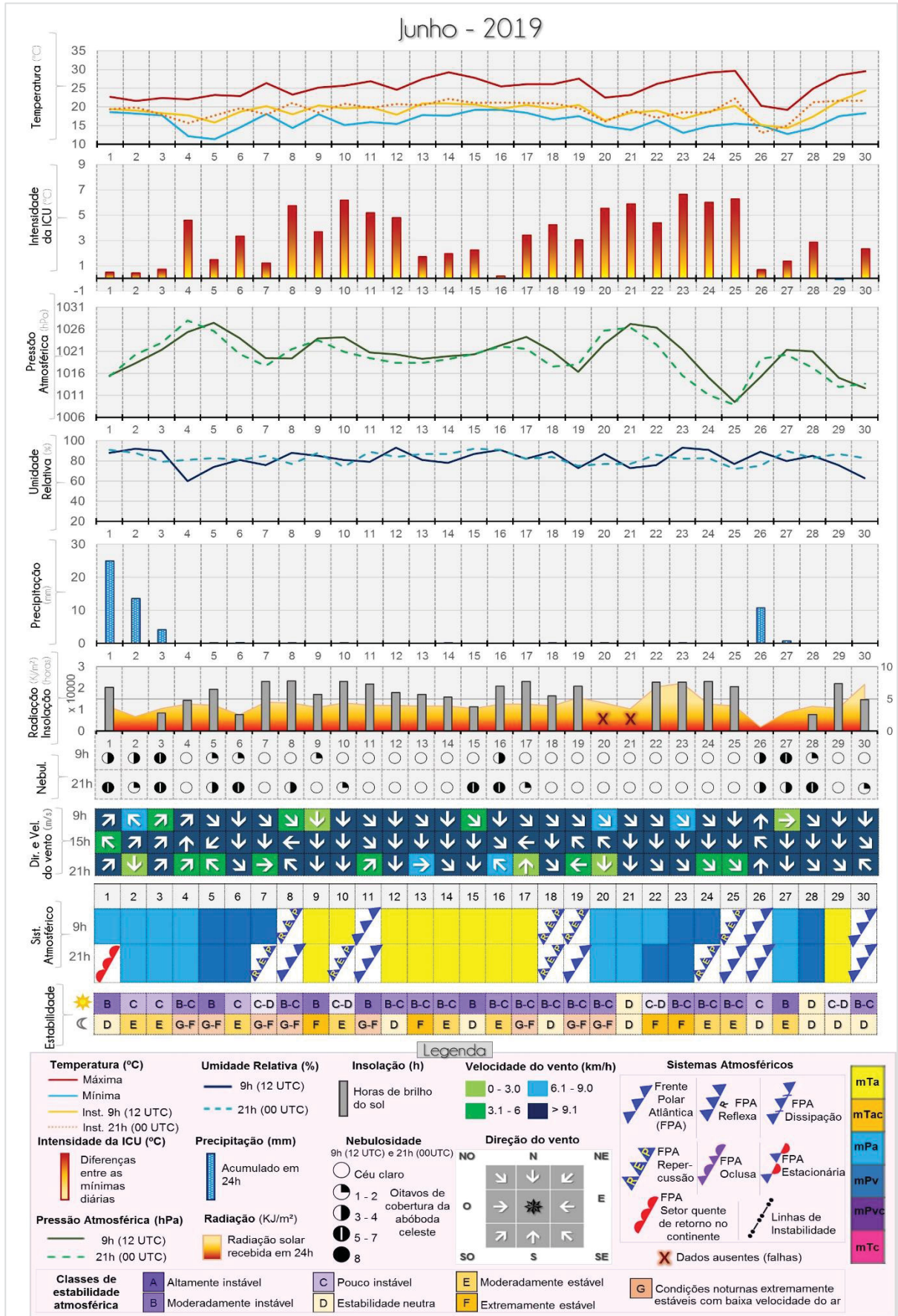
FONTE: Elaborado pela autora (2020)

APÊNDICE C10 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE MAIO DE 2019

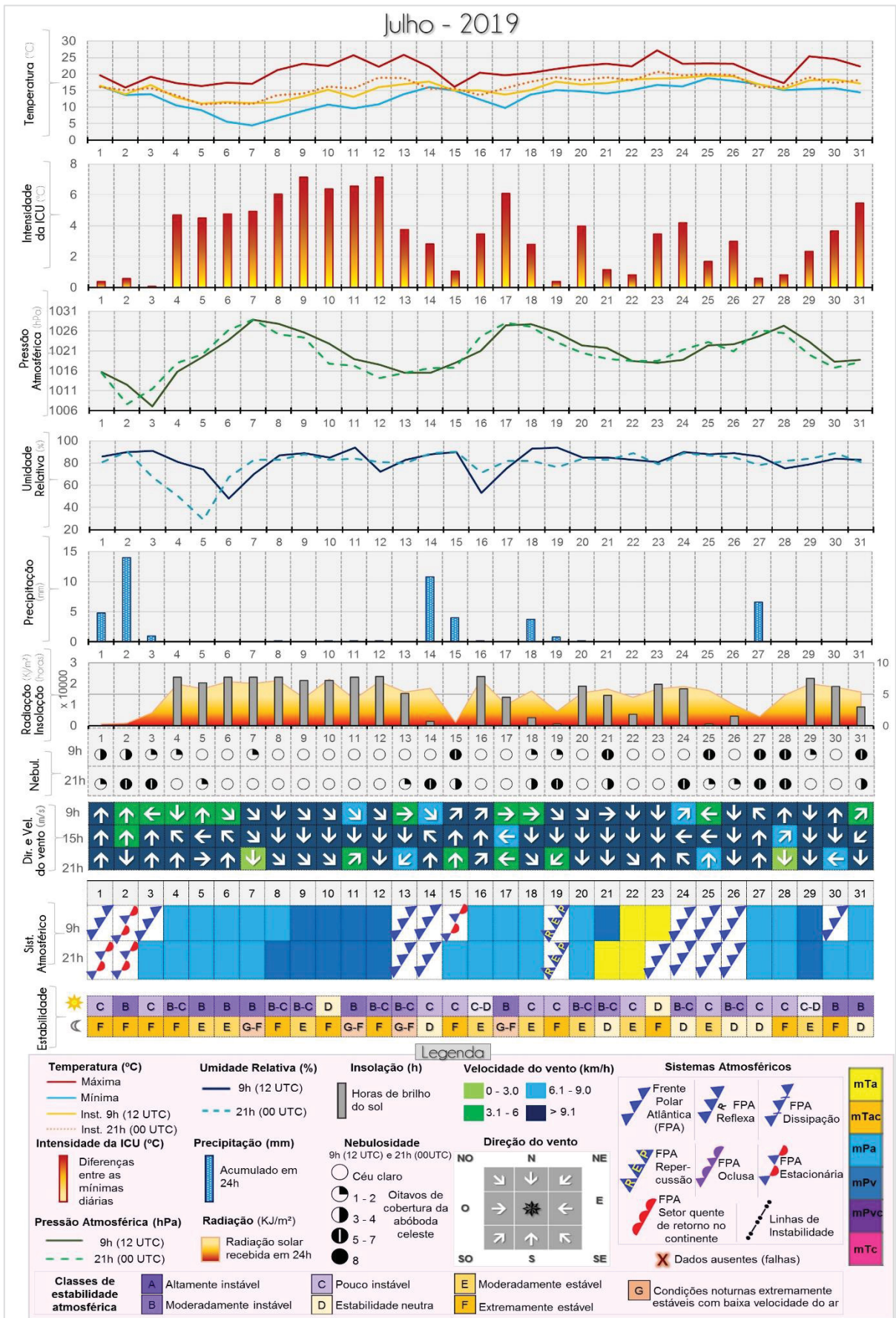


FONTE: Elaborado pela autora (2020)

APÊNDICE C11 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE JUNHO DE 2019

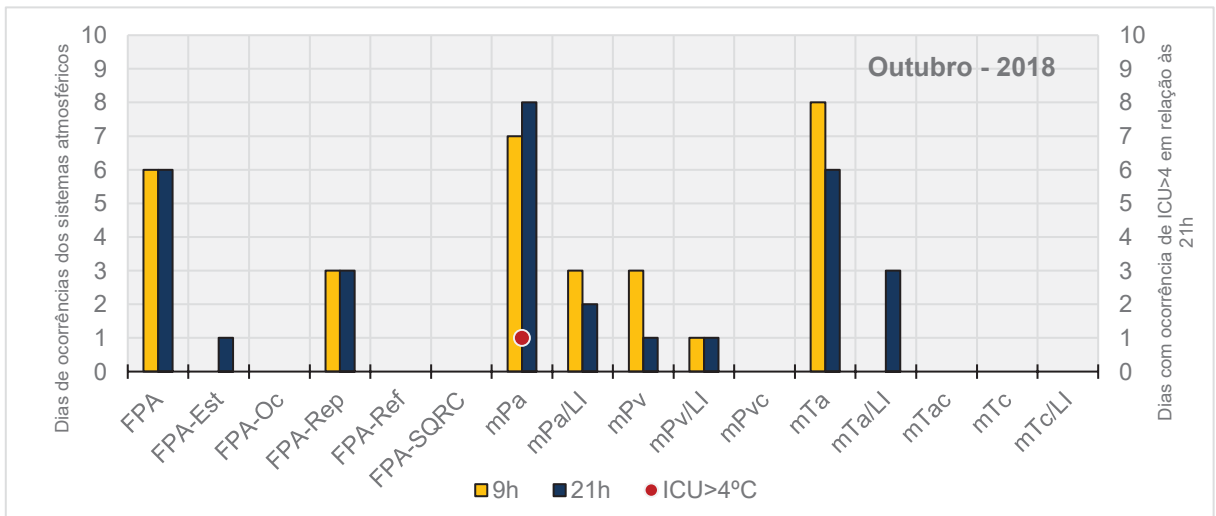
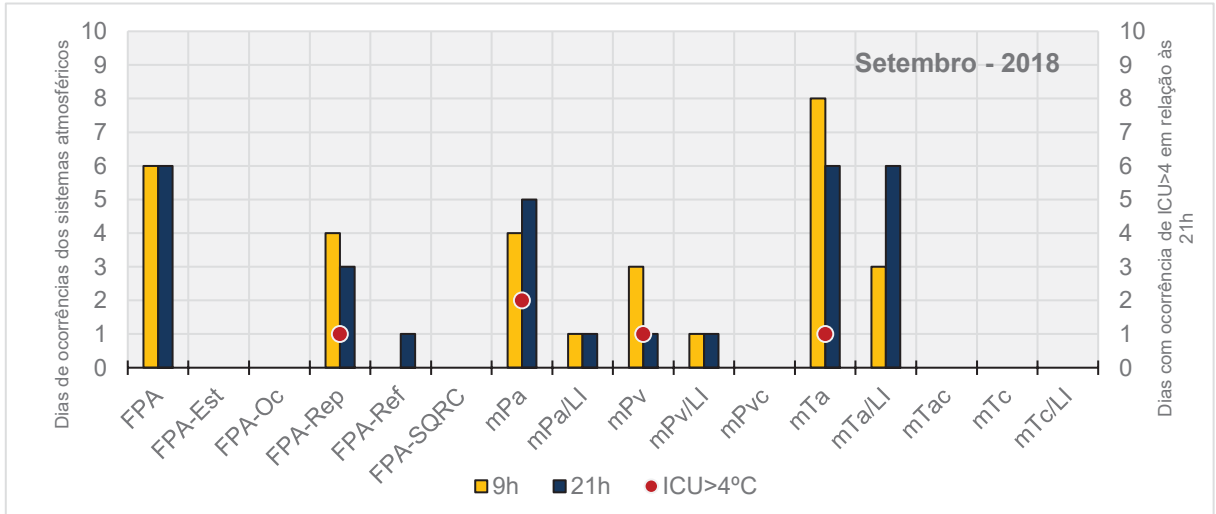
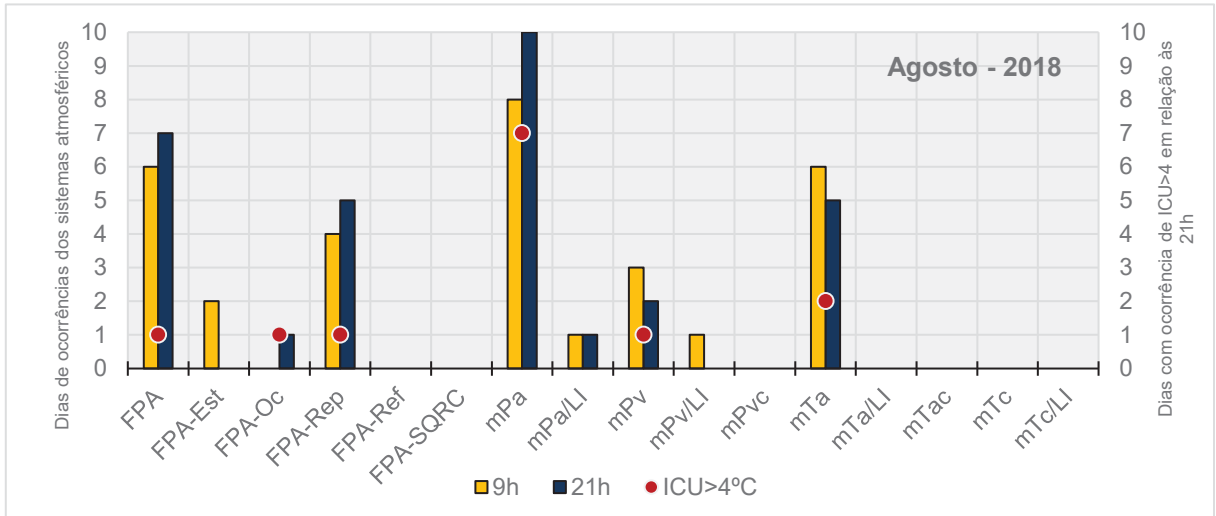


