

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Alcionir Pazatto de Almeida

OS MICROCLIMAS DO PARQUE ESTADUAL DE ITAPUÃ/RS

Santa Maria, RS
2020

Alcionir Pazatto de Almeida

OS MICROCLIMAS DO PARQUE ESTADUAL DE ITAPUÃ/RS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutor em Geografia.**

Orientador: Cássio Arthur Wollmann

Santa Maria, RS
2020

Almeida, Alcionir
Os Microclimas do Parque Estadual de Itapuã/RS /
Alcionir Almeida.- 2020.
279 p.; 30 cm

Orientador: Cássio Arthur Wollmann
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Geografia, RS, 2020

1. Controles Climáticos 2. Variabilidade
Termohigrométrica 3. Unidade de Conservação 4. Parque
Estadual de Itapuã 5. Microclimas I. Wollmann, Cássio
Arthur II. Título.

Alcionir Pazatto de Almeida

OS MICROCLIMAS DO PARQUE ESTADUAL DE ITAPUÃ/RS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutor em Geografia.**

Aprovado em 25 de novembro de 2020:

Cássio Arthur Wollmann, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Regina Maria Lopes, Dr^a. (UFJ)

Nádia Gilma Beserra de Lima, Dr^a. (IG/SIMA/SP)

Gustavo Armani, Dr. (IG/SIMA/SP)

Mauro Kumpfer Werlang, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2020

DEDICATÓRIA

Dedico essa Tese ao povo Brasileiro, que com suor de seus impostos custearam meus estudos, desde o nível fundamental a pós-graduação, pois sou fruto do ensino público, gratuito e de qualidade, sem o qual, esse momento não seria possível! A vocês, o meu muito obrigado!

AGRADECIMENTOS

Ao longo de meu doutoramento muitas pessoas e instituições foram essenciais para que o sonho se tornasse realidade e, por isso, as menciono como forma de agradecimento.

Começo pela força maior, energia vital e imensurável que move o universo, cujo poder de criação e transformação se encontra materializada em diferentes formas e manifestações de vida que habitam o nosso Planeta Terra.

Ao meu esposo Marcio Rossato Badke, pelo amor, companheirismo e incentivo, sendo seu apoio fundamental para que esse momento de minha vida acadêmica e profissional transcorresse com equilíbrio, sabedoria e leveza.

Aos meus pais Ovidio Francisco de Almeida e Lidia Pazatto de Almeida, que além da vida, me dedicaram cuidado, amor e apoio para que eu me tornasse um ser humano feliz e realizado.

Agradeço imensamente ao meu orientador, o Prof. Dr. Cássio Arthur Wollmann, pela acolhida fraterna, pelas orientações claras, objetivas e de extrema qualidade técnico-científica. Saibas, meu amigo e mestre, que tenho muito orgulho de ter sido por você orientado.

Em nome da bióloga e amiga Dayse Rocha, estendo meus sinceros agradecimentos aos servidores e demais colaboradores do Parque Estadual de Itapuã, que gentilmente abraçam conosco essa pesquisa nos dando apoio e suporte logístico no decorrer dos trabalhos de campo.

Ao Sr. Jairo Antão, morador do distrito de Itapuã, por nos receber tão cordialmente e permitir instalar equipamentos de mensuração em sua propriedade.

Ao colega e amigo Rodrigo Pontes, que juntamente com meu orientador, me auxiliou na instalação dos equipamentos em campo, assim como, pelos conhecimentos socializados sobre a flora da unidade de conservação.

Aos meus colegas do Laboratório de Climatologia em Ambientes Subtropicais/LaCAS/UFSM, em especial ao colega e amigo Ismael Hoppe, pelo auxílio durante a tabulação dos dados e pela parceria em Congressos de Geografia.

À amiga e colega Amanda Comassetto Iense pelo auxílio inestimável durante a elaboração dos mapas temáticos da tese.

Aos professores do curso de pós-graduação em Geografia pelos ensinamentos e apontamentos necessários durante a caminhada percorrida até esse momento.

Ao corpo qualificado de doutores em Geografia, que gentilmente aceitaram participar da banca examinadora e tecer contribuições importantes para qualificar essa pesquisa dentro dos pressupostos do conhecimento científico.

A Universidade Federal de Santa Maria/UFSM por ofertar um curso de doutorado em Geografia de qualidade e gratuito, possibilitando aprimoramento profissional e científico nessa importante área do saber.

Ao Instituto Federal Farroupilha, instituição que valoriza e incentiva a capacitação profissional de seus servidores e que garantiu meu direito de licença total para o curso de doutoramento. Espero em breve socializar com todos os conhecimentos e experiências adquiridas ao longo desses anos de capacitação.

Por fim, aos amigos de longe e de perto que de alguma forma estiveram presentes no decorrer desta caminhada, apesar do distanciamento social imposto pelo atual cenário pandêmico provocado pela COVID-19.

A todos, muito Obrigado!

Um Brinde a vida, que mesmo efêmera e frágil consegue ser resiliente aos intempéries do tempo, pois habita lugares inóspitos e de diferentes tipos climáticos, cuja presença, anima e preenche de luz todos os espaços da Terra!

Alcionir Pazatto Almeida

RESUMO

OS MICROCLIMAS DO PARQUE ESTADUAL DE ITAPUÃ/RS

AUTOR: Alcionir Pazatto Almeida
ORIENTADOR: Cássio Arthur Wollmann

O objetivo desta tese foi verificar quais fatores/controles climáticos locais são capazes de individualizar microclimas no Parque Estadual de Itapuã/RS, uma unidade de proteção integral, localizada no distrito de Itapuã, município de Viamão/RS, entre as coordenadas de latitude 30° 20' S e 30° 27' S, e de longitude 50° 50' W e 51° 05' W. Analisou-se a relação entre os controles climáticos locais de cobertura da terra, topografia, altitude, exposição de vertentes e presença de corpos hídricos e a variabilidade espaço-temporal da temperatura do ar e suas variantes e do campo higrométrico em sete ambientes fisiográficos da unidade de conservação no período de junho de 2017 a maio de 2018. Os dados utilizados foram coletados em campo, por meio de termo-higrométricos digitais, instalados em mini-abrigos meteorológicos e com mensuração simultânea em todos os pontos em intervalo de hora em hora. Após a coleta, os dados foram ordenados e tabelados em planilhas do Programa *Microsoft Excel* 2010 e para espacializar os atributos climáticos utilizou-se do *Software Surfer* 8, com o método de interpolação da *Krigagem* e do *Software ArcGis* 10.2. Verificou-se uma significativa variabilidade espaço-temporal nos valores de temperatura do ar, umidade relativa e nos quantitativos horários de umidade relativa maior ou igual a 95% em todas as escalas temporais e ambientes selecionados, sendo maior a variação entre as temperaturas do que entre os valores higrométricos. Entre os controles climáticos locais responsáveis por tais variações constatou-se que em escala microclimática os corpos hídricos Lagoa Negra e Laguna dos Patos não influenciaram na temperatura do ar, entretanto, se constatou uma influência indireta da Lagoa Negra sobre os percentuais de umidade relativa do ar e nos quantitativos horários de umidade relativa maior ou igual a 95% em áreas próximas. A pesquisa conclui que os controles exercidos pelos diferentes tipos de cobertura da terra, disponibilidade hídrica do terreno, topografia, altitude, exposição de vertentes e ação dos ventos regionais são os principais responsáveis pela variabilidade espaço-temporal dos elementos atmosféricos analisados em escala microclimática, cuja influência modifica seus valores na camada de ar mais próxima ao solo, sendo capazes de gerar microclimas individualizados. A partir dessa relação foi possível identificar e propor cinco unidades microclimáticas no Parque Estadual de Itapuã: Unidade das Praias e Encostas, Unidade Praia de Fora, Unidade Lagoa do Bosque, Unidade dos Morros e Unidade dos Campos Naturais.

Palavras-chave: Controles Climáticos; Variabilidade Termo-higrométrica; Unidade de Conservação; Parque Estadual de Itapuã; Microclimas.

ABSTRACT

THE MICROCLIMES OF THE STATE PARK OF ITAPUÃ / RS

AUTHOR: Alcionir Pazatto Almeida

ADVISOR: Cássio Arthur Wollmann

The aim of this thesis was to verify which local climatic factors/controls are capable of individualizing microclimates in the State Park of Itapuã/RS, an integral protection unit, located in the district of Itapuã, municipality of Viamão/RS, between the 30° 20 'S and 30° 27' S latitude coordinates, and 50° 50 'W and 51° 05' W longitude. The relationship among local climatic controls of land cover, topography, altitude, slope exposure and presence of water bodies was analyzed and also the spatio-temporal variability of air temperature and its variants and the hygrometric field in seven physiographic environments of the conservation unit from June 2017 to May 2018. The data were collected in the field, using digital thermohygrometers, installed in meteorological mini-shelters and with simultaneous measurement at all points in hourly intervals. After collection, the data were ordered and tabulated in Microsoft Excel 2010 spreadsheets and to spatialize the climatic attributes, the Surfer 8 software was used, using the Krigagem interpolation method and the ArcGis 10.2 software. There was a significant spatial-temporal variability in air temperature, relative humidity and hourly relative humidity values greater than or equal to 95% in all time scales and selected environments, with greater variation between temperatures than between hygrometric values. Among the local climate controls responsible for such variations, on a microclimate scale the water bodies Lagoa Negra and Laguna dos Patos did not influence in air temperature, however, an indirect influence of Lagoa Negra on the percentages of relative air humidity was found and in the quantitative hourly relative humidity greater than or equal to 95% in nearby areas. The research concludes that the controls exercised by the different types of land cover, water availability of the terrain, topography, altitude, slope exposure and the action of regional winds are the main responsible for the spatio-temporal variability of the atmospheric elements analyzed on a microclimate scale, whose influence modifies its values in the air layer closest to the ground, being able to generate individualized microclimates. From this relationship, it was possible to identify and propose five microclimatic units in Itapuã State Park: Beaches and Hillsides Unit, Fora Beach Unit, Bosque Pond Unit, Hill Unit and Natural fields Unit.

Keywords: Climate Controls; Thermohydrometric Variability; Conservation Unit; Itapuã State Park; Microclimates.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização do Parque Estadual da Itapuã em relação à região metropolitana de Porto Alegre, estado do Rio Grande do Sul e Brasil	33
Figura 2 - Fotografias da Praia da Pedreira, A) vista do sentido leste/oeste e B) vista do trapiche sentido norte/sul.....	35
Figura 3 - Igreja Nossa Senhora dos Navegantes localizada no centro da Vila de Itapuã	35
Figura 4 - Mapa Geológico do Parque Estadual de Itapuã (PEI)	37
Figura 5 - Unidades Geomorfológicas do Rio Grande do Sul.....	38
Figura 6 - Mapa Geomorfológico do Parque Estadual de Itapuã/RS	40
Figura 7 - A) morro da Grota ao fundo; B) Afloramento de rochas no Morro do Campista; C) No primeiro plano Planície Lagunar com Cordões Arenosos (Praia de Fora) e ao Fundo, a Presença de morros e D) Planície Lagunar com áreas de Banhado e Lagoa Negra	41
Figura 8 - Mapa Hipsométrico do Parque Estadual de Itapuã/RS	42
Figura 9 - Mapa de Declividade do Parque Estadual de Itapuã.....	43
Figura 10 - Mapa de Orientação de Vertente do Parque Estadual de Itapuã/RS	44
Figura 11 - Mapa Hidrográfico do Parque Estadual de Itapuã/RS	46
Figura 12 - Mapa de Cobertura da Terra do Parque Estadual de Itapuã/RS	47
Figura 13 - Mapa dos biomas do Rio Grande do Sul	48
Figura 14 - Área de grande presença de floresta/Vista da Pedra da Visão no Morro do Campista no sentido oeste para leste	49
Figura 15 - Área de domínio campestre/vista de leste para oeste	50
Figura 16 - A) Mata de Encosta; B) Mata de Restinga Paludosa; C) Vegetação de Restinga e D) Capões de Restinga	51
Figura 17 - A) Mata Ciliar; B) Campos Rupestres nos topos dos morros; C) Afloramento Rochosos; D) Cactáceas em topo de morro granítico e E) Vegetação Sub-Arbórea	52
Figura 18 - Frequência anual das principais direções do vento (em %) na região metropolitana de Porto Alegre	54
Figura 19 - Figura esquemática representando os Centros de Ações da América do Sul	68
Figura 20 - Massas de ar que atuam no Rio Grande do Sul	69
Figura 21 - Mapa das Regiões climáticas do Rio Grande do Sul, com destaque para área de localização do PEI	74
Figura 22 - Divisão Climática do Rio Grande do Sul, segundo o sistema de W. Köppen	77
Figura 23 - Tipos Climáticos do Estado do Rio Grande do Sul	79
Figura 24 - Classificação climática de Köppen para o Rio Grande do Sul	84
Figura 25 - Mapa de localização dos pontos de coleta	96
Figura 26 - Imagem de Satélite dos ambientes selecionados	99
Figura 27 - Ponto 1/Praia da Pedreira.....	100
Figura 28 - Ponto 2/Lagoa Negra	101
Figura 29 - Ponto 3/Praia de Fora.....	102
Figura 30 - Ponto 4/Lagoa do Bosque	102
Figura 31 - Ponto 5/Morro do Campista.....	103
Figura 32 - Ponto 6/Sede do PEI	104
Figura 33 - Ponto 7/Propriedade Particular	104
Figura 34 - Datalogger HT-500 da Marca Instrutherm	105

Figura 35 - Mini-abrigos meteorológicos de baixo custo construído em chapa de ferro galvanizado de 0,5 mm de espessura, estrutura do abrigo com 11,5 cm de altura e 18 cm de diâmetro, pintado na cor branca e fixado em haste em ferro de 1,5 m de altura	106
Figura 36 - Mapa de divisão do PEI por quadrantes/setores.....	108
Figura 37 - Classes Hipsométricas e suas cores.....	112
Figura 38 - Classes de declividade utilizada.....	112
Figura 39 - Cores utilizadas para cada orientação de vertente.....	113
Figura 40 - Paleta de cores utilizada no mapeamento termo-higrométrico	115
Figura 41 - Planilha no Ambiente Excel Utilizada para estimar a Evapotranspiração Potencial	117
Figura 42 - Representação Gráfica da metodologia utilizada para construção do mapa das unidades microclimáticas do PEI/RS	118
Figura 43 - Mapa de Temperaturas, umidade relativa do ar e horas de umidade relativa maior ou igual a 95% em junho.....	120
Figura 44 - Gráfico de Frequência da Direção do Vento no mês de Junho	123
Figura 45 - Mapa de temperatura, umidade relativa do ar e horas de umidade relativa do ar maior ou igual a 95% em julho	126
Figura 46 - Gráfico de Frequência da Direção do Vento no Mês de Julho.....	129
Figura 47 - Mapa de temperatura, umidade relativa do ar e horas de umidade relativa maior ou igual a 95% em agosto	132
Figura 48 - Mapas de temperatura e umidade relativa do ar no inverno.....	136
Figura 49 - Gráfico de frequência da direção do vento no inverno	139
Figura 50 - Mapa de temperatura e umidade relativa do ar em setembro.....	142
Figura 51 - Gráfico de Frequência da Direção do Vento no Mês de Setembro	144
Figura 52 - Áreas úmidas e de banhado nas imediações da Lagoa Negra	146
Figura 53 - Mapa de temperaturas e umidade relativa do ar em outubro	148
Figura 54 - Gráfico de frequência da direção do vento no mês de outubro.....	150
Figura 55 - Mapa das temperaturas e umidade relativa do ar em novembro	152
Figura 56 - Gráfico de frequência da direção do vento no mês de novembro	155
Figura 57 - Mapa das temperaturas e umidade relativa do ar na primavera	157
Figura 58 - Gráfico de frequência da direção do vento em período de primavera.....	159
Figura 59 - Mapa de temperatura e umidade relativa do ar em dezembro.....	161
Figura 60 - Gráfico de frequência da direção do vento no mês de dezembro.....	163
Figura 61 - Vista área parcial do setor SE do PEI, ao fundo Ponta das Desertas e ventos predominantes em dezembro	164
Figura 62 - Mapas das temperaturas e umidade relativa do ar em janeiro.....	168
Figura 63 - Gráfico de Frequência da direção do Vento no Mês de janeiro	171
Figura 64 - Mapas das temperaturas e umidade relativa do ar em fevereiro	173
Figura 65 - Gráfico de Frequência da Direção do Vento no Mês de Fevereiro	175
Figura 66 - Mapas das temperaturas e umidade relativa do ar no verão.....	177
Figura 67 - Gráfico de Frequência da Direção do Vento no Período do Verão.....	181
Figura 68 - Mapas das temperaturas e umidade relativa do ar em março.....	182
Figura 69 - Gráfico da velocidade média mensal dos ventos	184
Figura 70 - Mapas das Temperaturas e umidade relativa do ar em abril	186
Figura 71 - Gráfico de frequência da Direção do Vento no Mês de Abril.....	188
Figura 72 - Mapas das temperaturas e umidade relativa do ar em maio.....	190
Figura 73 - Gráfico de Frequência da Direção do Vento no Mês de Maio.....	192

Figura 74 - Mapa de temperatura e umidade relativa do ar no outono.....	194
Figura 75 - Gráfico de Frequência da Direção do Vento em Período de Outono	196
Figura 76 - Mapas das temperaturas e umidade relativa média Anual.....	198
Figura 77 - Gráfico de Frequência Anual da Direção do Vento.....	202
Figura 78 - Perfil topográfico no sentido Leste-Oeste, a partir do Oceano Atlântico até o Morro do Campista/PEI.....	206
Figura 79 - Tipo de cobertura da terra predominante no Morro do Campista.....	207
Figura 80 - Perfil Topográfico no sentido Noroeste-Sudeste do PEI.....	212
Figura 81 - Perfil Topográfico no sentido Norte-Sul do PEI	214
Figura 82 - Perfil Topográfico no sentido Sudoeste-Nordeste do PEI.....	218
Figura 83 - Cobertura da terra no P7 durante a estação verão.....	219
Figura 84 - Gráfico de dispersão e coeficiente de correlação (R^2) entre os pontos de coleta do PEI para julho	231
Figura 85 - Gráfico de dispersão e coeficiente de correlação (R^2) entre os pontos de coleta do PEI para janeiro	232
Figura 86 - Mapa das Unidades Microclimáticas do PEI.....	235

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Rio Grande do Sul - Tipos de clima e sua distribuição nas unidades geomorfológicas	81
Quadro 2 - Organização das escalas espacial e temporal do clima	87
Quadro 3 - Pontos de coleta, sua denominação e características geográficas	97
Quadro 4 - Principais Controles climáticos identificados em cada unidade microclimática.....	247

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tmin e Tmax absoluta do ar em cada ambiente, horário, mês de ocorrência e amplitude térmica entre junho de 2017 e maio de 2018.....	204
Tabela 2 - Período do dia de maior concentração de Tmin e Tmax do ar em cada ambiente	224
Tabela 3 - Menor e maior valor de temperatura média horária de cada ambiente	228
Tabela 4 - Valores anuais dos elementos climáticos em cada unidade microclimática	236

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

APA	–	Anticiclone Polar Atlântico
ASAS	–	Anticiclone semifixo do Atlântico Sul
AT	–	Amplitude Térmica
CAD	–	Capacidade da Água Disponível
CB	–	Cúmulos-nimbos
Cf	–	Chuvas Iguamente distribuídas ao Longo do Ano
Cfa	–	Clima Subtropical Úmido
Cfalg'n	–	Clima Subtropical Úmido e sem Estiagem
Cs	–	Chuvas de Inverno
Cw	–	Chuvas de Verão
E	–	Leste
ETP	–	Evapotranspiração Potencial
FPA	–	Frente Polar Atlântica
FPA	–	Frente Polar Atlântica
GDRS	–	Geossistema de Depressão do Rio São Francisco
GPSF	–	Geossistema do Planalto do Rio São Francisco
GSMC	–	Geossistema da Serras da Mãe Joana e do Cardoso de Minas
h	–	Horas
IBAMA	–	Instituído Brasileiro do Meio Ambiente
m	–	Metros
mEc	–	Massa Equatorial Continental
min	–	Minutos
mm	–	Milímetros
mPa	–	Massa Polar Atlântica
mPv	–	Massa Polar Velha
mTa	–	Massa Tropical Atlântica
MTAc	–	Massa Tropical Atlântica Continental
mTc	–	Massa Tropical Continental
N	–	Norte
NE	–	Nordeste

NHF	–	Número de Horas de Frio
NO	–	Noroeste
°C	–	Graus Celsius
ODS	–	Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
PDSI	–	Precipitação E Índice De Seca
PEI	–	Parque Estadual de Itapuã
RPPN	–	Reserva Particular do Patrimônio Natural
RS	–	Rio Grande do Sul
S	–	Sul
SE	–	Sudeste
SEUC	–	Sistema Estadual de Unidades de Conservação
SNUC	–	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SO	–	Sudoeste
SP	–	São Paulo
SRTM	–	Missão Topográfica Rader Shuttle
STUN	–	Subtropical Úmido
Tmax	–	Temperatura Máxima
Tmed	–	Temperatura Média
Tmin	–	Temperatura Mínima
UC	–	Unidades de Conservação
UFMG	–	Universidade Federal de Minas Gerais
UR	–	Umidade Relativa do Ar
W	–	Oeste
ZCAS	–	Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	29
2. O PARQUE ESTADUAL DE ITAPUÃ (PEI)	33
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	55
3.1. O ESTUDO DO CLIMA EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA LITERATURA INTERNACIONAL	55
3.2. O ESTUDO DO CLIMA EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO REALIZADAS NO BRASIL	59
3.3. A DINÂMICA DA CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA REGIONAL	66
3.4. SISTEMAS ATMOSFÉRICOS QUE ATUAM NO RIO GRANDE DO SUL.....	70
3.5. O CLIMA DO PARQUE ESTADUAL DE ITAPUÃ/PEI SEGUNDO AS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS PARA O RIO GRANDE DO SUL	73
3.6. AS ESCALAS DE ANÁLISE CLIMÁTICA.....	84
3.6.1. Escala local.....	88
3.6.2. Escala Topoclimática.....	88
3.6.3. Escala Microclimática	89
3.7. ATRIBUTOS CLIMÁTICOS CONSIDERADOS	91
4. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	95
4.1. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DOS LOCAIS DE INSTALAÇÃO	97
4.1.1 Os Sete Ambientes Seleccionados.....	98
4.1.2 Instrumento de coleta de dados	105
4.1.3 Organização e Tratamento Estatístico dos Dados de Temperatura do Ar e Umidade Relativa Do Ar.....	107
4.1.4 Construção da Base Cartográfica	111
4.1.5 O Mapeamento dos Atributos Climáticos	113
4.1.6 O mapa das Unidades Microclimáticas	117
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	119
5.1. DISTRIBUIÇÃO E VARIABILIDADE ESPACIAL DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EM ESCALA MENSAL, SAZONAL E ANUAL.....	119
5.1.1 Variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar em junho.....	119
5.1.2 Variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar em julho.....	125
5.1.3 Variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar em agosto.....	131
5.1.4 Variabilidade da temperatura e da umidade relativa do ar no inverno	135
5.1.5 Variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar em setembro.....	141
5.1.6 Variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar em outubro.....	147
5.1.7 Variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar em novembro	151
5.1.8 Variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar na primavera.....	156
5.1.9 Variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar em dezembro.....	160
5.1.10 Variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar em janeiro	167
5.1.11 Variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar em fevereiro	172
5.1.12 Variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar no verão	176
5.1.13 Variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar em março.....	181
5.1.14 Variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar em abril	185
5.1.15 Variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar em maio	189
5.1.16 Variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar no outono.....	193
5.1.17 Variabilidade das temperaturas e da umidade relativa do ar ao ano	197
5.2. VARIABILIDADE DA TEMPERATURA DO AR NO PEI EM ESCALA TEMPORAL HORÁRIA	204

5.2.1 Fatores e/ou controles climáticos que influenciam na ocorrência da Temperatura Mínima (Tmin) em cada ambiente	204
5.2.2 Quanto ao horário de ocorrência dos menores valores de temperatura mínima absoluta	210
5.2.3 Quanto ao mês de ocorrência dos menores valores de temperatura mínima absoluta do ar horária	215
5.2.4 Fatores e/ou Controles Climáticos que influenciam nas Temperaturas Máximas Absolutas em cada ambiente	216
5.2.5 Quanto ao horário de ocorrência dos maiores valores de temperatura máxima absoluta do ar	221
5.2.6 Quanto ao mês de ocorrência do maior valor de temperatura máxima absoluta do ar	222
5.2.7 A amplitude térmica registrada em cada ambiente	222
5.2.8 Sobre o período de maior concentração das temperaturas mínimas e máximas absolutas do ar em cada ambiente	224
5.2.8.1. Período do dia de maior concentração de Tmin em cada ambiente	224
5.2.8.2. Período do dia de maior concentração de Tmax em cada ambiente.....	226
5.2.9 As temperaturas médias horárias.....	227
5.2.9.1. As menores temperaturas médias horárias	228
5.2.9.2. As maiores temperaturas médias horárias	229
5.2.9.3 Método estatístico da correlação linear simples aplicada aos dados horários de temperatura do ar.....	230
5.3. UNIDADES MICROCLIMÁTICAS DO PEI.....	235
5.3.1 Unidade microclimática das Praias e Encostas.....	236
5.3.2 Unidade microclimática Praia de Fora.....	239
5.3.3 Unidade microclimática Lagoa do Bosque	241
5.3.4 Unidade microclimática dos Morros.....	243
5.3.5 Unidade microclimática dos Campos Naturais.....	245
6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	251
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	259
ANEXO I.....	275
ANEXO II.....	279

1. INTRODUÇÃO

Apesar de antiga, a preocupação com o meio ambiente e sua efetiva proteção à biodiversidade ganharam maior notoriedade e estudo a partir do ano de 1972, com a primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente, realizada na cidade de Estocolmo/Suécia (FERRARI, 2014). Entre as políticas e ações contemporâneas voltadas ao desenvolvimento sustentável está a criação de áreas destinadas à conservação ambiental, com objetivo de combater os impactos produzidos pelo homem ao meio ambiente.

No Brasil, as áreas de conservação ambiental são espaços legalmente instituídos pelo poder público, cuja finalidade é preservar diferentes populações, habitats e ecossistemas dentro do território nacional (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017). Um dos marcos mais importante em prol das áreas protegidas no país foi a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), estabelecida pela Lei Federal de nº 9.985/2000, e regulamentada pelo Decreto n.º 4.340/2002, cujos critérios de criação, implantação e gestão estão definidos (BRASIL, 2000).

De acordo com a regulamentação supracitada, as áreas protegidas se dividem em dois grandes grupos, conforme seus objetivos e características de manejo. O grupo das Unidades de Proteção Integral são áreas de domínio público ou privado destinadas à preservação ambiental, sendo admitido apenas o uso indireto de seus recursos naturais em atividades como pesquisa científica e turismo ecológico. Enquanto as Unidades de Uso Sustentável têm como objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais (BRASIL, op cit.).

No Rio Grande do Sul, a implantação das primeiras unidades de conservação ocorreu na década de 1940, e foram criadas pelo antigo Instituto Nacional do Pinho. Atualmente, o Estado tem sob sua responsabilidade 300.669,79 hectares de áreas protegidas em unidades de conservação, o que corresponde a 1% do seu território. Destes, 71,3% (214.431,39 ha) se encontram em unidades de conservação de uso sustentável e 28,7%, (86.238,4 ha) em áreas de proteção integral (CHAVES, 2014).

Entre as unidades de proteção integral do Rio Grande do Sul têm-se os Parques Estaduais, áreas destinadas à preservação de ecossistemas naturais onde é permitido realizar pesquisas científicas e desenvolver atividades de educação e interpretação ambiental, assim como turismo ecológico e atividades de recreação em contato com a natureza (BRASIL, 2000).

No âmbito das unidades de conservação (UC), o clima é um dos elementos físicos de grande importância, pois influencia direta/indiretamente nos processos naturais de pedogênese, evolução e formas de relevo, vertentes, disponibilidade hídrica e também na distribuição espacial de sua biodiversidade. Portanto, direcionar o olhar e o pensar geográfico para áreas de proteção à natureza, a partir de uma perspectiva climática é de suma importância para entender as diferenças físico-geográficas desses espaços, assim como para seu planejamento estratégico. Uma vez que, segundo Almeida e Wollmann (2020), a dinâmica e características climáticas locais são essenciais para o desenvolvimento de atividades educativas voltadas à conservação e preservação ambiental nos âmbitos das três esferas da administração pública brasileira.

Entretanto, apesar de reconhecida importância, estudos climáticos em ambientes de conservação são poucos e incipientes no Brasil, sobretudo, no estado do Rio Grande do Sul, logo, se constitui em um campo de pesquisa ainda preterido pela Climatologia Geográfica Brasileira, pois são poucas pesquisas com esse viés investigativo. Entre as pesquisas realizadas no Rio Grande do Sul merecem destaque os trabalhos de Baratto, Wollmann e Hoppe (2013); Wollmann e Simioni (2013); Wollmann (2014); Simioni e Wollmann (2016); Wollmann, Simioni e Iense (2016); Almeida e Wollmann (2020) e Almeida, Wollmann e Hoppe (2019).

No final da primeira década do século XXI, Armani (2009) acreditava numa tendência de retomada do conhecimento sobre áreas naturais pela Geografia, no entanto, até aquele momento, os trabalhos de climatologia urbana eram os mais frequentes. Passados alguns anos, Wollmann e Simioni (2013) e Simioni e Wollmann (2016a, 2016b) destacam que, no Brasil, os estudos climáticos relacionados às unidades de conservação continuam sendo minoria dentro da seara geográfica, mesmo após a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Aqui o clima é considerado uma das características regionais e, por tal razão, merece atenção dos órgãos competentes, sobretudo, na construção dos planos de manejo dessas áreas.

Mais recentemente, ao pesquisar em anais dos últimos dois Simpósios Brasileiros de Climatologia Geográfica, ainda se observa uma predileção pelos estudos climáticos em áreas urbanas, quando comparado aos realizados em ambientes naturais. Fato semelhante ocorre em outras áreas do conhecimento, sobretudo, nas ciências naturais, onde maioria das publicações relacionadas aos espaços protegidos possui, segundo Martins (2012), seus pressupostos teóricos-metodológicos ancorados na ecologia e na biologia da conservação.

Sendo, portanto, o clima, negligenciado por esse campo de investigação científica, tendo em vista que, na maioria das vezes, as investigações em espaços naturais se restringem ao conhecimento da flora e fauna local, e não de seu clima local, elemento natural, de suma importância para ocorrência de espécies endêmicas em áreas de ecossistemas protegidos.

Tais constatações desencadearam reflexões sobre o tema, ao mesmo tempo que motivaram o interesse em pesquisar sobre o clima em Unidades de Conservação (UC), a partir da interação entre os fatores/controles climáticos locais e a variabilidade dos elementos atmosféricos. Isso, porque, segundo Andrade (2016, p. 401), “a realidade climática pode se apresentar em diversas escalas espaciais, em cada grandeza escalar, um conjunto de relações entre fatores e elementos climáticos se estabelece para determinar as características do clima”.

Portanto, partindo-se do pressuposto que o microclima é um desdobramento ou subunidade do clima local, quais fatores/controles climáticos locais são capazes de individualizar microclimas no Parque Estadual de Itapuã/RS (PEI)?

Com base no problema supracitado a seguinte hipótese será testada:

A existência de diferentes tipos de cobertura da terra, topografia, altitude, exposição de vertentes e presença de corpos hídricos são os principais controles climáticos locais responsáveis pela individualização de microclimas no PEI.

A fim de testar a hipótese alçada, a pesquisa tem como objetivo geral verificar a variabilidade espaço-temporal da temperatura do ar e suas variantes, e do campo higrométrico em diferentes ambientes fisiográficos do Parque Estadual de Itapuã/RS, e como **objetivos específicos**:

- Caracterizar o PEI em seus aspectos físico-geográficos, por meio de mapas temáticos de Geologia, Geomorfologia, Hipsometria, Declividade, Orientação de Vertente, Hidrografia e Cobertura da Terra;

- Representar e analisar a variabilidade espacial e temporal da temperatura do ar e suas variantes, umidade relativa do ar e das horas de umidade maior ou igual a 95% dos diferentes ambientes fisiográficos, por meio de mapas mensais, sazonais e anuais, tendo como referência o período de junho de 2017 a maio de 2018;

- Analisar a variabilidade dos elementos atmosféricos considerados e sua relação com os controles/fatores climáticos locais de cobertura da terra, topografia, altitude, exposição de vertentes e presença de corpos hídricos;

- Propor unidades microclimáticas, a partir das características geográficas da UC, variabilidade dos elementos meteorológicos observados e atuação dos principais

fatores/controles climáticos locais identificados no PEI e responsáveis por essas variabilidades.

O desenvolvimento da pesquisa é justificado pela inexistência de caracterização climática do PEI em escala microclimática, tendo em vista a apresentação sucinta e generalizada de seu clima no Plano de Manejo, baseado apenas em dados climáticos de escala regional (RIO GRANDE DO SUL, 1996). Essa realidade dificulta o conhecimento pormenorizado de suas características climáticas locais, especialmente de seus diferentes ambientes fisiográficos.

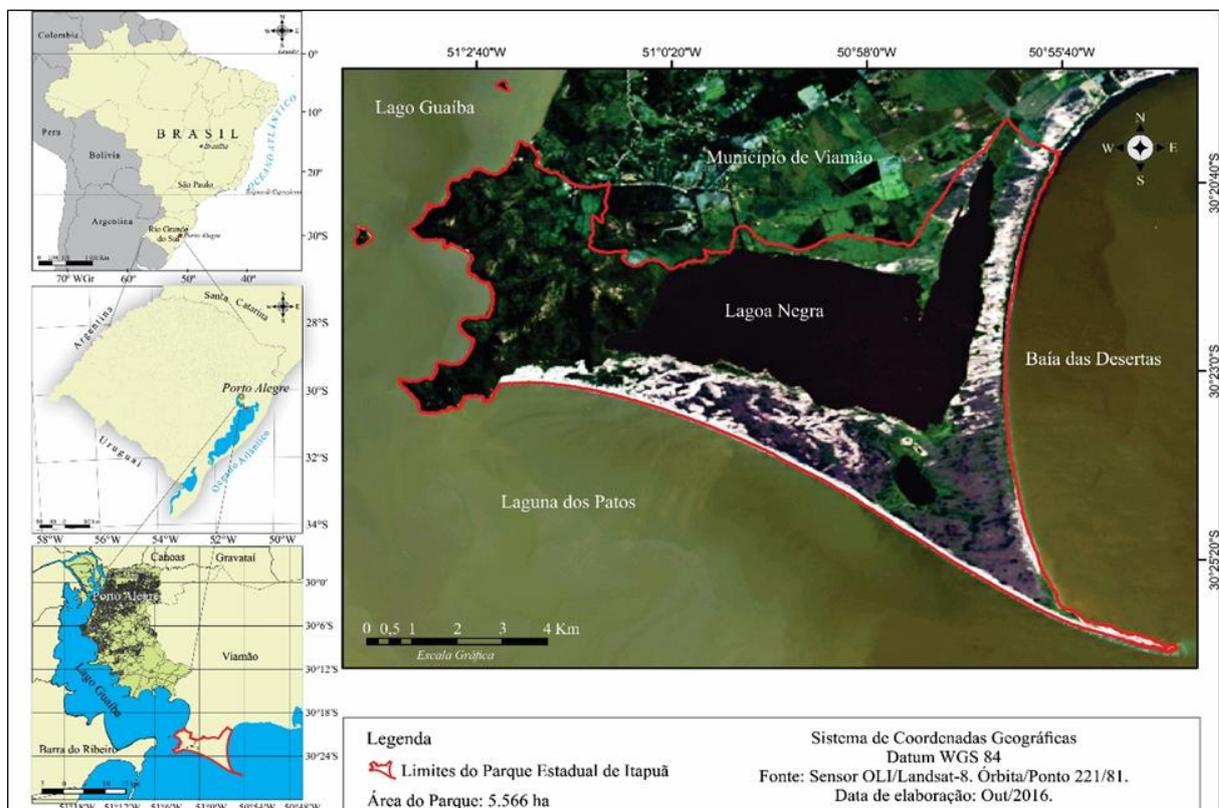
Portanto, no intuito de sanar essa lacuna, a presente tese busca ampliar a escala de análise climatológica do PEI, por entender que, a partir de dados obtidos em campo e, em diferentes ambientes da UC, é possível conhecer a variabilidade dos elementos meteorológicos em estudo nas camadas de ar mais próximas ao solo. Tendo em vista que a rugosidade, cor, textura, proximidade a corpos d'água e a presença ou ausência de vegetação sobre as superfícies são elementos/fatores locais que promovem diferenciação entre as trocas energéticas e gasosas que irão, por sua vez, modificar o comportamento do ar circundante (RIBEIRO, 1993).

E dependendo da interação entre os fatores/controles climáticos locais e a variabilidade dos elementos atmosféricos, microclimas diferenciados podem se individualizar dentro do espaço territorial do PEI, cuja existência pode ajudar a entender melhor o porquê da distribuição e ocorrência de determinadas espécies endêmicas locais. Assim como, pode auxiliar gestores e profissionais de educação na tomada de decisão técnica e operacional para atividades de educação ambiental, que incluía interpretação geográfica do clima e da própria UC nesse espaço de grande relevância ecológica e cênica para o estado do Rio Grande do Sul.

2. O PARQUE ESTADUAL DE ITAPUÃ (PEI)

O Parque Estadual de Itapuã (PEI), criado em 1973, é uma unidade de proteção integral, que faz parte do Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC) do Rio Grande do Sul. Atualmente, o parque possui 5.566,50 ha e se situa em frente ao encontro das águas do Lago Guaíba com a Laguna dos Patos, dois corpos d'água de grande importância para o estado e, está inserido na Bacia Hidrográfica do Guaíba, que integra as chamadas Bacias do Sudeste (RIO GRANDE DO SUL, 1996). Localizado no distrito de Itapuã, município de Viamão, está entre as coordenadas de latitude 30° 20' S e 30° 27' S, e de longitude 50° 50' W e 51° 05' W (Figura 1).

Figura 1 - Localização do Parque Estadual da Itapuã em relação à região metropolitana de Porto Alegre, estado do Rio Grande do Sul e Brasil



Elaboração: O autor

O PEI é uma unidade de conservação que dista a 57 km do centro da capital gaúcha e, segundo Nicolodi (2002), é composto por um mosaico de ecossistemas que inclui campos, restingas, ilhas, praias e morros, que abrigam um grande número de espécies animais e vegetais característicos do estado do Rio Grande do Sul. Esses ecossistemas incluem também algumas espécies ameaçadas de extinção como a lontra, o jacaré de papo amarelo e o bugio ruivo.

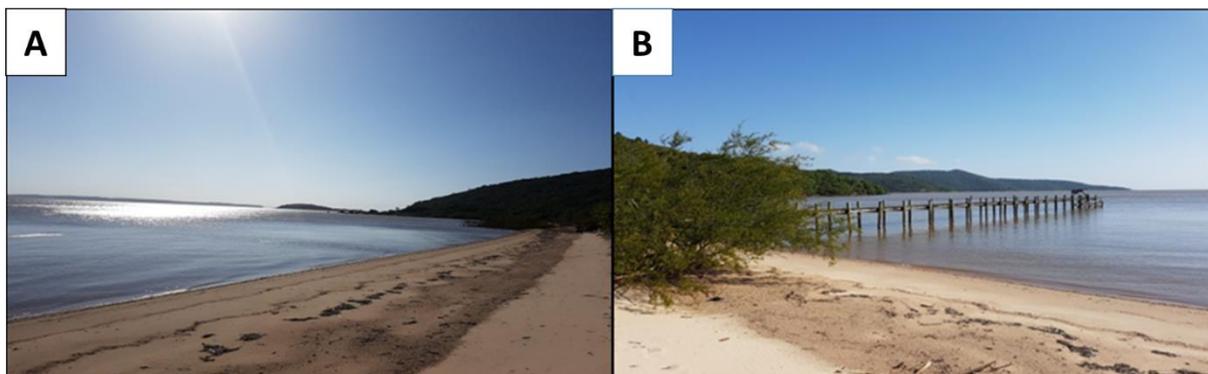
Conforme Silva e Fallavena (1981), o parque abriga paisagens naturais como morros graníticos cobertos por campos e florestas subtropicais com muitos elementos da Mata Atlântica, assim como banhados, dunas, restingas e praias. Por isso, apresenta-se como uma das últimas amostras dos ecossistemas originais e um dos últimos refúgios para a vida silvestre da região metropolitana de Porto Alegre.

Segundo Dias e Silva (2013), pesquisas arqueológicas, realizadas entre os anos de 1970 e 2010, na região, atestam a presença de uma ocupação pré-colonial associada a 37 sítios arqueológicos da Tradição Guarani, que interligava o delta do Jacuí com os pontais e ilhas, estendendo-se até a desembocadura do lago Guaíba com a laguna dos Patos. Na área correspondente ao PEI foram registrados onze sítios arqueológicos da Tradição Guarani distribuídos em quatro ambientes: nas praias do lago Guaíba, nas ilhas, nos morros graníticos e nas margens da Lagoa Negra. De acordo com Zontea (1994 apud IRGANG, 2003) o significado da palavra Itapuã é de origem indígena guarani e quer dizer “ponta de pedra”, ou ainda, pedra levantada com aspecto de ponta.

A partir da primeira metade do século XVIII, a área foi colonizada por imigrantes portugueses, via distribuição de sesmarias, nos chamados Campos de Viamão. Parte dos Campos de Itapuã foi ocupada por aproximadamente sessenta casais açorianos, que formaram a Vila Real de Senhora Santana do Morro Grande. É nesse período que o primeiro proprietário da sesmaria de Itapuã, o padre português, José dos Reis veio de Laguna/SC para se estabelecer na região (XAVIER, 1976 apud IRGANG, 2003).

De acordo com Cirne; Nicolini (1985) entre os anos de 1835 e 1845 ocorreram na região fatos importantes da Revolução Farroupilha, onde para impedir os avanços das embarcações imperialistas vindas do Rio de Janeiro, os Farrapos montaram fortes nos morros hoje conhecidos por Morro de Itapuã e Morro da Fortaleza. No final do século XIX, a região ganha importância ao se transformar em sede do distrito de Itapuã e, segundo Lange e Guerra (2002), foi nesta época que a enseada das Pombas é transformada em Porto da Estância, por onde era transportada toda produção de Viamão. Ainda hoje, na praia das pombas existem restos de um antigo ancoradouro, conhecido como a Ponta do Trapiche (Figura 2).

Figura 2 - Fotografias da Praia da Pedreira, A) vista do sentido leste/oeste e B) vista do trapiche sentido norte/sul



Fonte: Arquivo do autor (novembro de 2016).

Entre as atividades econômicas tradicionais da região está a atividade pesqueira, que começou ser organizada em 1923, via fundação da Colônia de Pescadores Z-4, que na época possuía 150 pescadores associados, concentrados, principalmente, na Vila de Itapuã (Figura 3) e nas praias do Sítio e da Pedreira (IRGANG, 2003).

Figura 3 - Igreja Nossa Senhora dos Navegantes localizada no centro da Vila de Itapuã



Fonte: Arquivo do autor (junho de 2018).

Nos anos de 1970, por conta da extração do granito rosa nas pedreiras, a região tornou-se um importante polo de atividade econômica, a qual abastecia inclusive o mercado internacional (BRASIL, 1982). Em virtude desta atividade econômica surge, na mesma época,

um movimento ambientalista, que reivindicava o fechamento das pedreiras de Itapuã, tendo como principal liderança, José Lutzemberger, presidente da recém-criada Associação Gaúcha de Proteção ao Ambiente Natural (AGAPAN), uma organização que motivou a criação do Parque Estadual de Itapuã.

Assim, em 1973, uma área de 1.535ha foi decretada de utilidade pública para a criação do complexo turístico de Itapuã, dando início a desapropriação da área. A partir de então, vários decretos e estudos indicaram a preservação da área para o aproveitamento turístico, que até os anos de 1990, ficou sob a administração de vários órgãos estaduais, estando exposto a uma larga visitação desordenada, chegando ter mais de 1.000 casas de veraneio e receber cerca de 10.000 pessoas nos feriados de carnaval (RIO GRANDE DO SUL, 1996).

A partir de 1990, a administração do PEI passa para o Departamento dos Recursos Naturais Renováveis, hoje, Departamento de Florestas e Áreas Protegidas/Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA), sendo a primeira medida adotada pela nova gestão, promulgar o Decreto nº 33.886/1991, que transformou o então complexo turístico em uma Unidade de Conservação de Proteção Integral. O decreto de criação amplia sua área para os atuais 5.566,50 hectares, nos quais foram incluídos a Lagoa Negra, as Ilhas das Pombas, Junco e Ponta Escura (RIO GRANDE DO SUL, 1996).

Essa medida, segundo Irgang (2003), facilitou as decisões judiciais para retirada das ocupações ilegais, um processo tumultuado, que ocorreu entre os anos de 1991 e 1996. Em decorrência disso, e por medida de segurança e proteção, as visitas na área foram suspensas até o ano de 2002, quando foi reaberta, sendo novamente fechada entre fevereiro de 2016 e janeiro de 2017, devido à ausência de funcionários na área de limpeza e manutenção (SEMA, 2018).

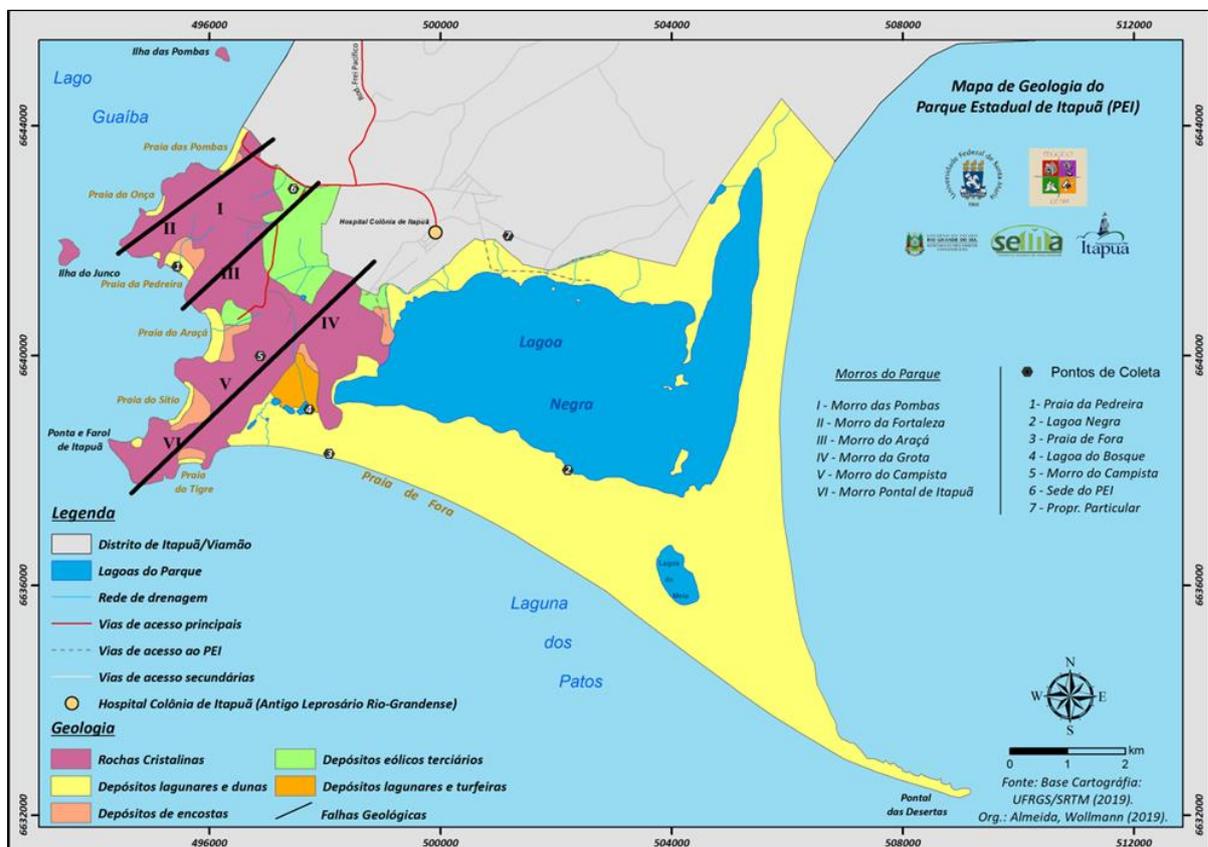
Em síntese, o Parque Estadual de Itapuã foi constituído por terras desapropriadas via Decreto de nº 22.535, de 14 de julho de 1973; Decreto nº 25.162, de 23 de dezembro de 1976; Decreto nº 33.886, de 11 de março de 1991; e pelo Decreto nº 35.016, de 21 de dezembro de 1993. Hoje, a área é uma UC que pertence ao grupo de proteção integral da categoria Parque, totalmente regularizada (SEMA, 2020). Sendo considerado patrimônio público inalienável, cuja concessão ou cedência são proibidas, assim como qualquer atividade ou empreendimento público ou privado, que danifique ou altere suas características naturais (RIO GRANDE DO SUL, 1996).

Quanto aos aspectos físico-geográficos, o PEI pode ser caracterizado pela sua geologia que reúne diferentes tipos litológicos (Figura 4), identificados por cinco categorias: 1) as rochas cristalinas situadas a oeste, noroeste e sudoeste; 2) os Depósitos de Encostas,

localizados nos sopés dos morros graníticos, especialmente em áreas de contato com os Depósitos Lagunares e Dunas encontrados nas praias das Pombas, Pedreira, Araçá, Sítio e Tigre; 3) Depósitos Eólicos, presentes em área limítrofe ao Hospital Colônia de Itapuã e em ponto de desgaste/erosão de rochas cristalinas presentes na encosta sul do Morro do Araçá; 4) Depósitos Lagunares e Turfeiras em fundo de vale localizado ao norte do conjunto lagunar, entre o morro do Campista e o morro da Grota; e 5) os Depósitos Lagunares e Dunas, situados ao Sul, Norte e Leste da UC e ao longo da extensa linha de praia formada pelo Lago Guaíba e Laguna dos Patos.

Deve-se acrescentar ainda a presença de três falhas geológicas no sentido sudoeste/nordeste, localizadas ao oeste do PEI, em área de rochas cristalinas, onde as maiores elevações do terreno são encontradas.

Figura 4 - Mapa Geológico do Parque Estadual de Itapuã (PEI)



Fonte: Adaptado do Mapa Geológico do Rio Grande do Sul em escala 1:750.000 disponibilizado pelo Serviço Geológico do Brasil/CPRM

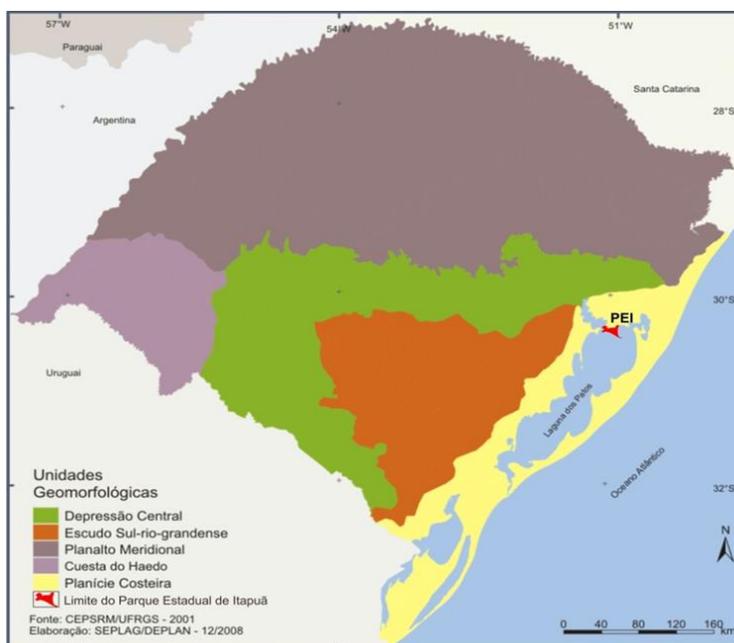
Quanto aos aspectos geomorfológicos, o relevo do Rio Grande do Sul é dividido em cinco unidades geomorfológicas: Depressão Central, Escudo Sul-Rio-Grandense, Planalto Meridional, Cuesta do Haedo e Planície Costeira (Figura 5).

Ao considerar a posição geográfica do PEI, observa-se que a UC está totalmente inserida na Planície Costeira/Litorânea, entretanto, segundo seu Plano de Manejo (1996), coexistem no parque duas unidades geomorfológicas: o Escudo Sul-Rio-Grandense e a Planície Litorânea. No Escudo, as rochas cristalinas datam da Era Pré-Cambriana como o Granito Ponta Grossa e as rochas metamórficas do grupo Cambaí, afloramentos rochosos equivalentes aos morros e coxilhas com altitudes entre 50 e 300 metros, formados por rochas duras e rígidas de afloramentos fendilhados e diaclases alinhadas com predomínio da direção geral nordeste-sudoeste, enquanto na Planície Costeira as formas de relevos se apresentam como superfícies planas ou levemente onduladas.

Sobre as formas de relevo no PEI, o Plano de Manejo menciona que:

Além destes dois maiores tipos de relevo, ocorrem formas de transição como os taludes formados aos sopés dos morros, com níveis altimétricos entre 10 e 60 metros, constituídos por depósitos aluvionais argilo-arenoconglomerático, arcoseanos e subarcoseanos. Em decorrência do ambiente climático subtropical úmido com abundante precipitação, aparece acentuado intemperismo químico das rochas, acompanhado pela ação erosiva pluvial e fluvial, originando pequenos cones aluviais, voçorocas e terraços fluviais. Associadas aos ambientes costeiros existem também características geomorfológicas que pertencem tanto à categoria das formas de erosão quanto às de acumulação (RIO GRANDE DO SUL, 1996, p. 28).

Figura 5 - Unidades Geomorfológicas do Rio Grande do Sul



Fonte: Adaptado de SEPLAG/DEPLAN, 2008.

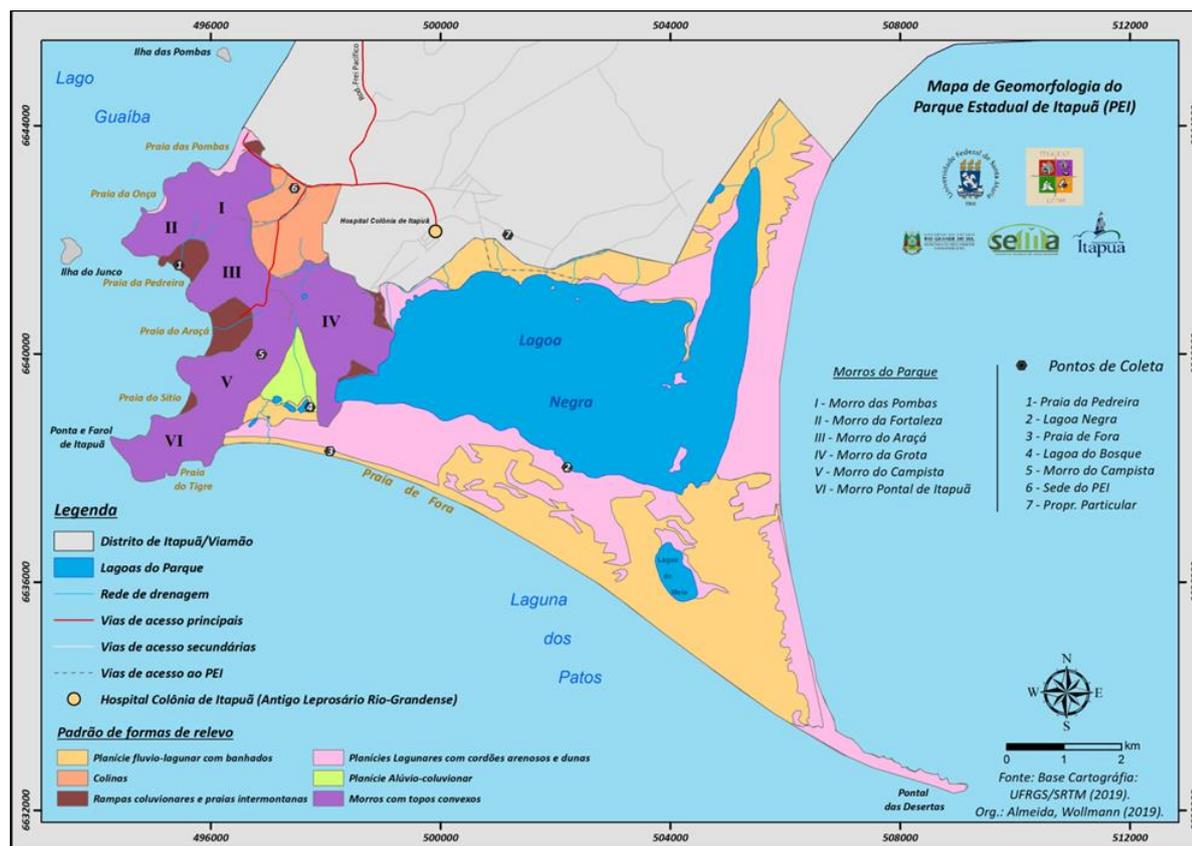
Ainda de acordo com o Plano de Manejo, grande parte da geomorfologia local está condicionada à distribuição de rochas aflorantes, uma vez que:

Existe correlação entre os depósitos sedimentares e as extensas planícies do leste, bem como entre o relevo mais elevado e acidentado do oeste e as rochas cristalinas, ígneas ou metamórficas. As rochas que afloram, são sedimentos não consolidados, depositados durante o período Quaternário e que estão representadas por três conjuntos de litologias: a Formação Chuí (deposição desde o Pleistoceno, entre um milhão de anos e dez mil anos atrás) que aflora no extremo leste da área; a Formação Itapuã (transição Pleistoceno-Holoceno, há dez mil anos), aflora a oeste da anterior e depósitos sedimentares do período Holoceno (últimos dez mil anos). No geral, são materiais arenosos e argilosos que se depositaram durante a era Cenozóica superior, em função dos eventos transgressivos e regressivos marinhos, num processo que caracteriza a formação de toda a planície costeira gaúcha. Todo o conjunto sedimentar está assentado sobre um substrato rochoso muito antigo, representado pelas rochas ígneas intrusivas (o granito Ponta Grossa) e metamórficas (migmatitos homogêneos) que pertencem ao chamado Grupo Cambaí, de idade pré-cambriana, com mais de 500 milhões de anos (RIO GRANDE DO SUL, 1996, p. 28-29).

As formas de relevo encontradas na UC estão assentadas sobre as unidades geológicas do Escudo e da Bacia Sedimentar de Pelotas, cujas unidades geomorfológicas correspondem respectivamente ao Escudo Sul-Rio-Grandense e a Planície Costeira.

De acordo com o Mapa Geomorfológico do PEI (Figura 6), os padrões de formas de relevo vinculados ao Escudo Sul-Rio-Grandense estão localizados na porção Oeste da UC, formada basicamente por morros com topos convexos e colinas, assim como relevos em rampas coluvionares e praias intermontanas. Entretanto, em alguns pontos desse setor, também são identificados padrões de relevo pertencente à Planície Costeira, como a Planície Lagunar com Cordões Arenosos e Dunas encontradas nas praias das Pombas e Onça e a Planície Alúvio-coluvionar entre os morros da Grota e Campista.

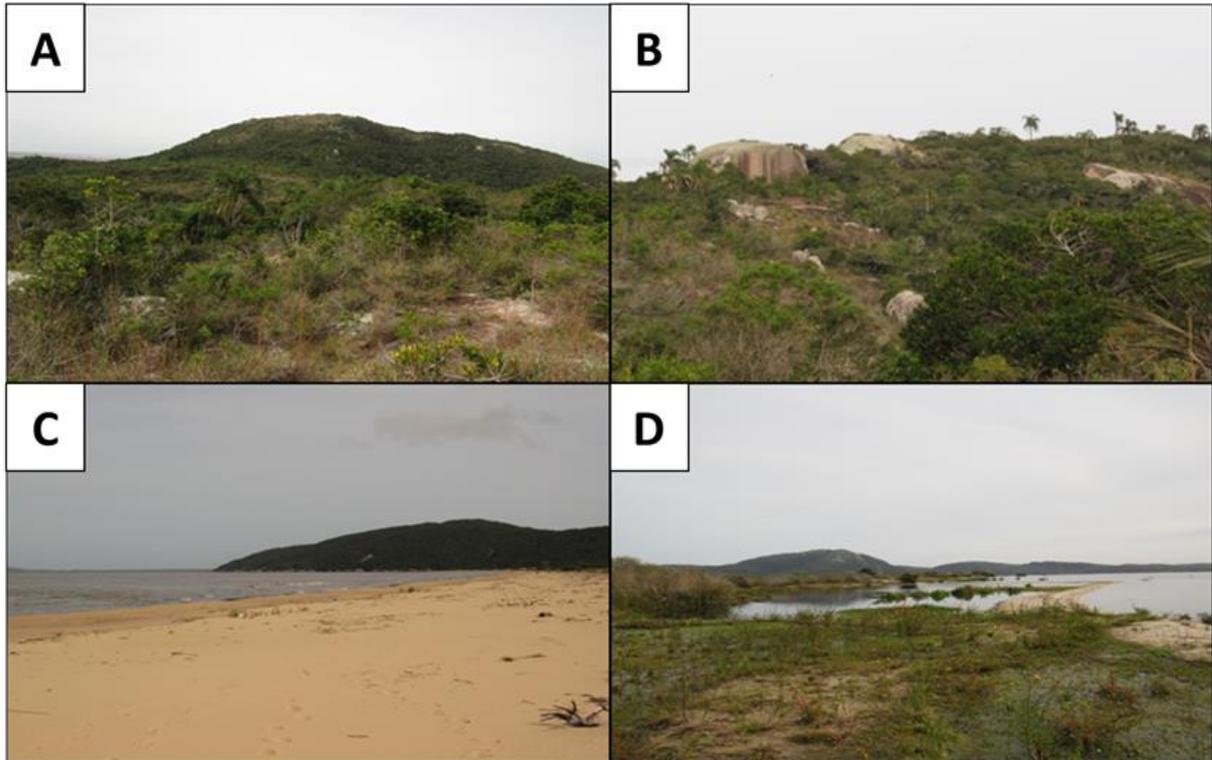
Figura 6 - Mapa Geomorfológico do Parque Estadual de Itapuã/RS



Fonte: Adaptado de Moura, N.V.S.; Hasenack, H.; Silva, L.L. UFRGS - IB - Centro de Ecologia. ISBN 978-85-63843-10-4. Disponível em: <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>.

Contudo, são nos setores Norte, Sul e Leste do PEI que as formas de relevo pertencentes à Planície Costeira predominam. No setor Norte, ocorre o predomínio da Planície Fluvio-Lagunar com banhados, intercalada, em alguns pontos, pela Planície Lagunar com Cordões Arenosos e Dunas. Enquanto ao Sul e Leste têm-se as Planícies Lagunares com Cordões Arenosos e Dunas, que margeiam praticamente todo o perímetro da Lagoa Negra e, mais ao sul e sudeste, especialmente próximo à Lagoa do Meio, a Planície Fluvio-Lagunar com Banhados, que se estende por toda linha costeira formada pela Praia de Fora na Laguna dos Patos. Algumas dessas formas de relevo podem ser visualizadas na Figura 7.

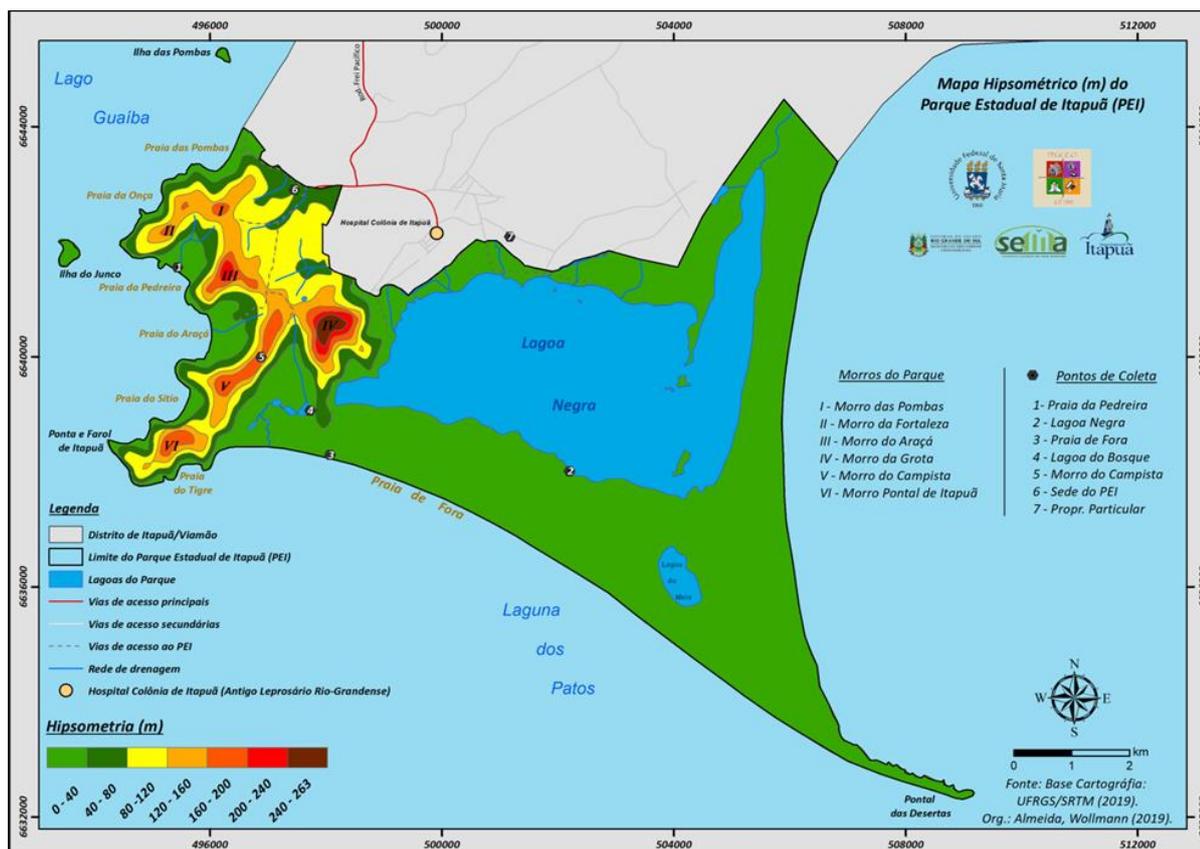
Figura 7 - A) morro da Grota ao fundo; B) Afloramento de rochas no Morro do Campista; C) No primeiro plano Planície Lagunar com Cordões Arenosos (Praia de Fora) e ao Fundo, a Presença de morros e D) Planície Lagunar com áreas de Banhado e Lagoa Negra



Fonte: Arquivos do Autor (maio de 2017).

Sobre a interrelação dos aspectos morfométricos e clima, Milanesi (2016) destaca a importância de se conhecer as altitudes do terreno, pois elas se constituem em controles climáticos, que influenciam nos gradientes térmico e pluviométrico em escalas meso e topoclimáticas, portanto, estão relacionadas à formação de ambientes microclimáticos. Nesse sentido, o mapa Hipsométrico do PEI (Figura 8) permite identificar que suas terras mais elevadas estão localizadas no setor Oeste, entre as cotas altimétrica de 120 m a 263 m de altitude em relação ao nível do mar, com os pontos mais altos encontrados nos morros da Grota (263 m), morro do Araçá (190 m), morro do Campista (182 m), morro do Pontal de Itapuã (158 m), morro das Pombas (161m) e morro da Fortaleza (149 m).

Figura 8 - Mapa Hipsométrico do Parque Estadual de Itapuã/RS



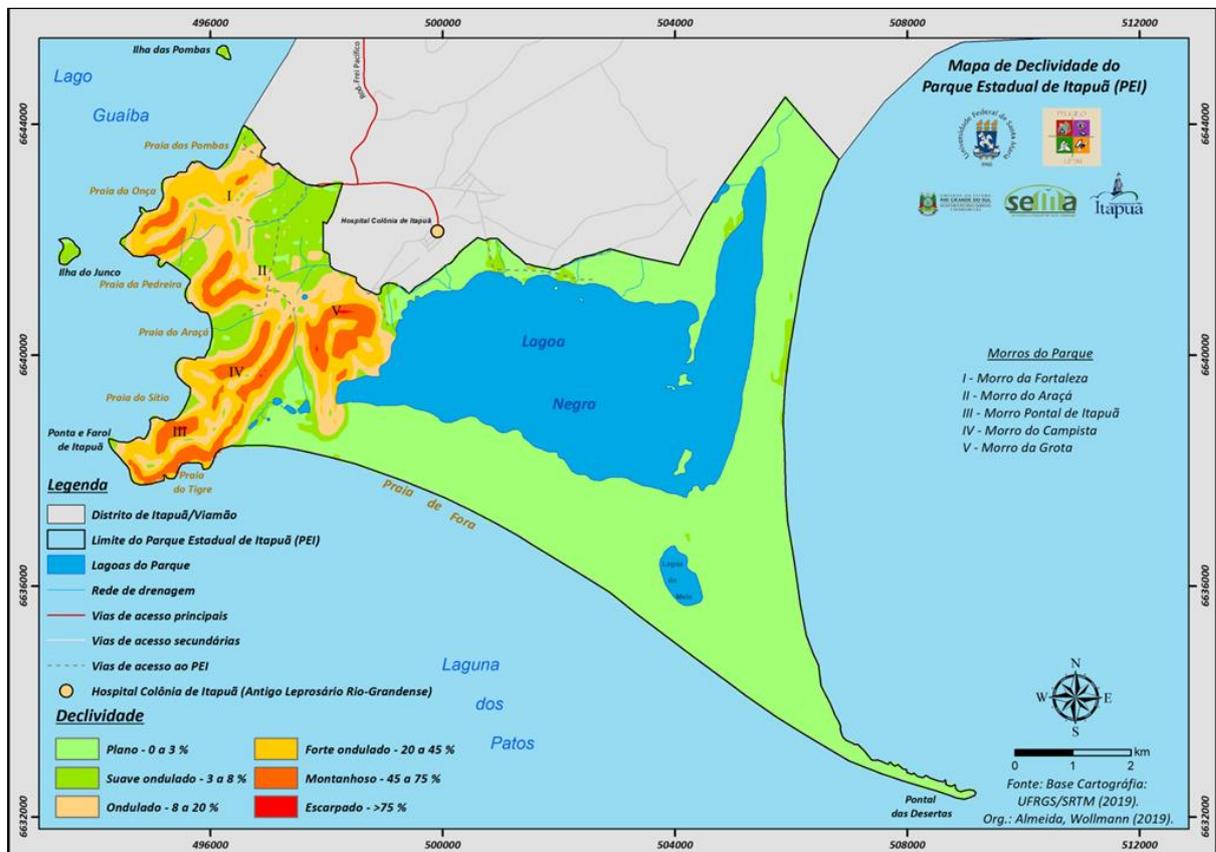
Fonte: Modelo Digital de elevação (MDE) de referência (MIRANDA, 2005) e Adaptação da base cartográfica vetorial contínua do RS - escala 1:50.000 (HASENACK; WEBER, 2010).

Enquanto as terras mais baixas, com até 40 m de altitude encontram-se localizadas nos setores sul, norte e leste da UC, sendo limitadas ao oeste pelos morros da Grota e Campista e a sudoeste pelo morro Pontal de Itapuã, cujos terrenos de menor altimetria pertencem à unidade geomorfológica da Planície Costeira, onde as altitudes estão próximas ao nível do mar. Sobre esse aspecto, o Plano de Manejo do Parque menciona que a Planície Lagunar/Costeira apresenta pequenas ondulações (dunas) devido aos depósitos eólicos, localizados, principalmente, ao sudeste da lagoa Negra (RIO GRANDE DO SUL, 1996).

Sobre o declive do terreno no PEI, a Figura 9 retrata uma UC bastante variada, pois coexistem formas de relevo entre 0% e mais de 75% de declividade. Os menores, situados entre 0% e 3%, são encontrados em todos os setores do PEI, entretanto, as maiores expressões de relevos planos ou praticamente planos estão próximo às margens da Lagoa Negra, Lagoa do Meio e ao longo da linha de praia formada pela Laguna dos Patos e Pontal das Desertas. Já os declives entre 3% e 8%, que correspondem aos terrenos suavemente ondulados, são encontrados em pontos isolados ao norte e a leste da UC e, com maior frequência, nos setores

noroeste e sudoeste, onde, na maioria das vezes, correspondem aos interflúvios que separam pequenos cursos d'água que desembocam na Lagoa Negra, Laguna dos Patos ou em outras lagoas de menor extensão na UC.

Figura 9 - Mapa de Declividade do Parque Estadual de Itapuã



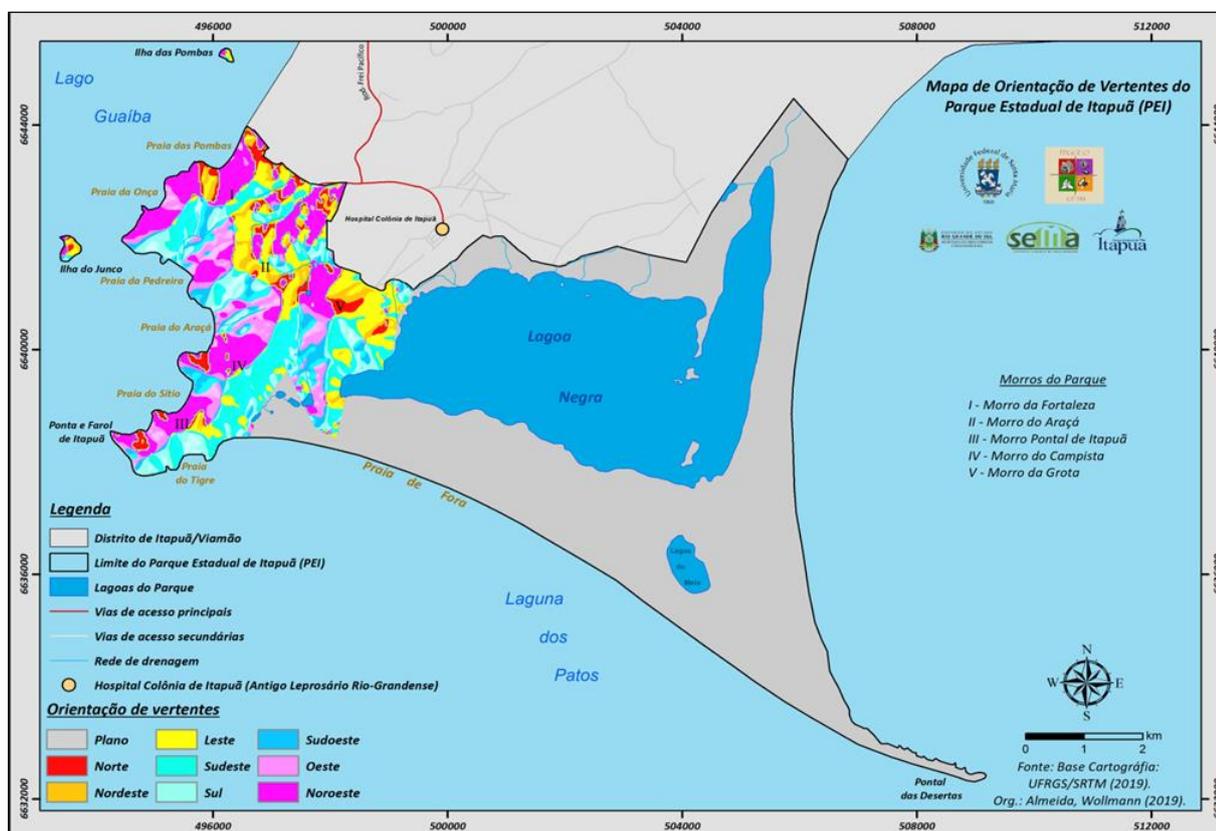
Fonte: Modelo Digital de elevação (MDE) de referência (MIRANDA, 2005) e Adaptação da base cartográfica vetorial contínua do RS - escala 1:50.000 (HASENACK; WEBER, 2010).

Já os terrenos ondulados, entre 8% e 20% de declividade, são identificados na margem oeste da Lagoa Negra e, sobretudo, no sopé dos morros localizados na porção oeste do PEI, enquanto as declividades entre 20% e 45% e entre 45% a 75%, correspondente aos terrenos fortemente ondulados e montanhosos, respectivamente, ocorrem em praticamente todo o setor oeste, com pequenas áreas de terreno escarpado, restrita aos topos dos morros da Grota, Campista e Pontal de Itapuã, onde os declives são superiores a 75%.

De acordo com o mapa de orientação de vertentes (Figura 10) é possível verificar que a maioria das terras pertencente ao PEI é plana ou praticamente plana, sobretudo, aquelas localizadas na porção sul, leste e em grande parte do setor norte. As maiores variabilidades de

orientação de vertentes são encontradas a oeste da UC, onde as altitudes e declives são maiores, o que demonstra forte relação entre a ocorrência de falhas geológicas de orientação sudoeste/nordeste nessa área, cuja presença condiciona o alinhamento dos morros, orientação das vertentes e declividades do terreno.

Figura 10 - Mapa de Orientação de Vertente do Parque Estadual de Itapuã/RS



Fonte: Modelo Digital de elevação (MDE) de referência (MIRANDA, 2005) e Adaptação da base cartográfica vetorial contínua do RS - escala 1:50.000 (HASENACK; WEBER, 2010).

Constata-se também que nas praias das Pombas e do Sítio, grande parte do relevo que avança até a linha de praia possui vertente de orientação Nordeste, entretanto, alguns pontos de orientação Norte também são encontrados, especialmente nas pontas norte e sul da praia das Pombas, enquanto na praia do Sítio ocorre na ponta sul. Na praia da Onça, o relevo em contato com a linha de praia apresenta orientação Nordeste e Oeste, sendo a primeira de maior ocorrência.

Na praia da Pedreira, as orientações oeste predominam em sua porção sul, enquanto as vertentes de orientação sudeste e sudoeste ocorrem a partir da metade norte da praia, havendo ainda, alguns pontos de contato com vertentes de orientação sul e oeste. As vertentes de

orientação oeste são a maioria na praia do Araçá, com alguns setores de orientação Norte e Nordeste em sua parte mais Austral e na praia do Tigre as únicas orientações de vertentes são de sentido sul e sudeste.

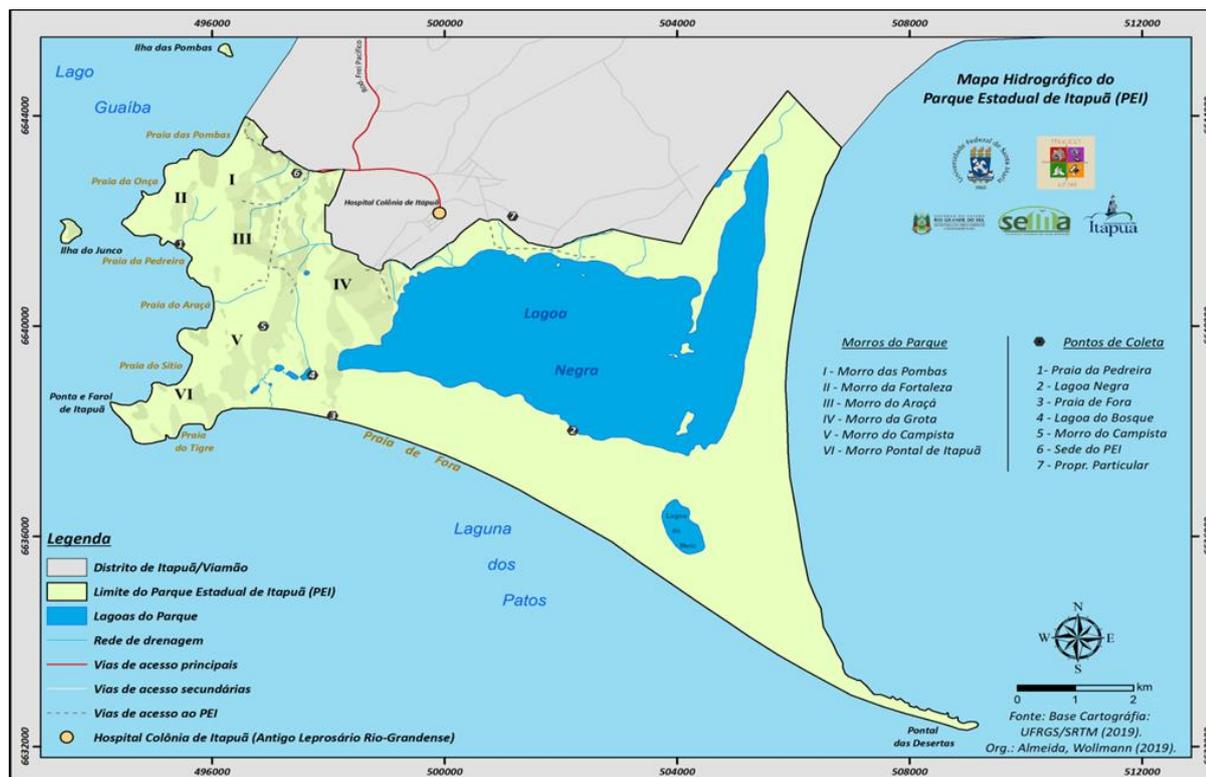
Quanto aos morros da UC encontramos as seguintes orientações: Morro das Pombas, Fortaleza e Itapuã, orientação predominante no sentido Nordeste, Morro do Araçá predomínio de orientação Leste, com alguns setores de orientação Nordeste, Morro do Campista orientação leste/nordeste e Morro da Grota com vertente de orientação Norte.

Em seus aspectos hidrográficos, verifica-se que o PEI é banhado por dois corpos d'água de grande importância hidrográfica para o estado do Rio Grande do Sul, o Lago Guaíba e a Laguna dos Patos, o primeiro, segundo Menegat et. al. (1998), tem 470 km² de superfície e uma profundidade média de dois metros. No Pontal de Itapuã/Farol de Itapuã, ocorre o encontro das águas do Lago Guaíba com a Laguna dos Patos, local de maior profundidade de suas águas (31 metros). Entretanto, o elemento de maior destaque hidrográfico da UC é a Lagoa Negra, corpo d'água localizado no interior do PEI, separado da Laguna dos Patos por uma faixa arenosa composta de dunas e alguns pontos vegetados.

Entretanto, conforme o Plano de Manejo do PEI, a Lagoa não permanece totalmente isolada, pois em períodos de chuvas intensas ocorre comunicação entre a Lagoa Negra e a Laguna dos Patos. Com uma área de 17,52 km², a Lagoa Negra possui águas bastante ácidas, devido ao elevado teor de matéria orgânica, sendo a única lagoa de águas escuras da Planície Costeira do Estado (RIO GRANDE DO SUL, 1996). Segundo De Luca (1991), é um corpo d'água raso, com profundidade média inferior a 2,5 m, com seu ponto mais profundo próximo ao morro da Grota onde a profundidade pode alcançar 3,5 m.

Conforme o mapa Hidrográfico do PEI (Figura 11), a Lagoa do Meio, segundo maior corpo d'água da UC, encontra-se localizada a sudeste da Lagoa Negra e a noroeste do Pontal das Desertas, enquanto na parte leste/sudeste do morro do Campista, há um conjunto lagunar, formado por três pequenas lagoas é encontrado, cujos canais de escoamento interligam-se especialmente no período de maior precipitação pluvial. Esse conjunto lagunar alimenta outros dois reservatórios naturais intermitentes e de menor extensão, localizados ao sul/sudoeste dessas lagoas, sendo o reservatório mais ao sul, o exutório dessa rede de drenagem, uma vez que, converge praticamente toda descarga Hídrica do sistema e o desemboca na Laguna dos Patos via Praia de Fora.

Figura 11 - Mapa Hidrográfico do Parque Estadual de Itapuã/RS



Fonte: Adaptação da base cartográfica vetorial contínua do RS - escala 1:50.000 (HASENACK; WEBER, 2010) em conjunto com observações in loco e interpretação da imagem do satélite *Google Earth Pro* da área de estudo.