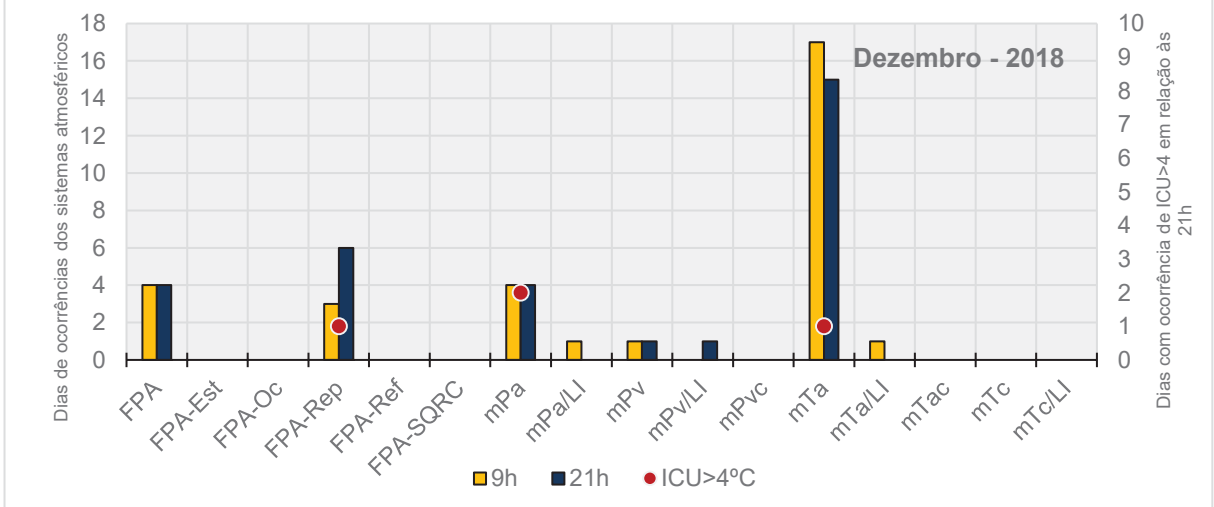
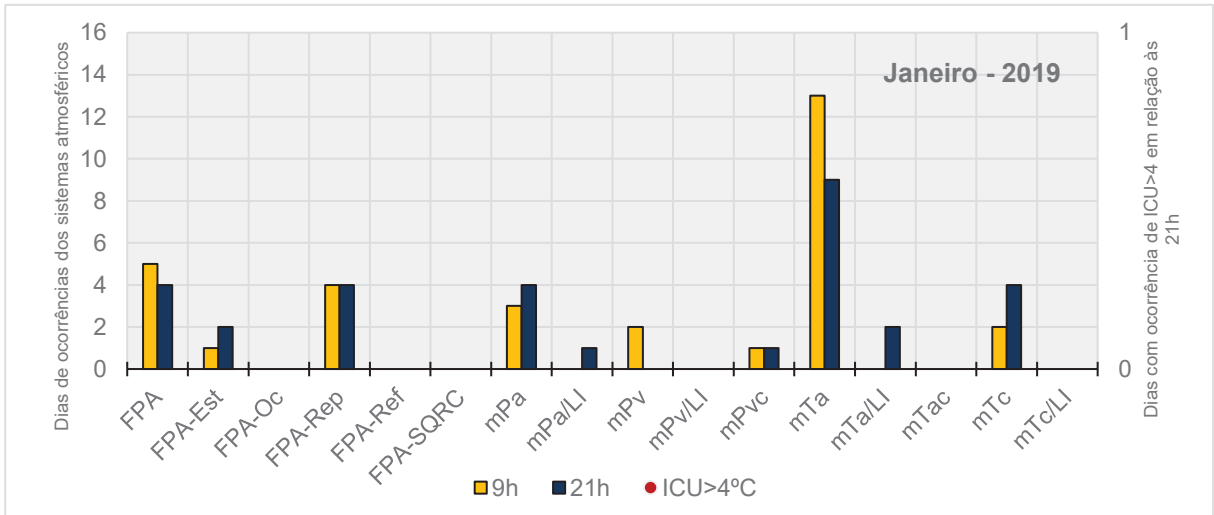
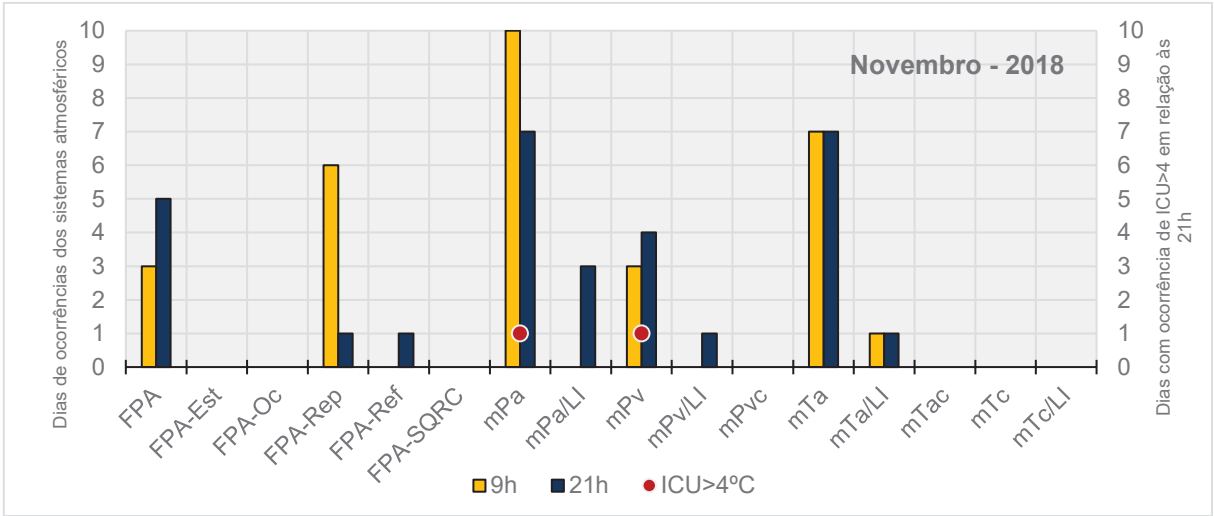
APÊNDICE C12 – ANÁLISE RÍTMICA DO MÊS DE JULHO DE 2019

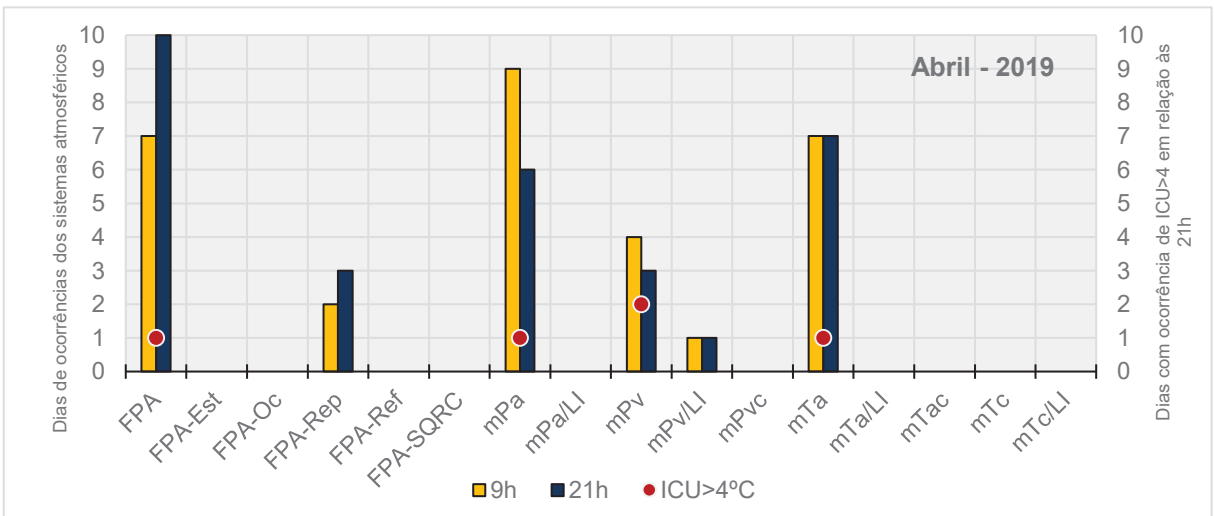
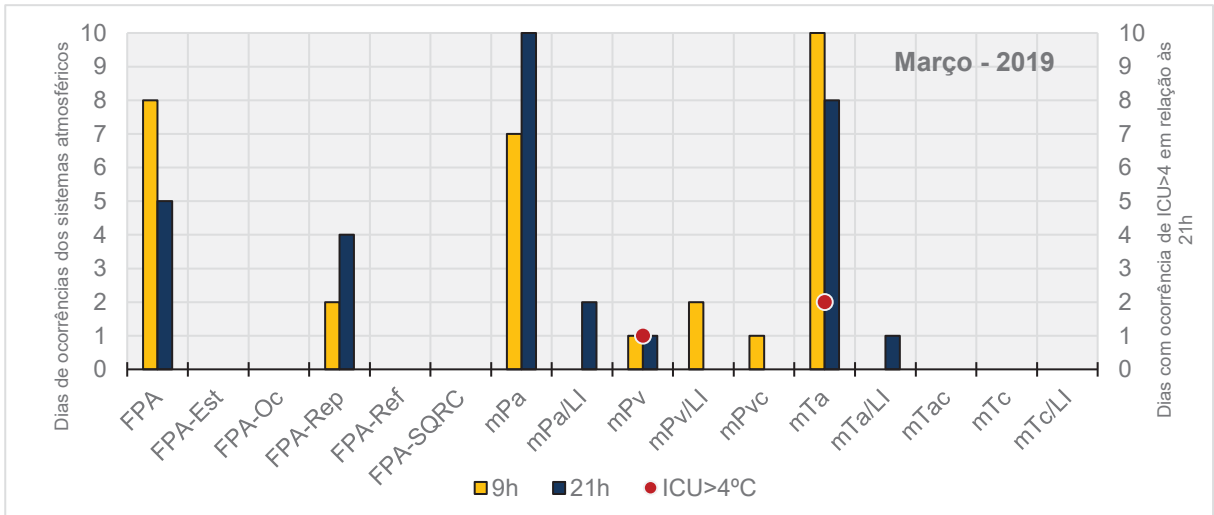
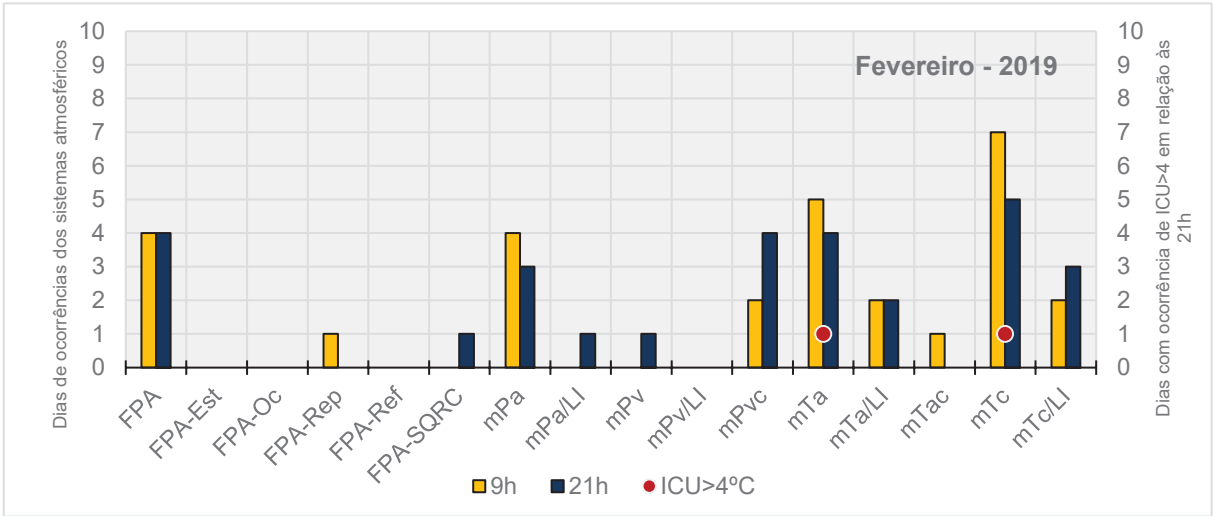