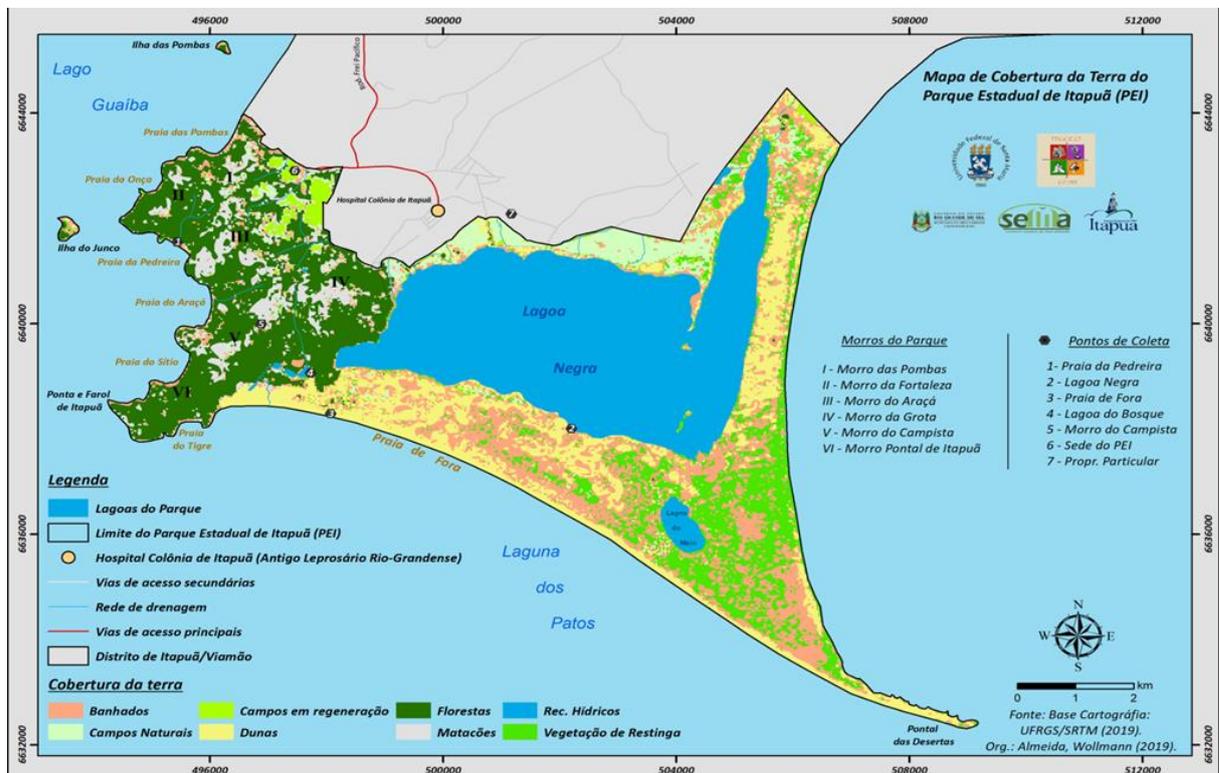
Outra pequena lagoa é encontrada ao oeste do Morro da Grota, onde as águas das chuvas e do escoamento superficial advindo das partes mais altas desse morro são armazenadas. Além das lagoas, a rede de drenagem do PEI também é composta por pequenos córregos, de baixo volume d'águas, alimentados, principalmente, pelas águas das chuvas (RIO GRANDE DO SUL, 1996).

Sobre esse aspecto é possível observar que os pequenos córregos, que nascem nas matas e desembocam nas praias da Pedreira, Araçá, de Fora, na Lagoa Negra ou em outro córrego, possuem, como divisores d'águas os morros, interflúvios responsáveis por dividir o escoamento superficial das águas das chuvas que ocorrem na UC. Esses pequenos córregos, aliados aos corpos d'água de grande, média e pequena extensão, garantem ao PEI uma rica disponibilidade de recursos hídricos, de grande importância para a flora e fauna local e/ou migratória.

De acordo com o mapa da figura 12, a cobertura da terra no PEI ocorre da seguinte forma: em sua porção sul e leste é formada pela alternância de dunas, banhados e vegetação de restinga. A coexistência desses três tipos de cobertura é observada também em praticamente todo o perímetro da Lagoa Negra, cuja ocorrência é variada em quase todos os

setores, apresentando ainda pequenos pontos de campos em regeneração em sua margem sul, enquanto os maiores contrastes ocorrem na margem oeste, onde a presença de floresta predomina e, no setor norte, onde as áreas cobertas por campos naturais são a maioria.

Figura 12 - Mapa de Cobertura da Terra do Parque Estadual de Itapuã/RS



Fonte: Imagem de satélite *Landsat 8*, Sensor OLI (*Operational terra Imager*) do dia 22 de agosto de 2016, obtida junto ao catálogo de imagens do INPE (2019).

Nas adjacências da Lagoa do Meio, sobretudo, em sua margem leste, sul e sudeste a vegetação de restinga ocorre mais continuamente, sobretudo, se comparada à ocorrência de banhados e dunas. Na porção oeste, noroeste e sudoeste da UC, ocorre o predomínio de terras cobertas por florestas, com presença de matacões/afloramento rochosos em áreas de topografia mais elevada, especialmente, nos topos dos morros, onde áreas com campos rupestres e em regeneração também são encontradas.

As áreas de banhado são comuns em todos os setores da UC, de ocorrência variada, são encontradas principalmente em locais de baixa altimetria do terreno. Ao oeste do Hospital Colônia de Itapuã, área limítrofe ao PEI, é possível observar uma cobertura de campos em regeneração, que adentra na unidade em direção oeste de forma ramificada.

Entre os parques estaduais do Rio Grande do Sul, o PEI é que apresenta maior diversidade de ecossistemas, pois abriga um número significativo de espécies raras e ameaçadas de extinção, que o coloca numa posição privilegiada no contexto estadual de preservação ambiental (RIO GRANDE DO SUL, 1996; WOLLMANN, 2014). Geograficamente a UC encontra-se totalmente inserida no bioma Pampa (Figura 13), entretanto, em sua porção mais elevada (Oeste do PEI), apresenta fragmentos preservados de Mata Atlântica, cuja presença garante que espécies de fauna e flora caraterísticos deste Bioma também sejam encontrados em abundância.

Figura 13 - Mapa dos biomas do Rio Grande do Sul



Fonte: Adaptado de IBGE; MMA, 2004.

Segundo Rambo (2015, p. 345), a coexistência de duas formações vegetais no Rio Grande do Sul (Selvática e Campestre) é bastante comum, sendo que “em qualquer parte do estado que estejamos sempre avistamos as duas formações, ora prevalecendo uma, ora outra, ora havendo equilíbrio de distribuição”. Sobre esse aspecto é possível perceber na obra de Ab’ Sáber (1970) que a região onde o PEI está localizado faz parte de uma faixa de transição entre o domínio morfoclimático dos Planaltos Subtropicais e o domínio das Coxilhas/Pradarias, ou

seja, está dentro de uma área de contato entre formações vegetais de diferentes biomas. Além disso, a presença de encostas e vales no setor oeste do PEI gera condições microclimáticas favoráveis à ocorrência de elementos da mata Atlântica nessa área.

Ainda sobre os conjuntos florestais no PEI, Musskopf (2006) menciona a existência de três grandes conjuntos, a floresta de encosta presente nas planícies e morros próximos ao Lago Guaíba e Laguna dos Patos; os campos rupestres encontrados nos topos dos morros graníticos de solos rasos e a floresta de Restinga, formada por uma complexa vegetação que cobre as áreas mais baixas e arenosas da UC. Isso, segundo Silva e Fallavena (1981), resulta numa cobertura vegetal diversificada devido aos distintos e determinantes fatores ambientais como orientação de vertentes, composição químico-física dos solos, fertilidade e disponibilidade hídrica. Contudo, são as florestas e os campos que aparecem em maior expressão e variedade fisionômico-florístico na unidade (Figuras 14 e 15).

Figura 14 - Área de grande presença de floresta/Vista da Pedra da Visão no Morro do Campista no sentido oeste para leste



Fonte: arquivo do autor, dezembro de 2017.

Figura 15 - Área de domínio campestre/vista de leste para oeste

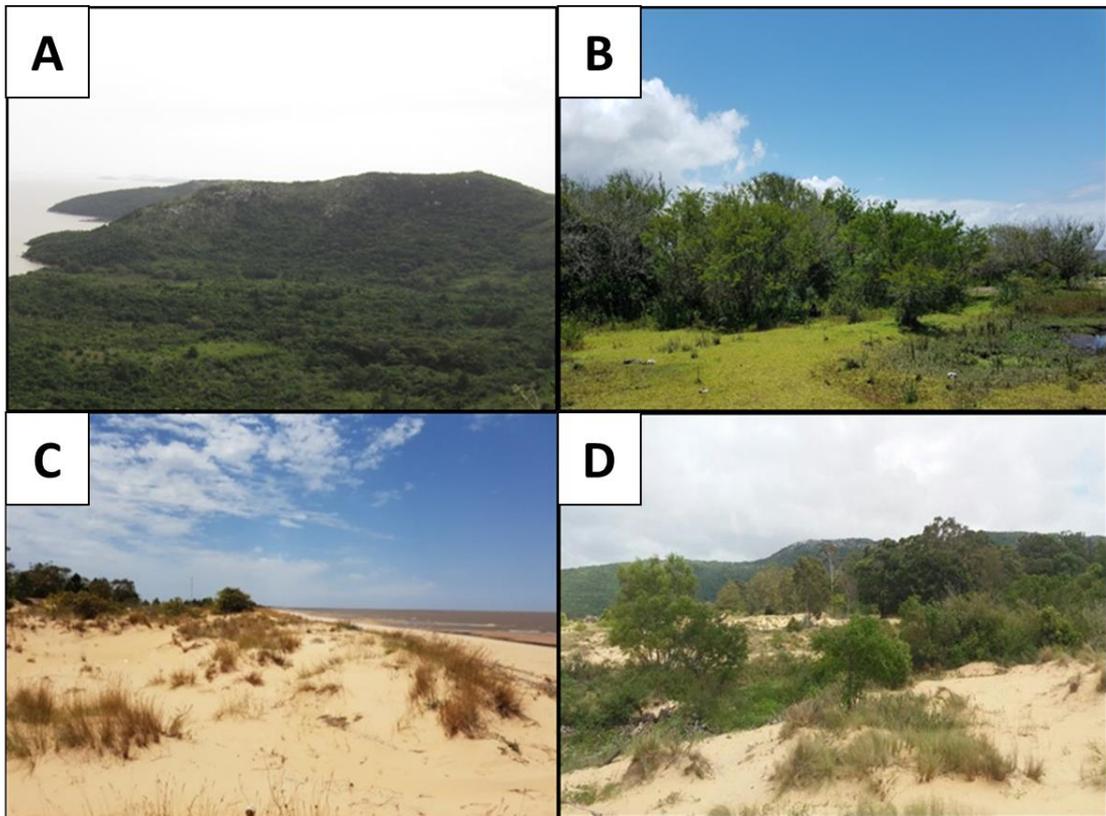


Fonte: Arquivos do autor, dezembro de 2017.

Entre as formações florestais encontradas no PEI, destacam-se as matas de encosta, matas de restinga arenosa e paludosa e as matas ciliares. As matas de encosta, na face sul dos morros, caracterizam-se por serem mais úmidas e possuírem solos mais profundos com maior capacidade de armazenamento de água. São espécies características desse tipo de mata: figueira-de-folha-miúda, timbaúva, açoita-cavalo, aroeira-braba entre outras (Figura 16/A). Já as matas de restinga e paludosa (Figura 16/B) são menos comuns, possuem dossel irregular e apresentam espécies típicas como o tarumã-branco, embaúba, corticeira-do-banhado e o jervá (BRACK et al., 1998).

Segundo Rambo (2015), Restinga é um conjunto de ambientes costeiros normalmente agregados à lagoas litorâneas, que apresentam comunidades vegetais de distintas fisionomias, cuja vegetação recobre na maioria dos casos, depósitos eólicos formados por dunas fixas e móveis (Figura 16/C). As comunidades arbóreas presentes nessa área de substrato arenoso são regionalmente conhecidas por capões de Restinga (Figura 16/D) e ocorrem praticamente ao longo de toda a região geomorfológica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (WAECHTER, 1990).

Figura 16 - A) Mata de Encosta; B) Mata de Restinga Paludosa; C) Vegetação de Restinga e D) Capões de Restinga

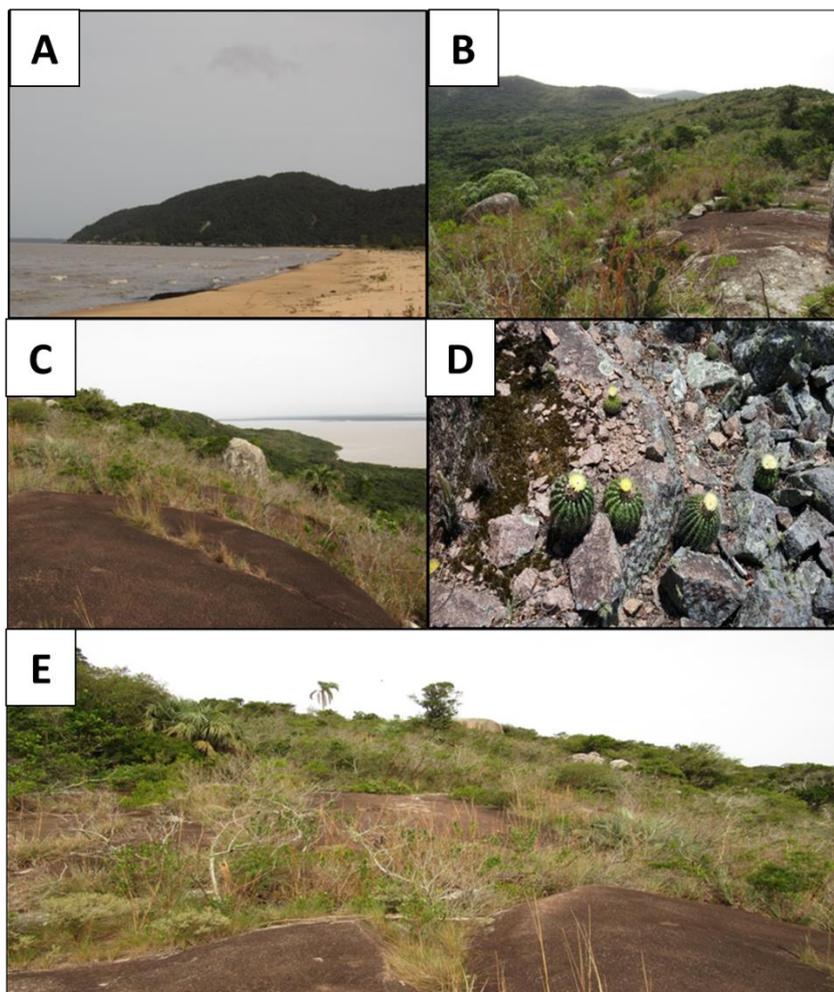


Fonte: Arquivos do autor, dezembro de 2017.

Enquanto as matas ciliares (Figura 17/A) ocorrem junto aos cursos d'água, como as próximas ao Lago Guaíba, sendo formadas principalmente, por Junco, Aguaí-mata-olho e o Sarandi-amarelo (BRACK et al., 1998). Dentro das formações vegetais presentes no PEI, têm-se ainda os campos rupestres (Figuras 17/B), encontrados nos topos dos morros e afloramentos rochosos (Figura 17/C), em forma de matacões, onde o granito é coberto por líquens, e a presença de musgos e de algumas espécies vegetais superiores é comum, especialmente gravatás, gramíneas, cactáceas, verbenáceas e pteridófitas (Figura 17/D).

Além disso, também são encontradas nesse ambiente uma vegetação localizada, predominantemente herbácea e arbustiva, muitas vezes espinhosa, que evolui em alguns locais para formações sub-arbóreas (Figura 17/E), as quais são formadas por arbustos e arvoretas duras e contorcidas (RIO GRANDE DO SUL, 1996).

Figura 17 - A) Mata Ciliar; B) Campos Rupestres nos topos dos morros; C) Afloramento Rochosos; D) Cactáceas em topo de morro granítico e E) Vegetação Sub-Arbórea



Fonte: Arquivos do autor, dezembro de 2017.

Em linhas gerais, o PEI, segundo Musskopf (2006), é um importante testemunho da vegetação de restinga e de encostas de morros graníticos no estado, sendo as condições climáticas e edáficas locais uma das principais formadoras das vegetações de restingas, criando um mosaico único de espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas. De um modo geral, as matas de restinga apresentam certa semelhança fisionômica e florística com as matas rupestres encontradas nos morros graníticos, apresentando em alguns casos características xeromórficas (WAECHTER, 1985).

Quanto aos aspectos climáticos do PEI é importante ressaltar que nesse primeiro momento sua caracterização climática é feita de forma generalizada, pautada na escassa literatura sobre o tema. Entretanto, é retomada num segundo momento, no item 3.5 da

fundamentação teórica, quando o clima do PEI é caracterizado segundo as classificações climáticas para o estado do Rio Grande do Sul.

Até então, o único estudo sobre o clima do PEI foi realizado por Wollmann (2014), em que analisa a influência dos controles geográficos do clima na distribuição espacial da umidade e temperatura do ar numa área de topografia elevada do parque, assim como em estradas de acesso às Praias das Pombas e Pedreira em condições atmosféricas de domínio tropical atlântico e continental. A metodologia utilizada foi do transecto móvel, realizado num percurso de aproximadamente 6.600m, perpassando por 15 pontos distintos, sendo a coleta de dados aferida às 9h e às 15h.

Entre os resultados, o autor destaca que:

O Parque Estadual de Itapuã, do ponto de vista do clima, que pode parecer “homogêneo” em uma análise superficial, mas que após análise in loco, mostrou-se tão diverso e dinâmico quanto à natureza viva do local, especialmente nas variações térmicas e higrométricas, associadas aos principais controles climáticos locais: vegetação, altitude e corpos hídricos [...] contrariando algumas hipóteses, a presença de grandes corpos hídricos (Lago Guaíba e Laguna dos Patos) não se destacaram como importantes controles à variabilidade climática no Parque Estadual de Itapuã. Entretanto, não se pode concluir que tais corpos hídricos não possuem interferência, uma vez que se trata de um estudo preliminar realizado durante um dia com quadro sinótico definido como tropical (WOLLMANN, 2014, p. 208).

De acordo com a nova classificação de Köppen (1936), proposta por Alvares et al. (2014) e mais recentemente por Beck et al. (2018), o PEI está inserido numa área que pertence a zona subtropical úmida *Cfa*, correspondente a um clima oceânico, sem estação seca, cuja temperatura média anual fica entre 18,0°C e 20,0 °C e com um total de chuvas ao ano entre 1300 e 1600mm.

Sobre a origem das massas de ar que atuam na região, ressalta-se que estão diretamente vinculadas aos centros de altas pressões tropicais e polares determinadas pelos Anticiclones Tropical do Atlântico Sul e o Anticiclone Polar Migratório. A ocorrência de nevoeiros é frequente e a umidade atmosférica elevada devido à presença das massas de ar marítimas em todos os meses do ano, sua proximidade com grandes massas lacustres, corroboram para moderar os rigores do verão e dificultar a ocorrência de geadas no inverno (FONZAR, 1994 apud RIO GRANDE DO SUL, 1996).

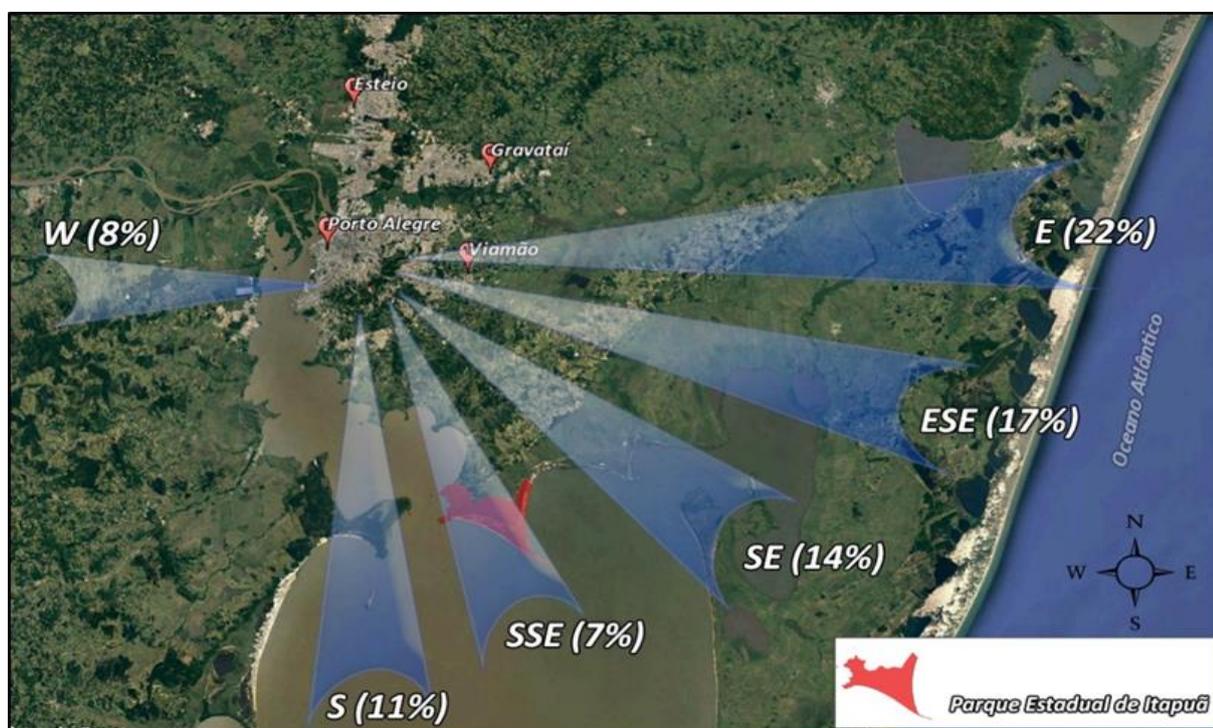
Sobre os valores de temperatura do ar, Sartori (2003) menciona que na Planície Litorânea, região onde o PEI está localizado o valor médio das temperaturas máximas é de 28,0°C, com temperaturas médias anuais entre 18,0°C e 20,0°C, e entre as regiões do Estado é que apresenta menor incidência de geadas, com média anual de 1 a 5 episódios entre outono e primavera e, um total de chuvas ao ano de 1.250mm, cuja origem é essencialmente frontal

(FPA/Frente Polar Atlântica), distribuídas ao longo do ano, sem secas sazonais definidas, sendo os meses de junho e setembro os mais chuvosos.

A umidade relativa do ar no estado fica entre 70% e 85%, sendo menor no verão e maior no inverno, com predominância de ventos dos quadrantes E e SE na maior parte do Rio Grande do Sul. Isso se dá devido à posição e à permanência dos Anticiclones Polares sobre o Oceano Atlântico nas latitudes da Região Sul e Sudeste do Brasil durante maior parte do ano, cuja circulação anti-horária dos mesmos impõe fluxos predominantes do quadrante E.

Segundo Menegat et al. (1998), a frequência anual das principais direções do vento na região metropolitana de Porto Alegre são dos quadrantes leste (E), leste-sudeste (ESE) e sudeste (SE), (Figura 18).

Figura 18 - Frequência anual das principais direções do vento (em %) na região metropolitana de Porto Alegre



Fonte: Adaptado de Menegat et al. (1998).

De acordo com Germ (1975 apud Rio Grande do Sul, 1996) funcionou no Farol de Itapuã entre os anos de 1973 e 1980 uma estação meteorológica instalada pelo Departamento Estadual de Portos, Rios, Canais (DEPRC) que, no período monitorado, verificou uma precipitação média anual de 1.022 mm e uma intensidade média dos ventos de aproximadamente 4,4 m/s com o predomínio de ventos do sentido leste e sul.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na literatura internacional são poucos os trabalhos que versam sobre o estudo do clima em UCs, e quando encontrados, relacionam a variabilidade dos atributos climáticos a temas diversos como a ocorrência de queimadas, ao índice de visitação dos parques sobre determinadas condições de tempo, ou ainda, sobre os impactos das mudanças climáticas globais na diversidade ecológica desses ambientes e, não, sobre a variabilidade dos elementos do clima devido à influência de controles climáticos naturais.

No âmbito da Climatologia Geográfica Brasileira, a exemplo do que ocorre no exterior, a maioria das pesquisas encontradas aborda a variabilidade dos elementos do clima em áreas suscetíveis ao risco ambiental ou de áreas limítrofes às UCs, sendo poucos os trabalhos desenvolvidos dentro dos espaços destinados às áreas de preservação (WOLLMANN; SIMIONI; IENSE, 2016). Contudo, apesar da rara literatura, algumas pesquisas desenvolvidas no exterior e no Brasil contribuíram para as bases teórico-metodológicas deste estudo e, por isso, serão referendadas.

3.1. O ESTUDO DO CLIMA EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA LITERATURA INTERNACIONAL

Em outra perspectiva, mas com enfoque sobre a variabilidade climática em parques nacionais e/ou em UCs têm-se a pesquisa de Balling Jr, Meyer e Wells (1997), onde o clima de superfície é relacionado com as áreas de incêndios entre os anos de 1895 e 1989 no Parque Estadual de Yellowstone. Nela, os autores analisam dados de temperatura do ar, precipitação líquida e Índice de Seca, o PDSI, criado por Palmer em 1965. Os resultados encontrados indicam que a área de queimadas está fortemente relacionada com as variações dos elementos climáticos observados, Índice de Seca (PDSI) e a temporada de incêndios, que ocorre no verão dos E.U.A.

Nesse sentido, os maiores incêndios observados estavam associados aos níveis de precipitação abaixo do normal, temperaturas de verão excepcionalmente altas e ao alto índice de seca. Ao contrário do que ocorre em época de temperaturas mínimas onde, segundo a pesquisa, há uma influência pouco significativa quanto à quantidade de áreas queimadas no parque. Os autores concluem ainda que mais de um terço da variação das áreas de queimadas no Parque Nacional de Yellowstone podem ser explicados pelos valores do Índice de Seca

para a região, uma vez que, o PDSI integra dados de temperatura, precipitação e níveis de umidade do solo. Assim, a relação entre o clima de superfície e os incêndios florestais deve ser cuidadosamente considerada no desenvolvimento de políticas voltadas à gestão das florestas de Yellowstone.

Entre as pesquisadas de relação mais estreita com os objetivos desta tese têm-se a de Bokwa et. al. (2008) que aborda as condições meso e microclimáticas na parte sul do Planalto Cracóvia-Czestochowa na Polônia. Nela, mostra-se a diferenciação do relevo (formado por regiões planas, côncavas e convexas) que se constitui no ponto de vista climático no principal fator de controle de radiação solar, temperatura do ar, velocidade e direção do vento e duração da cobertura de neve.

As diferenças espaciais dos elementos supracitados são a principal razão da existência de três zonas meso-microclimáticas identificadas pelo estudo: a de vale, declive e topo de montanha, as quais foram subdivididas em subtipos meso-climáticos.

No mesmo contexto, Caputa (2009) analisou os contrastes meso e microclimáticos no Parque Nacional de Ojców/Polônia onde menciona que um dos fatores decisivos para distribuição das espécies vegetais no parque são as diversas condições microclimáticas encontradas no local. Essas, por sua vez, estão intimamente relacionadas à altimetria, forma e exposição do relevo, cujas características podem causar diferenças no recebimento de energia solar.

Essa diferença, sobretudo entre a parte superior e inferior do planalto, formam os topoclimas, que na paisagem do parque de Ojców é marcado pelo grande mosaico de comunidades vegetais, uma vez que, segundo os dados locais da pesquisa, a superfície desprotegida das áreas do topo recebe 15% a mais de radiação total do que a parte inferior do desfiladeiro cárstico durante os dias ensolarados. Assim como foram observados valores diferenciados de temperatura, umidade relativa, direção e velocidade do vento entre os ambientes de desfiladeiros cársticos e pedregosos, entre as encostas sul e norte e de cobertura vegetal com floresta do planalto de Cracóvia/Polônia.

Em outro artigo, Wojkowski e Caputa (2016) analisam o impacto do relevo Cárstico na diversidade das condições de insolação e variação do mesoclima no Parque Nacional de Ojców/Polônia. A fim de determinar as condições de insolação nesse ambiente, os autores levaram em conta três níveis de elevação do terreno (altimetria), declividade (inclinação) e oito classes de orientação do relevo no cálculo dos percentuais de radiação solar incidente em cada situação determinada. Ao estimarem as diferenças na quantidade de radiação solar incidente verificaram que as áreas mais baixas e direcionadas para o norte, noroeste e nordeste

recebem menos radiação, enquanto as áreas mais altas e de orientação sul, sudeste e sudoeste são as mais ensolaradas.

Ao ano, as encostas voltadas para o norte receberam 18% menos de energia solar que as encostas sul, já entre as encostas oeste e leste as diferenças foram menores (10%). Essas diferenças, segundo os autores, mudam durante o ano, com maiores diferenças observadas no inverno quando a declinação do sol é maior, chegando a cerca de 50%. As inclinações das encostas também apresentaram grande influência na soma da energia solar recebida pelo terreno, sendo que nas encostas norte, quanto maior o declive, menos radiação solar atinge a Terra. Essa relação foi observada principalmente no inverno devido à baixa elevação do sol, enquanto nas encostas sul ocorre o oposto, ou seja, quanto maior a inclinação, mais radiação solar elas recebem.

O impacto do relevo cárstico de fundo de vale nas condições de insolação, especialmente no inverno, é um fator importante, pois limita o fluxo de radiação nesses ambientes, tendo em vista que o amanhecer começa mais tarde e o crepúsculo mais cedo devido à obscuridade de quase 54%, por sua vez, no topo do planalto cárstico, menos de 2% do céu é obscurecido.

Portanto, o parâmetro topográfico parece afetar a correlação entre o desenvolvimento da temperatura do ar e a quantidade do céu visível (*Sky View Factor*), a partir do fundo do cânion (fundo de vale), uma vez que, essas áreas obstruídas recebem apenas radiação solar difusa ou refletidas pelas encostas vizinhas. Nesses locais as temperaturas são mais baixas, a umidade do ar maior e o processo de evaporação menos intenso, enquanto as áreas não obstruídas por receberem radiação solar direta apresentam temperaturas mais elevadas, menos umidade e um processo mais intensivo de evaporação, além de apresentarem grupos característicos de espécies xerófilas e heliófitas.

Ao estimarem as diferenças na quantidade de radiação solar entre o cume do planalto aberto e o fundo do vale profundo (cânion) os autores concluem que, no período de um ano a parte plana não sombreada do planalto recebeu 16% a mais de radiação solar global que o fundo do cânion devido à obstrução significativa do horizonte nos fundos dos vales. Por fim, destacam que as variações encontradas no relevo cárstico, relacionadas às suas formas, exposições e desníveis são os principais fatores de influência nas condições de insolação, muito maior, que as condições de insolação causadas pelos diferentes usos e cobertura da terra.

Numa abordagem diferente, mas não menos importante tem-se o trabalho de All et al. (2017), que analisam a resposta do fogo a variabilidade climática local no Parque Nacional de

Huascarán no Peru entre os anos de 2002 e 2014. Com base em estudos anteriores, os autores levantaram a hipótese de que houve um aumento na frequência e extensão dos incêndios na última década e que o fogo estaria fortemente influenciado pela variabilidade climática local. Ao término da pesquisa, os autores concluíram que é preciso novos estudos, sobretudo em escala espaço-temporal de maior detalhe, inclusive com observações em campo, pois o curto período de registro, aliado à alta heterogeneidade espacial das paisagens, padrões meteorológicos e de fogo encontrados no estudo não permitiram explicações mais pormenorizadas.

Sobre outro prisma, Smith et al. (2018), analisaram a influência dos elementos climáticos nas atividades turísticas de cinco parques nacionais do estado norte-americano de Utah. Ao correlacionar os dados de visitação dos parques entre janeiro de 1979 e dezembro de 2014 com os dados de temperatura, evapotranspiração potencial, precipitação, frequência de dia úmido, frequência de geada, porcentagem de cobertura de nuvens e pressão de vapor os autores estabeleceram um modelo de regressão temporal para aferir o grau de influência dos elementos climáticos observados nas visitas ao longo do período considerado.

Ao aplicar o modelo de regressão nas séries temporais mensais dos dados climáticos e de visitação concluíram que as temperaturas mínima, máxima e média diária e mensal, juntamente com a evapotranspiração potencial estão significativamente relacionadas à visitação mensal. Enquanto as chuvas (mm de chuvas ao mês e número de dias de chuvas) estão fracamente relacionadas à visitação, o mesmo ocorre com a porcentagem de cobertura de nuvens e pressão de vapor.

Entretanto, ao analisar os dados climáticos de cada parque, constataram que a influência dos elementos climáticos não é igualmente representativa, pois cada elemento influencia ora positivamente, ora negativamente, na visitação de cada unidade, conforme o tipo de atividade e infraestrutura ofertada. Portanto, segundo os autores, a variável climática pode ou não ser um indicador útil de visitação aos parques, pois depende da escala geográfica utilizada, uma vez que, os resultados alcançados foram, a partir da análise de dados em escala regional, que não são obrigatoriamente iguais àqueles encontrados em escala local.

Ainda no rol das pesquisas internacionais foram encontrados estudos que refletem a preocupação de pesquisadores sobre os possíveis impactos das mudanças climáticas na distribuição de espécies, especialmente em áreas protegidas, cuja relevância do tema merece destaque. Entre os trabalhos estão o realizado por White, et al. (1998) sobre “*Assessing Simulated Ecosystem Processes for Climate Variability Research at Glacier National Park, USA*”; Dunlop, et al. (2012) “*The Implications of Climate Change for Biodiversity*

Conservation and the National Reserve System: Final Synthesis”; López; Pardo (2018) “*Socioeconomic Indicators for the Evaluation and Monitoring of Climate Change in National Parks: An Analysis of the Sierra de Guadarrama National Park/Spain*” e Dyderski; Pawlik (2020) “*Spatial distribution of tree species in mountain national parks depends on geomorphology and climate*”.

3.2. O ESTUDO DO CLIMA EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO REALIZADAS NO BRASIL

Em solo brasileiro, alguns trabalhos próximos aos objetivos elencados por esta tese foram identificados, dentre eles, a pesquisa de Tarifa (2002) sobre “Os climas nos maciços litorâneos da Juréia-Itatins: um ensaio de ritmanálise”. Nela reflexões são tecidas sobre ritmos ou holorritmos, assim como os controles meso-topo-morfo e de microescala são capazes de alterar os atributos climáticos locais, cuja abordagem teórica e metodológica é usada até os dias de hoje em muitos trabalhos que discutem a natureza de um espaço, onde os ciclos e os ritmos ainda são predominantemente físicos, cósmicos e biológicos, ou seja, de espaços ecológicos.

Ao investigar os climas nos Maciços litorâneos da Juréia-Itatins, Tarifa (op.cit) divide sua área de estudo em unidades climáticas, a partir de seu conhecimento adquirido e sucessivamente modificado ao longo dos anos de 1982 e 2001. É apresentada, a intrínseca relação observada entre os valores máximos, mínimos, de frequência, duração e intensidades dos elementos climáticos considerados (temperatura, umidade, chuvas, ventos etc.) com as formas, altitude e conteúdo do relevo (controles climáticos locais).

Dando sequência ao rol de trabalhos encontrados tem-se a pesquisa de Moreira e Pereira (2004) que realiza um “Levantamento Topoclimático da RPPN Santuário do Caraça” com objetivo de identificar o papel da topografia sobre a circulação atmosférica local e a possível existência de domínios climáticos diferenciados na área da reserva. Ao analisar dados de temperatura, umidade, direção e força do vento coletados em termo-higrômetros e sensores de direção de ventos em diferentes cotas altimétricas, os autores verificaram que a topografia da Reserva Particular do Patrimônio Natural do Caraça tem papel fundamental na organização de pequenos domínios climáticos, isso é resultado da interação entre as condições naturais (vegetação, propriedades físicas do solo etc.) e intervenções humanas locais.

Pesquisas importantes e de destaque sobre o clima em ambientes de conservação também foram desenvolvidas por Serafini Junior (2005; 2010; 2012). A primeira, intitulada

“Delimitação de unidades climáticas locais no Parque Nacional Cavernas do Peruaçu”, analisa dados de temperatura e umidade relativa do ar para entender a variabilidade climática entre diferentes ambientes, que foram selecionados, a partir de suas características fisionômicas de paisagem e, que foram adotadas para delimitar as unidades climáticas em escala local, sendo elas:

Geossistema da Depressão do Rio São Francisco (GDRS) – relevo plano, próximo ao rio São Francisco e alto grau de antropização; Geossistema das Serras da Mãe Joana e do Cardoso de Minas (GSMC) – relevo residual cárstico formando as bordas do planalto ou patamares, posicionamento de vertentes variados, vegetação de porte arbórea perenifólia, semidecídua e hiperxerófila, proximidade com a depressão e com o rio São Francisco; Geossistema do Planalto do Rio São Francisco (GPSF) – Relevo plano, distanciamento do rio São Francisco, extensas áreas com vegetação predominante de cerrado/mata seca e uso do solo voltado para atividades pastoris. (SERAFINI JUNIOR, 2005, p.52).

Segundo Serafini Júnior (2005) os dados coletados em campo de temperatura e umidade relativa do ar foram importantes para detalhar a variação desses atributos climáticos devido aos aspectos fisionômicos encontrados em cada ponto amostral. Em linhas gerais, o autor constata que a variação desses elementos em cada unidade de paisagem enquadrada na escala de Geossistemas e Geofácies está diretamente associada aos diferentes usos e padrões de ocupação do solo, sendo a atividade antrópica a mais significativa quanto às modificações do clima local. Assim, constatou também a interferência das diferentes formações vegetais encontradas no parque nas características climáticas locais.

Em sua segunda pesquisa, Serafini Júnior (2010) investiga “O microclima de uma Vereda Degradada: estudo de caso no Parque Estadual Veredas do Peruaçu/MG”. Para descrever as características microclimáticas nas veredas do Peruaçu utiliza-se de dados de temperatura e umidade relativa do ar para verificar se ação antrópica próxima (áreas antropizadas localizadas nas imediações do Parque) está causando modificações nas características microclimáticas dentro das veredas (Parque).

Na pesquisa, o autor enquadra a área de estudo em três escalas climáticas, a regional, local e a microclimática, entretanto, o maior enfoque é dado à escala microclimática, pelo fato de estar vinculada aos aspectos fisionômicos predominantes na área, e refletirem as condições atuais das características fisionômicas modificadas pela ação antrópica local. Para fins de observação e amostragem foram selecionados cinco (05) ambientes alinhados ao curso do rio Peruaçu, cada um representando diferentes padrões fisionômicos e associados aos diferentes graus de preservação.

Após análise da temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%), coletadas entre outubro de 2009 e fevereiro de 2010, constatou haver diferenças microclimáticas entre os ambientes

selecionados, e que essas têm relação direta com as ações antrópicas locais. Entre os resultados, o autor menciona que:

Como resultado dessa relação entre aspectos microclimáticos com as ações antrópicas ali observadas, constata-se que essas ações criam-se condições e elementos potencialmente impactantes para a manutenção da biodiversidade local e específica para as veredas do rio Peruaçu, indo ao encontro da hipótese levantada inicialmente [...] que os ambientes antropizados próximos, estariam exercendo influências sobre as veredas, alterando suas características microclimáticas. Independente do tipo de impacto identificado na área de estudo foi evidenciado que suas causas estão vinculadas, impreterivelmente, a ação humana através dos diferentes tipos de uso que se faz dela (SARAFINI JÚNIOR, 2010, p.113 -114).

Para minimizar os problemas identificados, o autor ainda menciona a necessidade de se preservar e ampliar as áreas de amortecimento limítrofe ao parque, a fim de garantir maior fluidez do fluxo gênico ali dinamizado.

Por fim, em sua terceira obra Serafini Junior et al. (2012) faz uma abordagem sobre “Adequação da escala climatológica para os planos de manejos: o Parque Estadual de Intervalos como estudo de caso”, uma contribuição técnica advinda de sua experiência investigativa em áreas de preservação e conservação ambiental onde identifica a necessidade de estabelecer escalas climáticas intermediárias. Indo, portanto, além da escala regional e local já preconizada pelo roteiro metodológico de planejamento do IBAMA para os planos de manejos, pois no seu entender para conhecer detalhadamente o clima em UCs é preciso inserir novos níveis escalares como o Sub-Regional, Topoclimático e o Microclimático.

Em Silva et al. (2011), a abordagem recai sobre “Análise topoclimática em unidade de conservação urbana, a partir da temperatura e umidade relativa do ar” onde observaram a relação entre alteração da superfície e a variação diária da temperatura do solo, e por conseguinte, da temperatura do ar e disponibilidade higrométrica na área do Campus da UFMG. Assim, verificam que nas áreas vegetadas as temperaturas são menores e os valores de umidade relativa do ar maior, já que nesses locais ocorre o predomínio das trocas de calor latente, uma vez que, a atmosfera próxima à superfície é aquecida pelos fluxos difusos de calor e pelas correntes de convecção. Nas áreas impermeabilizadas e de solo exposto, o aquecimento ocorre por condução, através do fluxo de calor sensível, em grande parte, pela radiação solar direta, que contribui para maior aquecimento do solo e do ar ambiente.

A pesquisa realizada por Lopes (2011) faz uma “Análise topo e microclimática da RPPN - Pousada das Araras Serranópolis/GO”, por meio de dados de temperatura e umidade relativa do ar coletados em nove pontos de diferentes características de paisagem (áreas de nascente, vegetação arbórea e campo aberto) e distintas cotas altimétricas entre abril de 2010

e março de 2011. Utilizando-se da regressão linear para determinar o coeficiente de determinação (r) e o coeficiente de correlação (R^2), por meio de planilha de cálculos eletrônicos e espacialização dos elementos climáticos observados, verificou que a vegetação, relevo, exposição de vertente e declividade do terreno contribuíram para suas variabilidades em escala local, topo e microclimática.

Em artigo sobre “A escala topoclimática nos estudos climáticos: o exemplo do perfil topográfico do Pico da Bandeira, Parque Nacional do Caparaó, MG”, Galvani, Lima e Falcão (2012) avaliam as médias da temperatura do ar horárias em um perfil entre as cotas 2.372 m e 2.892 m, a fim de determinar as frequências e os intervalos de ocorrências de inversões térmicas entre os postos analisados. Para a coleta dos dados climáticos utilizaram oito mini-abrigos meteorológicos, com sensores de temperatura e umidade relativa do ar, programados para leituras horárias entre 19/04/09 e 22/05/09.

Entre os resultados os autores destacam que a configuração do perfil topográfico/topoclimático é um importante controle dos atributos do clima em relação à ocorrência de inversões térmicas, pois, em condições normais, a variação vertical da temperatura do ar (redução da temperatura) é influenciada pelo relevo, altitude, forma e orientação das vertentes. Entretanto, em condições de inversão térmica, as características do relevo potencializam o acúmulo de ar frio nas áreas de menor altitude, invertendo desta forma o perfil da temperatura do ar.

Também se incluem Baratto, Wollmann e Hoppe (2013) nesse seleto grupo de pesquisadores do clima em UCs ao analisarem a “Variabilidade termo-higrométrica no Parque Estadual do Espinilho, em Barra do Quaraí (RS), sob Domínio Tropical Continental”. Nesse estudo, os autores coletam dados de temperatura e umidade relativa do ar em quatro pontos da principal trilha do parque, percorrido por meio de um transecto móvel e para identificar os sistemas atmosféricos atuantes no dia fizeram uso de imagens de satélite e cartas sinóticas.

Entre os resultados, foi identificada que a cobertura do solo foi o principal fator de influência na variação de temperatura e umidade nos quatros pontos de coletas. Quanto ao sistema atmosférico atuante no dia foi observado o domínio de um centro de baixa pressão no Estado, sendo possível concluir por meio da análise da imagem de satélite e de cartas sinóticas, que a região do Parque estava sobre domínio da Massa Tropical Continental.

Outra pesquisa correlata ao tema da tese é desenvolvida por Lima (2009) sobre “Análise microclimática dos manguezais da Barra do Ribeira-Iguape/SP” onde investiga a variação dos atributos do clima (temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar global, vento e pluviosidade), para verificar se a variação destes elementos está relacionada ao

controle climático da vegetação do manguezal. Para isso, utilizou-se de uma torre microclimática com duas estações meteorológicas, uma localizada acima e outra abaixo do dossel do manguezal e, entre os resultados da análise, menciona que a estrutura do dossel do mangue possui relação direta na variação dos atributos climáticos em estudo.

Em outra investigação, Lima (2014) aborda a “Interação dos atributos climáticos nos manguezais do litoral sul de São Paulo e sua Relação com os controles climáticos” em que verifica a relação entre os controles da estrutura da vegetação do manguezal, variação das marés e sistemas atmosféricos e os elementos do clima (temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar global, ventos e precipitação) no ambiente de manguezal na Barra do Ribeira-Iguape/SP.

Entre os resultados, a autora constata a importância da variação da maré para a entrada e saída de energia e conseqüentemente para o resfriamento e aquecimento relativo do ambiente. Além de diferenças significativas entre o que acontece acima e abaixo do dossel, entre elas, as diferenças de temperaturas (máximas e mínimas). Assim como a temperatura, a umidade do ar também se mostrou diferente entre os níveis acima e abaixo do dossel com umidade absoluta mais elevada na parte superior ao dossel, ou seja, no mesmo nível onde foram encontradas as maiores temperaturas do ar, o que possibilitou uma maior capacidade de retenção de vapor d’água no ar nesse estrato. Além disso, a autora verifica que as diferenças entre os atributos climáticos são mais evidentes, à medida que a escala de análise do clima é hierarquicamente inferior, portanto, dentro de uma escala de análise de detalhe.

Artigo importante é publicado por Santos, Moraes e Galvani (2016) que analisam por meio de imagem SRTM e dados de nove mini-abrigos meteorológicos automáticos a “Variação da temperatura do ar média, mínima e máxima no perfil topoclimático da trilha caminhos do mar (SP)”. Neste estudo, os autores observaram que a distribuição horária e diária das temperaturas médias acompanha a marcha esperada, segundo a literatura e, que as temperaturas mínimas horárias sofrem influência dos ventos de origem oceânica e as diárias são influenciadas pela aproximação e passagem de sistemas frontais.

Enquanto as temperaturas máximas sofrem interferência da cobertura vegetal, localização dos abrigos meteorológicos e de possíveis rajadas de vento durante o dia, a partir da regressão linear e das imagens SRTM, perceberam que as menores temperaturas são encontradas no trecho de planalto do Parque Estadual da Serra do Mar e, conforme se desloca para leste, em direção às menores altitudes e mais próximo do nível do mar, ocorrem aquecimento e aumento das temperaturas.

Ainda no rol de pesquisas encontradas tem-se o estudo de Milanesi (2016) sobre a “Identificação de unidades climáticas na Ilha de São Sebastião (SP)”, cuja hipótese levantada está na possibilidade da dinâmica climática da ilha estar sob o domínio de três grandes controles climáticos: a circulação do ar, o relevo e a altitude.

O método utilizado foi à instalação de equipamentos manuais e eletrônicos para aferir a temperatura do ar, umidade relativa e precipitação líquida em ambientes selecionados com base na altitude, orientação dos vales e vertentes e quanto ao uso do solo durante o período de um ano. Na análise foram considerados dados climatológicos e aspectos geográficos locais, bem como, informações e dados de ordem regional, interpretados sob a luz da análise rítmica e da heurística.

Com as informações compiladas, o autor identificou 12 ambientes topoclimáticos heterogênicos, que foram organizados em cinco mesoclimas, de acordo com a insolação, fluxos de ar predominantes, orientação de vertentes e bacias hidrográficas, assim como pela variação dos atributos climáticos averiguados. Como produto final apresenta um mapa com cinco unidades climáticas identificadas na Ilha de São Sebastião, a unidade climática Norte, Sul, Leste, Bacia Central e Altitude.

Da mesma forma, Jardim (2017) investiga as “Interações locais e topoclimáticas no interior e áreas limítrofes ao Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais” onde utiliza dados de séries históricas de três estações meteorológicas próximas à área de estudo e informações sobre as características locais de altitude, relevo e continentalidade/maritimidade para caracterizar o clima regional. Já para caracterização micro e topoclimática utiliza dados coletados em campo de temperatura e umidade relativa do ar, por meio de registradores automáticos, instalados no interior de abrigos meteorológicos e distribuídos em pontos de diferentes características topográficas e cobertura vegetal.

Entre os resultados preliminares observou que no interior das unidades climáticas identificadas na área em estudo, “há um número ainda não definido de unidades de menor dimensão espacial ao nível dos mesoclimas e topoclimas e, certamente, um número incontável ainda maior de unidades microclimáticas” (JARDIM, 2017, p. 1676).

Em pesquisa sobre “Variabilidade climática na Bacia Hidrográfica do Médio Caiapó Goiano-Goiás/Brasil”, Rocha (2018) relaciona a variabilidade espaço-temporal da precipitação pluvial e temperatura do ar aos sistemas atmosféricos regionais e aos elementos físico-geográficos de geomorfologia, hipsometria, declividade, exposição da vertente e uso da terra.

Entre os resultados apresentados o supracitado autor menciona que a distribuição das chuvas na área de estudo é heterogênea, e demonstram associação entre as características físico-geográficas locais e os sistemas atmosféricos atuantes na região, que por sua vez, favorecem o acúmulo maior de chuvas na porção Norte e Oeste da bacia hidrográfica, devido ao deslocamento da Massa tropical Continental (mTc) e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Enquanto os menores acumulados ocorrem nas porções Sul e Leste em função da maior atuação da Massa Tropical Atlântica (mTa) e Massa Equatorial Continental (mEc), que condicionadas pelo relevo, podem estar associadas aos diferentes volumes pluviométricos registrados durante o período em estudo. Quanto à variabilidade das temperaturas máximas e mínimas absolutas do ar diárias, foi percebido que as massas de ar que atuam na região centro-oeste também são responsáveis pelas condições de tempo na bacia hidrográfica do Médio Caiapó Goiano.

Ao investigar a “Análise Topoclimática na Bacia Hidrográfica Caçu e Barra dos Coqueiros/GO”, Lopes (2018), assim como Rocha (2018), possui como área de estudo a bacia hidrográfica para relacionar os atributos climáticos de precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar com a atuação dos sistemas atmosféricos e as características do meio físico local (relevo, declividade, exposição de vertentes e uso e ocupação das terras) e, por meio deles, delimitar unidades topoclimáticas para a área.

A partir de dados climáticos coletados entre setembro de 2014 e agosto de 2015, Lopes (op. cit) identifica em sua análise espaço-temporal que os atributos do clima observados são influenciados pelas características do meio físico local, sobretudo pelo relevo, exposição de vertentes, declividade, uso e ocupação das terras e atmosfera. E verifica que os pontos de coletas instalados em locais de vegetação preservada (cerrado) apresentaram valores menores de temperatura média do ar para o período em estudo, em torno de 23,0 °C, enquanto os demais pontos associados ao uso e ocupação das terras registraram uma temperatura média entre 24,8°C e 26,0°C.

Um dos produtos finais de sua pesquisa foi a elaboração de um mapa síntese, onde identificou cinco unidades topoclimáticas presentes na Bacia Hidrográfica Caçu e Barra dos Coqueiros, bem como, suas principais características climatológicas. Além disso, sinaliza que os topoclimas da bacia são condicionados pelas formas de relevo e influenciados pelos sistemas atmosféricos e pelas condições de uso e ocupação das terras que integram essa unidade de análise.

Tendo como base o estado da arte aqui apresentado, é possível perceber que a maioria das investigações em âmbito nacional/internacional analisou a variabilidade dos elementos atmosféricos em áreas de conservação ambiental ou em espaços limítrofes a essas, adotando, como escala temporal mais usual, aquela que vai do período de horas, dias, meses e um ano, enquanto a escala climatológica mais utilizada foi a topoclimática, seguida pela microclimática e Local.

Além disso, o conhecimento pormenorizado, acerca das variações naturais decorrentes de fatores/controles climáticos locais, é mencionado como necessário e importante para o planejamento e gerenciamento das UCs. Assim como, o desenvolvimento de pesquisas sobre os possíveis impactos das mudanças climáticas do planeta Terra na distribuição e ocorrência de espécies endêmicas em diferentes biomas e áreas protegidas aparecem como preocupação latente, sobretudo, entre pesquisadores norte-americanos e europeus.

Contudo, independentemente da abordagem adotada, existe consenso de que a variabilidade dos elementos do clima em áreas de proteção integral e/ou desenvolvimento sustentável é condição *sine qua non* para avaliar possíveis impactos das alterações climáticas na biodiversidade brasileira e mundial. Preocupação atual e relevante, uma vez que, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e as metas elencadas na Agenda 2030 desenvolvida pelas Nações Unidas e países membros têm orientado a necessidade de pesquisas em diversas áreas do conhecimento, cujo objetivo principal é promover o desenvolvimento sustentável em suas dimensões social, econômica e ambiental para o período de 2016-2030 (PNUD, 2015).

Portanto, conhecer o clima de ecossistemas terrestres é tema pertinente, cujo leque de possibilidades precisa ser revisitado pelos profissionais da Ciência Geográfica, sendo necessário uma retomada das leis da natureza, para entender e distinguir o natural do socialmente construído e, assim, compreender suas complexidades, interações e implicações no bem estar social, econômico e ambiental da sociedade contemporânea.

3.3. A DINÂMICA DA CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA REGIONAL

Para auxiliar no estudo do clima em escala microclimática é necessária uma descrição geral dos principais centros de ação e massas de ar que atuam e caracterizam o clima do Rio Grande do Sul. Isso se dá porque conhecer a dinâmica atmosférica regional é importante para analisar e caracterizar o clima em escala de detalhe, uma vez que, a articulação hierárquica

entre os níveis de organização do clima ajudam explicar/justificar a variabilidade termo-higrométrica em diferentes ambientes fisiográficos do PEI.

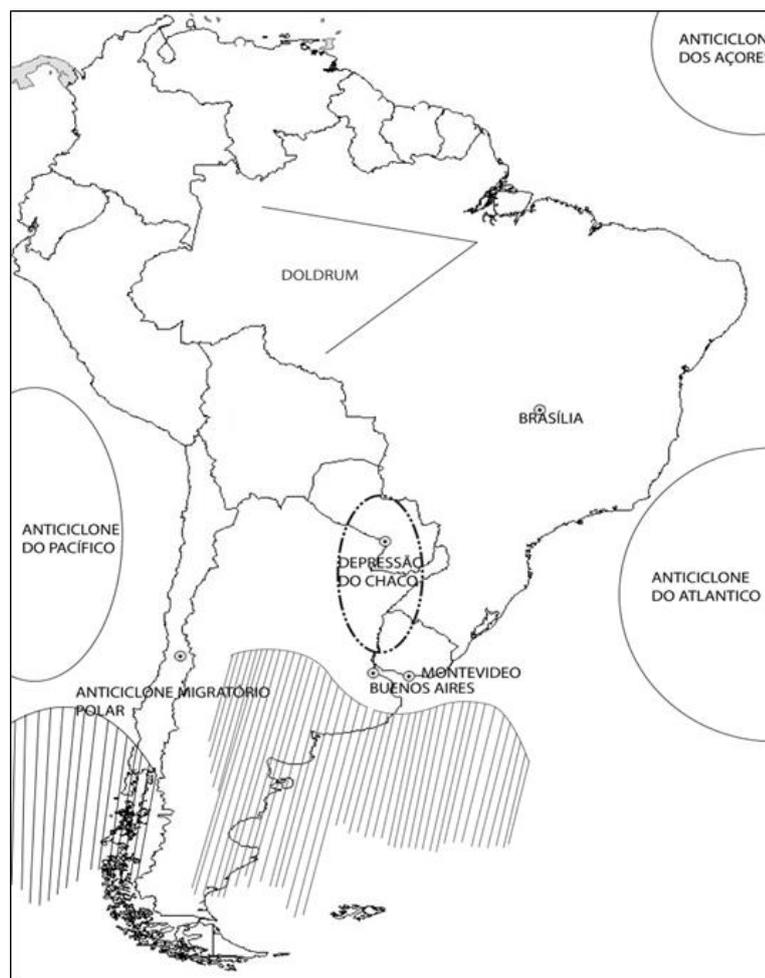
De acordo com Monteiro (1991) e Ribeiro (1993), o clima a nível zonal é que define os grandes sistemas atmosféricos do planeta, sendo resultado das diferenças de latitude, altitude, distância dos oceanos, dos movimentos de rotação e translação da terra e, sobretudo, da distribuição latitudinal da radiação solar que, por sua vez, define a circulação primária ou geral da atmosfera. O controle da circulação geral é realizado pelos grandes centros de alta e baixa pressão, que distribuem as massas de ar e as correntes perturbadas da atmosfera, organizadas em nível regional.

De acordo com Nimer (1990), os principais centros de ação que determinam a dinâmica do clima no RS são os anticiclones permanentes e semifixos oceânicos, centros dinâmicos, localizados nas zonas de altas pressões subtropicais do Hemisfério Sul (Alta do Pacífico e do Atlântico). O anticiclone semifixo do Atlântico Sul (ASAS) de sentido anti-horário atua de forma mais intensa no Brasil, sendo a principal fonte da massa de ar Tropical Marítima, enquanto o Anticiclone do Pacífico sul, de natureza estacionária, encontra dificuldade para avançar sobre o continente devido à barreira orográfica imposta pela Cordilheira dos Andes. Além do anticiclone semifixo do Atlântico Sul, existem as altas tropicais e polares que também participam da circulação atmosférica do Estado, sendo as altas tropicais pequenas dorsais que se forma em latitudes baixas do Brasil, invadindo o RS, principalmente, nas estações de primavera e outono, já as altas polares são denominadas de Anticiclone Migratório Polar (NIMER, op. cit.).

Segundo Monteiro e Furtado (1995), o Anticiclone Migratório Polar tem sua origem em latitudes subpolares (60°S), e se caracteriza por ser num centro positivo de notável deslocamento e reconhecida importância na determinação dos tipos de tempo na Região Sul do Brasil, com maior atuação e intensidade durante o inverno Austral, devido à ação das Massas Polares e das Frentes Frias.

Quanto aos centros negativos, de significativa importância na circulação atmosférica regional do estado, Nimer (1990) destaca a Baixa do Chaco, um centro de baixa pressão móvel de origem termodinâmica, cuja posição média reside na região do Chaco no interior do continente sul- americano, nos limites entre Brasil e Bolívia (Figura 19).

Figura 19 - Figura esquemática representando os Centros de Ações da América do Sul



Fonte: Adaptado de Monteiro, 1962.

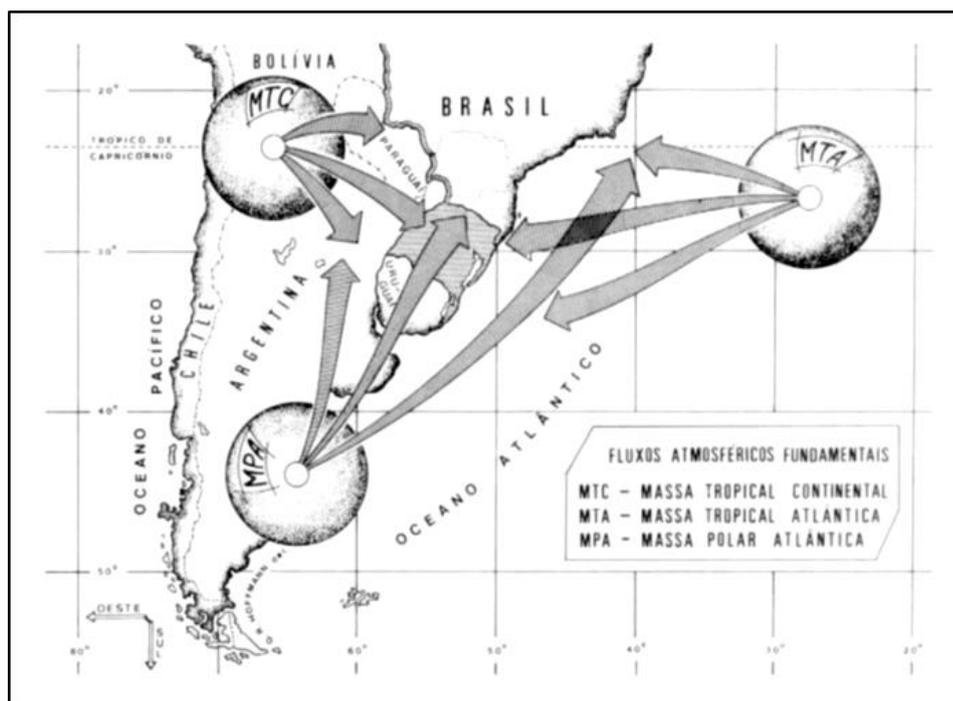
Segundo Monteiro (1968) a região sul está sob a influência de três importantes massas de ar pertencentes a vertente Atlântica, sendo elas:

- **Massa de ar Tropical Atlântica (mTa):** tem como centro de Ação o Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul (ASAS), é geralmente quente e com alto teor de umidade. Tem ação relevante ao longo de todo o ano no sul do Brasil com ventos de NE e E. Durante o inverno tem tendência a estabilidade do tempo e no verão torna-se instável devido ao aquecimento basal sofrido pelo contato com o continente, exercendo grande influência no clima da região, sobretudo nas áreas costeiras;
- **Massa Polar Atlântica (mPa):** de maior atuação no inverno, tem grande influência na circulação atmosférica regional, possui como centro de ação o Anticiclone Migratório Polar, sendo, portanto, uma massa de ar fria e úmida, atuando em todos os meses do ano no sul do Brasil; e

- **Massa de ar Tropical Continental (mTc):** tem menor participação nos sistemas atmosféricos do sul do Brasil, sua maior atuação ocorre durante o verão. É uma massa de ar quente e seca, tendo como seu centro de ação a Baixa do Chaco.

Na Figura 20 são retratadas as principais massas de ar que atuam no estado e seus fluxos de direções predominantes.

Figura 20 - Massas de ar que atuam no Rio Grande do Sul



Fonte: Nimer, 1990.

Durante o inverno Austral, o Rio Grande do Sul recebe maior influência que os demais estados brasileiros da Massa de ar Polar Atlântica ao avançar sobre o estado do quadrante sul para nordeste (BRITTO; BARLETTA; MENDONÇA, 2008). Sobre esse aspecto, Britto, Barletta e Mendonça (op.cit) destacam ainda que as chuvas de inverno são resultados do avanço da Massa Polar Atlântica, que ao se dirigir para latitudes menores encontra-se com a Massa Tropical Atlântica, gerando os chamados sistemas frontais. Durante o verão, a ação da massa de ar Polar se reduz, em contrapartida, as massas de ar Tropical Atlântica e Tropical Continental encontram-se mais atuantes, especialmente, a Massa Tropical Atlântica, que situada sobre o oceano, nas proximidades do Trópico de Capricórnio, se desloca mais para o sul, atuando de forma mais intensa sobre o Estado.

3.4. SISTEMAS ATMOSFÉRICOS QUE ATUAM NO RIO GRANDE DO SUL

Na Climatologia Geográfica Brasileira, os estudos sobre a circulação atmosférica e os tipos de tempo no Rio Grande do Sul restringem-se aos realizados por Sartori (1979; 1980; 1981; 1993; 2003; 2016), cuja abordagem leva em consideração a gênese dos tipos de tempo, a partir da organização escalar dos sistemas e subsistemas atmosféricos, do nível zonal ao local.

Nesse sentido, segundo Sartori (2016), a circulação atmosférica regional (circulação secundária) é influenciada pelos fatores geográficos do clima, assim como é responsável pelo ritmo de sucessão do tempo, que acontecem em determinados lugares ao longo da semana, dias ou horas, enquanto o clima local tem caráter diversificador, pois é onde a interação geográfica se acentua.

Assim como toda a Região Sul do Brasil, o território sul-rio-grandense:

Situa-se em zona climaticamente de transição e, por isso, as principais características climáticas de sua área refletem a participação tanto dos Sistemas Atmosféricos Extratropicais (massas e frentes polares) quanto dos Intertropicais (massas tropicais e Correntes Perturbadas), embora os primeiros exerçam o controle dos tipos de tempo. Assim, a posição subtropical faz com que a região seja área de confronto periódico entre forças opostas, provocado pelo avanço sistemático dos Sistemas Atmosféricos de origem polar em direção aos polares tropicalizados (Massa Polar Velha - MPV) ou aos sistemas de origem tropical (Massa Tropical Atlântica ou Continental), proporcionando a distribuição das chuvas durante todo o ano, motivada pelas sucessivas passagens frontais, sem ocorrência de estação seca no regime pluviométrico (SARTORI, 2003, p.28).

Sobre os sistemas atuantes no Rio Grande do Sul, Sartori (2016) menciona que os Sistemas Extratropicais controlam a circulação secundária regional em qualquer época do ano, sendo representados pela Massa Polar Atlântica (MPA), Massa Polar velha ou Tropicalizada (MPV) e pela Frente Polar Atlântica (FPA). A participação dos Sistemas Intertropicais é pequena, e são representados pela Massa Tropical Atlântica (MTA), ou Continentalizada (MTAc), Massa Tropical Continental (MTC) e Frente Quente de Nordeste de maior atuação nas fases pré-frontais e no máximo com dois dias de duração, podendo ocorrer em qualquer época do ano.

A participação dos sistemas atmosféricos regionais e atuação das massas de ar em cada estação do ano no RS ocorrem segundo Sartori (2016) da seguinte forma:

No verão: embora ocorram maior insolação e radiação solar, característicos dessa época do ano, há um maior domínio dos sistemas extratropicais na região, onde a participação da Massa Polar Velha ou Tropicalizada (MPV) ocorre em mais de 45% dos dias da estação. A

Frente Polar Atlântica (FPA) domina em cerca de 20% dos dias e a Massa Polar Atlântica (MPA) em 19%, sendo seu domínio sobre a região por apenas um ou dois dias (quando diminuem as temperaturas), logo após a passagem da Frente Polar.

Entre os Sistemas Intertropicais, a Massa Tropical Atlântica (MTA) e a Massa Tropical Continental (MTC) são as de maior participação na circulação atmosférica regional no verão, onde cada uma domina por cerca de 5% dos dias da estação. Além dessas massas de ar de origem tropical, ocorre também a ação das Instabilidades Tropicais ou de Noroeste e de Calhas Induzidas em cerca de 7% e 5% dos dias, respectivamente.

Geralmente, esses sistemas de circulação secundária provocam chuvas fortes, rápidas e de forma isolada, sendo comuns as tempestades e precipitações de granizo devido à presença de nuvens cúmulos-nimbos (Cb) de grande desenvolvimento vertical, geradas por convecção térmica em função do intenso aquecimento do interior do continente nessa época do ano.

Outono: os Sistemas Extratropicais continuam a predominar, entretanto, já se verifica uma maior participação da Massa Polar Atlântica (MPA), que passa controlar o tempo na região em mais de 45% dos dias da estação. O aumento na participação da MPA em relação à estação anterior é explicado pelo início da intensificação do Anticiclone Polar Atlântico (APA), que origina Massas Polares mais definidas, pois os processos de tropicalização tornam-se mais demorados devido à declinação do sol, e conseqüentemente pelo menor aquecimento da superfície. Com isso, a Massa Polar velha ou tropicalizada (MPV) reduz sua participação no outono para cerca de 30% do total de dias, enquanto que a Frente Polar Atlântica (FPA) mantém sua participação em cerca de 20% dos dias.

Os Sistemas Intertropicais reduzem ainda mais a sua frequência na região, pois predominam, em média, em apenas 6% a 1% do total de dias, sendo representado pelas Massas Tropical Atlântica (MTA) e Tropical Continental (MTC). O mesmo acontece com as Correntes Perturbadas, como as Frentes Quentes, as Instabilidades Tropicais e Calhas Induzidas.

Inverno: acentua-se a ação da MPA, que predomina em mais de 60% dos dias, com permanência na região de até oito (8) dias consecutivos. Muitas vezes a MPA não chega a tropicalizar-se como ocorre nas demais estações, essa redução no processo de tropicalização do ar polar faz com que a MPV diminua sua frequência em relação ao verão e outono, passando a dominar em apenas 11% do total de dias de inverno.

A participação de FPA é maior no inverno, permanecendo sobre o estado em mais de 22% dos dias, com aumento da frequência de frentes estacionárias e de ciclogêneses

(formação de ciclones frontais), cujas situações atmosféricas são responsáveis pelos altos índices pluviométricos que podem acontecer no decorrer da estação hibernal.

A MTA mantém frequência similar à registrada no outono, uma vez que, domina em 6% do total de dias do inverno, substituindo a MPV nas fases pré-frontais. Já a Massa Tropical Continental tem participação ainda menor, o que atesta o retraimento latitudinal mais ao norte da Baixa do Chaco, diferentemente do que acontece no verão, quando seu centro de baixa pressão encontra-se localizado mais ao sul (sobre o Chaco Argentino). As Correntes Perturbadas, assim como as Instabilidades Tropicais e as Calhas Induzidas, controlam cerca de 3% dos dias e são responsáveis pelas chuvas e/ou granizo que antecedem a FPA.

Primavera: nessa época do ano, em função do gradativo aquecimento continental, a MPA perde sua liderança de domínio para a MPV, cuja participação do ar polar tropicalizado é maior, controlando o tempo na região por cerca de 45% dos dias da estação, contra os cerca de 30% dos dias da MPA. A FPA mantém sua participação e domina as condições de tempo em 20% dos dias em média. Enquanto que a Massa Tropical Continental, embora de pouca duração (1 dia) aumenta sua participação na primavera, sobretudo em relação ao registrado no outono e inverno. Embora de pouca duração (1 dia), os dias sob seu domínio são quase sempre os que registram as maiores temperaturas e as mais baixas pressões, com ressecamento significativo do ar, correspondendo às fases pré-frontais. Por outro lado, a MTA, as Instabilidades Tropicais e Calhas Induzidas não aumentam sua frequência em relação às demais estações.

Ainda sobre a atuação dos sistemas atmosféricos no Estado, Oliveira (1986) menciona que o Rio Grande do Sul é afetado por sistemas que influenciam diretamente no regime das precipitações, e entre os mais importantes, está a passagem de sistemas frontais sobre a região, que são responsáveis por grande parte das precipitações pluviométricas ocorridas durante o ano.

Ao tratar das precipitações no estado, Sartori (2003) destaca que variam no tempo e no espaço, uma vez que ocorrem episódios de longas estiagens ou enchentes, que podem acontecer em qualquer época do ano, pois refletem as alterações da circulação atmosférica regional e zonal, que em parte são provocadas pelos fenômenos de “*El Niño*” e “*La Niña*”. Quanto a sazonalidade das precipitações, Radin et al. (2017) menciona que a distribuição anual das precipitações é diferente entre as regiões ecoclimáticas do RS, com os maiores volumes médios ocorrendo na primavera (27% das chuvas ocorridas ao ano), seguida do verão 25% e pelo outono e inverno, ambas com 24%.

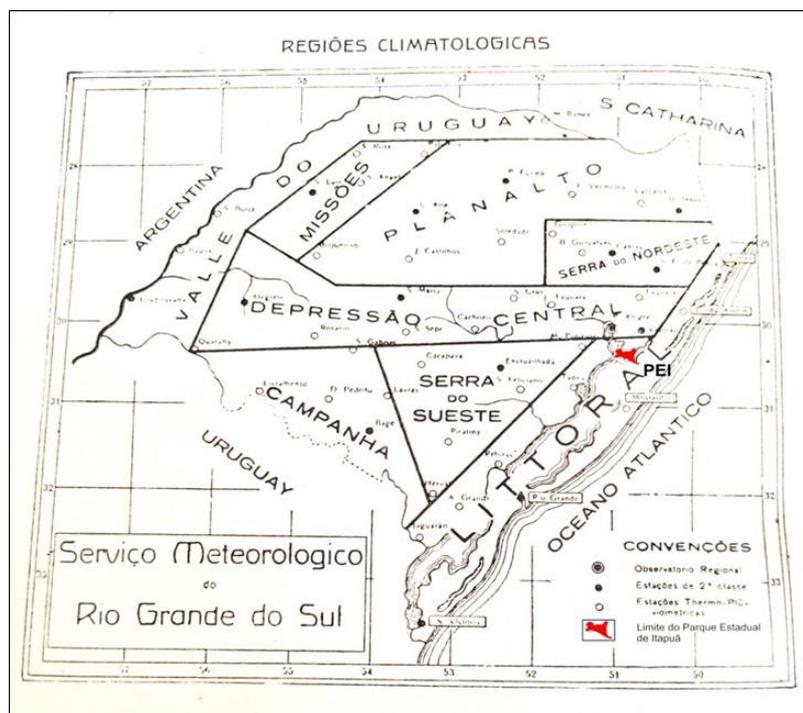
Sobre as enchentes no estado, deve-se destacar que embora o PEI não enfrente problemas com elas, a manutenção e conservação deste espaço natural é importante para minimizar os problemas/impactos advindos do excesso hídrico na região metropolitana de Porto Alegre, uma vez que, sua localização coincide com o exutório da região hidrográfica do Guaíba, que recebe as águas dos Rios Jacuí e Caí (via Delta do Jacuí), rios que historicamente registram as maiores enchentes no Estado.

3.5. O CLIMA DO PARQUE ESTADUAL DE ITAPUÃ/PEI SEGUNDO AS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS PARA O RIO GRANDE DO SUL

A análise da variabilidade espacial e temporal de elementos climáticos no estado tem possibilitado ao longo dos anos o desenvolvimento de classificações climáticas, que ao seu modo e época contribuíram para classificar e/ou caracterizar o Clima do Rio Grande do Sul. Desta forma, visando enquadrar o território do Parque Estadual de Itapuã dentro das classificações gerais do clima sul-rio-grandense, é apresentado um estado da arte sobre as principais obras encontradas com a temática, cujas informações são relevantes para as discussões apresentadas nessa tese.

O primeiro trabalho pormenorizado sobre o clima do Estado é de Araújo (1930), que dentro de uma classificação geral do clima o enquadra na província climática temperada, assim como menciona a altitude e a proximidade das terras com o oceano como os principais fatores de influência na variação e distribuição dos elementos do clima no Rio Grande do Sul. Tendo como base esses dois fatores geográficos, o autor propõe a divisão do Estado em oito regiões climáticas: Campanha, Serra do Sudeste, Litoral, Depressão Central, Vale do Uruguai, Missões, Planalto e Serra do Nordeste, cujos limites estão expressos no mapa da Figura 21.

Figura 21 - Mapa das Regiões climáticas do Rio Grande do Sul, com destaque para área de localização do PEI



Fonte: ARAÚJO, 1930.

Sobre a distribuição geográfica das chuvas, Araújo (op.cit) destaca que a orografia do Rio Grande do Sul é responsável por um sensível aumento das chuvas em algumas regiões, como na parte mais alta da Serra do Nordeste e grande parte do Planalto, regiões, que apresentam respectivamente os maiores volumes pluviométricos.

Quanto à variação da temperatura no Estado, o autor menciona que:

No Rio Grande do Sul, as variações de altitude, a continentalidade e a vizinhança de grandes massas d'água são fatores físicos que produzem modificações mais sensíveis na temperatura. Assim, as isotérmicas do Estado, em vez de correrem ao longo dos paralelos, formam, por efeito das altitudes, dois centros de valores mínimos ao redor dos pontos mais elevados das serras do Nordeste e do Sueste; e, seguindo as linhas de igual altura, vão aumentando de valor, até atingir o seu máximo, por efeito de continentalidade, no Baixo vale do Uruguai e no oeste da Depressão Central, e não alcançam senão um valor médio anual relativamente baixo, por influencia da vizinhança de grande massa d'água no Litoral (ARAÚJO, 1930, p. 13-14).

De acordo com essa classificação, a área pertencente ao PEI está inserida dentro da região climatológica do Litoral que, segundo Araújo (op. cit), é fortemente influenciada pela proximidade do Oceano Atlântico e lagoas que a cobrem em grande parte. Nele a temperatura

e os volumes pluviométricos são regulados pela presença dessas massas líquidas, que influenciam também na amplitude mensal/anual de temperaturas e nos elevados índices de umidade relativa do ar. Por ser uma das regiões mais baixas e menos acidentada do Estado, foi considerada pelo supracitado autor como de menor volume de chuvas, cujos valores não atingem 1.250 mm ao ano.

A “Contribuição ao Estudo do Clima do Rio Grande do Sul” é outra valiosa obra para o entendimento do clima no Estado, nela, Machado (1950) atualiza a classificação climática realizada por Araújo (1930) acrescentando novas características/informações para as regiões, assim como divide a região do Vale do Uruguai em Alto Vale do Uruguai e Baixo Vale do Uruguai, apresentando como limite o paralelo de número 28° S aproximadamente; da mesma forma a região do Litoral também é dividida em Litoral Norte e Litoral Sul, e como limite demarcatório o paralelo de número 30° S.

Deve-se ressaltar que essa sugestão já havia sido recomendada por Araújo (op.cit), entretanto, como na época não havia postos meteorológicos que cobrissem em sua totalidade o Vale do Rio Uruguai e Litoral, essa subdivisão ficou fora de seu trabalho precursor. Para particularizar o clima das diferentes áreas do Rio Grande do Sul, Machado (1950), diferentemente de Araújo (op. cit.), contou com uma rede maior de postos meteorológicos (42 estações meteorológicas), a maioria delas com mais de 30 anos de observação de dados climatológicos.

Assim, ao analisar os mesmos elementos climáticos que seu antecessor, Machado (1950) apresenta uma síntese climática para o Estado ao descrevê-lo como um lugar onde as estações do ano são bem caracterizadas, com verões quentes e invernos frios; sendo o outono mais frio que a primavera. O regime das chuvas anuais normais fica entre 1.100 mm e 2.500 mm, com frequência de 79 a 140 dias de chuvas ao ano. A umidade relativa normal no Estado é de 75% a 87%, tendo como ventos predominantes os do quadrante sudeste (45%) e Nordeste (29%) e as regiões mais quentes a do Baixo Vale do Uruguai, Depressão Central e Missões e as mais frias a Serra do Nordeste, Planalto e Serra do Sudeste, respectivamente. Quanto às temperaturas o autor destaca que:

Temperaturas Normais: a) médias anuais superiores a 14 °C, atingindo exatamente 20 °C. b) Médias do mês mais quente superiores a 18 °C e inferiores a 26,5 °C. c) Médias do mês mais frio superiores a 9,5 °C e inferiores a 15 °C. d) Médias das temperaturas máximas superiores a 19,5 °C e inferiores a 27,5 °C. e) Médias das temperaturas mínimas superiores a 9,5 °C e inferiores a 15 °C. **Temperaturas Extremas Excepcionais:** a) máxima absoluta superiores a 30 °C e inferiores a 43 °C. b) Mínimas absolutas já desceram até 8,5 °C abaixo de zero. (MACHADO, 1950, p. 07).

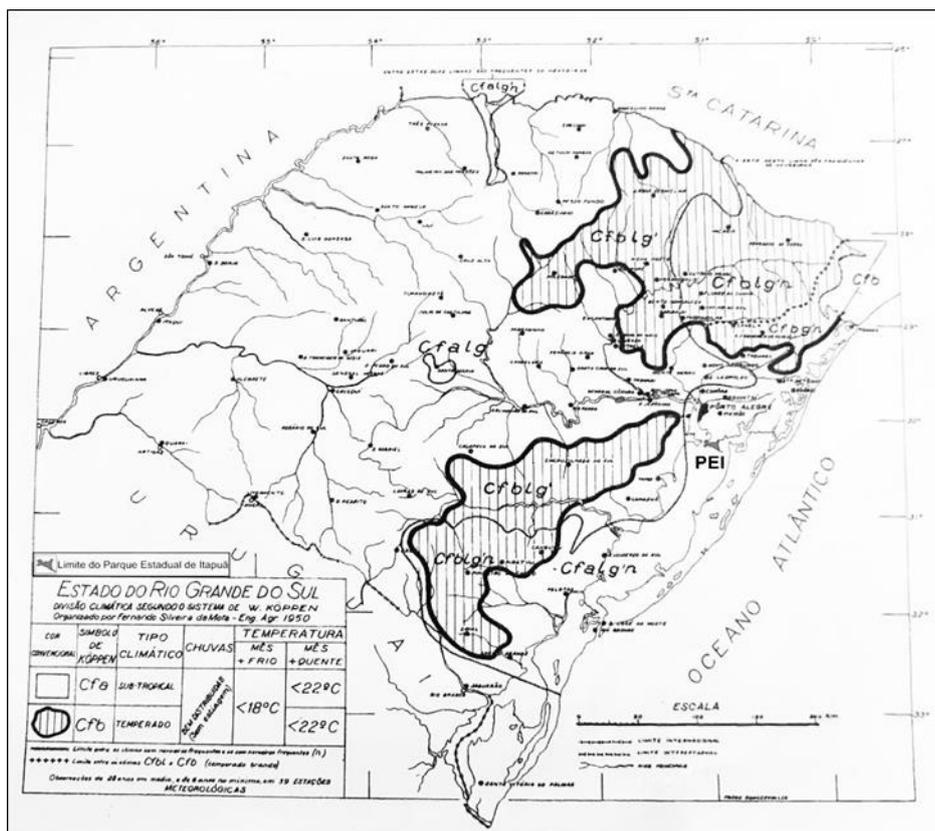
Com a nova divisão da região climatológica do litoral realizada por Machado (op. cit.), o PEI, devido à sua posição geográfica, encontra-se inserido numa área de transição entre a região climática do Litoral Norte e Litoral Sul, uma vez que, o limite demarcatório estabelecido é o paralelo de número 30° S, aproximadamente. Por esse motivo, o PEI não será enquadrado em uma ou outra região, mas sim, caracterizado de forma mais ampla, segundo essa classificação climática.

Em linhas gerais, a região é úmida, com temperaturas amenas devido à proximidade com o oceano e massas líquidas interioranas. Os normais de chuvas anuais são superiores a 1.150 mm e inferiores a 1.450 mm, com forte presença de nevoeiros, assim como baixa ocorrência no número de geadas. Na época foi considerada a região do Estado onde os ventos alcançavam as maiores velocidades, entretanto, hoje, sabe-se que os ventos mais velozes não ocorrem nessa região.

Em 1951, o Engenheiro agrônomo Fernando Silveira da Mota já considerava o sistema de classificação climática de Köppen o de maior aceitação internacional, inclusive para fins de comparação entre regiões e países. Segundo ele, a metodologia utilizada por Köppen ainda não havia sido aplicada no Rio Grande do Sul, apenas em termos gerais pelos próprios autores do sistema e, por esse motivo resolveu aplicá-la na pesquisa “Estudos do Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo o sistema de W. Köppen”. Um dos resultados finais do trabalho foi o mapa de uma nova delimitação das zonas climáticas do Estado (Figura 22), baseado no clima de cada estação meteorológica considerada e no seu relevo circundante.

Dentro dessa nova divisão, o PEI se insere no tipo climático *Cfalg'n*, ou seja, num clima subtropical, úmido e sem estiagem, com temperaturas médias do mês mais quente superior a 22,0 °C, e com registros de temperaturas máximas após o solstício de verão. A temperatura média do mês mais frio é inferior a 18,0 °C, enquanto que as temperaturas médias mensais oscilam entre 10,0 °C e 22,0 °C devido aos diferentes tipos de tempo presentes ao longo do ano na região. Influenciados por ventos carregados de vapor d'água vindos do oceano, os tipos de tempo têm como consequência a ocorrência de chuvas, a presença de solos úmidos durante a maior parte do ano e principalmente, a formação de nevoeiros em mais de 50 dias ao ano (MOTA, 1951).

Figura 22 - Divisão Climática do Rio Grande do Sul, segundo o sistema de W. Köppen



Fonte: MOTA, 1951.

Em 1961 é publicado outro trabalho sobre o clima do Rio Grande do Sul, cuja autoria é de José Alberto Moreno, que estabelece uma nova subdivisão das áreas morfoclimáticas do Estado. Para delimitar e caracterizar as áreas climáticas do Estado, o autor atualiza dados de elementos climáticos e os apresenta com maior precisão, por meio de mapas de temperatura, precipitação, neblina, ventos e insolação, que foram inicialmente organizados por Araújo (1930), mas que carecia de atualizações.

Ao analisar as isotermas normais do mês mais frio (julho) e do mês mais quente (janeiro), Moreno (1961) enquadra o Rio Grande do Sul em duas áreas climáticas: *Cfa* e *Cfb*, cujas características gerais são:

Cfa: Temperatura média do mês mais frio compreendida entre - 3° e 18 °C, e temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C.

Cfb: Temperatura média do mês mais frio compreendida entre - 3° e 18 °C, e temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C. (MORENO, 1961, p. 57).

Nessa classificação, baseada no sistema de Köppen, a época de ocorrência das chuvas é de suma importância, uma vez que, os climas da zona “C” (Clima Temperado Chuvoso

Quente) se diferenciam quanto à época de sua ocorrência, e são agrupados em três tipos: chuvas de inverno (Cs), de verão (Cw) e igualmente distribuídas ao longo do ano (Cf). Quanto a esse elemento climático, o Rio Grande do Sul é enquadrado no tipo Cf, pois embora exista diferença nos valores normais de chuvas mensais e anuais entre as áreas mais chuvosas (2.420 mm) e menos chuvosas (1.200 mm) as precipitações pluviométricas não são periódicas, portanto, ocorrem em todos os meses do ano.

Em síntese, as chuvas de verão no Estado são influenciadas por sua posição geográfica (costa oriental da América do Sul) e ocasionadas pelos Ventos Alísios Úmidos¹; e durante o inverno pelo deslocamento dos anticiclones (Massas Polar Atlântica e Pacífica) tendo a orografia considerada influência nos totais de chuvas no Estado (MORENO, 1961).

Em linhas gerais o clima sul-rio-grandense pode ser caracterizado por:

A Variação da temperatura no Rio Grande do Sul está na dependência da movimentação das massas de ar, das diferenças de altitude, da maritimidade e da continentalidade. Durante a maior parte do ano o território do Estado acha-se sob a influência da Massa Tropical Atlântica. Durante o inverno da Massa Polar Atlântica, em alguns anos, têm sua influência constante e noutros a sua influência é alternada com a Massa Tropical [...]. Também durante o verão a Massa Equatorial Continental costuma invadir a região norte do Estado. As superfícies do relevo elevado concorrem para o abaixamento da temperatura e para formação de centro mínimos, área do Planalto Superior e na do Escudo. A maritimidade desempenha um papel regulador da temperatura, diminuindo os contrastes térmicos. Em virtude desse fator o litoral é a região de menor amplitude térmica. Já as regiões mais afastadas do litoral, em virtude da continentalidade, apresentam os valores térmicos extremos do Estado (MORENO, 1961, p. 58).