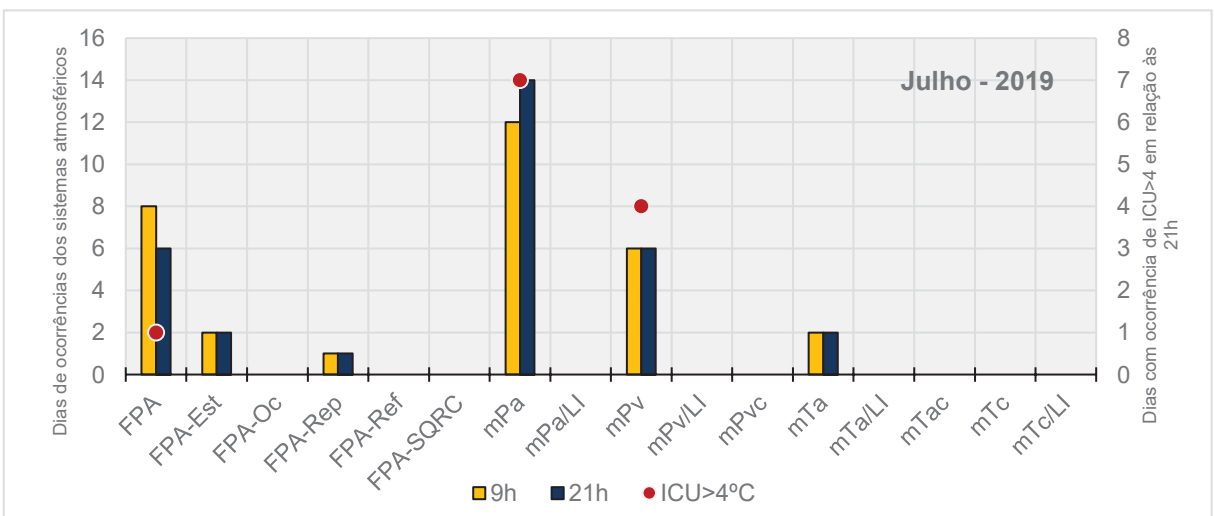
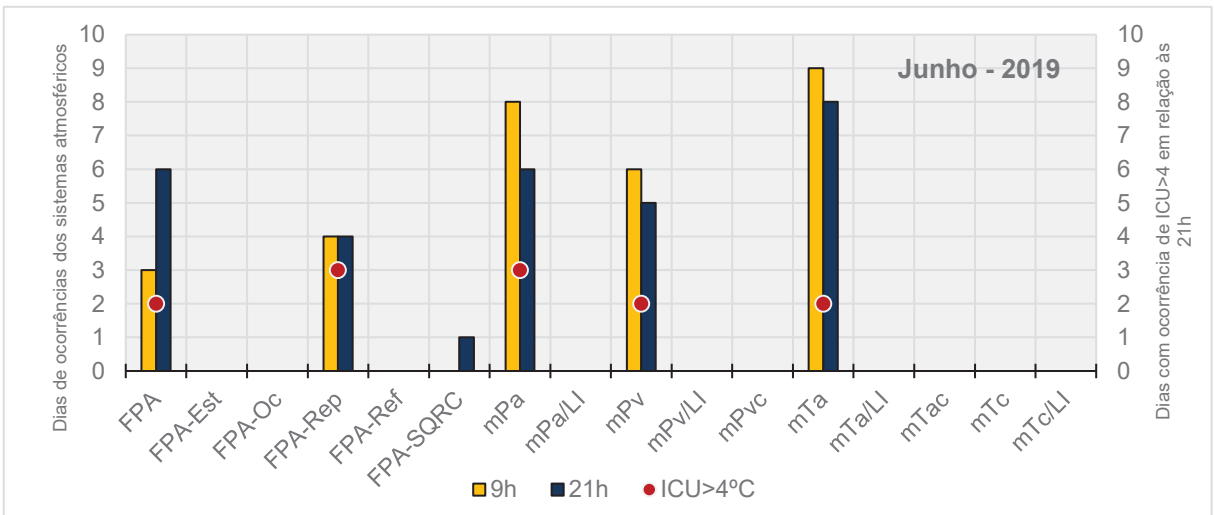
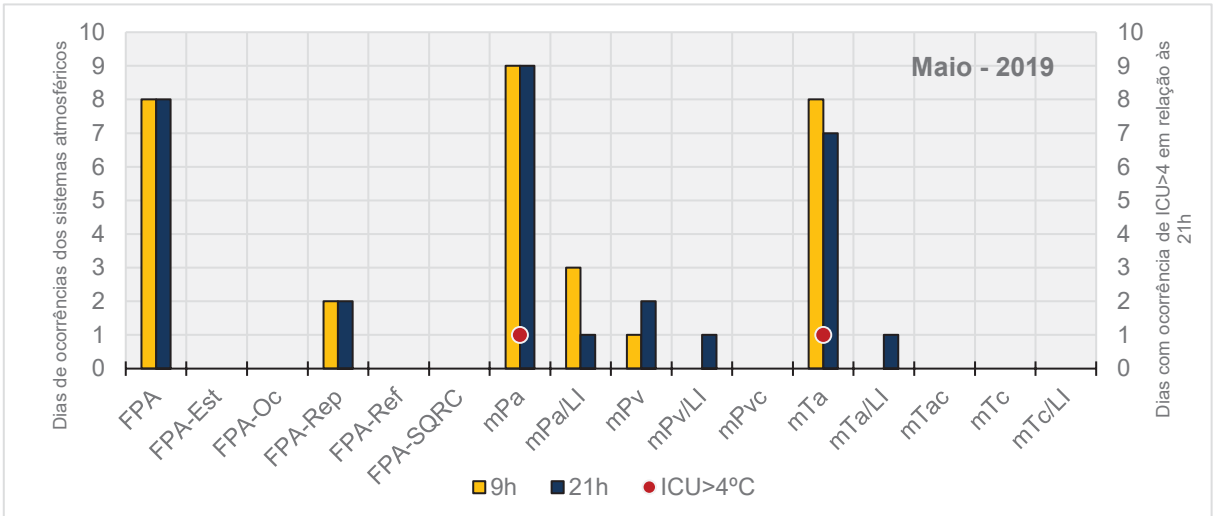
FONTE: Elaborado pela autora (2020)

APÊNDICE E – GRÁFICOS MENSAIS DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS E ICU>4°C









**APÊNDICE F – CLASSIFICAÇÃO DOS MESES/ANOS-PADRÃO DE 1980 A 2019 PARA
FLORIANÓPOLIS (ESTAÇÃO INMET – PC02)**

| | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Total |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1980 | 230.6 | 112.6 | 70.2 | 22.7 | 28.5 | 49.6 | 142.0 | 34.1 | 69.1 | 80.8 | 47.1 | 139.6 | 1026.9 |
| 1981 | 109.9 | 104.5 | 263.9 | 52.5 | 168.9 | 59.2 | 86.7 | 40.0 | 69.4 | 169.8 | 112.7 | 180.2 | 1417.7 |
| 1982 | 103.3 | 186.7 | 432.5 | 78.2 | 115.7 | 112.3 | 23.1 | 50.8 | 15.1 | 145.3 | 182.9 | 77.5 | 1523.4 |
| 1983 | 279.3 | 229.0 | 153.6 | 178.3 | 204.0 | 176.5 | 503.6 | 96.6 | 147.6 | 56.0 | 191.9 | 365.5 | 2581.9 |
| 1984 | 243.8 | 76.8 | 139.8 | 119.2 | 89.8 | 102.6 | 90.4 | 261.7 | 136.7 | 90.6 | 269.5 | 121.5 | 1742.4 |
| 1985 | 226.1 | 271.7 | 232.2 | 14.7 | 23.1 | 42.8 | 65.6 | 40.6 | 57.3 | 131.8 | 156.5 | 64.5 | 1326.9 |
| 1986 | 221.6 | 192.5 | 81.1 | 94.5 | 48.0 | 16.6 | 62.0 | 30.8 | 138.7 | 192.6 | 151.8 | 199.1 | 1429.4 |
| 1987 | 184.4 | 281.9 | 113.2 | 126.6 | 159.7 | 76.1 | 75.7 | 147.6 | 83.4 | 177.8 | 88.8 | 149.0 | 1664.1 |
| 1988 | 103.9 | 85.5 | 191.3 | 82.0 | 71.8 | 29.5 | 4.4 | 8.5 | 87.1 | 93.6 | 11.9 | 61.6 | 831.1 |
| 1989 | 365.7 | 177.2 | 125.5 | 108.4 | 164.7 | 38.8 | 61.3 | 24.3 | 170.9 | 66.3 | 49.0 | 144.5 | 1496.6 |
| 1990 | 270.4 | 283.6 | 154.2 | 195.7 | 64.7 | 80.1 | 175.8 | 117.7 | 142.9 | 174.9 | 143.5 | 145.5 | 1949.0 |
| 1991 | 159.4 | 140.0 | 104.4 | 71.8 | 58.8 | 109.3 | 18.7 | 103.8 | 36.7 | 138.1 | 373.3 | 166.2 | 1480.6 |
| 1992 | 243.3 | 138.1 | 240.0 | 36.4 | 200.2 | 69.5 | 143.6 | 122.6 | 64.6 | 36.1 | 136.3 | 50.1 | 1480.8 |
| 1993 | 247.2 | 206.0 | 136.9 | 122.9 | 105.0 | 69.3 | 185.6 | 12.7 | 229.4 | 123.6 | 23.2 | 182.0 | 1643.8 |
| 1994 | 111.7 | 438.4 | 244.0 | 133.6 | 221.9 | 82.2 | 117.8 | 12.6 | 18.4 | 109.2 | 134.5 | 231.3 | 1855.6 |
| 1995 | 367.6 | 247.2 | 239.3 | 36.4 | 5.7 | 103.8 | 56.0 | 60.2 | 106.2 | 138.2 | 115.8 | 563.2 | 2039.6 |
| 1996 | 206.8 | 247.7 | 249.7 | 49.7 | 7.4 | 153.8 | 108.9 | 91.6 | 222.9 | 103.3 | 62.3 | 163.7 | 1667.8 |
| 1997 | 625.0 | 227.0 | 50.0 | 109.5 | 46.7 | 38.2 | 87.1 | 55.9 | 181.9 | 339.0 | 233.6 | 180.0 | 2173.9 |
| 1998 | 305.6 | 186.3 | 135.7 | 155.6 | 72.6 | 79.2 | 90.1 | 226.3 | 255.7 | 147.7 | 131.6 | 114.7 | 1901.1 |
| 1999 | 260.9 | 218.3 | 75.9 | 94.1 | 51.0 | 116.5 | 161.5 | 27.7 | 89.4 | 230.1 | 231.3 | 94.3 | 1651.0 |
| 2000 | 271.0 | 315.0 | 155.5 | 74.5 | 30.6 | 88.0 | 27.8 | 33.7 | 159.1 | 164.4 | 95.3 | 164.6 | 1579.4 |
| 2001 | 221.0 | 343.8 | 161.2 | 93.0 | 193.4 | 76.2 | 94.2 | 44.9 | 41.0 | 259.1 | 141.3 | 76.8 | 1745.9 |
| 2002 | 229.9 | 116.4 | 117.2 | 207.4 | 88.0 | 35.8 | 98.8 | 110.6 | 86.5 | 173.8 | 133.6 | 180.8 | 1578.8 |
| 2003 | 113.5 | 78.2 | 126.1 | 75.4 | 46.3 | 84.2 | 23.3 | 10.0 | 109.8 | 111.3 | 108.5 | 255.9 | 1142.5 |
| 2004 | 375.3 | 196.0 | 207.8 | 127.8 | 204.2 | 92.5 | 83.1 | 28.5 | 127.8 | 134.7 | 130.1 | 260.6 | 1968.4 |
| 2005 | 211.9 | 238.1 | 134.0 | 164.3 | 202.0 | 31.0 | 76.0 | 163.6 | 307.1 | 202.7 | 89.0 | 90.6 | 1910.3 |
| 2006 | 183.2 | 174.2 | 67.8 | 68.1 | 49.2 | 35.2 | 41.4 | 56.5 | 44.0 | 95.9 | 242.4 | 83.7 | 1141.6 |
| 2007 | 87.3 | 140.1 | 213.7 | 41.2 | 142.0 | 6.9 | 174.3 | 89.7 | 137.0 | 147.8 | 102.8 | 141.4 | 1424.2 |
| 2008 | 354.9 | 436.8 | 243.0 | 207.8 | 71.9 | 68.6 | 8.9 | 60.7 | 230.4 | 286.5 | 614.9 | 304.5 | 2888.9 |
| 2009 | 216.7 | 141.8 | 219.6 | 314.2 | 81.8 | 33.9 | 114.9 | 127.8 | 219.1 | 100.7 | 121.3 | 112.5 | 1804.3 |
| 2010 | 223.0 | 174.1 | 267.2 | 123.5 | 443.0 | 85.4 | 96.2 | 67.0 | 156.4 | 134.0 | 156.3 | 114.7 | 2040.8 |
| 2011 | 296.4 | 284.8 | 284.9 | 52.3 | 111.8 | 81.0 | 125.1 | 371.9 | 256.6 | 79.7 | 87.5 | 228.1 | 2260.1 |
| 2012 | 353.5 | 72.7 | 110.4 | 80.7 | 118.0 | 140.8 | 161.9 | 60.7 | 64.2 | 107.4 | 103.4 | 86.8 | 1460.5 |
| 2013 | 92.4 | 197.2 | 324.9 | 167.2 | 54.0 | 121.4 | 0.8 | 130.6 | 224.4 | 65.7 | 107.9 | 90.9 | 1577.4 |
| 2014 | 201.8 | 124.7 | 129.0 | 106.1 | 85.5 | 244.7 | 55.3 | 90.2 | 153.3 | 138.9 | 22.3 | 200.7 | 1552.5 |
| 2015 | 189.6 | 300.1 | 148.6 | 67.5 | 203.1 | 90.7 | 131.6 | 73.9 | 261.3 | 295.4 | 165.1 | 230.9 | 2157.8 |
| 2016 | 242.9 | 229.4 | 281.4 | 104.9 | 73.5 | 42.9 | 117.5 | 77.6 | 112.9 | 177.9 | 47.4 | 252.8 | 1761.1 |
| 2017 | 200.7 | 133.4 | 226.4 | 105.3 | 231.7 | 108.5 | 9.4 | 116.3 | 104.1 | 100.0 | 102.5 | 189.0 | 1627.3 |
| 2018 | 315.2 | 116.6 | 121.3 | 63.4 | 46.4 | 58.0 | 110.9 | 80.6 | 198.0 | 124.6 | 109.0 | 130.6 | 1469.7 |
| 2019 | 225.8 | 256.6 | 82.6 | 87.2 | 156.6 | 56.2 | 47.0 | 25.0 | 47.1 | 115.2 | 133.5 | 74.1 | 1238.8 |

FONTE: Dados INMET (2021) – Baseado em Nascimento Jr. (2013)

| LEGENDA | Classificação | Quartil | Formatação condicional |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| | Extremamente seco - PES | Q = 0.10 | Valores menores ou iguais a PES |
| | Seco 10- 35 - OS | Q = 0.35 | Valores entre PES e OS |
| | Habitual - PH | - | Valores entre OS e PC |
| | Chuvoso - PC | Q = 0.65 | Valores entre PC e PEC |
| Extremamente chuvoso - PEC | Q = 0.9 | Valores maiores ou iguais PEC | |

APÊNDICE G – CLASSES DE USO DO SOLO UTILIZADAS NA MODELAGEM DA ICU NOS DIAS REPRESENTATIVOS

| | Data | Hora da ICU | IS de base | Classes | | | | |
|--|------------|-------------|------------|---------|---|---|---|------------------|
| | | | | 2 | 3 | 4 | 5 | Distância do mar |
| Período de maior precipitação | 05/09/2018 | 15h | 06/09/2018 | X | X | | X | X |
| | 05/09/2018 | 18h | 06/09/2018 | X | X | | X | X |
| | 05/09/2018 | 21h | 06/09/2018 | X | X | X | X | X |
| | 06/09/2018 | 0h | 06/09/2018 | X | | X | X | X |
| | 06/09/2018 | 3h | 06/09/2018 | X | | X | X | X |
| | 06/09/2018 | 6h | 06/09/2018 | X | | X | X | X |
| | 06/09/2018 | 9h | 06/09/2018 | X | | X | X | |
| | 06/09/2018 | 12h | 06/09/2018 | | X | X | X | X |
| Período de menor precipitação | 11/07/2019 | 15h | 07/07/2019 | | X | X | X | X |
| | 11/07/2019 | 18h | 07/07/2019 | X | | X | X | X |
| | 11/07/2019 | 21h | 07/07/2019 | X | | X | X | X |
| | 12/07/2019 | 0h | 07/07/2019 | X | | X | X | X |
| | 12/07/2019 | 3h | 07/07/2019 | X | | X | X | X |
| | 12/07/2019 | 6h | 07/07/2019 | X | | X | X | X |
| | 12/07/2019 | 9h | 07/07/2019 | X | | X | X | |
| | 12/07/2019 | 12h | 07/07/2019 | X | | X | X | X |
| Velocidade média diária do vento elevada | 09/08/2018 | 15h | 06/09/2018 | | X | X | | X |
| | 09/08/2018 | 18h | 06/09/2018 | X | | | X | X |
| | 09/08/2018 | 21h | 06/09/2018 | X | | | X | X |
| | 10/08/2018 | 0h | 06/09/2018 | | X | X | X | X |
| | 10/08/2018 | 3h | 06/09/2018 | X | | X | | X |
| | 10/08/2018 | 6h | 06/09/2018 | X | | X | | X |
| | 10/08/2018 | 9h | 06/09/2018 | | X | X | | X |
| | 10/08/2018 | 12h | 06/09/2018 | X | | X | | X |
| Maior estabilidade atmosférica noturna | 06/08/2018 | 15h | 06/09/2018 | | X | X | X | X |
| | 06/08/2018 | 18h | 06/09/2018 | | X | X | X | X |
| | 06/08/2018 | 21h | 06/09/2018 | X | X | X | X | X |
| | 07/08/2018 | 0h | 06/09/2018 | X | X | X | X | X |
| | 07/08/2018 | 3h | 06/09/2018 | X | X | X | X | X |
| | 07/08/2018 | 6h | 06/09/2018 | X | X | X | X | X |
| | 07/08/2018 | 9h | 06/09/2018 | X | | X | X | |
| | 07/08/2018 | 12h | 06/09/2018 | X | | X | X | X |

| Menor estabilidade atmosférica noturna | Data | Hora da ICU | IS de base | Classes | | | | |
|--|------|-------------|------------|------------|-----|------------|---|------------------|
| | | | | 2 | 3 | 4 | 5 | Distância do mar |
| | | | | 21/06/2019 | 15h | 07/07/2019 | X | |
| 21/06/2019 | 18h | 07/07/2019 | X | | X | X | X | |
| 21/06/2019 | 21h | 07/07/2019 | X | X | | X | X | |
| 22/06/2019 | 0h | 07/07/2019 | X | | X | X | X | |
| 22/06/2019 | 3h | 07/07/2019 | X | | | X | | |
| 22/06/2019 | 6h | 07/07/2019 | X | | | X | X | |
| 22/06/2019 | 9h | 07/07/2019 | X | | X | | X | |
| 22/06/2019 | 12h | 07/07/2019 | X | | X | X | X | |

| Domínio de mPa | Data | Hora da ICU | IS de base | Classes | | | | |
|----------------|------|-------------|------------|------------|-----|------------|---|------------------|
| | | | | 2 | 3 | 4 | 5 | Distância do mar |
| | | | | 08/07/2019 | 15h | 07/07/2019 | X | |
| 08/07/2019 | 18h | 07/07/2019 | X | | | X | X | |
| 08/07/2019 | 21h | 07/07/2019 | X | | X | X | X | |
| 09/07/2019 | 0h | 07/07/2019 | X | | X | X | X | |
| 09/07/2019 | 3h | 07/07/2019 | X | | X | X | X | |
| 09/07/2019 | 6h | 07/07/2019 | X | | | X | X | |
| 09/07/2019 | 9h | 07/07/2019 | X | | X | X | | |
| 09/07/2019 | 12h | 07/07/2019 | | X | X | | X | |

| Domínio de mTa | Data | Hora da ICU | IS de base | Classes | | | | |
|----------------|------|-------------|------------|------------|-----|------------|---|------------------|
| | | | | 2 | 3 | 4 | 5 | Distância do mar |
| | | | | 13/08/2018 | 15h | 06/09/2018 | X | |
| 13/08/2018 | 18h | 06/09/2018 | X | | X | X | | |
| 13/08/2018 | 21h | 06/09/2018 | X | | X | X | X | |
| 14/08/2018 | 0h | 06/09/2018 | X | | X | X | X | |
| 14/08/2018 | 3h | 06/09/2018 | X | | X | X | X | |
| 14/08/2018 | 6h | 06/09/2018 | X | | X | | X | |
| 14/08/2018 | 9h | 06/09/2018 | | | X | X | X | |
| 14/08/2018 | 12h | 06/09/2018 | | X | | X | X | |

| Domínio de FPA | Data | Hora da ICU | IS de base | Classes | | | | |
|----------------|------|-------------|------------|------------|-----|------------|---|------------------|
| | | | | 2 | 3 | 4 | 5 | Distância do mar |
| | | | | 19/06/2019 | 15h | 07/07/2019 | X | X |
| 19/06/2019 | 18h | 07/07/2019 | X | | | X | X | |
| 19/06/2019 | 21h | 07/07/2019 | X | X | | X | X | |
| 20/06/2019 | 0h | 07/07/2019 | X | X | | X | X | |
| 20/06/2019 | 3h | 07/07/2019 | X | X | | X | X | |
| 20/06/2019 | 6h | 07/07/2019 | X | X | X | X | X | |
| 20/06/2019 | 9h | 07/07/2019 | X | | X | X | | |
| 20/06/2019 | 12h | 07/07/2019 | | X | X | X | X | |

APÊNDICE H – RESULTADOS DAS REGRESSÕES MÚLTIPLAS

APÊNDICE H1 – RESULTADOS DA REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA O PERÍODO DE MAIOR
PRECIPITAÇÃO – DATA INICIAL 05/09/2018

APÊNDICE H2 – RESULTADOS DA REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA O PERÍODO DE MENOR
PRECIPITAÇÃO – DATA INICIAL 11/07/2019

APÊNDICE H3 – RESULTADOS DA REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA DIA DE VELOCIDADE DO
VENTO FORTE – DATA INICIAL 09/08/2018

APÊNDICE H4 – RESULTADOS DA REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA MAIOR ESTABILIDADE
ATMOSFÉRICA NOTURNA – DATA INICIAL 06/08/2018

APÊNDICE H5 – RESULTADOS DA REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA MENOR ESTABILIDADE
ATMOSFÉRICA NOTURNA – DATA INICIAL 21/06/2019

APÊNDICE H6 – RESULTADOS DA REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA DOMÍNIO DE MPA – DATA
INICIAL 08/07/2019

APÊNDICE H7 – RESULTADOS DA REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA DOMÍNIO DE MTA – DATA
INICIAL 13/08/2018

APÊNDICE H8 – RESULTADOS DA REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA DOMÍNIO DE FPA – DATA
INICIAL 19/06/2019