Na classificação elaborada por Moreno (1961), o PEI está localizado na área Morfoclimática da Planície Sedimentar Litorânea Lagunar, cujas altitudes são inferiores a 100 m e pertence à área de domínio climático do tipo *Cfa* com temperatura do mês mais quente (janeiro) superior a 22,0 °C e do mês mais frio (Julho) oscilando entre -3,0 °C e 18,0 °C, onde as chuvas estão presentes em todos os meses do ano e a massa Tropical Atlântica tem grande influência na dinâmica climática local.

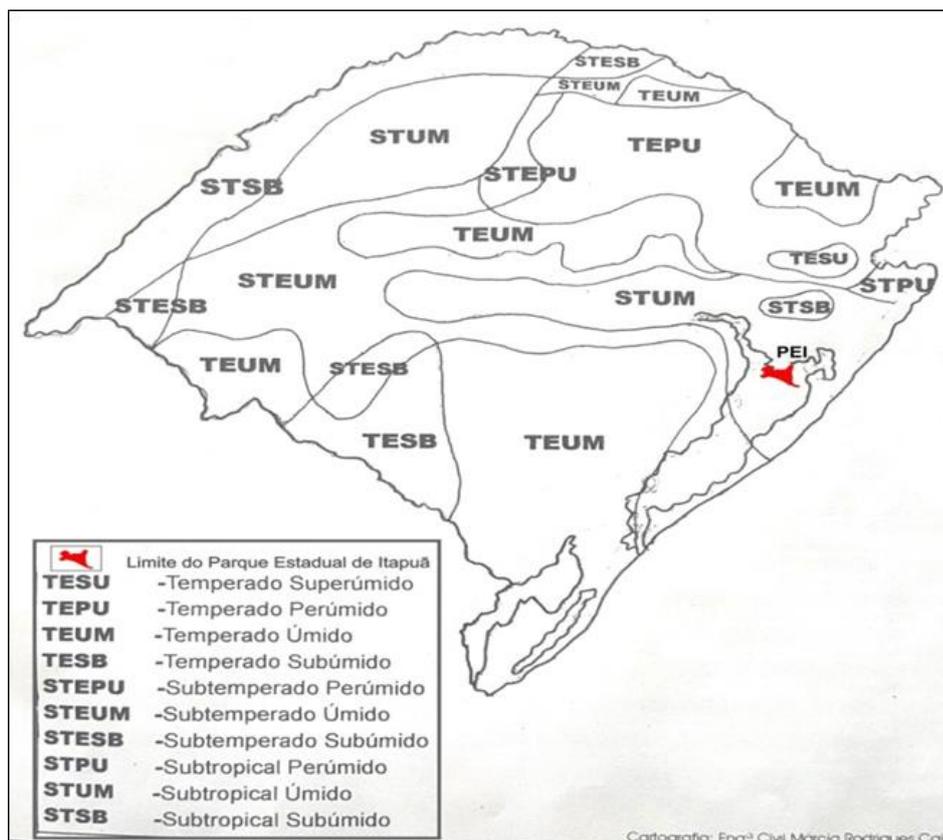
No final do século XX, Maluf (2000) apresenta uma nova classificação climática para o Rio Grande do Sul, ao aplicar a metodologia proposta por Camargo (1991), que aliou as classificações de Köppen (1936) e Thornthwaite (1948) no levantamento de aptidão

¹ Quando Moreno (1961) pesquisou o clima do estado, não pode contar com informações advindas de satélites artificiais para suas conclusões científicas, pois naquela época havia poucos em órbita ao redor da terra. Atualmente, o número desses equipamentos e acesso as suas imagens são maiores, o que possibilita conclusões mais precisas sobre a origem das chuvas no Rio Grande do Sul, cuja gênese está ligada as correntes perturbadas de sul (frente polares) e de oeste (instabilidades tropicais).

agroclimática no Peru. Apesar do foco de sua pesquisa estar voltado à agronomia, ela contribui para entender as regiões climáticas do Estado, e por isso é aqui referendada.

Maluf (2000) utilizou dados de temperatura média anual, temperatura média do mês mais frio, balanço hídrico e indicação dos meses com deficiência hídrica de 41 estações meteorológicas de primeira classe. Em sua análise, a partir da temperatura média anual e temperatura média do mês mais frio, define que os climas para o Rio Grande do Sul são: Temperado, Subtemperado e Subtropical. E com base nos valores de deficiência e excesso hídrico de umidade do solo divide os climas supracitados em uma escala que vai do superúmido ao subúmido, definindo 10 classes de aptidão agroclimática para o Estado: Temperado Superúmido, Temperado Perúmido, Temperado Úmido, Temperado Subúmido, Subtemperado Perúmido, Subtemperado Úmido, Subtemperado Subúmido, Subtropical Perúmido, Subtropical Úmido e Subtropical Subúmido (Figura 23).

Figura 23 - Tipos Climáticos do Estado do Rio Grande do Sul



Fonte: Adaptado de Maluf, 2000.

De acordo com essa classificação, o PEI encontra-se numa região pertencente ao tipo climático Subtropical Úmido (STUM), cuja área de abrangência se estende por quase todo o litoral sul-rio-grandense. Ao ter como parâmetro os dados da Estação Meteorológica de Porto Alegre, a mais próxima da UC e utilizada por Maluf (2000), as características climatológicas para essa área são: temperatura média anual de 19,5 °C, com média do mês mais frio de 14,0 °C, enquanto a precipitação pluvial anual é de 1.309 mm.

No início do século XXI, Kuinchtner e Buriol (2001) pesquisam sobre o “Clima do Estado do Rio Grande do Sul Segundo a Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite”. De acordo com os autores, a classificação climática de Thornthwaite (1948) precisava ser aplicada ao Estado, pois Mota (1951) e Moreno (1961) utilizaram apenas o modelo de classificação Climática de Köppen (1931) para classificar o clima do Rio Grande do Sul, o que motivou a realizarem esse estudo. Os resultados indicam que a ocorrência das chuvas no Estado é bem distribuída ao longo do ano, sendo as regiões climáticas do Litoral Sul e extremo sul do Vale do Uruguai os locais de menor índice pluviométrico. Quanto às temperaturas, os menores valores médios mensais são registrados no mês de julho variando de 9,0 a 10,0° C no extremo leste da região do Planalto e os mais elevados no mês de janeiro entre 25,0 e 26,0° C nas regiões do Alto e Baixo Vale do Uruguai.

Em 2003, é publicado importante artigo sobre a “Dinâmica do Clima do Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico”, assinado por Sartori (2003), que ao se basear em mais de trinta anos de estudos sobre a circulação atmosférica e os tipos de tempo no Estado, destaca que a variação dos sistemas atmosféricos regionais predominantes em cada estação do ano é responsável pela gênese e caracterização do clima no Rio Grande do Sul. E quando associados aos de natureza geográfica, especialmente a altitude, relevo, continentalidade e vegetação determinam a variabilidade dos atributos climáticos básicos, dentre eles, as diferenças de temperatura, pressão atmosférica, umidade e volume das precipitações pluviométricas.

Com base em dados oficiais, Sartori (2003) caracteriza o Clima do Rio Grande do Sul da seguinte forma:

Nos invernos, a temperatura média do mês mais frio (julho) fica entre 10 °C e 15 °C e a média das mínimas entre 6 °C e 10 °C, provocadas pelas invasões periódicas do APA. Nos verões, a temperatura média do mês mais quente (janeiro) é superior a 22 °C, na maior parte do Estado [...] As temperaturas médias anuais variam entre 14 °C e 18 °C, no topo do Planalto Meridional e Serra do Sudeste, e entre 18 °C e 20 °C na Depressão Central, Campanha, Vale do Uruguai e Planície Litorânea. As precipitações anuais entre 1.250 mm (Planície Litorânea) e 2.250 mm (Serra do Nordeste) são essencialmente de origem frontal (FPA) e se distribuem ao longo do ano, sem secas sazonais definidas. Porém pela frequência, novembro é o mês menos chuvoso e setembro/outubro os mais chuvosos na maior parte do Estado [...] A

umidade relativa varia entre 70% e 85%, sendo, evidentemente, menor no verão e maior no inverno (SARTORI, 2003, p.41-42).

Ainda no rol das pesquisas contemporâneas, Rossato (2014) apresenta “Os Climas do Rio Grande do Sul: Tendências e Tipologia” em que faz uma análise climatológica para o período de 1970 a 2007, por meio de procedimentos analíticos da climatologia estática, dinâmica e o uso de modernas tecnologias de geoprocessamento, que resulta numa nova e detalhada classificação climática para o Estado.

A classificação de Rossato (op. cit.) integra as unidades geomorfológicas aos sistemas atmosféricos, e esses, a variabilidade anual, sazonal e mensal de elementos climáticos e fatores geográficos, dentre os quais, o relevo, a altitude, maritimidade, continentalidade, correntes marítimas e urbanização. Ao término da pesquisa, define o clima do Rio Grande do Sul como subtropical, subdividindo-o em quatro regiões, duas delas divididas em duas sub-regiões, conforme consta no Quadro 1.

Quadro 1 - Rio Grande do Sul - Tipos de clima e sua distribuição nas unidades geomorfológicas

Tipos de clima		Unidades Geomorfológicas				
		Litoral	Planalto Basáltico	Escudo Sul-Rio-grandense	Cuesta do Haedo	Depressão Central
Subtropical I: Pouco úmido	Subtropical 1a: pouco úmido com inverno frio e verão fresco.	Sul		Totalidade		
	Subtropical 1b: pouco úmido com inverno frio e verão quente.				Reverso da Cuesta	
Subtropical II: medianamente úmido com variação longitudinal das temperaturas médias.		Médio*				Totalidade
Subtropical III: úmido com variação longitudinal das temperaturas médias.		Norte	Escarpa			
Subtropical IV: muito úmido	Subtropical IVa: muito úmido com inverno fresco e verão quente.		N-NO (Vale do Rio Uruguai)			
	Subtropical IVb: muito úmido com inverno frio e verão fresco.		leste			

Fonte: ROSSATO, 2014.

De acordo com as especificidades contidas no Quadro 1, a área do PEI está inserida na unidade geomorfológica do Litoral Médio*, pertencendo, portanto, ao tipo climático Subtropical II, que abrange a Depressão Central e corta o RS de oeste a leste até o denominado litoral médio. Esse tipo climático é caracterizado por ser medianamente úmido com variação longitudinal das temperaturas médias. Sua área recebe maior influência dos sistemas polares, porém com interferência dos sistemas tropicais marítimos, com forte atuação da massa de ar Tropical Atlântica, sobretudo, em sua porção leste, enquanto na porção oeste há maior interferência dos sistemas tropicais associados à Massa Tropical Continental, particularmente no verão.

Essa região sofre também a influência do relevo (Depressão Central), da continentalidade e maritimidade, com maior parte das precipitações provocadas pelos sistemas frontais, que culminam em valores entre 1500 a 1700 mm anuais e valor médio mensal em torno de 115-155 mm na maior parte dos meses. A temperatura média anual fica entre 17,0 °C e 20,0 °C, com temperatura média do mês mais frio entre 14,0 °C e 17,0 °C e temperatura média das mínimas em torno de 8,0 °C e 11,0°C, enquanto a temperatura média do mês mais quente fica entre 23,0 °C e 26,0°C, com temperatura média das máximas deste mesmo mês entre 29,0 °C e 32,0 °C (ROSSATO, 2014).

Com objetivo de sistematizar as principais obras e referenciais teóricos sobre a caracterização climática do Estado, Wollmann e Galvani (2012) apresentam trabalho inédito sobre a “Caracterização Climática do Rio Grande do Sul: dos estudos estáticos ao entendimento da gênese”. Os autores concluem que as caracterizações e/ou classificações climáticas elaboradas para o Rio Grande do Sul entre os anos de 1930 e 2000 foram desenvolvidas, a partir de duas formas de levantamento e tratamento de dados climáticos. Uma é a caracterização ou classificação estática onde dados climáticos, especialmente de temperatura e precipitação são analisados, por meio de técnicas e métodos estatísticos; a outra é a caracterização dinâmica, onde a dinâmica das massas de ar e as correntes perturbadas são estudadas. Nesse tipo de pesquisa, a escala temporal utilizada é a diária e os dados climáticos são obtidos em trabalhos de campo.

Assim como a maioria dos autores referendados nesse estado da arte, Wollmann e Galvani (2012) também classificam o clima do Rio Grande do Sul, conforme a classificação climática de Köppen (1931), ao enquadrarem o espaço Sul-rio-grandense nos tipos climáticos *Cfa* e *Cfb*. Destacando ainda que o relevo/geomorfologia consiste no principal fator geográfico de individualização de climas sub-regionais, uma vez que, tem significativa influência na variação dos elementos do clima no Estado.

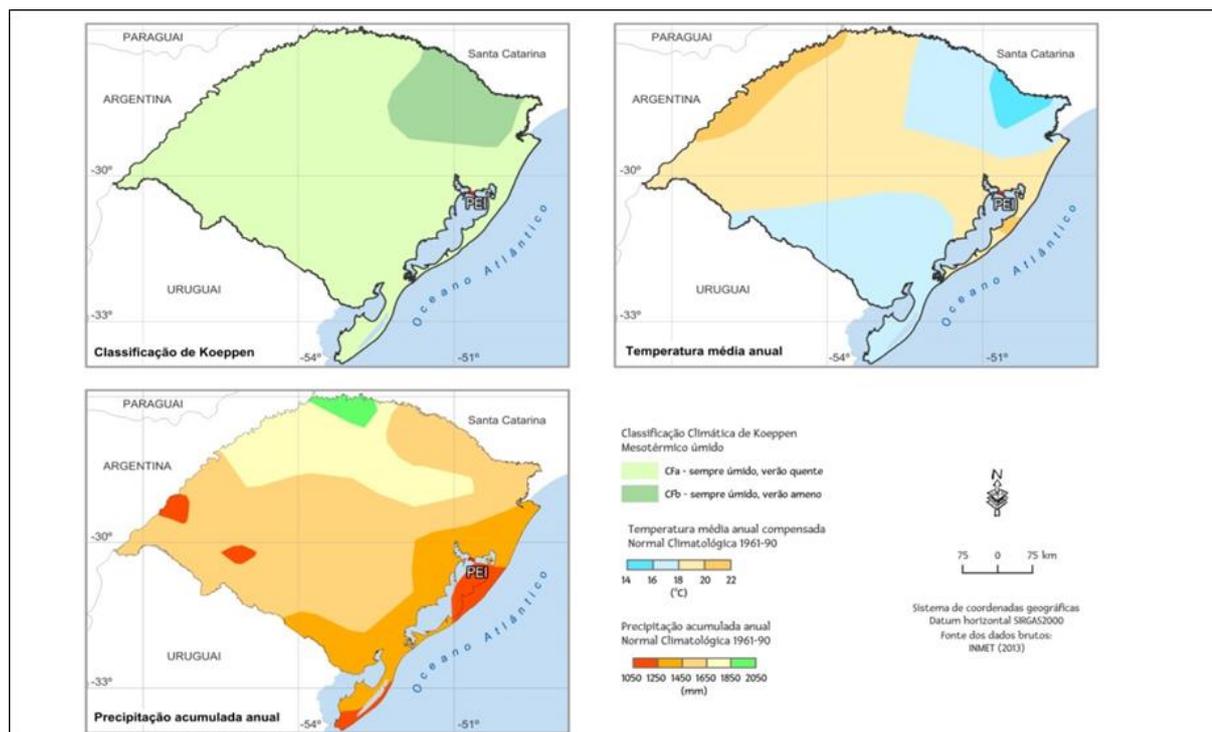
Tendo em vista que maior parte da literatura consultada apresentou como ponto de partida de suas pesquisas a classificação climática de Köppen (1931), acredita-se que uma abordagem mesmo que genérica sobre as bases dessa classificação geral do clima é necessária, especialmente pelo fato de balizar estudos de regionalização climática no Brasil e no mundo até os dias de hoje.

É importante destacar que a classificação climática de Wladimir Köppen (1931) é global, e que sua primeira tentativa data de 1900, sendo considerada por muitos cientistas como o primeiro zoneamento climático do mundo. Anos mais tarde, com a colaboração de Rudolf Geiger, essa classificação climática foi sendo aperfeiçoada em 1918, 1927, 1936 e, mais recentemente, atualizada por Peel, Finlayson e MacMahon (2007); Alvares et al. (2014) e Beck et al. (2018).

Segundo Pessoa (2017), essa classificação divide o clima mundial em cinco grandes zonas ou grupos, tendo como base, a vegetação nativa de grandes áreas da terra, assim como, características mensais, sazonais e anuais das médias de temperatura do ar e precipitação pluviométrica. De acordo com esses critérios e, por sua posição latitudinal, o clima do Rio Grande do Sul se insere no grupo “C”, isto é, num Clima temperado chuvoso moderadamente quente, com a maior parte de seu território incluído no tipo climático *Cfa* (Clima Temperado Úmido com verões quentes, sem estação seca, com chuvas durante todo o período do ano). E uma pequena área está localizada na região nordeste do estado (nas altitudes mais elevadas), pertencente ao tipo *Cfb* (Clima Temperado Úmido com verões moderadamente quentes, sem estação seca e com chuvas durante o ano todo).

A representação cartográfica desses dois tipos climáticos e seus respectivos valores de temperatura do ar e precipitações pluviométricas é retratada na Figura 24.

Figura 24 - Classificação climática de Köppen para o Rio Grande do Sul



Fonte: Adaptado de PESSOA, 2017.

Conforme a classificação de Köppen, a região onde o PEI está localizado encontra-se inserida no tipo climático *Cfa*, e segundo Pessoa (2017) apresenta uma variação anual de precipitação acumulada entre 1250 e 1450 mm e temperatura média anual entre 18,0 °C e 20,0 °C.

3.6. AS ESCALAS DE ANÁLISE CLIMÁTICA

O conceito de escala na leitura de King (2006) está relacionado à dimensão física espacial e temporal de um dado objeto ou evento, enquanto na Geografia, a escala, segundo Castro (2006), consiste numa aproximação do real onde tamanho e fenômeno são abordados inseparavelmente.

Dentro da abordagem geográfica, a análise climática, segundo Jesus (2008), é organizada seguindo uma ordem de grandeza escalar onde a questão espacial dos diversos ambientes climáticos é priorizada de acordo com o estudo almejado. Ao tratar especificadamente da importância da escala nos estudos climáticos, Nunes (1998) destaca que a escala de abordagem é um dos aspectos mais importantes a ser definido na pesquisa, pois

além de definir sua área de extensão e período de abrangência definirá também as técnicas e métodos a serem adotados para se atingir os objetivos elencados.

Nessa mesma linha de raciocínio, Jardim (2017, p. 1669) menciona que “Noção de escala é inseparável da análise climatológica, sem a qual é impossível distinguir a dimensão dos fatores ou controles climáticos e impactos decorrentes associados a determinados eventos”. De acordo com Mascaró (1996), os processos que ocorrem entre a superfície terrestre e sua atmosfera adjacente se enquadram em três níveis escalares, o macroclimático, o mesoclimático e o microclimático. Essa ideia escalar está vinculada à ordem hierárquica das grandezas climáticas, desta forma, tem-se o microclima inserido no mesoclima, e este no macroclima. Sobre esse aspecto Nunes (1998) menciona que os processos físicos que acontecem em escalas superiores modificam o comportamento da atmosfera em escalas inferiores, entretanto, os processos físicos que ocorrem em escalas inferiores repercutem de forma limitada, ou em quase nada nas escalas superiores.

Na maioria das vezes, dependendo da pesquisa que se pretende realizar é preciso transitar por diferentes escalas do clima, pois o entendimento desse ocorre em muitos casos, a partir das relações que ocorre entre elas. Por isso, uma das dificuldades frequentes dos trabalhos de climatologia é justamente a escolha da escala que será utilizada, uma vez que, “é necessário definir a escala de trabalho temporal e espacial que apresentam certa relação entre si. As escalas espaciais variam desde os níveis globais (níveis zonais) a microclimáticos” (LIMA, p. 52, 2014).

O macroclima é sem dúvidas a maior das unidades climáticas, sua abrangência vai desde o planetário (clima global), perpassando por faixas ou zonas (clima zonal), até grandes áreas ou regiões (clima regional). Sua definição está diretamente vinculada à circulação primária ou geral da atmosfera desencadeada pelos centros de alta e baixa pressão, zona de convergência intertropical/CIT, eventos astronômicos, fatores geográficos de grande extensão como cordilheiras, oceanos, continentes e pela distribuição latitudinal da radiação solar (RIBEIRO, 1993).

Oscar Júnior (2012), baseado nas categorias taxonômicas e critérios de níveis de organização geográfica do clima urbano, proposto por Monteiro (1976), menciona que a organização climática do nível ou clima zonal se deve à atuação de fatores como latitude, altitude, continentalidade e o próprio movimento de rotação da Terra. Esses estruturam o globo em faixas ou grandes zonas climáticas (faixas latitudinais), a partir “do equilíbrio resultante entre a recepção diferencial de calor entre as várias faixas de latitude, dos deslocamentos dos ventos para oeste provocados pelo movimento de rotação da Terra e da

distribuição das terras e águas, resultando nos Climas zonais” (OSCAR JÚNIOR, 2012, p. 115).

Por sua vez, o nível mesoclimático corresponde às alterações do macroclima devido à morfologia e topografia local, é uma unidade intermediária entre as grandezas superior e inferior do clima e tem o clima regional como uma subunidade de transição entre a ordem escalar superior a esta (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Sobre esse aspecto Oscar Júnior (2012) destaca que ao desdobrarmos os climas zonais em unidades menores, novos fatores adquirem importância, pois passam a interagir com os fatores que atuam no clima zonal. Entre as variantes que devem ser consideradas pelos estudos de clima regional estão à exposição, forma e orientação do relevo, assim como as variações anuais na localização e frequência dos centros de alta e baixa pressão, pois são eles que definem o ritmo de variação anual, sazonal, e mensal dos principais atributos climáticos.

Quanto ao nível local Oscar Júnior (2012, p.116) destaca que:

O estudo do clima local, dificilmente pode ser feito sem se apoiar em outras áreas do conhecimento geográfico, tais como: Geomorfologia, Geografia Urbana, Pedologia, Biogeografia, os quais são influenciados e influenciam o clima, promovendo sua especialização [...] Reconhecemos que existem ainda outros níveis abordados na obra de Monteiro (1976), sendo eles o Meso, Topo e Microclima. Contudo permito-me avalia-los como desdobramentos do clima local, tendo igual função deste, de especialização, quando comparados ao sistema climático planetário.

Entretanto, apesar dos esforços ainda não existe um consenso entre os pesquisadores do clima quanto à extensão, periodicidade e nomenclatura das diferentes escalas climáticas. O que existe são termos e dimensões espaciais de maior aceitação entre climatólogos e meteorologistas. Sobre esse aspecto Ribeiro (1993) menciona que a análise climática requer um referencial escalar que seja metodologicamente viável, que corresponda aos objetivos que se pretende alcançar, pois cada nível escalar corresponde a uma abordagem específica, no sentido da coerência entre extensão e duração do fenômeno climático, cujas técnicas utilizadas variam desde a obtenção dos dados até o tratamento gráfico-estatístico a ser adotado.

Jardim (2017), ao discutir as interações entre fatores climáticos de diferentes escalas espaciais e sua importância como indicador de alterações ambientais e subsídio à definição de unidades climáticas, destaca que:

Os climas se organizam a partir da influência que a superfície exerce sobre a atmosfera, através da interação de fatores como o relevo, vegetação, superfícies oceânicas etc. com os elementos climáticos (temperatura, umidade do ar, chuvas etc.). Essa assertiva apoia-se no fato de que sendo o ar relativamente permeável à entrada de radiação solar (ondas curtas) ao atingir a superfície essa radiação é

absorvida, tendo como resultado o seu aquecimento e, portanto, irradiação de calor (ondas longas) transferida para as camadas sobrejacentes de ar por contato e, de forma mais efetiva, por convecção. Portanto, a fonte de energia do sistema, dada inicialmente pela entrada de radiação solar, segue trajetória ascendente, a partir da superfície, o que permite situar o núcleo do sistema climático na interface entre os componentes da paisagem e não propriamente na atmosfera. (JARDIM, 2017, p. 1668).

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) apresentam uma síntese das escalas espacial e temporal do clima, conforme exposto no Quadro 2.

Quadro 2 - Organização das escalas espacial e temporal do clima

ORDEM DE GRANDEZA	SUBDIVISÕES	ESCALA HORIZONTAL	ESCALA VERTICAL	TEMPORALIDADE DAS VARIAÇÕES MAIS REPRESENTATIVAS	EXEMPLIFICAÇÃO ESPACIAL
Macroclima	Clima Zonal Clima regional	> 2.000 km	3 a 12 km	Algumas semanas a vários decênios	O globo, hemisfério, oceano, continente etc.
Mesoclima	Clima Regional Clima Local Topoclima	2.000 km a 10 km	12 km a 100m	Várias horas a alguns dias	Região natural, montanha, região metropolitana, cidade etc.
Microclima		10 km a alguns m	Abaixo dos 100m	De minutos ao dia	Bosque, rua, edificação etc.

Fonte: MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p.23.

É mister salientar que a pesquisa aqui desenvolvida possui como foco de estudo a escala microclimática, entretanto, em alguns momentos, a análise recai também sobre fatores intervenientes relacionados ao nível escalar Topoclimático, uma vez que, em alguns ambientes (os de maior altitude), as influências impostas pelos controles climáticos locais na variabilidade termohigrométrica no PEI estão vinculados tanto aos fatores micro como topoclimáticos, cujo marco demarcatório, assim como ocorre nas demais escalas climáticas, é de difícil precisão. E por se tratar de uma pesquisa realizada na baixa troposfera, na camada de ar mais próxima ao solo, fonte principal de insumos e energia para os fenômenos meteorológicos, o nível escalar micro e topoclimático foi entendido neste estudo como um desdobramento do clima local, portanto, do mesmo entendimento que Smith (1975) e Oscar Júnior (2012) e, por esse motivo, o enfoque maior no referencial teórico é dado à escala Local, Topo e Microclimática.

3.6.1. Escala local

O clima local é uma subdivisão ou subunidade que pertence à ordem de grandeza Mesoclimática, sendo definido por especificações locais, seja de uma grande cidade, um litoral, uma área agrícola ou floresta. Sua dimensão espacial, por não ser exata pode variar de 10 a 2000 km em sua escala horizontal e de 100 m a 12 km na vertical, sua análise geralmente recai sobre dados climáticos obtidos de várias horas a alguns dias (MENCONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Para Cuadrat e Pita (2014), o clima local é uma unidade em que as características meteorológicas estão mais ligadas às peculiaridades locais, seja de uma cidade, bosque ou vale. Na unidade escalar local, os dados meteorológicos utilizados, na maioria das vezes, são diários e de hora em hora, obtidos em equipamentos instalados ao longo da área em estudo. De acordo com Oliver e Fairbridge (1987), na subunidade escalar local, a configuração do relevo, tipo de solo e cobertura vegetal são especificações pontuais, que caracterizam o clima local, onde os registros necessários para análise são aqueles provenientes das redes de observação meteorológicas básicas, podendo, inclusive, contar com postos de coletas termopluiométricas locais.

Segundo Smith (1975) entre as peculiaridades locais, o relevo se destaca, pois, de acordo com suas características, pode modificar a circulação regional ao criar diferentes situações a barlavento (condensação, chuvas orográficas e vertentes úmidas), enquanto a sotavento (ressecamento do ar, vertente seca, sombra de chuva). Além disso, as diferenças altimétricas entre os terrenos provocam alterações na distribuição da radiação líquida, retenção de umidade no ar e armazenamento de calor sensível, portanto, a ação conjunta desses parâmetros é capaz de alterar o clima regional, gerando os climas locais.

3.6.2. Escala Topoclimática

Conforme Smith (op. cit.), o termo topoclimatologia foi introduzido por Thornthwaite em 1953 e corresponde a uma derivação do clima local devido à rugosidade do relevo, que tem como consequência a energização diferenciada do terreno, durante o período diurno, para as diversas faces de exposição à radiação solar. Portanto, assim como o clima local, o topoclima também é uma subunidade do mesoclima, cuja definição é dada pelas características topográficas do terreno, sendo a dimensão horizontal e vertical a mesma do clima local.

Para Christofolletti (1979), os sistemas podem ser analisados em diferentes escalas, porém, caso a investigação tenha como referência as alterações da superfície, a análise mais apropriada será a escala topoclimática. Segundo Monteiro (1976, p.109), essa é uma análise “realizada em escala cartográfica de 1:10.000 a 1:5.000, onde o estudo da paisagem integradora ou as características físicas, como orientação das vertentes, uso e ocupação do solo e tipo de cobertura vegetal possui grande influência sobre a dinâmica climática”.

De acordo com Ribeiro (1990), durante a noite, a rugosidade do terreno provoca a drenagem do ar frio em direção ao fundo dos vales, principalmente na ausência de fluxos advectivos da circulação de mesoescala. Segundo o mesmo autor, os dados necessários para os estudos topoclimáticos devem ser gerados em estações não convencionais, fixas ou móveis, objetivando a elaboração de transectos e perfis geoecológicos e, assim como, na escala local, os dados utilizados para análise são diários e horários, obtidos por meio de equipamentos instalados ao longo da área de estudo.

O mapeamento das declividades e das exposições das vertentes, associado ao uso do solo (albedo), fornece interessante indicador para a identificação dos topoclimas, como um detalhamento para o clima local, urbano ou rural. Por outro lado, a correlação dos dados obtidos através dos registros instrumentais com aqueles de natureza geoecológica, como a composição e estrutura da vegetação ou as variações dos volumes pedológicos, poderão enriquecer a análise topoclimática e a síntese ambiental (RIBEIRO, 1993).

3.6.3. Escala Microclimática

Segundo Geiger (1961), o começo do pensar microclimatológico se deu na Finlândia, quando Theodor Homén efetuou em agosto de 1893 medidas comparativas do balanço térmico em diferentes tipos de solo. No entanto, a primeira obra sobre o tema foi publicada em 1911 pelo botânico Gregor Kraus no livro “Solo e clima nos espaços mais ínfimos”, sendo considerado, por muitos, como o pai da microclimatologia. Os fundamentos e aplicações práticas foram desenvolvidos anos depois por Wilhelm Schmidt (1883-1936), em Viena, e por August Schmau (1877-1954), em Munique.

A definição de microclima para Pedelaborde (1959) é entendida como o resultado de condições muito particulares da circulação do ar junto ao solo, no interior de uma formação vegetal ou de um grupamento urbano. Para Geiger (1961) a camada de ar inferior à altura dos 2 m é lócus de condições diversas, pois quanto mais se aproxima do solo, maior é o atrito, portanto, menor a velocidade do vento e, conseqüentemente, da mistura do ar entre os

espaços. O entendimento de Geiger (1961) sobre microclimatologia é observada na seguinte passagem de sua obra:

A superfície do solo, que absorve a luz do sol e irradia calor, é umas vezes fonte quente, outras fonte fria em relação ao ar que lhe está próximo. É também fonte de vapor de água, que pela evaporação chega à atmosfera, fonte de poeira e de gases que se despreendem do solo [...]. Se desta forma nos aparecem, na proximidade do solo, diferenças entre todos os elementos meteorológicos, também de modo semelhante surgem diferenças horizontais em pequenas áreas, causadas pelas diversas características do solo e sua umidade, por diferenças mínimas de declive do solo e tipo e altura da vegetação que o cobre. Resumindo, chama-se a todos estes climas de área muito reduzidas, microclimas, por contraposição ao macroclima (GEIGER, 1961, P 6).

Considera por Monteiro (1976) a de maior detalhe, então, a mais próxima da superfície terrestre, é influenciada pelo tipo de cobertura do terreno, podendo ser um extrato vegetal alto ou baixo, denso ou ralo, ou ainda a presença de extensos corpos d'água ou solos desnudos, que por sua vez, condicionam um microclima diferenciado e especial. Segundo o supracitado autor, nos últimos anos, vem crescendo a atenção a essa escala de análise em virtude dos estudos ambientais, que exigem maior detalhe.

Para Oscar Júnior (2012) e Ribeiro (1993, p. 292), o microclima é definido “através da magnitude das trocas gasosas e energéticas entre as feições ou estruturas particularizadas (inclusive objetos, plantas e animais) dispostas na superfície da Terra e o ar que as envolve”. Ainda, segundo esses autores, a rugosidade, a cor e a textura das superfícies, aliadas à vegetação, constituem-se em elementos que promovem a diferenciação nas trocas energéticas e gasosas que irão, por sua vez, modificar o comportamento do ar circundante.

Embora seja unânime, entre os pesquisadores climáticos, que o microclima é a unidade escalar mais próxima dos indivíduos, ainda não há consenso sobre os seus limites verticais e horizontais. Geiger (1961) menciona que o limite superior do microclima é tudo aquilo que não está acima dos dois metros da superfície terrestre, enquanto para Barry, citado por Smith (1975) e Mendonça e Danni-Oliveira (2007), o limite vertical seria algo em torno de 100 m. No que se refere à extensão horizontal dos microclimas, não existe um limite rígido a ser seguido, desta forma, Yoshino (1975 apud Oliver; Fairbridge, 1987) utilizam valores entre 0,1 a 1.000 m, enquanto Geiger (1966) diz que a extensão horizontal da circulação microclimática pode atingir até dez quilômetros.

Para Stoutjesdijk e Barkman (1992), o microclima é a interação que ocorre entre a superfície e os elementos climáticos, ocorrendo de forma mais intensa nos 2 m mais inferiores da atmosfera e a 0,5 a 1 m no interior do solo, tendo a vegetação considerável influência nessa unidade climática. Logo, estabelecer limites rígidos para o microclima parece não ser a

melhor opção, uma vez que, seu tamanho vai depender muito da natureza da superfície que lhe dará origem.

Sobre esse aspecto Mendonça e Danni-Oliveira (2007) mencionam que o microclima é a menor e mais imprecisa unidade escalar climática, pois sua extensão pode ir de alguns centímetros até algumas dezenas de metros, uma vez que, ele diz respeito aos movimentos turbulentos do ar na superfície e sua relação com determinados obstáculos à circulação do ar, a detalhes do uso e ocupação do solo, entre outros. Portanto, trabalhar com o microclima é estudar áreas de extensão espacial pequena como o clima de uma rua, a beira de um lago etc.

Ainda sobre esse aspecto, Ribeiro (1993) destaca que as aplicações mais recentes da climatologia geográfica exigem uma abordagem mais adequada entre os objetivos do estudo climatológico e o conjunto de técnicas analíticas a serem empregadas. Neste sentido, a compreensão das escalas do clima pode auxiliar o pesquisador na calibragem de seus instrumentos de pesquisa, que deverá ter como referência os objetivos de seu próprio estudo.

Atualmente, ao acessar buscadores virtuais de revisão sistemática em periódicos, revistas ou mesmo em anais de congressos e simpósios de Geografia Física, é fácil encontrar vários estudos realizados em escala microclimática. Entretanto, a maioria visa analisar a variabilidade de elementos meteorológicos no espaço urbano e intra-urbano, assim como as possíveis alterações das normais climatológicas causadas pela ação antropogênica, sobretudo, nas médias e grandes cidades.

Em alguns casos essas modificações/alterações meteorológicas são relacionadas ao índice de conforto dos cidadãos, enquanto em outras áreas do conhecimento, os fundamentos e técnicas empregados pela microclimatologia são aplicados em áreas destinadas ao cultivo de alimentos, criação de animais ou ainda para o desenvolvimento de produtos de origem animal/vegetal. Portanto, são poucos os trabalhos de microclimatologia desenvolvidos em espaço de proteção, preservação e conservação integral de ecossistemas, conforme o apresentado por esta tese.

3.7. ATRIBUTOS CLIMÁTICOS CONSIDERADOS

Segundo Almeida (2016) a temperatura do ar indica quanto o ar está sendo aquecido ou resfriado pela energia solar e pela superfície, expressando a temperatura reinante em um determinado ponto da atmosfera próximo à superfície do solo e para analisar as observações de temperatura do ar à superfície, essas devem ser efetuadas a uma altura de 1,25 a 2,00 m acima do terreno.

Segundo esse mesmo autor, o aquecimento da atmosfera próxima à superfície ocorre, principalmente, pelo transporte de calor sensível, a partir da superfície mediante dois processos:

- a) Condução molecular que é um processo lento de troca de calor sensível, pois se dá por contato direto entre "moléculas";
- b) Difusão turbulenta que é um processo mais rápido de troca de energia, uma vez que as parcelas de ar aquecidas na superfície se movimentam de forma convectiva transportando calor, vapor d'água, partículas de poeira e outras propriedades para as camadas superiores (ALMEIDA, 2016, p. 196).

Conforme Vianello e Alves (2012), a variação diária da temperatura está relacionada à chegada de energia solar e o consequente aquecimento do solo, com temperatura do ar próximo ao solo (medida a 10 cm de altura), atingindo seu valor máximo imediatamente após o meio-dia, horário de máxima incidência de radiação solar, entretanto, à medida que se afasta da superfície do solo, seu horário de ocorrência é atrasado, com uma defasagem média de duas horas para a altura de 1,5 metros.

Em condições de calma atmosférica, essa defasagem tende a aumentar, pois ocorre o predomínio dos efeitos moleculares, mas quando há turbulências atmosféricas, o transporte de calor é mais eficiente, diminuindo essa defasagem. Ainda segundo Vianello e Alves (2012, p. 91) "À noite, o processo irradiativo provoca um contínuo resfriamento do solo, chegando à inversão dos fluxos, ou seja, a atmosfera mais aquecida passa transferir calor para o solo, caracterizando a inversão térmica noturna" com valores mínimos de temperatura diária registrados momentos antes do nascer do sol.

Sobre o assunto, Vide (1999) menciona que a temperatura de um determinado lugar apresenta variações mais ou menos cíclicas, uma diária e outra anual. Seu ciclo diário, embora com certo atraso de tempo, acompanha o balanço diário da radiação solar, com ocorrência de temperatura máxima diária, cerca de três horas após o meio-dia astronômico e não no momento de maior input de radiação solar, enquanto a temperatura mínima ocorre momentos após o nascer do sol.

Contudo, o ciclo diário da temperatura, por vezes, é alterado por fluxos de advecção, quando a entrada de uma massa de ar frio pode causar um declínio acentuado da temperatura, com menor valor mínimo diário podendo ser registrado, por exemplo, às 24h, enquanto no ciclo anual de temperatura os valores máximos registrados ao ano ocorrem um mês após o período de máxima insolação nas áreas continentais e de um mês e meio nas áreas oceânicas aproximadamente.

Nesta mesma linha de raciocínio, Varejão-Silva (2006) coloca que a temperatura do ar em superfície apresenta um ciclo diário que, em condições normais, seu valor máximo diário ocorre duas horas após a culminação do sol e o mínimo pouco antes do nascer do sol. Menciona também o fato de alguns fenômenos serem capazes de modificar o estado prevalente da atmosfera como a invasão de uma massa de ar frio, e com isso alterar os prováveis horários de ocorrência das temperaturas extremas do dia.

Segundo Almeida (2016), alguns fatores influenciam a temperatura do ar, no nível escalar macroclimático, a irradiância solar, ventos, nebulosidade, transporte convectivo de calor e concentração de vapor são os principais; na escala topoclimática, a exposição e configuração do terreno interferem na temperatura do ar e do solo; e enquanto na microclimática o fator condicionante é a cobertura do terreno.

Quanto à umidade relativa do ar, Barry e Chorley (2013) mencionam que a umidade se refere à presença de vapor d'água na atmosfera, sendo que quase metade deste vapor se encontra abaixo dos 2.000 metros, pois com o aumento da altitude há uma diminuição contínua de umidade presente no ar. O teor de umidade pode ser expresso de várias formas, dependendo dos objetivos que se pretende alcançar, um dos métodos mais simples de quantificar o vapor d'água na atmosfera é a umidade relativa (UR) que, segundo Almeida (2016), é definida pela relação entre a quantidade parcial de vapor contido no ar num dado momento e o teor máximo de saturação que o ar poderia conter à temperatura ambiente.

Sendo assim, a atmosfera funciona como um reservatório que se expande ou se contrai, conforme o aumento ou diminuição da temperatura. Essa variação de volume impõe limite à quantidade de vapor d'água que o ar consegue reter, ou seja, quanto maior for a temperatura, maior será seu volume e, conseqüentemente, maior sua capacidade máxima (saturante) de vapor d'água presente na atmosfera (ALMEIDA, 2016).

Na natureza, a transferência de vapor d'água para a atmosfera ocorre pela evaporação da água do solo e das superfícies líquidas, assim como pela sublimação do gelo e atividades biológicas dos seres vivos, sobretudo, a transpiração vegetal. De acordo com Varejão-Silva (2006), o vapor d'água encontrado na interface terra-atmosfera mistura-se ao ar por difusão turbulenta, sendo transportado pelas correntes aéreas e, posteriormente, em determinadas condições termodinâmicas retorna em estado sólido ou líquido para a superfície terrestre, em geral, muito distante do local em que se originou.

Ao ingressar na atmosfera, o vapor d'água carrega consigo calor latente consumido durante a fase de transição e, posteriormente, o transfere ao ambiente quando retorna à superfície em seu estado sólido ou líquido. Portanto, o vapor d'água é um eficiente veículo de

calor, que transfere energia das áreas/regiões mais quentes para as mais frias (VEREJÃO-SILVA, 2006).

Segundo Almeida (2012), a quantidade de vapor d'água presente na atmosfera é bastante variável, principalmente se a camada atmosférica considerada for próxima à superfície-fonte. Entretanto, o volume de ar existente sobre determinada superfície se satura apenas em algumas situações e/ou condições especiais, pois, conforme Almeida (2016, p. 237):

O teor de umidade do ar pode variar de modo acentuado, tanto no espaço quanto no tempo. Em determinado local, a variação temporal depende da circulação da atmosfera, da localização relativa das fontes e sumidouros de vapor de água, do suprimento de energia solar, dentre outros. Não se deve esquecer, também, da dependência da umidade relativa do ar em relação à temperatura. Por isso, um aumento ou diminuição na umidade relativa não significa necessariamente acréscimo ou redução na concentração de vapor d'água no ar, mas uma diminuição ou aumento na temperatura.

Ainda sobre a relação entre temperatura e umidade, Vide (1999) destaca que, em geral, a UR apresenta curso inverso ao da temperatura do ar, pois com o aumento da temperatura ocorre também a elevação da pressão de saturação do vapor e, com isso, a capacidade do ar em conter umidade diminui. Entretanto, à medida que a temperatura diminui, a pressão de saturação também diminui e, por sua vez, a UR aumenta. Como consequência disso, durante o dia, os maiores valores de UR são alcançados momentos antes do nascer do sol, quando, geralmente, são registrados as menores temperaturas, enquanto os menores registros ocorrem logo após o meio-dia, período de ocorrência das maiores temperaturas diárias. O mesmo ocorre em escala temporal anual, cuja umidade relativa é máxima no inverno e mínima no verão.

Como cada grandeza do clima exige do pesquisador um tipo de abordagem, a presente pesquisa adota os métodos e estratégias do nível escalar microclimático para analisar a variabilidade espaço-temporal dos elementos meteorológicos supracitados, tendo em vista, as particularidades existentes entre a interação dos fatores/controles climáticos locais e a variação desses elementos em cada ambiente fisiográfico, cuja relação pode resultar em espaços microclimáticos individualizados no PEI.

4. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia utilizada nesta pesquisa foi definida a partir do referencial teórico consultado, e tem como método investigativo o dedutivo, pois parte do geral e, a seguir, desce ao particular. De acordo com Gil (2008, p. 9), o método dedutivo “Parte de princípios reconhecidos como verdadeiros e indiscutíveis e possibilita chegar a conclusões de maneira puramente formal, isto é, em virtude unicamente de sua lógica”.

Como referência espacial, a pesquisa perpassa por três níveis de grandeza, a escala local, representada pela área total do PEI, a topoclimática, contemplada por quatro perfis geocológicos: o perfil norte-sul, noroeste-sudeste, sudoeste-nordeste e o oeste-leste, o último iniciando no Morro do Campista e indo até o Oceano Atlântico. Suas orientações são definidas a partir da distribuição dos pontos de coleta e, principalmente, pelas diferenças topográficas e altimétricas encontradas na UC. Por fim, tem-se a escala microclimática, sobre a qual recai a análise pormenorizada da interação e grau de influência que os controles climáticos locais exercem sobre os elementos meteorológicos observados em cada ambiente.

Sobre esse aspecto Jardim (2015) destaca que o trânsito entre os diferentes níveis escalares é uma das características da análise geográfica, e conseguinte da climatologia, pois são as relações que o objeto de estudo estabelece com outros de mesmo nível (organização funcional) e com outros de nível escalar diferenciado (hierarquia) que nos remetem a ideia de “sistemas embutidos no interior de sistemas”. Nesse sentido, deve-se salientar que, embora a escala local tenha sido, em alguns momentos, abordada pela pesquisa, a ênfase maior foi dada às escalas micro e topoclimática, tendo como principal foco de análise e estudo a grandeza escalar microclimática, conforme discutido nos itens 3.6 e 3.7 da Fundamentação Teórica.

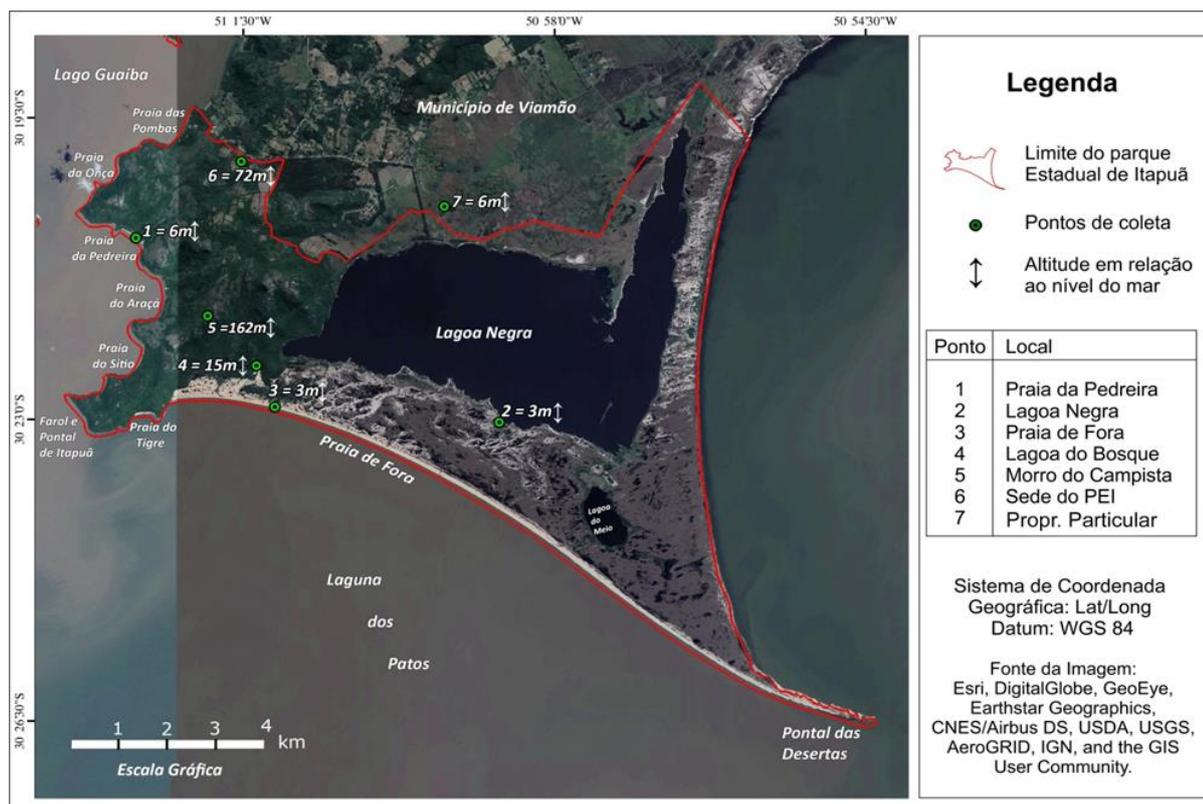
Quanto à escala temporal, a variação do elemento climático temperatura do ar foi analisada em escala horária, mensal, sazonal e anual, enquanto a umidade relativa do ar, apesar de possuir flutuação e curso diário inverso ao da temperatura, sua análise foi mensal, sazonal e anual, tendo em vista que sua variação parabólica, em geral, não é contínua e linear como da temperatura, sendo aplicado para as horas de umidade relativa do ar maior ou igual a 95%, a exemplo do realizado por Wollmann, Simioni e Iense (2016).

Além disso, deve-se ressaltar que a variação da umidade do ar depende, principalmente, da disponibilidade de energia e água em superfície, estando, portanto, diretamente relacionada à distribuição e ocorrência das chuvas, diferentemente, da temperatura do ar, cujo curso diário está associado ao balanço de radiação, portanto, quanto

maior for o balanço diário, maior será sua variação e vice-versa. Por isso, a análise da UR foi realizada em escala mensal, sazonal e anual, uma vez que sua variabilidade é mais evidente e significativa nesses segmentos de tempo cronológico.

Para a coleta dos dados termohigrométricos foram selecionados sete ambientes distintos, seis deles localizados dentro do PEI e, um, em propriedade particular limítrofe à UC, cuja distribuição espacial pode ser vista no mapa de localização da Figura 25.

Figura 25 - Mapa de localização dos pontos de coleta



Fonte: Google Earth Pro/2019. Org.: Autor

A seleção dos pontos de coletas ocorreu da seguinte forma: inicialmente cada ambiente foi previamente definido em laboratório, com base em material cartográfico disponível (RIO GRANDE DO SUL, 1996), onde foram encontradas informações sobre altimetria, geologia, geomorfologia, hidrografia e vegetação da UC, bem como imagens de satélite do *Google Earth Pro* e pesquisas bibliográficas que auxiliaram na identificação de espaços heterogêneos, especialmente, aquelas relacionadas à cobertura da terra no PEI.

Após definir os pontos amostrais em laboratório, realizou-se, no dia 25 de novembro de 2016, o primeiro trabalho de campo para que o conhecimento da área, objeto deste estudo, fosse ampliado, sendo guiado por um guarda-parque da unidade, que nos conduzindo aos

diferentes ambientes fisiográficos inicialmente definidos. Durante o primeiro trabalho de campo, verificou-se que alguns pontos selecionados em laboratório precisavam de alteração/readequação, seja devido às particularidades constatadas em campo ou pela logística e segurança dos equipamentos instalados em cada ambiente.

Desta forma, decidiu-se por locais de diferentes características fisiográficas, cuja presença de guarda-parques fosse quase que diária, pois, assim, além de garantir a segurança dos equipamentos seríamos informados sobre todo e qualquer problema que viesse ocorrer com os instrumentos. Portanto, foi somente a partir dessa primeira saída em campo, que os sete pontos de coletas foram definidos, sendo o critério de numeração de acordo com a ordem de instalação dos equipamentos, que ocorreu no dia 10 de maio de 2017, ou seja, durante o segundo trabalho de campo.

4.1. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DOS LOCAIS DE INSTALAÇÃO

O Quadro 3 apresenta informações quanto à numeração dos pontos, sua denominação, orientação predominante de vertente, altitude e posição geográfica do local.

Quadro 3 - Pontos de coleta, sua denominação e características geográficas

Pontos	Denominação do Local de Coleta	Orientação de vertente	Alt. (m)	Lat. Sul (graus decimais)	Long. Oeste (graus decimais)
P1	Praia da Pedreira	Sul/Sudeste	6 m	- 30,3641	- 51,0556
P2	Lagoa Negra	Plana	3 m	- 30,3897	- 50,9770
P3	Praia de Fora	Plana	3 m	- 30,3871	- 51,0200
P4	Lagoa do Bosque	Oeste	15 m	- 30,3718	- 51,0235
P5	Morro do Campista	Leste/Nordeste	162 m	- 30,3718	- 51,0324
P6	Sede do PEI	Leste/Norte e Noroeste	72 m	- 30,3455	- 51,0264
P7	Propriedade Particular	Plana	6 m	- 30,3550	- 51,0265

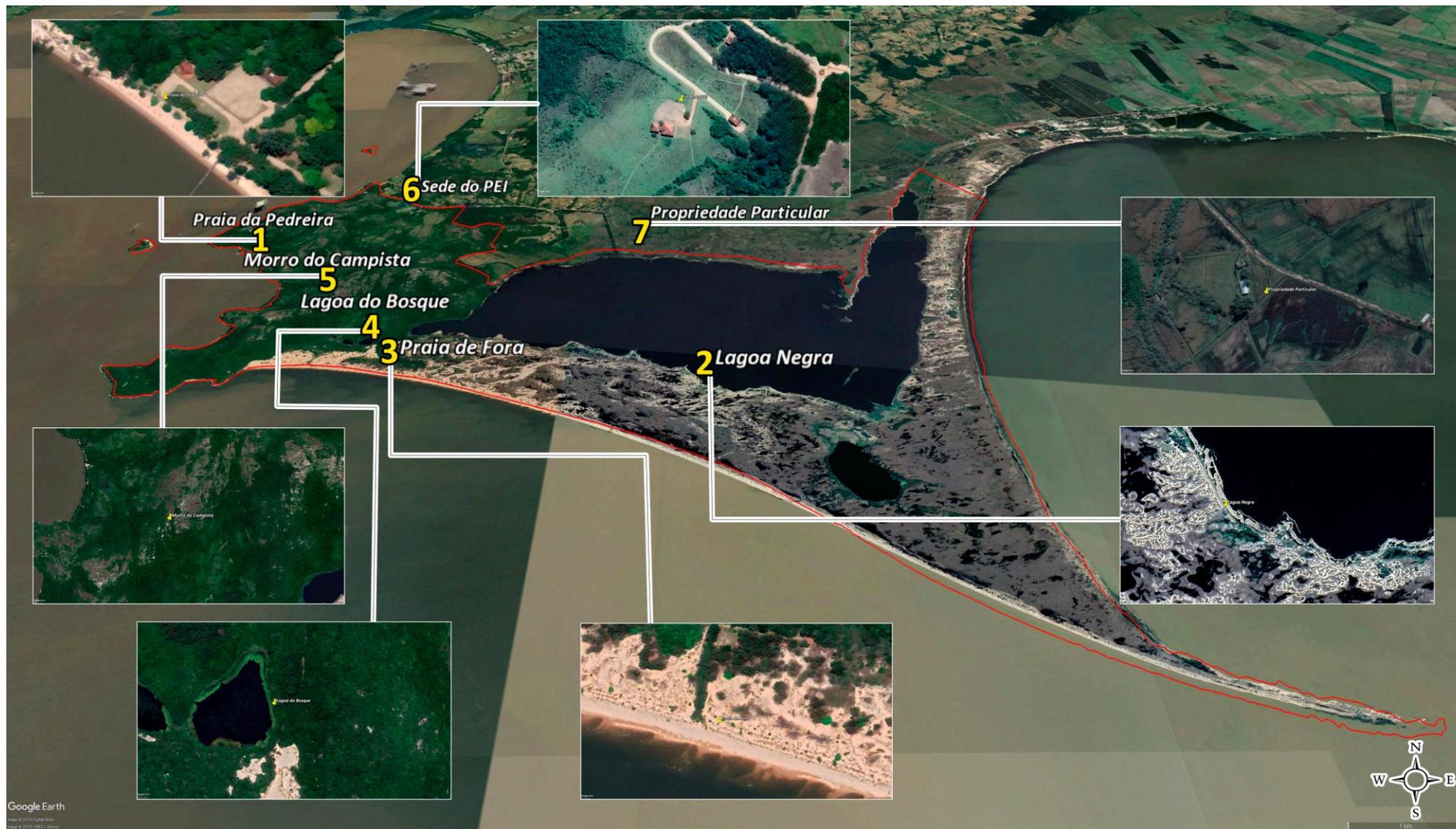
Fonte: Organizado pelo autor (2019).

Para facilitar a localização, visualização e conhecimento dos locais de coleta, informações complementares ao Quadro 3 são apresentadas. Primeiramente, é realizada uma caracterização geral das principais fisionomias de paisagem identificadas na UC, por meio da imagem de satélite obtida no *Google Earth Pro*, posteriormente, são trazidas informações pormenorizadas sobre o terreno e entorno de cada ambiente, juntamente com a imagem de satélite e fotografia registrada em dias de campo da paisagem local.

4.1.1 Os Sete Ambientes Seleccionados

A Figura 26 permite uma visualização total do espaço territorial do PEI, assim como, um primeiro olhar sobre o tipo de cobertura do terreno e proximidade de cada ambiente em relação aos corpos d'água presentes na UC.

Figura 26 - Imagem de Satélite dos ambientes selecionados

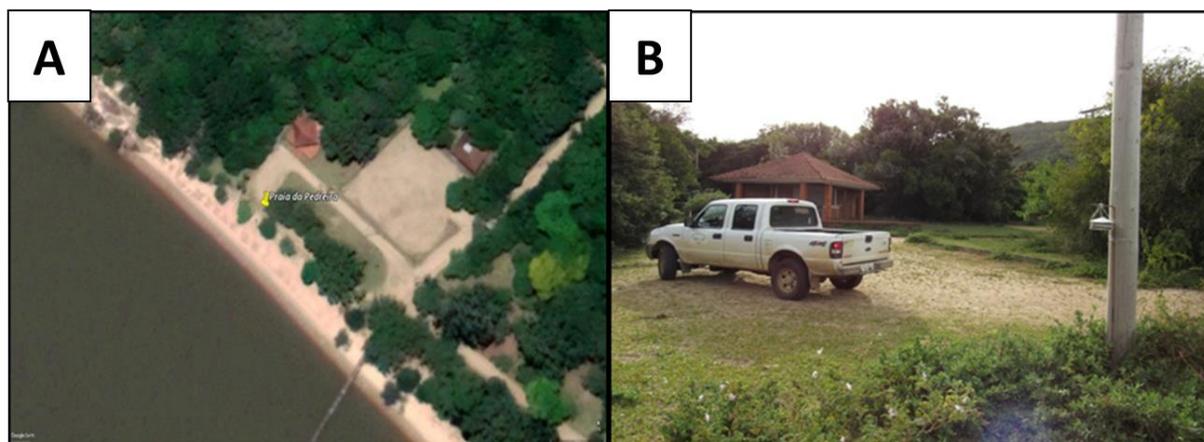


Fonte: Google Earth Pro/2019. Org.: Autor

Em linhas gerais, a Figura 26 retrata as principais fisionomias de paisagens encontradas no PEI, um mosaico de cobertura natural da terra, composto por áreas de floresta ao oeste da UC, com presença de morros graníticos, afloramento rochoso e campos rupestres, a partir da meia encosta. Também há corpos d'água no interior de seu território como a Lagoa Negra, Lagoa do Meio, pequenas lagoas a sudoeste do PEI e áreas de banhado em sua porção sul/sudeste. Além disso, maior parte de suas terras tem como limites territoriais a Laguna dos Patos, corpo d'água de grande expressão para toda região metropolitana de Porto Alegre.

Há também terrenos arenosos com presença de dunas e pouco vegetados, encontrados em sua faixa costeira, sobretudo na praia de Fora, por outro lado, há ocorrência de campos em regeneração e áreas de cultivo em sua porção norte, assim como uma pequena área de intervenção antrópica, que corresponde à sede do PEI. Para fins de detalhamento físico-geográfico, cada ambiente será caracterizado individualmente a começar pelo Ponto 1/Praia da Pedreira, Figura 27 (A e B).

Figura 27 - Ponto 1/Praia da Pedreira



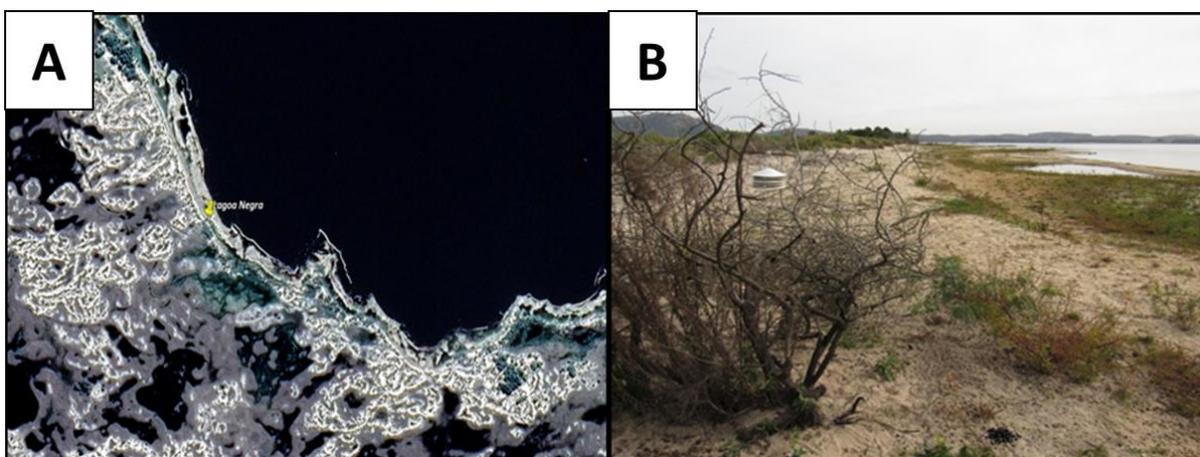
Fonte: *Google Earth Pro* e acervo do autor.

O ponto de coleta 1 encontra-se localizado na porção oeste/noroeste da UC, a poucos metros do Lago Guaíba, geologicamente, seu terreno e entorno está assentado sobre Depósitos Lagunares e Dunas, com declividade do terreno entre 0% e 3%, de características plana ou praticamente plana, conforme pode ser observado na Figura 27 (A e B), característica que contribui para que a água das chuvas e umidade advinda dos morros permaneça por mais tempo no terreno. A fisionomia de sua paisagem é formada pela presença de solo arenoso,

vegetação de restinga do tipo gramínea, herbácea e arbustiva, além de forte presença de florestas de encosta em seu quadrante norte e leste.

A Figura 28 (A e B) retrata algumas características fisionômicas importantes do P2/Lagoa Negra como sua localização as margens sul da Lagoa Negra e a sudeste do PEI em terreno composto por Depósitos Lagunares e Dunas, de característica plana, situado em uma área de transição entre terras periodicamente alagadas pela própria lagoa e áreas livres de inundação. É comum a presença de dunas, banhados, capões de restinga e vegetação sub-arbórea, além de áreas com vegetação campestre e em regeneração.

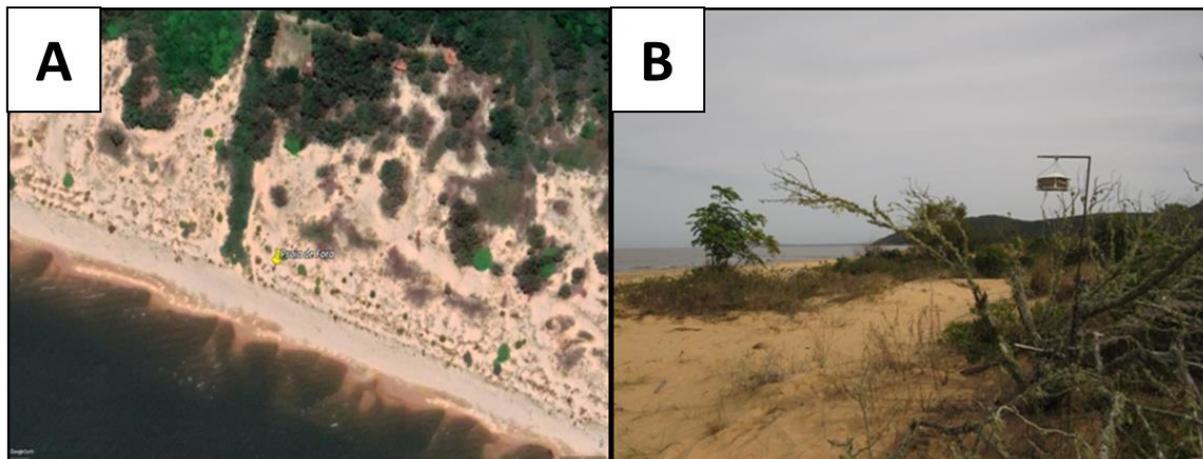
Figura 28 - Ponto 2/Lagoa Negra



Fonte: *Google Earth Pro* e acervo do autor.

Quanto ao P3/Praia de Fora, a Figura 29 (A e B) retrata um ambiente situado em terreno plano, a poucos metros da margem norte da Laguna dos Patos, a sudoeste do PEI e, assim como, nos pontos 1 e 2 encontra-se assentado sobre Depósitos Lagunares e Dunas. No local, o terreno é arenoso com presença de dunas que, em alguns pontos, são cobertas por uma vegetação pioneira do tipo gramínea e herbácea e, em menor ocorrência, por uma formação arbustiva correspondente aos capões de restinga. Devido a um passado de ocupações irregulares (casas de veraneio), é possível encontrar nas imediações do local de coleta áreas em regeneração, assim como presença de espécies exóticas como eucaliptos, pinos e cinamomos entre a vegetação nativa deste ambiente e da própria UC.

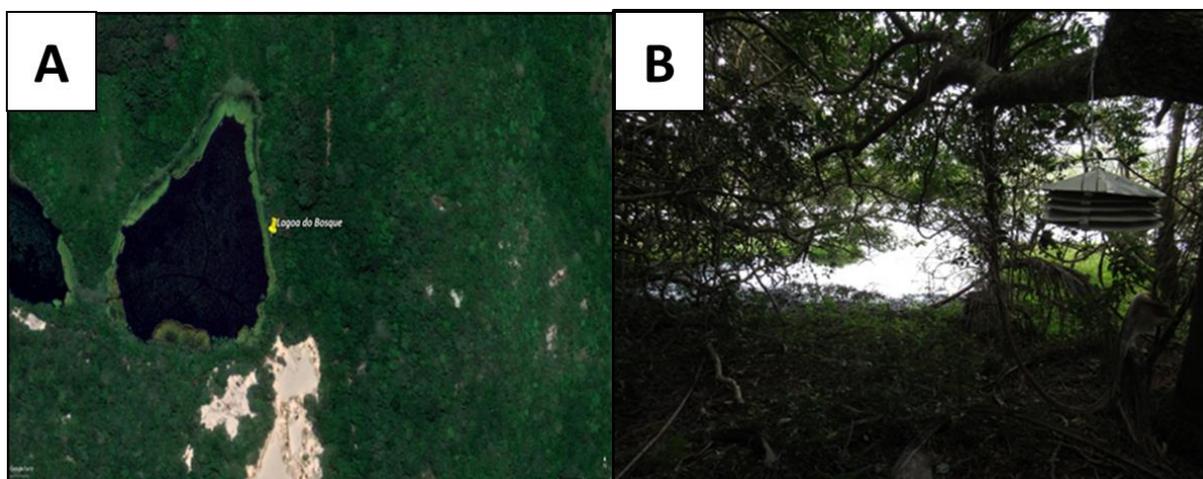
Figura 29 - Ponto 3/Praia de Fora



Fonte: *Google Earth Pro* e acervo do autor.

Situado na direção leste/sudeste do Morro do Campista, a poucos metros de distância de uma lagoa perene, conforme retrata a Figura 30 (A e B), o P4/Lagoa do Bosque está assentado sobre Depósitos Lagunares e Turfeiras, cujo padrão de formas de relevo pertencente à Planície Fluvio-Lagunar com Banhados. Seu terreno é coberto por floresta fechada, com predomínio de vegetação arbórea, que intercepta boa parte da radiação solar incidente, assim como causa barreiras à circulação de ar, sendo um ambiente de grande presença de umidade e matéria orgânica no solo/serrapilheira.

Figura 30 - Ponto 4/Lagoa do Bosque

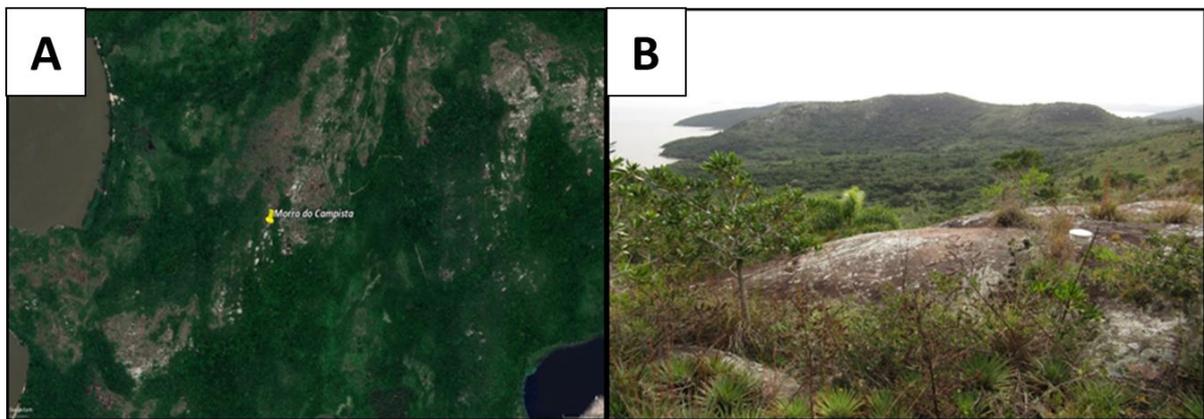


Fonte: *Google Earth Pro* e acervo do autor.

Posicionado na porção oeste da UC, a vinte metros abaixo do ponto cotado mais alto do Morro do Campista (182m), o P5 encontra-se geologicamente localizado sobre rochas

crystalinas, em morro granítico de topo convexo (Figura 31 A e B), com declividades do terreno oscilando entre fortemente ondulado e montanhoso. Com grande presença de afloramentos rochosos (matações cobertos parcialmente por líquens e musgos) e campos rupestres, sua vegetação é formada basicamente por herbáceas, arbustivas e xeromórficas, E, em função de sua altimetria e orientação do relevo, o local apresenta grande incidência de ventos e de radiação solar direta.

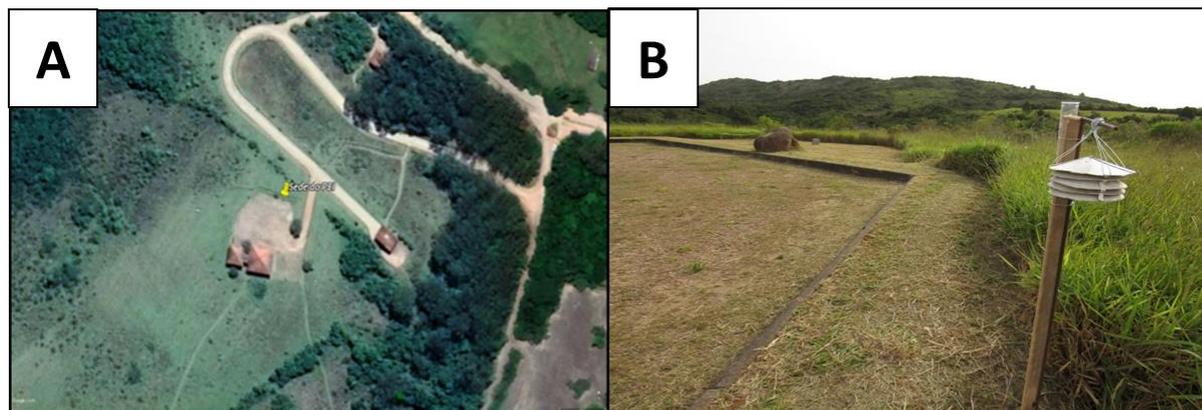
Figura 31 - Ponto 5/Morro do Campista



Fonte: *Google Earth Pro* e acervo do autor.

Localizado a noroeste do PEI num topo de colina de substrato arenoso (depósitos eólicos) em terreno suavemente ondulado com declives entre 3% e 8%, o P6 possui cobertura da terra por campos em regeneração, especialmente gramíneas e alguns pontos de solos desnudos, sobretudo, em área limítrofe ao local de instalação dos equipamentos onde há um estacionamento de veículos com solo coberto por brita cascalho (Figura 32 A e B). É característica dessa área a presença de ventos e incidência solar direta no terreno, assim como é o único ambiente com ação antrópica na UC.

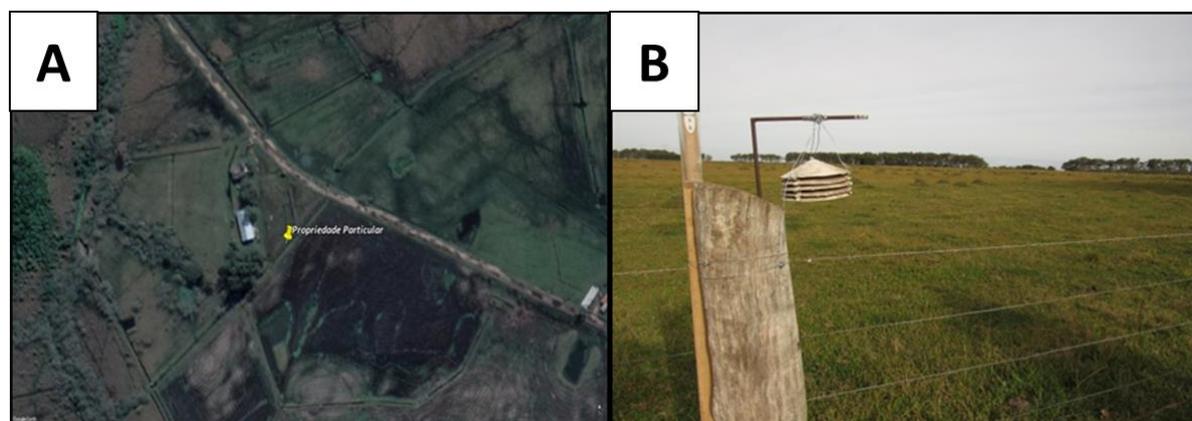
Figura 32 - Ponto 6/Sede do PEI



Fonte: *Google Earth Pro* e acervo do autor.

Geograficamente situado ao norte do PEI, em área particular limítrofe à UC, o P7 encontra-se assentado sobre Depósitos Lagunares e Dunas, com forma de relevo pertencente à Planície Fluvio-Lagunar com Banhados. Apresenta terreno plano de baixa altimetria, tendo próximo ao local de coleta uma rede/canal de drenagem que desemboca na Lagoa Negra, o que contribui para elevada presença de umidade no solo. A cobertura da terra (Figura 33 A e B) é basicamente de campos naturais, com predomínio de gramíneas e, devido essas características, a área circundante é utilizada para a criação de bovinos e sazonalmente para o cultivo do arroz. Em geral, é uma área de grande circulação de ventos, umidade e incidência solar direta.

Figura 33 - Ponto 7/Propriedade Particular



Fonte: *Google Earth Pro* e acervo do autor.

4.1.2 Instrumento de coleta de dados

Para coletar os dados necessários à análise microclimática de temperatura em graus Celsius (°C) e umidade relativa do ar em porcentagem (%), foram utilizados sete registradores *Dataloggers*, de marca *Instrutherm* HT-500 (Figura 34). A mensuração foi realizada simultaneamente em todos os pontos amostrais num intervalo de hora em hora, perfazendo 8.760 observações termohigrométricas em cada ponto e um total de 61.320 registros na UC, uma vez que, permaneceram no local entre junho de 2017 e maio de 2018, ou seja, durante o período de um ano.

Figura 34 - Datalogger HT-500 da Marca Instrutherm

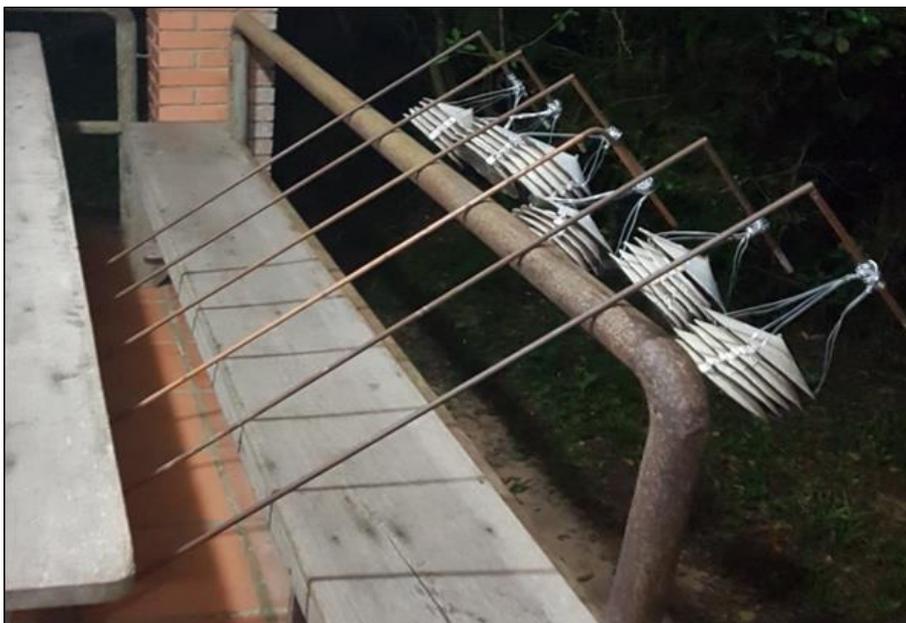


Fonte: Arquivo pessoal do autor (2019).

Os registradores foram instalados em mini-abrigos meteorológicos de baixo custo (Figura 35), elaborados, conforme modelo proposto por Armani e Galvani (2006), testado e validado pelas pesquisas de Hoppe et al. (2015); Baratto, Galvani e Wolmann (2020). Esses abrigos são eficientes para coletar dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, dentro da margem de erro prevista para o instrumento. Ainda sobre a confiabilidade e precisão do *datalogger* HT-500, Milanesi (2016) destaca que seu melhor desempenho na temperatura do ar acontece entre 10°C e 50 °C, mas funciona num *ranger* de - 40,0 °C a 70,0 °C de

temperatura com precisão de $\pm 1,0$ °C e de $\pm 3\%$ numa escala de 0 a 100% para a umidade relativa do ar.

Figura 35 - Mini-abrigos meteorológicos de baixo custo construído em chapa de ferro galvanizado de 0,5 mm de espessura, estrutura do abrigo com 11,5 cm de altura e 18 cm de diâmetro, pintado na cor branca e fixado em haste em ferro de 1,5 m de altura



Fonte: arquivo pessoal do autor (2017).

Durante a instalação dos equipamentos, cada ponto de coleta foi devidamente georreferenciado com coordenadas UTM, por meio do GPS Garmim 400 e, conforme programado, o terceiro trabalho de campo ocorreu no dia 01 de dezembro de 2017, onde os dados referentes aos meses de maio, junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro de 2017 foram coletados. Para transferência e armazenamento desses (download), foi utilizado um Notebook com 8GB de memória.

Após a transferência dos registros de termohigrométricos, os *Dataloggers* foram novamente instalados em cada mini-abrigo, dando continuidade às coletas, sendo o quarto e último trabalho de campo ocorrido em 14 de junho de 2018, quando os dados de dezembro de 2017 e janeiro, fevereiro, março, abril e maio de 2018 foram transferidos e armazenados.

4.1.3 Organização e Tratamento Estatístico dos Dados de Temperatura do Ar e Umidade Relativa Do Ar

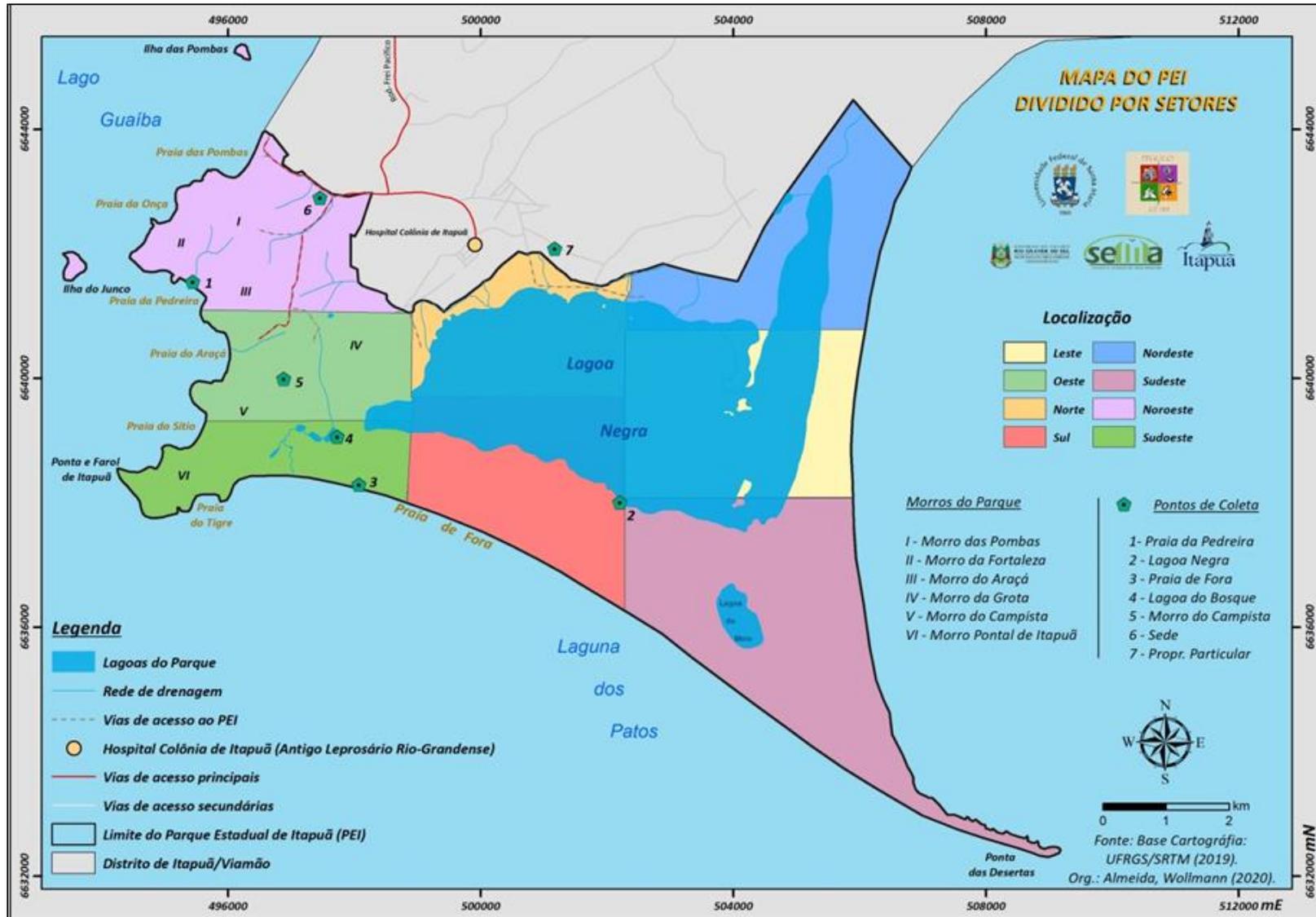
Após a coleta dos dados em campo, a primeira etapa foi ordenar e tabelar os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar em planilhas do Programa *Microsoft Excel* 2010, onde cada elemento do clima foi ordenado por hora, dia e mês de ocorrência. A partir disso, valores de temperatura máxima (T_{max}) e temperatura mínima (T_{min}) absoluta, temperatura média (T_{med}) e média das máximas e mínimas foram encontrados para escala temporal diária, mensal, sazonal e anual.

Para a variabilidade higrométrica foram utilizados valores médios diários e posteriormente calculados seus valores médios mensais, sazonais e anual. Quanto à escala temporal sazonal foram adotados os meses de dezembro, janeiro e fevereiro como representativos ao verão, março, abril e maio ao outono, junho, julho e agosto ao inverno e setembro, outubro e novembro à primavera.

Para organizar os dados de temperatura do ar horária foi utilizado o modelo apresentado por Amorim e Dubreuil (2017), no qual os dados registrados em cada mês e ambiente foram inseridos (Anexo I), sendo que para obter o valor médio da temperatura de cada horário ao mês todos os valores ocorridos no mesmo horário foram considerados e para T_{max} horária, o maior valor registrado em cada hora e da mesma forma para o menor valor mínimo de cada horário. Após a organização dos dados, no ambiente *Excel*, foi atribuída uma regra de formatação condicional aos valores horários de temperatura, sendo escolhida uma escala de cor onde o verde escuro representa as temperaturas mais baixas, amarelo, as medianas e, vermelho, as temperaturas mais altas.

Para atingir os objetivos propostos pela pesquisa criou-se, a partir das tabelas do Anexo I, uma nova tabela, contendo o menor valor mínimo e maior valor máximo de temperatura registrada em cada ambiente, seu horário, mês de ocorrência e amplitude térmica para o período considerado. Com base nesses dados, a influência dos controles/fatores climáticos locais sobre a variabilidade horária da temperatura do ar no PEI foi analisada. Para auxiliar na análise da variabilidade espaço-temporal dos elementos climáticos em escala mensal, sazonal e anual, a UC foi dividida em quadrantes/setores denominados de acordo com os pontos cardeais e colaterais, conforme apresentado na Figura 36.

Figura 36 - Mapa de divisão do PEI por quadrantes/setores



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A divisão em setores foi realizada para facilitar a localização espacial das variações de temperatura do ar e umidade relativa do ar em cada ambiente e, em cada segmento temporal analisado, bem como das áreas onde a temperatura e umidade foram estimadas, a partir dos valores registrados em cada local de coleta.

Para quantificar a relação da variável temperatura do ar entre os ambientes o método estatístico da Correlação Linear Simples foi calculado no Programa *Excel* 2010. No teste estatístico foram utilizados todos os dados horários de temperatura do ar registrados em cada ambiente para os meses de julho e janeiro, respectivamente os mais representativos da estação de inverno e verão no Rio Grande do Sul segundo Sartori (2016).

A correlação foi realizada com os dados de temperaturas horárias entre os ambientes, P1 e P2; P1 e P3; P1 e P4; P1 e P5; P1 e P6; P1 e P7; P2 e P3; P2 e P4; P2 e P5; P2 e P6; P2 e P7; P3 e P4; P3 e P5; P3 e P6; P3 e P7; P4 e P5; P4 e P6; P4 e P7; P5 e P6; P5 e P7 e por fim P6 e P7, contemplando assim, a correlação entre todos os ambientes selecionados. O resultado final foi apresentado por meio de gráficos de dispersão, que além de representar graficamente a dispersão da temperatura do ar entre os ambientes menciona também o valor do coeficiente de correlação (R^2) encontrado em cada correlação.

Tendo em vista que o R^2 mede o grau da correlação linear entre duas variáveis quantitativas, cujos valores estão situados num intervalo entre -1 e 1, o qual segundo Miyata (2014) é classificado da seguinte forma: quando igual a 0 significa que não há associação entre as variáveis, quando maior que 0 indica uma correlação positiva, se igual a 1 positiva perfeita e se igual a -1 negativa perfeita.

Portanto, a partir dos resultados encontrados em cada teste estatístico foi possível quantificar os ambientes de maior e menor dispersão e correlação térmica do ar, bem como sustentar estatisticamente a existência de diferentes microclimas no PEI.

4.1.4 Construção da Base Cartográfica

Para analisar/explicar a relação entre a variabilidade espaço-temporal dos atributos climáticos em estudo e os controles climáticos locais relacionados à cobertura da terra, topografia, altitude e proximidade a corpos d'água foram elaborados mapas base em escala 1:70.000, por meio do Sistema de Informação Geográfica (SIG), *Software ArcGis* versão 10.2. Teve-se como base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul, o mapa elaborado pelo Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, disponibilizado no endereço eletrônico: <https://www.ufrgs.br/labgeo/index.php/dados-espaciais/250-base-cartografica-vetorial-continua-do-rio-grande-do-sul-escala-1-50-000>.

Dados da Projeção Universal Transversa de Mercator/UTM, fuso 22; Articulação das folhas 1:50.000; Curvas de nível; Pontos cotados; Hidrografia linhas; Hidrografia Polígonos; Sistema viário; Manchas urbanas e Limites do RS (constante nas cartas 1:50.000 originais para o Estado) foram extraídos e utilizados na elaboração dos mapas temáticos aqui apresentados.

Para o Mapa de Geologia do PEI, utilizou-se também o Mapa Geológico do Rio Grande do Sul em escala 1:750.000, fornecido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e como auxiliar, o Mapa de Geologia em escala 1:50.000 do Plano de Manejo do PEI (RIO GRANDE DO SUL, 1996).

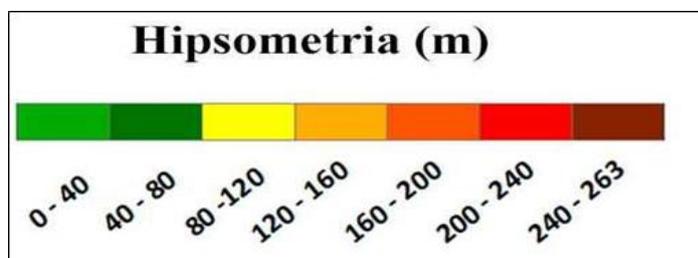
No Mapa Geomorfológico, a base de dados foi encontrada no Mapa Geomorfológico dos municípios de Porto Alegre, Viamão e Alvorada em escala 1:75.000 elaborado por Moura, Hasenack e Silva, (2010), sendo adaptado de acordo com os limites do PEI em escala 1:70.000.

Para os mapas de Hipsometria, Declividade e Orientação de Vertentes foi utilizado como referência o Modelo Digital de elevação (MDE), a partir do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), em formato *Geotiff* e arquivo vetorial em formato *Shape File* para o Rio Grande do Sul (MIRANDA, 2005), assim como, o mapa elaborado por Hasenack e Weber (2010), onde altitudes da superfície topográfica do estado e elementos geográficos estão representadas.

A elaboração dos mapas ocorreu no *Software ArcGis* versão 10.2, sendo a imagem MDE recortada, conforme os limites do PEI e, no caso do mapa Hipsométrico, reclassificada num novo agrupamento de classes de elevação, a partir da ferramenta “*Reclass by Ascll File*” do *ArcGis*, onde um novo intervalo de altitude foi adotado para uma equidistância de 40 em 40 metros em razão da altitude mínima e máxima identificada no PEI (entre 0 - 264m).

Resultaram, então, 7 classes hipsométricas, em que as cores verde claro e escuro foram usadas para representar as baixas altitudes; amarelo, laranja claro e escuro, para as médias e vermelha e castanho escuro, para as maiores altitudes (Figura 37).

Figura 37 - Classes Hipsométricas e suas cores



Fonte: Organizado pelos autores (2020).

Para o Mapa de Declividade, a ferramenta usada no *ArcGis* foi a “*Slope Map*”, onde as classes foram definidas, de acordo com o critério utilizado pela Embrapa (1979), conforme consta na Figura 38.

Figura 38 - Classes de declividade utilizada



Fonte: Embrapa (1979).

Enquanto para o mapa de Orientação de Vertente a ferramenta empregada foi “*Aspect Analyst Tools*”, a qual possibilitou identificar as orientações do relevo dentro da UC, que são representadas no mapa, segundo as cores trazidas na Figura 39.

Figura 39 - Cores utilizadas para cada orientação de vertente



Fonte: organizado pelos autores (2020).

Quanto ao Mapa de Cobertura da Terra, a base utilizada foi a imagem de satélite *Landsat 8*, Sensor *Operacional Land Imager (OLI)* do dia 22 de agosto de 2016, obtida junto ao catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. E assim como os demais mapas supracitados, também foi elaborado no ambiente *ArcGis* onde a imagem *raster* (formada por um mosaico de pequenas peças) de resolução espacial de 30 m foi aberta no SIG nas bandas espectrais 1, 2, 3, 4 e 5 e, posteriormente compostas pela ferramenta *raster processing/composite bands* (faixas compostas de processamento *raster* para juntar as bandas), e por fim, construída uma composição colorida RGB (*Red, Green, Blue*).

É importante destacar, que o *raster* foi clipado (recortado) nos limites do PEI e transformado de WGS 1984 para Sirgas 2000 (UTM fuso 22), sendo reclassificado de acordo com as classes observadas em campo e identificadas pelas assinaturas do alvo na imagem de satélite como banhados, campos naturais, campos em regeneração, dunas, florestas, matações, recursos hídricos e vegetação de restinga.

Quanto ao mapa hidrográfico do PEI, esse foi criado a partir da base cartográfica vetorial contínua elaborada pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS (2018), pelas observações *in loco* e por interpretação visual das imagens do satélite *Google Earth Pro*.

4.1.5 O Mapeamento dos Atributos Climáticos

Para espacializar a variabilidade da temperatura do ar e umidade relativa do ar em escala temporal mensal, sazonal e anual, utilizou-se o *Software Surfer 8*, tendo em vista a possibilidade de interpolar e confeccionar mapas, a partir de variáveis espacialmente distribuídas. De acordo com Landim, Monteiro e Corsi (2002), o primeiro passo para um estudo espacial e a definição de sua malha de amostragem, que pode ser aleatória; agregada ou agrupada; e regular ou homogênea.

Nesta pesquisa, a ideia inicial foi estabelecer uma malha regular ou homogênea (quando os pontos estão regularmente espaçados), entretanto, por motivos verificados em campo, sobretudo, relacionados à logística, não foi possível respeitar esse arranjo em sua totalidade, uma vez que a distribuição dos pontos de coleta não está equânime. Desta forma, está mais próxima do tipo agregada ou agrupada (quando ocorrem grupos de pontos mais próximos).

Como referência espacial têm-se os sete pontos descritos no item 4.1, que foram usados como locais de coleta das variáveis termo-higrométricas e como método de interpolação de dados, a estimação por *Krigagem*, que segundo Landim (2000) é de melhor precisão geral, sobretudo, quando comparado aos algoritmos de Triangulação, Inverso do quadrado da Distância, Superfície/Distância e Mínima Curvatura. De acordo com Landim e Sturado (2002) os tipos mais utilizados de *Krigagem* são a simples e a ordinária, sendo usada nesta pesquisa a *Krigagem* ordinária, pois considera a média móvel ponderada do fenômeno para toda área de estudo.

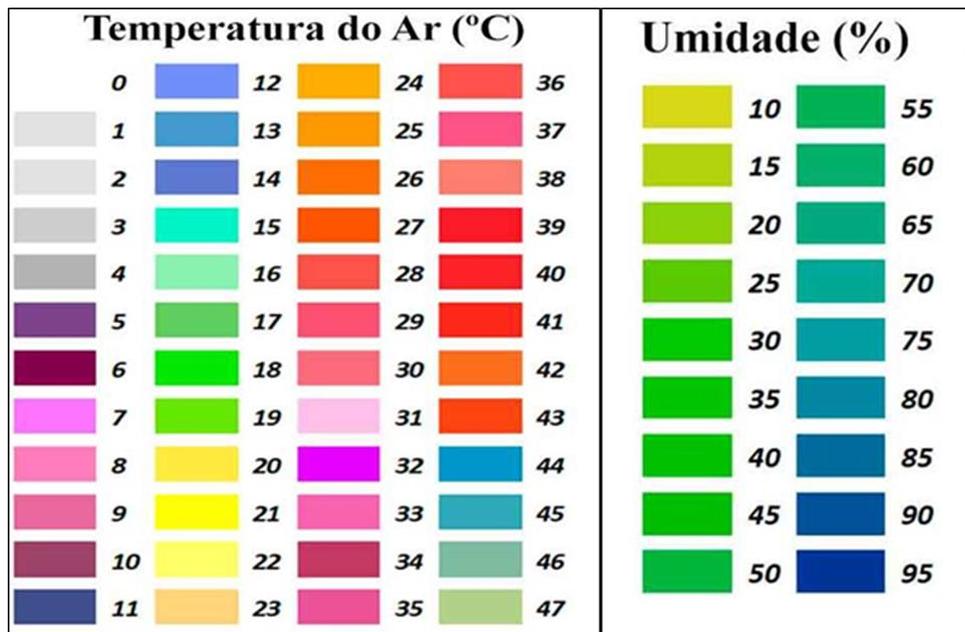
Com a interpolação das variáveis pelo método *Krigagem*, foi possível estimar valores para áreas e ambientes onde não foi possível coletar dados in loco, e como resultado têm-se os mapas temáticos das variáveis climáticas aqui consideradas. É oportuno salientar que o método estatístico da *Krigagem* é definido por Jakob (2002) como um método que utiliza o dado tabular e sua posição geográfica para calcular as interpolações. Nele as unidades de análise mais próximas entre si são mais parecidas que as unidades mais afastadas, uma vez que o método utiliza funções matemáticas que acrescentam pesos maiores para as mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores para as mais distantes, criando dessa forma, novos pontos interpolados.

Antes do *Input* dos dados de temperatura e umidade relativa do ar no *Software Surfer 8*, esses foram organizados em colunas da planilha do *Excel*, onde a posição espacial e valor da variável observada em cada ponto são representados pelas letras X, Y e Z, onde X é longitude, Y, a latitude (suas variáveis independentes) e Z, a variável dependente (temperatura e umidade). Com os dados já disponíveis no *Surfer 8*, deu-se, então, a entrada no menu GRID/DATA do aplicativo, utilizando, para o espaçamento das variáveis, o método de interpolação *Krigagem*. Ao definir o método foi gerado um arquivo de malha de amostragem com os dados dispostos em extensão GRD.

Após a criação da malha de pontos, as curvas de isolinhas foram criadas em intervalos de 1,0 °C para a variável temperatura do ar e 5% para a umidade relativa do ar. Concluídas as isolinhas, foram exportadas para o *ArcGis 10.2* e definida uma paleta de cores para os valores

de temperaturas (°C) e umidade relativa do ar (%). Por convenção optou-se por cores frias para os valores mais baixos de temperatura e cores quentes para os mais elevados e para umidade do ar, o contrário, cores quentes para os percentuais menores e frias para os maiores (Figura 40).

Figura 40 - Paleta de cores utilizada no mapeamento termo-higrométrico



Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

Os mapas de horas de umidade relativa do ar $\geq 95\%$ seguiram os mesmos procedimentos utilizados na construção dos mapas temáticos de temperatura e umidade, porém utilizando o resultado da soma do número de vezes em que a umidade do ar esteve próxima ao seu ponto de saturação em cada mês, estação e ano, os quais foram obtidos, a partir dos dados horários e diários de UR coletados pelos *dataloggers*. O intervalo entre as classes é de 10h para os mapas mensais, de 50h para os sazonais e de 100h para o anual, não sendo possível equiparar os mesmos intervalos de classes para todas as escalas temporais analisadas, devido ao elevado número de horas encontrado. Isso comprometeria a representação espacial e cartográfica, assim como análise dos dados, tanto que na última classe de todos os mapas, o intervalo estabelecido para cada segmento temporal não foi seguido, começando a partir do final da classe imediatamente anterior indo até o valor máximo de horas encontrado em cada mês, estação e ano.

A paleta de cores utilizada para o número total de horas de $UR \geq 95\%$ seguiu a mesma convenção aplicada para umidade relativa do ar, ou seja, cores quentes para os números menores e frias para os maiores, estando, evidentemente, associadas aos números de horas encontradas.

No ensejo de aumentar o número de variáveis envolvidas na definição dos domínios microclimáticos, dados de horas de frio $\leq 10,0^{\circ}\text{C}$ e $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ também foram considerados, assim como valores anuais de evapotranspiração potencial, pois embora não tenham sido analisados pormenorizadamente na pesquisa, acredita-se que o maior número de variáveis envolvidas ajudou a qualificar, ainda mais, a definição das unidades microclimáticas propostas.

Por isso, é importante mencionar que o número de horas de frio (NHF) ao ano foi obtido pela soma do número de horas em que a temperatura do ar esteve $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ e $\leq 10,0^{\circ}\text{C}$ durante o ano para cada ambiente. Segundo Peres Castillo e Adonis Ponce (2012), esse valor é a referência mais utilizada para o período hibernar de plantas caducifólias (quando entram em estado de dormência), sendo o mesmo valor utilizado desde 1954 pelas três bases físicas da Embrapa Clima Temperado para monitorar a quantidade de horas de frio na região. O somatório do número de horas $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ e $\leq 10,0^{\circ}\text{C}$ se justifica pelo fato de algumas plantas entrarem em período de repouso (dormência), que em climas temperados ou subtropicais ocorre, sobretudo, no inverno, quando o metabolismo e crescimento de algumas espécies ficam restringidos, voltando a se desenvolver, a partir da primavera (MOTA, 1992).

Para estimar a Evapotranspiração Potencial (ETP) anual foi utilizada a metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955) e simplificadas pelas planilhas no ambiente *Excel* para cálculos de balanço hídrico elaborado por Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), uma ferramenta que permite ao usuário criar e manipular banco de dados. A planilha leva em consideração a capacidade da água disponível (CAD de 100,0 mm), assim como dados da latitude local, média de temperatura do ar ao mês e precipitação pluviométrica mensal (Figura 41), e fornece dados confiáveis entre as latitudes de 40°N e 40°S , sendo, portanto, viável, para a latitude do PEI.

Para calcular a ETP estimada em milímetros (mm), foram colocados em áreas específicas da planilha supracitada dados de latitude e temperatura média do ar mensal registrada em cada ambiente da UC e para os dados de precipitações os valores mensais de chuvas coletados na sede do PEI, cujos valores estão disponíveis em pesquisa realizada por Almeida, Wollmann e Hoppe (2019). A partir da inserção desses dados na planilha, a evapotranspiração potencial anual é estimada automaticamente para cada ambiente.

Figura 41 - Planilha no Ambiente Excel Utilizada para estimar a Evapotranspiração Potencial

Meses	Num de dias	T oC Atual	P mm	N horas	I	a	ETP Thornthwaite 1948	Latitude = -30,36	NDA	δ	hn	N
jun	30	15,86	160,00	13,92	5,74	2,30	48,35	1	-23,0116	104,41	13,921	
jul	31	16,13	14,00	13,44	5,89	2,30	50,17	31	-17,7823	100,83	13,444	
ago	31	17,44	101,00	12,68	6,63	2,30	56,66	59	-8,67004	95,125	12,683	
set	30	20,00	237,00	11,72	8,16	2,30	69,46	90	3,618542	87,877	11,717	
out	31	20,19	282,00	10,83	8,27	2,30	67,81	120	14,587	81,232	10,831	
nov	30	21,14	161,00	10,18	8,87	2,30	68,61	151	21,89848	76,382	10,184	
dez	31	24,24	75,00	10,06	10,91	2,30	96,02	181	23,18449	75,471	10,063	
jan	31	25,23	58,00	10,52	11,59	2,30	110,11	212	18,17103	78,915	10,522	
fev	28	24,62	115,00	11,36	11,17	2,30	101,50	243	8,104609	85,215	11,362	
mar	31	23,36	141,00	12,30	10,32	2,30	107,77	273	-3,81782	92,24	12,299	
abr	30	22,89	88,00	13,21	10,01	2,30	106,88	304	-15,0562	99,066	13,209	
maio	31	18,28	116,00	13,82	7,12	2,30	68,83	334	-21,9699	103,67	13,822	

Fonte: Rolim; Sentelhas e Barbieri (1998).

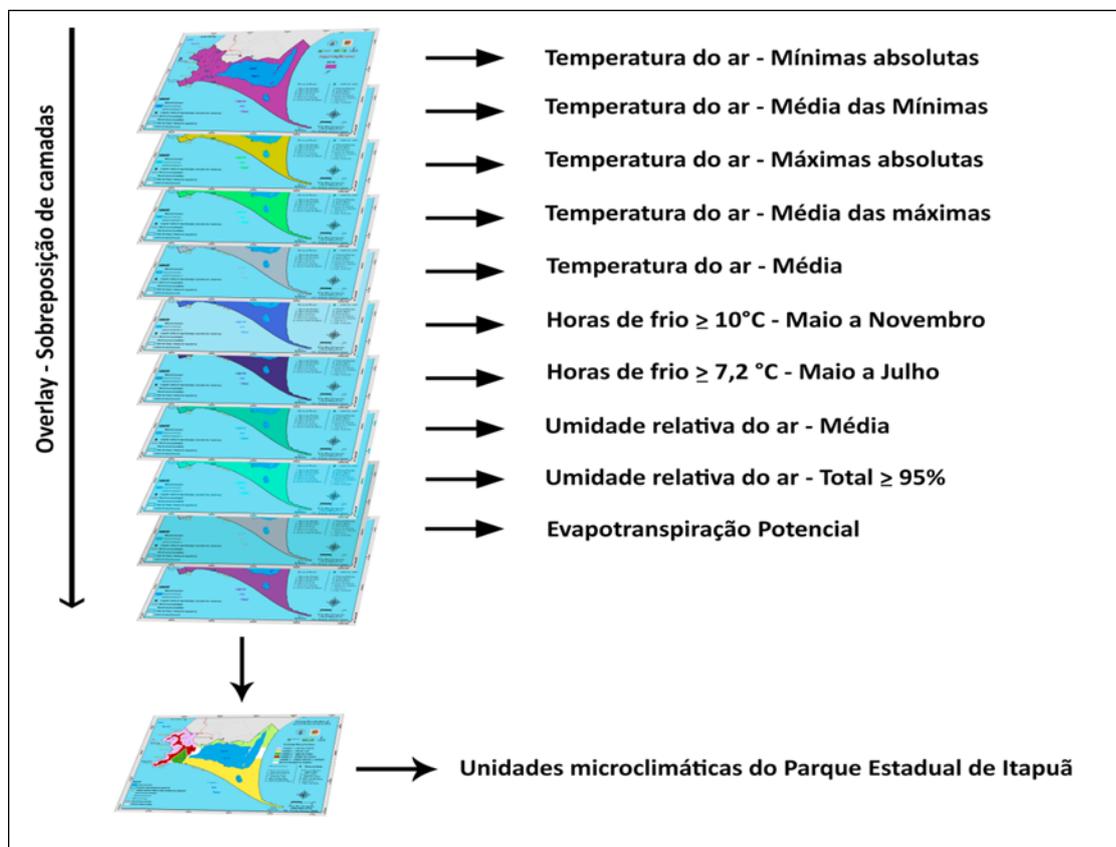
Deve-se acrescentar ainda que os mapas anuais de horas de frio $\leq 7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $\leq 10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, assim como os mapas de evapotranspiração, foram elaborados a partir da mesma base cartográfica utilizada pelos demais mapas mencionados. Os dados foram exportados para o ambiente *Software Surfer 8*, as variáveis espacialmente distribuídas pela interpolação do método da *Krigagem* e os mapas elaborados no programa *ArcGis 10.2*, sendo utilizado um intervalo de 20h entre as classes para os mapas anuais de horas de frio e de 5 mm para o mapa anual de evapotranspiração potencial.

4.1.6 O mapa das Unidades Microclimáticas

A elaboração do mapa de unidades microclimáticas ocorreu no ambiente *ArcGis 10.2*, sendo utilizado *shapefile* dos mapas anuais de temperatura máxima, mínima, média das máximas e mínimas, temperatura média, horas de frio $\leq 10,0^{\circ}\text{C}$ e $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa do ar, horas de umidade $\geq 95\%$ e de evapotranspiração potencial, os quais foram sobrepostos em camadas, conforme representado na Figura 42. Após a sobreposição em camadas,

informações trazidas pelos mapas temáticos de geologia, geomorfologia, hipsometria, declividade, orientação de vertentes, recursos hídricos e cobertura da terra foram relacionadas, e após esse cruzamento definiram-se as unidades microclimáticas (Figura 85).

Figura 42 - Representação Gráfica da metodologia utilizada para construção do mapa das unidades microclimáticas do PEI/RS



Fonte: organizado pelos autores (2020), a partir do *software Adobe Photoshop*.

Deve-se ressaltar ainda que as isolinhas do mapa das unidades microclimáticas foram desenhadas no *ArcGis 10.2*, assim como as linhas/áreas de transição entre as unidades microclimáticas, sendo seus nomes definidos a partir dos aspectos físico-geográficos predominantes em cada área, cujas cores utilizadas fazem alusão ao tipo de cobertura da terra encontrada em cada unidade microclimática.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

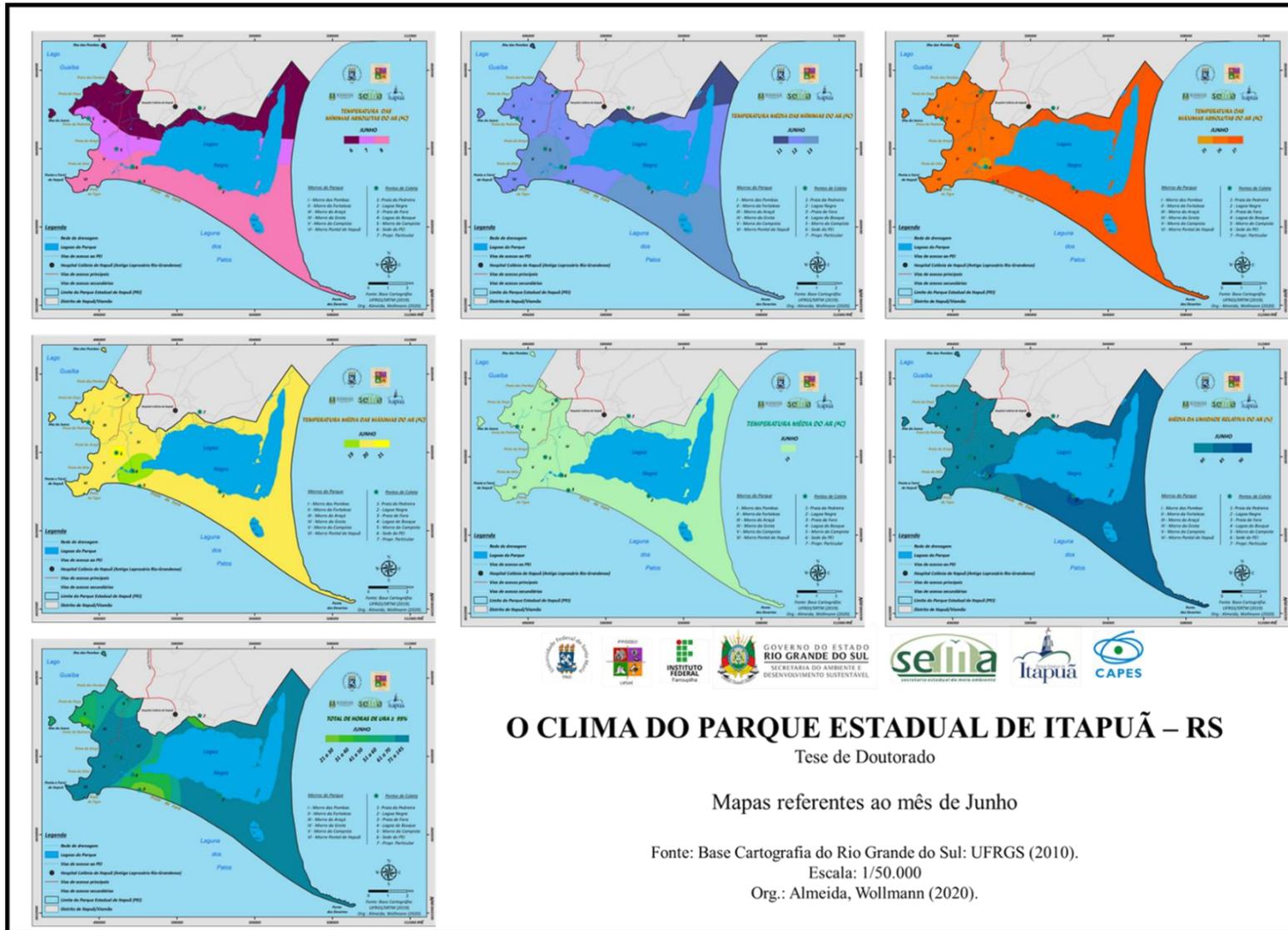
5.1. DISTRIBUIÇÃO E VARIABILIDADE ESPACIAL DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EM ESCALA MENSAL, SAZONAL E ANUAL

A análise da variabilidade espacial e temporal da temperatura mínima absoluta, temperatura média das mínimas, temperatura máxima absoluta, temperatura médias das máximas, temperatura média, umidade relativa do ar e horas de umidade relativa $\geq 95\%$ tem como referência a interpretação de mapas temáticos mensais, sazonais e anuais de cada elemento climático considerado. A ordem de apresentação cartográfica está de acordo com a linha temporal da coleta dos dados, ou seja, de junho de 2017 a maio de 2018.

5.1.1 Variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar em junho

No mês de junho, o mapa das temperaturas mínimas absolutas (Figura 43) possui três classes de temperaturas, o menor valor (6,0 °C) ocorreu nos ambientes P6, P7 e setores noroeste, norte e nordeste do PEI, enquanto P1, P5 e parte dos quadrantes leste, oeste e porção de terras ao noroeste registraram 7,0 °C de temperatura mínima. Nos ambientes P2, P3, P4, conjunto lagunar e quadrantes sul, sudeste e sudoeste, o domínio térmico foi de 8,0 °C, sendo a amplitude térmica mensal entre as temperaturas mínimas de 2,0 °C com valores mínimos absolutos oscilando entre 6,0 °C e 8,0 °C na UC.

Figura 43 - Mapa de Temperaturas, umidade relativa do ar e horas de umidade relativa maior ou igual a 95% em junho



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Ao considerar os valores médios das máximas verifica-se que em junho, praticamente toda UC está sob o domínio térmico dos 20,0 °C, cuja extensão abrange todos os setores e a maioria dos ambientes (P1, P2, P3, P6 e P7). Outros dois campos térmicos também são identificados, um de 21,0 °C localizado no entorno do P5, e outro de 19,0 °C entorno do P4, respectivamente, o maior e menor valor médio de temperatura máxima do mês. A amplitude térmica entre os valores médios máximos de junho é de 2,0 °C, com variações de temperaturas entre 19,0 °C e 21,0 °C.

Em síntese, o mapa de temperatura mínima, média das mínimas, máxima e média das máximas retrata um espaço territorial dividido por três classes térmicas, sinalizando certa homogeneidade de valores de temperatura do ar, pois apresentam uma amplitude térmica de 2,0 °C em todas as temperaturas consideradas, com menores valores mínimos concentrados em sua parte mais continental, em geral no P7 e norte do PEI, enquanto os maiores valores máximos são encontrados em vários ambientes e setores.

Quanto ao mapa de temperatura média destaca-se que toda UC registra 16,0 °C, ou seja, está sob o mesmo domínio térmico, estando esse valor médio dentro dos parâmetros mencionados por Mota (1951) de que as temperaturas médias mensais no Estado ficam entre 10,0 °C e 22,0 °C.

Quanto ao mapa de UR média do ar (Figura 43) se observa valores entre 80% e 90% ao mês, com maior percentual encontrado no P2 onde são registrados 90% de UR, enquanto no P4 e praticamente toda metade leste do PEI são aferidos 85% e nos demais setores e ambientes 80% de UR. O maior percentual encontrado no P2 está diretamente relacionado à elevação do nível das águas da Lagoa Negra, tendo em vista que junho é o terceiro mês de maior volume de chuvas, segundo pesquisa realizada por Almeida, Wollmann e Hoppe (2019).

Com o aumento do nível de suas águas, surgem banhados e lagoas intermitentes, a poucos metros de distância do P2, aumentando, assim, a presença de umidade no local. Além disso, a maior frequência dos ventos úmidos de SE e E (Figura 44) corroboram para aumentar a umidade do ar atmosférico, pois, como são ventos oceânicos, ao adentrarem o território do PEI trazem consigo grande aporte higrométrico. Desta forma, os ventos regionais, juntamente com o aumento no nível das águas da Lagoa Negra, são os principais fatores/controles climáticos responsáveis pela maior UR média do ar nesse ambiente.

Deve-se destacar que a chegada do inverno, período de menor insolação no hemisfério Austral, também corrobora para manter a umidade no terreno e nas primeiras camadas de ar

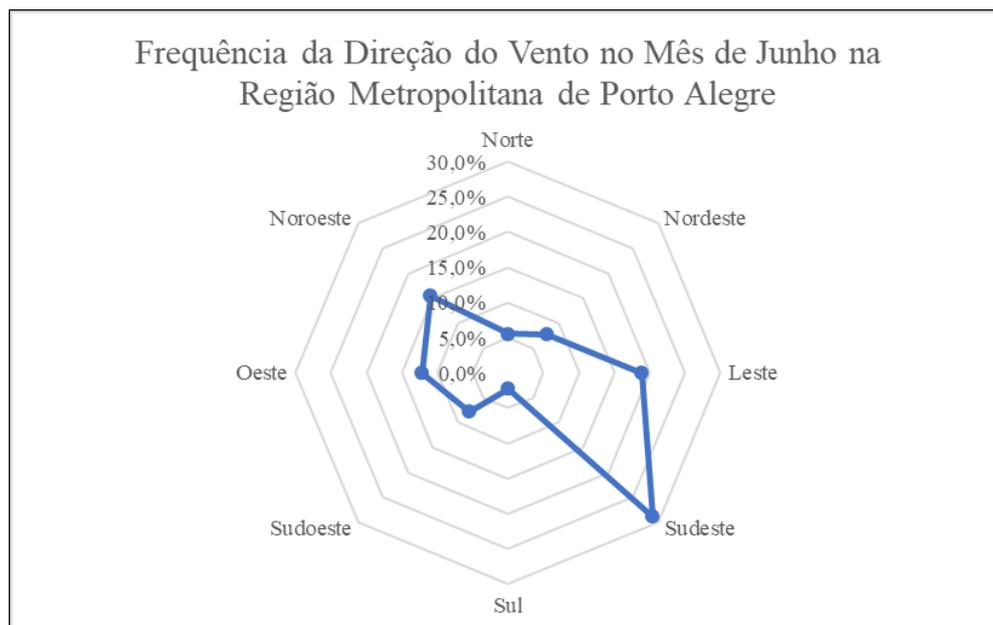
junto ao solo, pois, segundo Nunes (1998), fatores de macroescala influenciam os processos físicos que ocorrem em escalas inferiores do clima, neste caso, na escala microclimática.

No que tange às horas de umidade relativa média do ar maior ou igual a 95%, verifica-se que em junho existem seis classes horárias, sendo o P5 e P2 os ambientes de maior número de horas (entre 71 e 145 h). Esse maior quantitativo ocorre, principalmente, pela disponibilidade de umidade em superfície, assim como pela localização geográfica e características fisiográficas desses ambientes. No caso do P5, onde foram registradas 145 horas de umidade relativa maior ou igual a 95%, a altitude do terreno a 162 m em relação ao nível do mar, juntamente à exposição leste/nordeste de sua vertente favorecem o aquecimento gradual do ambiente, a partir das primeiras horas da manhã, desde que em condições de céu limpo ou de poucas nuvens, mesmo nos meses frios de inverno.

O aquecimento mais rápido no P5 em relação às encostas mais baixas e úmidas do PEI geram campos diferenciados de pressão, em função do aquecimento diferencial entre elas. Esses, segundo Richner e Phillips (1984) e Pepin e Seidel (2005), ocorrem devido às encostas mais altas receberem maior radiação solar direta, atuando, assim, como fontes de calor durante o dia, tornando-se mais quentes que a atmosfera livre, possibilitando que o ar flua ladeira acima através da formação de uma circulação térmica local.

Esse movimento ascendente do ar transfere o ar mais frio e úmido das encostas mais baixas e cobertas por florestas para as partes mais altas da UC, na qual o P5 está inserido. Essa circulação térmica de montanha é caracterizada pela ocorrência de fluxos anabáticos do ar, que durante o dia, sobem a montanha e possuem grande correlação com os fluxos de umidade segundo Duane et al. (2008). Outro fator que corrobora para o maior número de horas com umidade relativa do ar maior ou igual a 95% no P5 é a direção predominante dos ventos de sudeste e leste na região (Figura 44).

Figura 44 - Gráfico de Frequência da Direção do Vento no mês de Junho



Fonte: Dados obtidos no BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>

Como são ventos que sopram do oceano para o interior do continente são carregados de vapor d'água, o que, segundo Oke (1987), ocasiona trocas de massa e energia entre eles e as superfícies pelas quais percorrem. Esses ventos ao adentrarem na UC encontram no setor oeste do PEI morros de topos convexos, cuja irregularidade do terreno interfere em sua direção e intensidade, os redirecionando para regiões de menor pressão atmosférica. Como o P5 está localizado em área de maior altitude (Morro do Campista), a ação dos ventos de sudeste e leste certamente influenciam na quantidade de horas de umidade relativa do ar maior ou igual a 95% do local, mesmo estando situado ao sotavento de sua direção predominante.

Portanto, no P5, a altitude e a direção predominante dos ventos úmidos são os principais responsáveis pelo maior número de horas de umidade relativa do ar próxima ao seu ponto de saturação.

Quanto ao P2, ambiente com segundo maior número de horas com umidade relativa do ar maior ou igual a 95% (74h no mês), tem no aumento do nível das águas da Lagoa Negra a principal fonte de umidade local, sobretudo, em junho, quando, segundo Almeida, Wollmann e Hoppe (2019), chove 160 mm na UC. Além disso, tem-se o fato da cobertura da terra no P2 ser formada por solos arenosos, intercalados por capões de restinga e solos desnudos, o que, segundo Sauer, Hatfield e Prueger (1996), facilita o processo evaporativo da água em

superfície, uma vez que, maior quantidade de energia consegue chegar ao terreno, quando comparado à áreas de solos cobertos.

Sobre esse aspecto, Lemon (1956 apud Dalmago et al., 2010, p. 786) destaca que a evaporação da água no solo ocorre sem restrições, bastando haver disponibilidade de energia, também será mais elevada em solos com maior teor de umidade em superfície.

Assim como no P5, os ventos úmidos de SE e E também atuam no P2, enquanto dispersores/misturadores de umidade no ar ambiente, sendo, portanto, juntamente com a cobertura do solo e disponibilidade hídrica em superfície os principais fatores/controles climáticos responsáveis pelo maior número de horas com umidade relativa maior ou igual a 95%.

Por outro lado, o P3 é o ambiente do PEI com menor número de horas de umidade relativa maior ou igual 95%. Esse menor número está relacionado à cobertura arenosa e em geral seca do ambiente, cuja temperatura observada no mapa de temperatura máxima absoluta para o mês atinge 27,0 °C, valor que influencia diretamente na umidade do ar. Isso ocorre, segundo Varejão-Silva (2006), porque havendo aumento de temperatura no ambiente há também um aumento no valor da pressão de saturação do vapor, possibilitando que um maior número de moléculas d'água permaneça em estado gasoso. Desta forma, quanto maior for à temperatura do ar, maior será sua capacidade de conter água, portanto, menor será sua umidade relativa do ar.

De atuação paralela, porém intensa, têm-se os ventos de SE e E, que apesar de úmidos e de contribuírem para a presença de umidade no P3, tendem ser mais fortes na Praia de Fora devido à topografia plana e pouco rugosa do terreno. Isso permite maior capacidade de dispersão da umidade, a conduzindo para outras áreas do PEI em função de sua direção predominante. Verifica-se que a proximidade do P3 em relação à Laguna dos Patos contribui para a umidade local, pois são 80% de UR registradas em junho, contudo, apesar do valor expressivo, o ambiente não figura entre os pontos de maior umidade relativa do mês, mas sim, entre os de menor presença de vapor d'água no ar.

Portanto, os resultados obtidos em ambas as análises (UR e UR \geq 95%) reforçam a tese de que a Laguna dos Patos, apesar de contribuir para a umidade na UC, não se constitui a nível microclimático, num controle climático determinante para esse elemento do clima.

Tais resultados vão ao encontro do mencionado por Wollmann (2014), quando em estudo preliminar sobre a influência dos controles da umidade e temperatura em dois ambientes da UC, sob o domínio Tropical Atlântico e Continental, afirma que, contrariando

algumas hipóteses, a presença de grandes corpos hídricos (Lago Guaíba e Laguna dos Patos) não se destacou como importante controle da variabilidade climática no PEI.

Nos demais ambientes valores intermediários são encontrados, como os registrados no P1 e P7, cujo número de horas fica entre 31 e 40 horas de umidade relativa maior ou igual a 95%, no P4 entre 41 e 50 horas e no P6 entre 61 e 70 horas.

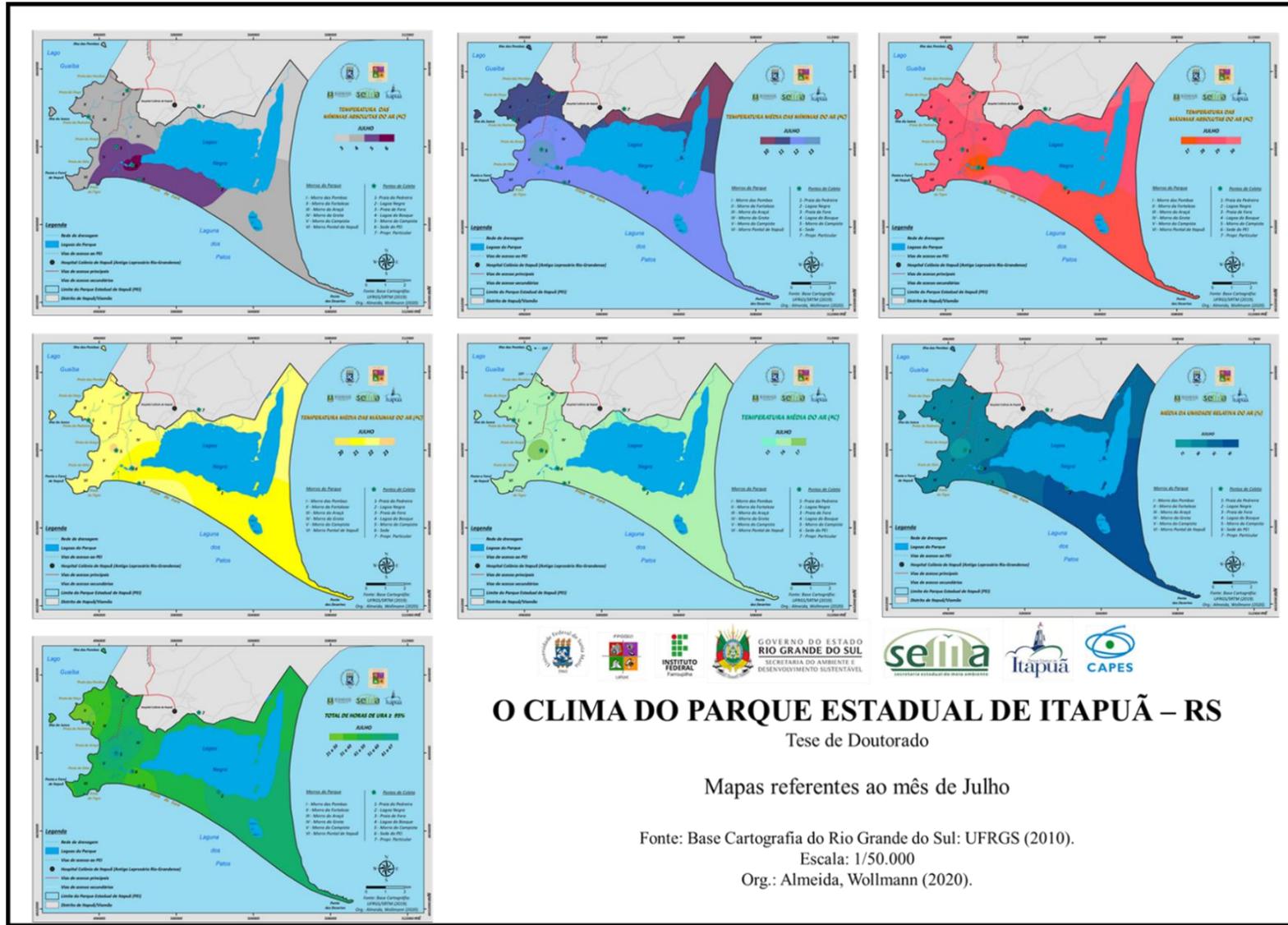
5.1.2 Variabilidade da temperatura e da umidade relativa do ar em julho

Em julho, o mapa de temperatura mínima absoluta (Figura 45) é composto por quatro faixas de temperaturas, com menor valor mínimo ocorrendo no P7, setor norte, nordeste e parte do quadrante leste onde são registrados 3,0 °C. A faixa de maior extensão territorial no mapa corresponde aos 4,0 °C e abrange os ambientes P1 e P6, enquanto P2, P3, P5 e parte do conjunto lagunar estão sob o domínio dos 5,0 °C. Por sua vez, a classe de maior temperatura mínima mensal fica entre os setores oeste e sudoeste do PEI, envolvendo o P4 e o restante do conjunto lagunar onde são aferidos 6,0 °C. A amplitude térmica entre as áreas de maior e menor temperatura mínima do mês é 3,0 °C, com valores na UC entre 3,0 °C e 6,0 °C.

Assim como ocorre nas temperaturas mínimas, o mapa de temperatura média das mínimas possui quatro faixas térmicas, com menor valor ocorrendo no P7 e setores norte e nordeste da UC onde a temperatura é 10,0 °C. No noroeste, onde se localiza o P1 e P6 e, em parte do setor leste, têm-se 11,0 °C, portanto, os menores valores registrados em julho ocorrem na parte mais continental do PEI, fator macroescalar que, apesar de não ser determinante, influencia nos valores médios mínimos mensais.

No entorno do P5 são encontrados 13,0 °C, e na maior parte do PEI, incluindo o P2, P3, P4, setores sudeste, sul, sudoeste e parte do oeste 12,0 °C, sendo a diferença entre o maior e menor registro médio do mês de 3,0 °C, com temperaturas médias das mínimas entre 10,0 °C e 13,0 °C, valor que vai ao encontro do mencionado por Machado (1950) onde a média do mês mais frio é superior a 9,5 °C e inferior a 15,0 °C. Entretanto, acima do valor encontrado por Sartori (2003), que ao caracterizar os atributos climáticos básicos para o RS destaca que a média das mínimas para o mês mais frio do ano fica entre 6,0° e 10,0 °C, devido às invasões periódicas do Anticiclone Polar Atlântico.

Figura 45 - Mapa de temperatura, umidade relativa do ar e horas de umidade relativa do ar maior ou igual a 95% em julho



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Isso ocorre pelo fato do PEI estar localizado a leste do RS, na unidade geomorfológica da Planície Costeira. A relativa proximidade com o Oceano Atlântico (em torno de 65 km) reflete em temperaturas médias das mínimas mais elevadas na UC, se comparado aos dados apresentados por Sartori (2003), tendo em vista que os dados desta tese foram coletados em lócus e não em estações meteorológicas oficiais do estado. E por esse motivo, a proximidade/influência dessa grande massa líquida se mostrou mais evidente, ao passo que as temperaturas registradas foram mais amenas.

A explicação é dada por Araújo (1930) ao afirmar que na região climatológica do Litoral há forte influência da maritimidade provocada pelo Oceano Atlântico, assim como pelas lagoas que a cobrem em grande parte, sendo a temperatura e os volumes pluviométricos regulados pela presença dessas massas líquidas, que influenciam também na amplitude mensal/anual de temperaturas e nos elevados índices de umidade relativa do ar na região.

Ao considerar o mapa de distribuição das temperaturas máximas absolutas, também são observadas quatro classes de valores, a maior delas, correspondente aos 30,0 °C, cuja ocorrência é encontrada no P3, P6 e P7, abrangendo os setores norte, noroeste e parte do nordeste e sudoeste. Por outro lado, o menor valor térmico máximo é uma célula de 27,0 °C registrada no P4 e área circundante, enquanto no P2 e sudeste da UC são registrados 28,0 °C. Entretanto, maior parte do PEI está sob o domínio dos 29,0 °C, incluindo o P1, P5, setor leste, maior parte do oeste e porções de terras ao sul, sudoeste, noroeste e nordeste. A amplitude entre as temperaturas máximas para o mês é de 3,0 °C, com temperaturas entre 27,0 °C e 30,0 °C.

Em julho, são quatro classes de temperaturas médias máximas encontradas no PEI. A de maior valor térmico ocorre no P5 e entorno onde são registrados 23,0 °C, por sua vez, o menor valor é encontrado no P4 onde são registrados 20,0 °C. Durante o mês de julho, maior parte das terras do PEI está sob o domínio dos 21,0 °C e 22,0 °C, sendo o domínio dos 21 °C encontrados nas porções territoriais que abrangem o P2, setor sudeste e parte do conjunto lagunar, além de terras ao oeste e sudoeste da UC. O domínio dos 22,0 °C ocorre nos ambientes P1, P3, P6, P7 e setores noroeste, norte, nordeste, leste e partes do oeste, sul e sudoeste. A diferença entre a maior e menor temperatura média máxima em julho é 3,0 °C com valores que variam entre 20,0°C e 23,0°C.

Sobre o mapa de temperatura média do mês é verificado no território do PEI três valores médios, o de maior valor corresponde a um campo térmico de 17,0 °C no P5, enquanto o de menor (15,0 °C) ocorre no P7. Contudo, é o domínio dos 16,0 °C que abrange

maior parte do território da UC estando incluídos os ambientes P1, P2, P3, P4, P6, sendo a temperatura média do mês entre 15,0 °C e 17,0 °C. Isso está dentro do valor mencionado por Mota (1951) que, ao dividir climaticamente o estado do RS, enquadra a região onde o PEI se encontra no tipo climático *Cfalg'n*, ou seja, num clima subtropical, úmido e sem estiagem, com temperatura média do mês mais frio inferior a 18,0 °C.

Deve-se destacar ainda que os valores de temperatura média entre 15,0 °C e 17,0 °C registradas em julho na UC são praticamente iguais aos valores encontrados por Rossato (2014) que classifica a área que abrange a Depressão Central e corta o RS de oeste a leste até o denominado Litoral Médio (região onde o PEI está localizado) como sendo do tipo climático Subtropical II. Nela a temperatura média do mês mais frio (julho) fica entre 14,0 °C e 17,0 °C em sua porção mais ao leste. Cabe ressaltar também que a pequena diferença entre os valores de temperatura média entre as pesquisas é explicada pelo fato de Rossato (op. Cit.) utilizar como referência dados de estações meteorológicas oficiais do Estado, enquanto nesta pesquisa, os dados de temperatura foram coletados em campo.

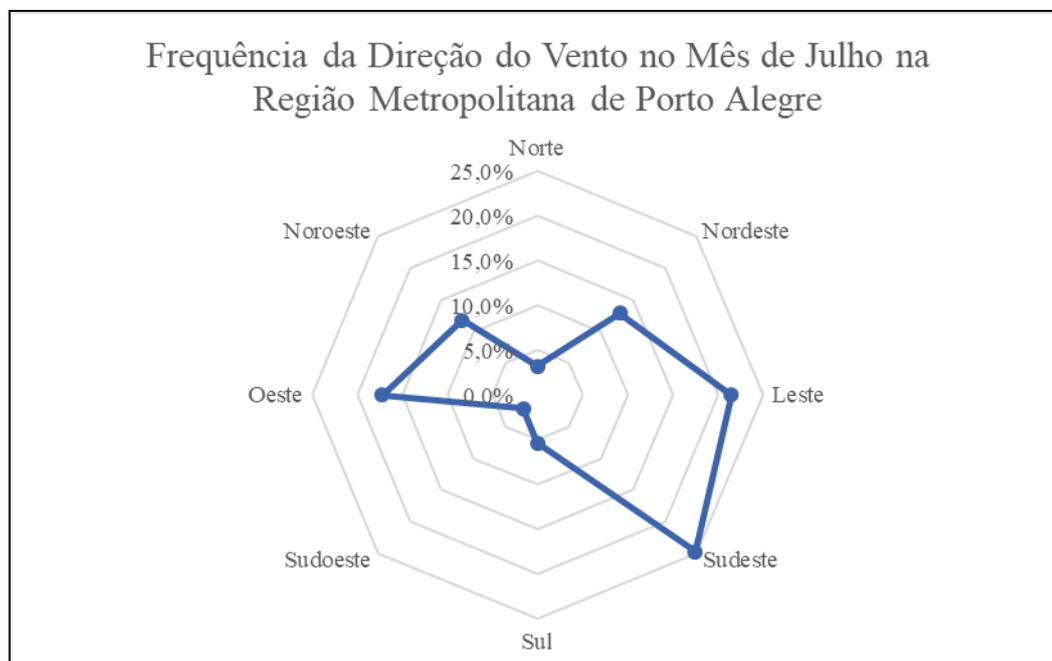
Ao analisar o mapa de umidade relativa média de julho, mês mais representativo do inverno Austral, verifica-se uma variação entre 75% e 90% de UR no PEI, sendo o maior valor encontrado no P2, setor leste e sudeste da UC, já no P4, P7, setor norte, nordeste e parte do sul são 85%, enquanto nos ambientes P1, P3 e P6 são 80% de UR média. Durante esse mês, o P5 registra sozinho o menor percentual de UR média (75%), cuja causa está relacionada aos controles e/ou fatores locais de altitude, exposição de vertente, cobertura da terra, declividade do terreno e direção predominante dos ventos.

O P5 encontra-se a 162 m de altitude, em terreno fortemente ondulado a montanhoso, com cobertura da terra formada basicamente por afloramentos rochosos e vegetação rupestre, cujas características não favorecem o acúmulo de águas superficiais no ambiente, assim como a pouca umidade retida em superfície facilmente evapora em função da incidência solar direta sobre a vertente de orientação leste/nordeste. Além disso, a atitude local favorece a ação de ventos predominantes que ganham força devido ao menor atrito com a rugosidade do terreno, o que em tese justifica esse menor percentual de UR média encontrada no P5.

O valor aferido no P5 vai ao encontro dos resultados mencionados por Galvani et al. (2008) que ao analisarem um perfil topoclimático no Parque Estadual de Intervalles entre as cotas altimétricas de 150 a 950 m concluíram que o controle da UR do ar teve maior relação com o uso do solo, cobertura vegetal e estrutura do dossel da vegetação, do que com a escala topoclimática (altitude), não encontrando, portanto, relação direta entre altitude e a variação da UR do ar.

Quanto aos ventos, durante o mês de julho, há forte influência dos ventos de oeste, o terceiro de maior frequência no mês (Figura 46).

Figura 46 - Gráfico de Frequência da Direção do Vento no Mês de Julho



Fonte: Dados da Estação Meteorológica de Porto Alegre, obtidos em <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>
Org.: Os autores

Os ventos de oeste por sua trajetória continental apresentam menor quantidade de umidade no ar, fator que também contribui para diminuir a umidade do ar no P5, cuja altitude local corrobora para aumentar a força dos ventos e com isso sua capacidade de dispersar o vapor d'água presente no ar atmosférico.

Quanto ao mapa do total de horas com umidade relativa maior ou igual a 95% constata-se que o P5, mesmo sendo o ambiente de menor porcentual de UR média do ar em julho, é por outro lado, o de maior número horas com umidade relativa maior ou igual a 95% ao registrar 67 horas. Resultado que permite afirmar que nem todo ambiente da UC com menor UR média é também o de menor número de horas com UR próxima ao seu ponto de saturação.

Em geral, o número de horas de umidade relativa maior ou igual a 95% não foi elevado na UC no mês de julho, cujo número oscila entre 21 e 67 horas, valores que podem estar associados a menor duração dos dias nessa época do ano, tendo em vista que julho é o

mês mais representativo do inverno no hemisfério sul. Como a radiação global, segundo Dalmago et al. (2014), é a principal fonte de energia para o aquecimento do ar em superfície fica evidente que uma menor quantidade de energia recebida nessa época do ano, aliada ao baixo índice de precipitação de julho, o menor entre os meses analisados por Almeida, Wollmann e Hoppe (2019), impactaram diretamente nos índices de evaporação e conseqüentemente no menor número de horas com umidade relativa maior ou igual 95% nos ambientes. Portanto, embora os controles climáticos locais de umidade relativa do ar maior ou igual a 95% no P5 sejam os mesmos mencionados no mês anterior, a menor quantidade hídrica e de energia térmica no mês de julho corroborou para que o número de horas com UR $\geq 95\%$ no P5 fosse inferior ao verificado em junho.

O P2, com 53h de umidade relativa maior ou igual a 95% (anexo II), é o segundo ambiente de maior número de horas do mês. Seus controles de umidade são os mesmos apresentados em junho, enquanto a redução no número de horas se deve a menor disponibilidade hídrica no terreno, pois, conforme exposto, julho apresentou o menor volume pluviométrico entre os meses analisados no PEI.

O menor quantitativo de horas ocorreu no P1 onde foram registradas 23h, valor que o coloca na menor classe representada no mapa (entre 21 e 30 horas). Entretanto, apesar de ter ocorrido um baixo volume de chuvas em julho, acredita-se que esse não seja o principal motivo pelo menor número de horas com umidade relativa do ar maior ou igual 95%, encontrada no P1, uma vez que, sua posição em terreno de menor altimetria favorece a descida de umidade das florestas de encostas que o circundam pela força gravitacional.

Não sendo, portanto, a carência de umidade no solo a resposta para esse baixo número de horas, mas sim, a interferência da orientação sul e sudeste das vertentes próximas que interceptam parte da radiação solar incidente no terreno, que nesta época do ano se intensifica devido a menor duração dos dias em função da maior declinação do sol no período de inverno no hemisfério sul.

Desta forma, a menor quantidade de energia térmica disponível no P1 se configura no principal controle no número de horas com umidade relativa maior ou igual a 95%, assim como, uma das principais causas das baixas temperaturas registradas no mês, conforme foi observado no mapa das temperaturas mínimas absolutas. Havendo menor radiação solar direta no ambiente, menor será sua temperatura do ar e conseqüentemente menor o processo de evaporação, portanto, menos vapor d'água estará presente no ar, o que justifica as poucas horas de UR do ar no P1 próxima ao seu ponto de saturação.

No P3 e P4 o número de horas com umidade relativa média do ar maior ou igual a 95% varia entre 31 a 40 horas, sendo esse valor no P3 relacionado à cobertura da terra encontrada no ambiente e a sua localização na linha da Praia de Fora, conforme detalhado na análise do mês de junho. No P4, o principal fator é a cobertura do terreno, formada basicamente por floresta fechada, com predomínio de vegetação arbórea, cujo dossel intercepta grande parte da radiação solar incidente, sobretudo, nessa época do ano, em função da orientação oeste de sua vertente.

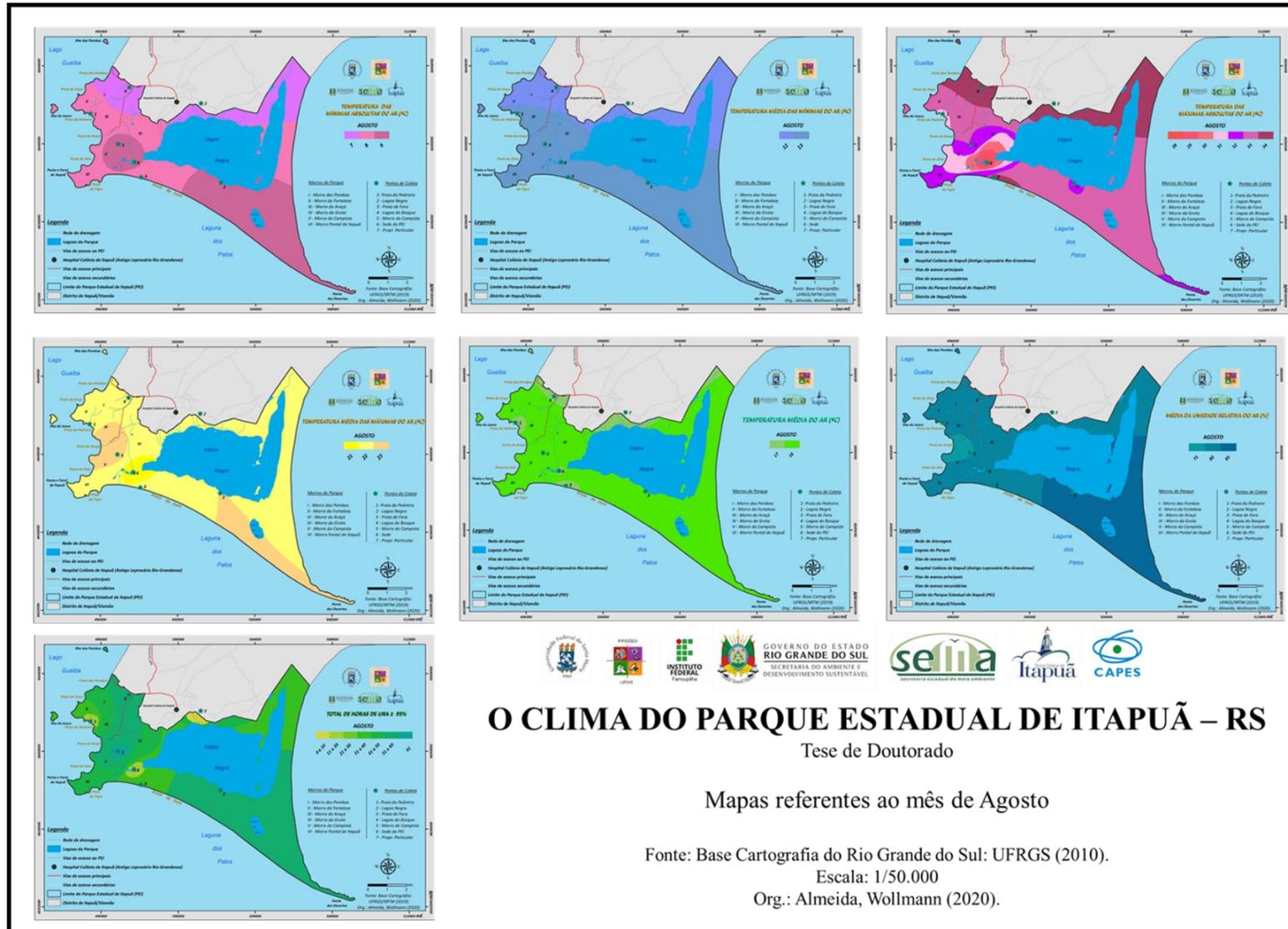
Isso ocorre, segundo Salton e Mielniczuk (1995), porque o coberto vegetal ocasiona um sombreamento, de tal forma, que reduz a incidência de radiação e absorção de energia para a evaporação, assim como forma um colchão de ar, que, por possuir menos condutibilidade térmica, retarda o aquecimento do solo. Portanto, embora o P4 tenha disponibilidade de umidade no solo devido à presença da floresta, a orientação oeste de sua vertente resulta numa menor insolação no ambiente, dificultando o processo evaporativo, sobretudo, em julho, mês em que os dias são menores e de baixas temperaturas.

Nesse ambiente, os controles locais intervenientes nas horas de umidade relativa do ar maior ou igual a 95% estão relacionados ao nível escalar macroclimático (duração do dia), Topoclimático (orientação de vertente) e microclimático (tipo de cobertura da terra), que de forma interligada influenciam nas horas de umidade nesse ambiente. Por sua vez, tanto o P6 como o P7 apresentam valores intermediários de horas, quando comparados aos demais ambientes, ao estarem enquadrados no intervalo de classe entre 41 e 50 horas de $UR \geq 95\%$ para o mês.

5.1.3 Variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar em agosto

Em agosto, o mapa das temperaturas mínimas absolutas (Figura 47) retrata três classes de temperaturas, estando o P6, P7 e os setores noroeste, norte e nordeste inseridos na classe de menor temperatura do mês (7,0 °C), enquanto os dois campos térmicos de 9,0 °C aparecem da seguinte forma: o de menor extensão territorial ocorre no entorno do P4, P5 e conjunto de lagunar e o de maior no P2 e setores sul e sudeste. Por sua vez, no P1, P3 e demais áreas e/ou setores da UC são registrados 8,0 °C de temperatura mínima, com amplitude térmica mensal em agosto de 2,0 °C e temperaturas mínimas na UC entre 7,0 °C e 9,0 °C.

Figura 47 - Mapa de temperatura, umidade relativa do ar e horas de umidade relativa maior ou igual a 95% em agosto



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Ao considerar o mapa de temperatura média das mínimas, são identificados dois valores térmicos no PEI, o menor valor (12,0 °C) é encontrado no P6, P7 e setores norte, nordeste e parte do noroeste e leste, já os demais ambientes e setores estão sob o domínio dos 13,0 °C, valores que resultam numa amplitude térmica mensal baixa, de apenas 1,0 °C, tendo em vista que, as temperaturas médias das mínimas ficam entre 12,0 °C e 13,0 °C.

O mapa das temperaturas máximas absolutas é bastante fragmentado, com sete classes térmicas, que forma um mosaico de áreas com diferentes temperaturas do ar. A maior temperatura máxima (34,0 °C) abrange os ambientes P3, P6 e P7 e ocorrem na parte norte, nordeste e extremo noroeste e sudoeste do PEI, enquanto o menor valor de temperatura máxima ocorre mais uma vez, no P4 e entorno, abrangendo ainda o conjunto lagunar onde são registrados 28,0 °C. No P1 e faixa costeira das Praias da Pedreira e Sítio, são mensurados 31,0 °C, no P2 e P5 são 32,0°C de temperatura do ar, sendo que, em agosto, maior parte do PEI está sob o domínio térmico dos 33,0 °C. Durante o mês, a amplitude térmica é de 6,0 °C com temperaturas máximas entre 28,0 °C e 34,0 °C.

No mapa de temperatura média das máximas, são identificadas três classes de temperaturas, que formam campos térmicos individualizados, retratando a variabilidade espacial da temperatura no PEI. O maior valor (23,0 °C) ocorre em duas porções territoriais, uma no P2 seguindo em direção sul/sudeste até a Ponta das Desertas e outro no P5, que se estende até o extremo oeste da UC. Por sua vez, o menor valor térmico (21,0 °C) é encontrado no P4 e parte do conjunto lagunar, enquanto o domínio dos 22,0 °C ocupa maior parte das terras do PEI, pois ocorre de forma total ou parcial em todos os setores, além de abranger os ambientes P1, P3, P6 e P7. A amplitude térmica para o mês é 2,0 °C com temperaturas médias máximas na UC entre 21,0 °C e 23,0 °C.

Em agosto, o mapa de temperatura média do ar do PEI retrata um espaço natural com dois diferentes valores de temperatura média, o menor valor (17,0 °C) aparece em pequenas células no entorno do P1, P3, P4, P6 e P7, atingindo, nesse último, uma porção de área pouco maior que nos demais, enquanto o restante da UC está sob o domínio térmico dos 18,0 °C, cujo valor também é encontrado no P2 e P5.

Sobre o mapa de UR média do ar para agosto, é importante destacar que a UC se apresenta ligeiramente menos úmida se comparada ao mês de julho, entretanto, tanto o P2 como o setor leste e sudeste do PEI continuam os mais úmidos com registro de 85% de UR, enquanto o P1, P3, P4, P6 e P7 registram 80% de umidade. Assim como ocorreu em julho, o P5 registrou, em agosto, o menor índice de UR ao apresentar 75% de vapor d'água presente no ar ambiente, mesmo valor aferido no mês que o antecede. Como são meses pertencentes à

mesma estação do ano (inverno), acredita-se que os principais controles de umidade no P5 sejam os mesmos apresentados na análise de julho, porém com maior predominância dos ventos de SE, NE e NO respectivamente.

Para o mês de agosto o mapa do total de horas de umidade relativa maior ou igual a 95% (Figura 47) mostra, mais uma vez, o P5 como ambiente de maior número de horas, pois registra 61h no total, cujas causas são as mesmas apresentadas na análise de junho onde a altitude, exposição de vertente, cobertura da terra, declividade do terreno e direção predominante dos ventos são apontados como os principais controles da umidade relativa maior ou igual a 95%. Deve-se destacar que, em agosto, os ventos são majoritariamente de sudeste, portanto, carregado de umidade, entretanto, devido ao P5 estar situado a sotavento da direção predominante deste vento, sua influência é parcialmente interceptada pelo morro do Campista, muito embora, se acredite que, apesar de sua ação menos intensa, contribui para o aumento da umidade local.

O P2, assim como ocorreu no mês anterior, é o segundo ambiente de maior número de horas de umidade relativa maior ou igual a 95%, pois está inserido na classe entre 51 e 60 horas ao mês, enquanto o P7 registra o menor número de horas com umidade relativa maior ou igual a 95%, portanto, o menor intervalo de classe (entre 0 e 10 horas mensais). A possível causa desse pequeno número de horas no P7 está no tipo de cobertura da terra encontrada no ambiente, que é formada por campos em regeneração, cujas características, segundo Dalmago (2004) e Dalmago et al. (2010), criam condições para uma maior retenção de água no terreno, que acaba influenciando nos processos de transferência de energia devido ao seu elevado calor específico, o que pode restringir trocas energéticas entre o solo e atmosfera e provocar acentuada redução de temperatura do ar próximo à superfície.

Como o processo de evaporação depende da disponibilidade de energia térmica, acredita-se que as baixas temperaturas mínimas absolutas registradas no P7, conforme verificada nos meses de junho, julho e agora em agosto, sejam as principais causas dos menores quantitativos horários de umidade relativa maior ou igual a 95% encontrada no ambiente.

Já o P1 e P4 estão enquadrados entre 11 e 20 horas de umidade relativa maior ou igual a 95%, ou seja, no segundo menor valor registrado no mês de agosto, cuja explicação para o P1 está relacionada ao sombreamento dos morros circundantes, em função da orientação sul e sudeste de suas vertentes, característica topográfica que interfere diretamente na quantidade de horas de insolação no ambiente, que em agosto, ainda conta com expressiva declinação do sol devido ao inverno no Hemisfério Austral. Desta forma, menos energia solar incide sobre o

P1, implicando em menores temperaturas do ar e, por sua vez, num menor processo de evaporação nesse ambiente.

Quanto ao P4, o principal controle no número de horas é a presença de áreas vegetadas, uma vez que, está localizado no meio de uma floresta de encosta de orientação oeste, motivo, pelo qual, a quantidade de raios de sol que conseguem ultrapassar por entre o dossel das árvores serão maiores, a partir do meio dia solar, período do dia que as encostas de orientação oeste no hemisfério sul recebem maior radiação solar.

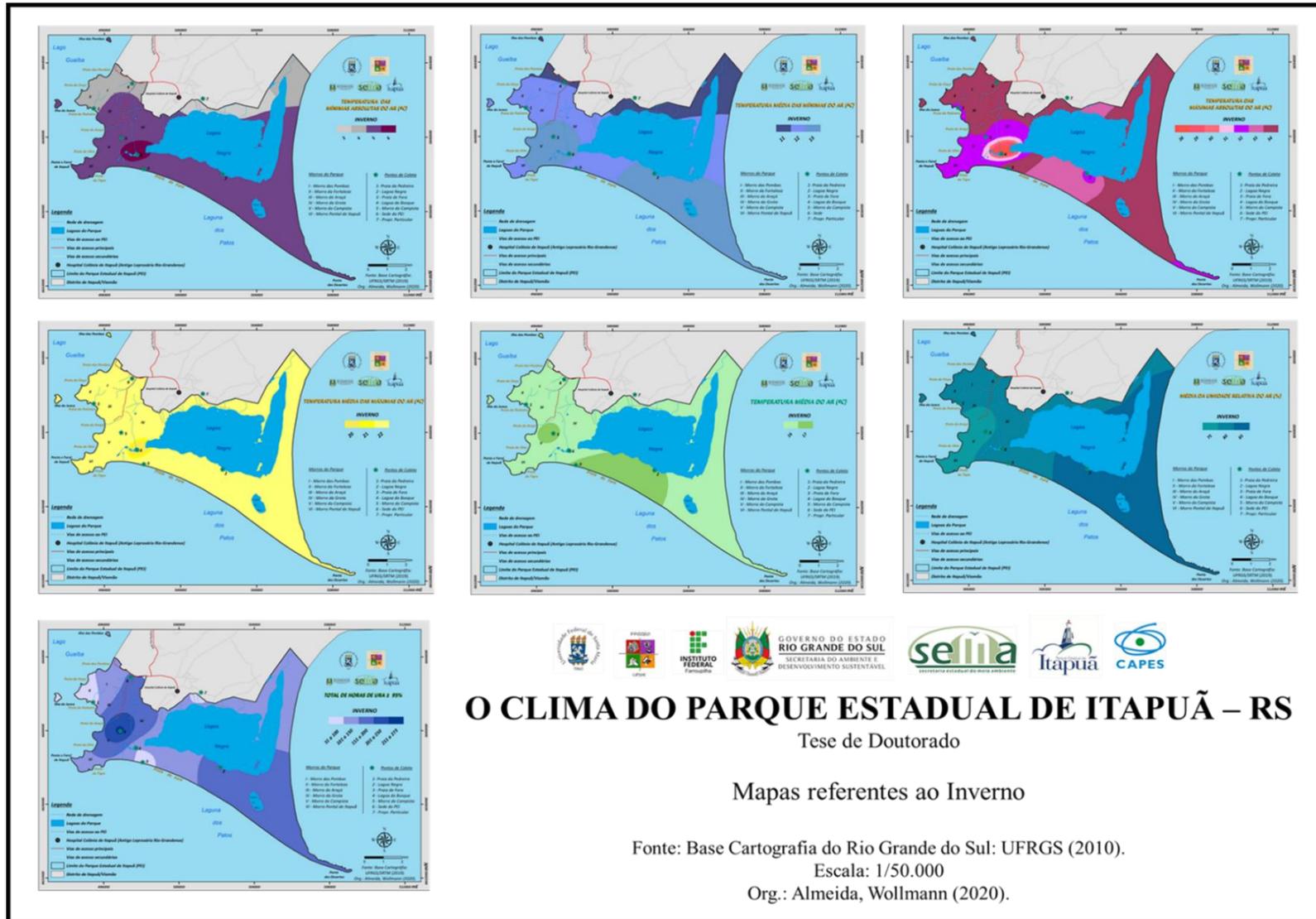
Essa característica do relevo próximo faz com que pela manhã menos energia térmica chegue ao ambiente retardando, assim, o processo de evaporação da umidade encontrada no solo, o que em tese, impacta diretamente no quantitativo de horas com umidade relativa maior ou igual a 95% nesse ambiente.

Observa-se que nos ambientes P1 e P4, os controles nas horas de umidade relativa próxima ao seu ponto de saturação são influenciados por fatores de macroescala (duração do dia) e diretamente relacionados aos fatores micro (cobertura da terra) e topoclimáticos (orientação de vertente). Por fim, o P3 encontra-se enquadrado entre 21 e 30 horas de umidade relativa maior ou igual a 95% e o P6, entre 41 e 50 horas, valores considerados intermediários em relação aos demais ambientes para o mês de agosto.

5.1.4 Variabilidade da temperatura e da umidade relativa do ar no inverno

No mapa sazonal de temperaturas mínimas para o inverno (Figura 48) são apresentados quatro valores, o menor ocorre no P7, setor norte e pequena parte do nordeste do PEI onde são registrados 3,0 °C. Outras duas áreas de 4,0 °C de temperatura ocorrem no P1, P6, noroeste e nordeste da UC, enquanto maior parte do PEI fica sob o domínio térmico dos 5,0 °C, valor que ocorre em praticamente toda linha de praia percorrendo os quadrantes leste, sudeste, sul, sudoeste, oeste e parte do noroeste, além dos ambientes P2, P3 e P5. A área de maior valor mínimo (6,0 °C) forma uma célula térmica em torno do P4, cuja extensão abrange praticamente todo conjunto lagunar. A amplitude entre a maior e menor temperatura mínima registrada na estação é 3,0 °C, com temperaturas mínimas entre 3,0 °C e 6,0 °C.

Figura 48 - Mapas de temperatura e umidade relativa do ar no inverno



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

No geral, o inverno apresenta um número menor de classes térmicas se comparado ao verão e outono, tornando o PEI, sob o ponto de vista térmico mais homogêneo durante essa época do ano. Acredita-se que esse cenário seja em função da maior atividade do Anticiclone Migratório Polar no inverno, centro de origem da Massa Polar Atlântica, uma massa de ar fria e úmida, responsável pelas baixas temperaturas na região sul do Brasil nessa época do ano (MONTEIRO, 1968).

Como a ação da Massa Polar Atlântica, segundo Sartori (2016), predomina em mais de 60% dos dias de inverno e permanece na região por até oito (8) dias consecutivos, acredita-se que a influência dos sistemas atmosféricos regionais sobre os elementos do clima sejam mais operantes, sobrepondo-se em algumas condições de tempo aos controles topo e microclimáticos, motivo pelo qual a UC aparece termicamente mais homogênea nessa época do ano. Além disso, deve-se salientar que o P7 e setor norte são os ambientes mais frios da UC, enquanto o P4 é o menos frio da estação hibernal.

Sobre as temperaturas médias das mínimas, o mapa traz três valores para a UC, o menor valor é registrado no P6, P7 e setores noroeste, norte e nordeste onde a temperatura é 11,0 °C, enquanto no P1, P3, setor leste e parte do sul, sudoeste, oeste e noroeste a temperatura atinge o valor médio de 12,0 °C. Ainda são observados dois campos de igual temperatura (13,0 °C), um no P2 e setores sul e sudeste e outro no oeste/sudoeste abrangendo também o P4, P5 e conjunto lagunar. A amplitude entre as temperaturas médias mínimas é 2,0 °C com variação de temperaturas na UC entre 11,0 °C e 13,0 °C na estação mais fria do ano.

Quanto à distribuição das temperaturas máximas no inverno, o mapa apresenta sete classes térmicas, sendo o maior valor (34,0 °C) encontrado em grande parte da UC, incluindo o P3, P6, P7 e todo quadrante leste, nordeste, sudeste, noroeste e parte do norte e sudoeste, enquanto o menor valor ocorre no P4 e entorno, cuja temperatura máxima é 28,0 °C. Já os ambientes P2, P5 e P1 estão sob o domínio dos 32,0 °C, com áreas de ocorrência em parte dos setores oeste e sudoeste. A amplitude térmica entre as temperaturas máximas no inverno é de 6,0 °C, com temperaturas oscilando entre 28,0 °C e 34,0 °C.

Durante o inverno, o espaço territorial do PEI, segundo o mapa de temperaturas médias das máximas, é mais homogêneo que nas demais estações do ano, uma vez que, praticamente toda sua área e ambientes estão sob o domínio dos 22,0 °C, exceto o P4, cuja temperatura registrada é 20,0 °C.

Situação similar ocorre no mapa de temperatura média onde é possível observar dois valores médios, cuja distribuição espacial no território do PEI é a seguinte: nos ambientes P1,

P4, P6, P7 e maioria dos setores, a temperatura média é 16,0 °C, enquanto uma área menor, mas de maior temperatura média (17,0 °C) ocorre no P2, P3, P5 e parte da faixa costeira da Praia de Fora.

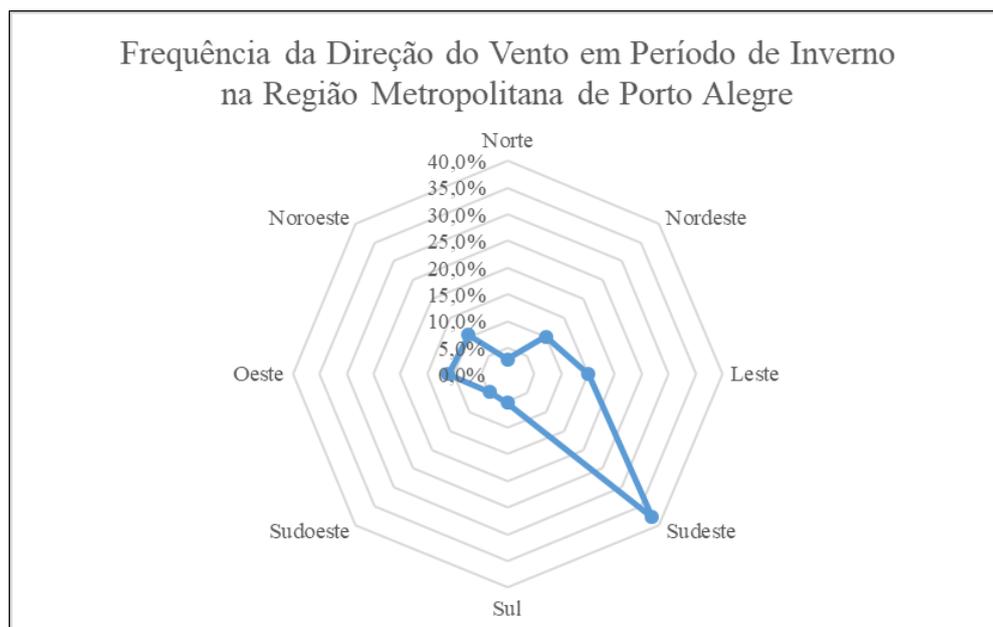
Ao analisar o mapa de UR média do inverno, verifica-se uma oscilação entre 75% e 85%, onde o P2 e praticamente toda metade leste da UC apresentam 85% de UR, o maior valor da estação, enquanto P1, P3, P4, P6 e P7 registram 80%. O menor valor é encontrado no P5, extremo oeste e sudoeste do PEI onde são aferidos 75% de UR média. Essa menor UR no P5 se deve a sua localização em topo de morro granítico e ao tipo de cobertura da terra (formado basicamente por campos rupestres e afloramentos rochosos), características que resultam em baixa permeabilidade do solo, sobretudo, nas áreas de afloramentos rochosos.

Nele a baixa permeabilidade do solo, aliada ao declive do terreno (fortemente ondulado a montanhoso), dificultam o acúmulo de águas pluviais que, no inverno, são em menor volume, pois atingem 275 mm, o segundo menor registro entre as estações do ano de acordo com Almeida, Wollmann e Hoppe (2019).

Além do pouco volume de chuvas, os ventos úmidos de SE e E que sopram em maior frequência nessa época do ano (Figura 49) não contribuem de forma efetiva para o aumento da UR do ar nesse ambiente, uma vez que o P5 se encontra localizado a sotavento e não a barlavento do morro do Campista. Esses fatores, juntamente a altitude, declive e tipo de cobertura da terra, favorecem a ocorrência de uma menor UR do ar nesse ambiente, especialmente se comparado às terras baixas localizadas na metade leste do PEI, onde os ambientes são mais suscetíveis à ação de ventos regionais.

Essas características locais encontradas no P5 são mencionadas por Geiger (1961) quando explica a influência do relevo na velocidade do vento, pois, segundo ele, as variações do relevo tornam muito diversas as condições de arejamento que dependem da direção do vento, onde cumes de montanhas estão sempre sujeitas a vendavais, mas também podem conter zonas mais abrigadas e menos suscetíveis.

Figura 49 - Gráfico de frequência da direção do vento no inverno



Fonte: Dados da Estação Meteorológica de Porto Alegre, obtidos em <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>
Org.: Os autores

Quanto ao mapa de horas com umidade relativa do ar maior ou igual a 95%, é possível verificar que, no inverno, o número de horas é elevado em todos os ambientes, muito embora, haja diferenças substanciais entre eles e que podem ser observadas pelos cinco níveis de intervalo de classes que dividem o espaço territorial do PEI. Acredita-se que o maior número de horas em todos os ambientes se deve às características da estação hibernal no hemisfério sul que, segundo Sartori (2003), é marcada pela intensificação do Anticiclone Polar Atlântico e maior atuação da Massa Polar Atlântica, principal causa das quedas acentuadas de temperaturas e elevação da pressão atmosférica do ar, após sua passagem pelo Estado.

Sabe-se que temperaturas baixas e pressão atmosférica elevada influenciam diretamente na quantidade de horas com UR próxima ao seu ponto de saturação, pois, nessas condições, as moléculas gasosas que compõem o ar na baixa atmosfera ficam mais próximas, umas das outras, tornando-se mais densas e com isso aumenta a pressão atmosférica do ar. Com aumento da pressão, a quantidade máxima de vapor d'água que o ar pode conter numa dada temperatura antes que se precipite é menor, portanto, a porção de ar poderá chegar ao seu ponto de saturação com mais facilidade, o que, a princípio, explica o maior número de horas de umidade relativa do ar maior ou igual a 95% ser encontrada no inverno e não no verão.

Outro fator que contribui para o aumento de horas com elevada UR no inverno são as direções predominantes dos ventos de sudeste e leste (Figura 49) que, ao adentrarem na UC, trazem consigo umidade oceânica, a qual é misturada e dispersada pelos movimentos horizontais do ar no ambiente, especialmente, em áreas de maior exposição aos ventos, assim como, pelas turbulências do ar, quando em contato com as áreas de maior rugosidade.

Além desses fatores de ordem macroescalar (época do ano) e mesoescalar (ação dos ventos), a grande diferença de horas encontradas em alguns ambientes também recebe influência direta dos fatores topo e microclimáticos, como ocorre no P5 e P2, ambientes de maior número de horas com umidade relativa maior ou igual a 95%. As 273 horas registradas no P5 não estão somente relacionadas às escalas superiores do clima, mas também pela altitude do terreno, ou seja, pelo fator topoclimático, que influencia no quantitativo de horas. Afirma-se isso a partir do que Pettersen (1968) chama de “Ventos Drenados” que ocorrem principalmente no inverno, devido ao aquecimento diferencial entre as partes altas e baixas de uma vertente (neste caso, do Morro do Campista), gerando fluxos anabáticos do ar, que durante o dia, sobem as encostas do morro e carregam consigo a umidade presente no ar ambiente das áreas mais baixas e cobertas por florestas.

Desta forma, os fluxos anabáticos de escala topoclimática, juntamente aos fatores microclimáticos (tipo de cobertura da terra), são os principais controles locais do maior número de horas com umidade relativa do ar maior ou igual a 95% no P5. Enquanto no P2, são registradas 179 horas de umidade maior ou igual a 95%, algumas características locais foram decisivas, dentre elas sua localização a sudeste do PEI, em área de topografia plana e periodicamente alagada pelas águas da Lagoa Negra.

As características do terreno favorecem a ação dos ventos úmidos de sudeste e leste, assim como, a incidência solar direta sobre o ambiente, tendo em vista que sua cobertura é formada por capões de restinga e áreas de solos arenosos e desnudos com grande disponibilidade hídrica no solo devido ao aumento do nível das águas da Lagoa Negra. Essas condições encontradas no terreno permitem que uma quantidade maior de energia chegue à superfície e que parte dela seja usada para evaporação, justificando, assim, o segundo maior número de horas com umidade relativa do ar maior ou igual a 95%.

Por sua vez, o menor quantitativo de horas registrado no inverno ocorreu no P1, onde foram aferidas 79 horas, seguido pelo P7 e P3, onde foram registradas 86 e 87 horas respectivamente. Quanto ao P1, o menor número de horas com umidade relativa maior ou igual a 95% está relacionado às baixas temperaturas do local.

Isso ocorre devido à orientação sul da vertente dos morros circundantes, que interceptam parte da quantidade diária de energia solar que chegar ao ambiente, sobretudo nessa época do ano, período de maior declinação do sol no Hemisfério Sul (VIANELLO; ALVES, 2012), com isso, uma quantidade menor de energia térmica estará disponível no ambiente, culminando numa menor temperatura do ar e conseqüentemente num menor processo evaporativo.