APÊNDICE G1 – RESULTADOS DA REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA O PERÍODO DE MAIOR PRECIPITAÇÃO – DATA INICIAL 05/09/2018

15h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0509-15h = 0.2269 - 0.0115 \cdot \text{classe2_7x7} - 0.1990 \cdot \text{classe3_21x21} + 0.1131 \cdot \text{classe5_5x5} + 0.0006 \cdot \text{distanctat-0509}$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.793275 Apparent R square = 0.629285
 Adjusted R = 0.685862 Adjusted R square = 0.470407
 F (4, 6) = 2.546231

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 2.65 | 0.66 |
| Residual | 6 | 1.56 | 0.26 |
| Total | 10 | 4.21 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (6) |
|-----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 0.226872 | 0.423864 |
| classe2_7x7 | -0.011522 | -0.678045 |
| classe3_21x21 | -0.198968 | -2.414232 |
| classe5_5x5 | 0.113050 | 1.232926 |
| distanctat-0509 | 0.000589 | 2.416620 |

18h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0509-18h = 2.5743 - 0.0336 \cdot \text{classe2_21x21} - 0.1987 \cdot \text{classe3_21x21} + 0.0686 \cdot \text{classe5_9x9} - 0.0002 \cdot \text{distanctat-0509}$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.945728 Apparent R square = 0.894401
 Adjusted R = 0.921491 Adjusted R square = 0.849145
 F (4, 6) = 12.704732

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 7.33 | 1.83 |
| Residual | 6 | 0.87 | 0.14 |
| Total | 10 | 8.20 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (6) |
|-----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 2.574336 | 5.942661 |
| classe2_21x21 | -0.033608 | -1.223534 |
| classe3_21x21 | -0.198696 | -3.291425 |
| classe5_9x9 | 0.068645 | 0.771505 |
| distanctat-0509 | -0.000211 | -1.143861 |

21h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0509-21h = 5.8993 - 0.1728 \cdot \text{classe2_21x21} - 0.1694 \cdot \text{classe3_21x21} + 0.0033 \cdot \text{classe4_21x21} - 0.0005 \cdot \text{distanctat-0509} - 0.0151 \cdot \text{classe5_13x13}$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.826508 Apparent R square = 0.683116
 Adjusted R = 0.686920 Adjusted R square = 0.471860
 F (5, 5) = 2.155726

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 5 | 17.28 | 3.46 |
| Residual | 5 | 8.02 | 1.60 |
| Total | 10 | 25.30 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (5) |
|-----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 5.899276 | 1.122886 |
| classe2_21x21 | -0.172827 | -0.679945 |
| classe3_21x21 | -0.169387 | -0.571550 |
| classe4_21x21 | 0.003308 | 0.013642 |
| distanctat-0509 | -0.000532 | -0.857042 |
| classe5_13x13 | -0.015090 | -0.024797 |

06/09 0h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0609-0h = 6.2410 - 0.3351 \cdot \text{classe2_21x21} - 0.0721 \cdot \text{classe4_21x21} - 0.0006 \cdot \text{distanctat-0509} - 0.0341 \cdot \text{classe5_21x21}$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.925612 Apparent R square = 0.856757
 Adjusted R = 0.891834 Adjusted R square = 0.795367
 F (4, 6) = 8.971720

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 22.30 | 5.58 |
| Residual | 6 | 3.73 | 0.62 |
| Total | 10 | 26.03 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (6) |
|-----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 6.241039 | 4.380341 |
| classe2_21x21 | -0.335073 | -3.543950 |
| classe4_21x21 | -0.072092 | -0.834676 |
| distanctat-0509 | -0.000563 | -1.760616 |
| classe5_21x21 | -0.034085 | -0.158492 |

03h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0609-3h = 6.9656 - 0.3611 \cdot \text{classe2_21x21} - 0.1146 \cdot \text{classe4_13x13} - 0.0007 \cdot \text{distanciati-0509} + 0.0073 \cdot \text{classe5_21x21}$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.901951 Apparent R square = 0.813516
 Adjusted R = 0.856501 Adjusted R square = 0.733594
 F (4, 6) = 6.543565

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 25.13 | 6.28 |
| Residual | 6 | 5.76 | 0.96 |
| Total | 10 | 30.88 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (6) |
|------------------|-------------|--------------|
| Intercept | 6.965614 | 3.862573 |
| classe2_21x21 | -0.361100 | -3.017318 |
| classe4_13x13 | -0.114569 | -1.086960 |
| distanciati-0509 | -0.000701 | -1.711352 |
| classe5_21x21 | 0.007321 | 0.026186 |

06h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0609-6h = 8.0987 - 0.4439 \cdot \text{classe2_21x21} - 0.1489 \cdot \text{classe4_13x13} - 0.0007 \cdot \text{distanciati-0509} - 0.0968 \cdot \text{classe5_21x21}$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.870302 Apparent R square = 0.757426
 Adjusted R = 0.808372 Adjusted R square = 0.653465
 F (4, 6) = 4.683676

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 30.67 | 7.67 |
| Residual | 6 | 9.82 | 1.64 |
| Total | 10 | 40.49 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (6) |
|------------------|-------------|--------------|
| Intercept | 8.098690 | 3.438799 |
| classe2_21x21 | -0.443913 | -2.840313 |
| classe4_13x13 | -0.148894 | -1.081673 |
| distanciati-0509 | -0.000715 | -1.337147 |
| classe5_21x21 | -0.096752 | -0.264993 |

09h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0609-9h = 2.2241 - 0.1596 \cdot \text{classe2_21x21} - 0.0184 \cdot \text{classe4_21x21} + 0.2499 \cdot \text{classe5_5x5}$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.609593 Apparent R square = 0.371604
 Adjusted R = 0.463147 Adjusted R square = 0.214505
 F (3, 7) = 1.379825

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 9.74 | 3.25 |
| Residual | 7 | 16.47 | 2.35 |
| Total | 10 | 26.22 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (7) |
|---------------|-------------|--------------|
| Intercept | 2.224085 | 0.842720 |
| classe2_21x21 | -0.159562 | -0.765490 |
| classe4_21x21 | -0.018425 | -0.093020 |
| classe5_5x5 | 0.249925 | 0.826662 |

12h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0609-12h = -1.2917 + 0.0549 \cdot \text{classe3_21x21} + 0.0383 \cdot \text{classe4_21x21} + 0.0316 \cdot \text{classe5_5x5} + 0.0003 \cdot \text{distanciati-0509}$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.793986 Apparent R square = 0.630414
 Adjusted R = 0.687038 Adjusted R square = 0.472021
 F (4, 6) = 2.558600

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 1.78 | 0.45 |
| Residual | 6 | 1.04 | 0.17 |
| Total | 10 | 2.82 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (6) |
|------------------|-------------|--------------|
| Intercept | -1.291702 | -2.072537 |
| classe3_21x21 | 0.054857 | 0.804491 |
| classe4_21x21 | 0.038284 | 1.222518 |
| classe5_5x5 | 0.031567 | 0.377818 |
| distanciati-0509 | 0.000348 | 1.753974 |

APÊNDICE G2 – RESULTADOS DA REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA O PERÍODO DE MENOR PRECIPITAÇÃO – DATA INICIAL 11/07/2019

15h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$1107_15h = -4.1466 + 0.0014*1107_distancia + 0.0170*classe3_5x5 + 0.0811*classe4_5x5 + 0.0435*classe5_21x21$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.860383 Apparent R square = 0.740259
 Adjusted R = 0.808504 Adjusted R square = 0.653679
 F (4, 8) = 5.699993

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 20.36 | 5.09 |
| Residual | 8 | 7.14 | 0.89 |
| Total | 12 | 27.50 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (8) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | -4.146585 | -4.664164 |
| 1107_distancia | 0.001369 | 4.049939 |
| classe3_5x5 | 0.017038 | 0.256269 |
| classe4_5x5 | 0.081145 | 1.328288 |
| classe5_21x21 | 0.043455 | 0.399517 |

18h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$1107_18h = 2.4895 - 0.0007*1107_distancia + 0.0701*classe4_17x17 + 0.0375*classe5_7x7 - 0.0887*classe2_13x13$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.686570 Apparent R square = 0.471379
 Adjusted R = 0.543297 Adjusted R square = 0.295172
 F (4, 8) = 1.783427

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 12.64 | 3.16 |
| Residual | 8 | 14.18 | 1.77 |
| Total | 12 | 26.82 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (8) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 2.489468 | 1.185792 |
| 1107_distancia | -0.000659 | -1.441793 |
| classe4_17x17 | 0.070149 | 0.484686 |
| classe5_7x7 | 0.037546 | 0.390691 |
| classe2_13x13 | -0.088657 | -0.620454 |

21h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$1107_21h = 4.6979 - 0.0006*1107_distancia + 0.0448*classe4_21x21 + 0.1466*classe5_21x21 - 0.2855*classe2_21x21$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.911135 Apparent R square = 0.830167
 Adjusted R = 0.879520 Adjusted R square = 0.773556
 F (4, 8) = 9.776263

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 35.76 | 8.94 |
| Residual | 8 | 7.32 | 0.91 |
| Total | 12 | 43.08 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (8) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 4.697907 | 3.109700 |
| 1107_distancia | -0.000581 | -1.816162 |
| classe4_21x21 | 0.044809 | 0.423141 |
| classe5_21x21 | 0.146585 | 1.208343 |
| classe2_21x21 | -0.285493 | -2.643254 |

12/07 0h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$1207_0h = 6.8983 - 0.0006*1107_distancia - 0.0194*classe4_21x21 + 0.0622*classe5_21x21 - 0.4195*classe2_21x21$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.951269 Apparent R square = 0.904913
 Adjusted R = 0.934461 Adjusted R square = 0.873218
 F (4, 8) = 19.033411

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 47.57 | 11.89 |
| Residual | 8 | 5.00 | 0.62 |
| Total | 12 | 52.57 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (8) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 6.898347 | 5.524197 |
| 1107_distancia | -0.000633 | -2.393854 |
| classe4_21x21 | -0.019420 | -0.221861 |
| classe5_21x21 | 0.062161 | 0.619911 |
| classe2_21x21 | -0.419502 | -4.698801 |

Multiple Regression Results: 03h

Regression Equation :

$$1207_3h = 6.7150 - 0.0006 \cdot 1107_distancia + 0.0094 \cdot classe4_21x21 + 0.1077 \cdot classe5_5x5 - 0.4024 \cdot classe2_21x21$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.941608 Apparent R square = 0.886626
 Adjusted R = 0.921322 Adjusted R square = 0.848835
 F (4, 8) = 15.640788

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 50.37 | 12.59 |
| Residual | 8 | 6.44 | 0.81 |
| Total | 12 | 56.81 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (8) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 6.715047 | 4.626375 |
| 1107_distancia | -0.000647 | -1.934995 |
| classe4_21x21 | 0.009371 | 0.092847 |
| classe5_5x5 | 0.107667 | 0.873865 |
| classe2_21x21 | -0.402435 | -4.205131 |

Multiple Regression Results: 06h

Regression Equation :

$$1207_6h = 6.7163 - 0.0006 \cdot 1107_distancia - 0.0178 \cdot classe4_21x21 + 0.1302 \cdot classe5_13x13 - 0.4071 \cdot classe2_21x21$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.926336 Apparent R square = 0.858098
 Adjusted R = 0.900443 Adjusted R square = 0.810797
 F (4, 8) = 12.094231

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 49.79 | 12.45 |
| Residual | 8 | 8.23 | 1.03 |
| Total | 12 | 58.02 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (8) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 6.716350 | 4.073191 |
| 1107_distancia | -0.000602 | -1.751503 |
| classe4_21x21 | -0.017820 | -0.156231 |
| classe5_13x13 | 0.130193 | 0.943538 |
| classe2_21x21 | -0.407106 | -3.523762 |

Multiple Regression Results: 09h

Regression Equation :

$$1207_9h = 1.8963 + 0.1072 \cdot classe4_21x21 + 0.1797 \cdot classe5_5x5 - 0.1461 \cdot classe2_7x7$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.758707 Apparent R square = 0.575636
 Adjusted R = 0.700545 Adjusted R square = 0.490763
 F (3, 9) = 4.069401

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 31.35 | 10.45 |
| Residual | 9 | 23.11 | 2.57 |
| Total | 12 | 54.46 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (9) |
|---------------|-------------|--------------|
| Intercept | 1.896300 | 0.746376 |
| classe4_21x21 | 0.107200 | 0.560905 |
| classe5_5x5 | 0.179681 | 0.927686 |
| classe2_7x7 | -0.146135 | -1.648483 |