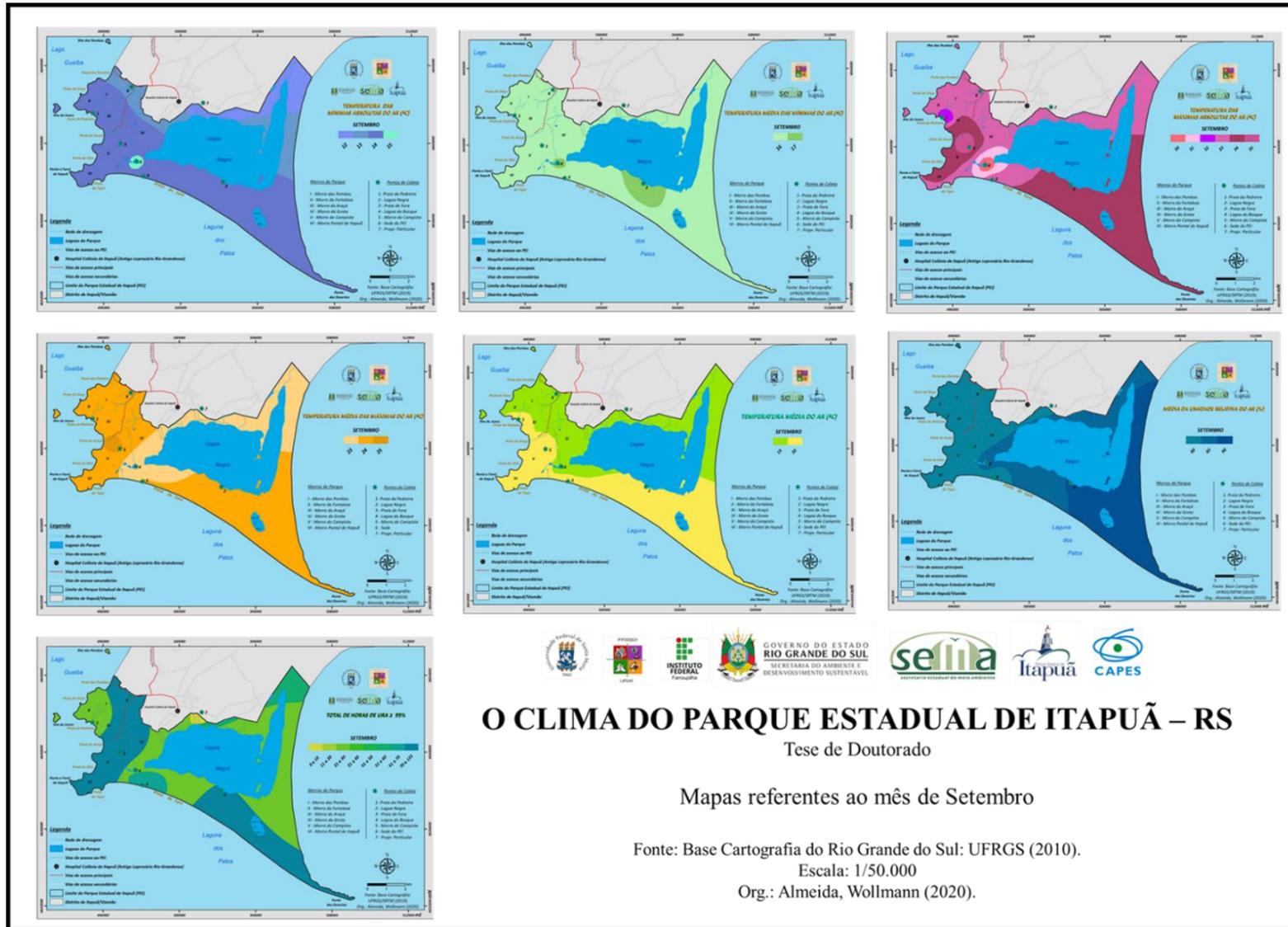
Portanto, as características fisiográficas do P1 são as principais causas das baixas horas de umidade relativa maior ou igual a 95% no ambiente, enquanto os demais pontos apresentam valores intermediários de UR.

5.1.5 Variabilidade da temperatura e da umidade relativa do ar em setembro

Em setembro, o mapa de temperatura mínima absoluta do ar da UC (Figura 50) apresenta quatro valores de temperatura, o menor é encontrado no P7 e setor norte e nordeste do PEI onde são registrados 12,0 °C. No extremo noroeste, onde está situado o P6, a temperatura mínima é 13,0 °C, enquanto um pequeno campo térmico em torno do P4 registra 15,0 °C. Durante o mês, maior parte da unidade registra 14,0 °C, valor encontrado nos ambientes P1, P2, P3, P5, quadrantes sul, sudeste, oeste e maior parte do sudoeste e nordeste. A amplitude térmica entre as mínimas mensais é 3,0 °C com valores mínimos na UC entre 12,0 °C e 15,0 °C.

Em relação ao mapa de temperaturas médias das mínimas, são observados duas classes de temperaturas, a de menor valor e extensão (16,0 °C) ocorre em todos os setores do PEI e nos ambientes P1, P3, P5, P6, P7, enquanto o maior valor médio mínimo (17,0 °C) ocorre em dois campos térmicos, um no P2 e entorno e outro, no P4. A amplitude térmica mensal entre as temperaturas médias das mínimas é 1,0 °C com valores na UC entre 16,0 °C e 17,0 °C.

Figura 50 - Mapa de temperatura e umidade relativa do ar em setembro



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

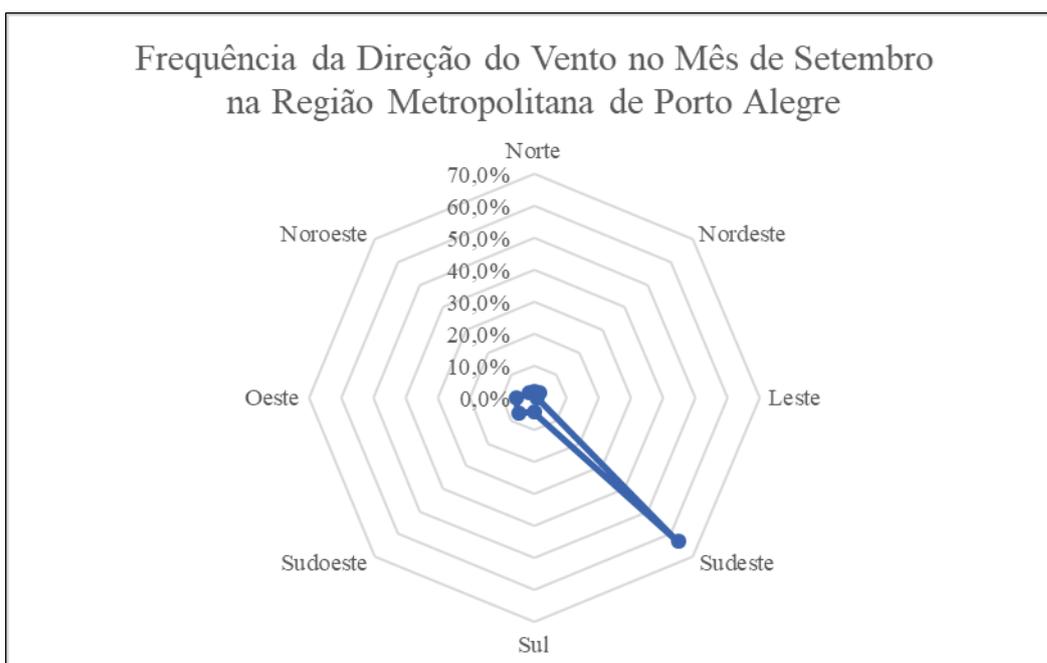
No primeiro mês da primavera, o mapa de temperaturas máximas absolutas retrata um espaço territorial composto por seis classes térmicas, com maior valor (35,0 °C) formando um campo térmico no entorno do P5, enquanto o menor ocorre no P4 onde são registrados 30,0 °C. Na maior parte do PEI, são aferidos 33,0 °C, valor que abrange o setor norte, noroeste, nordeste, parte do oeste, sudoeste e ambientes P3, P6 e P7, enquanto no P1 a temperatura máxima chega aos 32,0 °C. No P2, quadrantes leste, sul, sudeste, praias do Sítio, Araçá e áreas próximas são registrados 34,0 °C. A amplitude entre as temperaturas máximas registradas em setembro é 5,0 °C, com oscilação de temperaturas entre 30 °C e 35 °C.

Quanto à média das temperaturas máximas do mês, o mapa apresenta três classes térmicas no PEI, com maior valor (25,0°C) formando um pequeno campo térmico no entorno do P5. A de maior extensão territorial (24,0°C) abrange vários setores, dentre eles, o sul, sudeste e noroeste, além dos ambientes P1, P2, P3 e P7, enquanto outra de 23,0°C ocorre no setor norte, nordeste, P7 e P4 onde também abrange parte do oeste, sudoeste e conjunto Lagunar. A diferença entre a maior e menor temperatura média máxima do mês é 2,0 °C com temperaturas entre 23,0 °C e 25,0 °C.

Em setembro, o mapa de temperatura média do ar apresenta dois valores de temperaturas, o domínio dos 19,0 °C, que ocorre principalmente nos setores norte, nordeste, noroeste, leste e ambientes P4, P6 e P7 e o domínio dos 20,0 °C, que abrange os ambientes P1, P2, P3, P5 e setores mais ao sul da UC. Quanto à umidade relativa do ar, setembro apresenta valores elevados de umidade, com percentuais oscilando entre 80% e 90 % e, assim como nos meses anteriores, o P2, setores sudeste e leste apresentam a maior UR média (90%). O P4 é o segundo ambiente mais úmido (85% de umidade), enquanto os demais ambientes P1, P3, P5, P6 e P7 registram 80% de UR.

Ao considerar o mapa de UR média do ar (Figura 50) constata-se que setembro e junho são os meses mais úmidos da UC, com presença de 80% de UR nos ambientes de menor umidade, o maior valor registrado entre os meses do ano. E assim como verificado em junho, a maior UR do ar está relacionada aos controles locais de umidade e ao alto volume de chuvas do mês (237 mm), o segundo maior registro entre junho de 2017 e maio de 2018, conforme dados apresentados pela pesquisa de Almeida, Wollmann e Hoppe (2019). Além disso, os ventos úmidos de SE, os mais frequente em setembro (Figura 51), também corroboram para o aumento da umidade na UC.

Figura 51 - Gráfico de Frequência da Direção do Vento no Mês de Setembro



Fonte: Dados da Estação Meteorológica de Porto Alegre, obtidos em <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>
Org.: Os autores

Portanto, além dos controles de umidade relacionados à cobertura da terra, proximidade aos corpos d'água, topografia e ação dos ventos, o elevado índice de chuva ocorrido no mês foi decisivo para a maior umidade relativa em todos os ambientes da UC.

Sobre o mapa de horas de umidade relativa do ar maior ou igual a 95%, observa-se uma UC mais heterogênea, por apresentar oito intervalos de classes com UR próxima ao seu ponto de saturação. Ao comparar com o mês que o antecede possui em praticamente todos os ambientes, exceto no P7, um maior número de horas de elevada umidade, reflexo do aumento gradativo da duração dos dias com a chegada da primavera, portanto, de maior entrada de radiação solar no hemisfério sul e, principalmente, pela disponibilidade hídrica em superfície, tendo em vista que setembro é o segundo mês em maior volume de chuvas no PEI.

Constata-se também que os maiores números de horas com umidade relativa do ar maior ou igual a 95% estão no P5, P6 e P2, onde são registrados respectivamente 133, 90 e 76 horas. Como os ambientes P5 e P6 estão localizados em cotas altimétricas mais elevadas em relação aos demais se acredita que o maior número de horas nesses locais esteja relacionado à altitude, cobertura da terra e orientação de suas vertentes.

No caso do P5 situado a 162m de altitude com orientação de vertente leste/nordeste, a radiação solar direta consegue atingir o local, desde as primeiras horas da manhã, aquecendo

o terreno que é coberto basicamente por campos rupestres e afloramentos rochosos, o que gera campos diferenciados de pressão entre as encostas mais altas e as mais baixas. Segundo Varejão-Silva (2006), o ar pode se deslocar dos locais de menor altitude, onde a pressão é maior para os de maior altitude, ou seja, o vento pode deslizar sobre as encostas.

Portanto, o maior número de horas com elevada UR média no P5 se deve aos fluxos anabáticos do ar, que transferem durante o dia porções de ar carregadas de umidade, que deslizam sobre o declive ondulado e montanhoso do terreno em direção às suas partes mais altas.

Embora em escala menor, ocorre o mesmo no P6, ambiente livre de obstáculos, situado a 72 m de altitude e com vertentes voltadas para leste, norte/nordeste, orientações que favorecem o aquecimento do terreno, logo após o nascer do sol. Isso se dá pelo fato dos raios solares incidirem sobre uma cobertura da terra formada por campos em regeneração e áreas de solos desnudos devido à presença antrópica (representada pela sede do PEI e estacionamento de veículos).

Outro fato que justifica o maior número de horas com UR média do ar maior ou igual a 95% nas partes mais altas do PEI é que em setembro o volume de chuvas é elevado, o que aumenta a presença de umidade nas partes mais baixas e úmidas da UC, pois embora as condições dos terrenos em ambos não sejam favoráveis ao armazenamento de umidade, uma vez que no P5, em função da declividade ser entre 20% e 45%, o acúmulo de água em superfície é menor devido à força gravitacional, enquanto no P6, a pouca disponibilidade hídrica no solo se deve muito mais ao tipo de cobertura da terra, sobretudo pelos solos desnudos e com interferência antrópica do que pelo declive, cuja classificação é suavemente ondulado.

Por sua vez no P2, terceiro ambiente de maior número de horas, as causas estão relacionadas à sua localização, pois está situado entre a Lagoa Negra e a Planície Fluvio-Lagunar com Banhados, uma área de grande disponibilidade hídrica no solo, especialmente em alguns meses do ano, dentre eles, setembro, devido ao elevado volume de precipitações.

Com o aumento das precipitações o nível das águas da Lagoa Negra sobe, dando origem à áreas úmidas e de banhados situadas a poucos metros de distância do P2, conforme pode ser observado na Figura 52. Este fato contribui para maior disponibilidade de umidade na superfície desse ambiente e arredores.

Figura 52 - Áreas úmidas e de banhado nas imediações da Lagoa Negra



Fonte: Arquivos do autor.

Além disso, sua posição a sudeste do PEI confere a área maior exposição aos ventos oceânicos de sudeste (SE) e Leste (E), respectivamente, os mais frequentes na região metropolitana de Porto Alegre em setembro, tendo em vista que a ação dos ventos no P2 é intensificada pela topografia plana e sem obstáculos do local. É isso que permite que os ventos carregados de umidade adentrem nessa área com facilidade.

Desta forma, a presença de umidade no solo devido ao aumento no nível das águas da Lagoa Negra, os ventos úmidos de SE e E e, principalmente, a cobertura da terra pouco vegetada do P2 são as principais causas e controles do terceiro maior número de horas de umidade relativa do ar maior ou igual a 95% registradas na UC.

O P7 é o ambiente de menor número de horas com umidade relativa maior ou igual a 95%. Isso ocorre em função do alto grau de umidade encontrada em seu terreno plano e coberto por campos em regeneração, cujo maior volume de chuvas registradas no mês também contribui para sua presença no ambiente. Como o calor específico da água é maior que da superfície da terra, é necessária uma quantidade maior de energia para elevar sua temperatura e, conseqüentemente, haverá menos energia térmica disponível para a evaporação. Isso, em tese, foi decisivo para a ocorrência do menor número de horas com UR média maior ou igual a 95%.

Quanto ao P4, segundo ambiente com menor número de horas com UR maior ou igual a 95%, a orientação oeste de sua vertente e, principalmente, a interceptação de grande parte da energia solar incidente pela floresta culminam em menor quantidade de energia disponível

para a evaporação. Portanto, embora o P4 tenha disponibilidade de umidade no solo, a presença da floresta e orientação oeste de sua vertente inibem a ocorrência de uma evaporação mais efetiva, devido às temperaturas amenas encontradas no local.

Por fim, os ambientes P1 e P3 apresentam, para o mês de setembro, valores medianos de horas com UR maior ou igual a 95% estando o primeiro inserido no intervalo de classe entre 31 e 40 horas e, o segundo, entre 61 e 70h.

5.1.6 Variabilidade da temperatura e da umidade relativa do ar em outubro

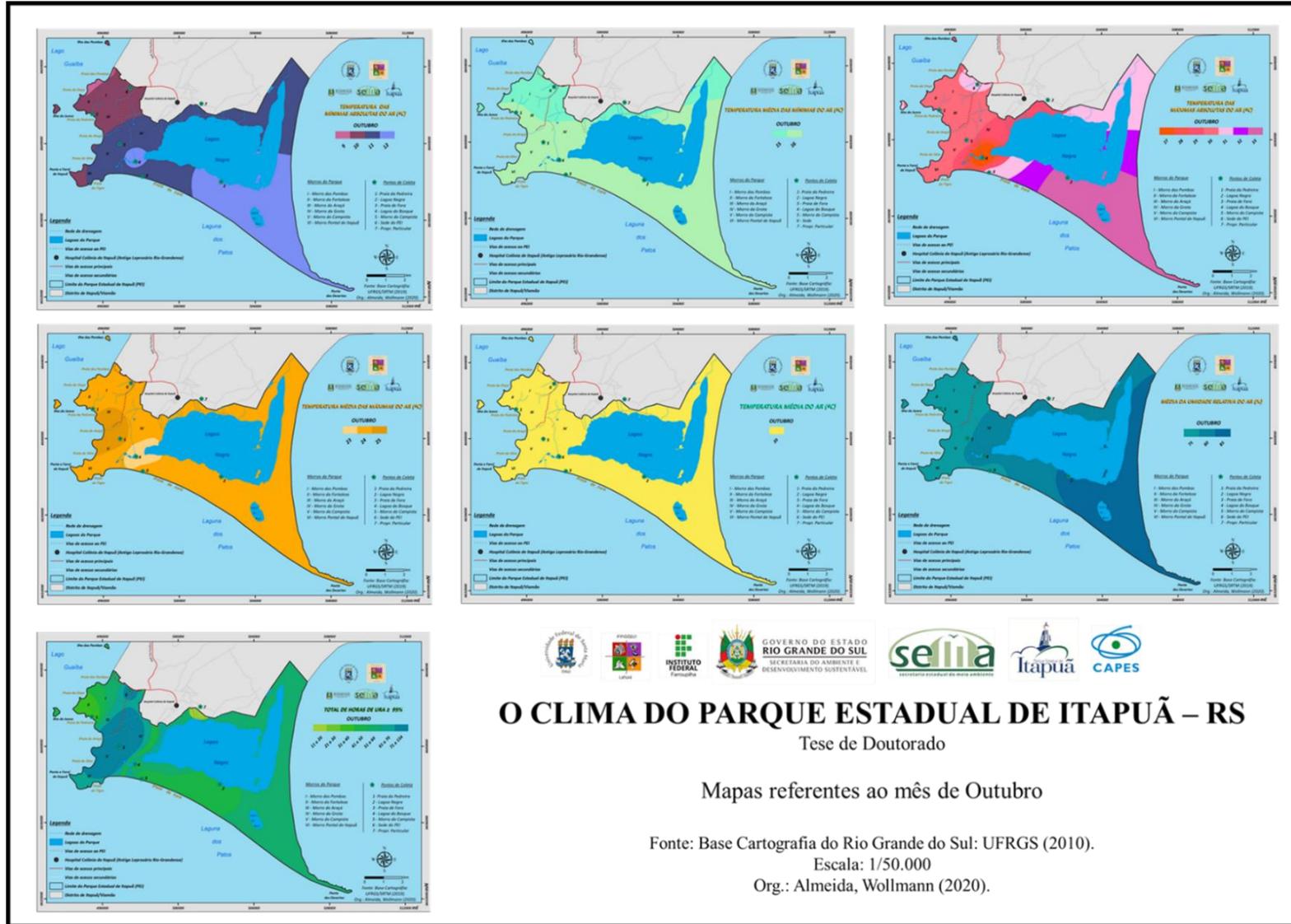
De acordo com o mapa de temperaturas mínimas absolutas de outubro (Figura 53), a distribuição espacial das temperaturas é formada por quatro diferentes valores. O menor deles é encontrado numa pequena faixa de terra localizada no extremo noroeste do PEI onde são registrados 9,0 °C, entretanto, maior parte desse setor, incluindo o P1 e P6, estão sob o domínio dos 10,0 °C.

Ao norte, nordeste e praticamente todo oeste e sudoeste, incluindo o P3, P5 e P7, são registrados 11,0 °C, enquanto a maior temperatura mínima (12,0 °C) ocorre no P2, P4, parte do conjunto lagunar e setores sul e sudeste do PEI. A diferença entre o maior e menor valor mínimo em outubro é 3,0 °C, com temperaturas mínimas na UC entre 9,0 °C e 12,0 °C.

No mês de outubro, o mapa de temperatura média das mínimas traz dois valores médios mínimos, o menor (15,0°C) ocorre nos setores noroeste, norte, nordeste, incluindo o P6, P7, enquanto os demais setores e ambientes estão sob o domínio dos 16,0 °C. Assim como registrado em outros meses, a amplitude térmica mensal entre os valores médios mínimos é pequena (1,0 °C), com temperaturas entre 15,0 °C e 16,0 °C no mês.

Ao considerar o mapa das temperaturas máximas, são verificadas sete classes térmicas, a de maior valor (33,0 °C) ocorre no P2, setor sudeste e parte do sul da UC. Por sua vez, o menor valor máximo ocorre no P4 e área adjacente onde são aferidos 27,0 °C, enquanto parte do extremo noroeste, sudoeste e norte, bem como no nordeste, P3 e P6 a temperatura máxima é 31,0 °C. No P7 e em porções de terras ao norte, oeste e sudoeste da Lagoa Negra são registrados 29,0 °C e, no P5, P1, parte do noroeste, oeste e sudoeste 30,0°C. Para o mês de outubro a amplitude entre os valores máximos registrados é 6,0 °C, com temperaturas na UC entre 27,0 °C e 33,0 °C.

Figura 53 - Mapa de temperaturas e umidade relativa do ar em outubro



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

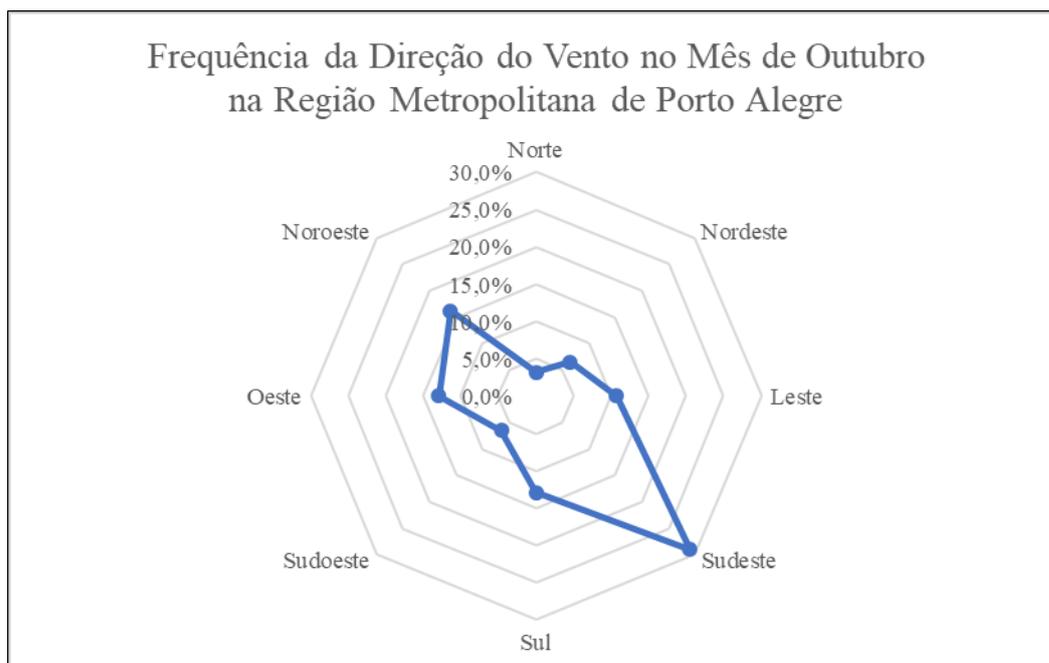
Assim como setembro, o mapa das temperaturas médias das máximas possui três valores de temperaturas, com grande parte da área do PEI, incluindo os ambientes P1, P2, P3, P6 e P7 sob o domínio dos 24,0 °C. Além desse grande domínio, outros dois campos de temperaturas médias máximas são encontrados, um deles, o de menor valor, ocorre no P4 onde são aferidos 23,0 °C, enquanto o outro ocorre no P5 e extremo oeste do PEI onde são registrados 25,0 °C, o maior valor médio máximo do mês. Em outubro, tanto a amplitude térmica, como a oscilação das temperaturas médias máximas são iguais as registradas em setembro, ou seja, 2,0 °C de amplitude e temperaturas entre 23,0 °C e 25,0 °C.

Quanto ao mapa de temperatura média, assim como em junho, é encontrado apenas um valor de temperatura média para todos ambientes e setores da UC, portanto, em termos de valores médios, o PEI está homogêneo durante esses meses do ano.

Ao analisar o mapa de UR média do ar de outubro (Figura 53), verifica-se uma variação entre 75% a 85% na UC, com maior porcentual registrado no P2, setor sudeste e leste do PEI, enquanto no P4 e P7 são aferidos 80% de umidade, valor relacionado ao tipo de cobertura da terra nesses ambientes, o primeiro devido à presença de mata fechada e o segundo, de campos em regeneração, portanto, ambos com presença de áreas vegetadas.

Nos ambientes P1, P3, P5 e P6 são 75% de UR, o menor porcentual ocorrido no mês, pois embora outubro tenha registrado um volume de chuvas maior que nos demais meses do ano (282 mm), a maior frequência dos ventos de direção SE, NO, W e S (Figura 54) favoreceu o dispersar de umidade em alguns ambientes, especialmente no P1, P5 e P6. A localização e disposição do terreno facilitam a entrada de ventos de NO e W, ventos quentes e de menor umidade, enquanto no P3 são os ventos frios do quadrante S os principais responsáveis pelo transporte e dispersão horizontal da umidade nesse ambiente.

Figura 54 - Gráfico de frequência da direção do vento no mês de outubro



Fonte: Dados da Estação Meteorológica de Porto Alegre, obtidos em <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>
Org.: Os autores

Assim como ocorre em setembro, o mapa de outubro também retrata uma UC bem heterogênea quanto ao número total de horas mensais com UR maior ou igual a 95%, a maior diferença é o aumento no número de horas na maioria dos ambientes (Anexo II). Isso acontece devido ao gradativo aquecimento do continente durante a estação da primavera, assim como, pela disponibilidade de água em superfície, uma vez que são registrados 282 mm de chuvas em outubro, o maior volume no PEI entre os meses analisados (ALMEIDA; WOLLMANN; HOPPE, 2019).

Além do fator macro (diminuição da declividade do sol com a chegada da primavera) e mesoescalar (ocorrência de chuvas), observa-se também, forte influência dos fatores topo e microclimáticos na variação dos números de horas com UR maior ou igual a 95% entre os ambientes, pois mais uma vez os ambientes situados em cotas altimétricas mais elevadas são os de maior quantitativo horário de umidade. Como as características entre os meses que compõem a primavera são semelhantes, acredita-se que os fatores responsáveis pelo maior número de horas de UR maior ou igual a 95%, em ambos os casos, também sejam os mesmos descritos e explicados na análise de setembro, não havendo, portanto, necessidade de aqui retomá-los novamente.

O P7, embora tenha apresentado um aumento no número de hora com UR maior ou igual a 95%, continua sendo em outubro o ambiente de menor número de horas, estando

inserido no intervalo de classe entre 11 e 20 horas, cujas causas são as mesmas mencionadas em setembro. A diferença entre o número total de horas entre os meses explicada pela maior radiação solar recebida ao longo do mês e maior disponibilidade de umidade no ambiente (282 mm de chuvas em outubro). Quanto aos demais ambientes, esses apresentam valores intermediários de UR maior ou igual a 95%, estando o P1 e P4 na classe das 31 e 40 horas e P2 e P3, nas de 41 e 50 horas.

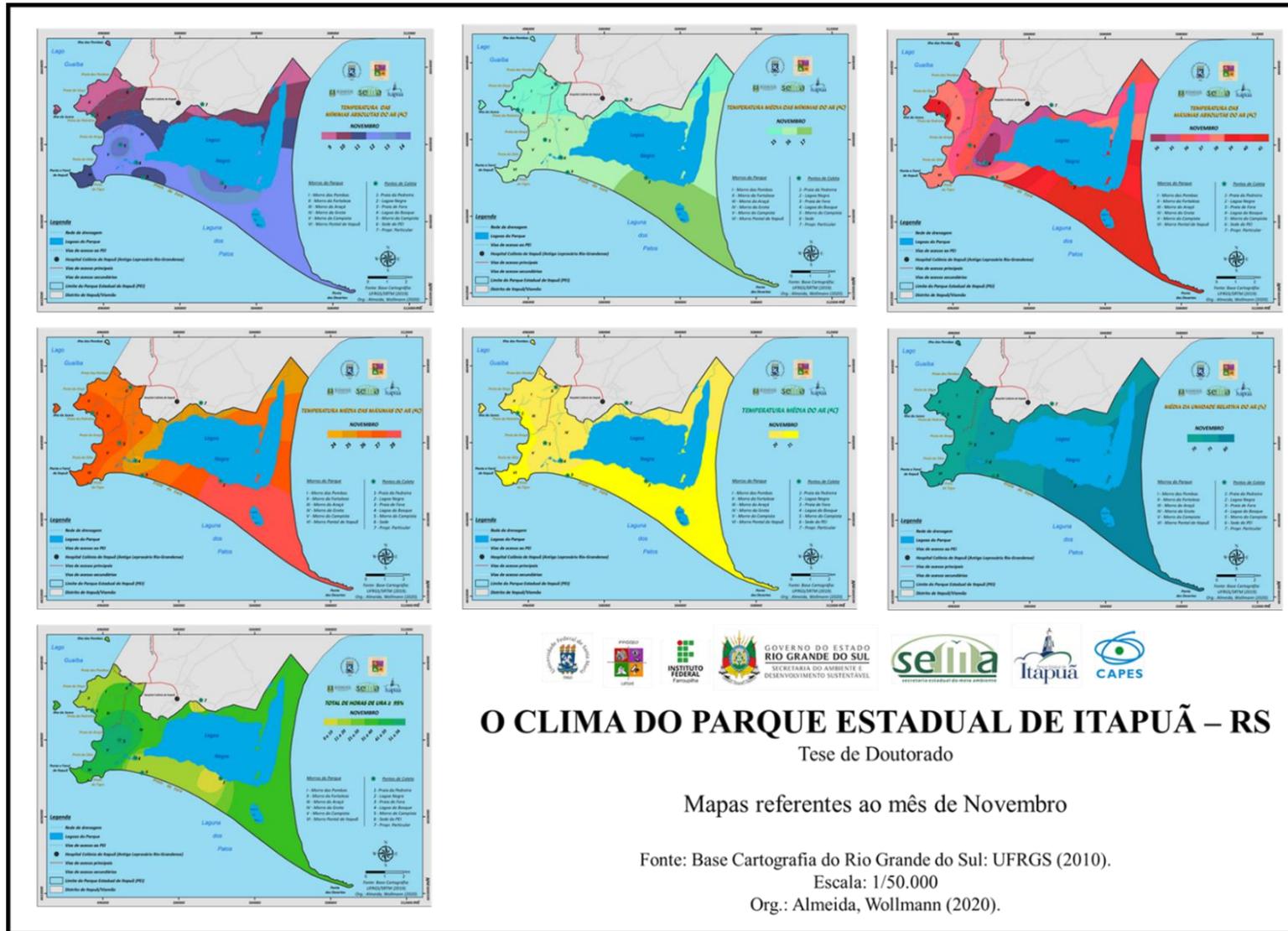
5.1.7 Variabilidade da temperatura e da umidade relativa do ar em novembro

Entre os meses do ano, novembro, segundo o mapa das temperaturas mínimas absolutas (Figura 55), é o mais heterogêneo, pois registra na UC seis diferentes temperaturas, cujo menor valor (9,0 °C) ocorre em áreas do extremo noroeste, norte e nordeste, abrangendo também o P7. No P1 e P6 são registrados 10,0 °C de temperatura mínima, enquanto maior parte do PEI incluindo o P4 e conjunto lagunar está sob o domínio dos 12,0 °C.

Dois campos térmicos de 14,0 °C são observados no entorno do P5 e P2, já no P3 a temperatura mínima é de 11,0 °C, sendo a amplitude térmica entre as mínimas do mês a maior entre os meses do ano (5,0 °C) com temperaturas na UC entre 9,0 °C e 14,0 °C.

Por sua vez, o mapa de temperaturas médias das mínimas é composto por três classes, com menor valor (15,0 °C) ocorrendo nos ambientes P1, P6, P7 e setores, noroeste, norte e extremo nordeste da UC. O domínio térmico dos 16 °C abrange maior parte das terras no PEI e ocorre nos ambientes P3, P4, P5, conjunto lagunar e setores oeste, sudoeste, leste e ainda em partes do sul e nordeste. Por fim, no sudeste e outra parte restante do sul, é registrado o maior valor de temperatura média mínima (17,0 °C), cuja área de abrangência vai do P2 até o Pontal das Desertas, sendo a diferença entre a maior e menor temperatura média mínima em novembro de 2,0 °C, com valores entre 15,0 °C e 17,0 °C.

Figura 55 - Mapa das temperaturas e umidade relativa do ar em novembro



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Assim como ocorre com as temperaturas mínimas, o mapa de temperaturas máximas absolutas retrata uma UC heterogênea no ponto de vista térmico, pois estão presentes oito classes de temperaturas, a maior delas ocorre no P2 e abrange terras dos setores sul e sudeste onde a temperatura é 41,0 °C, enquanto a menor é registrada no P4 e conjunto lagunar onde são registrados 34,0 °C.

No P7 são aferidos 35,0 °C e nos ambientes P5, P6 e extremo nordeste 36,0 °C. Por sua vez, o P3 e parte dos setores leste, noroeste e sudoeste registram 38,0 °C e no P1, setor leste e parte do sul, 39,0 °C. Considerando os valores máximos mensais, novembro possui a maior amplitude térmica entre os meses com 7,0 °C de diferença, com registros na UC entre 34,0 °C e 41,0 °C.

Quanto ao mapa de temperatura média das máximas são encontrados cinco valores de temperatura no PEI, com maior temperatura média máxima de 28,0 °C ocorrendo no P2 e sudeste da UC, enquanto o menor valor é registrado no P4 e entorno onde a temperatura atinge os 24,0 °C. No P7, setor norte e extremo nordeste, a temperatura é 25,0 °C e no P3 e P6, 26,0 °C. Por fim, nos ambientes P1 e P5 são aferidos 27,0 °C, sendo a amplitude térmica mensal de 4,0 °C, com temperaturas médias máximas entre 24,0 °C, e 28,0 °C. Deve-se ressaltar que, em novembro, o mapa de temperatura média do ar, assim como ocorre na maioria dos meses do ano, apresenta dois valores médios, sendo os setores norte, noroeste, nordeste e maior parte do oeste dominado pelos 20,0 °C, estando incluídos neles, os ambientes P4, P5, P6 e P7, enquanto os demais setores e ambientes estão sob o domínio dos 21,0 °C.

O último mês da primavera é, junto a fevereiro, o menos úmido da UC, pois, segundo o mapa de UR média fica entre 70 % e 80%, com ambientes atingindo os percentuais mais baixos de umidade para o período considerado.

O P2 está entre os de maior umidade (80%), enquanto P4 e P7 registram 75% e os demais (P1, P3, P5 e P6) registram a menor umidade do mês (70%). Em linhas gerais, o menor índice de umidade de novembro está relacionado à influência de controles locais e a ação de ventos regionais de Sudoeste (SO), os mais frequentes do mês, que apesar de sua duração efêmera, de algumas horas ou dias, contribuem para ocorrência de baixa umidade em todos os ambientes da UC devido à época do ano e por sua característica quente e pouco úmida em função de sua trajetória continental.

Ao relacionar o mapa de temperatura média de novembro com o mapa de UR média, verifica-se que as afirmações de Steink (2012), sobre a umidade relativa ser inversamente proporcional a temperatura, não são uma premissa que pode ser aplicada em todos os meses e

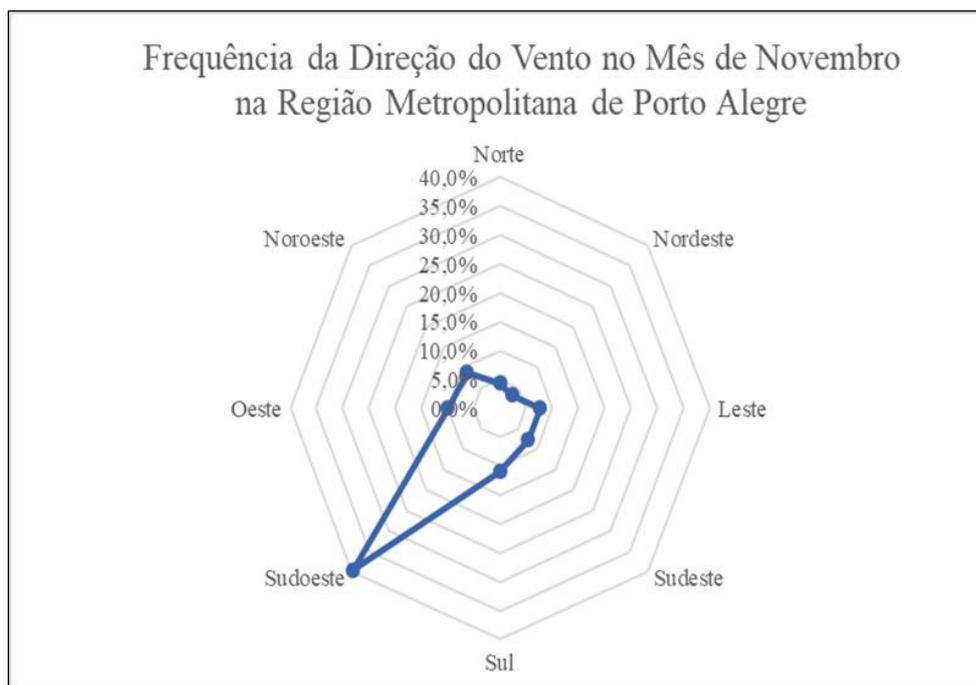
ambientes da UC, sendo que sua ocorrência é registrada apenas em alguns meses e ambientes. Entre os ambientes, o P3 (Praia de Fora) é onde a correlação inversa é mais frequente, pois registra em cinco meses do ano seu valor de temperatura média inversamente proporcional ao da UR média, enquanto P1, P4 e P5 registram cada um, quatro vezes essa correção. Nos demais ambientes a correlação acontece apenas uma vez, portanto, não é uma assertiva constante e verdadeira para todos os meses e ambientes da UC.

Considerando o mapa de horas de UR maior ou igual a 95%, observa-se uma redução no número total de horas em todos os ambientes, sobretudo se comparado aos demais meses da primavera. Isso acontece em função da interveniência conjunta de fatores de ordem escalar macroclimático (maior duração do dia), mesoclimático (direção predominante dos ventos) e, principalmente, pelos fatores/controles locais da altitude (fator topoclimático) e cobertura da terra (fator microclimático).

Essa assertiva é reforçada pelo fato de não haver carência d'água em superfície, uma vez que são registrados em novembro 161 mm de chuvas na UC, tampouco pela redução da quantidade de energia solar, tendo em vista a proximidade do solstício de verão no Hemisfério Sul, que resulta em maior duração dos dias em relação à noite e, conseqüentemente, em uma maior radiação solar incidente. Assim, se reforça a ideia de que os quantitativos de horas de UR maior ou igual a 95% são influenciados por fatores macro, meso, topo e microescalar, muito embora de atuações distintas, sua maior ou menor influência vai depender das características fisiográficas de cada ambiente.

Quanto à influência dos ventos na redução do número de horas mensais com UR maior ou igual a 95%, é preciso levar em consideração a direção predominante dos ventos que, em novembro, são de sudoeste, conforme mostra a Figura 56, um fator de duração efêmera, mas que interfere na umidade do ar em toda UC.

Figura 56 - Gráfico de frequência da direção do vento no mês de novembro



Fonte: Dados da Estação Meteorológica de Porto Alegre, obtidos em <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>
Org.: Os autores

Embora novembro não seja um mês pertencente ao verão, mas sim, a uma estação de transição, algumas características do verão também são observadas, como ocorrência de elevadas temperaturas máximas, conforme retratado no mapa das temperaturas máximas. Sobre os sistemas atmosféricos e os tipos de tempo da estação primaveril, Sartori (2016) destaca o aumento da participação da Massa Tropical Continental no Rio Grande do Sul, que mesmo sendo de pouca duração (1 dia), ocasiona quase sempre nos dias sob seu domínio elevadas temperaturas e as mais baixas pressões, com ressecamento significativo do ar atmosférico.

Portanto, as altas temperaturas máximas registradas em novembro, juntamente à ação dos ventos quentes e menos úmidos de sudoeste, são os principais responsáveis pelo menor número de horas com UR maior ou igual a 95% encontrada em todos os ambientes da UC.

Quanto às diferenças de UR maior ou igual a 95% entre os ambientes, tem-se a influência de fatores/controles locais tal como ocorre no P5, ambiente de maior número de horas com elevada umidade, que tem, na altitude, cobertura da terra e orientação de sua vertente a resposta para as 56 horas de UR maior ou igual a 95%. Como as implicações destes fatores no P5 já foram detalhadas em meses anteriores, é desnecessário retomá-los novamente, a fim de evitar explicações redundantes.

Os menores quantitativos horários (entre 0 e 10 horas) são registrados no P7 e P2, onde são aferidos 1 (uma) e 10 (dez) horas, respectivamente, cuja ação de fatores locais intervenientes no P7 estão relacionados a sua topografia plana, tipo de cobertura da terra e elevada disponibilidade de água na superfície do solo. Considerando que a cobertura da terra é basicamente por campos em regeneração, esse fator, juntamente à declividade plana do terreno, favorece o acúmulo de água em superfície.

Como o calor específico da água é maior, necessita absorver cinco vezes mais calor para aumentar sua temperatura em quantidade igual ao aumento ocorrido no solo (AYOADE, 2004). Isso faz com que a temperatura do ar no P7 seja geralmente mais baixa do que nos demais ambientes e, quanto menor for a temperatura, menos energia térmica no ar ambiente estará disponível para a evaporação, conseqüentemente, haverá um número menor de horas de UR maior ou igual a 95%.

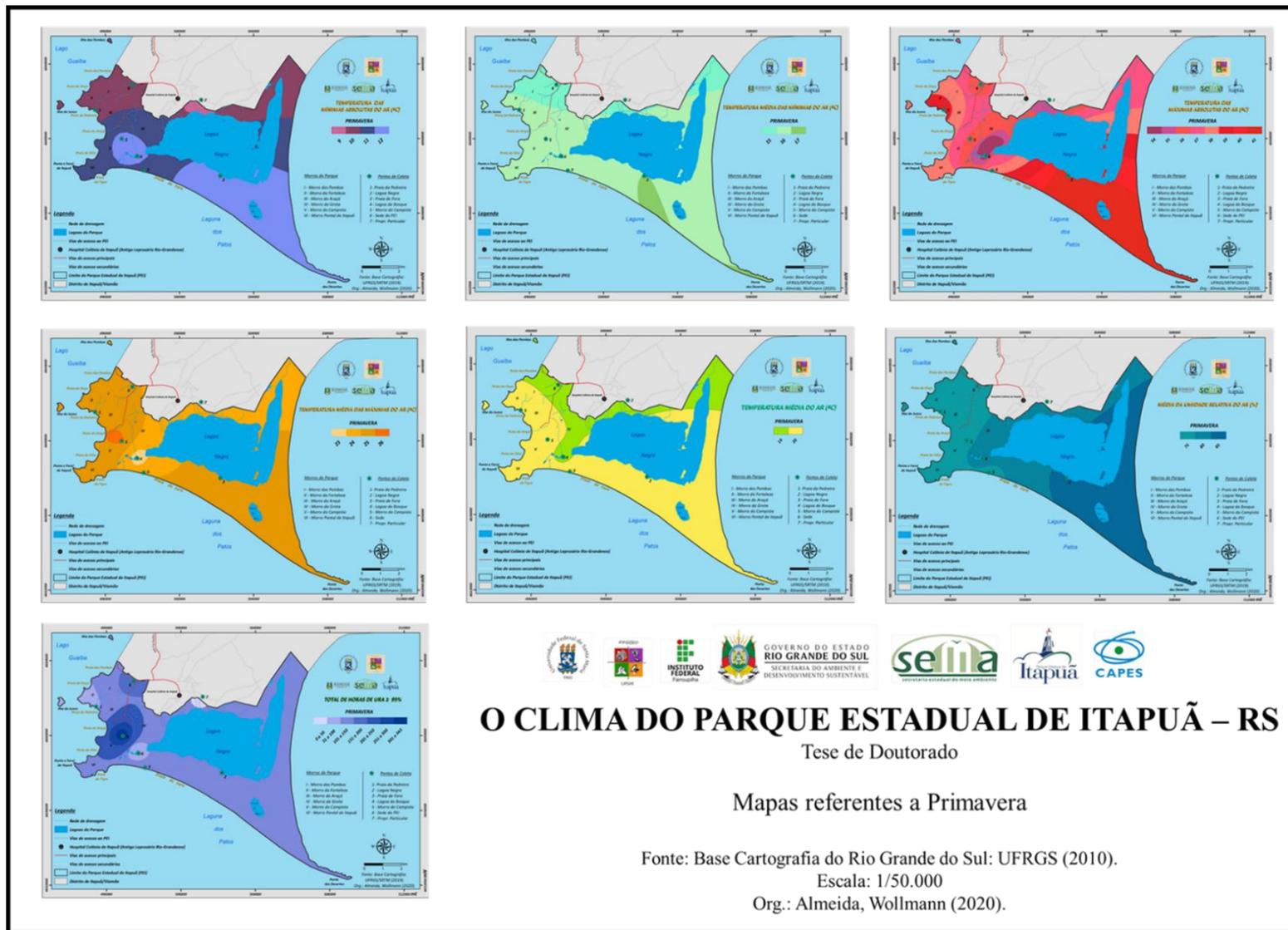
No P2, o menor número de horas com UR maior ou igual a 95% também ocorre em função da topografia plana, tipo de cobertura da terra e disponibilidade hídrica na superfície do solo, sendo, portanto, os mesmos fatores que atuam no P7. Entretanto, é importante salientar que embora estejam no mesmo intervalo de classe, há diferença no número de horas entre eles, sendo maior no P2 (9 horas a mais que no P7).

Essa diferença é explicada pelo fato da cobertura da terra no P2 não ser homogênea como no P7, uma vez que, há presença de pontos cobertos por terras desnudas, formada por solos arenosos que, apesar de úmidos, possuem calor específico menor que das áreas vegetadas. Sobre os demais ambientes, esses apresentam valores de horas mensais de UR maior ou igual a 95% que variam entre 11 e 50 horas, portanto, valores intermediários entre o máximo e mínimo registrado no mês.

5.1.8 Variabilidade da temperatura e da umidade relativa do ar na primavera

O mapa das temperaturas mínimas (Figura 57), assim como do inverno, é composto por quatro classes, cuja amplitude térmica entre elas é 3,0 °C. A porção de terras com menor valor (9,0°C) está localizada no P7 e parte do quadrante norte, enquanto setor noroeste, nordeste e demais partes do norte registram 10,0 °C, e é nesse domínio que estão localizados o P1e P6. Por sua vez, o P3, setor leste e maior parte do oeste e sudoeste aferem 11,0 °C.

Figura 57 - Mapa das temperaturas e umidade relativa do ar na primavera



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

O maior valor térmico mínimo da estação acontece no P4, P5 e conjunto lagunar onde são registrados 12,0 °C, valor que também ocorre no P2 e setor sudeste da UC. As temperaturas mínimas na primavera variam entre 9,0 °C e 12,0 °C.

Ao considerar o mapa de temperaturas médias das mínimas são identificadas três classes de temperaturas, e assim como no inverno, os ambientes P6, P7, setores noroeste, norte e nordeste são os que registram menor temperatura (15,0 °C). Nessa época do ano, maior parte do espaço territorial do PEI está sob o domínio térmico dos 16,0 °C, valor também encontrado no P1, P3, P4, P5 e conjunto lagunar e por fim uma pequena mancha térmica de 17,0 °C no P2 e entre o sul e sudeste da UC. A amplitude térmica entre as médias das mínimas ficam em 2,0 °C com temperaturas entre 15,0 °C e 17,0 °C.

Quanto ao mapa de temperaturas máximas, constatou-se que, entre as estações do ano, a primavera é que apresenta maior número de classes, portanto, a variação de temperatura máxima é a maior entre as estações. Essa heterogeneidade é observada pela fragmentação da UC em diferentes espaços de temperaturas, com maior valor registrado no P2 e em todo sudeste do PEI (41,0 °C). É possível observar ainda que nessa época do ano as maiores temperaturas máximas estão concentradas nos quadrantes leste, sul, sudeste e no entorno do P1 (Praia da Pedreira), onde são registrados 39,0 °C.

Assim como nas demais estações do ano, o menor valor entre as temperaturas máximas na primavera ocorre no P4 e área próxima, cuja temperatura é 34,0 °C, sendo, portanto, o ambiente menos quente da UC. Nos ambientes P5 e P6 a temperatura máxima é 36,0 °C, enquanto no P3 e faixas costeiras do sudoeste, oeste, noroeste e leste/nordeste são registrados 38,0 °C. A diferença entre a maior e menor temperatura máxima durante a estação é 7,0 °C, com temperaturas no PEI entre 34,0 °C e 41,0 °C.

O mapa de temperatura média das máximas retrata uma oscilação entre 23,0 °C e 26,0 °C, portanto, uma amplitude térmica de 3,0 °C, sendo o maior valor (26,0°C) registrado no P5, enquanto o menor ocorre no P4 onde a temperatura média máxima é 23,0 °C. Nessa época do ano, maior parte do PEI está sob o domínio dos 25,0 °C, domínio que inclui os ambientes P1, P2 e P6, enquanto no P3, P7, setores norte, nordeste e parte do oeste e sudoeste registram 24,0 °C.

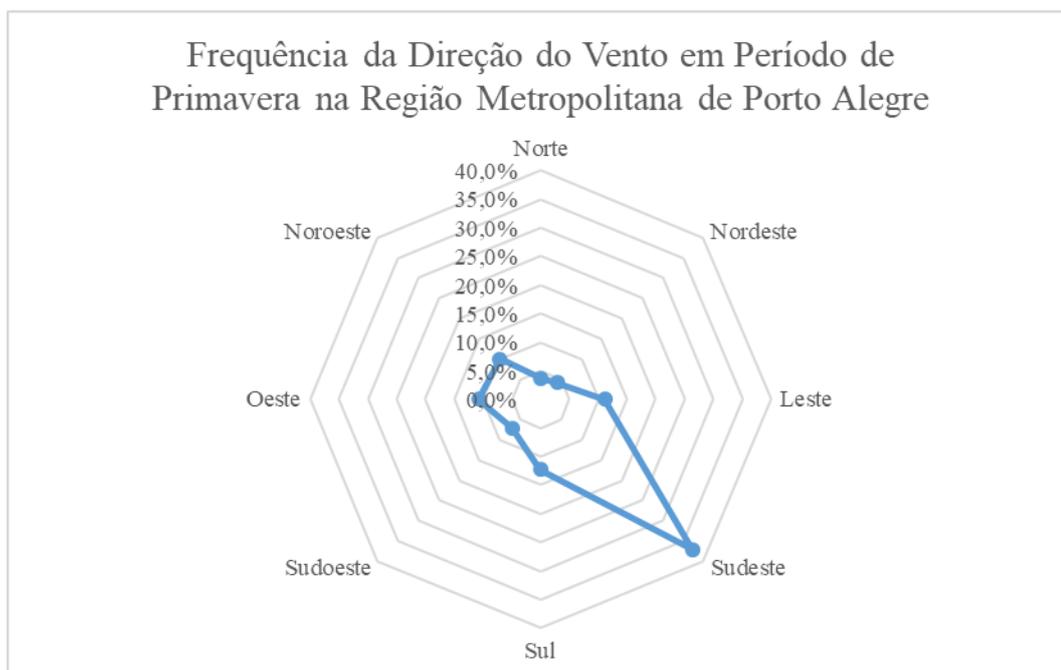
Da mesma forma que ocorre no verão e inverno, o mapa de temperatura média do ar da primavera também apresenta dois valores médios, com menor valor (19,0 °C) sendo registrado no P4, P6, P7 e setores norte, nordeste, noroeste e parte do oeste, enquanto uma maior área envolvendo os demais setores e ambientes registram 20,0 °C. Uma das principais

características da primavera é que os menores registros médios ocorrem em sua parte mais continental, especificamente ao norte do PEI.

Quanto ao mapa de UR média do ar, verifica-se que os índices de umidade são os mesmos encontrados no inverno, pois oscilam entre 75% e 85%. No P2 são aferidos 85% de UR, sendo, portanto, o ambiente mais úmido da UC nessa época do ano, enquanto P4 e P7 registram 80% de UR. O principal controle nos dois últimos ambientes está relacionado à presença de áreas vegetadas, no primeiro, por mata fechada, no segundo, por campos em regeneração.

Por fim, nos demais ambientes (P1, P3, P5 e P6) ocorre o menor índice de UR média da estação (75%), valor em geral, atribuído ao aumento gradativo do período de insolação no Hemisfério Sul (fator macroescalar), cuja resposta diferenciada do terreno ocorre em função do tipo de cobertura da terra encontrada em cada um (fator microescalar). Acredita-se que a UR média do ar não é menor na primavera devido ao grande volume de chuvas que caem na estação, assim como pela ação dos ventos úmidos de SE, os mais frequentes na primavera, conforme a Figura 58.

Figura 58 - Gráfico de frequência da direção do vento em período de primavera



Fonte: Dados da Estação Meteorológica de Porto Alegre, obtidos em <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>
Org.: Os autores

Por sua vez, o mapa de horas com UR maior ou igual a 95% traz sete intervalos de classes, cujas maiores diferenças são identificadas, a partir da metade oeste do PEI, tendo em vista que a metade leste é mais homogênea. Além disso, alguns ambientes registram nessa estação os maiores quantitativos horários de UR maior ou igual a 95% para todo período em estudo.

Em geral, acredita-se que esse maior número de horas esteja relacionado a dois fatores, primeiro, ao alto volume de chuvas, o maior entre as estações do ano no PEI, segundo, pelo gradativo aumento da temperatura nessa época do ano, ou seja, disponibilidade de água em superfície e temperaturas em elevação, dois elementos indispensáveis para evaporação. Além disso, os ventos úmidos de sudeste, os mais frequentes da primavera, corroboram para o aumento das horas de UR, sobretudo, em áreas de maior exposição como o P5 e P6. Esses são ambientes de maior número de horas com UR maior ou igual a 95% da estação, pois registram 343 horas e 187 horas, respectivamente.

Cabe lembrar que ambos estão situados em áreas elevadas da UC, cujos principais motivos pelas maiores horas no P5 já foram abordados na análise de inverno, que também se aplicam ao P6, porém, em menor magnitude, tendo em vista que encontra em altitude inferior e com diferente cobertura da terra.

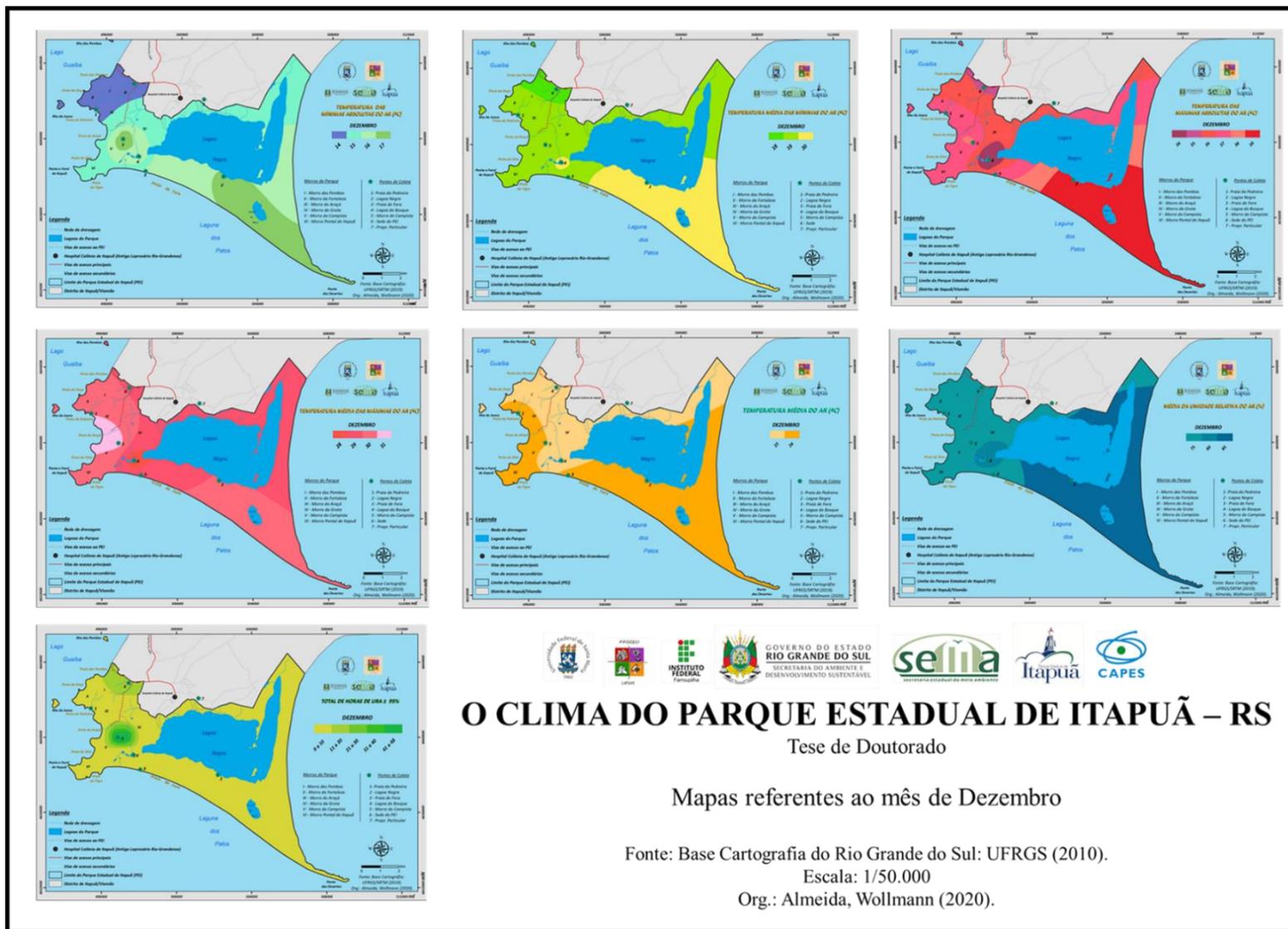
Por outro lado, o P7 é o ambiente de menor número de horas com UR maior ou igual a 95% e têm na cobertura da terra e no solo encharcado os principais motivos, pois, apesar das temperaturas estarem em elevação na primavera, a grande presença de água no solo impede que a temperatura ambiente suba rapidamente, em função do alto calor específico da água, ou seja, precisa de mais energia para evaporação e aumento da temperatura.

Na sequência aparecem o P1 e P4, ambos enquadrados na segunda menor classe de horas (51-100h), cuja causa está na menor incidência solar direta em ambos ambientes, tendo em vista que, no P1, há interferência dos morros adjacentes e no P4 a interceptação do dossel florestal, que culmina num processo evaporativo menor e num menor quantitativo de horas com UR maior ou igual a 95%, apesar de haver disponibilidade de umidade no terreno.

5.1.9 Variabilidade da temperatura e da umidade relativa do ar em dezembro

O mapa de temperatura mínima absoluta de dezembro (Figura 59) expressa uma variabilidade térmica no PEI composta por quatro diferentes valores, o menor deles ocorre nos ambientes P1, P6 e na porção noroeste da UC onde são aferidos 14,0 °C.

Figura 59 - Mapa de temperatura e umidade relativa do ar em dezembro



O CLIMA DO PARQUE ESTADUAL DE ITAPUÃ – RS

Tese de Doutorado

Mapas referentes ao mês de Dezembro

Fonte: Base Cartografia do Rio Grande do Sul: UFRGS (2010).

Escala: 1/50.000

Org.: Almeida, Wollmann (2020).

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

No P7 e todo quadrante norte, nordeste, parte do oeste e sudoeste são registrados 15,0 °C, enquanto P3, P4 e conjunto lagunar registram 16,0 °C. O maior valor mínimo (17,0 °C) ocorre no P2, P5 e parte do sudeste e oeste com temperaturas mínimas absolutas na UC entre 14,0 °C e 17,0 °C e amplitude térmica mensal de 3,0 °C.

Ao analisar o mapa de temperatura média das mínimas, verificam-se três classes de temperaturas, cuja área de menor registro ocorre no P6 e extremo noroeste do PEI onde são aferidos 18,0 °C, outros dois valores dominam o restante da UC. Um deles é 19,0 °C de ocorrência no P1, P3, P5, P7 e setores norte, nordeste, oeste e maior parte do noroeste e sudoeste, o outro é 20,0 °C de ocorrência nas porções sul, sudeste e ambientes P2 e P4. Em dezembro, a amplitude entre os valores médios mínimos é 2,0 °C com temperaturas na UC entre 18,0 °C e 20,0 °C.

Quanto ao mapa de temperaturas máximas, são seis classes que formam um mosaico térmico no espaço territorial do PEI, sendo o maior valor (39,0 °C) de ocorrência no P2 e setor sudeste. Um pequeno campo térmico de 38,0 °C é verificado no quadrante leste, parte do sul e P5, enquanto P1 e P3 registram 37,0 °C, valor que também é encontrado em grande parte dos setores oeste, sudoeste e nordeste.

No P7, a temperatura máxima chega aos 36,0 °C e abrange maior parte dos setores noroeste, norte e extremo nordeste, no P6 e extremo noroeste são 35,0 °C, enquanto P4 e entorno registram o menor valor de temperatura máxima absoluta do mês (34,0 °C). A amplitude térmica mensal é de 5,0 °C, com valores na UC entre 34,0 °C e 39,0 °C.

Ao considerar o mapa de temperatura média das máximas verifica-se a existência de quatro valores, o maior deles (31,0 °C) ocorre no P5 e extremo oeste, enquanto P2, P1 e parte dos setores sudeste, sul, sudoeste, oeste e noroeste, o valor é de 30,0 °C. No P3, P6, P7, setores norte, nordeste, leste e praticamente todo perímetro da Lagoa Negra registram 29,0 °C, com menor valor de temperatura média máxima encontrada no P4 (28,0 °C). A diferença entre o maior e menor valor de temperatura média máxima é 3,0 °C, com valores térmicos na UC entre 28,0 °C e 31,0 °C.

Ao observar o mapa de temperatura média do ar de dezembro, verifica-se uma pequena variabilidade espacial das temperaturas na UC, pois são registradas apenas duas classes. A de maior valor (23,0 °C) é encontrada nos ambientes P4, P6, P7 e setores noroeste, norte, nordeste e porções de terras ao oeste e o domínio dos 24,0 °C abrange os demais ambientes e setores.

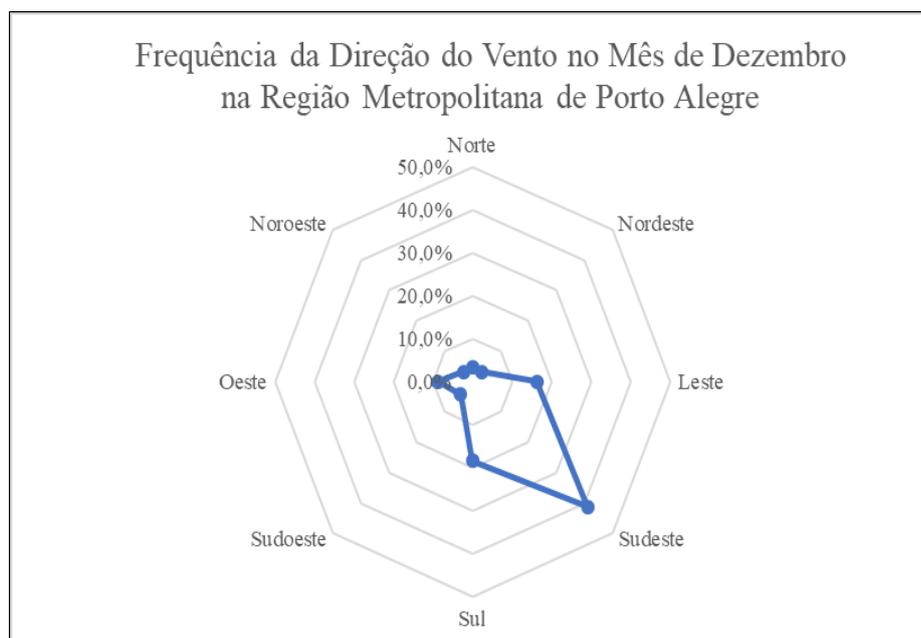
Sobre a UR média do ar, o mapa de dezembro mostra todos os ambientes com valores dentro dos parâmetros regionais para o Rio Grande do Sul que, segundo Sartori (2003), varia

entre 70% e 85% ao ano. Observa-se que os ambientes localizados, a partir da metade oeste do PEI, com exceção do P4, apresentam o mesmo valor de UR média (75%), o menor percentual do mês, enquanto o P2, situado na metade leste da UC, registra o maior valor do mês (85%). A distribuição desigual da umidade entre os ambientes está direta/indiretamente relacionada a fatores locais de localização geográfica, tipo de cobertura da terra, ação predominante dos ventos e disponibilidade de umidade no terreno.

A relação com a localização geográfica e umidade no terreno é observada no P2, ambiente situado entre a Lagoa Negra e Planície Fluvio-Lagunar com banhados, área de grande disponibilidade hídrica no solo, devido, sobretudo, ao aumento do nível das águas da Lagoa Negra em algumas épocas do ano, cuja elevação forma banhados e lagoas intermitentes, muitos deles, situados a poucos metros de distância do P2. Isso contribui para o aumento da umidade relativa do ar nesse ambiente.

Além disso, deve-se considerar que o P2 é o ambiente mais próximo do Oceano Atlântico (em torno de 65 km de distância), cuja localização a sudeste do PEI lhe confere maior exposição aos ventos de sudeste (SE), Sul (S) e Leste (E), respectivamente, os mais frequentes na região metropolitana de Porto Alegre, conforme a Figura 60.

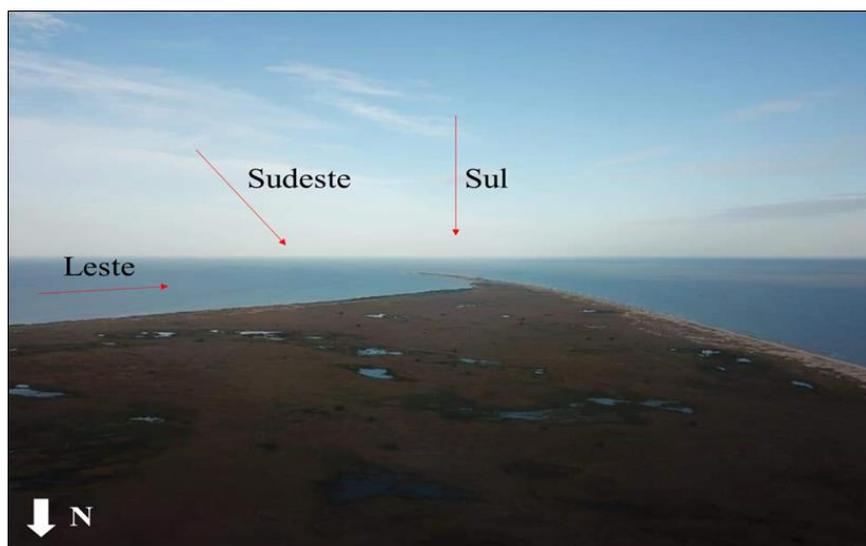
Figura 60 - Gráfico de frequência da direção do vento no mês de dezembro



Fonte: Dados da Estação Meteorológica de Porto Alegre, obtidos em <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>
Org.: Os autores

A ação dos ventos no P2 é intensificada por sua topografia plana e ausência de obstáculos, características fisiográficas, que permitem aos ventos maior facilidade para adentrar no espaço territorial do PEI, trazendo consigo umidade oceânica, conforme Figura 61.

Figura 61 - Vista área parcial do setor SE do PEI, ao fundo Ponta das Desertas e ventos predominantes em dezembro



Fonte: Acervo fotográfico do Parque Estadual de Itapuã/março de 2020.

Portanto, a presença de umidade no solo devido ao aumento do nível das águas da Lagoa Negra em determinadas épocas do ano e os ventos úmidos de SE, S e E são os principais fatores/controles climáticos locais responsáveis pela maior UR média do ar encontrada no P2 durante o mês de dezembro. Enquanto os 80% de umidade encontrada no P4 tem no tipo de cobertura da terra o principal controle da umidade, sendo que é coberto de vegetação arbórea, cuja estrutura e desenvolvimento do dossel interceptam maior parte da radiação solar incidente, o que contribui para uma menor evaporação da água do solo e, conseqüentemente, para sua manutenção no ambiente.

Além disso, o tipo de vegetação presente no P4 funciona como obstáculo à circulação do ar e ação dos ventos regionais, minimizando as trocas de calor e umidade entre os ambientes auxiliando na manutenção da energia e umidade local. Da mesma forma corroboram a evapotranspiração dos vegetais e proximidade do conjunto lagunar para o elevado índice de umidade no P4, que embora não seja o ambiente de maior UR, apresentou valor considerado.

Nos demais ambientes, a UR média é 75%, o menor porcentual de dezembro, cujas causas estão relacionadas ao nível escalar microclimático, sobretudo, quanto aos tipos de cobertura da terra encontrada em cada local. No P3, localizado a sudoeste do PEI, a cobertura da terra formada por solo arenoso com dunas e pouca vegetação lhe confere contrastes térmicos que influenciam diretamente sobre a UR.

Além disso, têm-se os ventos de SE e E, que ao avançar em direção ao P3, perpassa por terrenos arenosos e pouco vegetados, cujo contato/atrato faz perder boa parte de sua umidade oceânica. Sobre a umidade do P3, deve-se mencionar ainda que a proximidade do ambiente em relação à Laguna dos Patos certamente contribui para sua taxa de umidade relativa do ar ao longo do ano, todavia, sua contribuição não se mostrou um controle climático determinante quando analisado em escala microclimática.

Assim como o P3, os ambientes P1, P5, P6 e P7 registram 75% de UR, sendo a causa no P1 relacionada à barreira orográfica imposta pela presença dos morros das Pombas, Fortaleza e Araçá que dificulta a entrada de umidade trazida pelos ventos de SE e E. Por outro lado, a água que desce desses morros encontra no tipo de cobertura da terra (formada por gramíneas, herbáceas e arbustivas) e na baixa declividade do terreno condições favoráveis para sua permanência no ambiente.

Por isso, embora não figure entre os ambientes de maior UR da UC, seus 75% de umidade deve-se a disponibilidade hídrica fornecida pelos morros circundantes, topografia e tipo de cobertura da terra e, em menor grau por sua proximidade em relação ao Lago Guaíba.

Enquanto no P5, ambiente situado a 162m de altitude, os principais controles da umidade são a cobertura da terra (formada basicamente por afloramentos rochosos e vegetação rupestre), declividade do terreno e ação dos ventos. A orientação leste/nordeste de sua vertente também favorece, pois garante incidência solar direta no terreno desde o amanhecer, contribuindo para uma maior evaporação e para os 75% de UR média.

O valor aferido no P5 vai ao encontro dos resultados mencionados por Galvani et. al. (2008) que ao analisarem um perfil topoclimático no Parque Estadual de Intervalos entre as cotas altimétricas de 150 a 950 m concluíram que o controle da UR do ar teve maior relação com o uso do solo, cobertura vegetal e estrutura do dossel da vegetação do que com a escala topoclimática (altitude), não encontrando relação direta entre altitude e a variação da UR do ar.

No caso do P5, embora a altitude contribua para incidência solar direta no terreno, não se configura no único e principal controle climático da umidade nesse ambiente. Por sua vez, o P6, cuja UR também é 75%, possui como controle climático da umidade às particularidades

encontradas no ambiente, que está situado a 72m de altitude, num terreno com orientação de vertente leste e norte/nordeste e cobertura da terra composta por campos em regeneração e pontos de solos desnudos. Deve-se acrescentar ainda, que o P6, possui próximo ao local de coleta dos dados uma área construída, usada como sede do PEI, assim como um estacionamento de veículos onde a cobertura do solo é por brita cascalho.

Sobre esse aspecto do terreno, Falção et al. (2010) menciona que, em locais de solo exposto e seco, as temperaturas tendem ser mais elevadas e a umidade relativa menor, sobretudo, quando comparados a ambientes de cobertura vegetal mais preservada e, conseqüentemente, mais úmido, para uma mesma quantidade de energia disponível. Além do solo exposto a grande incidência solar direta no P6, desde as primeiras horas da manhã contribui para elevar sua temperatura e diminuir sua UR local, portanto, no P6, a cobertura da terra, orientação do relevo e radiação solar direta são os principais controles da UR média no ambiente.

Quanto ao P7, os 75% de UR está relacionado à cobertura da terra, que nessa época do ano (dezembro), está modificada, com presença de solos desnudos, em função do seu preparo para cultivares da estação. Sabe-se que um solo desnudo ao ser exposto à radiação solar direta tende apresentar maiores taxas de evaporação, portanto, terá menor taxa de umidade no ambiente. Desta forma, a cobertura da terra, topografia do terreno e ação dos ventos são os principais controles de umidade nesse ambiente.

Em dezembro, primeiro mês da estação mais quente do Hemisfério Sul, o quantitativo de horas com UR maior ou igual a 95% no PEI parece estar mais relacionado a fatores macroclimáticos do que aos controles topo ou microclimáticos, pois, a maioria dos ambientes apresenta igual quantidade de horas de UR média do ar maior ou igual a 95%, independente de sua localização e cobertura da terra. Nesse contexto, estão inseridos o P1, P2, P3, P4 e P7, ambientes com o menor número de horas da UC (entre 0-10h).

Acredita-se que esses valores sejam reflexos da maior duração do dia, ou seja, do maior intervalo de tempo entre o nascer e o ocaso do sol, em função do solstício de verão no Hemisfério Sul, época, em que os raios solares incidem mais verticalmente sobre esse hemisfério. E como resultado, os dias tendem a apresentar temperaturas mais elevadas, desde que não ocorram fenômenos capazes de perturbar o estado prevalecente da atmosfera, como a invasão de uma massa de ar frio, por exemplo.

Segundo Varejão-Silva (2006) em dias mais quentes há mais energia térmica para ocorrer evaporação, portanto, mais água pode evaporar e como a temperatura exerce influência sobre as propriedades e comportamento das substâncias gasosas, seu aumento tende

provocar uma expansão dos gases. Essa expansão compõe o ar atmosférico e caso a pressão se mantenha constante, aumenta a capacidade do ar em conter água, portanto, menor será sua UR.

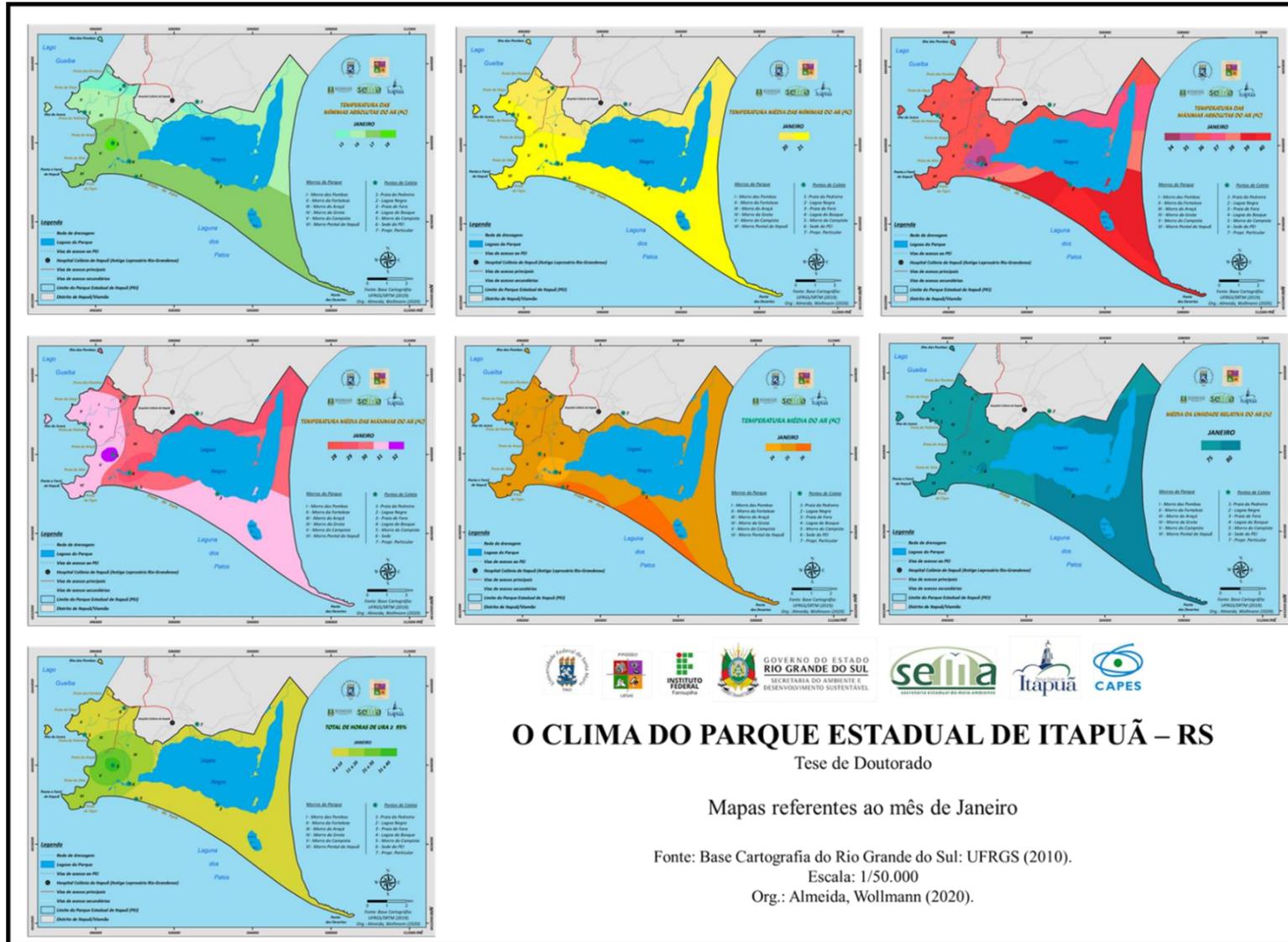
Além da maior incidência de radiação solar, tem-se também as baixas precipitações pluviométricas de dezembro que, segundo Almeida, Wolmann e Hoppe (2019), é de 75 mm, o terceiro menor registro da UC entre os meses analisados. Portanto, acredita-se que uma maior radiação solar (fator macroescalar), juntamente com a baixa ocorrência de chuvas, fator de escala regional, sejam os principais responsáveis pelo baixo número de horas de UR maior ou igual a 95% encontrada no P1, P2, P3, P4 e P7. Por outro lado, os ambientes mais elevados do PEI apresentam as maiores quantidades de horas com UR maior ou igual a 95%, sendo o P5 o de maior número (entre 41 e 48 horas), enquanto o P6 é o segundo ambiente de maior número de horas, cujo valor fica entre 11 e 20 horas.

O maior número de horas no P5 está relacionado à altitude, cobertura da terra e orientação de suas vertentes, conforme detalhados em análises anteriores e em menor escala também no P6. Destacar ainda que a presença do Morro do Campista no P5 e dos morros circundantes no P6 oferece resistência aos ventos, que em dezembro sopram com mais intensidade. Essa resistência, segundo Varejão-Silva (2006), gera turbulências, que contribuem para acelerar, ainda mais, a transferência de calor e de vapor d'água entre os ambientes de menor e maior altimetria.

5.1.10 Variabilidade da temperatura e da umidade relativa do ar em janeiro

Em janeiro, o mapa de temperaturas mínimas (Figura 62) apresenta quatro valores, sendo o menor valor (15,0 °C) registrado nos ambientes P6 e P7, enquanto no P1, a temperatura é 16,0 °C. Nos ambientes P2, P3, P4, porção sul, sudeste e sudoeste do PEI são registrados 17,0 °C e no P5 e entorno, 18,0 °C. Durante o mês, as temperaturas mínimas absolutas na UC variam entre 15,0 °C e 18,0 °C, e assim como dezembro apresenta uma amplitude térmica de 3,0 °C.

Figura 62 - Mapas das temperaturas e umidade relativa do ar em janeiro



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Quanto às temperaturas máximas, o mapa retrata sete classes de temperaturas, o maior registro (40,0 °C) ocorre no P2 e partes do sul e sudeste do PEI, enquanto o menor valor máximo (34,0 °C) ocorre no P4 e entorno. No P6 surgiu um pequeno campo térmico de 37,0 °C e no P1, P5, P7 e praticamente todo setor oeste, norte, noroeste, sudoeste e extremo nordeste são registrados 36,0 °C, enquanto no P3 são registrados 39,0 °C. A amplitude mensal entre as temperaturas máximas é 6,0 °C, com valores entre 34,0 °C e 40,0 °C.

As elevadas temperaturas máximas absolutas do ar encontradas em janeiro são reflexos da influência da Massa de Ar Tropical Continental (mTc), uma massa de ar quente e seca que, segundo Monteiro (1968), apesar de sua menor participação nos sistemas atmosféricos na região sul do Brasil é no verão que sua atuação é mais presente.

Ao considerar o mapa dos valores médios máximos são observados cinco valores, o maior deles 32,0 °C ocorre no P5 e área próxima, enquanto o menor é registrado no P4, onde a temperatura é 28,0 °C. No P7, a temperatura do ar é 29,0 °C, sendo o mesmo valor encontrado no setor nordeste e imediações do P4. O domínio dos 30,0 °C ocorre no P6, extremo noroeste e leste do PEI, já no P1, P2, P3, setor sul, sudeste e maior parte do noroeste e sudoeste são registrados 31,0 °C.

Durante o mês de janeiro, as temperaturas médias máximas no PEI variam entre 28,0 °C e 32,0 °C, com uma amplitude térmica de 4,0 °C. Essa variação média de temperatura máxima no PEI é praticamente a mesma encontrada por Rossato (2014) para o mês na região, ou seja, entre 29,0 °C e 32,0 °C.

Ao observar o mapa de temperatura média do ar são constatados três valores térmicos com registros entre 24,0 °C e 26,0 °C, portanto, com uma amplitude térmica mensal de 2,0 °C. No P4 e conjunto lagunar são encontrados 24,0 °C, no P2, P3 e grande parte da Praia de Fora, 26,0 °C, enquanto nos demais ambientes e setores, 25,0 °C de temperatura média.

Os valores médios encontrados no PEI ficam dentro dos parâmetros estabelecidos por Machado (1950), sobre a temperatura média normal do mês mais quente (janeiro) no RS ser superior a 18,0 °C e inferior a 26,5 °C. Assim como, coaduna com Mota (1951); Moreno (1961) e Sartori (2003), pois, segundo esses autores, a temperatura média do mês mais quente é superior a 22,0 °C, com registros de temperaturas máximas após o solstício de verão.

O mesmo acontece em relação à pesquisa de Rossato (2014), que aponta como valor médio do mês registros entre 23,0 °C e 26,0 °C para a região do litoral médio, área onde o PEI, segundo a classificação da autora, está localizado.

Sobre o mapa de UR média do ar observa-se um espaço territorial mais homogêneo, com apenas dois grandes domínios, sendo o P2, P4 e praticamente toda metade leste do PEI os mais úmidos, ao registrarem 80% de UR, enquanto os demais ambientes aferem 75%.

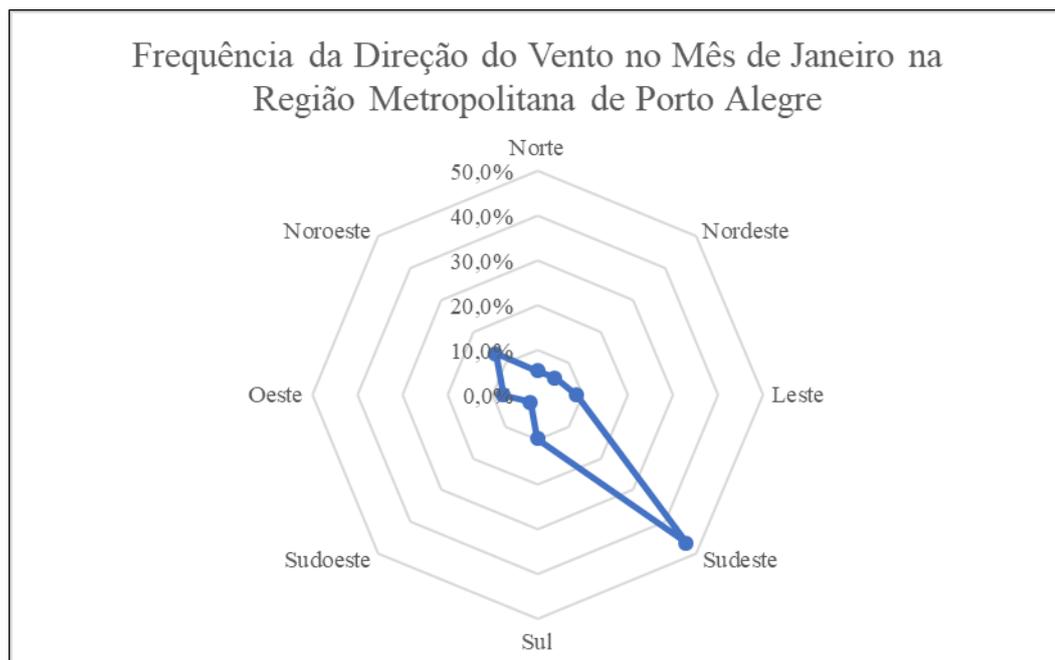
A maior umidade no P2 deve-se principalmente a disponibilidade hídrica do terreno, que somada às altas temperaturas de janeiro ocasionam um processo evaporativo maior e como resultado tem-se uma maior quantidade de vapor d'água no ar ambiente. Além disso, os ventos úmidos de SE e NE, respectivamente os mais frequentes na região para o mês (Figura 63) contribui para essa maior umidade no ambiente, sendo, portanto, juntamente com a disponibilidade hídrica do terreno e a ação dos ventos os principais controles da UR média nesse ambiente.