Multiple Regression Results: 12h

Regression Equation :

$$1207_12h = -3.2190 + 0.2191 \cdot classe4_21x21 - 0.0590 \cdot classe5_7x7 - 0.0863 \cdot classe2_5x5 + 0.0011 \cdot 1107_distancia$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.821176 Apparent R square = 0.674330
 Adjusted R = 0.752179 Adjusted R square = 0.565774
 F (4, 8) = 4.141193

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 23.88 | 5.97 |
| Residual | 8 | 11.53 | 1.44 |
| Total | 12 | 35.42 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (8) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | -3.218978 | -1.577090 |
| classe4_21x21 | 0.219077 | 1.538267 |
| classe5_7x7 | -0.059002 | -0.671385 |
| classe2_5x5 | -0.086269 | -0.684281 |
| 1107_distancia | 0.001075 | 2.625068 |

APÊNDICE G3 – RESULTADOS DA REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA DIA DE VELOCIDADE DO VENTO FORTE – DATA INICIAL 09/08/2018

15h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0908-15h = 0.8728 + 0.0000*distancia-0908 - 0.0242*classe3_5x5 + 0.0341*classe4_5x5$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.659967 Apparent R square = 0.435557
 Adjusted R = 0.542628 Adjusted R square = 0.294446
 F (3, 7) = 1.800532

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 0.74 | 0.25 |
| Residual | 7 | 0.96 | 0.14 |
| Total | 10 | 1.70 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (7) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 0.872769 | 2.830935 |
| distancia-0908 | 0.000003 | 0.016878 |
| classe3_5x5 | -0.024196 | -0.811539 |
| classe4_5x5 | 0.034093 | 1.602353 |

18h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0908-18h = 1.3209 - 0.0001*distancia-0908 - 0.0473*classe2_21x21 + 0.0521*classe5_9x9$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.801673 Apparent R square = 0.642679
 Adjusted R = 0.743875 Adjusted R square = 0.553349
 F (3, 7) = 4.196752

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 1.13 | 0.38 |
| Residual | 7 | 0.63 | 0.09 |
| Total | 10 | 1.76 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (7) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 1.320897 | 5.555670 |
| distancia-0908 | -0.000136 | -1.128490 |
| classe2_21x21 | -0.047300 | -2.221798 |
| classe5_9x9 | 0.052102 | 0.773018 |

21h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0908-21h = 0.7918 - 0.0001*distancia-0908 - 0.0290*classe2_21x21 + 0.0757*classe5_9x9$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.784098 Apparent R square = 0.614810
 Adjusted R = 0.720078 Adjusted R square = 0.518513
 F (3, 7) = 3.724288

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 0.71 | 0.24 |
| Residual | 7 | 0.45 | 0.06 |
| Total | 10 | 1.16 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (7) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 0.791846 | 3.948032 |
| distancia-0908 | -0.000085 | -0.833523 |
| classe2_21x21 | -0.028967 | -1.612935 |
| classe5_9x9 | 0.075706 | 1.331497 |

10/08 0h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$1008-0h = 0.9118 + 0.0000*distancia-0908 - 0.0309*classe3_21x21 + 0.1476*classe5_5x5 + 0.0605*classe4_21x21$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.637625 Apparent R square = 0.406566
 Adjusted R = 0.390176 Adjusted R square = 0.152237
 F (4, 6) = 1.027662

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 1.71 | 0.43 |
| Residual | 6 | 2.50 | 0.42 |
| Total | 10 | 4.21 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (6) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 0.911758 | 0.945797 |
| distancia-0908 | 0.000049 | 0.160581 |
| classe3_21x21 | -0.030893 | -0.292907 |
| classe5_5x5 | 0.147610 | 1.142212 |
| classe4_21x21 | 0.060478 | 1.248555 |

03h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$1008-3h = 5.1395 - 0.0005*distancia-0908 - 0.1611*classe2_21x21 - 0.0053*classe4_21x21$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.691575 Apparent R square = 0.478276
 Adjusted R = 0.589784 Adjusted R square = 0.347845
 F (3, 7) = 2.139020

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 8.90 | 2.97 |
| Residual | 7 | 9.71 | 1.39 |
| Total | 10 | 18.62 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (7) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 5.139486 | 3.499285 |
| distancia-0908 | -0.000475 | -1.221925 |
| classe2_21x21 | -0.161060 | -1.323947 |
| classe4_21x21 | -0.005301 | -0.046186 |

06h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$1008-6h = 7.5039 - 0.0005*distancia-0908 - 0.2500*classe2_21x21 + 0.0302*classe4_21x21$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.705047 Apparent R square = 0.497092
 Adjusted R = 0.609397 Adjusted R square = 0.371365
 F (3, 7) = 2.306349

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 22.10 | 7.37 |
| Residual | 7 | 22.36 | 3.19 |
| Total | 10 | 44.45 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (7) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 7.503853 | 3.367708 |
| distancia-0908 | -0.000550 | -0.931126 |
| classe2_21x21 | -0.249954 | -1.354355 |
| classe4_21x21 | 0.030208 | 0.173472 |

09h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$1008-9h = -0.4287 + 0.0009*distancia-0908 - 0.1035*classe3_21x21 + 0.0066*classe4_5x5$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.728137 Apparent R square = 0.530184
 Adjusted R = 0.642440 Adjusted R square = 0.412730
 F (3, 7) = 2.633147

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 4.80 | 1.60 |
| Residual | 7 | 4.25 | 0.61 |
| Total | 10 | 9.05 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (7) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | -0.428742 | -0.576963 |
| distancia-0908 | 0.000898 | 2.505500 |
| classe3_21x21 | -0.103516 | -0.877621 |
| classe4_5x5 | 0.006638 | 0.150705 |

12h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$1008-12h = -1.8710 + 0.0005*distancia-0908 + 0.0344*classe2_7x7 - 0.0251*classe4_5x5$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.724279 Apparent R square = 0.524580
 Adjusted R = 0.636965 Adjusted R square = 0.405724
 F (3, 7) = 2.574603

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 5.26 | 1.75 |
| Residual | 7 | 4.77 | 0.68 |
| Total | 10 | 10.03 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (7) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | -1.870993 | -2.361994 |
| distancia-0908 | 0.000484 | 1.733041 |
| classe2_7x7 | 0.034426 | 1.009152 |
| classe4_5x5 | -0.025093 | -0.419010 |

APÊNDICE G4 – RESULTADOS DA REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA MAIOR ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA NOTURNA – DATA INICIAL 06/08/2018

15h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0608-15h = -0.0484 + 0.0002*distancia-0608 - 0.1128*classe3_21x21 - 0.0058*classe4_5x5 + 0.2393*classe5_5x5$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.892783 Apparent R square = 0.797061
 Adjusted R = 0.842667 Adjusted R square = 0.710088
 F (4, 6) = 5.891398

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 3.91 | 0.98 |
| Residual | 6 | 0.99 | 0.17 |
| Total | 10 | 4.90 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (6) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | -0.048443 | -0.090588 |
| distancia-0608 | 0.000240 | 1.201742 |
| classe3_21x21 | -0.112812 | -1.740121 |
| classe4_5x5 | -0.005844 | -0.232163 |
| classe5_5x5 | 0.239284 | 3.038315 |

18h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0608-18h = 2.0116 - 0.0004*distancia-0608 - 0.1140*classe3_21x21 + 0.0292*classe4_21x21 + 0.0633*classe5_9x9$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.942431 Apparent R square = 0.888176
 Adjusted R = 0.916653 Adjusted R square = 0.840252
 F (4, 6) = 11.913983

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 5.45 | 1.36 |
| Residual | 6 | 0.69 | 0.11 |
| Total | 10 | 6.14 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (6) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 2.011570 | 3.889702 |
| distancia-0608 | -0.000351 | -2.113538 |
| classe3_21x21 | -0.113993 | -2.093760 |
| classe4_21x21 | 0.029204 | 1.187717 |
| classe5_9x9 | 0.063329 | 0.750288 |

21h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0608-21h = 4.8850 - 0.0007*distancia-0608 - 0.1162*classe2_21x21 - 0.1631*classe3_21x21 + 0.0644*classe4_21x21 + 0.0333*classe5_21x21$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.909235 Apparent R square = 0.826708
 Adjusted R = 0.843315 Adjusted R square = 0.711179
 F (5, 5) = 4.770594

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 5 | 21.36 | 4.27 |
| Residual | 5 | 4.48 | 0.90 |
| Total | 10 | 25.84 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (5) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 4.884961 | 1.888316 |
| distancia-0608 | -0.000663 | -1.454305 |
| classe2_21x21 | -0.116198 | -0.847712 |
| classe3_21x21 | -0.163068 | -0.906674 |
| classe4_21x21 | 0.064435 | 0.519098 |
| classe5_21x21 | 0.033280 | 0.110155 |

07/08 0h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0708-0h = 4.1829 - 0.0004*distancia-0608 - 0.1752*classe2_21x21 - 0.1192*classe3_21x21 + 0.0481*classe4_21x21 + 0.3559*classe5_21x21$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.969063 Apparent R square = 0.939083
 Adjusted R = 0.947877 Adjusted R square = 0.898472
 F (5, 5) = 15.415773

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 5 | 28.22 | 5.64 |
| Residual | 5 | 1.83 | 0.37 |
| Total | 10 | 30.05 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (5) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 4.182935 | 2.528943 |
| distancia-0608 | -0.000400 | -1.371968 |
| classe2_21x21 | -0.175180 | -1.998848 |
| classe3_21x21 | -0.119199 | -1.036572 |
| classe4_21x21 | 0.048066 | 0.605638 |
| classe5_21x21 | 0.355918 | 1.842519 |

03h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0708-3h = 2.8599 - 0.0012 * distancia-0608 - 0.1225 * classe2_21x21 + 0.2369 * classe3_21x21 + 0.1604 * classe4_21x21 + 0.3743 * classe5_21x21$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.982734 Apparent R square = 0.965766
 Adjusted R = 0.971053 Adjusted R square = 0.942944
 F (5, 5) = 28.210909

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 5 | 36.44 | 7.29 |
| Residual | 5 | 1.29 | 0.26 |
| Total | 10 | 37.73 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (5) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 2.859925 | 2.058593 |
| distancia-0608 | -0.001200 | -4.906167 |
| classe2_21x21 | -0.122450 | -1.663462 |
| classe3_21x21 | 0.236868 | 2.452396 |
| classe4_21x21 | 0.160435 | 2.406740 |
| classe5_21x21 | 0.374339 | 2.307202 |

06h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0708-6h = 4.3414 - 0.0011 * distancia-0608 - 0.1750 * classe2_21x21 + 0.1349 * classe3_21x21 + 0.0989 * classe4_21x21 + 0.2597 * classe5_21x21$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.967832 Apparent R square = 0.936699
 Adjusted R = 0.945780 Adjusted R square = 0.894499
 F (5, 5) = 14.797647

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 5 | 34.02 | 6.80 |
| Residual | 5 | 2.30 | 0.46 |
| Total | 10 | 36.32 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (5) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 4.341403 | 2.342319 |
| distancia-0608 | -0.001103 | -3.379116 |
| classe2_21x21 | -0.175002 | -1.781950 |
| classe3_21x21 | 0.134889 | 1.046796 |
| classe4_21x21 | 0.098931 | 1.112410 |
| classe5_21x21 | 0.259678 | 1.199650 |

09h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0708-9h = 5.2664 - 0.3917 * classe2_21x21 - 0.1557 * classe4_21x21 - 0.1143 * classe5_5x5$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.847138 Apparent R square = 0.717642
 Adjusted R = 0.804396 Adjusted R square = 0.647053
 F (3, 7) = 5.930420

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 15.67 | 5.22 |
| Residual | 7 | 6.17 | 0.88 |
| Total | 10 | 21.84 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (7) |
|---------------|-------------|--------------|
| Intercept | 5.266359 | 3.261864 |
| classe2_21x21 | -0.391670 | -3.071525 |
| classe4_21x21 | -0.155731 | -1.285198 |
| classe5_5x5 | -0.114307 | -0.618037 |

12h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0708-12h = -3.5334 + 0.1246 * classe2_5x5 + 0.0480 * classe4_7x7 + 0.2089 * classe5_5x5 + 0.0010 * distancia-0608$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.840405 Apparent R square = 0.706280
 Adjusted R = 0.761840 Adjusted R square = 0.580400
 F (4, 6) = 3.606903