Quanto ao P4 o principal controle climático da umidade é a cobertura da terra, cuja presença da floresta e serapilheira protegem a superfície do solo da incidência solar direta, que por sua vez, resulta em temperaturas mais amenas, havendo, portanto, menor perda de umidade por evaporação devido à ilha de frescor criada pelas condições naturais do ambiente. Outros dois importantes fatores também corroboram para que o P4 apresente porcentual de 85% de UR, uma delas é a evapotranspiração vegetal, a outra, é sua localização próxima a uma das lagoas que compõe o conjunto lagunar do bosque, corpos d'água perenes situado a poucos metros do P4.

Por sua vez, os demais ambientes e praticamente toda metade oeste do PEI apresentam 75% de UR para o mês, e entre os de menor umidade estão o P1 e P3, que apesar de estarem localizados a poucos metros de distância do Lago Guaíba e Laguna dos Patos, respectivamente, não estão entre os ambientes de maior UR do mês (85%). Acredita-se que isso ocorra em função da profundidade e extensão desses corpos d'águas que, segundo Menegat et Al. (1998), chega a 31 m de profundidade no ponto de encontro entre as águas do Lago Guaíba e a Laguna dos Patos, localizado no Pontal de Itapuã/Farol de Itapuã, uma feição geomorfológica situada entre os ambientes P1 e P2.

Sendo o aquecimento da água nesse ponto mais lento em função de sua profundidade, a evaporação tende ser menor, o que é defendido nesta tese como insuficiente para influenciar nos parâmetros de UR média nesses ambientes, ao ponto de diferenciá-los dos demais. Além disso, no P3, os ventos de SE, os mais frequentes do mês, tendem dispersar o vapor d'água encontrado nas camadas de ar mais próximo ao corpo d'água para outros ambientes e quando sopram de NE transportam essa umidade para fora dos limites da UC.

Figura 63 - Gráfico de Frequência da direção do Vento no Mês de janeiro



Fonte: Dados da Estação Meteorológica de Porto Alegre, obtidos em <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>
Org.: Os autores

Por sua vez, no P1, a barreira orográfica imposta pelos morros adjacentes inibe a ação dos ventos de SE e NE. Sendo, portanto, a condição de calmaria em relação aos ventos predominantes que favorece o aquecimento da superfície da terra nesse ambiente, sua cobertura favorece maior perda de umidade devido aos movimentos convectivos ou verticais do ar nos meses quentes do verão.

Sobre esse aspecto Almeida (2016) menciona que o aquecimento da atmosfera próxima à superfície se dá principalmente pelo transporte de calor sensível, a partir da superfície por meio de dois processos: por condução molecular, um processo lento de troca de calor sensível; ou por difusão turbulenta, cuja troca de energia é mais rápida, uma vez que, as parcelas de ar aquecidas na superfície se movimentam de forma convectiva transportando calor, vapor d'água e outras propriedades para as camadas superiores.

Por isso, o principal controle de umidade nesses ambientes não é a proximidade em relação à Laguna dos Patos e Lago Guaíba, mas sim, a cobertura da terra e disposição do relevo, controles climáticos também mencionados por Bokwa et al. (2008) quando afirmam que a diferenciação do relevo (formado por regiões planas, côncavas e convexas) se constitui no ponto de vista climático no principal fator de controle de radiação solar, temperatura do ar, umidade, velocidade e direção dos ventos.

Contudo, ressalta-se ainda que, embora não seja um controle de umidade local, a disponibilidade hídrica dada pelo Lago Guaíba e Laguna dos Patos na região, certamente, contribui para os 75% de UR média nesses ambientes, entretanto, sua influência não é maior que o controle realizado pelas características locais do terreno e dos ventos predominantes no mês.

Quanto ao mapa de horas com UR maior ou igual a 95%, observa-se uma grande semelhança com o mapa de dezembro, com pequenas alterações, especialmente, quanto ao número total de horas aferidas em alguns ambientes. No P5, apesar da redução no número de horas, continua sendo o de maior registro (entre 31 e 40 horas) de UR maior ou igual a 95%, enquanto o P4 registra o segundo maior valor do mês (entre 11 e 20 horas).

As maiores horas no P5 ao que tudo indica são resultados dos mesmos fatores intervenientes apresentados em dezembro, enquanto no P4 está diretamente relacionada ao fato da cobertura da terra ser densamente vegetada, característica local, que garante maior disponibilidade de umidade nesse ambiente. Segundo Lemon (1956 apud Dalmago et al., 2010, p. 786) solos desnudos secam mais rapidamente que solos cobertos, porque a cobertura retarda a secagem do solo, mantendo por mais tempo a umidade e evaporação.

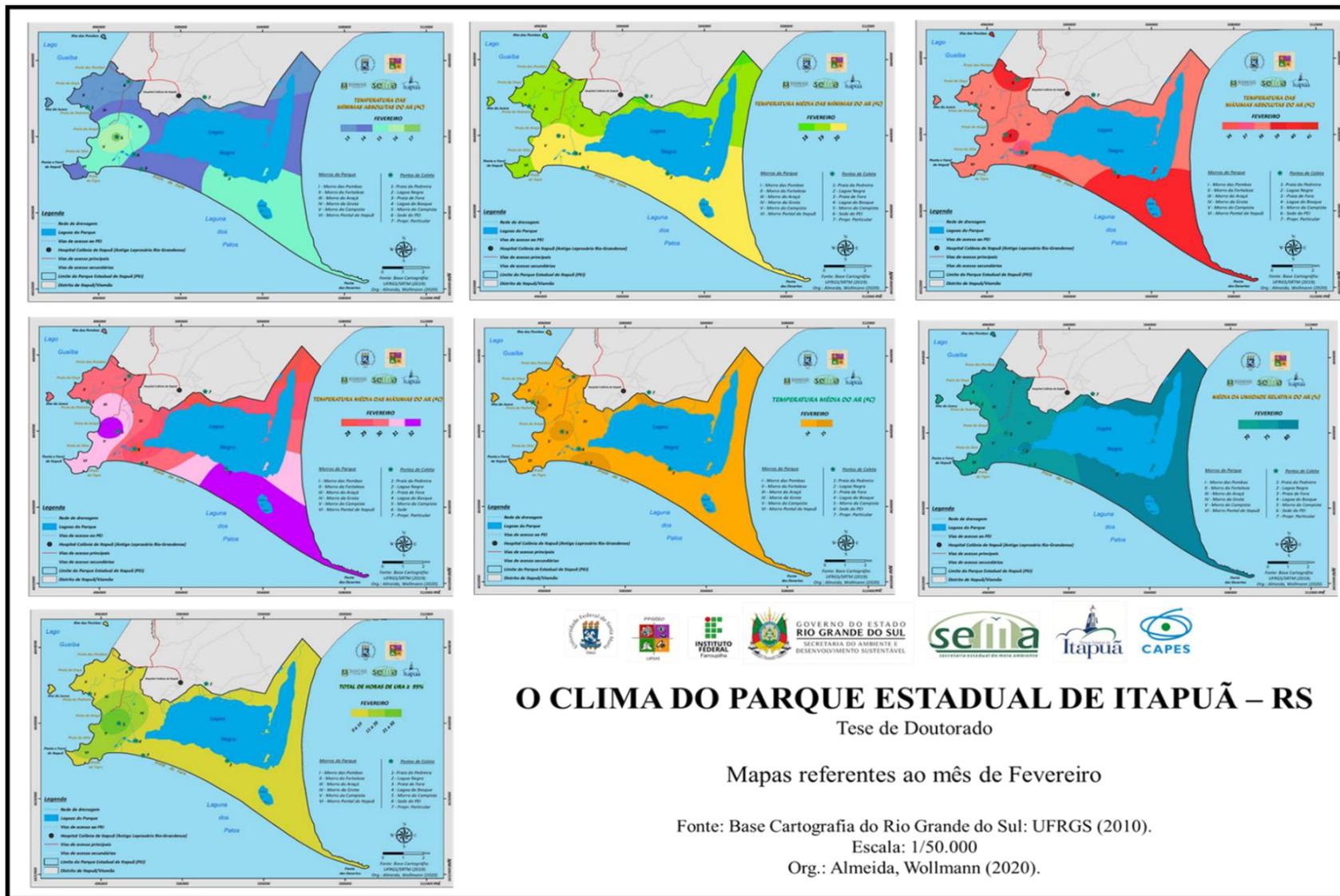
Os demais ambientes (P1, P2, P3, P6 e P7) registram o menor número de horas do mês (entre 0 e 10 hora). Acredita-se que as poucas horas de UR próxima ao seu ponto de saturação deve-se, primeiramente, a menor disponibilidade de água no solo, pois, segundo Almeida, Wollmann e Hoppe (2019), janeiro registrou 58 mm de chuvas, o segundo menor registro entre os meses analisados. Além disso, tem-se a alta incidência de radiação solar, principal fonte de energia para a superfície terrestre, que nessa época do ano é maior no hemisfério Sul.

Deve-se salientar que mesmo havendo em janeiro o predomínio dos ventos de sudeste, esses não foram capazes de alterar substancialmente o quantitativo de horas de umidade maior ou igual a 95% na UC, assim como, a presença da Lagoa Negra, Lago Guaíba e Laguna dos Patos pouco influenciaram nos ambientes mais próximos.

5.1.11 Variabilidade da temperatura e da umidade relativa do ar em fevereiro

No mapa de temperatura mínima absoluta de fevereiro (Figura 64) são cinco classes encontradas no PEI, resultando numa espacialização fragmentada e menos contínua quando comparada aos meses de dezembro e janeiro.

Figura 64 - Mapas das temperaturas e umidade relativa do ar em fevereiro



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Apesar de registrar diferentes temperaturas, alguns espaços do PEI apresentaram recortes espaciais semelhantes aos demais meses do verão como é o caso do setor noroeste e porção de terras ao norte, que em todos os meses da estação foram os espaços territoriais mais frios da UC.

Em fevereiro, foram registrados 13,0 °C de temperatura mínima nessa área que inclui o P1, P6 e P7. Por outro lado, a área de maior temperatura mínima do mês ocorre no P5 onde são registrados 17,0 °C, entretanto, são os valores mínimos entre 14,0 °C e 15,0 °C que predominam no PEI, sendo registrados 14,0 °C nos ambientes P3 e P4 e 15,0 °C, no P2. A amplitude térmica mensal entre as temperaturas mínimas é de 4,0 °C, a maior registrada entre os meses do verão, com valores mínimos entre 13,0 °C e 17,0 °C.

Quanto ao mapa de temperatura média das mínimas aparecem três valores, o menor (18,0 °C) sendo registrado no P7 e extremo nordeste do PEI, enquanto outros dois dominam maior parte da UC, um deles é o domínio dos 19,0 °C que abrange principalmente a metade norte do PEI, incluindo o P1 e P6, enquanto o domínio dos 20,0 °C ocorre na metade sul. A amplitude térmica mensal é 2,0 °C com temperaturas na UC entre 18,0 °C e 20,0 °C.

Ao considerar o mapa de temperatura máxima, observa-se que fevereiro, assim como dezembro, registra seis valores térmicos máximos, sendo o maior (41,0 °C) encontrado no P3 e pequena faixa territorial na linha costeira da Praia de Fora, enquanto o menor (36,0 °C) ocorre no P4 e entorno. Durante o mês, maior parte do PEI está sob o domínio dos 38,0 °C, valor que abrange os ambientes P1, P7, setores norte, nordeste, leste e maior parte dos quadrantes oeste, noroeste, sul e sudoeste, enquanto nos ambientes P2, P6, extremo noroeste, partes do sul e todo sudeste são registrados 40,0 °C.

No P5 e área circundante, ocorre um campo térmico de 39,0 °C, sendo a amplitude térmica mensal de 5,0 °C com variação entre 36,0 °C e 41,0 °C na UC. Ao analisar a variabilidade das temperaturas médias máximas, são observadas cinco classes de temperaturas que fragmentam a área territorial do PEI, retratando uma UC heterogênea quanto aos seus valores médios máximos.

O maior valor (32,0 °C) ocorre em duas áreas, uma, que vai do P2 até a Ponta das Desertas e outra, que envolve o P5 e entorno, enquanto o menor valor (28,0 °C) ocorre no P4, P7 e parte do quadrante nordeste. Já nos ambientes P1, P3 e P6 são registrados 30,0 °C. E assim como em janeiro, a amplitude térmica entre as temperaturas médias máximas são de 4,0 °C, com valores entre 28,0 °C e 32,0 °C.

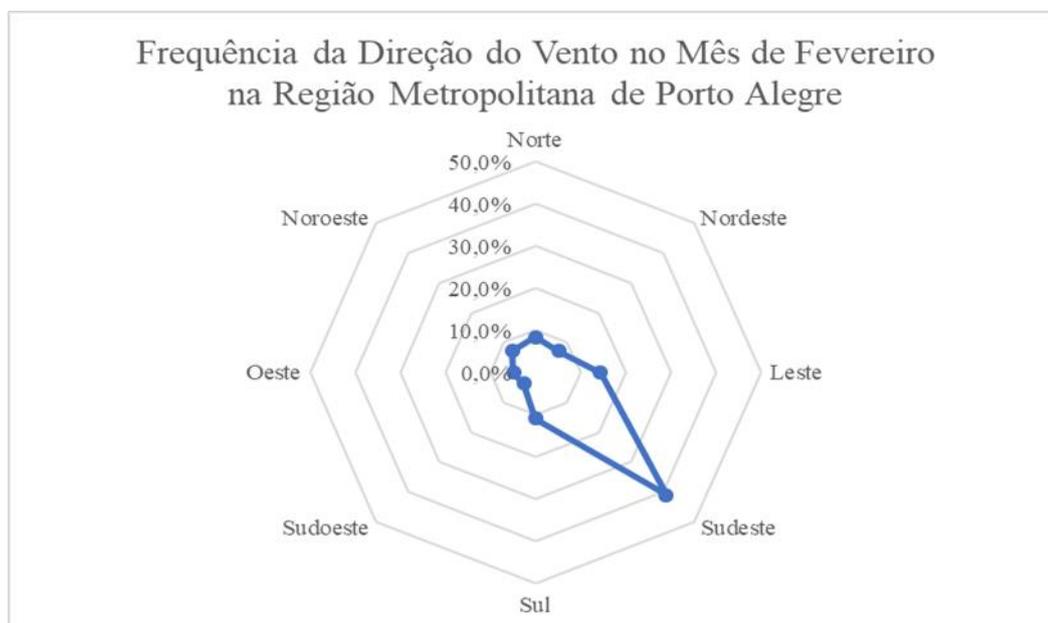
Sobre o mapa de temperaturas médias verifica-se que, assim como em dezembro, fevereiro possui dois valores térmicos na UC, o domínio dos 24,0 °C que abrange maior parte

do PEI e atinge todos os setores, com exceção de alguns campos térmicos de mediana dimensão espacial no entorno dos ambientes P1, P3, P5 e P7 onde a temperatura é 25,0 °C.

Referente ao mapa de UR média do ar são encontrados três percentuais, o maior ocorre nos ambientes P2, P4, P7, assim como em toda metade leste, onde são registrados 80% de UR. Acredita-se que a inclusão do P7 entre os ambientes de maior UR ao mês se deve a cobertura da terra, que em fevereiro se encontra coberta por cultivares da estação, o que lhe proporciona maior umidade no terreno e por consequência no ar ambiente.

Da mesma forma que ocorre em dezembro e janeiro, o P3, P5 e P6 registram 75% de UR, mantendo-se, portanto, uma média de umidade constante durante os meses de verão, enquanto P1 e extremo oeste da UC registram 70% de umidade do ar, o menor valor do mês. Esse menor percentual no P1, provavelmente, está relacionado à barreira orográfica imposta pelos morros das Pombas, Araçá e Campista, cuja presença impede a ação dos ventos úmidos de SE e E no ambiente, os mais frequentes do mês, conforme Figura 65.

Figura 65 - Gráfico de Frequência da Direção do Vento no Mês de Fevereiro



Fonte: Dados da Estação Meteorológica de Porto Alegre, obtidos em <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>
Org.: Os autores

Deve-se ressaltar que além da barreira imposta pelo relevo adjacente tem-se também menor disponibilidade de água que desce dos morros, em função do menor volume de chuvas ocorridas durante o verão, 248 mm, o mais baixo valor entre as estações do ano no PEI, que somado às altas temperaturas da época contribui para que a umidade no solo seja reduzida e por sua vez no ar ambiente.

Por fim, tem-se o mapa de horas com UR maior ou igual a 95% que, em fevereiro, retrata uma UC mais homogênea quanto aos quantitativos horários, pois, com exceção do P5, os demais ambientes registram o mesmo número de horas.

Apesar do número de horas com UR maior ou igual a 95% ter sido a menor entre os meses do verão, o P5 continuou sendo o ambiente de maior número (entre 21 e 30 horas), enquanto os demais ambientes registraram entre 0 e 10 horas. E conforme mencionado em dezembro e janeiro, tudo indica que a maior incidência de radiação solar no hemisfério sul nesta época do ano é o principal fator/controlador de horas de UR maior ou igual a 95% em todos os ambientes.

Isso ocorre segundo Varejão-Silva (2006) pelo fato que, geralmente, os maiores valores máximos de temperatura ao ano são registrados um ou dois meses após o acontecimento máximo de energia solar (verão do Hemisfério Sul), e por isso, elas tendem a ocorrer em janeiro e fevereiro.

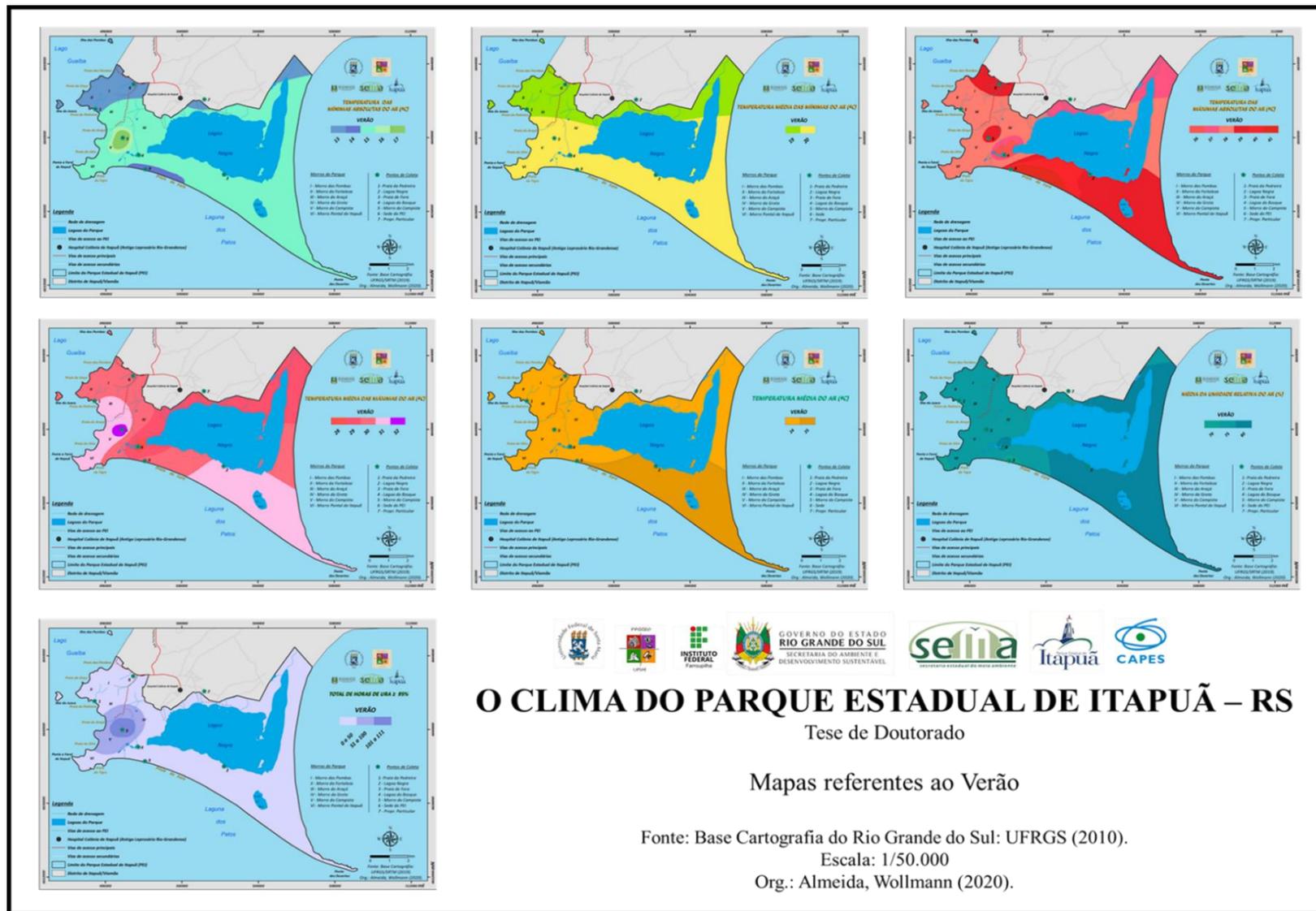
Portanto, embora tenham sido registrados 115 mm de chuvas em fevereiro, conforme dados apresentados por Almeida, Wollmann e Hoppe (2019), a grande quantidade de energia solar recebida nesta época faz com que a umidade presente no solo diminua, pois em condições de elevada temperatura, há também um aumento da pressão de saturação do vapor e, por consequência, aumento da capacidade do ar em conter água, resultando numa menor UR.

Assim como ocorreu em janeiro, tanto a direção predominante dos ventos quanto a presença da Lagoa Negra, Lago Guaíba e Laguna dos Patos não se constituíram enquanto controles climáticos determinantes para o número de horas com UR maior ou igual a 95%, principalmente naqueles ambientes de maior proximidade a esses corpos d'água.

5.1.12 Variabilidade da temperatura e da umidade relativa do ar no verão

Durante a estação do verão, o mapa de temperatura mínima absoluta do PEI (Figura 66) retrata um território composto por cinco temperaturas, cuja amplitude térmica entre elas é 4,0 °C, sendo as áreas de menor valor localizadas na porção noroeste, pequena faixa de terra ao norte e no extremo nordeste onde são registrados 13,0 °C. Fazem parte deste domínio os ambientes P1, P6 e P7, enquanto o maior valor mínimo acontece no P5 onde a temperatura é 17,0 °C.

Figura 66 - Mapas das temperaturas e umidade relativa do ar no verão



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Por sua vez, no P2, P4, conjunto lagunar, setores leste, sudeste, sul e parte dos quadrantes norte, nordeste, oeste e sudoeste são registrados 15,0 °C, e a sudoeste, em uma pequena faixa costeira envolvendo o P3, são aferidos 14,0 °C. Durante o verão as temperaturas mínimas absolutas do ar na UC variam entre 13,0 °C e 17,0 °C.

Quanto ao mapa de temperaturas médias das mínimas, verificam-se duas classes térmicas, a de menor valor e dimensão territorial ocorre na parte mais continental do PEI, entre os setores noroeste, norte e nordeste, perpassando pelos ambientes P1, P6 e P7 onde a temperatura é 19,0 °C, enquanto os demais setores e ambientes estão sob o domínio dos 20,0 °C. A amplitude térmica para a estação é de 1,0 °C com variação de temperaturas médias mínimas entre 19,0 °C e 20,0 °C.

Sobre as temperaturas máximas absolutas, o mapa mostra seis valores, o maior, corresponde aos 41,0 °C e abrange o P2 e sudeste da UC, enquanto o menor (36,0 °C) ocorre no P4 e entorno. Nessa época, maior parte do PEI possui temperatura máxima de 38,0 °C, cujo valor é encontrado no P1, quadrante leste e maior parte dos setores oeste, noroeste e sudoeste. Já nos ambientes P3, P5 e P6 aparecem campos térmicos de 39,0 °C, e no P7, quadrante norte e nordeste a temperatura máxima no verão fica na casa dos 37,0 °C.

A amplitude entre as temperaturas máximas no verão é de 5,0 °C, com valores máximos entre 36,0 °C e 41,0 °C. Ao considerar o mapa dos valores médios máximos, são cinco temperaturas, cuja distribuição e ocorrência na UC retratam uma heterogeneidade térmica, com maior valor no entorno do P5 onde são registrados 32,0 °C, enquanto o menor (28,0 °C) é encontrado no P4 e P7. Nos ambientes P1, P3, P6, setores leste, noroeste e parte do oeste e sudoeste são aferidos 30,0 °C, por sua vez, no P2, sudeste e parte do oeste são 31,0 °C. A diferença entre o maior e menor valor da estação é 4,0 °C, com variação térmica entre 28,0 °C e 32,0 °C.

Ao ter como referência o mapa de temperaturas médias, observam-se dois valores na UC, cuja ocorrência é a seguinte: o domínio dos 24,0 °C que abrange maior parte do território envolvendo os setores norte, nordeste, noroeste, leste, oeste e parte do sudoeste. Nesse domínio estão o P1, P4, P5, P6, P7 e conjunto lagunar, enquanto o restante do PEI registra 25,0 °C de temperatura média, na qual estão inseridos o P2, P3, setores sul, sudeste e pequena faixa de terra a sudoeste da UC em área de contato com a linha de praia.

Os valores médios de temperatura entre 24,0 °C e 25,0 °C encontrados no PEI no verão estão dentro das médias para o estado do Rio Grande do Sul para a época do ano, pois segundo valores apresentados por Rossato (2011) eles oscilam entre 17,0 °C e 29 °C.

Entre as estações do ano, o verão é a época em que ocorrem os menores índices de UR em toda a UC, pois conforme o mapa de UR média, os valores variam entre 70% e 80%, resultado que vai ao encontro do mencionado por Sartori (2003) sobre a umidade no Rio Grande do Sul ser, evidentemente, menor no verão e maior no inverno.

Nessa estação, o espaço territorial do PEI é dividido em dois grandes domínios de UR, um, situado a partir da metade leste, em área de baixa altimetria, topografia plana e grande presença de corpos d'água perenes e/ou intermitentes. Nesse domínio, inclui-se o P2, cuja ação dos ventos úmidos de sudeste é mais forte devido à baixa topografia, fato que certamente contribui para a ocorrência dos 80% de UR encontrada na área. Embora localizado na metade oeste do PEI, no P4, devido ao tipo de cobertura da terra (mata fechada) e proximidade ao conjunto lagunar, há um campo de umidade com porcentual de 80%, sendo, portanto, juntamente ao P2, os ambientes mais úmidos da UC durante o verão.

Na metade oeste do PEI com exceção do P3 e P4, os demais ambientes apresentam 75% de UR. É importante mencionar que a área possui relevo elevado com ocorrência de morros e topografia acidentada. Nesse setor, estão localizados o P5 e P6, ambientes de maior altitude, cuja cobertura da terra e disposição do relevo/orientação de vertente são os principais controles da umidade.

O P1 é localizado em terreno de baixa altimetria, por isso, os 75% de UR são justificados pela umidade que desce dos morros, tendo em vista que a presença das matas preservadas que os recobrem conseguem garantir, mesmo que em percentuais menores, disponibilidade de umidade no local ao longo do ano. No P7, ambiente localizado em terreno plano e de baixa altimetria, também são registrados 75% de UR, neste caso, o controle climático da umidade é a cobertura da terra, que até meados do verão encontra-se desnuda, devido ao preparo para os cultivares da estação, características que certamente interferem em sua UR média.

O menor porcentual de UR fica restrito ao P3 e a Ponta e Farol de Itapuã, que mesmo localizados na linha de praia, a poucos metros da Laguna dos Patos registram 70% de umidade, isso ocorre devido ao tipo de cobertura da terra composta por areia, pouca vegetação e basicamente por rocha exposta na Ponta e Farol de Itapuã. Além disso, outro fato que corrobora para os menores percentuais de UR média no verão é o baixo índice de chuvas do período, pois são apenas 248 mm (ALMEIDA; WOLLMANN; HOPPE, 2019), o menor valor de chuvas registradas entre as estações do ano na UC.

Ao considerar o mapa de horas com UR maior ou igual a 95%, verifica-se uma UC bastante homogênea, uma vez que, grande parte de seu território apresenta os mesmos

quantitativos horários, ou seja, entre 0 a 50 horas valores que abrangem praticamente todos os ambientes, exceto o P5.

Assim como acontece com a UR média do ar, o menor número de horas com UR maior ou igual a 95% é registrado no verão em todos os ambientes, cujos valores estão diretamente relacionados à maior incidência da radiação solar no hemisfério Austral, principal causa de elevação das temperaturas nessa época do ano. E conforme já mencionado, o aumento da temperatura em condições meteorológicas estáveis reduz a pressão do ar nos baixos níveis da atmosfera e com isso uma menor pressão é exercida sobre a camada de ar, o que possibilita maior presença de moléculas d'água no ar ambiente e, conseqüentemente, em uma menor UR.

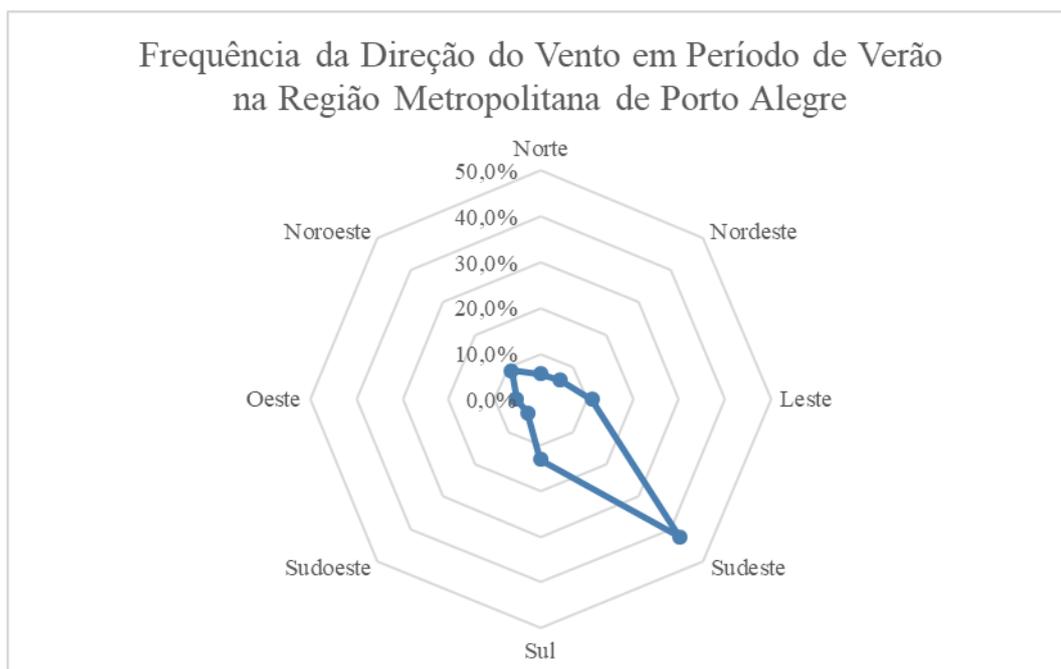
Tal assertiva vai ao encontro do mencionado por Luz, Guasselli e Rocha (2019) que ao pesquisarem as relações entre temperatura do topo de atmosfera, da superfície da água e variáveis meteorológicas no Lago Guaíba/RS verificaram que a baixa umidade do ar no lago está associada à sazonalidade, sendo menor no verão, em função das maiores temperaturas, havendo, portanto, uma correlação negativa entre esses dois elementos do clima.

Além disso, esses mesmos autores chamam atenção para o fato da temperatura no Lago Guaíba no verão apresentar uma tendência de queda, à medida que se aproxima de sua jusante na Laguna dos Patos, cujos valores de temperatura variam, conforme a época do ano durante os períodos de normalidade climática. Como a bacia hidrográfica do Guaíba, segundo o DNAEE (1983), tem sua foz nas proximidades da Ponta ou Farol de Itapuã, acredita-se que a temperatura menor de suas águas nessa área impacta nos processos de evaporação, que por sua vez, reflete diretamente na capacidade higrométrica do ar.

Sobre esse aspecto deve-se considerar que uma menor evaporação das águas do Lago Guaíba em sua jusante diminui a possibilidade de ocorrer chuvas convectivas locais, comum no verão, cuja ausência ou diminuição corrobora para o menor número de horas com UR maior ou igual a 95% na UC. Hipótese ratificada pela forte correlação entre o menor número de horas de UR maior ou igual a 95% e a distribuição das chuvas no PEI, pois os menores volumes na UC ocorrem no verão (ALMEIDA; WOLLMANN; HOPPE, 2019).

Portanto, há uma redução da disponibilidade hídrica em superfície para evaporação, todavia acredita-se que o quantitativo horário não é menor, devido à presença dos ventos úmidos de sudeste e leste, respectivamente, os de maior frequência na região metropolitana de Porto Alegre para a estação (Figura 67).

Figura 67 - Gráfico de Frequência da Direção do Vento no Período do Verão



Fonte: Dados da Estação Meteorológica de Porto Alegre, obtidos em <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>
Org.: Os autores

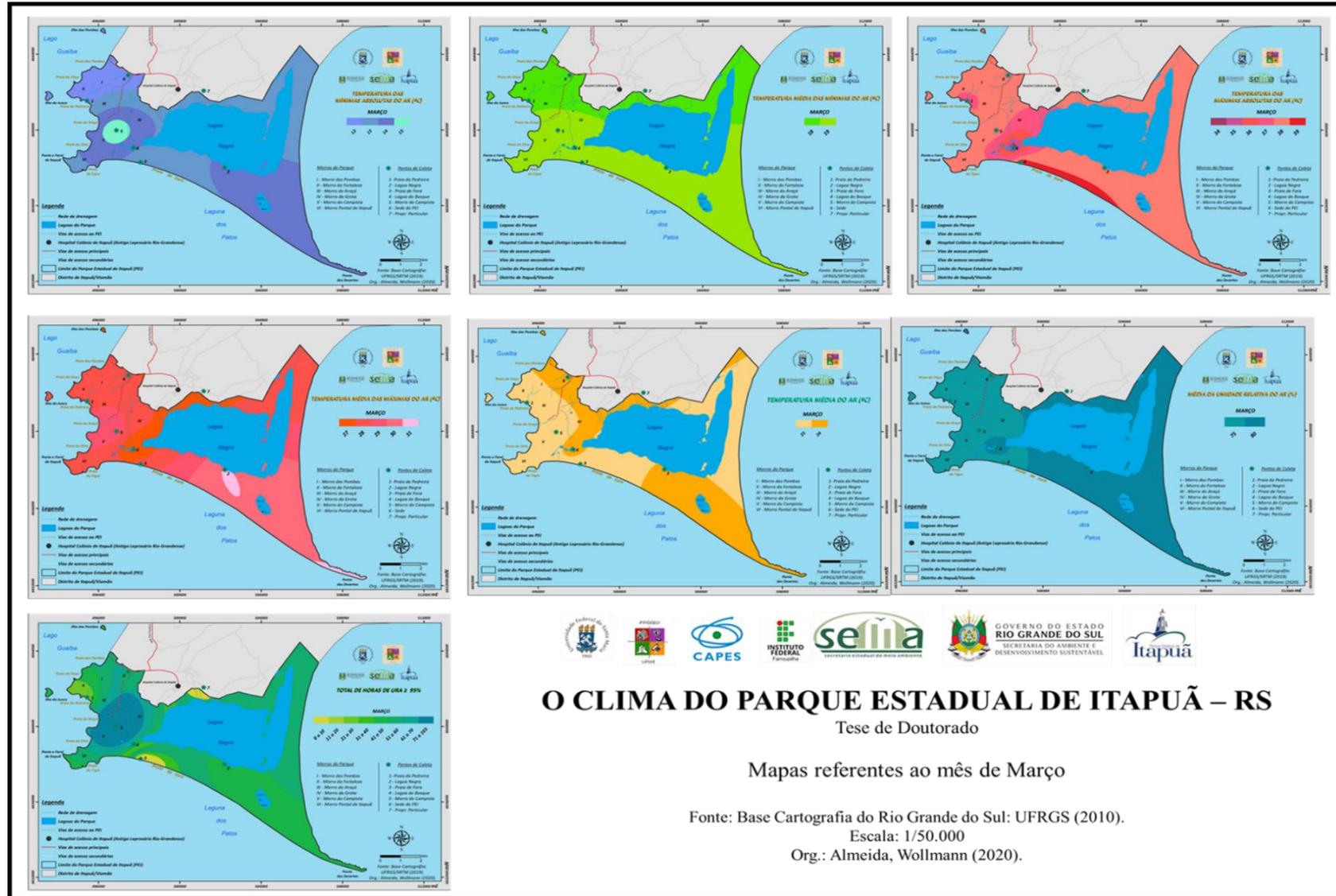
Por fim, o maior número de horas encontradas no P5 em relação aos demais ambientes pode ser explicado pelos fluxos anabáticos e movimentos convectivos/verticais do ar, os principais responsáveis pela maior ocorrência do número total de horas com UR maior ou igual a 95% encontrada no ambiente.

5.1.13 Variabilidade da temperatura e da umidade relativa do ar em março

A distribuição espacial da temperatura mínima em março (Figura 68) é composta por quatro valores, o menor valor mínimo (12,0 °C) é registrado no setor noroeste e ambientes P1 e P6, enquanto o maior valor mínimo (15,0 °C) ocorre no P5 e entorno. Nos ambientes P3 e P7 são aferidos 13,0 °C, valor que também abrange os setores norte, nordeste, leste e parte dos quadrantes sul, sudoeste e oeste do PEI.

Por sua vez, no P2, P4, setor sudeste e parte do oeste e sudoeste são aferidos 14,0 °C, sendo a amplitude térmica mensal entre as áreas de maior e menor temperatura mínima de 3,0 °C, com valores entre 12,0 °C e 15,0 °C.

Figura 68 - Mapas das temperaturas e umidade relativa do ar em março



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Ao considerar o mapa de temperatura média das mínimas, a UC apresenta dois valores, o menor deles (18,0 °C) é registrado nos ambientes P1, P6, P7, setores noroeste, norte e nordeste, ou seja, na parte mais continental do PEI, enquanto os demais ambientes e setores apresentam 19,0 °C. A amplitude térmica de março é 1,0 °C, com valores médios mínimos entre 18,0 °C e 19,0 °C.

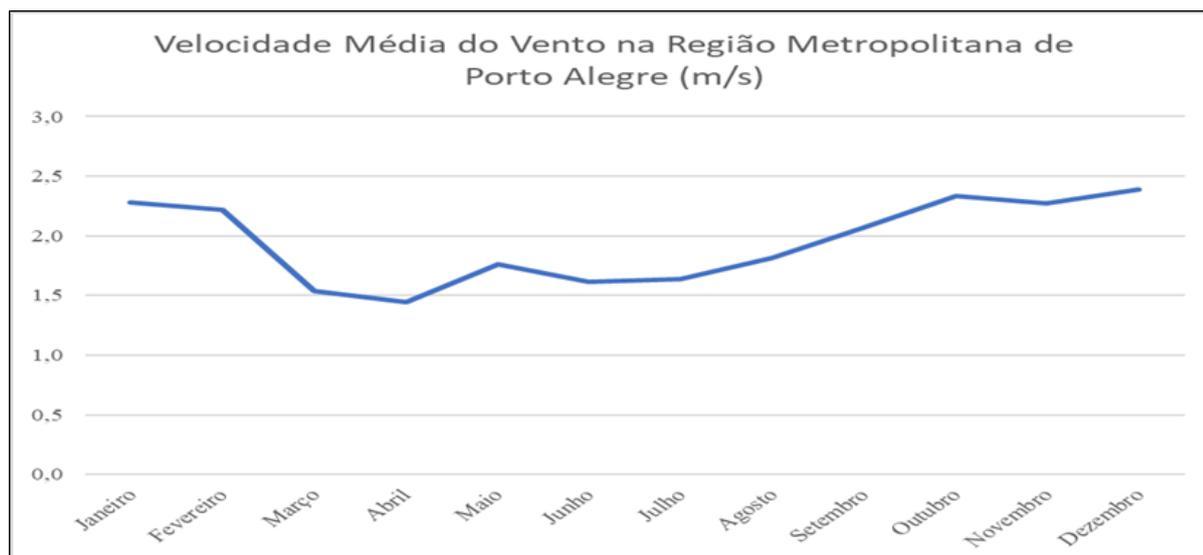
No mapa de temperatura máxima absoluta são observados seis valores, o maior é verificado no P3 e, em parte da linha costeira da Praia de Fora, onde são registrados 39,0 °C, enquanto o menor (34,0 °C) é encontrado no P4 e entorno. Em março, maior parte das terras do PEI está sob o domínio dos 38,0 °C, valor encontrado nos ambientes P2, P5, P6, P7, setores norte, nordeste, sudeste, noroeste, parte do sudoeste e maior parte dos quadrantes oeste e sul. Deve-se considerar também a existência de dois campos térmicos de igual temperatura (37,0 °C), o de menor dimensão envolve o P1 e o de maior, a margem oeste da Lagoa Negra. A amplitude térmica para o mês é 5,0 °C, com temperaturas máximas absolutas entre 34,0 °C e 39,0 °C.

Sobre o mapa de temperatura média das máximas é mister destacar a existência de cinco classes, com maior valor médio máximo (31,0 °C) encontrado no P2 e Ponta das Desertas e o menor (27,0 °C), numa área que se estende do P4 ao P7, margeando a Lagoa Negra em seu sentido sudoeste/nordeste. Já nos ambientes P1, P3 e P6 são 28,0 °C, enquanto no P5 são registrados 29,0 °C. A amplitude mensal entre as temperaturas médias máximas na UC é de 4,0 °C com valores entre 27,0 °C e 31,0 °C.

No primeiro mês do outono, o mapa de temperatura média do ar retrata um espaço natural com dois valores térmicos, um de 23,0 °C e outro de 24,0 °C. O primeiro domina maior parte da UC, sendo encontrado nos ambientes P1, P3 e P5, enquanto o segundo ocorre em terras situadas ao noroeste, norte, nordeste, oeste e sudeste, abrangendo o P2, P4, P6 e P7.

Sobre o mapa de UR média do ar para março, verifica-se que a metade leste da UC continua sendo a área de maior porcentual, ao registrar 80% de UR, nessa área são encontrados os ambientes P2, P4 e P7. Deve-se destacar que durante o mês a velocidade média dos ventos é inferior às registradas nos demais meses do verão (Figura 69), entretanto, o sentido predominante dos ventos continua sendo de SE, fator que corrobora e justifica juntamente com os controles climáticos locais a elevada umidade encontrada nesses ambientes. Da mesma forma, os 75% de UR encontrados no P1, P3, P5 e P6 estão diretamente relacionadas aos controles locais de umidade e a presença ou não dos ventos, tendo em vista que em março são registrados períodos maiores de calmaria.

Figura 69 - Gráfico da velocidade média mensal dos ventos



Fonte: Dados da Estação Meteorológica de Porto Alegre, obtidos em <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>
Org.: Os autores

Quanto ao mapa de horas com UR maior ou igual a 95%, verifica-se que no primeiro mês de outono, assim como ocorre no primeiro mês da primavera, a UC está mais heterogênea, quanto ao número total de horas, o que é retratado pelas diferentes variações entre os ambientes. Contudo, apesar das diferenças, o P5, assim como aconteceu nos demais meses, mantém sua posição de ambiente com maior número de horas de UR próximo ao seu ponto de saturação, ao registrar 103 horas. O P6 aparece em segundo com 57 horas, portanto, mais uma vez, os ambientes de maior altitude da UC são os que apresentam maior número de horas, sinalizando uma evidente influência dos fatores e/ou controles topo e microclimáticos.

Quanto aos menores totais de horas ao mês foi observado que elas ocorrem no P7 e P3, onde foram registrados respectivamente três e sete horas de umidade maior ou igual a 95%. Nesses ambientes os controles de umidade estão relacionados ao tipo de cobertura da terra e a disponibilidade de água no solo, pois no P7 a cobertura da terra é basicamente de campos em regeneração com alto teor de umidade no solo, o que, em tese, diminui a temperatura do ar e com isso dispõe de menor energia para a evaporação.

Enquanto no P3, o solo arenoso e pouco úmido da planície lagunar com cordões arenosos e dunas encontra-se praticamente desnudo, características que contribuem para uma menor disponibilidade hídrica no ambiente. Além disso, em março foi registrada no P3 a maior temperatura máxima absoluta entre os ambientes (39,0 °C). Segundo o mapa de temperatura máxima absoluta para o mês e conforme já elucidado, o aumento da temperatura

provoca uma dilatação na massa de ar atmosférico e, com isso, aumenta sua capacidade higrométrica, sendo necessária uma quantidade maior de vapor d'água para saturar o ar que o envolve, levando-o a uma redução nos valores de UR.

A temperatura máxima absoluta registrada em março no P3 também explica a diferença de quatro horas a menos de UR maior ou igual a 95% no P3 em relação ao P7. Isso ocorre em função da temperatura do ar no P7 ser 1,0 °C menor que a encontrada no P3.

Sobre as diferenças térmicas entre alguns ambientes Tahiri, Anyoji e Yasuda (2006) e Kunz et al. (2007) mencionam que, em algumas situações, a evaporação pode ser mais elevada em solos sem cobertura vegetal, mesmo com menor disponibilidade de umidade, devido à maior quantidade de energia que chega à superfície desnuda, pois a cobertura intercepta grande parte da radiação solar incidente.

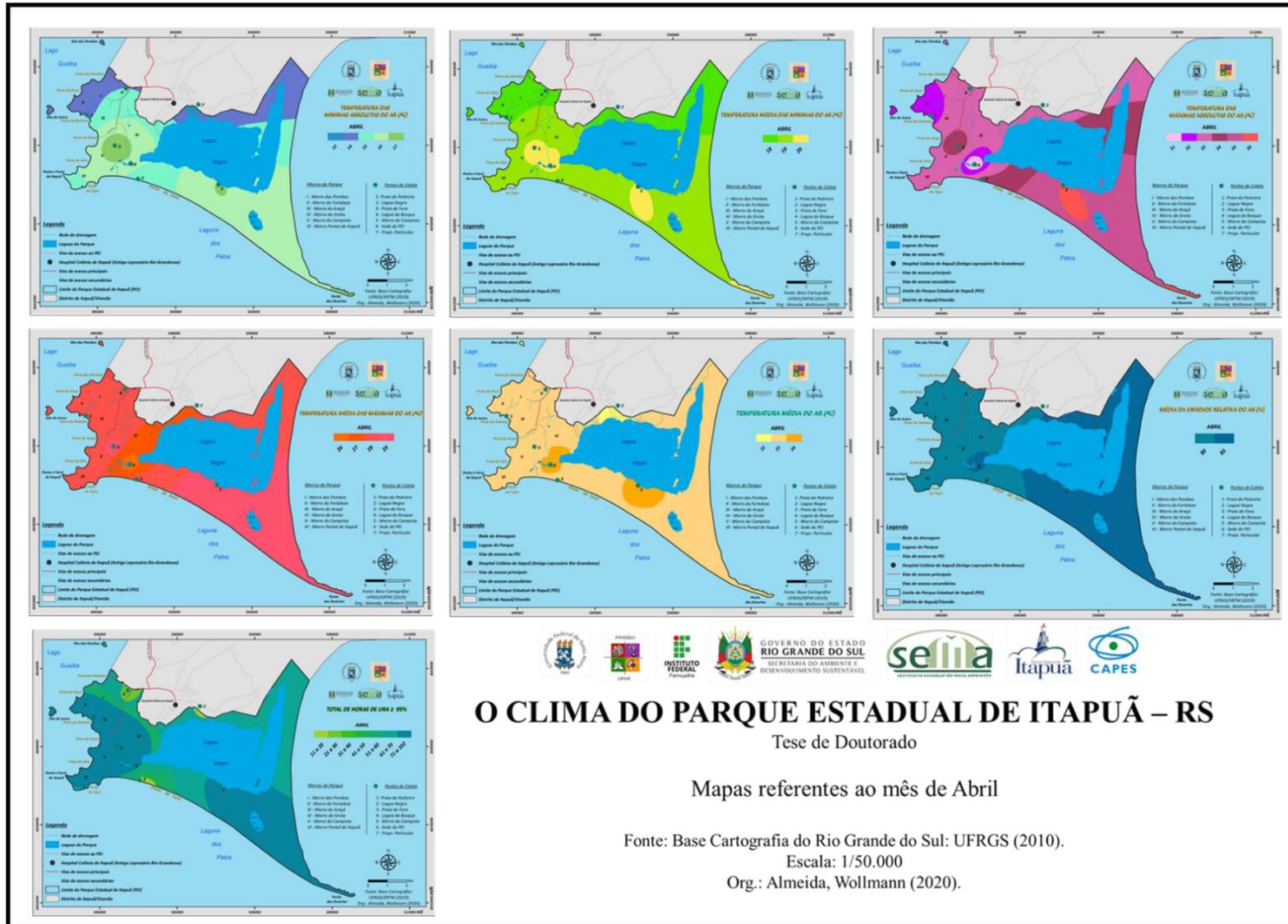
Por sua vez, nos ambientes P1, P2 e P4 o quantitativo de horas são variadas, com valores intermediários entre os de maior e menor número de horas ao mês. É importante destacar que o volume de chuvas registradas em março foi de 141 mm, volume que certamente contribuiu para o aumento no número de horas com UR média maior ou igual a 95%, conforme verificado na maioria dos ambientes, da mesma forma que os ventos úmidos de sudeste, os mais frequentes do mês, colaboram para esse aumento.

5.1.14 Variabilidade da temperatura e da umidade relativa do ar em abril

O mapa de temperatura mínima absoluta de abril apresenta uma distribuição espacial no PEI composta por cinco valores mínimos, o menor deles ocorre no P7 onde a temperatura é 13,0 °C, enquanto P1, P6, setor nordeste e grande parte dos setores norte e noroeste registram 14,0 °C. Nas áreas do entorno ao P5, P2 e faixa de terra na Ponta das Desertas são encontrados campos térmicos mínimos de 17,0 °C, contudo, os maiores domínios térmicos são de 15,0 °C e 16,0 °C, ficando o P3 no campo térmico dos 15,0 °C e o P4, no de 16,0 °C.

Durante o mês as temperaturas mínimas encontradas no PEI oscilam entre 13,0 °C e 17,0 °C, portanto, possuem uma amplitude térmica de 4,0 °C.

Figura 70 - Mapas das Temperaturas e umidade relativa do ar em abril



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Quanto ao mapa de temperatura média das mínimas, são verificados três valores médios mínimos no PEI, com menor valor (18,0 °C) nos setores ao norte e ambientes P1, P6, P7. Em contrapartida, a maior temperatura média mínima (20,0 °C) é registrada no P2, P4, P5, conjunto lagunar e Ponta das Desertas, enquanto 19,0 °C são registrados no P3. No mês de abril, a amplitude térmica é de 2,0 °C com temperaturas médias mínimas entre 18,0 °C e 20,0 °C.

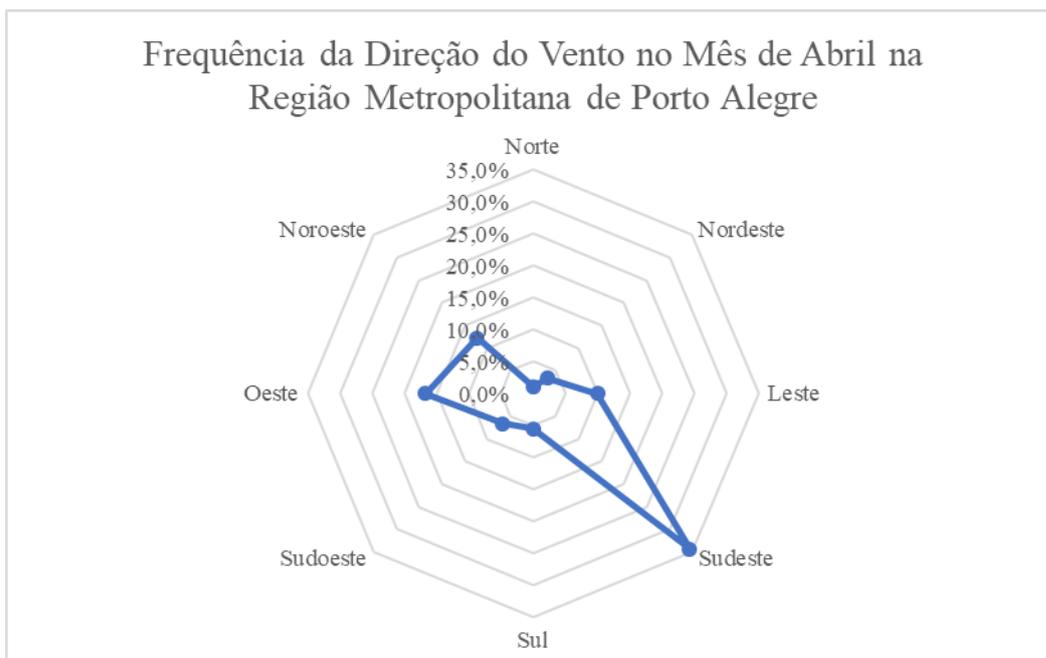
No mapa das temperaturas máximas são encontrados seis valores no PEI com maior registro de 36,0 °C ocorrendo no P2, enquanto o menor (31,0 °C) é encontrado no P4 e área adjacente. Durante o mês, maior parte da UC está sob o domínio dos 33,0 °C, valor térmico que abrange os ambientes P6, P7, setor norte, noroeste, nordeste e parte do oeste e sudoeste. Já no P3, P5 e maior parte do setor leste são registrados 34,0 °C e no P1 e área limítrofe ao campo térmico do P4 (32,0 °C).

A diferença entre a maior e menor temperatura máxima absoluta em abril é 5,0 °C, com temperaturas entre 31,0 °C e 36,0 °C. No mapa de temperatura média das máximas são quatro valores, cuja distribuição espacial é: o maior valor (26,0 °C) ocorre num campo térmico no entorno do P4, enquanto nos ambientes P5, P2, setor sudeste e parte dos setores sul e leste são registrados 29,0 °C. Por sua vez, no P7 são aferidos 27,0 °C e na maior parte do PEI, 28,0 °C, cuja abrangência envolve os ambientes P1, P3 e P6. Durante abril, os valores médios oscilam entre 26,0 °C e 29,0 °C com uma amplitude térmica mensal de 3,0 °C.

Considerando o mapa dos valores médios de temperatura verifica-se uma variabilidade entre 22,0 °C e 24,0 °C, com área de menor valor médio no P7, entretanto, maior parte do PEI apresenta valor médio de 23,0 °C, nesse domínio, estão inseridos o P1, P3, P5 e P6, enquanto outros dois campos de igual temperatura são localizados no entorno do P2 e P4 onde são registrados o maior valor de temperatura média do mês (24,0 °C).

Ao ter como foco de análise o mapa de UR média, observa-se uma distribuição espacial higrométrica muito semelhante às encontradas nos meses de janeiro e março, cuja maior diferença está no maior percentual de vapor d'água presente no ar atmosférico do PEI. Toda metade leste, incluindo o P2 e P4, registram 85% de UR, enquanto no P1, P3, P5, P6 e P7 são registrados 80% para o mês. De acordo com os dados obtidos junto à Estação Meteorológica Automática de Superfície de Porto Alegre, a segunda maior frequência na direção dos ventos em abril é de orientação W (Figura 71).

Figura 71 - Gráfico de frequência da Direção do Vento no Mês de Abril



Fonte: Dados da Estação Meteorológica de Porto Alegre, obtidos em <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>
Org.: Os autores

Portanto, é provável que os ventos de oeste, por serem continentais, e geralmente mais quentes e menos úmidos, tenham contribuído para a pequena diferença de UR do ar entre os ambientes P1, P3, P5, P6 e P7 em relação ao P2 e P4, ambientes menos expostos à ação dos ventos deste quadrante, tendo em vista que o primeiro fica protegido pelo relevo vizinho mais alto situado a oeste do PEI, enquanto o segundo, além dos morros circundantes, a presença da floresta ajuda interceptar a ação dos ventos desta direção.

Sobre o mapa das horas de UR maior ou igual a 95%, é possível observar que em praticamente todos os ambientes ocorre um aumento no número total de horas, com os ambientes de maior número em ordem decrescente, tem-se o P5, P1, P4 e P2, portanto, o P5 é mais uma vez, o ambiente de maior número de horas com UR maior ou igual a 95%.

O aumento no número de horas de UR próxima ao ponto de saturação no P1, P2 e P4 está provavelmente relacionado às características locais desses ambientes e, principalmente, à disponibilidade hídrica na superfície do solo, enquanto no P5 se deve à altitude, cobertura da terra e orientação de sua vertente. Além disso, deve-se acrescentar a baixa velocidade dos ventos, que em abril possui em média 1,4 m/s, a menor, entre os meses analisados, segundo dados da Estação Meteorológica de Porto Alegre. Em condições de menor turbulência do ar atmosférico, a quantidade de umidade que evapora da superfície tende a ficar próxima da sua

fonte de origem, contribuindo, assim, para uma maior quantidade de vapor d'água presente na camada de ar mais próxima ao solo.

Assim como ocorre em março, os menores totais de horas mensais de UR maior ou igual a 95% ocorrem no P7 e P3, onde respectivamente foram registrados doze e quatorze horas de umidade próximas ao seu ponto de saturação. Por serem os mesmos ambientes do mês anterior, os fatores responsáveis pelo menor quantitativo de horas em cada um são os mesmos apresentados em março. É oportuno destacar que, em abril, os ventos em sua maioria também sopram do quadrante sudeste e que o índice de chuvas na UC foi de 88mm.

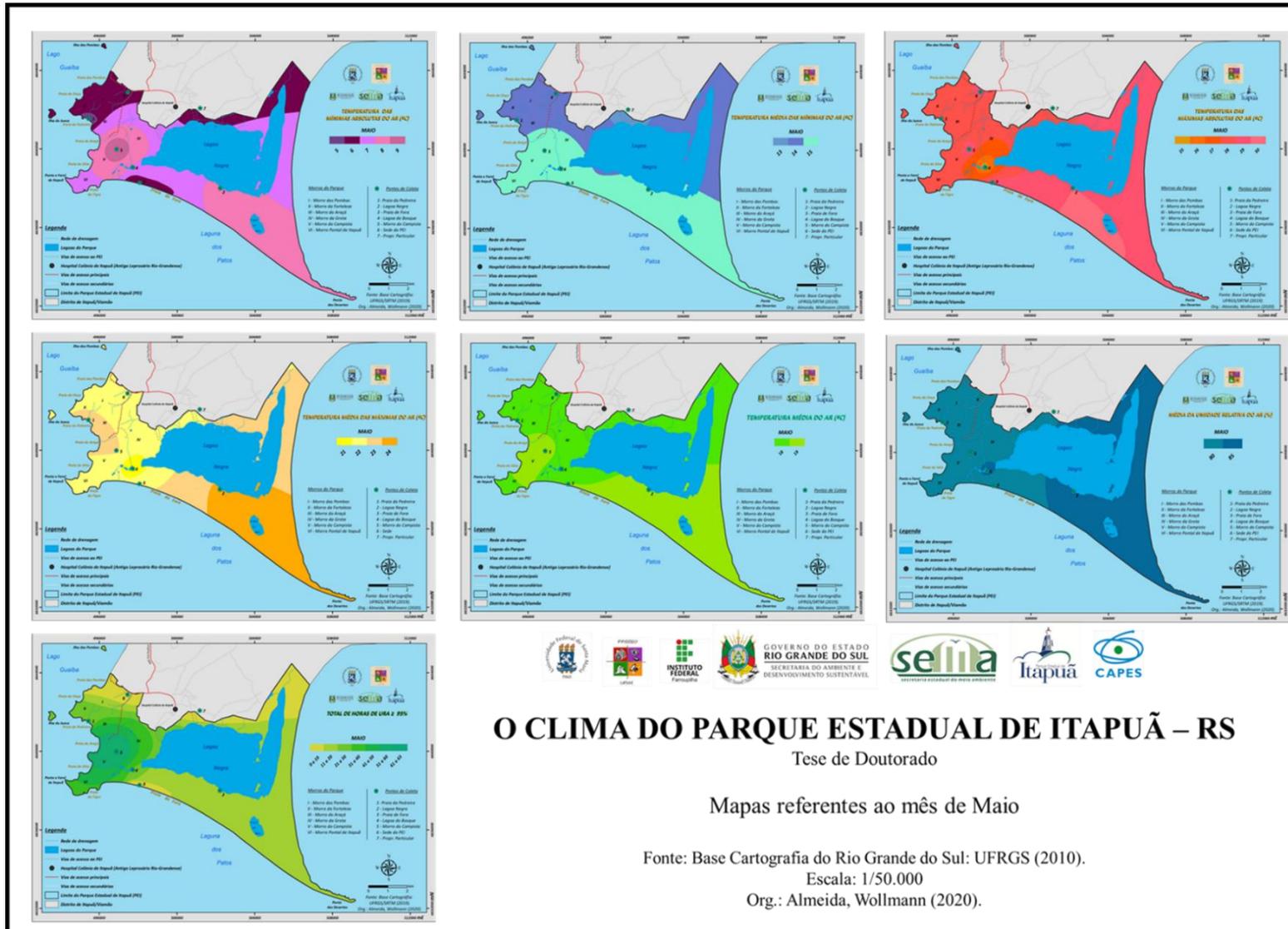
5.1.15 Variabilidade da temperatura e da umidade relativa do ar em maio

No mapa de temperatura mínima absoluta de maio (Figura 72) aparecem cinco valores mínimos, sendo o menor (5,0 °C) registrado no P1 e área próxima, enquanto nos ambientes P3, P6, P7, porção noroeste, norte, nordeste e pequena faixa costeira a sudoeste do PEI são encontrados 6,0 °C. O maior valor mínimo forma um campo térmico de 9,0 °C em torno do P5, e no P2 são aferidos 8,0 °C, valor que se estende do sudeste da UC até a Ponta das Desertas e em grande parte dos morros da Grota, Campista e conjunto lagunar.

Por sua vez, no P4 e áreas do leste e sudoeste são registrados 7,0 °C de temperatura mínima. A amplitude térmica do mês é 3,0 °C com uma escala de temperaturas entre 6,0 °C e 9,0 °C. Em maio, o mapa de temperaturas médias das mínimas mostra três valores, com menor valor no P7 e área próxima onde são registrados 13,0 °C. O restante do PEI está dividido entre o domínio dos 14,0 °C, que abrange P1, P6 e setor noroeste, nordeste e leste e o domínio dos 15,0 °C registrados no P2, P3, P4, P5, conjunto lagunar e setores mais ao sul da UC. A diferença entre a maior e menor temperatura média mínima é 2,0 °C, com temperaturas no PEI entre 13,0 °C e 15,0 °C.

No mapa de temperaturas máximas são observados seis valores máximos, o maior é registrado no P2, parte do sul e sudeste do PEI onde são aferidos 30,0 °C, em contrapartida, o menor valor (25,0 °C) aparece no P4 e entorno. Nos ambientes P3, P5, P6, setor leste, nordeste, sudeste e maior parte do sul são registrados 29,0 °C, enquanto P1, P7, quadrante norte e parte dos setores oeste, sudoeste e praticamente todo o Noroeste estão sob o domínio dos 28,0 °C. A diferença entre a maior e menor temperatura máxima absoluta registrada é 5,0 °C com valores entre 25,0 °C e 30,0 °C.

Figura 72 - Mapas das temperaturas e umidade relativa do ar em maio



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Ao considerar o mapa de temperatura média das máximas são verificadas quatro classes, a de maior valor (24,0 °C) ocorre no setor sul/sudeste e P2. No outro extremo, tem-se o P4 e entorno onde é encontrado o menor valor (22,0 °C). Por sua vez, os ambientes P3, P6 e P7 estão sob o domínio dos 22,0 °C e os ambientes P1, P5, setores nordeste, leste e porções de terras ao norte, sul e oeste sob o de 23,0 °C. A amplitude térmica mensal das temperaturas médias máximas é 3,0 °C, com temperaturas na UC entre 21,0 °C e 24,0 °C.

Sobre os valores médios de temperatura do ar, o mapa retrata uma UC sob o domínio de dois valores médios, o menor (18,0 °C) abrangendo todos os setores ao norte do PEI, assim como algumas porções de terras ao oeste, leste e sudoeste, assim como os ambientes P1, P4, P6 e P7, enquanto no P2, P3 e P5 são 19,0 °C de temperatura média.

Ao analisar o mapa de UR média do mês, constata-se que as condições higrométricas no PEI são as mesmas encontradas em abril, tanto em sua distribuição espacial como em seus valores, portanto, manteve-se constante. Entretanto, ao analisar o mapa de horas com UR maior ou igual a 95%, verifica-se que em relação aos demais meses do outono, maio é o que apresenta menor número de horas com UR próxima ao seu ponto de saturação em praticamente toda UC.

Tendo em vista que não há déficit de precipitações, pois são 116 mm de chuvas ao mês (ALMEIDA; WOLLMANN; HOPPE, 2019), as influências recaem sobre os fatores macro e mesoescalar. Isso se dá porque, durante o último mês do outono no hemisfério sul, a frequência da Massa de ar Polar Atlântica na região começa a aumentar, devido à intensificação do Anticiclone Polar Atlântico (APA), fonte de origem desta Massa de ar.

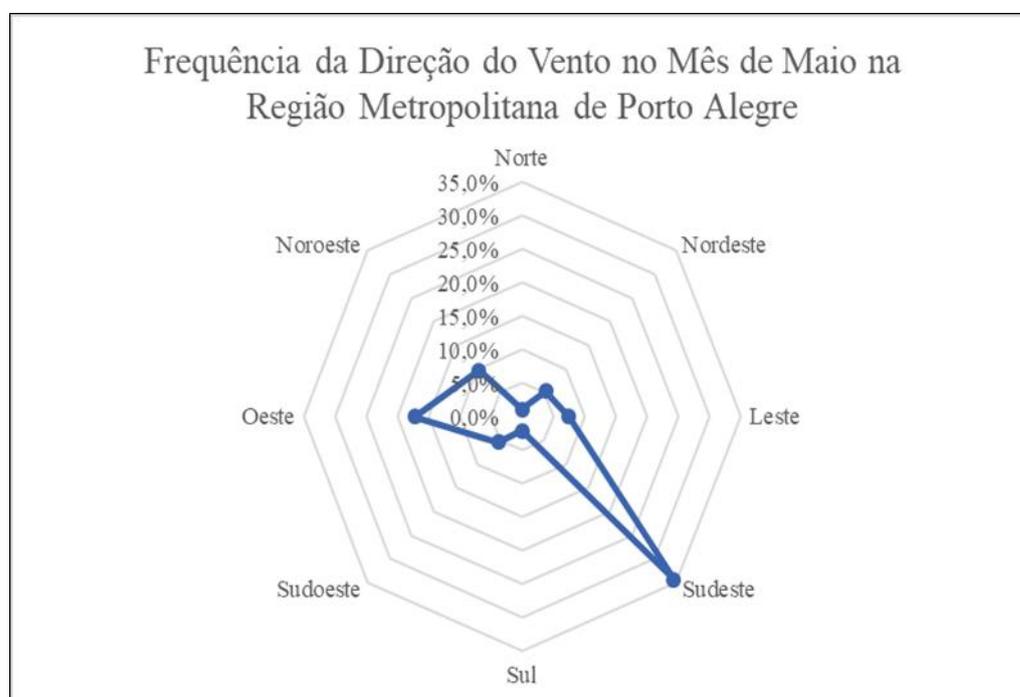
Da mesma forma, os processos de tropicalização tornam-se mais demorados devido à declinação do sol, que leva à gradativa diminuição da insolação, da entrada de radiação solar e, por consequência, da temperatura do ar, conforme Sartori (2003). Portanto, a redução do número de horas com umidade maior ou igual a 95% está relacionada a fatores de ordem escalar macroclimática.

As diferenças no número de horas entre os ambientes ocorrem em função de suas características fisiográficas, portanto, vinculados à escalas topo e microclimática, cujo maior número de horas de UR maior ou igual a 95% ocorre no P5 (63 horas), seus principais controles já foram discutidos e o menor número é registrado no P6, P7 e P3 (entre 0 e 10 horas). No caso do P6, a cobertura da terra por solos desnudos, localização em colina de substrato arenoso de baixa capacidade de armazenamento de água e orientação do relevo favorável à ação dos ventos de oeste, o segundo de maior frequência (Figura 73), são os principais fatores/controles do menor número de horas registradas nesse local.

Isso ocorre porque em áreas de solos desnudos e de pouca disponibilidade hídrica, a temperatura local aumenta com facilidade no decorrer do dia, com isso as moléculas de gases que compõe o ar atmosférico se expandem, dando a massa de ar maior capacidade de conter umidade. Além disso, como não há grande disponibilidade de água na superfície do solo no P6, o que é agravado pelos ventos continentais de oeste (de baixa umidade), se tornam os principais controles locais do baixo número de horas com UR próxima ao seu ponto de saturação.

No caso do P7, a cobertura da terra e presença de umidade no solo impedem que a temperatura do ar circundante se eleve e, com isso, diminui a capacidade térmica do ar em transformar água líquida em estado gasoso.

Figura 73 - Gráfico de Frequência da Direção do Vento no Mês de Maio



Fonte: Dados da Estação Meteorológica de Porto Alegre, obtidos em <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>
Org.: Os autores

Por sua vez, no P3, a cobertura da terra é o principal motivo pelas poucas horas de UR maior ou igual a 95%, pois seu solo arenoso, praticamente desnudo e, em geral, com pouca umidade conferem ao terreno baixa disponibilidade hídrica, ao mesmo tempo, que contribui para elevar sua temperatura do ar e aumentar sua capacidade higrométrica, exigindo assim,

uma maior quantidade de massa de vapor d'água para saturar o ar ambiente. Por isso, em locais de maior temperatura do ar, a tendência é ocorrer uma redução de sua umidade relativa.

5.1.16 Variabilidade da temperatura e da umidade relativa do ar no outono

O mapa das temperaturas mínimas de outono (Figura 74) registra cinco valores, o menor (5,0 °C) aparece no P1, P7, extremo noroeste, nordeste e pequena fração de terra ao norte do PEI, enquanto o maior ocorre em campo térmico no entorno do P5 onde a temperatura é 9,0 °C. Durante a estação, maior parte do PEI está sob o domínio dos 7,0 °C, nela estão inseridos o P2 e P4 e, por fim, são identificados dois campos térmicos de menor abrangência no entorno do P3 e P6 onde a temperatura mínima é 6,0 °C. A amplitude térmica para o outono é 4,0 °C com temperaturas entre 5,0 °C e 9,0 °C.

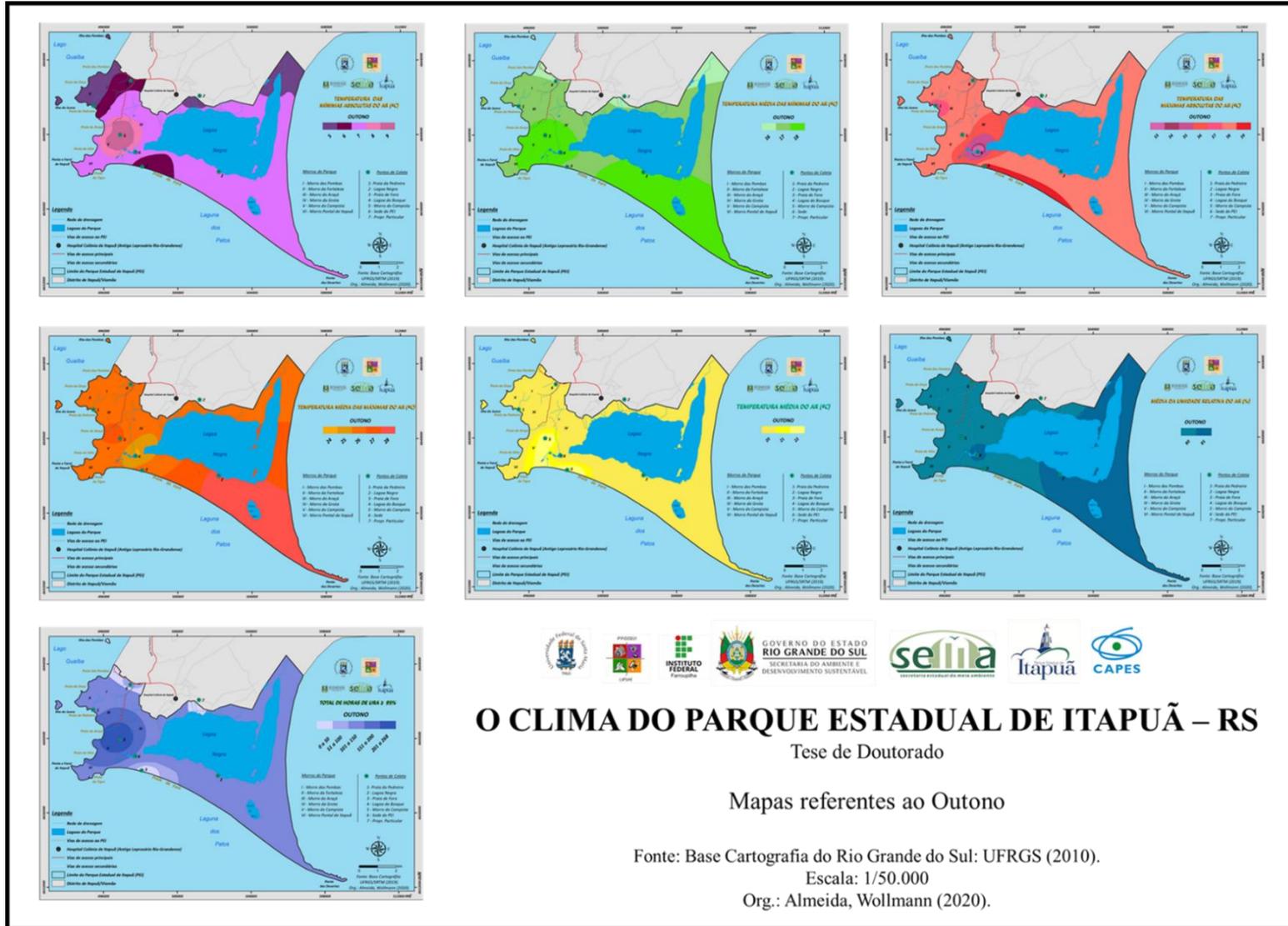
No mapa de temperatura média das mínimas são três classes, a de menor valor é encontrada nos ambientes P6, P7, extremo noroeste, norte e nordeste onde a temperatura é 16,0 °C. No P1, P3, setor leste, parte do norte, nordeste, sudoeste e noroeste a temperatura é 17,0°C. Há também outras duas áreas de igual temperatura, uma situada ao sul e sudeste do PEI incluindo o P2, Lagoa do Meio e Ponta das Desertas e outra formando um grande campo térmico de 18,0 °C ao oeste e sudoeste da UC, onde inclui o P4, P5 e conjunto lagunar.

No outono a diferença entre o maior e menor valor de temperatura média mínima é 2,0 °C, com variação de temperaturas entre 16,0 °C e 18,0 °C, com menor valor ocorrendo no setor norte da UC e o maior, em sua porção mais ao sul e ambientes P2, P4 e P5.

Na estação do outono o mapa de temperatura máxima absoluta aparece com sete classes, a de maior valor (39,0°C) é restrita ao P3 e pequena faixa costeira na Praia de Fora, por outro lado, o menor valor ocorre no P4 onde são aferidos 33,0°C.

Nessa época do ano maior parte do PEI apresenta temperatura máxima de 38,0°C, cuja abrangência envolve P2, P5 e P6 se estendendo pelos quadrantes leste, nordeste, sudeste, noroeste, maior parte do norte, sul e em partes do oeste e sudoeste. Ainda são observados dois campos térmicos de 37,0 °C que se formam no P1 e P7. Para a estação a diferença entre o maior e menor valor máximo é 6,0 °C com temperaturas entre 33,0 °C e 39,0 °C.

Figura 74 - Mapa de temperatura e umidade relativa do ar no outono



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Quanto ao mapa de temperatura média das máximas verifica-se que, assim como no verão, o outono também registra cinco classes, que fragmentam o espaço territorial do PEI em áreas de diferentes temperaturas. A classe de maior valor (28,0 °C) aparece no P2 e setor sudeste, enquanto no P4 e entorno são aferidos o menor valor médio máximo da estação (24,0 °C).

Nessa época do ano, maior parte do PEI está sob o domínio dos 26,0 °C, valor que abrange os ambientes P1, P3, P6 e P7, já nos setores leste, sul, P5 e praia do Araçá são registrados 27,0 °C de temperatura média máxima. A amplitude térmica da estação é a mesma verificada no verão, ou seja, 4,0 °C, porém com temperaturas na UC entre 24,0 °C e 28,0 °C.

Ao considerar o mapa de temperatura média do ar, constata-se que o outono é a única estação do ano que possui três valores médios, cuja espacialização ocorre da seguinte forma: a área de menor temperatura (20,0 °C) é também a de maior abrangência, pois ocorre em praticamente todos os setores e ambientes (P1, P2, P4, P6 e P7), enquanto um pequeno recorte espacial de 22,0 °C é encontrado entre o oeste e sudoeste, P3 e P5. Por fim, nas proximidades desses ambientes, ocorre uma faixa de terra onde a temperatura é 21,0 °C.

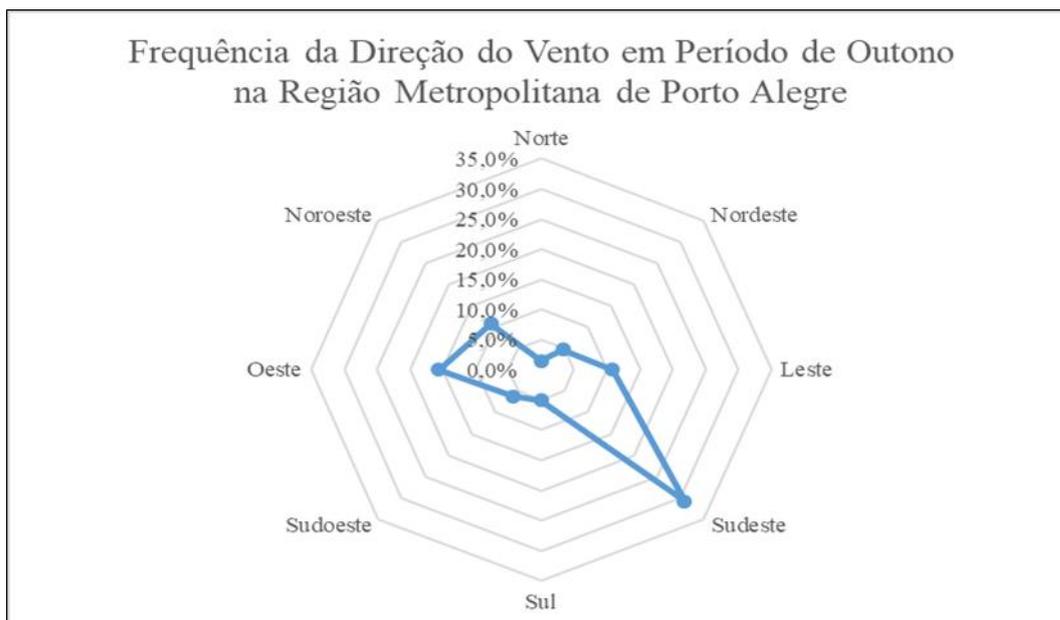
No mapa de UR média do ar para o outono, verifica-se um espaço territorial mais homogêneo em seus percentuais, com valores entre 80% e 90% de UR. A menor variação entre as estações do ano e também a de maior índice registrado ao ano. Assim como ocorre no verão, o maior percentual de umidade ocorre no P2, P4 e praticamente toda metade leste da UC onde são registrados 85% de UR média do ar, enquanto na metade oeste e demais ambientes são encontrados 80%.

Os ventos de direção SE são a maioria, embora menos frequentes que nas demais estações do ano, mas quando sopram trazem consigo umidade do oceano para dentro do PEI (Figura 75). Nessa época, a ação dos ventos úmidos de SE e os 345 mm de chuvas registradas na estação são importantes controles da umidade relativa do ar na UC.

Ao analisar o mapa do número de horas com UR maior ou igual a 95% constatou-se um substancial aumento no quantitativo horário de umidade em alguns ambientes, cujas diferenças entre eles são observadas pela heterogeneidade de espaços representados pelo mapa. Em geral, o aumento no número de horas em relação ao verão está diretamente associado ao maior volume de precipitações pluviométricas registradas no outono, o segundo maior volume entre as estações do ano (ALMEIDA; WOLLMANN; HOPPE, 2019).

Além do alto volume de chuvas, tem-se também a ação dos ventos oceânicos de sudeste, os mais frequentes da estação, que sem dúvidas corroboram para aumentar a UR presente na camada de ar mais baixa da troposfera.

Figura 75 - Gráfico de Frequência da Direção do Vento em Período de Outono



Fonte: Dados da Estação Meteorológica de Porto Alegre, obtidos em <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>
Org.: Os autores

O maior número de hora é encontrado no P5, ambiente mais elevado da UC, que manteve em outono o posto de maior registro (268 horas) de UR maior ou igual a 95%, seguido pelo P4, P2 e P1, ambientes enquadrados no segundo maior intervalo de classe da estação (entre 101 e 150 horas).

As causas do maior número de horas no P5 são as mesmas apresentadas em análises anteriores, enquanto no P4, P2 e P1 estão relacionadas à maior disponibilidade de água em superfície, seja devido à presença da floresta no P4; pela disponibilidade hídrica do terreno pelo aumento no nível das águas da Lagoa Negra no P2 ou pela umidade que desce dos morros adjacentes no P1, além, é claro, do maior volume de chuvas ocorridas na estação.

Por sua vez, os menores quantitativos horários de UR maior ou igual a 95% ocorrem em dois ambientes distintos (P7 e P3), cujas causas estão relacionadas ao tipo de cobertura da terra e disponibilidade hídrica no terreno. No caso do P7, a cobertura da terra é formada por campos em regeneração com alto teor de umidade no solo, sua temperatura ambiente não se eleva com facilidade, pois solos cobertos e úmidos exigem maior quantidade de radiação solar direta para se aquecer. Portanto, há menor quantidade de energia térmica nas camadas de ar próximas ao solo para evaporação, o que ajuda manter a umidade no ambiente e contribui para ocorrência de poucas horas de UR maior ou igual a 95%.

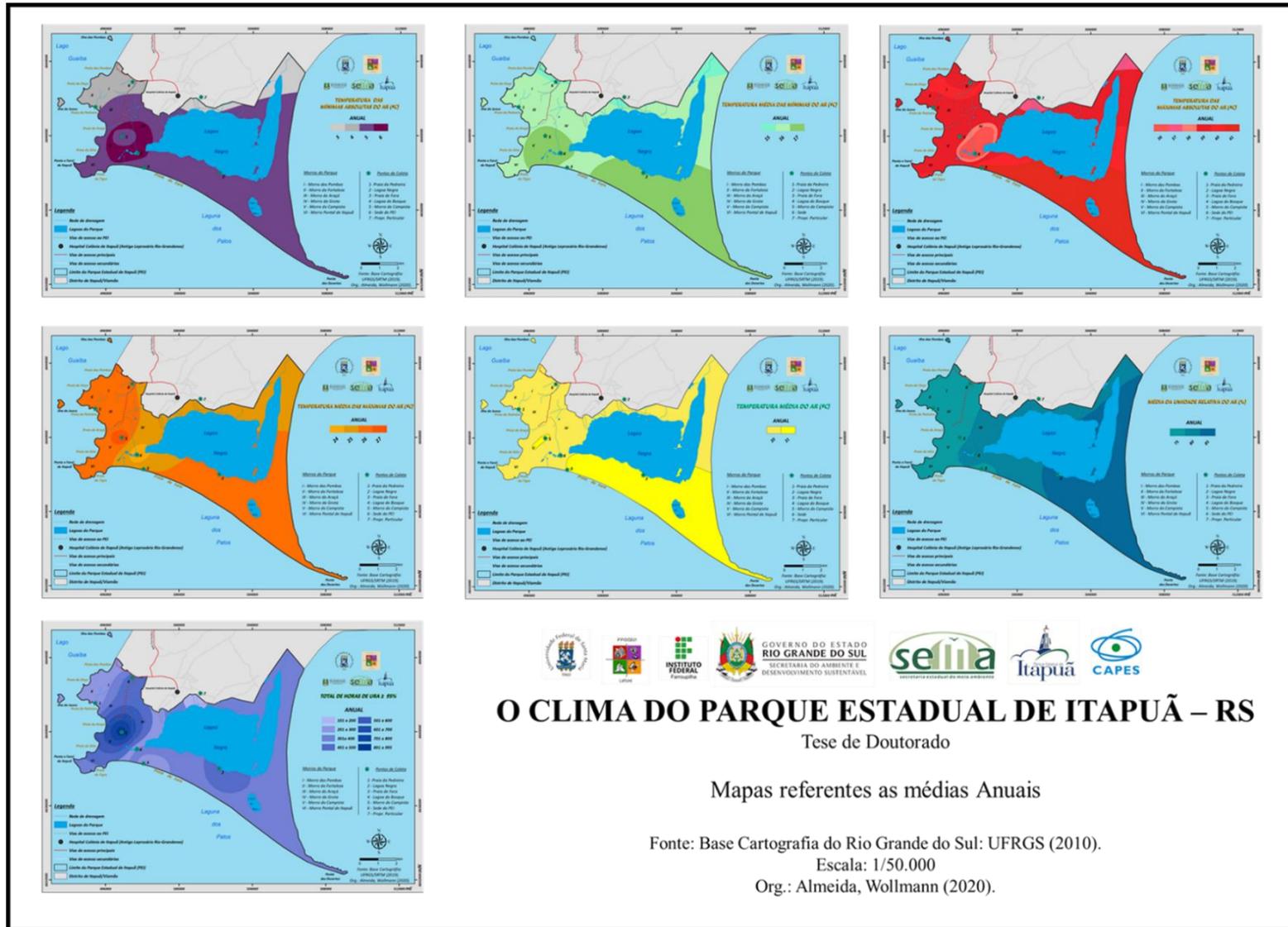
No P3, o solo arenoso, pouco úmido e em geral desnudo contribui para menor disponibilidade hídrica do terreno, que juntamente às altas temperaturas máximas registradas no outono favorecem o menor número de horas com UR maior ou igual a 95%, em função da correlação negativa entre temperatura e umidade, ou seja, quando maior for a temperatura do ar, menor será sua UR e vice-versa.

Deve-se ressaltar ainda que mesmo apresentando menor disponibilidade de água em superfície, o P3 registra maior número de horas com elevada umidade do que o P7, cuja explicação está na diferença de temperatura do ar entre ambos, pois, no P3, são registrados dois graus a mais que no P7, conforme consta no mapa das temperaturas máximas absolutas da estação. Isso ocorre segundo Kunz et al. (2007) devido à evaporação ser mais elevada em solos sem cobertura vegetal, pois uma maior quantidade de energia consegue chegar à superfície desnuda, se comparada às superfícies vegetadas, compensando assim, em alguns casos, a menor disponibilidade hídrica do terreno.

5.1.17 Variabilidade das temperaturas e da umidade relativa do ar ao ano

Em escala temporal anual, o mapa de temperatura mínima absoluta (Figura 76) possui quatro classes térmicas, com menor valor (3,0 °C) registrado no P7, norte e nordeste do PEI, enquanto setor noroeste, ambientes P1 e P6 a mínima anual é 4,0 °C. Ao ano a maior parte da UC incluindo P2, P3, P5, setores leste, sudeste, sul e praticamente toda linha de praia apresentam temperatura mínima de 5,0 °C. O maior valor mínimo registrado é 6,0 °C no P4 e conjunto lagunar, sendo a diferença entre a maior e menor temperatura mínima ao ano de 3,0 °C, com valores mínimos na UC entre 3,0 °C e 6,0 °C.

Figura 76 - Mapas das temperaturas e umidade relativa média Anual



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

A variabilidade da temperatura média das mínimas ao ano é composta por três valores, com ocorrência do menor valor no extremo noroeste, nordeste e parte do norte, onde a temperatura é 15,0 °C. Resultado que ratifica o identificado nas estações do ano, ou seja, que esses setores, junto ao P6 e P7 são os espaços mais frios da UC, segundo as temperaturas médias das mínimas. No P1, P3, setor leste, parte do noroeste, oeste, sudoeste, norte e nordeste a temperatura é de 16,0 °C.

Outros dois campos de igual temperatura (17,0 °C) também são encontrados na UC, um no P2 situado ao sul/sudeste e outro ao oeste/sudoeste envolvendo o P4, P5 e conjunto lagunar. A diferença entre a maior e menor temperatura média mínima ao ano é 2,0 °C, mesmo valor encontrado no outono, inverno e primavera, com variação anual no PEI entre 15,0 °C e 17,0 °C.

Quanto ao mapa de temperatura máxima absoluta anual, são verificadas seis classes, a de maior valor é encontrada no P2, P3, porções sudeste, sul, pequena fração de terras ao sudoeste e praticamente em toda extensão da Praia de Fora onde são registrados 41,0 °C. Outra grande área envolvendo P1, P5 e P6 registra 39,0 °C de valor máximo ao ano, cuja abrangência atinge praticamente todo oeste, nordeste e partes do norte, noroeste e sudoeste. O menor valor máximo ao ano ocorre no P4 e conjunto lagunar onde são registrados 36,0 °C, enquanto no P7 e extremo nordeste são 37,0 °C. A amplitude térmica anual é 5,0 °C, com temperaturas máximas entre 36,0 °C e 41,0 °C.

Quanto ao mapa de temperatura média das máximas, são observados quatro valores, cuja distribuição e ocorrência na UC é a seguinte: assim como ocorre em todas as estações do ano, o menor valor de temperatura média máxima anual (24,0 °C) acontece no P4 e entorno. Por outro lado, o maior valor térmico médio é encontrado no P5 onde a temperatura é 27,0 °C. Durante o ano P1, P2, P3, P6 e maior parte das terras do PEI estão sob o domínio dos 26,0 °C, enquanto P7, setores norte, nordeste e parte do oeste e sudoeste registram 25,0 °C. A amplitude térmica anual fica em 3,0 °C com temperaturas média das máximas entre 24,0 °C e 27,0 °C.

O mapa de temperatura média anual também reflete o encontrado na maioria das estações do ano, pois apresenta dois valores térmicos, o de maior abrangência (20,0 °C) ocorre nos ambientes P1, P4, P6, P7 e praticamente todos os setores da UC, com exceção dos ambientes P2, P3, P5 e setores sul, sudeste e parte do sudoeste, onde a temperatura média anual é 21,0 °C. Quanto aos valores de temperatura média anual é importante mencionar que o maior valor (21,0°C) ficou acima dos 19,5°C encontrados por Maluf (2000). Isso ocorre devido à UC estar situada mais ao leste do RS, mais próxima das influências do Oceano

Atlântico se comparada à Estação Meteorológica de Porto Alegre, parâmetro utilizado para caracterizar o tipo climático STUM (Subtropical Úmido) proposto pelo supracitado autor, cuja área de abrangência se estende por quase todo litoral sul-rio-grandense.

Pelo mesmo motivo encontra-se acima dos valores mencionados por Sartori (2016) para a região da Planície Costeira, cuja temperatura média anual fica entre 18,0 °C e 20,0 °C e superior aos 17,0 °C e 20,0 °C encontrados por Rossato (2014) para o tipo climático Subtropical II, que segundo sua classificação abrange o Litoral Médio do Rio Grande do Sul.

Ao considerar o mapa de UR média anual verifica-se que, em linhas gerais, a variabilidade higrométrica no PEI refletiu o encontrado na maioria dos mapas mensais e sazonais de umidade, não havendo, portanto, discrepância entre os ambientes mais ou menos úmidos, assim como em seus valores de umidade. Durante o ano, a UC apresenta níveis elevados de UR com valores entre 75% e 85%.

Ao ano a maior parte de suas terras registra percentuais entre 80% e 85%, sobretudo nas áreas mais baixas e planas, sendo o P2, o ambiente mais úmido (85% de UR média), seguido pelo P4 e P7, ambos com 80% e os demais (P1, P3, P5 e P6), com 75% de umidade.

Observa-se que com exceção do P3, todos os ambientes de menor UR estão situados no oeste ou extremo oeste do PEI, dois deles, em terrenos acidentados, de maior declive e altimetria, cuja localização, topografia, cobertura da terra, altitude, disponibilidade Hídrica e ação dos ventos regionais são os principais controles higrométricos. Nas escalas topo e microclimática, têm-se as respostas para esse quantitativo de umidade, cujo grau de influência varia conforme cada ambiente.

Além desses controles foi possível verificar também a influência de fatores macroclimáticos, a qual não foi objeto maior da pesquisa, mas que se mostrou relevante no decorrer das análises, sobretudo, quando relacionado à mudança no ângulo de incidência de radiação solar, devido à curvatura da Terra e ao movimento de translação, cujas respostas às alterações foram dadas pelo terreno em nível escalar topo e, principalmente, microclimático.

No mapa anual do número de horas com UR maior ou igual a 95%, constata-se uma UC heterogênea, cujos valores de UR são diferentes em todos os ambientes. Em geral, o mapa anual vai ao encontro dos mapas sazonais, ou seja, que o maior número de horas ocorre nas partes mais elevadas do PEI, sendo o P5 o ambiente de maior número, tendo em vista que contabiliza 995 horas ao ano. Na sequência, têm-se o P2 e P6, ambientes que apesar de suas diferenças fisiográficas e fatores intervenientes registram 450 e 447 horas, respectivamente.

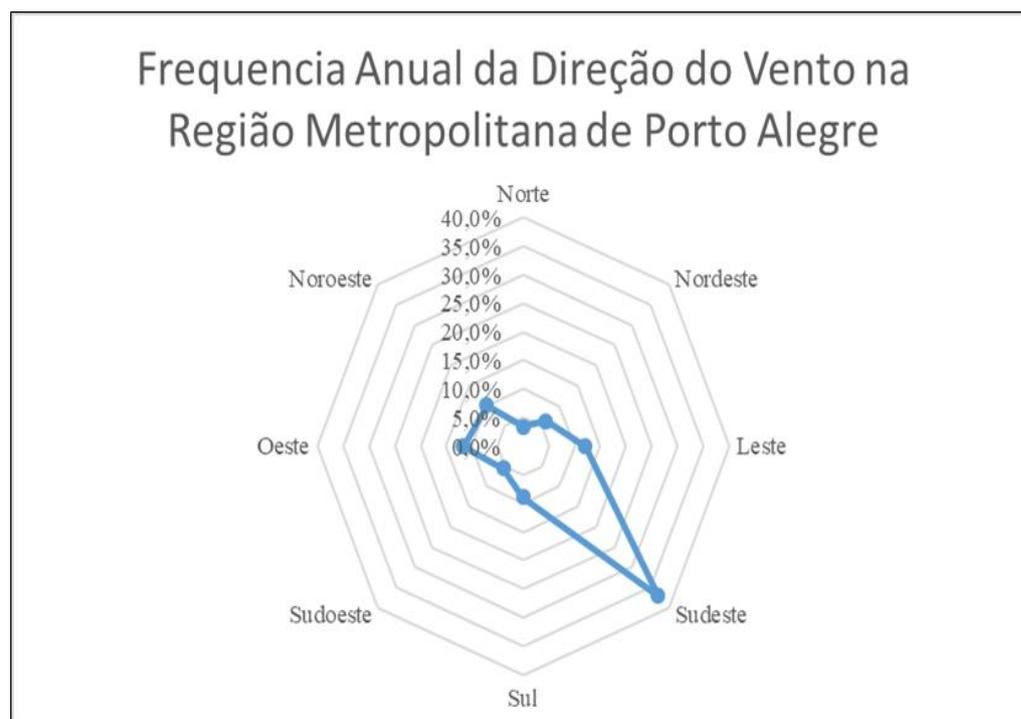
O maior número de horas no P5 se deve a altitude (162 m), exposição e orientação de sua vertente para o quadrante leste/nordeste, cujas peculiaridades favorecem a incidência solar

direta no terreno. Além disso, a cobertura da terra por campos rupestres e, sobretudo, pela presença de afloramentos rochosos faz com que o aquecimento diurno da superfície rochosa seja mais rápido e eleve a temperatura do ar ambiente. Essa elevação de temperatura forma correntes de convecção nos baixos níveis da atmosférica, dando origem a um gradiente de pressão menor do que o encontrado em áreas de menor altimetria, devido ao aquecimento diferencial entre as encostas superiores e inferiores.

Essa área de menor pressão acaba convergindo o ar úmido das baixas encostas cobertas por florestas (área de maior pressão) durante o dia, tornando-as mais umidificadas. Portanto, acredita-se que o maior número de horas com UR maior ou igual a 95% no P5 ocorra principalmente pela ação dos ventos anabáticos e pelos movimentos convectivos do ar ocorridos em terrenos mais baixos, que ao se elevarem carregam consigo grande aporte higrométrico no ar.

Quando ao P2, segundo ambiente de maior número de horas, sua localização a sudeste do PEI favorece a ação dos ventos úmidos de sudeste e leste, que ao ano sopram em maior frequência na região, conforme Figura 77.

Figura 77 - Gráfico de Frequência Anual da Direção do Vento



Fonte: Dados da Estação Meteorológica de Porto Alegre, obtidos em <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>
Org.: Os autores

Os movimentos horizontais do vento juntamente à elevada umidade no solo (devido ao extravasamento das águas da Lagoa Negra) confere ao P2 grande disponibilidade higrométrica no ar, especialmente entre outono e primavera, período de maior volume de chuvas no PEI (ALMEIDA; WOLLMANN; HOPPE, 2019). Além disso, a presença de solos arenosos e desnudos favorece o aquecimento do terreno, elevando sua temperatura, e como há disponibilidade hídrica, o processo evaporativo é mais intenso.

No P6 os fatores intervenientes no número de horas de UR maior ou igual a 95% são os mesmos que no P5: altitude, orientação de vertente e cobertura da terra, muito embora de atuação menos intensa.

Quanto ao ambiente de menor número de horas, mais uma vez, o mapa anual ratifica o encontrado sazonalmente, pois embora o P7 divida o posto em algumas estações, no cômputo anual, ele aparece sozinho na menor classe (entre 101 - 200 h), sendo, portanto, o ambiente de menor número de horas com UR maior ou igual a 95% de toda a UC. Isso ocorre porque a cobertura da terra no P7 é formada por campos em regeneração e, principalmente, pelo alto teor de umidade no solo, principais responsáveis pelo reduzido número de horas. Uma vez que, a presença da água, cujo calor específico é maior que das superfícies cobertas ou desnudas exige quantidade maior de energia para aquecer, desta forma, menos energia térmica fica disponível nas camadas de ar mais próxima ao solo para evaporação, mantendo o ambiente úmido, com temperaturas mais baixas e menos horas de UR maior ou igual a 95%.

Na sequência aparecem os ambientes P3 e P1, ambos inseridos na classe (entre 201 - 300 h) e, por fim, o P4, com 346 horas, quantitativo intermediário entre os ambientes de maior e menor número de horas, valor que reflete as temperaturas máximas e mínimas mais amenas registradas no local. A presença da floresta, ao mesmo tempo, que contribui para a manutenção da umidade no solo, intercepta parte da energia solar incidente, que poderia elevar a temperatura do ar ambiente e, por conseguinte, seu processo evaporativo.

5.2. VARIABILIDADE DA TEMPERATURA DO AR NO PEI EM ESCALA TEMPORAL HORÁRIA

Para analisar a influência dos fatores geográficos locais/ou controles locais de temperatura, o ponto de partida para as discussões são os dados da Tabela 1, uma tabela síntese, construída, a partir do Anexo I desta tese, onde valores horários e mensais de temperatura do ar de cada ambiente são apresentados. A Tabela 1 contém valores de temperatura máxima e mínima absoluta, seu horário e mês de ocorrência, assim como a amplitude térmica para o período considerado, sendo, portanto, a base de análise para esse elemento do clima em escala temporal horária e mensal.

Tabela 1 - Tmin e Tmax absoluta do ar em cada ambiente, horário, mês de ocorrência e amplitude térmica entre junho de 2017 e maio de 2018

Pontos de Coleta	Tmin Horária (°C)	Hora e mês de ocorrência (h)	Tmax horária (°C)	Hora e mês de ocorrência (h)	Amplitude térmica do período (°C)
P1 (Praia da Pedreira)	4,3	1h/jul.	38,7	14h/nov.	34,4
P2 (Lagoa Negra)	4,8	4h/jul.	40,8	12h/nov.	36,0
P3 (Praia de Fora)	5,4	6h/jul. e ago.	40,9	14h/fev.	35,5
P4 (Lagoa do Bosque)	6,0	8h/jul.	35,6	14h/fev.	29,6
P5 (Morro do campista)	4,7	6h/jul.	38,7	14h/fev.	34,0
P6 (Sede do PEI)	4,2	1h/jul.	39,5	14h/fev.	35,3
P7 (Propriedade Particular)	3,0	6h/jul.	37,5	14h/fev.	34,5

Fonte: organizado pelos autores (2019).

5.2.1 Fatores e/ou controles climáticos que influenciam na ocorrência da Temperatura Mínima (Tmin) em cada ambiente

Ao analisar o elemento climático temperatura do ar foi verificado que durante o período em estudo, o menor valor de Tmin horária ocorreu no P7 (Propriedade Particular), onde foram registrados 3,0 °C. Esse menor valor está relacionado à presença de água no solo (umidade), pois, segundo Geiger (1961), a temperatura em ambientes mais úmidos tende a ser menor, pois solos ricos em água perdem muito calor com evaporação, e por isso, a quantidade de energia disponível para o seu aquecimento é menor.

A elevada presença de umidade no solo do P7 resulta da dificuldade de escoamento superficial da água no terreno, devido sua topografia plana e coberto vegetal formado por campos naturais. Além disso, próximo ao ponto de coleta há redes/canais de drenagens usadas no cultivo da rizicultura, características que corroboram para o aumento da umidade do ar (KEGLER; WOLLMANN; BANDEIRA, 2017).

Segundo os dados da Tabela 1, o P6 (Sede do PEI) é o segundo ambiente mais frio da UC ao registrar 4,2 °C, seguido pelo P1 (Praia da Pedreira), com 4,3 °C. Essa pequena diferença térmica entre ambos (0,1 °C) está dentro da margem de erro do instrumento de coleta utilizado que é de +/- 1,0 °C, mas também pode estar relacionado às peculiaridades locais de cada ambiente.

Contudo, independentemente dessa diferença térmica, é importante esclarecer que os 4,2 °C registrados no P6 estão relacionados a dois fatores: a altitude do terreno, localizado a 72 m acima do nível do mar e, com o aumento da altitude, sabe-se que a temperatura na troposfera diminui na ordem de 0,6 °C para cada 100m (SOARES; BATISTA, 2004); e a cobertura do terreno, formada por campos em regeneração, especialmente gramíneas intercaladas por áreas de solos desnudos, pois existe, nas imediações do local, um estacionamento de veículos (para servidores e visitantes), onde o solo é coberto por brita cascalho e que, certamente, contribui para maior perda de radiação noturna.

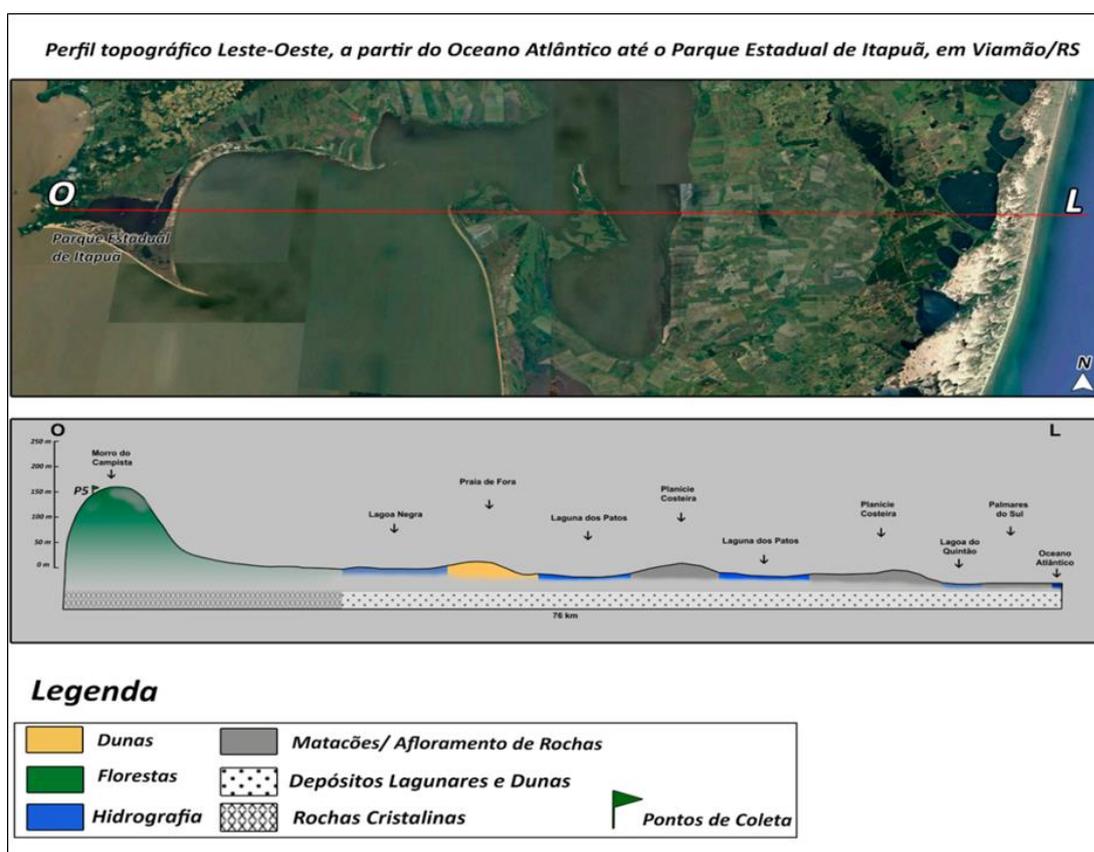
Os 4,3 °C registrados no P1 estão relacionados à umidade advinda dos morros cobertos por vegetação arbórea, sua umidade, presente nas matas, é impulsionada pela força gravitacional, escorre dos morros e permanece no terreno plano do ambiente, cujo declive varia entre 0% e 3%. Além disso, a cobertura da terra no P1 também contribui para o armazenamento da água, pois embora esteja sobre um substrato arenoso, no local, existe uma vegetação composta por gramínea, herbáceas e arbustivas. Portanto, assim como no P7, a presença de umidade no solo e o tipo de cobertura da terra foram determinantes para as baixas temperaturas do ar encontradas nesse ambiente.

A quarta e quinta T_{min} horária registradas ocorreram no P5 (Morro do Campista) e no P2 (Lagoa Negra) onde o *datalogger* aferiu 4,7 °C e 4,8 °C, respectivamente. Embora estejam dentro da margem de erro do instrumento, os controles climáticos de temperatura identificados em cada um são diferentes. No P5, apesar de estar localizado a 162 m acima do nível do mar, o controle climático local da altitude não é o principal controle da temperatura, pois estando localizado em terreno fortemente ondulado a montanhoso e com orientação de vertente no sentido leste/nordeste, a incidência de ventos nessa área é constante, sobretudo, os

de quadrante leste, leste/sudeste e sudeste os mais frequentes ao longo do ano na região, segundo Menegat et al. (1998).

Tudo indica que esses ventos vindos do Oceano Atlântico² chegam a UC carregados de umidade, uma vez que, suas características originais são pouco ou quase nada alteradas em seu trajeto, pois se deslocam por áreas planas, livres de obstáculos e com grande presença de lagoas, laguna e banhados, conforme retratado na Figura 78.

Figura 78 - Perfil topográfico no sentido Leste-Oeste, a partir do Oceano Atlântico até o Morro do Campista/PEI



Fonte: Elaborado a partir da imagem de satélite Google Earth Pro e do Mapa Geológico do RS (CPRM, 2006).

Isso garante ao P5 maior disponibilidade de umidade no ar, fazendo com que a temperatura não seja tão influenciada pela altitude, mas sim, pela elevada umidade atmosférica, o que justifica os valores intermediários de temperatura mínima registradas nesse ponto, apesar da altitude em que se encontra. Sendo assim, a ocorrência de ventos úmidos e mais intensos em função da altitude são os principais controles de temperatura nesse

² É oportuno ressaltar, que nos dias em que os trabalhos de campo foram realizados, os ventos sopravam dos quadrantes leste/sudeste, o que de certa forma, ratifica o encontrado na literatura sobre o tema.

ambiente. Isso ocorre segundo Geiger (1961) devido à convecção forçada/dinâmica ou de corte ocasionada geralmente pelo aumento da velocidade do vento com altitude e pela rugosidade natural do terreno, favorecendo, assim, a mistura do ar junto ao solo com o ar da camada superior mais seca.

Entretanto, deve-se destacar que pelo fato do P5 estar localizado a sotavento do Morro do Campista essas turbulências do ar são menores, mas suficientes para conferir ao ar circundante uma temperatura mínima do ar mais amena, principalmente, se comparado aos registros do P7, P6 e P1, ambientes localizados em terrenos de menor altitude. Outro fator relevante e que contribui para que as temperaturas mínimas no P5 não sejam as mais baixas entre os ambientes é a cobertura da terra, formada por campos rupestres, herbáceas e arbustivas, intercaladas por vários pontos de afloramentos rochosos (Figura 79). Esses, conjugados ao declive do terreno e orientação leste/nordeste de sua vertente, contribuem para maior incidência de radiação solar no local.

Figura 79 - Tipo de cobertura da terra predominante no Morro do Campista



Fonte: Registro do Autor (2018).

No P2 (Lagoa Negra), ambiente da quinta menor temperatura mínima horária (4,8 °C), a proximidade com o corpo d'água de maior expressão dentro da UC não foi suficiente para amenizar a ocorrência de valores mínimos de temperatura, sobretudo, se comparado aos ambientes de temperaturas mais baixas, tendo em vista, a pequena diferença térmica entre o P2 e os ambientes mais frios do PEI (P7, P6, P1 e P5). Esse resultado sinaliza uma não interveniência da Lagoa Negra, enquanto controle climático local sobre os valores de temperatura mínima horária, conforme levantado inicialmente pela hipótese da pesquisa, ou

seja, que a proximidade de determinados ambientes em relação a corpos d'água encontrados na UC seria capaz de influenciar nos valores dos elementos climáticos aqui observados.

Essa hipótese não foi validada pelo menor valor de temperatura mínima encontrada no P2, portanto, pode-se afirmar que nem todo corpo d'água é capaz de influenciar de forma significativa a temperatura do ar circundante, quando analisado em escala temporal horária, pois dependendo de suas características físicas e químicas seu poder de influência sobre a temperatura do ar é pequena ou muito pequena.

Muito embora seja consenso de que os corpos d'água segundo Steink (2012) apresentam maior capacidade calorífica e, por isso, tornam as temperaturas do ar circundante mais constante, e que o calor do sol absorvido durante o dia é lentamente irradiado pela massa líquida à noite, aquecendo a camada de ar mais próxima e impedindo quedas bruscas de temperatura, no P2, isso não ocorreu.

Isso se justifica pela existência de algumas peculiaridades na Lagoa Negra, e que precisam ser explicadas: primeiro, sua dimensão de apenas 17,52 km² de superfície e coloração escura de suas águas em função da presença de alto teor de matéria orgânica na lagoa (RIO GRANDE DO SUL, 1996). Segundo, sua profundidade média inferior a 2,5 m, o que é considerado por De Luca (1991) como um corpo d'água de rasa profundidade.

Sobre a coloração escura de suas águas pela presença de fitoplâncton, Geiger (1961) menciona que isso altera a permeabilidade da luz solar e, conseqüentemente, de sua temperatura em níveis mais profundos, sendo que as temperaturas maiores ficam restritas às camadas mais superficiais da lâmina d'água. Além disso, quando menor for à lâmina d'água, mais facilmente a água entra em equilíbrio térmico com o ambiente.

Portanto, com base nos dados coletados no P2, pode-se inferir que a Lagoa Negra não é um controle climático local capaz de influenciar significativamente na temperatura mínima horária, mas sim, o controle cobertura da terra, outro fator elencado pela hipótese desta tese. O ambiente está localizado em terreno plano, arenoso, praticamente desnudo com alguns pontos de capões de restinga e outros por campos em regeneração.

Ainda sobre esse aspecto deve-se mencionar que a natureza da superfície é que determina o valor do coeficiente de reflexão ou albedo, que conforme Ferreira (2006) consiste na capacidade que as superfícies têm de refletirem a radiação solar incidente sobre elas e, dependendo de sua cor e propriedade física, o albedo poderá ser máximo, nos corpos brancos e, mínimo nos corpos negros. Sendo assim, superfícies cobertas por areia possuem maior albedo que superfícies vegetadas, devido à sua baixa capacidade de absorção, pois grande parte da energia solar incidente é refletida novamente para a atmosfera.

Desta forma, são as características da cobertura da terra no P2 (arenosa e pouco vegetada) que o torna mais suscetível às trocas verticais e horizontais de energia, que favorecem as trocas de calor entre superfície e atmosfera e explicam o fato do ambiente não figurar entre os de menor ou maior temperatura mínima absoluta em escala temporal horária e mensal.

Os maiores valores de temperaturas mínimas horárias foram registrados no P3 (Praia de Fora) e P4 (Lagoa do Bosque) com 5,4 °C e 6,0 °C, respectivamente. No P3, assim como ocorre no P2, o controle climático é a cobertura da terra, pois está sobre terreno arenoso com presença de dunas e alguns pontos cobertos por vegetação pioneira (gramíneas) e, em outros, por formações arbustivas (Capões de Restinga), o que confere ao ambiente uma cobertura da terra pouco vegetada.

Esse tipo de cobertura, embora em menor grau que os ambientes sem cobertura vegetal permitem que as trocas de energia entre o solo e a atmosfera inferior, ocorram de forma mais direta e efetiva, tal como ocorre em espaços marcados pela ausência de vegetação como desertos e rochas aflorantes (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Apesar de apresentar características físicas de cobertura da terra semelhante às encontradas no P2 (Lagoa Negra), a temperatura mínima absoluta horária no P3 foi ligeiramente superior a registrada no P2, sendo aferidos 0,6 °C de diferença entre os dois ambientes, portanto, dentro da margem de erro do instrumento (1,0 °C) podendo então ser considerados locais de igual temperatura mínima horária.

Entretanto, se considerarmos essa diferença, ela pode ser explicada pelo fato do solo no P2 permanecer úmido por mais tempo, especialmente em algumas épocas do ano (inverno) quando áreas próximas ao P2 são temporariamente alagadas pelo aumento do nível das águas da Lagoa Negra, conferindo ao local maior umidade, coloração de areia mais escura e menor temperatura mínima.

Do contrário ocorre no P3, que mesmo estando localizado a poucos metros de distância da Laguna dos Patos, sua área não registra inundações periódicas, e por isso, possui coloração de areia mais clara do que a encontrada no P2. Essas diferenças explicam a maior temperatura mínima horária aferida no P3, pois, conforme Ayoade (2004), em geral, as superfícies secas ou de cores mais claras refletem mais radiação que as superfícies úmidas, peculiaridade que ocasionou o maior aquecimento do ar circundante nesse ambiente.

Já o P4 (Lagoa do Bosque) é o ambiente de maior valor de temperatura mínima absoluta horária (6,0 °C). Tal explicação está nas características fisiográficas do local, que se encontra em terreno coberto por mata fechada com predomínio de vegetação arbórea, cuja

presença aumenta a disponibilidade de umidade e matéria orgânica no solo. Sobre essas características, Geiger (1961) destaca que uma cobertura vegetal fechada se interpõe entre a superfície da terra e atmosfera, e se constitui não só no espaço, mas também quanto às suas propriedades, numa zona de transição, pois cada órgão das plantas se comporta como terra firme, recebendo e emitindo radiação, evaporando e efetuando trocas de calor com o ar circundante.

Nesse mesmo sentido, Armani (2009) menciona que à medida que a floresta se desenvolve, sombras são geradas devido ao fechamento do dossel, resultando em microclimas menos hostil e menos susceptível aos extremos, mesmo que a condição local, topoclimática, ou mesmo regional favoreça a ocorrência de extremos.

Assim, se explica o maior valor de temperatura mínima absoluta horária aferida nesse ambiente em relação aos demais averiguados. Da mesma forma, isso sinaliza para uma supremacia da influência dos diferentes tipos de cobertura da terra encontrados na UC na variabilidade da temperatura mínima horária ao mês, sobretudo, quando comparada a outros controles climáticos apresentados pela hipótese, ou seja, da topografia, altitude e presença e/ou proximidade de corpos d'água.

5.2.2 Quanto ao horário de ocorrência dos menores valores de temperatura mínima absoluta

Conforme dados apresentados na Tabela 1 foi observado que 6 dos 7 ambientes selecionados apresentam seus menores valores de temperatura mínima do ar entre a 1h e 6h da manhã, ou seja, durante o período de maior resfriamento noturno.

Nesse sentido, os resultados aqui encontrados vão ao encontro do revelado por outras pesquisas como de Santos, Moraes e Galvani (2016) que ao analisarem a variação da temperatura do ar média, mínima e máxima num perfil topoclimático da trilha caminhos do mar (SP) verificaram que a distribuição horária da temperatura recebe influência de vários fatores, entre eles, da radiação solar e do balanço de radiação em superfície. E que os valores mínimos de temperatura diária tendem a ocorrer no final da madrugada, pouco antes do nascer do sol, quando a atmosfera esfria-se.

Nesta mesma linha, Alves e Galvani (2017), ao pesquisarem sobre o horário de ocorrência das temperaturas mínimas absolutas do ar diárias em São Paulo (SP), explicam que a temperatura mínima do ar, registrada em abrigo meteorológico, ocorre instante antes do

nascer do sol, e que sua ocorrência nesse horário se deve ao momento de máxima perda de energia, na forma de onda longa, acumulada, desde o ocaso do sol até esse momento.

A única exceção horária foi registrada no P4 (Lagoa do Bosque) onde o menor valor de temperatura mínima absoluta ocorreu às 8h da manhã. Esse atraso de duas horas em relação aos demais ambientes é explicado pela cobertura da terra nesse ponto ser composta de floresta/mata fechada, cujo sombreamento e interceptação da energia solar incidente, sobretudo nas primeiras horas do dia, lhe impõem um período de insolação menor, se comparado aos demais ambientes. Além disso, a orientação oeste do relevo no P4 contribui para que o aquecimento do ar nesse ambiente ocorra mais tardiamente, a partir do meio-dia, quando a radiação solar é mais efetiva nesse setor da vertente.

Observa-se que, diferentemente dos demais ambientes, cujo horário de ocorrência do menor valor de temperatura mínima está diretamente associado a fatores de grandeza escalar macroclimática (duração do dia), no P4, seu horário de ocorrência recebe maior influência dos controles topo e microclimático, o primeiro representado pela orientação de sua vertente e, o segundo, pelo tipo de cobertura da terra encontrada no ambiente (floresta).

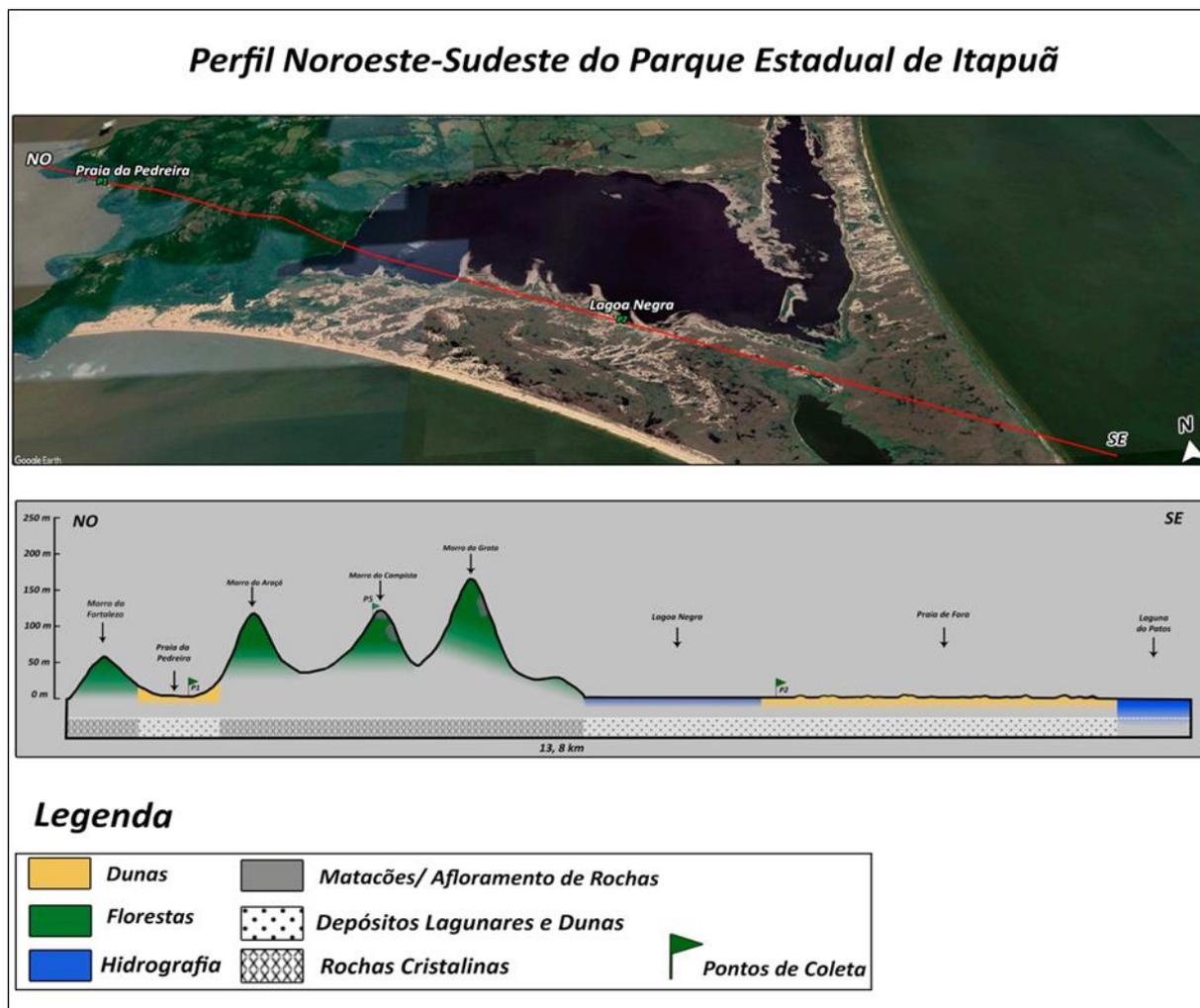
Cabe salientar que embora a maioria dos ambientes tenha registrado seu menor valor de temperatura mínima no horário mencionado pela literatura, três deles apresentaram antecipação horária na ocorrência desses valores e, por isso, serão esclarecidos. Entre eles está o P1 e P6, cuja menor temperatura mínima horária em ambos ocorreu à 1h e no P2 o menor registro foi às 4h.

Essa antecipação horária está relacionada a três fatores: localização, altimetria do relevo circundante e tipo de cobertura da terra presente nesses ambientes, portanto, aos controles topo e microclimáticos locais. No caso do P1, situado a 6 m de altitude em relação ao nível do mar, é a presença de relevo elevado em sua porção sudeste (Morro do Araçá com 190m de altitude) e do Morro da Fortaleza com 149m a noroeste, conforme perfil Noroeste-Sudeste do PEI (Figura 80).

Ocasionalmente o que Pettersen (1968) chama de “Ventos Drenados” que ocorrem principalmente no inverno, quando grandes bolsões de ar frio acumulam-se em locais mais baixos circundados por terrenos de maior altimetria. Ao anoitecer, o ar que está sobre a montanha/morros se resfria por efeito radiativo, fazendo a temperatura em cima dos morros diminuir de forma mais acentuada que nas áreas próximas de menor altitude.

Sendo o ar frio mais denso, escoar encosta abaixo, acumulando-se nas depressões e nos vales. Esse tipo de escoamento de ar frio é conhecido segundo Ayoade (2004) por ventos catabáticos ou ventos de montanha.

Figura 80 - Perfil Topográfico no sentido Noroeste-Sudeste do PEI



Fonte: Elaborado a partir da imagem de satélite *Google Earth Pro* e Mapa Geológico do RS (CPRM, 2006).

Além do fator topográfico, deve-se acrescentar a influência da cobertura da terra no P1, pois embora tenha presença de gramíneas intercaladas por vegetação herbácea e arbustiva sua cobertura é predominantemente de solo arenoso. Isso contribui para uma maior perda de calor por irradiação da superfície do solo para a atmosfera e, conseqüentemente, para um resfriamento mais rápido da temperatura do ar junto às camadas mais próximas da superfície terrestre.

De acordo com Vianello e Alves (2012), o contínuo resfriamento do solo, a partir do anoitecer, ocasiona inversão de fluxos, ou seja, a atmosfera mais aquecida passa a transferir calor para o solo, dando origem à inversão térmica noturna. Essa transferência de calor da camada de ar mais próxima à superfície acaba por resfriar mais rapidamente a temperatura do

ar ambiente, o que ajuda explicar o horário antecipado do menor valor de temperatura mínima absoluta no P1.

Quanto ao P6 (Sede do PEI) a cobertura da terra também se configura num importante fator, tendo em vista que o P6 é circundado por áreas de solos desnudos, inclusive por um estacionamento de veículos onde o solo é coberto por brita cascalho. Essa característica do terreno, conforme explica Vianello e Alves (op. cit.), favorece a perda de calor por irradiação da superfície do solo para a atmosfera, e com isso, o solo se resfria mais rapidamente do que em áreas vegetadas.

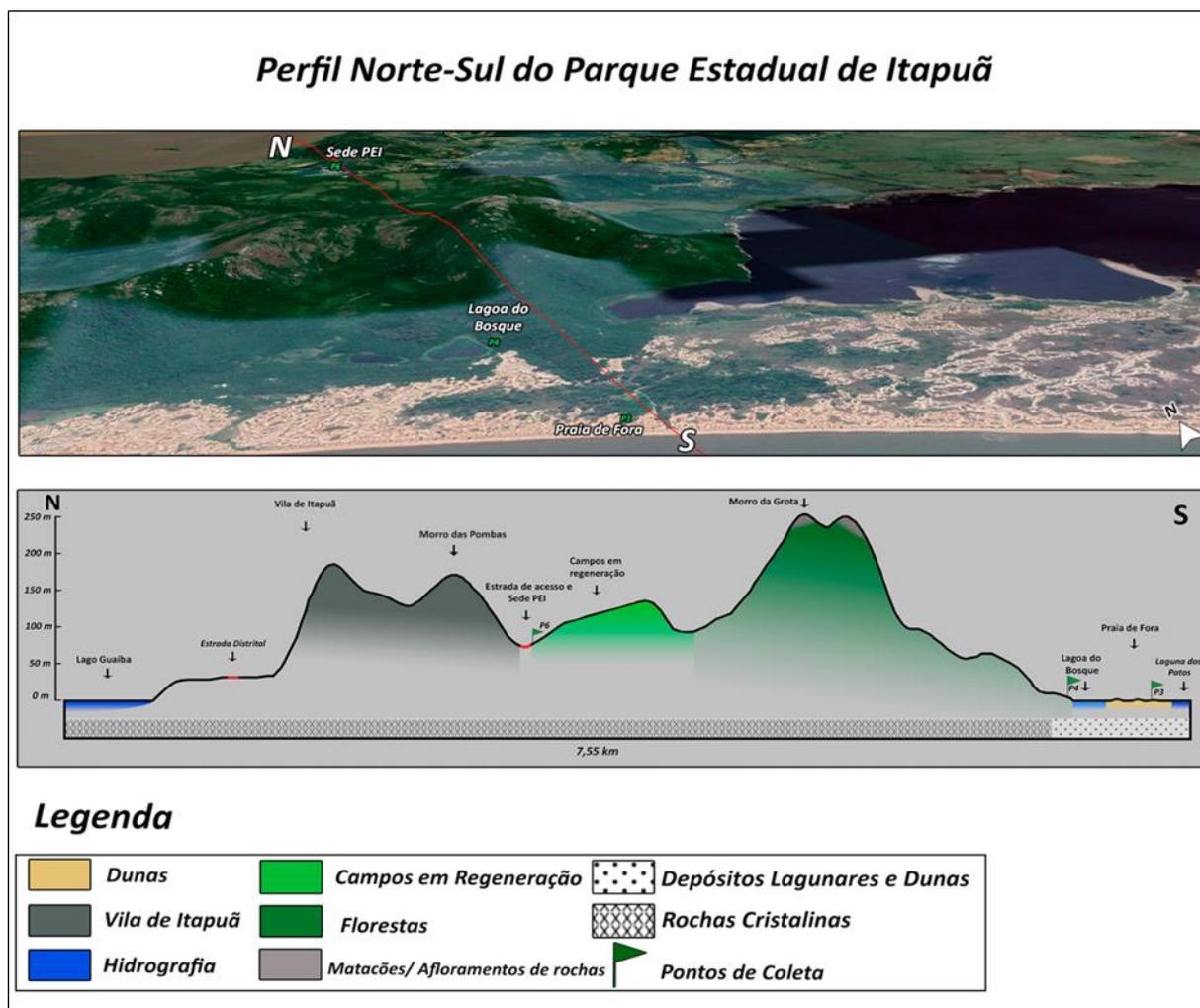
Assim como ocorre no P1, outro fator determinante para antecipação horária do menor valor de temperatura mínima no P6 é o fato do ambiente estar localizado em área de topografia irregular, pois mesmo estando situado a 72 m de altitude, se encontra em área de menor cota altimétrica em relação ao relevo vizinho. Nesse caso, é o Morro da Grota, localizado a sudeste da Sede do PEI com 263 m de altitude e o Morro das Pombas, situado a oeste/noroeste do P6 com 161m de altitude, conforme retrata o perfil de Norte-Sul da UC (Figura 81).

A configuração similar a um vale no P6 em relação ao relevo próximo desencadeia os chamados ventos catabáticos ou de montanhas, que juntamente ao tipo de cobertura da terra (fator microclimático), se constituem nos principais fatores/controles climáticos locais responsáveis pelo registro antecipado da menor temperatura mínima horária nesse ambiente.

Por fim, tem-se o P2 (Lagoa Negra) onde o menor valor de temperatura mínima absoluta horária ocorreu as 4h, cujos motivos estão relacionados à localização, topografia e cobertura da terra no local. Como está localizado a sudeste do PEI é o ambiente mais ao leste da UC, posição que aliada à topografia plana (3 m em relação ao nível do mar) e cobertura da terra praticamente desnuda, permitem maior ação e velocidade dos ventos, cuja maior frequência anual na região, segundo Menegat et al (1998), é no sentido leste, leste-sudeste e sudeste, respectivamente.

Sendo a pouca rugosidade do terreno e a ausência de obstáculos fatores importantes na ventilação desse ambiente, pois facilita o transporte e a distribuição da radiação emitida pela superfície terrestre durante a noite. Como a cobertura da terra no P2 é basicamente arenosa e pouco vegetada, a radiação recebida pela superfície terrestre durante o dia é facilmente perdida com o cair da noite e à medida que se esfria faz com que a temperatura do ar adjacente também diminua com facilidade.

Figura 81 - Perfil Topográfico no sentido Norte-Sul do PEI



Fonte: Elaborado a partir da imagem de satélite *Google Earth Pro* e Mapa Geológico do RS (CPRM, 2006).

Portanto, as características fisiográficas do P2 (localização, topografia e cobertura da terra) são favoráveis à ação dos ventos nos processos de condução, convecção e advecção dos fluxos de energia do sistema superfície-atmosfera e vice-versa, fazendo com que a temperatura mínima seja registrada pouco antes da maioria dos ambientes.

Deve-se destacar que embora o P3 (Praia de Fora) apresente características locais similares ao P2, o mesmo não ocorre, pois sua localização a sudoeste do PEI minimiza sua exposição aos ventos de maior frequência na região (os de quadrante leste, leste-sudeste e sudeste), uma vez que, ao avançar pelo território da UC sua velocidade e influência diminuem em razão dos atritos provocados pelas pequenas rugosidades do terreno e pela rala, mas existente cobertura vegetal que encontra em sua trajetória.

De acordo com Geiger (1961), a ação dos ventos locais/regionais nos fluxos de energia entre a superfície-atmosfera ocorre porque a camada de ar junto ao solo, onde se verifica as

situações extremas, sofre em média uma pequena dilatação no sentido vertical devido à maior velocidade do vento, que dependendo do tipo de relevo pode melhorar ou piorar as condições de arejamento, conforme a direção do mesmo.

5.2.3 Quanto ao mês de ocorrência dos menores valores de temperatura mínima absoluta do ar horária

Em todos os ambientes os menores valores de temperatura mínima absoluta do ar ocorreram em julho, durante a estação de inverno no hemisfério sul. Resultado que vai ao encontro do exposto pela literatura, pois, de acordo com Vianello e Alves (2012), o mês de julho corresponde ao período em que a terra se encontra mais distante do sol (afélio) recebendo, portanto, menor quantidade de radiação solar incidente.

Ainda neste sentido, Ayoade (2004) destaca que quanto maior for a latitude, maior serão as variações na altitude do sol ao longo do ano entre as estações de verão e inverno. Com isso, os dias são mais curtos e as noites mais longas no inverno, período em que a insolação diária é menor e, como consequência, os menores valores de temperatura mínima anual são registrados.

Deve-se destacar que no P3 (Praia de Fora) o mesmo valor de temperatura mínima absoluta horária aferida em julho também é registrada em agosto, fato compreensível, já que agosto, juntamente com junho e julho, são meses representativos do inverno. E assim como acontece com os horários de ocorrência dos menores valores de T_{min}, os controles de nível zonal, portanto, de macro escala mencionado por Monteiro (1976); Oscar Junior (2012), sobretudo os de latitude, movimentos de rotação e translação da Terra são os principais responsáveis pelos menores valores de T_{min} ocorrerem em julho.

No entanto, é mister ressaltar que embora os menores registros de T_{min} tenham sido registrados no mês consagrado pela literatura, os valores aferidos, em alguns ambientes, recebem forte influência de controles climáticos locais, especialmente da cobertura da terra e, por isso, ocorrem discrepâncias térmicas entre o P7 (Propriedade Particular) e o P4 (Lagoa do Bosque) cuja diferença é de 3,0 °C e pelo mesmo motivo, o P3, P4 e P7 apresentam valores de T_{min} distintos dos demais. Reflexo das peculiaridades fisiográficas de cada ambiente, que ratifica a influência direta do controle climático “Cobertura da Terra”, enquanto fator microescalar.

5.2.4 Fatores e/ou Controles Climáticos que influenciam nas Temperaturas Máximas Absolutas em cada ambiente

Quanto aos maiores valores de temperatura máxima do ar verificou-se que o P3 (Praia de Fora) e P2 (Lagoa Negra) foram os ambientes de maior valor térmico do período analisado, sendo, portanto, os mais quentes da UC, com 40,9 °C e 40,8 °C, respectivamente. Essa diferença de apenas 0,1 °C reflete as similaridades fisiográficas entre os ambientes, como cobertura arenosa da terra, presença de dunas e alguns pontos de vegetação, ou seja, áreas de cobertura da terra pouco vegetada. Tanto que se considerarmos a margem de erro do instrumento de aferição os dois pontos apresentam a mesma Tmax.

Como nesses ambientes o coberto vegetal é esparso, as trocas verticais de energia entre a superfície e atmosfera ocorrem com mais facilidade, da mesma forma, que favorece as trocas horizontais de calor pela ação de ventos de leste e sudeste, pois os poucos obstáculos e a pequena rugosidade do terreno, especialmente no P2 favorece sua velocidade e atuam como misturadores do calor irradiante da superfície terrestre, aumentando a temperatura do ar.

Ao considerar a diferença de 0,1°C entre os valores de Tmax do ar entre o P3 e P2 acredita-se que isso ocorra em função de dois aspectos: a presença de dunas no P3 e umidade no solo arenoso do P2. Conforme descrito na análise das temperaturas mínimas, periodicamente, as terras do P2 ficam alagadas pela Lagoa Negra, deixando seu terreno arenoso mais escuro e lamacento se comparado ao P3, cuja ausência de inundações é identificada pela presença de dunas de areia mais fina e clara.

Em geral, as superfícies secas ou de cores mais claras refletem mais radiação que as superfícies úmidas, e se aquecem com mais facilidade. A temperatura nas camadas de ar mais próxima ao solo tende a ser mais elevada nesses locais, o que explica a pequena diferença de Tmax registrada entre os dois ambientes.

É importante salientar que, embora o P3 esteja localizado a poucos metros de distância da Laguna dos Patos e o P2 a poucos metros da Lagoa Negra, constatou-se que esses corpos d'água não exercem controles determinantes sobre o elemento climático temperatura, uma vez que, entre os sete ambientes selecionados, o P3 e P2 são os que apresentam os maiores valores de Tmax horária para o período. Portanto, em nível escalar microclimático e escala temporal horária, esses corpos d'água pouco ou quase nada influenciam nos valores de temperatura máxima do ar nesses ambientes, conforme levantado pela hipótese da tese.

Resultado semelhante foi encontrado por Cruz (2018) ao analisar a influência do Lago Guaíba na temperatura e umidade relativa do ar no Centro Histórico de Porto Alegre/RS onde

verificou que o Lago Guaíba não influencia nesses elementos do clima, da forma como se imaginava. Foi constatado que o fator de maior influência é a urbanização da área central da cidade, assim como, a presença ou não de vegetação em cada ponto de coleta.

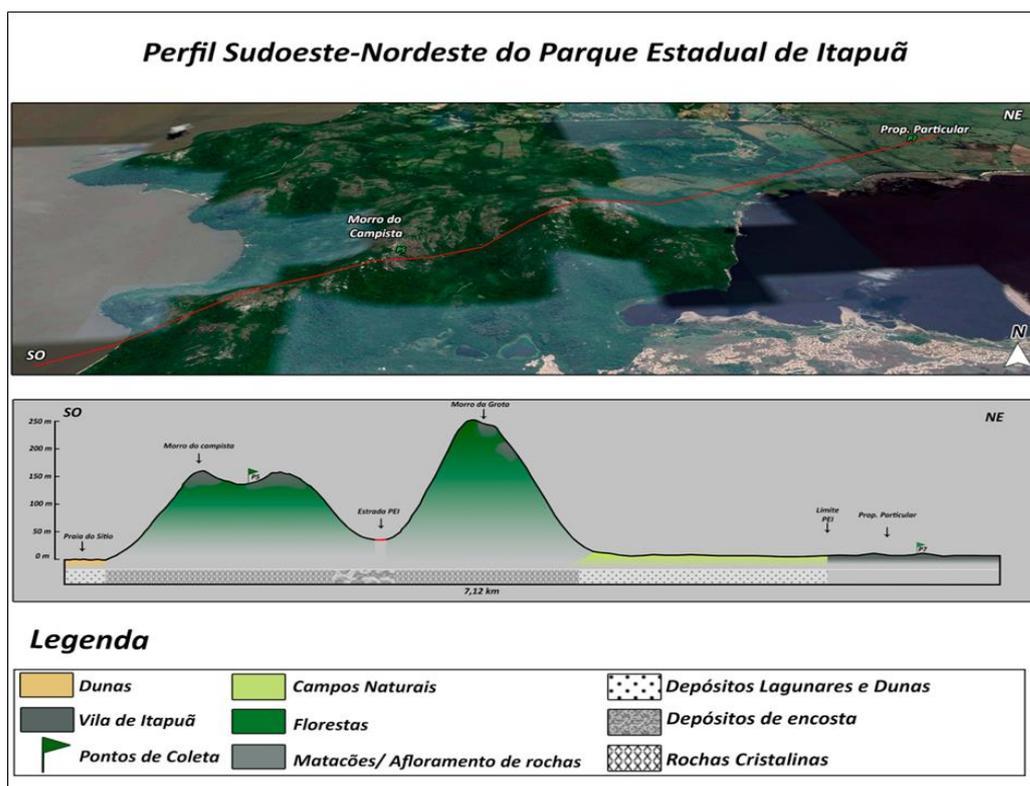
Outras pesquisas realizadas em espaços intraurbanos sinalizam que a presença, tamanho e distribuição de corpos d'água e/ou reservatórios, juntamente com o tipo de uso e ocupação do solo, podem minimizar a temperatura local, ao gerar microclimas diferenciados conforme constatou Oliveira, Assis e Ferreira (2011); Masiero e Souza (2013); e Hoppe e Wollmann (2018). Entretanto, isso não foi observado no espaço territorial do PEI, cuja influência da cobertura natural do terreno e ação dos ventos regionais se mostraram influentes, enquanto controles de temperatura do ar na UC. A interveniência dos ventos na temperatura foi um fator não elencado inicialmente, mas que no decorrer da análise horária tem se mostrado influente, sobretudo, os de orientação leste, leste/sudeste e sudeste, os mais frequentes na região.

Já o terceiro ambiente de maior temperatura máxima horária foi o P6 (Sede do PEI) onde foram registrados 39,5°C, pois embora esteja situado a 72 m de altitude em relação ao nível do mar, o que em tese tornaria sua temperatura máxima mais amena, a influência de outros controles locais de temperatura deve ser considerada: 1) o tipo de cobertura da terra, que nesse ponto é formado basicamente por campos em regeneração intercalados por áreas de solos desnudos; 2) o uso do solo no P6 é diferente dos demais, pois é o único antropizado, uma vez que, próximo ao local de coleta há uma área edificada que abriga a sede do PEI e um estacionamento de veículos, cuja cobertura do solo é de brita cascalho. Esse tipo de cobertura da terra e o uso e ocupação do solo nesse ambiente favorecem o aquecimento do ar, a partir dos primeiros raios de sol devido o menor albedo das superfícies desnudas ou cobertas por brilha cascalho. Isso acontece, considerando que a redução do albedo, segundo Maitelli (1994), ocasiona maior armazenamento de calor no sistema, proveniente tanto da radiação solar, como da radiação térmica da atmosfera e dos próprios materiais ali instalados (sede do PEI). Além disso, deve-se destacar que a circulação de pessoas e automóveis nessa área, embora pouco intensa, ocorre diariamente, portanto, também contribui para o aquecimento do ar circundante; e 3) outro fator que corrobora para o registro de temperatura elevada na área é a orientação de sua vertente para os setores Leste, norte e noroeste, características topográficas, que conferem ao ambiente um período de maior exposição ao sol, desde o nascer até o seu ocaso. Portanto controles de escala topo e microclimática são os responsáveis pela elevada temperatura encontrada no ambiente.

O quarto maior registro de temperatura máxima absoluta ocorreu em dois ambientes distintos, no P1 (Praia da Pedreira) e P5 (Morro do Campista), sendo aferidos 38,7 °C em ambos os casos. Acredita-se que a cobertura da terra no P1 (terreno arenoso com pontos de gramíneas e vegetação herbácea), conjugada a umidade que desce dos morros e orientação sul/sudeste de suas vertentes próximas, sejam os principais fatores a serem considerados nesse ambiente. Portanto, a não ocorrência de valores extremos é justificada pela vegetação que ameniza as temperaturas; ao fato da umidade relativa do ar ser inversa à temperatura e as vertentes de orientação sul ser menos expostas à radiação solar diária no Hemisfério Austral.

Enquanto no P5, o maior valor de temperatura máxima horária registrada está relacionado à altitude do terreno, localizado a 162 m acima do nível do mar, pois segundo Ayoade (2004), o relevo tem efeito atenuador sobre a temperatura. Além disso, acrescenta-se a orientação leste/nordeste de sua vertente, voltada para um dos quadrantes de maior frequência dos ventos na região (Figura 82).

Figura 82 - Perfil Topográfico no sentido Sudoeste-Nordeste do PEI



Fonte: Elaborado a partir da imagem de satélite *Google Earth Pro* e Mapa Geológico do RS (CPRM, 2006).

Os ventos do quadrante leste, de ação mais intensa no ambiente, favorecem a mistura entre as camadas de ar de menor altitude (em geral mais quentes) com aquelas de maior

altitude (geralmente mais frias), pois ganham velocidade devido à ausência de obstáculo em sua trajetória em direção ao continente.

Além disso, os ventos que chegam à UC carregam consigo umidade do Oceano Atlântico, localizado a uma distância de 76 km em linha reta do sentido oeste para leste. Portanto, são os ventos úmidos e o controle topográfico da altitude os principais motivos pela não ocorrência de temperaturas extremas no P5, seja em seus valores máximos ou mínimos.

Já os menores registros de temperatura máxima do ar ocorreram no P7 (Propriedade Particular) e P4 (Lagoa do Bosque), o primeiro com 37,5 °C e o segundo com 35,6 °C. O principal controle climático no P7 é a elevada umidade do terreno, principal motivo pela não ocorrência de uma temperatura máxima extrema neste ambiente, contudo, além da elevada umidade outro fator precisa ser considerado. A cobertura da terra no P7, que nesta época do ano, embora apresente porções desnudas próximas ao local de coleta, mantém parte do seu entorno coberto por campos naturais (Figura 83).

Figura 83 - Cobertura da terra no P7 durante a estação verão



Fonte: Registro do Autor (2018).

Assim, embora não seja o principal controle climático da temperatura máxima nesse ambiente, a presença de terras mantidas com seu coberto natural ajuda amenizar as temperaturas extremas, comuns no verão da região sul do Brasil, especialmente em locais de baixa altimetria como é o caso do P7.

Tal constatação vai ao encontro dos enunciados por Azevedo e Tarifa (2001); Jardim (2007) e Assis (2010) ao mencionarem que as modificações no uso da terra é um fator capaz

de modificar as características do clima de um dado espaço, modificando o balanço de radiação e interferindo na variação dos elementos climáticos em diferentes escalas. Uma vez que, ao retirar o coberto vegetal para uso agrícola e pastoril, o escoamento superficial das águas, a quantidade de calor armazenado, assim como a direção e velocidade dos ventos e os valores de temperatura e umidade relativa do ar são modificados.

Por sua vez, o P4 (Lagoa do Bosque) foi o ambiente de menor valor de temperatura máxima absoluta horária e, conforme os registros mínimos é o de maior valor de temperatura mínima entre os ambientes. A explicação para as temperaturas amenas está no tipo de cobertura da terra, constituída por mata fechada de formação arbórea, que ao interceptar a energia solar incidente provoca o sombreamento da superfície terrestre, impactando diretamente nos valores térmicos do ar.

Em áreas florestais, parte do calor disponível na atmosfera é usada na transpiração das plantas, durante o processo conhecido por evapotranspiração, onde o calor sensível é retirado do ar circundante e transformado em calor latente, diminuindo, assim, a disponibilidade de calor sensível para o aquecimento do ar, o que contribui para o registro de temperaturas mais baixas (ASSIS, 2010).

No mesmo sentido, Furtado (1994) destaca que a existência de vegetação causa resfriamento do ar por meio de dois mecanismos: primeiro, pelo sombreamento das plantas, que reduz a conversão de energia radiante em calor sensível, diminuindo a temperatura da superfície ou de objetos sombreados. Em segundo, a evapotranspiração da superfície foliar, que resulta num resfriamento da própria folha e do ar adjacente devido à troca de calor sensível pelo latente. Ainda sobre a presença da floresta destaca-se que sua existência cria barreiras à circulação do ar, tornando os movimentos convectivos e advectivos mais lentos, assim como as trocas de energia/calor entre a superfície e a camada de ar mais baixa da troposfera.

Deve-se mencionar também que a vegetação de floresta dá origem a serapilheira, uma camada que reveste superficialmente o solo devido à deposição dos restos de plantas e acúmulo de material orgânico em diferentes estágios de decomposição, cuja presença aumenta a umidade do solo e, solos ricos em água tendem, segundo Geiger (1961), a apresentar temperaturas menores devido à perda de calor pela evaporação.

Portanto, o resultado encontrado no P4 vai ao encontro do mencionado pela literatura, pois a vegetação presente neste ambiente tornou seu microclima menos hostil em termos de variações térmicas do ar circundante, reafirmando o papel regulador da vegetação (tipo de cobertura da terra), enquanto controle climático local da temperatura.

A maior diferença de temperatura máxima registrada entre os ambientes ocorreu entre o P3 (Praia de Fora) e P4 (Lagoa do Bosque), cuja diferença foi de 5,3 °C, contraste maior que o verificado entre as temperaturas mínimas absolutas. Isso permite dizer que, durante o verão, no Hemisfério Sul, os controles climáticos locais de temperatura do ar em ambientes vegetados ou praticamente desnudos são mais evidentes que na estação de inverno, quando os controles relacionados à escala regional do clima são mais intensos na região e, por isso, a atuação de fatores/controles locais de temperatura, embora presentes são menos intensos.

5.2.5 Quanto ao horário de ocorrência dos maiores valores de temperatura máxima absoluta do ar

Conforme dados da Tabela 1, em seis dos sete ambientes selecionados, o maior valor de temperatura máxima do ar ocorreu às 14h, indo ao encontro do preconizado por estudos sobre o tema, tendo em vista que o valor máximo diário ocorreu duas horas após a culminação do sol. Resultado que é respaldado pelas assertivas de Vide (1999); Verejão-Silva (2006); Vianello e Alves (2012) e Santos, Moraes e Galvani (2016) sobre a ocorrência do ciclo diário da temperatura máxima do ar ser de duas a três horas após o pico máximo de input de energia no sistema superfície-atmosfera.

Essa diferença, segundo Ynoue et al. (2017), se deve ao fato do ar absorver pouca radiação solar e o aquecimento da atmosfera se dar principalmente pela energia proveniente da superfície terrestre, cujo processo de aquecimento leva geralmente de duas a três horas após o período de máxima radiação solar, quando o calor fornecido pela Terra à atmosfera é maior que o emitido desta para o espaço.

O único ambiente que registrou seu valor máximo de temperatura do ar no mesmo instante em que se dá o pico de maior incidência de energia radiante (12h) foi o P2 (Lagoa Negra). A ocorrência nesse horário se deve à sua localização mais ao leste/sudeste do PEI e por sua topografia plana, baixa e pouco vegetada. São características favoráveis à ação de ventos locais/regionais, que dependendo de sua intensidade consegue aquecer com mais facilidade a atmosfera próxima à superfície em função da difusão turbulenta do ar. E que, segundo Almeida (2016), consiste num tipo de difusão mais rápida de troca de energia, pois as camadas de ar mais próximas à superfície se movimentam de forma convectiva transportando calor para as camadas superiores, justificando, assim, a ocorrência do maior valor de temperatura do ar no P2 ocorrer às 12h.

5.2.6 Quanto ao mês de ocorrência do maior valor de temperatura máxima absoluta do ar

Ao considerar novamente os dados da Tabela 1, verifica-se que na maioria dos ambientes (cinco entre os sete selecionados) o maior valor de temperatura máxima absoluta do ar ocorre em fevereiro, ou seja, cerca de um mês e meio após o solstício de verão no Hemisfério Sul. Portanto, ao encontro do mencionado por Vide (1999) sobre os maiores valores de temperatura ao ano ocorrerem um mês após o período de máxima insolação nas áreas continentais e de um mês e meio nas áreas oceânicas aproximadamente.

Muito embora o PEI não esteja situado em área limítrofe ao Oceano Atlântico, pois dista cerca de 60 km da porção de terras mais ao leste da unidade (Pontal das Desertas) acredita-se que sua relativa proximidade, seja suficiente para influenciar o ciclo mensal/anual da temperatura do ar no PEI.

5.2.7 A amplitude térmica registrada em cada ambiente

Com base nos dados da Tabela 1 é possível observar que dentre os ambientes selecionados, a maior amplitude térmica ocorreu no P2 (Lagoa Negra) onde foram registrados 36,0 °C de diferença entre a temperatura máxima e mínima absoluta do ar horária. No P3 (Praia de Fora), a segunda (35,5 °C) e no P6 (Sede do PEI) a terceira, com 35,3 °C. Verifica-se que nos dois ambientes de maior amplitude térmica as características fisiográficas são similares, sobretudo, quanto ao tipo de cobertura da terra, visto que ambos estão situados em terrenos arenosos e pouco vegetados.

A característica arenosa e praticamente desnuda desses solos favorece o rápido aquecimento diurno, bem como, seu resfriamento noturno, em função do maior ganho e perda de energia entre o sistema terra-atmosfera. Esse é, portanto, o principal motivo pelo aquecimento e/ou resfriamento do ar na troposfera inferior, o que justifica a ocorrência das maiores amplitude térmicas nesses locais.

Sobre a variação da temperatura em solos arenosos Schneider et al. (1980), Ometo (1981) e Reichardt e Tímm (2004) mencionam que solos com essas características tendem ser mais secos, com condutividade térmica e calor específico menor, se comparado aos solos argilosos. Por isso, sua superfície aquece mais rapidamente e emite mais energia, assim como,

resfriam-se mais rapidamente na superfície à noite, apresentando maiores amplitudes térmicas diárias em suas camadas superficiais.

Enquanto os argilosos apresentam menor aquecimento em superfície devido sua alta condutividade térmica e, por proporcionarem maior reposição de calor para a superfície à noite, ocasionam seu menor resfriamento e, conseqüentemente, uma menor amplitude térmica.

Quanto ao fato do P2 apresentar uma amplitude térmica ligeiramente superior ao P3 (na ordem de 0,5 °C) acredita-se que a coloração mais escura da areia encontrada nesse ambiente seja determinante, pois, a capacidade de solos desnudos e mais escuros em absorver e reter calor é maior que as superfícies mais claras e desnudas, em função de seu menor albedo.

Sobre o P6, terceiro ambiente de maior amplitude térmica, destacar-se que mesmo estando sobre um substrato arenoso (depósitos eólicos), sua cobertura da terra é basicamente por campos em regeneração, especialmente gramíneas. Entretanto, há pontos expressivos nessa área de solos desnudos ou revestidos por brita cascalho, fator que juntamente ao uso e ocupação do solo são determinantes para a ocorrência dos 35,3 °C de amplitude térmica registrada no ambiente.

Também é importante destacar, que a diferença entre a amplitude aferida no P6 em relação às encontradas no P2 e P3 fica em 0,7 °C e 0,2 °C, respectivamente. Isso permite inferir que a amplitude térmica no P6 não é maior que as registradas no P2 e P3 devido à presença de áreas com campos em regeneração em seu entorno. O albedo de superfícies concretadas e/ou cobertas por cascalhos é maior que da areia mais escura e úmida presente na Lagoa Negra ou da areia mais clara e seca encontrada na Praia de Fora.

Quanto a menor amplitude térmica identificada, tem-se o P4 (Lagoa do Bosque), onde foram registrados 29,6 °C de diferença. Sobre esse aspecto é oportuno lembrar que o P4 possui cobertura da terra formada por mata fechada, acúmulo de matéria orgânica no solo e umidade, características que impactam diretamente na temperatura do ar, conforme já abordado nas análises de temperaturas mínimas e máximas absolutas horárias.

Ainda nesse sentido Sattler (1992) menciona que áreas desprovidas de vegetação são mais quentes durante o dia e mais fria no decorrer da noite, enquanto áreas densamente vegetadas não registram grandes variações diurnas de temperatura, assim como são consideravelmente mais frescas.

No mesmo sentido, Armani (2004) ao analisar as variações de temperatura e umidade na bacia B do Núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar (SP) verificou que em

ambientes, cujo solo permanece constantemente úmido e com dossel mais fechado a estabilidade térmica é maior, pois evita que as temperaturas baixem demais ou subam em demasia, e por consequência possuem menor amplitude térmica.

Os demais ambientes, P1 (Praia da pedreira), P5 (Morro do Campista) e P7 (Propriedade Particular) apresentaram similar amplitude térmica, pois registraram 34,4 °C, 34,0 °C e 34,5 °C, respectivamente, sendo considerados pontos, onde as amplitudes térmicas não estão entre as maiores ou menores registradas.

5.2.8 Sobre o período de maior concentração das temperaturas mínimas e máximas absolutas do ar em cada ambiente

A partir dos dados do Anexo I foi construída a Tabela 2, cujos dados estão organizados, conforme o período do dia, em que as temperaturas mínimas e máximas absolutas estão concentradas.

Tabela 2 - Período do dia de maior concentração de Tmin e Tmax do ar em cada ambiente

Pontos de Coleta	Período de maior concentração das Tmin	Período de maior concentração das Tmax
P1 (Praia da Pedreira)	Entre às 00h e 7h	Entre às 12h e 15h
P2 (Lagoa Negra)	Entre às 00h e 07h	Entre às 12h e 15h.
P3 (Praia de Fora)	Entre às 00h e 7h	Entre às 11h e 15h
P4 (Lagoa do Bosque)	Entre às 00h e 6h	Entre às 12h e 16h
P5 (Morro do campista)	Entre às 00h e 7h	Entre às 12h e 16h
P6 (Sede do PEI)	Entre às 18h e 23h em dez., jan., fev., mar. e abr; Entre às 23h e 7h em jun., jul., ago., set., out. e nov. e entre à 00h e 14h em maio.	Entre às 9h e 16h em dez.; jan.; fev. e mar; Entre às 10h e 15h em abril, maio, set., out. e nov. e entre às 11h e 14h em jun.; Jul. e ago.
P7 (Propriedade particular)	Entre às 00h e 6h Em maio, jun. e jul. essa maior concentração tem início às 20h.	Entre às 12 e 15 h

Fonte: organizado pelos autores (2019).

5.2.8.1. Período do dia de maior concentração de Tmin em cada ambiente

Na maioria dos ambientes, o período/turno de maior concentração de temperaturas mínimas foi na madrugada, com valores mínimos do dia aferidos antes do nascer do sol, sendo nos ambientes P1, P2, P3 e P5, a maior concentração ocorrida ocorreu entre às 00h e 07h, enquanto no P4 e P7 ocorreu entre às 00h e 06h.

Isso ocorre, segundo Ynoue et al. (2017) devido ao ciclo diurno da temperatura do ar estar associado a variação da radiação ao longo das 24 horas do dia, uma vez que, após o pôr do Sol, a temperatura diminui gradativamente em função do resfriamento radiativo da terra, sobretudo, no decorrer da madrugada, com temperatura mínima do dia registrada próxima ao nascer do Sol.

No mesmo sentido, Alves e Galvani (2017) destacam que a temperatura mínima do ar, registrada em abrigo meteorológico, ocorre pouco antes do nascer do sol e são dependentes da latitude, época do ano e da longitude local. E que a ocorrência dos valores mínimos de temperatura instantes antes do nascer do sol é justificada por ser o momento de máxima perda de energia acumulada, desde o seu ocaso até esse momento.

No P7 (Propriedade Particular) deve-se ressaltar que a concentração de temperaturas mínimas do dia durante os meses de maio, junho e julho começam no primeiro turno da noite, ou seja, a partir das 20h. Isso acontece devido à elevada umidade encontrada no solo, cuja presença impede que o ar ambiente se eleve, mesmo durante o dia, uma vez que, grande parte da energia sensível disponível, sobretudo, em condições de Céu limpo é utilizada na evaporação da água presente no terreno.

Além disso, a cobertura da terra no P7 é formada por áreas desnudas e campos naturais, sem formações arbóreas em seu entorno, o que contribui para maior perda de calor radiativo terrestre, logo após o ocaso do sol, sobretudo nessa época do ano (outono-inverno) quando a declinação do sol é maior.

O único ambiente onde o turno de maior ocorrência de temperaturas mínimas absolutas horárias se mostrou discrepante dos demais foi o P6 (Sede do PEI), onde uma maior variabilidade horária foi registrada. Nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril, a maior concentração ocorreu entre às 18h e 23h. Nesses meses, a concentração antecipada de horário, certamente está associada às características fisiográficas locais, uma vez que, o P6 é o único ambiente onde a cobertura da terra é antropizada. Isso contribui para um resfriamento terrestre mais rápido logo após o ocaso do sol, sobretudo na estação de verão e início do outono, período de maior incidência solar no Hemisfério sul e, conseqüentemente, de maior aquecimento do continente.

Esse aquecimento continental, aliado, principalmente, ao fato da altimetria no P6 ser menor que dos terrenos adjacentes, dão origem aos chamados ventos catabáticos ou de montanhas, controle topoclimático, que associado ao tipo de cobertura da terra (controle microclimático) explica a concentração de temperaturas mínimas já nas primeiras horas e/ou turno da noite.

Enquanto nos meses de junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro, embora ocorram registros de temperaturas baixas nas primeiras horas da noite, a maior concentração de temperaturas mínimas absolutas ocorre entre às 23h e 7h da manhã, período, que coincide com o citado pela literatura.

5.2.8.2. Período do dia de maior concentração de Tmax em cada ambiente

Em linhas gerais, o período de maior ocorrência de temperaturas máximas do dia ocorreu logo após o meio-dia astronômico, horário de maior ganho de energia, uma vez que o sol está a pino no horizonte. Em alguns ambientes como P1 (Praia da Pedreira), P2 (Lagoa Negra), P3 (Praia de Fora) e P7 (Propriedade Particular), esse intervalo de tempo oscila entre às 12h e 15h, enquanto no P4 (Lagoa do Bosque) e P5 (Morro do Campista) entre às 12h e 16h.

No P5 (Morro do Campista), o maior tempo de concentração das temperaturas máximas do dia (4h) está associado aos controles de temperatura de ordem escalar topoclimática, tendo em vista que a orientação da vertente nesse ponto é de sentido leste/nordeste e sem presença de obstáculos. São características topográficas locais, que possibilitam maior tempo de insolação diária e, por consequência, um período maior de tempo com temperaturas máximas horárias.

Enquanto no P4, o tipo de coberto vegetal (floresta) é o controle determinante, pois a presença de vegetação densa permite o armazenamento do calor recebido por mais tempo, um fator microclimático responsável pelo período mais alongado de concentração de temperaturas máximas do dia no ambiente.

É importante ressaltar que no P3 (Praia de Fora) a concentração de temperaturas máximas do dia tem início uma hora antes que nos demais ambientes, isso se deve ao tipo de cobertura da terra (arenosa e pouco vegetada), principal causa do rápido e contínuo aquecimento do ar, logo após o nascer do sol, fazendo com que as temperaturas nesse ponto se elevem mais rapidamente.

Assim como ocorreu no período de maior concentração de temperaturas mínimas, o período de concentração de temperaturas máximas no P6 apresentou maior variabilidade em relação aos demais, ao registrar três períodos distintos. Nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, o período de maior concentração ocorreu entre às 09h e 16h, enquanto nos meses de abril, maio, setembro, outubro e novembro foram entre às 10h e 15h e, nos meses de junho, julho e agosto entre às 11h e 14h.

Observa-se que a variação e duração do período/turno de temperaturas máximas no P6 apresentam estreita relação com a época do ano, sendo maior nos meses de maior incidência solar no Hemisfério Sul (7h), medianos no outono e primavera (5h) e menores nos meses de inverno (3h).

De um modo geral, a existência de diferentes períodos de maior concentração de temperaturas máximas no P6 se deve a associação de fatores de ordem escalar macro, topo e microclimática. A influência macroclimática está relacionada aos fatores astronômicos, especialmente ao movimento de translação e inclinação do eixo terrestre em relação à sua órbita, cuja variação natural impacta diretamente na quantidade de insolação que a superfície terrestre recebe de acordo com as estações do ano (STEINKE, 2012).

O fator topoclimático está relacionado à orientação leste, norte e noroeste da vertente no P6, favorecendo a existência de um período maior de concentração de temperaturas máximas nesse ambiente, a partir das primeiras horas do dia, dando início ao processo de aquecimento das superfícies de menor albedo presentes nesse terreno (área edificada/sede do PEI, solos desnudos e/ou cobertos por brita cascalho).

Por fim, tem-se a influência dos fatores microclimáticos relacionados ao tipo de cobertura da terra e ao uso e ocupação do solo antropizado, onde o tipo de cobertura identificada absorve mais intensamente, sobretudo, nos meses de verão, uma quantidade maior de radiação solar do que as áreas vegetadas. Portanto, a presença de elementos de menor albedo nesse ambiente contribui para que as temperaturas de superfície e áreas adjacentes se elevem com mais facilidade.

Há de se destacar, que devido suas características termodinâmicas algumas superfícies concretadas conseguem armazenar tanto o calor proveniente da radiação solar como da radiação térmica da atmosfera, assim como dos próprios materiais encontrados no ambiente antropizado, reverberando em temperaturas do ar circundante mais elevada e, por um período maior de tempo (KRÜGER; GONZALEZ, 2016).

5.2.9 As temperaturas médias horárias

A Tabela 3, construída a partir de dados de temperatura média do ar, que constam no Anexo I, apresenta os menores e maiores valores de temperatura média e mês de ocorrência.

Tabela 3 - Menor e maior valor de temperatura média horária de cada ambiente

Pontos de Coleta	Menor Tmed (°C)	Mês de ocorrência	Maior Tmed (°C)	Mês de ocorrência
P1 (Praia da Pedreira)	13,1	jul.	30,2	fev.
P2 (Lagoa Negra)	14,1	jul.	31,6	fev.
P3 (Praia de Fora)	13,5	jul.	30,3	jan.
P4 (Lagoa do Bosque)	14,0	jul.	27,5	jan.
P5 (Morro do campista)	14,6	jul.	31,8	fev.
P6 (Sede do PEI)	12,7	jul.	29,6	jan. e fev.
P7 (Propriedade particular)	11,9	jul.	28,4	jan.

Fonte: Organizado pelos autores (2019).

5.2.9.1. As menores temperaturas médias horárias

Considerando as temperaturas médias horárias verifica-se que os menores valores ocorreram no P7, P6 e P1 respectivamente, ou seja, nos mesmos ambientes onde as menores temperaturas mínimas absolutas foram registradas, o que reforça a assertiva de que esses ambientes, em escala temporal horária são os mais frios da UC, cujos porquês foram elucidados no decorrer da análise dos valores mínimos de temperatura do ar.

Enquanto nos demais ambientes, o resultado da média não coincide com o encontrado nas temperaturas mínimas, o que é aceitável, tendo em vista que, o valor médio é uma medida de centralidade, que mescla de maneira mais uniforme os valores mais baixos e mais altos de uma série de dados.

A maior diferença entre as temperaturas médias horárias foi de 2,7 °C ocorrida entre o P7 (Propriedade Particular) e P5 (Morro do Campista), enquanto outros ambientes registraram temperaturas médias semelhantes, como o P4 (Lagoa do Bosque) e P2 (Lagoa Negra) onde a diferença térmica foi de 0,1°C. Ressalta-se que no P6 (Sede do PEI) a menor temperatura média registrada se mostrou ligeiramente diferente dos demais, reflexo do tipo de cobertura terra e, principalmente, pelo uso e ocupação do solo, pois é o único ambiente da UC onde a ação antrópica se faz presente.

De um modo geral, a diferença foi maior entre os menores valores de temperatura média do que entre as temperaturas mínimas absolutas, quando um número maior de ambientes aferiu valores aproximados. Tal constatação permite inferir que, a diferença térmica entre os ambientes é mais evidente quando considerados os valores médios de temperatura.

E assim como as temperaturas mínimas absolutas, o mês de ocorrência dos menores valores médios foi julho para todos os ambientes, ou seja, no mês, mais representativo do inverno no Hemisfério Austral, indo, portanto, ao encontro do mencionado pela literatura.

5.2.9.2. As maiores temperaturas médias horárias

Em geral, os maiores valores médios de temperatura se mostraram próximos aos valores de temperatura máxima absoluta ao apresentarem P5 (Morro do Campista), P2 (Lagoa Negra) e P6 (Sede do PEI) como os ambientes mais quentes da UC onde foram registrados 31,8 °C, 31,6 °C e 31,0 °C respectivamente.

Observa-se que ao considerar os valores médios, o P5 é o ambiente de maior temperatura e não o P3 (Praia de Fora), conforme apontado nas temperaturas máximas, por outro lado, outros ambientes mantiveram suas posições, como o P2, que tanto no valor máximo como médio é o segundo ambiente mais quente do PEI. O mesmo acontece com o P7 (Propriedade Particular) e P4 (Lagoa do Bosque), cujos menores valores de temperatura máxima e média do ar são os menores da UC. Por sua vez, o P6 (Sede do PEI), apresenta o terceiro maior valor entre os ambientes, tanto na temperatura máxima absoluta do ar, como em sua temperatura média, mantendo, portanto, a mesma posição.

Conforme apresentado na análise das temperaturas máximas, os menores valores encontrados no P7 estão relacionados à umidade do terreno e cobertura da terra (campos naturais), enquanto no P4 os principais controles de temperaturas são a presença da floresta e orientação oeste de sua vertente. O mesmo acontece com o P6 onde os controles climáticos intervenientes são os mesmos que atuam sobre a temperatura máxima do ar.

Apesar das similaridades e, caso seja desconsiderado a margem de erro do instrumento de aferição, algumas pequenas diferenças de temperatura entre os ambientes podem ser destacadas como os 0,2 °C entre o P5 e P2, cuja razão está relacionada ao fato do P5 estar localizado sobre rochas cristalinas (morro granítico) com cobertura da terra coberta por campos rupestres e com grande presença de afloramentos rochosos. Características que conferem ao local, um índice de albedo maior que o terreno arenoso e úmido do P2, motivo pela pequena diferença de valores médios entre os dois ambientes.

Situação análoga ocorre entre o P3 (Praia de Fora) e P1 (Praia da Pedreira), ambientes situados em linha de praia, onde os valores médios de temperatura do ar são 30,3 °C e 30,2 °C respectivamente. Acredita-se que a proximidade da floresta de encostas ao norte e leste do P1, tenha contribuído para essa pequena diferença de temperatura média entre os ambientes.

Por fim, a maior diferença térmica encontrada entre os valores médios foi de 4,3 °C, entre o P5 e P4, o primeiro, apesar de estar situado em local de maior altitude, tem na cobertura do terreno (fator microclimático) o principal responsável pela maior temperatura média registrada (31,8°C), enquanto no P4, a presença da floresta explica seu menor valor médio máximo (27,5°C) entre os ambientes.

A fim de evitar prolixidade de explicações cabe lembrar, que os controles de temperatura atuantes em cada ambiente foram detalhadamente abordados durante a análise das temperaturas máximas, portanto, não há necessidade de retomá-los, uma vez que se trata dos mesmos ambientes selecionados. Observou-se também que em todos os ambientes as maiores temperaturas médias ocorreram em janeiro e fevereiro, meses representativos do verão, sendo P3, P4, P5, P6 e P7 em janeiro e P1 e P2 em fevereiro.

5.2.9.3 Método estatístico da Correlação Linear Simples aplicado aos dados horários de temperatura do ar

Ao interpretar os coeficientes de correlação (R^2) segundo a classificação apresentada por Miyata (2014) verificou-se pelos valores encontrados em cada correlação (Figura 84 e 85) a existência de uma correlação linear positiva entre os valores horários de temperatura do ar em todos os ambientes, pois quando aumenta ou diminui a temperatura em um deles, o mesmo também ocorre nos demais, apresentando uma relação diretamente proporcional entre todos os pontos de coleta. Contudo, apesar de haver uma correlação positiva, a mesma ocorre de forma e intensidade diferente em cada ponto devido aos controles climáticos locais operantes em cada um.