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 6.44 | 1.61 |
| Residual | 6 | 2.68 | 0.45 |
| Total | 10 | 9.12 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (6) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | -3.533384 | -2.698495 |
| classe2_5x5 | 0.124647 | 1.736900 |
| classe4_7x7 | 0.047955 | 1.091872 |
| classe5_5x5 | 0.208861 | 1.275154 |
| distancia-0608 | 0.001012 | 3.072768 |

APÊNDICE G5 – RESULTADOS DA REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA MENOR ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA NOTURNA – DATA INICIAL 21/06/2019

15h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$2106_15h = 1.1067 - 0.0786*classe2_5x5 - 0.0126*classe4_7x7 + 0.0001*2106_distancia - 0.0701*classe5_9x9$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.583807 Apparent R square = 0.340830
 Adjusted R = 0.348004 Adjusted R square = 0.121107
 F (4, 8) = 1.034120

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 1.00 | 0.25 |
| Residual | 8 | 1.94 | 0.24 |
| Total | 12 | 2.94 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (8) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 1.106661 | 1.635819 |
| classe2_5x5 | -0.078636 | -1.624364 |
| classe4_7x7 | -0.012633 | -0.525393 |
| 2106_distancia | 0.000129 | 0.768241 |
| classe5_9x9 | -0.070086 | -1.042615 |

18h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$2106_18h = 2.2945 - 0.1160*classe2_21x21 - 0.0252*classe4_21x21 - 0.0002*2106_distancia - 0.0174*classe5_5x5$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.899143 Apparent R square = 0.808459
 Adjusted R = 0.862909 Adjusted R square = 0.744612
 F (4, 8) = 8.441622

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 2.78 | 0.69 |
| Residual | 8 | 0.66 | 0.08 |
| Total | 12 | 3.44 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (8) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 2.294472 | 4.945978 |
| classe2_21x21 | -0.115960 | -3.791137 |
| classe4_21x21 | -0.025245 | -0.782614 |
| 2106_distancia | -0.000194 | -1.819872 |
| classe5_5x5 | -0.017354 | -0.440690 |

21h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$2106_21h = 3.0567 - 0.1138*classe2_21x21 + 0.3210*classe3_21x21 - 0.0006*2106_distancia + 0.2256*classe5_5x5$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.948843 Apparent R square = 0.900303
 Adjusted R = 0.931167 Adjusted R square = 0.867071
 F (4, 8) = 18.060852

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 14.72 | 3.68 |
| Residual | 8 | 1.63 | 0.20 |
| Total | 12 | 16.35 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (8) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 3.056660 | 6.784088 |
| classe2_21x21 | -0.113774 | -2.918280 |
| classe3_21x21 | 0.321017 | 4.842327 |
| 2106_distancia | -0.000618 | -3.584224 |
| classe5_5x5 | 0.225591 | 2.863122 |

22/06 0h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$2206_0h = 6.0568 - 0.2869*classe2_21x21 - 0.1371*classe4_21x21 - 0.0001*2106_distancia + 0.0158*classe5_9x9$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.770692 Apparent R square = 0.593966
 Adjusted R = 0.677216 Adjusted R square = 0.458621
 F (4, 8) = 2.925692

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 11.89 | 2.97 |
| Residual | 8 | 8.13 | 1.02 |
| Total | 12 | 20.02 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (8) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 6.056833 | 3.649517 |
| classe2_21x21 | -0.286929 | -2.512455 |
| classe4_21x21 | -0.137060 | -1.197563 |
| 2106_distancia | -0.000147 | -0.422667 |
| classe5_9x9 | 0.015805 | 0.112348 |

03h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$2206_3h = 1.5866 - 0.0730 \cdot \text{classe2_21x21} + 0.0054 \cdot \text{classe5_5x5}$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.400274 Apparent R square = 0.160219
 Adjusted R = 0.289613 Adjusted R square = 0.083876
 F (2, 10) = 0.953935

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 2 | 1.02 | 0.51 |
| Residual | 10 | 5.36 | 0.54 |
| Total | 12 | 6.38 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (10) |
|---------------|-------------|---------------|
| Intercept | 1.586567 | 4.583073 |
| classe2_21x21 | -0.073046 | -1.272683 |
| classe5_5x5 | 0.005355 | 0.064016 |

06h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$2206_6h = 1.7048 - 0.0901 \cdot \text{classe2_9x9} + 0.0383 \cdot \text{classe5_5x5} - 0.0000 \cdot 2106_distancia$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.582546 Apparent R square = 0.339360
 Adjusted R = 0.455227 Adjusted R square = 0.207232
 F (3, 9) = 1.541048

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 2.21 | 0.74 |
| Residual | 9 | 4.31 | 0.48 |
| Total | 12 | 6.52 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (9) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 1.704751 | 3.616509 |
| classe2_9x9 | -0.090064 | -1.728093 |
| classe5_5x5 | 0.038272 | 0.421190 |
| 2106_distancia | -0.000029 | -0.114736 |

09h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$2206_9h = -1.7468 - 0.1054 \cdot \text{classe2_5x5} + 0.0630 \cdot \text{classe4_21x21} + 0.0009 \cdot 2106_distancia$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.749488 Apparent R square = 0.561732
 Adjusted R = 0.688534 Adjusted R square = 0.474079
 F (3, 9) = 3.845132

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 11.11 | 3.70 |
| Residual | 9 | 8.67 | 0.96 |
| Total | 12 | 19.78 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (9) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | -1.746801 | -1.291928 |
| classe2_5x5 | -0.105364 | -1.149021 |
| classe4_21x21 | 0.063044 | 0.577842 |
| 2106_distancia | 0.000943 | 3.038506 |

12h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$2206_12h = -2.1433 + 0.0130 \cdot \text{classe2_5x5} + 0.1271 \cdot \text{classe4_21x21} + 0.0004 \cdot 2106_distancia - 0.0669 \cdot \text{classe5_21x21}$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.877512 Apparent R square = 0.770026
 Adjusted R = 0.832688 Adjusted R square = 0.693369
 F (4, 8) = 6.696652

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 4.32 | 1.08 |
| Residual | 8 | 1.29 | 0.16 |
| Total | 12 | 5.61 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (8) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | -2.143313 | -3.426880 |
| classe2_5x5 | 0.013042 | 0.327445 |
| classe4_21x21 | 0.127124 | 2.799547 |
| 2106_distancia | 0.000414 | 3.141314 |
| classe5_21x21 | -0.066915 | -1.397584 |

APÊNDICE G6 – RESULTADOS DA REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA DOMÍNIO DE MPA – DATA INICIAL 08/07/2019

15h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0807_15h = 0.4855 - 0.0311 \cdot \text{classe2_5x5} + 0.0120 \cdot \text{classe4_5x5}$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.319000 Apparent R square = 0.101761
 Adjusted R = 0.141786 Adjusted R square = 0.020103
 F (2, 10) = 0.566449

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 2 | 0.33 | 0.17 |
| Residual | 10 | 2.94 | 0.29 |
| Total | 12 | 3.28 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (10) |
|-------------|-------------|---------------|
| Intercept | 0.485458 | 1.068033 |
| classe2_5x5 | -0.031113 | -0.748640 |
| classe4_5x5 | 0.011981 | 0.337269 |

18h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0807_18h = 2.1251 - 0.1033 \cdot \text{classe2_21x21} + 0.0108 \cdot \text{classe5_21x21} - 0.0002 \cdot 0807_distancia$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.799769 Apparent R square = 0.639630
 Adjusted R = 0.753363 Adjusted R square = 0.567556
 F (3, 9) = 5.324771

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 2.88 | 0.96 |
| Residual | 9 | 1.62 | 0.18 |
| Total | 12 | 4.50 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (9) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 2.125139 | 7.325539 |
| classe2_21x21 | -0.103320 | -2.840611 |
| classe5_21x21 | 0.010773 | 0.207404 |
| 0807_distancia | -0.000151 | -1.068023 |

21h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0807_21h = 6.9798 - 0.4616 \cdot \text{classe2_21x21} + 0.1048 \cdot \text{classe5_13x13} - 0.0002 \cdot 0807_distancia - 0.1552 \cdot \text{classe4_21x21}$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.895316 Apparent R square = 0.801591
 Adjusted R = 0.857586 Adjusted R square = 0.735454
 F (4, 8) = 8.080168

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 38.51 | 9.63 |
| Residual | 8 | 9.53 | 1.19 |
| Total | 12 | 48.04 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (8) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 6.979753 | 3.933962 |
| classe2_21x21 | -0.461567 | -3.712979 |
| classe5_13x13 | 0.104824 | 0.706027 |
| 0807_distancia | -0.000220 | -0.595470 |
| classe4_21x21 | -0.155243 | -1.264904 |

09/07 0h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0907_0h = 6.8147 - 0.5002 \cdot \text{classe2_21x21} + 0.2244 \cdot \text{classe5_5x5} + 0.0001 \cdot 0807_distancia - 0.1293 \cdot \text{classe4_21x21}$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.940353 Apparent R square = 0.884263
 Adjusted R = 0.919611 Adjusted R square = 0.845684
 F (4, 8) = 15.280564

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 47.57 | 11.89 |
| Residual | 8 | 6.23 | 0.78 |
| Total | 12 | 53.79 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (8) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 6.814720 | 4.775466 |
| classe2_21x21 | -0.500171 | -5.315924 |
| classe5_5x5 | 0.224422 | 1.852691 |
| 0807_distancia | 0.000119 | 0.362760 |
| classe4_21x21 | -0.129257 | -1.302624 |

03h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0907_3h = 7.4962 - 0.4843*classe2_21x21 + 0.2148*classe5_5x5 - 0.0001*0807_distancia - 0.1167*classe4_21x21$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.939199 Apparent R square = 0.882095
 Adjusted R = 0.918038 Adjusted R square = 0.842794
 F (4, 8) = 14.962879

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 50.58 | 12.64 |
| Residual | 8 | 6.76 | 0.85 |
| Total | 12 | 57.34 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (8) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 7.496192 | 5.040936 |
| classe2_21x21 | -0.484334 | -4.939781 |
| classe5_5x5 | 0.214834 | 1.701933 |
| 0807_distancia | -0.000149 | -0.435136 |
| classe4_21x21 | -0.116728 | -1.128863 |

06h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0907_6h = 6.9045 - 0.4404*classe2_21x21 + 0.1354*classe5_5x5 - 0.0003*0807_distancia$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.924864 Apparent R square = 0.855374
 Adjusted R = 0.909092 Adjusted R square = 0.826449
 F (3, 9) = 17.743168

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 49.18 | 16.39 |
| Residual | 9 | 8.31 | 0.92 |
| Total | 12 | 57.49 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (9) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 6.904538 | 10.634012 |
| classe2_21x21 | -0.440387 | -5.719967 |
| classe5_5x5 | 0.135416 | 1.080132 |
| 0807_distancia | -0.000306 | -0.855221 |

09h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0907_9h = 2.2385 - 0.2941*classe2_9x9 + 0.1963*classe4_21x21 + 0.2105*classe5_5x5$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.866001 Apparent R square = 0.749958
 Adjusted R = 0.836630 Adjusted R square = 0.699950
 F (3, 9) = 8.998003

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 45.03 | 15.01 |
| Residual | 9 | 15.01 | 1.67 |
| Total | 12 | 60.04 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (9) |
|---------------|-------------|--------------|
| Intercept | 2.238500 | 1.110711 |
| classe2_9x9 | -0.294150 | -2.196501 |
| classe4_21x21 | 0.196336 | 1.312558 |
| classe5_5x5 | 0.210478 | 1.335281 |

12h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$0907_12h = -3.7326 + 0.0270*classe3_5x5 + 0.1616*classe4_21x21 + 0.0008*0807_distancia$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.754479 Apparent R square = 0.569239
 Adjusted R = 0.695045 Adjusted R square = 0.483087
 F (3, 9) = 3.964421

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 10.83 | 3.61 |
| Residual | 9 | 8.19 | 0.91 |
| Total | 12 | 19.02 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (9) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | -3.732595 | -3.901392 |
| classe3_5x5 | 0.027023 | 0.435697 |
| classe4_21x21 | 0.161586 | 2.013804 |
| 0807_distancia | 0.000801 | 2.402781 |

APÊNDICE G7 – RESULTADOS DA REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA DOMÍNIO DE MTA – DATA INICIAL 13/08/2018

15h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$1308-15h = -0.4178 - 0.0070*classe2_7x7 + 0.0170*classe4_7x7 + 0.1030*classe5_5x5 + 0.0002*distancia-1308$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.581756 Apparent R square = 0.338440
 Adjusted R = 0.234339 Adjusted R square = 0.054915
 F (4, 6) = 0.767369

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 0.67 | 0.17 |
| Residual | 6 | 1.30 | 0.22 |
| Total | 10 | 1.97 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (6) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | -0.417820 | -0.463511 |
| classe2_7x7 | -0.006954 | -0.241966 |
| classe4_7x7 | 0.017044 | 0.539005 |
| classe5_5x5 | 0.103019 | 0.927854 |
| distancia-1308 | 0.000224 | 1.056442 |

18h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$1308-18h = 0.9230 - 0.0406*classe2_21x21 + 0.0003*classe4_21x21 + 0.0567*classe5_9x9$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.483386 Apparent R square = 0.233662
 Adjusted R = 0.205129 Adjusted R square = 0.042078
 F (3, 7) = 0.711451

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 0.57 | 0.19 |
| Residual | 7 | 1.86 | 0.27 |
| Total | 10 | 2.43 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (7) |
|---------------|-------------|--------------|
| Intercept | 0.922966 | 1.060017 |
| classe2_21x21 | -0.040584 | -0.595892 |
| classe4_21x21 | 0.000299 | 0.004741 |
| classe5_9x9 | 0.056674 | 0.474605 |

21h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$1308-21h = 4.5825 - 0.3208*classe2_21x21 - 0.0288*classe4_21x21 + 0.1871*classe5_21x21 - 0.0002*distancia-1308$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.936645 Apparent R square = 0.877303
 Adjusted R = 0.908141 Adjusted R square = 0.824719
 F (4, 6) = 10.725279

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 25.67 | 6.42 |
| Residual | 6 | 3.59 | 0.60 |
| Total | 10 | 29.26 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (6) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 4.582513 | 3.277957 |
| classe2_21x21 | -0.320760 | -3.457615 |
| classe4_21x21 | -0.028824 | -0.340120 |
| classe5_21x21 | 0.187097 | 0.886667 |
| distancia-1308 | -0.000224 | -0.715186 |

14/08 0h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$1408-0h = 9.0116 - 0.5084*classe2_21x21 - 0.1617*classe4_13x13 - 0.2999*classe5_17x17 - 0.0010*distancia-1308$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.916018 Apparent R square = 0.839088
 Adjusted R = 0.877568 Adjusted R square = 0.770126
 F (4, 6) = 7.821881

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 38.99 | 9.75 |
| Residual | 6 | 7.48 | 1.25 |
| Total | 10 | 46.47 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (6) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 9.011595 | 4.008885 |
| classe2_21x21 | -0.508417 | -3.540695 |
| classe4_13x13 | -0.161697 | -1.257838 |
| classe5_17x17 | -0.299892 | -0.858306 |
| distancia-1308 | -0.001017 | -2.053230 |

03h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$1408-3h = 12.0317 - 0.5904*classe2_21x21 - 0.1899*classe4_9x9 - 0.6030*classe5_17x17 - 0.0016*distancia-1308$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.924395 Apparent R square = 0.854505
 Adjusted R = 0.890028 Adjusted R square = 0.792150
 F (4, 6) = 8.809654

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 53.72 | 13.43 |
| Residual | 6 | 9.15 | 1.52 |
| Total | 10 | 62.87 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (6) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 12.031702 | 4.915563 |
| classe2_21x21 | -0.590364 | -3.769919 |
| classe4_9x9 | -0.189863 | -1.413754 |
| classe5_17x17 | -0.603001 | -1.504291 |
| distancia-1308 | -0.001593 | -2.835619 |

06h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$1408-6h = 7.6238 - 0.2897*classe2_21x21 - 0.0432*classe4_21x21 - 0.0003*distancia-1308$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.555616 Apparent R square = 0.308710
 Adjusted R = 0.368629 Adjusted R square = 0.135887
 F (3, 7) = 1.041997

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 16.74 | 5.58 |
| Residual | 7 | 37.48 | 5.35 |
| Total | 10 | 54.21 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (7) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 7.623770 | 2.642629 |
| classe2_21x21 | -0.289681 | -1.212298 |
| classe4_21x21 | -0.043159 | -0.191425 |
| distancia-1308 | -0.000314 | -0.410271 |

09h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$1408-9h = 1.1917 + 0.0390*classe4_21x21 + 0.0002*distancia-1308 - 0.3303*classe5_21x21$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.491833 Apparent R square = 0.241900
 Adjusted R = 0.228856 Adjusted R square = 0.052375
 F (3, 7) = 0.744536

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 4.64 | 1.55 |
| Residual | 7 | 14.53 | 2.08 |
| Total | 10 | 19.16 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (7) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 1.191748 | 0.804249 |
| classe4_21x21 | 0.039028 | 0.410345 |
| distancia-1308 | 0.000203 | 0.356303 |
| classe5_21x21 | -0.330316 | -0.976159 |

12h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$1408-12h = -0.2096 + 0.0348*classe3_5x5 + 0.0001*distancia-1308 - 0.0678*classe5_5x5$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.616791 Apparent R square = 0.380431
 Adjusted R = 0.474910 Adjusted R square = 0.225539
 F (3, 7) = 1.432728

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 1.20 | 0.40 |
| Residual | 7 | 1.96 | 0.28 |
| Total | 10 | 3.16 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (7) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | -0.209577 | -0.514148 |
| classe3_5x5 | 0.034772 | 0.803459 |
| distancia-1308 | 0.000070 | 0.287658 |
| classe5_5x5 | -0.067801 | -0.728064 |

APÊNDICE G8 – RESULTADOS DA REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA DOMÍNIO DE FPA – DATA INICIAL 19/06/2019

15h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$1906_15h = 1.1340 - 0.0509 \cdot \text{classe2_21x21} + 0.0091 \cdot \text{classe3_21x21} - 0.0794 \cdot \text{classe4_21x21} + 0.0601 \cdot \text{classe5_5x5}$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.531690 Apparent R square = 0.282694
 Adjusted R = 0.208787 Adjusted R square = 0.043592
 F (4, 8) = 0.788210

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 1.13 | 0.28 |
| Residual | 8 | 2.88 | 0.36 |
| Total | 12 | 4.01 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (8) |
|---------------|-------------|--------------|
| Intercept | 1.133995 | 0.790405 |
| classe2_21x21 | -0.050915 | -0.653493 |
| classe3_21x21 | 0.009097 | 0.090668 |
| classe4_21x21 | -0.079379 | -1.007423 |
| classe5_5x5 | 0.060051 | 0.473508 |

18h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$1906_18h = 0.8191 - 0.0396 \cdot \text{classe2_21x21} + 0.0351 \cdot \text{classe5_5x5} - 0.0001 \cdot 1906_distancia$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.692430 Apparent R square = 0.479460
 Adjusted R = 0.612660 Adjusted R square = 0.375352
 F (3, 9) = 2.763246

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 0.74 | 0.25 |
| Residual | 9 | 0.81 | 0.09 |
| Total | 12 | 1.55 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (9) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 0.819148 | 4.046603 |
| classe2_21x21 | -0.039618 | -1.650522 |
| classe5_5x5 | 0.035062 | 0.897030 |
| 1906_distancia | -0.000072 | -0.642093 |

21h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$1906_21h = 1.8170 - 0.0587 \cdot \text{classe2_21x21} - 0.0027 \cdot \text{classe5_5x5} - 0.0003 \cdot 1906_distancia - 0.0905 \cdot \text{classe3_21x21}$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.671768 Apparent R square = 0.451272
 Adjusted R = 0.518037 Adjusted R square = 0.268363
 F (4, 8) = 1.644793

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 3.36 | 0.84 |
| Residual | 8 | 4.08 | 0.51 |
| Total | 12 | 7.44 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (8) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 1.817019 | 2.548980 |
| classe2_21x21 | -0.058744 | -0.952385 |
| classe5_5x5 | -0.002676 | -0.021469 |
| 1906_distancia | -0.000252 | -0.922526 |
| classe3_21x21 | -0.090497 | -0.862822 |

20/06 0h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$2006_0h = 3.7683 - 0.1241 \cdot \text{classe2_21x21} - 0.0632 \cdot \text{classe5_5x5} - 0.0005 \cdot 1906_distancia - 0.2177 \cdot \text{classe3_21x21}$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.834290 Apparent R square = 0.696039
 Adjusted R = 0.771180 Adjusted R square = 0.594719
 F (4, 8) = 4.579796

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 13.53 | 3.38 |
| Residual | 8 | 5.91 | 0.74 |
| Total | 12 | 19.44 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (8) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 3.768256 | 4.392698 |
| classe2_21x21 | -0.124087 | -1.671692 |
| classe5_5x5 | -0.063207 | -0.421336 |
| 1906_distancia | -0.000529 | -1.610791 |
| classe3_21x21 | -0.217667 | -1.724507 |

03h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$2006_3h = 5.7262 - 0.2696 \cdot \text{classe2_21x21} - 0.0083 \cdot \text{classe5_5x5} - 0.0005 \cdot 1906_distancia - 0.2023 \cdot \text{classe3_21x21}$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.875754 Apparent R square = 0.766944
 Adjusted R = 0.830216 Adjusted R square = 0.689259
 F (4, 8) = 6.581636

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 28.02 | 7.01 |
| Residual | 8 | 8.52 | 1.06 |
| Total | 12 | 36.54 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (8) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 5.726188 | 5.560440 |
| classe2_21x21 | -0.269580 | -3.025313 |
| classe5_5x5 | -0.008260 | -0.045869 |
| 1906_distancia | -0.000512 | -1.297989 |
| classe3_21x21 | -0.202313 | -1.335212 |

06h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$2006_6h = 6.5916 - 0.4176 \cdot \text{classe2_21x21} + 0.1118 \cdot \text{classe5_5x5} - 0.0001 \cdot 1906_distancia - 0.0342 \cdot \text{classe3_21x21} - 0.0943 \cdot \text{classe4_21x21}$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.921016 Apparent R square = 0.848270
 Adjusted R = 0.878866 Adjusted R square = 0.772405
 F (5, 7) = 7.826900

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 5 | 32.70 | 6.54 |
| Residual | 7 | 5.85 | 0.84 |
| Total | 12 | 38.54 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (7) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | 6.591557 | 3.013155 |
| classe2_21x21 | -0.417594 | -3.409727 |
| classe5_5x5 | 0.111794 | 0.575076 |
| 1906_distancia | -0.000069 | -0.196070 |
| classe3_21x21 | -0.034182 | -0.217039 |
| classe4_21x21 | -0.094258 | -0.781447 |

09h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$2006_9h = 2.4438 - 0.1809 \cdot \text{classe2_21x21} + 0.1074 \cdot \text{classe5_5x5} + 0.0912 \cdot \text{classe4_21x21}$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.721491 Apparent R square = 0.520549
 Adjusted R = 0.651659 Adjusted R square = 0.424659
 F (3, 9) = 3.257158

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 3 | 13.18 | 4.39 |
| Residual | 9 | 12.14 | 1.35 |
| Total | 12 | 25.33 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (9) |
|---------------|-------------|--------------|
| Intercept | 2.443804 | 1.377604 |
| classe2_21x21 | -0.180856 | -1.472263 |
| classe5_5x5 | 0.107351 | 0.761737 |
| classe4_21x21 | 0.091179 | 0.698269 |

12h

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$2006_12h = -2.1524 - 0.0322 \cdot \text{classe3_5x5} + 0.1386 \cdot \text{classe5_5x5} + 0.1060 \cdot \text{classe4_21x21} + 0.0006 \cdot 1906_distancia$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.606113 Apparent R square = 0.367372
 Adjusted R = 0.395596 Adjusted R square = 0.156497
 F (4, 8) = 1.161418

ANOVA Regression Table

| Source | apparent degrees of freedom | sum of squares | mean square |
|------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Regression | 4 | 3.69 | 0.92 |
| Residual | 8 | 6.36 | 0.80 |
| Total | 12 | 10.06 | |

Individual Regression Coefficients

| | Coefficient | t_test (8) |
|----------------|-------------|--------------|
| Intercept | -2.152408 | -1.974533 |
| classe3_5x5 | -0.032183 | -0.486640 |
| classe5_5x5 | 0.138645 | 1.058451 |
| classe4_21x21 | 0.106039 | 1.407485 |
| 1906_distancia | 0.000571 | 1.695682 |