Ainda segundo os critérios mencionados por Miyata (op. cit.) é possível observar a inexistência de uma correlação positiva perfeita entre os pontos, ou seja, nenhuma apresentou coeficiente de correlação igual a 1, tampouco igual a zero (correlação nula) ou igual a -1 (negativa perfeita) entre os valores de R^2 encontrados.

No mês mais representativo do inverno Austral, os menores coeficientes de correlação (R^2) ocorreram entre P5 e P7; P1 e P5 e P3 e P5 onde foram encontrados respectivamente 0,70; 0,77 e 0,80 e entre P1 e P2 e P4 e P7 cujo índice em ambos foi de 0,82 de R^2 (Figura 84). Esse resultado também é observado pela forma de dispersão da temperatura do ar entre os ambientes, no caso do P5 e P7 é verificada uma maior dispersão/variabilidade da temperatura do ar no P7 em relação ao P5. Uma vez que no P5 os valores se apresentam mais próximos da reta linear, ou seja, são mais constantes, portanto, com menor variabilidade térmica do ar.

O mesmo é observado entre o P1 e P5 e P3 e P5 onde em ambas o P5 aparece com valores de temperatura do ar menos dispersos, tanto em relação ao P1 quanto em correlação com o P3, demonstrando haver diferenças de variabilidade térmica do ar entre os ambientes correlacionados.

Enquanto na correlação entre o P1 e P2 a maior dispersão linear dos valores de temperatura do ar é encontrada no P2, tendo em vista que estão graficamente mais afastados da reta cartesiana se comparado aos dados aferidos no P1, cujos valores se mantem mais próximos da linha. Por sua vez, entre P4 e P7 ocorre maior dispersão de valores térmicos do ar no P7, enquanto no P4 a oscilação da variabilidade térmica é menor em relação à linha cartesiana. Tais resultados permitem inferir que nos ambientes P5 e P4 a oscilação das temperaturas é menor do que a encontrada no P7, P1, P3 e P2, cuja variabilidade é maior e mais constante.

Figura 84 - Gráfico de dispersão e coeficiente de correlação (R^2) entre os pontos de coleta do PEI para julho



Org.: O autor

Assim como ocorre em julho, os valores do R^2 em janeiro (Figura 85) indicam a existência de uma correlação linear positiva entre os ambientes selecionados. Contudo é observada uma correlação menor entre os pontos, tendo em vista os menores valores de R^2 encontrados na maioria das correlações realizadas. O que constata uma maior variabilidade da temperatura do ar durante o mês de janeiro se comparado a julho e sinaliza para uma maior atuação dos controles climáticos locais nessa época do ano.

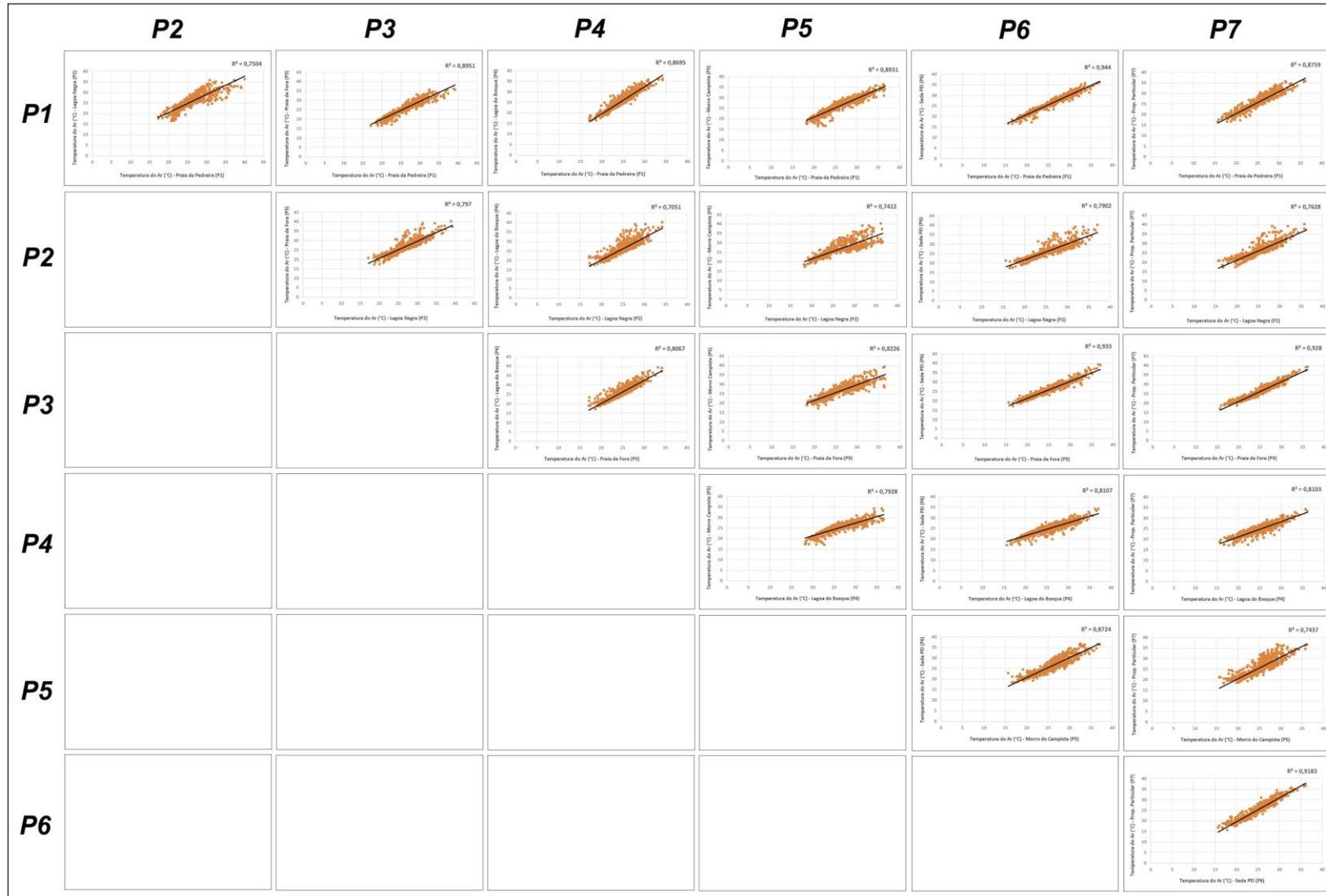
O menor R^2 em janeiro ocorreu entre o P2 e P4 com 0,70 de correlação, seguida por P5 e P2 e P5 e P7 onde em ambos foram registrados 0,74 de correlação e entre P1 e P2 cujo valor de R^2 foi de 0,75 de correlação linear positiva. Portanto, assim como constatado em julho os valores de R^2 também indicam diferenças de temperatura do ar entre os ambientes selecionados, sendo evidentemente maior entre uns e menor entre outros. Resultado que ratifica a existência de condições microclimáticas diferenciadas, sobretudo no P1, P2, P4, P5 e P7.

Quanto à dispersão dos valores de temperatura do ar nas correlações supracitadas observa-se que em janeiro as temperaturas no P4 tendem oscilar mais que as registradas no P2, assim como é ligeiramente maior no P5 em relação ao P2. Enquanto que entre P5 e P7 a variabilidade da temperatura do ar é menor no P5 do que a encontrada no P7, ambiente em que os valores térmicos se encontram mais afastados da linha cartesiana. Por fim entre o P1 e P2 é observada maior dispersão e variabilidade nos valores de temperatura do ar no P1 do que no P2.

Tais resultados indicam que entre os menores R^2 do mês de janeiro, há menor variabilidade térmica do ar nos ambientes P2 e P5, enquanto P1, P4 e P7 apresentaram maior variação, ao mesmo tempo, que sinaliza para a existência de microclimas diferenciados no PEI. Reflexo das diferenças físico-geográficas encontradas em cada ambiente e da interveniência dos principais controles climáticos locais, cuja influência foi discutida no decorrer da análise horária das temperaturas máximas, mínimas e médias.

As diferenças aqui identificadas pelo método estatístico devido sua importância também serão utilizadas na definição e delimitação de espaços naturais de características microclimáticas distintas na UC, especialmente aquelas relacionadas aos ambientes P1, P2, P4, P5 e P7.

Figura 85 - Gráfico de dispersão e coeficiente de correlação (R^2) entre os pontos de coleta do PEI para janeiro

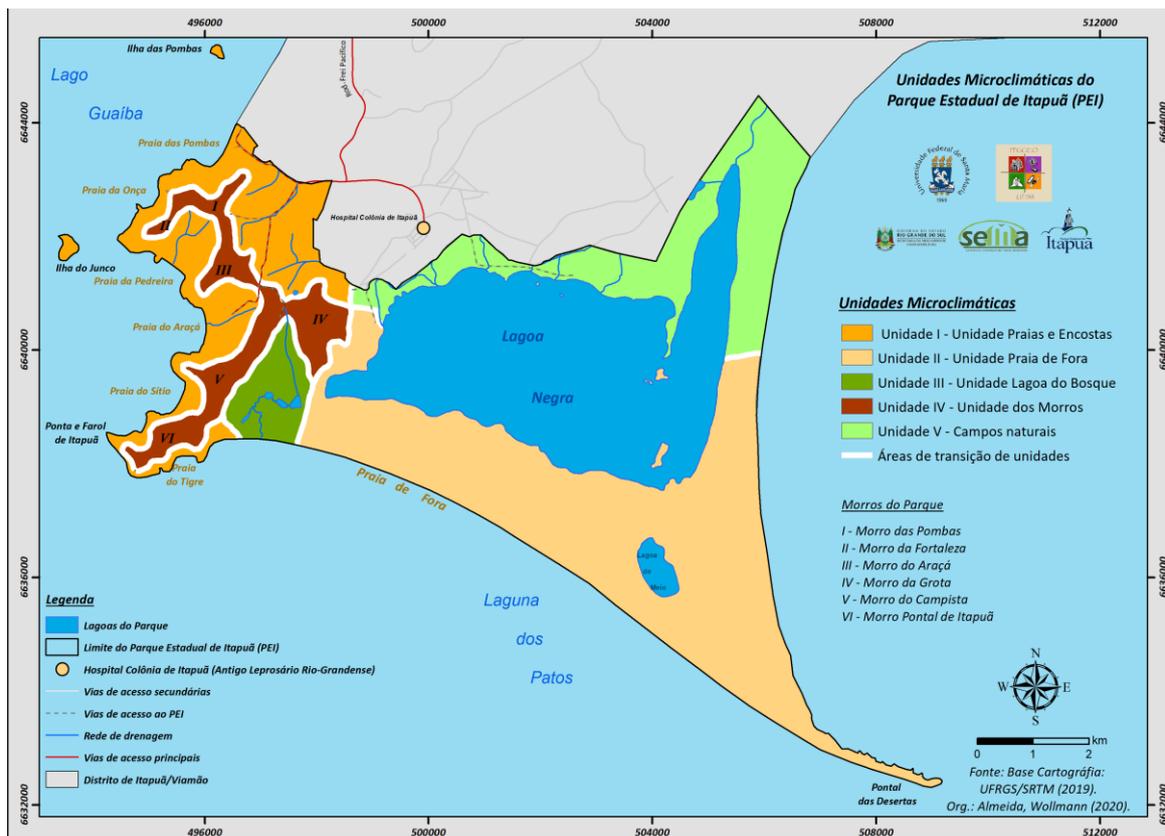


Org.: O autor

5.3. UNIDADES MICROCLIMÁTICAS DO PEI

A partir da análise dos mapas de variabilidade anual e espacial dos elementos climáticos considerados e sua relação com as principais formas estruturantes do relevo no PEI, foram identificadas cinco unidades microclimáticas em seu território (Figura 86).

Figura 86 - Mapa das Unidades Microclimáticas do PEI



Fonte: organizado pelos autores (2020).

A caracterização dos atributos climáticos de cada domínio é retratada na Tabela 6, na qual encontram-se sistematizados os valores de temperatura mínima absoluta do ar (Tmin), Média das temperaturas mínimas (Média Tmin), Temperatura máxima absoluta do ar (Tmax), Média das temperaturas máximas (Média Tmax), Temperatura média do ar (Tmed), Amplitude térmica (AT), Horas de frio $\leq 10,0^{\circ}\text{C}$ e $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$, Umidade relativa média do ar (UR), Horas de UR média maior ou igual a 95% e de Evapotranspiração potencial.

Tabela 4 - Valores anuais dos elementos climáticos em cada unidade microclimática

Unidades Microclimáticas	Tmin (°C)	Média Tmin (°C)	Tmax (°C)	Média Tmax (°C)	Tmed. (°C)	AT (°C)	Horas de frio ≤ 10,0°C	Horas de frio ≤ 7,2°C	UR média (%)	Horas de UR média ≥ 95%	ETP Anual (mm)
I - Das praias e encostas	4,0	15,0	39,0	26,0	20,0	35,0	De 192 a 226h	De 63 a 67h	75	De 297 a 447h	80,0
II - Praia de Fora	5,0	16,0	41,0	26,0	21,0	36,0	De 121 a 166h	De 19 a 35h	75	De 238 a 450h	85,0
III - Lagoa do Bosque	6,0	17,0	36,0	24,0	20,0	30,0	146	23	80	346	80,0
IV - Dos Morros	5,0	17,0	39,0	27,0	21,0	34,0	127	32	75	995	80,0
V - Campos naturais	3,0	15,0	37,0	25,0	20,0	34,0	298	88	80	122	80,0

Fonte: Dados coletados em campo e organizado pelos autores.

Com base nas informações apresentadas na Tabela 6 e nos mapas temáticos de geologia, geomorfologia, hipsometria, declividade, orientação de vertente, recursos hídricos e cobertura da terra, apresentados no Capítulo 2 desta tese (Figuras 4, 6, 8, 9, 10, 11 e 12), as unidades microclimáticas foram caracterizadas em seus aspectos físico-geográficos, atributos meteorológicos e principais controles climáticos intervenientes em cada ambiente, cuja denominação e características estão apresentadas nas seções 5.3.1 a 5.3.5.

5.3.1 Unidade microclimática das Praias e Encostas

Formada por uma faixa de terras localizadas no extremo oeste da UC, a unidade microclimática das Praias e Encostas abrange aproximadamente 13% da área total do PEI, se estendendo pela linha costeira das praias da Pedreira, Onça e Pombas no sentido noroeste avançando para o interior envolvendo a sede do PEI e áreas adjacentes (encostas). Em sua direção sudoeste segue pelas praias do Araçá, Sítio e Tigre perpassando pela Ponta e Farol de Itapuã. Maior parte de suas terras é limitada ao oeste pelo Lago Guaíba, ao sul, pela Laguna dos Patos e ao leste, pelas formas de relevo do Escudo Sul-Rio-Grandense, formadas basicamente por morros com topos convexos e colinas.

Sua base geológica predominante é formada por depósitos de encostas situados nos sopés dos morros, sobretudo em áreas de contato com os depósitos lagunares encontrados em suas praias, cuja geomorfologia está associada aos ambientes costeiros, coexistindo características geomorfológicas pertencentes às formas de erosão e acumulação, pois se localizam em uma área de transição entre os morros e os relevos em rampas coluvionares e praias intermontanas (RIO GRANDE DO SUL, 1996). Além disso, em alguns pontos desta

unidade, também são identificados padrões de relevo pertencente à Planície Costeira como a Planície Lagunar com Cordões Arenosos e Dunas presente nas praias das Pombas e Onça.

A Hipsometria de suas terras está abaixo dos 100 m de altitude, com declividades variadas e com os menores declives encontrados ao longo de sua linha de praia, que por vezes é interrompido em alguns pontos pelo contato dos morros com o Lago Guaíba ou com a Laguna dos Patos onde formam terrenos abruptos e escarpados de maior declividade, sobretudo, entre a praia da Onça e Pedreira e também na Ponta e Farol de Itapuã. Quanto às vertentes, verifica-se ao longo de sua extensão uma diversidade de orientações, em que as de sentido noroeste são as mais frequentes.

Sobre a rede hidrográfica é possível encontrar na área pequenos córregos, que nascem nas matas e desembocam nas praias da Pedreira e Araçá, assim como dois pequenos mananciais de relativa distância em relação à sede do PEI. Sua cobertura da terra é formada por grande ocorrência de florestas³, matações/afloramento rochosos em suas áreas mais elevadas, assim como pontos de banhados e área com campos em regeneração, especialmente no entorno da sede do PEI.

Sobre os atributos climáticos, a unidade microclimática das Praias e Encostas registra em seu domínio territorial 4,0 °C de temperatura mínima absoluta, o segundo menor registro entre as unidades, cuja temperatura média das mínimas é 15,0 °C, temperatura máxima, de 39,0 °C e temperatura média, das máximas de 26,0 °C. A amplitude térmica anual é 35,0 °C com temperatura média de 20,0 °C, enquanto o somatório das horas de frio menor ou igual a 10,0 °C oscila entre 192 e 226 h e entre 63 e 67 h, a temperatura, menor ou igual a 7,2 °C, sendo a frequência maior desses registros nas proximidades da sede do PEI.

A umidade relativa do ar varia em torno de 75% ao ano e a umidade maior ou igual a 95% fica entre 297 e 447 horas, cuja maior ocorrência também é registrada no entorno da sede do PEI, enquanto a evapotranspiração potencial é de 80,0 mm ao ano.

Os principais controles climáticos nesse ambiente estão relacionados ao tipo de cobertura da terra e, principalmente, pela presença de umidade no solo nas proximidades de sua faixa costeira, tendo em vista que as florestas que recobrem os morros situados ao leste deste domínio são as responsáveis por sua presença. Dando origem a pontos isolados de maior umidade, o solo é menos arenoso e mais vegetado do que aqueles encontrados em sua linha de praia e enseadas.

³ Segundo Irgang (2003) a vegetação da região de Itapuã com toda sua diversidade fisionômica está incluída nos domínios da Mata Atlântica e ecossistemas a ela associados.

Sobre a umidade relativa anual é importante destacar que a presença de morros ao leste desta unidade (Figura 6) forma uma barreira orográfica que minimiza a influência dos ventos úmidos de leste, leste/sudeste e sudeste os mais frequentes na região (Figura 18), motivo maior pelos 75% de umidade relativa do ar ao ano nessa unidade microclimática.

Quanto à ocorrência mais frequente de horas de frio nas proximidades da sede do PEI, isso ocorre em função do tipo de cobertura da terra, formada por áreas de campos em regeneração e pontos desnudos de intervenção antrópica, representados pela sede do PEI e estacionamento de veículos. A cobertura da terra nesse espaço é por brita cascalho, características e propriedades físicas que contribuem para maior perda de radiação noturna e consequentemente para as menores temperaturas e horas de frio.

Ao converter superfícies vegetadas em superfícies desnudas ou artificiais, o grau de absorção da radiação solar, temperatura superficial, taxas de evaporação, armazenamento de calor e turbulência do vento são afetadas e, portanto, podem alterar as condições da atmosfera próxima à superfície (PAUL; ZIAUL, 2017).

Enquanto ao fato da maior frequência de horas com umidade relativa maior ou igual a 95% também ocorrer nas proximidades da sede do PEI, tudo indica que sua cota altimétrica mais elevada em relação às demais, juntamente a orientação leste, norte/nordeste de sua vertente favorece o aquecer do terreno, sobretudo, ao incidir sobre uma cobertura da terra com áreas de solos desnudos e presença de ação antrópica.

As características locais de cobertura da terra podem facilmente gerar campos diferenciados de pressão entre as áreas mais altas e as mais baixas da unidade microclimática, pois, segundo Varejão-Silva (2006), o ar pode se deslocar dos locais de menor altitude, onde a pressão é maior para os de maior altitude. Dessa maneira, o vento pode deslizar sobre as encostas por fluxos anabáticos do ar, transferindo, durante o dia, bolsões de ar carregados de umidade das partes mais baixas em direção às mais altas, o que explica a maior frequência de horas de umidade próxima ao seu ponto de saturação nesse setor da unidade.

Cabe ressaltar que alguns controles climáticos identificados na unidade das Praias e Encostas são semelhantes ao encontrado por Moreira e Pereira (2004) quando identificaram que a topografia da Reserva Particular do Patrimônio Natural do Caraça tem papel fundamental na organização de pequenos domínios climáticos, devido à interação entre as condições naturais (vegetação, propriedades físicas do solo etc.) e intervenções humanas locais.

5.3.2 Unidade microclimática Praia de Fora

Localizada ao sul do PEI, sua extensão abrange aproximadamente 52% das terras do PEI, indo do sudoeste ao leste/sudeste da UC onde envolve praticamente toda faixa costeira da Praia de Fora, incluindo a margem sul da Lagoa Negra, Lagoa do Meio e Pontal das Desertas. Entre as unidades é a de maior extensão territorial, estando limitada ao sul, leste e sudeste pela Laguna dos Patos, ao norte, pela Lagoa Negra e ao oeste, pela unidade microclimática Lagoa do Bosque.

Sua base geológica está assentada sobre a Bacia Sedimentar de Pelotas, cujas unidades geomorfológicas pertencem a Planície Costeira, representada pela Planície Fluvio-Lagunar com Banhados e pela Planície Lagunar com Cordões Arenosos e Dunas, onde altitudes são próximas ao nível do mar. As ondulações são pequenas com presença de dunas devido aos depósitos eólicos, localizados, principalmente, a sudeste da Lagoa Negra com declives entre 0% e 3%, portanto, de terrenos planos ou praticamente planos (Figuras 6, 8, e 9).

Em função da pequena declividade, as orientações de vertente são totalmente planas, cuja disponibilidade hídrica do terreno advém da Lagoa Negra e Lagoa do Meio e, em menor grau da Laguna dos Patos (Figuras 10 e 11). Sua cobertura da terra (Figura 12) é marcada pela alternância de cordões de dunas, banhados e vegetação de restinga, que formam um ambiente costeiro com lagoas litorâneas e comunidades vegetais que recobrem em parte os depósitos eólicos (dunas).

Quanto à variabilidade anual dos atributos climáticos, o domínio Praia de Fora registra temperatura mínima absoluta de 5,0 °C e temperatura média das mínimas de 16,0 °C. A temperatura máxima registrada é 41,0 °C, o maior valor entre as unidades microclimáticas, cujo valor médio das máximas é 26,0 °C. A amplitude térmica anual fica em 36,0 °C, a maior registrada entre os ambientes, com uma temperatura média do ar de 21,0 °C.

A soma das horas de frio quando menor ou igual a 10,0 °C oscila entre 121 e 166 h e entre 19 e 35 h quando menores ou iguais a 7,2 °C. O menor quantitativo de horas de frio ocorre nas imediações da margem sul da Lagoa Negra e o maior, na faixa costeira da Praia de Fora, enquanto a umidade relativa do ar é maior nas proximidades da Lagoa Negra (85% ao ano) e menor na Praia de Fora (75% de UR). As horas de UR maior ou igual a 95% ficam entre 238 e 450, e assim como a UR seus maiores valores são encontrados nas imediações da Lagoa Negra, sendo sua evapotranspiração potencial de 85,0 mm ao ano.

Nessa unidade microclimática, o principal controle dos elementos observados é a cobertura da terra, tendo em vista que sua área é pouco vegetada. Característica que facilita as

trocas de energia entre o solo e a atmosfera inferior, uma vez que, não há obstáculos para a chegada de radiação solar direta na superfície, o que favorece a elevação de sua temperatura e seu acentuado resfriamento logo após o ocaso do sol.

Como superfícies cobertas por areia possuem albedo maior que de superfícies vegetadas, maior parte da energia solar incidente é devolvida para a atmosfera. Isso ocorre, segundo Ferreira (2006), devido à capacidade das superfícies refletirem a radiação incidente sobre elas (albedo), que em superfícies cobertas por areia é elevado. Por isso, o aquecimento do ar próximo à superfície é durante o dia e o seu resfriamento, com o chegar da noite.

Sobre as trocas de energia entre a superfície e atmosfera deve-se mencionar que a ação dos ventos de leste e sudeste favorecem as trocas horizontais de energia, pois a presença de poucos obstáculos, assim como, a pequena rugosidade do terreno nessa unidade favorecem a velocidade dos ventos que atuam enquanto misturadores de calor irradiante da superfície terrestre contribuindo para o aumento da temperatura do ar circundante. Tendo em vista que dependendo do grau de interação e interveniência que a superfície terrestre provoca no movimento do ar, a camada limite planetária, justaposta à superfície terrestre (troposfera inferior), pode ser profundamente afetada pela rugosidade natural do terreno, influenciando diretamente no escoamento do ar, diferente do que acontece na atmosfera livre, mais acima, em que se admite que o escoamento não sofre influência direta da superfície (STULL, 2000).

Sendo assim, os fatores/controles climáticos cobertura da terra e ação de ventos regionais são os principais responsáveis pela ocorrência do maior valor de temperatura máxima absoluta do ar e amplitude térmica anual registrada nesse domínio.

Quanto ao fato da umidade relativa do ar ser de 85% ao ano e as horas de umidade maior ou igual a 95% alcançar 450h nas margens sul da Lagoa Negra é preciso mencionar que a disponibilidade hídrica do terreno é o principal motivo. Seu solo permanece úmido por mais tempo, especialmente no inverno, quando áreas próximas a Lagoa Negra são temporariamente alagadas pelo aumento do nível de suas águas, diferentemente da linha de Praia, cuja ausência de inundações sazonais é constatada pela presença de um solo arenoso mais seco e de coloração mais clara.

Conforme as características encontradas na unidade microclimática Praia de Fora, é possível observar que a variável UR média do ar apresenta um desvio maior, em relação aos demais elementos climáticos, tendo em vista que valores distintos são encontrados no mesmo domínio, em função da maior ou menor presença de umidade no terreno. Portanto, sob o ponto de vista higrométrico, a margem sul da Lagoa Negra pode ser considerada uma subunidade da unidade microclimática Praia de Fora, devido à maior quantidade de umidade

presente no ar circundante, apesar da variabilidade similar entre as demais variáveis consideradas.

Ao constatar que o tipo de cobertura da terra presente no domínio microclimático Praia de Fora é um dos principais controles sobre os campos termohigrométricos, ratifica-se os resultados encontrados por Baratto, Wollmann e Hoppe (2013) que ao analisarem a Variabilidade termo-higrométrica no Parque Estadual do Espinilho, em Barra do Quaraí (RS), sob Domínio Tropical Continental, verificaram, entre os resultados, que o tipo de cobertura do solo foi o principal fator de influência na variação de temperatura e umidade nos quatro pontos de coletas realizadas pelos autores.

5.3.3 Unidade microclimática Lagoa do Bosque

Localizada no setor oeste/sudoeste do PEI, em fundo de vale ao norte do conjunto lagunar e entre os morros do Campista e da Grota, é a unidade microclimática de menor extensão territorial, pois representa aproximadamente 3,4% da área total do PEI. Sendo limitada ao sul pela Laguna dos Patos, ao sudoeste pela unidade das Praias e Encostas, ao leste/sudeste pela unidade Praia de Fora e ao oeste/noroeste e norte/nordeste pelos morros de rochas cristalinas. Geologicamente, está assentada sobre Depósitos de encostas, onde taludes são encontrados nos sopés dos morros e, principalmente, sobre Depósitos Lagunares e Turfeiras, cujas formas de relevo são em sua maioria, associadas à Planície Alúvio-Coluvionar e, em menor ocorrência à Planície Fluvio-Lagunar com Banhados e mais ao sul à Planície Lagunar com Cordões Arenosos e Dunas (Figuras 4 e 6).

Em sua área as cotas altimétricas do terreno variam entre 0 e 80 m de altitude em relação ao nível do mar, com declividades entre 0 e 8%, portanto, planas e suavemente onduladas com orientação de vertente predominantemente plana. Com orientações de vertente variadas nas áreas de contato com os morros que a circundam (nos sopés dos morros) onde as orientações oeste, sudoeste, sul e sudeste são as mais frequentes.

Sua rede de drenagem é marcada pela presença de um pequeno córrego que desce dos morros em direção ao vale, situado entre o morro da Grota e Campista, cujas águas abastecem o conjunto lagunar, formado por três pequenas lagoas, que se conectam a outros dois reservatórios naturais de menor extensão por onde escoam sua rede de drenagem, sobretudo, nos períodos de maior precipitação pluviométrica. Portanto, é uma unidade com grande disponibilidade hídrica no solo, característica que, juntamente ao tipo de cobertura da terra, basicamente por florestas e banhados (Figura 12), contribui para o aumento da umidade local.

A variabilidade anual dos elementos do clima é caracterizada por temperatura mínima absoluta de 6,0 °C e temperatura média das mínimas de 17,0 °C, com temperatura máxima do ar de 36,0 °C e temperatura média das máximas de 24,0 °C. A amplitude térmica anual nessa área é de 30,0 °C com temperatura média de 20,0 °C. Nesta unidade são registradas 146 horas de frio menor ou igual a 10,0 °C e 23 h com frio menor ou igual a 7,2 °C, sendo a UR média do ar de 80% e 346 h de umidade maior ou igual a 95% e uma evapotranspiração potencial de 80,0 mm ao ano.

É importante mencionar que a unidade microclimática Lagoa do Bosque é onde se registra a maior temperatura mínima, menor temperatura máxima, menor amplitude térmica e menor quantitativo de horas de frio menor ou igual a 7,2 °C, entre os ambientes. Isso ocorre em virtude de seu principal controle termohigrométrico, o tipo de cobertura da terra (mata fechada), cuja presença, segundo Armani (2009), gera sombras em função do fechamento do dossel, resultando em microclima menos hostil e menos susceptível aos extremos, uma vez que, a mata fechada por formação arbórea intercepta a energia solar incidente e ao provocar o sombreamento da superfície terrestre impacta diretamente nos valores de temperatura do ar.

Além disso, em áreas florestais, parte do calor disponível na atmosfera é usada na transpiração das plantas, durante o processo conhecido por evapotranspiração, onde o calor sensível é retirado do ar circundante e transformado em calor latente, diminuindo, assim, a disponibilidade de calor sensível para o aquecimento do ar e, contribuindo para o registro de temperaturas mais baixas (ASSIS, 2010).

Os principais controles de temperatura e umidade identificados nessa unidade, apesar de diferente em alguns aspectos, também são mencionados por Wojkowski e Caputa (2016) quando analisaram o impacto do relevo Cárstico na diversidade das condições de insolação e variação do mesoclima no Parque Nacional de Ojców/Polônia. Ao destacar que o parâmetro topográfico parece afetar a correlação entre o desenvolvimento da temperatura do ar e a quantidade do céu visível (*Sky View Factor*), a partir do fundo de vale, uma vez que, essas áreas obstruídas recebem apenas radiação solar difusa ou refletidas pelas encostas vizinhas, que na unidade Lagoa do Bosque também é representado pela presença da floresta.

Nesses locais as temperaturas, segundo Wojkowski e Caputa (op.cit.), são mais baixas, a umidade do ar maior e o processo de evaporação menos intenso, quando comparado a áreas não obstruídas, uma vez que, por receberem radiação solar direta apresentam temperaturas mais elevadas, menor umidade e um processo de evaporação mais intenso.

5.3.4 Unidade microclimática dos Morros

Localizada ao oeste do PEI é o segundo menor domínio microclimático, pois ocupa aproximadamente 7,6% de sua área total, com abrangência sobre os setores noroeste e sudoeste da UC, ficando restrita aos morros e topos de morros onde o relevo é acidentado e de maior elevação altimétrica (acima dos 100 m). Seus limites territoriais ao norte e oeste são com a unidade das Praias e Encostas, ao sul com a Unidade Lagoa do Bosque e ao leste com a Lagoa Negra.

Geologicamente encontra-se assentada sobre rochas cristalinas, rochas que datam da Era Pré-Cambriana como o Granito Ponta Grossa e as rochas metamórficas do grupo Cambaí, com afloramentos rochosos nos morros e coxilhas, onde as rochas são duras, rígidas e de afloramentos fendilhados com diaclases alinhadas predominantemente na direção nordeste-sudoeste (RIO GRANDE DO SUL, 1996).

De acordo com a Figura 6, os padrões de formas de relevo estão associados ao Escudo Sul-rio-grandense, sendo formado basicamente por morros com topos convexos e relevos em rampas coluvionares onde as cotas altimétricas variam entre 120 m e 263 m em relação ao nível do mar. Seus pontos mais altos são encontrados nos morros da Grotta (263 m), morro do Araçá (190 m), morro do Campista (182 m), morro do Pontal de Itapuã (158 m), morro das Pombas (161 m) e morro da Fortaleza (149 m).

A declividade predominante do terreno varia entre 20% e 45% e entre 45% a 75%, sendo uma área fortemente ondulada e montanhosa, com pequenas áreas de terreno escarpado, restrita aos topos dos morros da Grotta, Campista e Pontal de Itapuã, onde os declives são superiores a 75%. A orientação de vertente é variada, reflexo das maiores altitudes e declives encontrados na unidade, contudo, a ocorrência de falhas geológicas de orientação sudoeste/nordeste condiciona, na maioria das vezes, o alinhamento dos morros, assim como orientação de suas vertentes e declividades. Isso é observado pelo predomínio de orientação nordeste nos Morros das Pombas, Fortaleza e Itapuã, orientação leste com alguns setores para o nordeste no Morro do Araçá, orientação leste/nordeste no Morro do Campista e norte no Morro da Grotta.

A unidade Microclimática dos Morros, embora não apresente corpo d'água expressivo em sua área, é importante para o abastecimento da rede hidrográfica do PEI, pois se configura num interflúvio que divide o escoamento superficial das águas das chuvas, assim como de pequenos córregos que nascem nas áreas mais elevadas e descem para as mais planas e de

menor altimetria. Tendo o conjunto lagunar, Lagoa Negra, praias da Pedreira, Araçá e de Fora exemplos de exutórios de descargas hídricas advindas dos morros que a compõe.

A cobertura da terra nessa unidade é basicamente formada até meia encosta por florestas e, em direção às partes mais elevadas por campos rupestres intercalados por afloramentos rochosos/matações, onde também são encontrados pequenos pontos de campos em regeneração (Figura 12).

Quanto aos atributos climáticos, suas características no ano são: temperatura mínima absoluta do ar de 5,0 °C e temperatura média das mínimas de 17,0 °C, com temperatura máxima chegando aos 39,0 °C e temperatura média das máximas de 27,0 °C. A amplitude térmica ao ano é de 34,0 °C com temperatura média de 21,0 °C, sendo registrado um total de 127 horas de frio menor ou igual a 10,0 °C e 32 horas com frio menor ou igual aos 7,2 °C. A UR média ao ano fica em 75%, com somatório de 995 horas de umidade maior ou igual a 95% e uma evapotranspiração potencial de 80,0 mm ao ano.

Entre os principais controles/fatores que influenciam na variabilidade dos elementos climáticos está a altitude, tendo em vista que sua área está acima dos 100 m em relação ao nível do mar, sendo a unidade de maior altimetria. Em função da altitude e do relevo fortemente ondulado e montanhoso, com predomínio de orientação de vertentes para os quadrantes leste/nordeste, a incidência dos ventos é maior, especificamente os de leste e sudeste, os mais frequentes ao longo do ano na região metropolitana de Porto Alegre.

Como são ventos oriundos do Oceano Atlântico, ao adentrarem à UC, transportam consigo umidade no ar e por isso a presença de umidade é maior, sobretudo, nas áreas situadas a barlavento dos morros. Isso ajuda explicar o elevado número de horas com umidade relativa do ar maior ou igual a 95% (995 h ao ano) registrado nessa unidade, o maior valor entre os domínios microclimáticos. Além da influência dos ventos oceânicos, a altitude e orientação predominante das vertentes favorecem a incidência solar direta sobre o terreno, desde que, em condições meteorológicas de tempo estável e com atuação de anticiclones.

Como a cobertura da terra, a partir da meia encosta é formada por campos rupestres e afloramentos rochosos o aquecimento diurno destas superfícies, principalmente, as rochosas se dá mais rapidamente elevando a temperatura do ar ambiente. Esse aquecimento ocorre, segundo Monteiro (2007), pelo contato do ar com a superfície mais quente, que ao se tornar mais quente se eleva na atmosfera sob formas de correntes ascendentes nos baixos níveis da atmosfera.

Esse aquecimento diferencial também gera campos distintos de pressão, sendo a pressão menor, encontrada nas encostas superiores, portanto, são áreas de convergência de ar

durante o dia, uma vez que o ar mais frio e úmido das encostas cobertas por florestas (áreas mais baixas de maior pressão) deslizam sobre os morros em direção às partes mais altas, tornando-as mais umidificadas. Portanto, o maior número de horas com UR maior ou igual a 95% nesse ambiente ocorre em função da ação dos ventos oceânicos e anabáticos, que ao se elevarem carregam grande aporte higrométrico no ar, justificando o maior número de horas de umidade próxima ao seu ponto de saturação.

Apesar da altitude, a unidade não registra as menores temperaturas mínimas entre os domínios microclimáticos, o que é explicado pelo tipo de cobertura da terra encontrada nesses espaços que são cobertos por campos rupestres, intercalados por pontos de afloramentos rochosos, assim como pelo declive e orientação do relevo predominantes. Essas características contribuem para uma maior incidência de radiação solar no ambiente, desde as primeiras horas da manhã, sendo, portanto, os principais motivos pela não ocorrência de temperaturas extremas nesse ambiente, seja referente aos valores máximos ou mínimos.

5.3.5 Unidade microclimática dos Campos Naturais

Situada ao norte e nordeste do PEI, ocupa 24% de sua área total, abrangendo terras localizadas à margem norte da Lagoa Negra e de áreas limítrofes à UC, sendo limitada ao leste pela Laguna dos Patos, ao oeste pelo domínio microclimático dos Morros, ao norte/noroeste pelo distrito de Itapuã e Hospital Colônia de Itapuã e ao sul pela Lagoa Negra. Geologicamente encontra-se sobre Depósitos Lagunares e Dunas, pertencentes à bacia Sedimentar de Pelotas com formas de relevo associadas à Planície Costeira com predominância da Planície Fluvio-Lagunar com Banhados em sua porção norte e nos setores leste/nordeste é intercalada pela Planície Lagunar com Cordões Arenosos e Dunas (Figuras 4 e 6).

As altitudes do terreno são de poucos metros acima do nível do mar, com declividade plana e raros pontos de relevo suavemente ondulado. Quanto aos aspectos hídricos, a unidade microclimática possui uma rede de canais naturais/pequenos córregos, que tem como exutório a Lagoa Negra, corpo d'água que ocupa parte de suas terras, cuja cobertura do terreno é formada predominantemente por campos naturais e, em menor escala, por áreas de vegetação de restinga, banhados e dunas, encontrados em sua porção leste/nordeste.

A variabilidade dos elementos do clima possuem as seguintes características no ano: Temperatura mínima absoluta do ar de 3,0 °C, o menor valor entre os domínios microclimáticos, temperatura média das mínimas de 15,0 °C, temperatura máxima de 37,0 °C

com temperatura média das máximas de 25,0 °C. A amplitude térmica anual é 34,0 °C com temperatura média do ar de 20,0 °C, sendo 298 horas de frio menor ou igual a 10,0 °C e 88 horas de frio menor ou igual a 7,2 °C. Contabilizando, portanto, os maiores quantitativos horários de frio registrados na UC, com UR média de 80% e 122 horas com umidade relativa maior ou igual a 95%, o menor número de horas entre as unidades e uma evapotranspiração potencial de 80,0 mm ao ano.

Os principais controles/fatores do clima que influenciam na variabilidade termo-higrométrica nesse domínio estão relacionados à topografia plana da área, ao tipo de cobertura da terra e à elevada umidade do terreno em função da rede de canais de pequenos córregos, uma vez que o relevo plano e coberto basicamente por campos naturais dificultam o escoamento superficial dessas águas. São características locais que, segundo Dalmago (2004) e Dalmago et al. (2010), condicionam maior retenção de água no terreno, que por consequência, influenciam nos processos de transferência de energia entre o solo e atmosfera, devido ao elevado calor específico da água, restringindo assim as trocas energéticas e contribuindo para acentuada redução da temperatura do ar próximo ao solo.

Além disso, a presença de redes/canais de drenagens usadas para o cultivo da rizicultura em áreas limítrofes também contribuem para o aumento da umidade do ar, conforme estudos realizados por Kegler, Wollmann e Bandeira (2017). Deve-se destacar também que em algumas épocas do ano parte da cobertura da terra dessas áreas limítrofes se encontram desnudas, o que contribui para maior perda de calor radiativo terrestre, logo após o ocaso do sol, sobretudo, em períodos do ano de maior declinação do sol, favorecendo assim a ocorrência de baixas temperaturas.

Esses fatores, relacionados às características fisiográficas locais, explicam o porquê da menor temperatura mínima do ar e das maiores horas de frio menores ou iguais a 10,0 °C e menores ou iguais a 7,2 °C ocorrerem nesta área, a mais fria do PEI. Segundo os dados analisados, a umidade relativa do ar fica em 80%, porcentual igual ao encontrado na Lagoa do Bosque, cujo valor as coloca como ambientes de maior porcentual de umidade relativa do ar ao ano.

Quanto ao menor número de horas com umidade relativa maior ou igual a 95% ser registrado nessa unidade, acredita-se que isso ocorra em função do alto teor de umidade presente no solo, uma vez que, segundo Geiger (1961), a presença da água no terreno exige maior quantidade de energia para aquecê-lo, desta forma, menos energia térmica estará disponível na camada de ar mais próxima a superfície para evaporação. Por isso o ambiente se

mantém úmido, com temperaturas mais baixas e com menos horas de UR maior ou igual a 95%.

Para fins de sistematização os principais controles/fatores climáticos identificados em cada unidade microclimática do PEI são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 - Principais Controles climáticos identificados em cada unidade microclimática

Unidades Microclimáticas	Principais controles climáticos atuantes
Unidade das Praias e Encostas	Tipo de cobertura da terra, topografia e disponibilidade hídrica do terreno.
Unidade Praia de Fora	Tipo de cobertura da terra, topografia, disponibilidade hídrica do terreno e ventos.
Unidade Lagoa do Bosque	Tipo de cobertura da terra e disponibilidade hídrica do terreno.
Unidade dos Morros	Altitude, topografia, tipo de cobertura da terra e ventos.
Unidade dos Campos Naturais	Tipo de cobertura da terra, topografia e disponibilidade hídrica no terreno.

Fonte: organizada pelos autores (2020).

A partir da variabilidade espacial e temporal dos elementos climáticos de cada unidade microclimática (Tabela 6) e dos principais controles do clima identificados (Quadro 4), entende-se que o clima do PEI pode ser explicado e caracterizado mediante à análise microclimática aqui realizada, cuja extensão e fatores intervenientes em algumas unidades também estão associadas ao nível escalar topo-climático, conforme verificado na unidade das Praias e Encostas e unidade dos Morros. Nelas fatores relacionados à essas escalas são responsáveis pela variabilidade dos elementos climáticos observados, não sendo verificada hierarquia entre elas, mas sim, o trânsito. Tal constatação coaduna com o mencionado por Lima (2014) de que, na maioria das vezes, dependendo da pesquisa, é preciso transitar por diferentes escalas do clima, pois o entendimento ocorre a partir das relações entre elas.

Portanto, devido à imprecisão desse marco delimitatório e, sobretudo, por se tratar de uma pesquisa realizada na camada de ar mais próxima ao solo, fonte principal de insumos e energia para os fenômenos meteorológicos, o nível escalar micro e topo-climático é entendido e defendido nesta tese como desdobramento do clima local, somando-se ao pensar externalizado por Smith (1975) e Oscar Júnior (2012) sobre o tema.

Ao considerar o micro e topoclima integrantes do clima local acredita-se que análise aqui realizada seja suficiente para tecer algumas características gerais sobre o clima do Parque Estadual do Itapuã/RS, dentre elas, a temperatura mínima absoluta do ar entre 3,0 °C e 6,0 °C, sendo julho o mês de maior ocorrência desses valores mínimos. Indo, portanto, ao encontro do mencionado por Vianello e Alves (2012) de que julho corresponde ao período em que a terra se encontra mais distante do sol (afélio) recebendo menor quantidade de radiação solar incidente, e por isso é o período do ano em que os menores valores de temperatura são registrados.

Entre as unidades microclimáticas, os menores valores térmicos são registrados nos Campos Naturais, cujos principais controles climáticos das baixas temperaturas são a elevada presença de umidade no solo, que encontram no tipo de cobertura da terra (campos naturais) e, na topografia plana do terreno, condições favoráveis à sua permanência. Isso impede uma rápida elevação da temperatura do ar ambiente, tendo em vista que grande parte da energia térmica disponível é utilizada para evaporação.

A variação de temperatura média das mínimas na UC fica entre 15,0 °C e 17,0 °C, enquanto que a temperatura máxima absoluta do ar fica entre 36,0 °C e 41,0 °C com maior valor térmico máximo do ar ocorrendo no domínio microclimático da Praia de Fora, reflexo da predominância do controle climático da terra em relação à interveniência dada pela presença e proximidade da Laguna dos Patos, Lagoa Negra e Lagoa do Meio em toda área sul e sudeste do PEI. A cobertura arenosa e pouca vegetada da área são as principais responsáveis pelo aumento da temperatura nesse ambiente, devido seu maior albedo e capacidade de refletir a radiação solar incidente.

Enquanto a temperatura média das máximas fica entre 24,0 °C e 27,0 °C e a temperatura média anual na UC entre 20,0 °C e 21 °C, valores acima do mencionado por Maluf (2000) e Rambo (2015), e dentro do encontrado por Sartori (2003); Rossato (2014) e Pessoa (2017) para a região do litoral, onde o PEI está localizado. Uma pequena diferença foi encontrada nos ambientes microclimáticos da Praia de Fora e dos Morros onde a temperatura média anual é 1,0 °C mais quente do que a mencionado por esses autores. Isso é explicado pelo tipo predominante da cobertura da terra nesses ambientes (o primeiro arenoso e pouco vegetado e o segundo por campos rupestres e afloramentos rochosos).

Durante o ano, o PEI apresenta uma elevada amplitude térmica, que oscila entre 30,0 °C e 36,0 °C, resultado da diferença de insolação e radiação solar que ocorre entre as duas estações antagônicas do Estado, cuja maior ou menor incidência influencia diretamente no sistema atmosférico regional atuante no Estado. Sendo no verão, segundo Sartori (2016),

maior a participação dos Sistemas Intertropicais (Massa Tropical Atlântica e Massa Tropical Continental) e também das Instabilidades Tropicais ou de Noroeste e de Calhas Induzidas, responsáveis pela elevação da temperatura nessa época do ano no Rio Grande do Sul. E no inverno, da massa Polar Atlântica que, de acordo com Sartori (op.cit.), domina em mais de 60% dos dias, com permanência na região de até oito (8) dias consecutivos fazendo despencar as temperaturas no Estado.

Entre as unidades microclimáticas, a maior amplitude térmica ao ano ocorre na porção sul e sudeste do PEI, em área de domínio microclimático da Praia de Fora onde são registrados 36,0 °C. Isso ocorre em função da cobertura da terra nesse ambiente ser composta por solo arenoso e praticamente desnudo, favorecendo seu aquecimento diurno e resfriamento noturno, devido ao maior ganho e perda de energia entre o sistema terra-atmosfera, justificando a maior amplitude térmica nessa área. Segundo Ometo (1981) e Reichardt e Tímm (2004), a maior variação da temperatura em solos arenosos ocorre em função de sua característica mais seca, portanto, com condutividade térmica e calor específico menor, se comparados aos solos argilosos. Por isso, sua superfície aquece mais rapidamente e emite mais energia, assim como, resfriam-se mais rapidamente na superfície com o cair da noite.

A menor variação térmica anual ocorre na Unidade Lagoa do Bosque, constatação que ratifica a presença de coberto vegetal denso, enquanto atenuante dos valores extremos de temperatura do ar. Ao mesmo tempo concorda com Sattler (1992) e Armani (2004) sobre as áreas densamente vegetadas não registrarem grandes amplitudes térmicas, pois em locais com dossel mais fechado, o solo permanece constantemente úmido e a incidência solar direta é menor, fatores que favorecem a estabilidade térmica desses ambientes.

As horas de frio menores ou iguais a 10,0 °C ficam entre 121 e 298 h, enquanto as menores ou iguais a 7,2 °C oscilam entre 23 e 88 h, com os maiores quantitativos horários registrados na unidade microclimática dos Campos Naturais, ou seja, no ambiente mais frio da UC, reflexo, sobretudo, da elevada presença de umidade no terreno.

Em todo ano, a umidade relativa média do ar é elevada no PEI, com porcentuais que variam entre 75% e 80%, valores muito próximos dos citados por Rambo (2015) e Sartori (2016), que mencionam entre 75% e 85% e entre 70% e 85%, respectivamente. Essa elevada presença de umidade deve-se à existência de pequenos córregos, lagoas e laguna na UC, que embora não sejam os principais controles climáticos no PEI, corroboram juntamente com as chuvas presentes em todos os meses do ano (ALMEIDA; WOLLMANN; HOPPE, 2019) e os ventos úmidos de leste, leste/sudeste e sudeste para a elevada umidade do ar atmosférico.

Quanto às horas de UR média maior ou igual a 95%, são verificados quantitativos entre 122 e 995 horas, com maiores valores registrados na unidade microclimática dos Morros, onde a altitude, tipo de cobertura da terra e ação intensa dos ventos são responsáveis por esse elevado valor, enquanto os menores são verificados nos Campos Naturais que têm nas menores temperaturas e elevada umidade local a resposta para esse menor quantitativo horário. Por fim, a evapotranspiração, assim como acontece com a UR, também é elevada durante o ano no PEI com valores entre 80,0 e 85,0 mm.

6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa se baseou no método dedutivo de análise de dados, exigindo do pesquisador uma aproximação inicial com o tema a ser estudado, o que foi atingido mediante busca e leitura de referencial teórico, que pudesse auxiliar e fundamentar o proposto por esta tese. Com o avançar das etapas da pesquisa, facilidades e dificuldades surgiram, algumas delas, devido ao grau de importância, merecem destaque, pois, de certa forma, influenciaram no caminho percorrido até que os objetivos estabelecidos fossem alcançados.

Entre as facilidades ressalta-se a boa aceitação da pesquisa por parte da equipe gestora do PEI, que desde o início se mostrou solícita e disposta em ajudar no que estivesse ao seu alcance. Dentre os auxílios prestados estava a disponibilização de servidor e veículo oficial para nos conduzir e acompanhar em todas as etapas dos trabalhos de campo, perpassando pelo conhecimento prévio da área até instalação dos equipamentos e coleta dos dados em cada ambiente. Outro aspecto positivo foi o fato do PEI ser uma UC de proteção integral, totalmente legalizada, não havendo, portanto, disputas territoriais ou presença de pessoas estranhas à unidade, que pudesse comprometer ou atrapalhar o desenvolvimento do projeto/pesquisa.

Quanto aos aspectos limitadores, a impossibilidade de instalar pontos de coletas no extremo nordeste e sudeste do PEI foi o mais relevante. Devido à distância, logística e segurança dos equipamentos, não foi possível ampliar e distribuir melhor a malha de coleta de dados, uma vez que, são áreas distantes da sede do PEI e, por isso, são mais difíceis de serem monitoradas pelos servidores da unidade, cujo número, infelizmente, está aquém das necessidades do parque.

Outra dificuldade, porém, de cunho teórico-metodológico, foi o pouco referencial teórico encontrado no Brasil sobre estudos microclimáticos em UCs, alguns deles referendados pelo estado da arte, sendo verificado que apenas uma minoria apresentou análise nesse nível escalar do clima, enquanto a maioria relacionou a variabilidade espaço-temporal dos elementos atmosféricos ao clima regional, local ou topoclimático. Isso também foi verificado na literatura internacional, no caso, em que, com exceção de poucas pesquisas, a maioria está centrada nas relações entre a variabilidade dos elementos do clima e a ocorrência de queimadas ou entre a variabilidade desses elementos e seus impactos nas atividades turísticas locais. Enquanto isso, um número maior busca entender os impactos das mudanças globais do clima na ocorrência e distribuição de espécies endêmicas em lugares destinados à preservação ambiental.

Além disso, a maioria das obras nacionais e estrangeiras aqui referendadas busca explicar a variabilidade dos elementos do clima mediante determinadas condições de tempo e clima e não em verificar como os diferentes controles/fatores climáticos influenciam nessa variabilidade, sendo poucas as proposições que visam identificar e analisar as respostas dos controles/fatores de microescala na variação espaço-temporal dos elementos climáticos. Nesse sentido, tais pesquisas não ajudam muito no plano de manejo das UCs brasileiras.

Ainda neste sentido, são raras as pesquisas que foram realizadas em áreas de proteção integral ao meio ambiente, ou seja, em espaços sem intervenção antrópica, uma vez que, em sua maioria, o espaço analisado foi em áreas limítrofes a esses ou em áreas de uso sustentáveis como bacias hidrográficas, mangues, florestas nacionais ou em Reservas Particulares do Patrimônio Natural, locais onde a atividade antrópica busca compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parte de seus recursos naturais.

Portanto, suas hipóteses, métodos e referenciais teóricos buscavam englobar e aferir o grau de interferência humana em tais espaços, diferentemente desta pesquisa, cuja preocupação com as atividades antrópicas e meio ambiente não foi problema norteador de hipótese, tampouco dos objetivos aqui estabelecidos. Mesmo assim, se tenha observado no decorrer das análises a influência antrópica na variabilidade dos elementos considerados em um ponto restrito do PEI.

Ainda no rol das dificuldades tem-se a caracterização dos aspectos físico-geográficos da UC, tendo em vista que, à exceção de seu plano de manejo, poucos foram os mapeamentos encontrados sobre esse aspecto, o que demandou tempo, pesquisa e trabalho superior ao que inicialmente estava previsto. Principalmente, porque o conhecimento pormenorizado da geografia do PEI era e foi imprescindível para o sucesso da análise microclimática, sendo os trabalhos de campo de grande importância para o reconhecimento e posterior mapeamento destas características. Tendo em vista que, com exceção dos mapas de geologia e geomorfologia os demais mapas apresentados na caracterização físico-geográfica do PEI carregam o ônus e o bônus de serem os primeiros desta UC.

Contudo, acredita-se que as dificuldades aqui elencadas, de certa forma, foram necessárias para o amadurecimento do tema pesquisado, pois exigiram uma reflexão mais profunda, sobretudo, quanto à escolha da escala climática mais adequada ao desenvolvimento da pesquisa que teve como objetivo principal identificar os microclimas do Parque Estadual de Itapuã/RS. Essa identificação foi possível mediante o estabelecimento de alguns objetivos específicos, os quais foram contemplados em sua totalidade e, por isso, são revisitados nessa conclusão.

Quanto à caracterização dos aspectos físico-geográficos do PEI, a elaboração dos mapas temáticos possibilitou verificar que o PEI é formado por duas áreas distintas. Uma situada ao oeste, noroeste e sudoeste da UC com presença de rochas cristalinas pertencentes ao Escudo Sul-Rio-Grandense, que formam morros de altimetria, declives e orientação de vertentes variadas. Seu terreno é coberto basicamente por florestas, seguida de campos rupestres e afloramentos rochosos/matacões.

A outra de maior extensão no PEI se estende pelas porções norte, sul, leste, nordeste e sudeste, cujo terreno está assentado sobre a Bacia Sedimentar de Pelotas com unidades geomorfológicas relacionadas à Planície Costeira. As altitudes nessa área estão próximas ao nível do mar, sendo a Lagoa Negra, Lagoa do Meio e Laguna dos Patos seus principais recursos hídricos. A cobertura da terra nessa área é alternada por dunas, banhados, vegetação de restinga e campos naturais, formando um ambiente característico das áreas costeiras do RS.

Sobre as análises da variabilidade espacial e temporal da temperatura do ar e suas variantes, umidade relativa do ar e das horas de umidade maior ou igual a 95% dos diferentes ambientes fisiográficos, por meio de mapas mensais, sazonais e anuais, tendo como referência, o período de junho de 2017 a maio de 2018, foi verificada significativa variabilidade espaço-temporal, sendo efetivamente maior a variação entre as temperaturas, do que entre os valores higrométricos.

Quanto à ocorrência dos menores valores mínimos de temperatura, foi verificado o mês de julho como sendo o de maior frequência para esses valores em todos os ambientes analisados, com menor temperatura mínima do dia aferida momentos antes do nascer do sol, ou seja, durante o saldo negativo máximo de radiação.

Os maiores valores de temperatura máxima absoluta do ar ocorrem na maioria dos ambientes, em fevereiro, portanto, cerca de um mês e meio após o solstício de verão no Hemisfério Sul, com valores máximos diários ocorrendo às 14h00, ou seja, duas horas após o momento máximo de input de energia no sistema superfície-atmosfera, portanto, durante o balanço positivo de radiação.

Em linhas gerais, a variabilidade anual das temperaturas mínimas e média das mínimas é menor em todos os ambientes se comparado à variação das temperaturas máximas e média das máximas, tendo em vista o maior número de classes térmicas presentes nos mapas mensais, sazonais e anual de temperaturas. Entre as estações do ano, a primavera foi a estação do ano que registrou maior variação de temperatura máxima, enquanto, no inverno, essa variação foi geralmente menor se comparado ao verão e outono. Portanto, sob o ponto de

vista térmico, conclui-se que o inverno é a época do ano em que os valores de temperatura foram mais homogêneos em todos os ambientes da UC.

Conforme mencionado inicialmente, a umidade relativa média do ar apresenta variação diferente da temperatura, uma vez que, na maioria dos mapas mensais, sazonais e anual, não foram encontradas discrepâncias significativas entre os ambientes de maior e menor umidade, mas sim, uma UC de elevados níveis higrométricos durante o ano. Teve-se registro dos maiores percentuais anuais nas áreas mais planas e de menor altimetria do PEI, enquanto os menores, nas áreas de topografia mais elevada e acidentada. Entre as estações do ano o verão foi a época dos menores índices de umidade relativa, enquanto os maiores foram registrados no outono e inverno.

Em relação às horas de umidade relativa maior ou igual a 95%, os maiores quantitativos horários anuais refletiram o encontrado nos mapas sazonais, isto é, com maior número de horas ocorrendo nas partes mais elevadas onde a ação do vento é maior. E assim como ocorreu com a UR média, o menor número de horas foi registrado no verão e os maiores, no inverno. Entre os ambientes as maiores diferenças horárias são registradas na primavera, especialmente entre os situados ao oeste do PEI, enquanto os localizados na metade leste são em geral, mais homogêneos.

Verificada a existência de variabilidade termo-higrométrica e dos números de horas com umidade relativa do ar maior ou igual a 95% nos diferentes ambientes fisiográficos, partiu-se para o próximo objetivo: analisar a variabilidade dos elementos atmosféricos considerados e sua relação com os controles/fatores climáticos locais de cobertura da terra, topografia, altitude, exposição de vertentes e presença de corpos hídricos.

Ao retornar a questão norteadora de tese constatou-se que os diferentes tipos de cobertura da terra, topografia, altitude e exposição de vertentes encontradas no PEI são responsáveis pelas diferenças de temperatura e umidade entre os ambientes selecionados, sendo capazes de gerar microclimas individualizados em seu espaço territorial.

Quanto à influência exercida pelos corpos hídricos Lagoa Negra e Laguna dos Patos, cujas presenças eram vistas como principais controles climáticos da variabilidade termo-higrométrica do PEI, o avançar das análises mostraram que suas influências não são determinantes sobre o elemento temperatura do ar em escala microclimática, tampouco nas escalas temporais aqui analisadas.

Todavia conclui-se pela existência de uma influência indireta da Lagoa Negra sobre os percentuais de umidade relativa do ar e nos quantitativos horários de umidade relativa maior ou igual a 95% em áreas próximas a esse corpo d'água. Tendo em vista que, durante maior

parte do ano, os terrenos a ela adjacentes apresentam grande disponibilidade hídrica, em decorrência do aumento no nível de suas águas, especialmente nos períodos de maior precipitação pluviométrica. No verão, época dos menores volumes de chuvas na UC, essa influência não foi observada, estando o território do PEI mais homogêneo e com grande parte de sua área registrando os menores quantitativos horários do ano.

De forma diferente, ocorreu a interação da Laguna dos Patos com os percentuais de umidade e horas de UR maior ou igual a 95%, pois, embora o nível de suas águas se eleve sob determinadas condições de tempo, a presença de pequeno declive entre a área ocupada pela Laguna e as terras do PEI não permite que suas águas fiquem represadas na UC, assim como ocorre na Lagoa Negra. Essa particularidade contribui para baixa disponibilidade hídrica do terreno arenoso que a cerca, fazendo com que sua presença não influencie no aumento da UR, tampouco nas horas de UR média maior ou igual a 95% nos ambientes mais próximos à ela.

Portanto, em nível escalar microclimático, conclui-se que sua presença e proximidade em relação às áreas próximas não foi um controle climático local capaz de gerar microclimas diferenciados nesses ambientes. Muito embora seja inegável sua contribuição para que a UR do ar apresente percentuais elevados ao longo do ano em toda UC, sendo menor no verão e maior entre outono e primavera, cujos fatores determinantes estão associados à grandeza escalar meso e macroclimática.

Contudo, apesar da Laguna dos Patos contribuir para elevada umidade relativa anual no PEI, sua proximidade em relação a alguns ambientes não foi capaz de individualizar valores de temperatura, umidade relativa do ar e horas de umidade maior ou igual a 95% quando analisada em escala microclimática.

Tal constatação permite concluir que, ao se tratar de espaços naturais, sem intervenção antrópica, nem todo corpo hídrico se configura como controle climático local, pois sua interação e influência sobre os elementos atmosféricos dependem da extensão, profundidade e propriedades físicas de suas águas. A pequena extensão, profundidade e coloração escura das águas da Lagoa Negra não permitiram que sua presença influenciasse nos valores de temperatura do ar em áreas próximas, apesar da reconhecida capacidade dos corpos hídricos de tornar as temperaturas mais amenas em espaços urbanizados.

O que foi observado é a influência indireta deste corpo d'água em áreas próximas, mas devido ao aumento no nível de suas águas em determinadas épocas do ano, cuja ocorrência deixa os terrenos adjacentes mais úmidos e com coloração mais escura que o habitual, características que influenciaram de forma sensível nas temperaturas e de forma mais acentuada na umidade relativa do ar e nas horas de UR maior ou igual a 95%.

Identificada a existência de variabilidade espaço-temporal de temperatura do ar, umidade relativa do ar e nas horas de UR maior ou igual a 95% entre os ambientes, assim como os principais controles climáticos atuantes em cada um, a presente tese conclui pela existência de cinco unidades microclimáticas individualizadas dentro do espaço territorial do PEI. Seus domínios foram denominados por unidade das Praias e Encostas, unidade Praia de Fora, unidade Lagoa do Bosque, unidade dos Morros e unidade dos Campos Naturais.

Portanto, ao retornar a pergunta inicial da pesquisa de que *o microclima é um desdobramento ou subunidade do clima local, quais fatores/controles climáticos locais são capazes de individualizar microclimas no Parque Estadual de Itapuã/RS (PEI)?*

A presente tese conclui que o microclima é uma subunidade do clima no Parque Estadual de Itapuã/RS, sendo sua análise e interpretação relacionada à interação dos fatores/controles climáticos locais com os elementos atmosféricos junto à camada de ar mais próxima do solo, cuja interveniência exercida por cada um foi a resposta encontrada para a variabilidade espaço-temporal dos elementos climáticos aqui considerados. Assim, o controle exercido pelos diferentes tipos de cobertura da terra, topografia, altitude e exposição de vertentes foram capazes de gerar unidades microclimáticas em seu espaço territorial.

Ao retornar a hipótese inicial da pesquisa sobre *a existência de diferentes tipos de cobertura da terra, topografia, altitude, exposição de vertentes e presença de corpos hídricos são os principais controles climáticos locais responsáveis pela existência de microclimas no PEI, conclui-se que a hipótese supracitada foi aceita parcialmente*. Apenas os controles/fatores climáticos relacionados aos tipos de cobertura da terra, topografia, altitude e exposição de vertentes foram validados em sua totalidade, pois foram evidenciadas suas influências na variabilidade dos elementos analisados, sendo que, em alguns ambientes, essa diferença se mostrou acentuada, a ponto de gerar microclimas individualizados.

Enquanto um dos controles climáticos mencionados pela Hipótese foi parcialmente aceito, a influência exercida pela Lagoa Negra e Laguna dos Patos não ocorreu na forma e intensidade esperadas, pois durante a análise microclimática ficou comprovado que a presença desses corpos hídricos não exerce controle determinante sobre a temperatura do ar.

Entretanto, ao considerar apenas a UR e as horas de UR maior ou igual a 95%, conclui-se que a Lagoa Negra desempenha influência indireta sobre esse elemento, em função do aumento no nível de suas águas em algumas épocas do ano. Esse fator sazonal aumenta a disponibilidade hídrica de terrenos limítrofes a esse corpo d'água e acaba por impactar nos percentuais de umidade e nas horas de UR próxima ao seu ponto de saturação em ambientes adjacentes.

Por sua vez, a presença da Laguna dos Patos não influenciou no aumento de UR, nem nas horas de UR maior ou igual a 95% em ambientes próximos a ela, ou seja, não foi capaz de gerar microclimas diferenciados em suas áreas limítrofes. Portanto, conclui-se que a Lagoa Negra exerce, mesmo que indiretamente, uma influência maior que a Laguna dos Patos na individualização dos microclimas identificados no PEI. Sua interveniência está associada ao extravasamento de suas águas e não por sua presença, assim como sua influência está associada apenas a variabilidade da UR e das horas próximas ao seu ponto de saturação.

Ainda sobre os controles climáticos atuantes no PEI a pesquisa identificou outros dois controles, que inicialmente não haviam sido elencados na hipótese alçada sobre a pergunta-problema de tese, mas que no decorrer das análises mostraram-se influentes na individualização das unidades microclimáticas. A disponibilidade hídrica do terreno, enquanto controle termohigrométrico em todos os ambientes selecionados e os ventos predominantes na região, que embora sejam um fator mesoescalar foi necessário considerá-los, devido à sua significativa influência sobre os elementos aqui considerados, sobretudo, naqueles ambientes mais expostos a sua força de ação.

Sobre o controle climático exercido pelos ventos, a pesquisa conclui que os ventos predominantes na região, especialmente os de direção leste, sudeste e em determinadas épocas do ano os de nordeste, por serem de origem oceânica, trazem consigo grande aporte de umidade para o ar atmosférico da UC. Assim, influenciam nos valores de todos os elementos do clima aqui considerados, embora de forma diferenciada entre os ambientes.

Verificou-se também que em alguns momentos a pesquisa transitou por diferentes escalas climáticas durante suas análises, entretanto, a maior influência encontrada foi dos fatores relacionados ao nível escalar microclimático, os quais foram suficientemente ativos ao ponto de individualizar unidades microclimáticas no PEI. Contudo, deve-se ressaltar que na unidade das Praias e Encostas e na unidade dos Morros a interveniência simultânea entre fatores micro e topoclimáticos foram observados, assim como a ação dos ventos, cuja influência foi identificada em todos os domínios microclimáticos. Além disso, a interveniência de alguns fatores macroclimáticos também foi verificada, sobretudo, em determinadas épocas do ano.

Portanto, os principais controles climáticos locais identificados pela pesquisa e que influenciaram na definição das unidades microclimáticas do PEI são os diferentes tipos de cobertura da terra, disponibilidade hídrica do terreno, topografia, altitude, exposição de vertentes e ação dos ventos regionais predominantes.

Com os resultados aqui alcançados abre-se um leque de possibilidades para ações e futuras pesquisas. Entre as propostas estão de promover e divulgar o material cartográfico analisado e apresentado por esta tese, assim como popularizar a existência de unidades microclimáticas na UC, por meio de Atlas Climático do PEI. Esse servirá de auxílio para as atividades de educação e preservação ambiental mediante informações de natureza físico-geográficas desse espaço natural, as quais serão compartilhadas/multiplicadas com estudantes, profissionais e sociedade em geral e que diariamente visitam o parque.

Outra ação prevista é entregar à UC uma cópia final desta tese para que informações nela contida venham contribuir para a atualização de seu plano de manejo, sobretudo quanto aos aspectos climáticos locais e de sua própria geografia. Quanto aos futuros estudos ou desdobramentos desta pesquisa há a possibilidade de relacionar a variabilidade dos dados meteorológicos de cada unidade microclimática com a maior e menor propensão à ocorrência de incêndios, visto que as queimadas são um dos grandes problemas ambientais enfrentados pela UC.

Outro desdobramento é aprofundar o conhecimento acerca da influência da Laguna dos Patos e Lago Guaíba no Clima local da UC, monitorando a temperatura de superfície de suas águas e suas características físicas ao longo do ano, com trabalhos de campo realizados em parceria com outras instituições de ensino públicas e privadas, tendo como escala de análise o clima regional/mesoclimático.

Ainda no rol de futuras pesquisas, é possível buscar analisar em que tipos de tempo as respostas dos controles climáticos identificados em cada unidade microclimática são mais evidentes, baseando-se em estudo da dinâmica das massas de ar e dos principais tipos de tempo a elas associados, assim como, a possível ocorrência de inversões térmicas do ar na unidade microclimática dos Morros.

Bem como outras, de caráter multi e interdisciplinar que visem entender, a partir das variações espaciais dos elementos atmosféricos aqui analisados, a ocorrência de espécies endêmicas em cada domínio microclimático do PEI. Nele o clima analisado em escala de detalhe se mostrou tão diverso quanto sua flora e fauna local, o que torna esse ambiente de proteção ambiental, um santuário ecológico não só para a região metropolitana de Porto Alegre, mas também, para todo o estado do Rio Grande do Sul.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. N. Províncias Geológicas e Domínios Morfoclimáticos do Brasil. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 20, p. 1-26, 1970.
- ALL, J. et al. Fire response to local climate variability: Huascarán National Park. **Researchgate**. v. 13, ed. 2, p. 85-104, 2017. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/318962639>>. Acesso em 27. out.2017.
- ALMEIDA, A. H. Climatologia Aplicada à Geografia. Campina Grande: EDUEPB, 2016. Disponível em: <http://www.uepb.edu.br/ebooks/>. Acesso em: 20 março 2020.
- ALMEIDA, A, P.; WOLLMANN, C. A. A caracterização do Clima em Unidades de Conservação: uma análise nos planos de manejo dos Parques Estaduais do Rio Grande do Sul, Brasil. In: COSTA, L. R. F. (Org.) **Geografia Física: Estudos Teóricos e Aplicados**. Ponta Grossa/PR: Atena, 2020. cap. 4, p.34 -46.
- ALMEIDA, A. P.; WOLLMANN, C.A.; HOPPE, I. L. A distribuição espacial e temporal das chuvas no Parque Estadual de Itapuã/RS entre junho de 2017 e maio de 2018. In: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2019, Fortaleza/CE. **Anais...** Fortaleza/CE: Universidade Federal do Ceará, 2019. p. 01-11. Disponível em: <<http://www.editora.ufc.br/images/imagens/pdf/geografia-fisica-e-as-mudancas-globais/461.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2019.
- ALVARES, C. A. et. al. Köppen's Climate Classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. [S.l.: s.n.], v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ALVES, R.R.; GALVANI, E. Horário de ocorrência das temperaturas mínimas absolutas do ar diárias em São Paulo/SP. In: **XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Congresso Nacional de Geografia Física**, Campinas/SP, 2017.
- AMORIM, M. C.C.; DUBREUIL, V. Intensity of Urban Heat Islands in Tropical and Temperate Climates. **MDPI/ Revista Climate**, Basileia, Suíça, v. 5, n.4, 2017. Disponível em: <http://doi.org/10.3390/cli5040091>. Acesso em: jan. de 2019.
- ANDRADE, C. S. P. Teresina e Clima: indissociabilidades no estudo da cidade. **Revista Equador**, vol. 5, nº 3, 2016, p. 398 - 420.
- ARAÚJO, L. C. **Memória sobre o Clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Serviço de Informação do Ministério da Agricultura, 1930.
- ARMANI, G. **Interações entre a atmosfera e a superfície terrestre: Variações da temperatura e umidade na bacia B do Núcleo Cunha (IF) – SP**. 2004. 198 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Geografia Física. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ARMANI, G. **Análise topo e microclimática tridimensional em uma microbacia hidrográfica de clima tropical úmido de altitude**. 2009. 272 p. Tese (doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ARMANI, G.; GALVANI, E. Avaliação do desempenho de um abrigo meteorológico de baixo custo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, SP, v. 14, n.1, p. 116-122, 2006.

ASSIS, W. L. **O Sistema Clima Urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva tempo-espacial**. 2010. 319 p. (Tese Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 10^a. ed. Rio de Janeiro Bertrand Brasil, 2004. 332p.

AZEVEDO, T. R.; TARIFA, J. R. **O ritmo semanal das atividades humanas e o clima na Região Metropolitana de São Paulo**. Textos do Laboratório de Climatologia e Biogeografia – Departamento de Geografia / FFLCH / USP – Série TA – Texto 008. p.1-17. 2001.

BALLING, R. C.; MEYER, J. G. A.; WEELS, S. G. Relation of surface climate and burned area in Yellowstone National Park. **Elsevier Science Publishers B. V.** Amsterdam, v.60, ed. 3-4, p. 285 -293, 1997. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/> >. Acesso em: 25. ago. 2017.

BARATTO, J.; GALVANI, E.; WOLMANN, C.A. Calibração e Desempenho do Abrigo Meteorológico de Baixo Custo em Condições de Campo. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 16, v.26, p. 441-456, jan/jun.2020.

BARATTO, J.; WOLLMANN, C. A.; HOPPE, I. L. Variabilidade Termo-higrométrica no Parque Estadual do Espinilho, em Barra do Quaraí (RS), sob Domínio Tropical Continental. **Revista Brasileira de Geografia Física**. [S.l.: s.n.], v. 06, n. 06, p. 1734- 1743, 2013.

BARRY, R.G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. Tradução Ronaldo Cataldo Costa. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BECK, H. E. et al. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **SCIENTIFIC DATA**, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>. Acesso em: 16. Out. 2019.

BOKWA, A. et al. Meso and microclimatic conditions in the southern part of the Cracow-Częstochowa Upland. **Researchgate**. v. 11, ed. 3, p. 1-16, 2008. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/publication/>>. Acesso em 10.set. 2018.

BRACK, P. et al. Árvores e arbustos na vegetação natural de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia, Sér. Bot.**, Porto Alegre, v.51, n.2, p.139-166, 1998.

BRASIL. Decreto nº 23.793. Aprova o Código Florestal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Rio de Janeiro, p. 25.538, 23 jan. 1934.

_____. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília**, 16 set. 1965, p. 9.529, retificado no D.O. de 28 set. 1965, p. 9.914.

_____. UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Itapuã, análise preliminar do espaço geográfico**. Porto Alegre, 1982.

_____. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal**, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: set. de 2016.

_____. Decreto nº 4340, de 22 de agosto de 2002. Regulamenta artigos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 18. set..2015.

_____. Ministério do meio Ambiente. **Roteiro metodológico de planejamento - Parque Nacional, Reserva Biológica, Estação Ecológica**. IBAMA. 2002.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Ministério do Meio Ambiente: áreas protegidas, o que são?** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/plano-de-areas-protegidas>. Acesso em: 10 out.2017.

BRITTO, F. P.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. Regionalização sazonal e mensal da precipitação pluvial máxima no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.3, p. 83-99, 2008.

CAMARGO, A.P. Classificação climática para zoneamento de aptidão agroclimática In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7. Viçosa, M.G. 1991. **Anais ...** Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. 1991 p.126-131.

CAPUTA, Z. Meso and microclimatic contrasts in the Ojców National Park. **Researchgate**. v. 19, p. 195-218, 2009. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/>>. Acesso em: 26.ago.2017.

CASTRO, I. E. de. - **“O Problema da Escala”**. In: Geografia Conceitos e Temas. CASTRO, I. E. de; GOMES, P. C. da C.; CORRÊA, R. L. (Org.). Rio De Janeiro: Bertrand Brasil, p. 117-140. 2006.

CHAVES, S. T. **Regularização Fundiária em Unidades de Conservação no Rio Grande do Sul**. 2014. 30 f. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec/EDUSP, 1979.

CIRNE, F.; NICOLINI, C. **Itapuã comemora os 150 anos da epopéia farrapa**. 1ed.Porto Alegre, Ronda-grupo de Estudos da Cultura Gaúcha, 1985. 8p.

CRUZ, A. C. L. **A influência do Lago Guaíba na temperatura e umidade relativa do ar no centro histórico de Porto Alegre (RS)**. 2018. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul/campus Porto Alegre, 2018.

CUADRAT, J. M.; PITA, M. F. **Climatologia**. 7ª ed. Madrid: Catedra, 2014.

DALMAGO, G.A. **Dinâmica da água no solo em cultivo de milho sob plantio direto e preparo convencional**. 2004. 243p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Porto Alegre, 2004.

DALMAGO, G. A. et. al. Evaporação da água na superfície do solo em sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.8, p.780-790, ago. 2010.

DALMAGO, G. A. et. al. Saldo de radiação em canola em função de diferentes formas de distribuição de palha na superfície. In: **SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CANOLA**, 1., 2014, Passo Fundo. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2014.

DE LUCA, S. J. et al. Índices de Diversidade Biológica da Lagoa Negra/RS. In: **V Simpósio Luso Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos e IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**: Rio de Janeiro/RJ, Anais ABRH/APRH, vol. 2, 1991. p. 133 -138.

DIAS, A, S.; SILVA, S. B. Seguindo o fluxo do tempo, trilhando o caminho das águas: Territorialidade Guarani na região do Lago Guaíba. **Revista de Arqueologia**. Sociedade Brasileira de Arqueologia, v 26, n. 1, p. 56-70, 2013. Disponível em: <<https://www.revista.sabnet.org/index.php/SAB>>. Acesso em: 25 ago. 2017.

DIEGUES, A. C. S. **O Mito Moderno da Natureza Intocada**. São Paulo: Ed. Hucitec, 1998. 169p.

DNAEE (Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica), 1983. **Ministério das Minas e Energia**. Mecânica de correntes do Guaíba. Relatório Síntese.

DRUMMOND, J. A.; FRANCO, J. L. de A.; NINIS, A. B. **O Estado das Áreas Protegidas do Brasil – 2005**. Brasília: [s.n.], 2006.

DUANE, W.J. et. al. General characteristics of temperature and humidity variability on Kilimanjaro, Tanzania. **Jounal Arctic, Antarctic and Alpine Research**. v. 40, n.2, p. 323–334, 2008.

DUNLOP, M. (Org.). **The Implications of Climate Change for Biodiversity Conservation and the National Reserve System: Final Synthesis**. Camberra/Austrália: CSIRO, 2012.

DYDERSKI, M. K.; PAWILIK, L. Spatial distribution of tree species in mountain national parks depends on geomorphology and climate. **Forest Ecology and Management**. v. 474, 2020. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/locate/foreco>>. Acesso em: 26 jun. 2020.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos** (Rio de Janeiro, RJ). Súmula das 10.

Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1)

FALCÃO, R. M. et. al. Análise da Variação da Umidade Relativa do Ar do Pico da Bandeira, Parque Nacional Alto Caparaó, Brasil. In: **VI Seminário Latino Americano de Geografia Física e II Seminário Ibero-americano de Geografia Física**. Universidade de Coimbra. Maio, 2010.

FERRARI, A. H. **De Estocolmo, 1972 a Rio+20, 2012**: o discurso ambiental e as orientações para a educação ambiental nas recomendações internacionais. 2014, 226 p. Tese (Doutorado em Educação Escolar) – Universidade Estadual Paulista/Faculdade de Ciências e Letras, Araraquara, 2014.

FERREIRA, A. G. **Meteorologia Prática**. 1ª. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2006.

FURTADO, A. E. **Simulação e Análise da Utilização da Vegetação como Anteparo às Radiações Solares em uma Edificação**. 1994. Dissertação (Mestrado em Ciências da Arquitetura) na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, Rio de Janeiro, 1994.

GALANTE, M. L. V. et al. 2002. Roteiro Metodológico de Planejamento. Parques Nacionais, Reservas Biológicas, Estações Ecológicas. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Brasília. 135p. Versão revisada de 2005.

GALVANI, E. et. al. Avaliação da temperatura do ar no perfil topoclimático do Parque Estadual de Intervales – SP, entre as altitudes de 150 a 950 metros. IN: VI Seminário Latino Americano de Geografia Física e II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física, Santa Maria, 2008, **Anais...** CD Rom, Santa Maria/RS: UNIFRA e UFSM, 2008. p. 4242- 4252.

GALVANI, E.; LIMA, B, G, N.; FALCÃO, M. R. A escala Topoclimática nos Estudos climáticos: o exemplo do perfil topográfico do Pico da Bandeira, Parque Nacional do Caparaó, MG. In: **Climatologia Aplicada**: Resgate aos estudos de caso, Curitiba/PR: CRV, 2012. p. 165- 176.

GEIGER, R. **Manual de microclimatologia**: O Clima da Camada de Ar junto ao solo. 4ª ed. Lisboa: Gulbenkian, 1961, 556p.

GEIGER, R. **The Climate Near The Ground**. Cambridge: Harvard University Press, 1966.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HASENACK, H.; WEBER, E. (org.) Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3). ISBN 978-85-63483-00-5 (livreto) e ISBN 978-85-63843-01-2 (DVD).

HOFFMANN, G. R.; AREND, L. M.; SILVEIRA, J. C. B.; BELLOMO, H. R.; NUNES, J. L. M. *Rio Grande do Sul: Aspectos da Geografia*. Porto Alegre: Martins Livreiro, 4ª edição, 1997. 104p.

HOPPE, I. L., et al. Comparação entre um abrigo meteorológico de baixo custo e a estação meteorológica oficial no INMET, em Santa Maria (RS). **Ciência e Natura**, Santa Maria, RS, v.37, p. 132-137, 2015.

HOPPE, I. L.; WOLMANN, C.A. Variabilidade termo-higrométrica em dois pontos da área urbana de Salto do Jacuí – RS: comparando com a estação de Ibirubá – RS no dia 25 de fevereiro de 2017. **Geoambiente on-line**, Jataí/GO, n.30, 148-165, 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA/INPE. **Catálogo de imagens**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em 10 abr. 2019.

IRGANG, G, V. **Análise Espacial e Temporal do Estado de Conservação Ambiental do Parque estadual de Itapuã - RS e Sua Zona de Amortecimento**. 2003, 110p. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

JAKOB, A.A.E. A Krigagem como Método de Análise de Dados Demográficos. In: *XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, Belo Horizonte/MG:: Associação Brasileira de Estudos Populacionais (ABEP) 2002*. Disponível em <http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/pdf/2002/GT_SAU_ST3_Jakob_texto.pdf> Acesso em 22 abr. de 2018.

JARDIM, C. H. **Proposta de síntese climática a partir do comportamento térmico e higrométrico do ar em áreas urbanas**. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia – Instituto de Geociências. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2007.

_____. Aspectos Multiescalares e Sistêmicos da Análise Climatológica. **Geografias**, Belo Horizonte, - Edição Especial - III Seminário de Geografia Reflexões sobre o III Seminário de Geografia (III SEGEO), p.40-52, 2015.

_____. Interações Locais e Topoclimáticas no Interior e Áreas Limítrofes ao PQ. Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. In: **Os Desafios da Geografia Física na fronteira do Conhecimento**. Archimedes Perez Filho, Raul Reis Amorim (Orgs.). Campinas, SP: Instituto de Geociências/UNICAMP, 2017.

JESUS, E. F. R. Algumas reflexões teórico-conceituais na Climatologia Geográfica em mesoescala: uma proposta de investigação. **GeoTextos**, v. 4, n. 1 e 2, p. 165-187, 2008.

KEGLER, J. J.; WOLMANN, C.A.; BANDEIRA, B. C. O sistema termodinâmico de cidades pequenas: configuração urbano-rural com uso de transectos móveis em Agudo/RS, situação veranil de janeiro de 2016. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia, MG, v.18, n.62, p.32-48, 2017.

KING, A. W., - “Hierarchy theory and the landscape...level? or Words do matter.” In: WIES, J. A.; MOSS, M. R. et al. *Foundation papers in Landscape Ecology*, New York: Columbia University Press: p.p.:29-35, 2006.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. 2 ed. México –Buenos Aires: Fondo de Cultura Economica, 1931.

_____. **Das Geographische System der Klimate**. Berlim-Alemanha: Gebrüder Borntraeger, 1936.

_____. **Climatologia**: Com um estudio de los clima de la tierra. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.

KRÜGER, E. L.; GONZALEZ, D. E. G. Impactos da alteração no albedo das superfícies no microclima e nos níveis de conforto térmico de pedestres em cânions urbanos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 3, p. 89-106, jul./set. 2016.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul, segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarun Scientia**. Santa Maria, RS, v. 2, n. 1, p. 171 -182, 2001.

KUNZ, J.H. et. al. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1511-1520, 2007.

LANDIM, P.M.B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas**. Rio Claro: UNESP. Texto didático 02, 20 p. 2000. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>. Acesso em 14 nov de 2018.

LANDIM, P.M.B., MONTEIRO, R. C.; CORSI, A.C. **Introdução à confecção de mapas pelo software SURFER**. Rio Claro:UNESP. Lab. Geomatémática, Texto Didático 08, 21 p. 2002. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>. Acesso em 21 nov. de 2018.

LANDIM, P.M.B.; STURARO, J.R. **Krigagem indicativa aplicada à elaboração de mapas probabilísticos de riscos**. Rio Claro:UNESP/Texto Didático 06, 19 p. 2002.

LANGE, O.; GUERRA, T. **Análise Ambiental da Sub-Bacia do Arroio Itapuã**: Caderno par Educação Ambiental. Porto Alegre: Departamento de Ecologia/UFRGS, 2002. 104p.

LIMA, N. G. B. **Análise Microclimática dos Manguezais da Barra do Ribeira-Iguape/SP**. 2009. 183 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

_____. **Interação dos Atributos Climáticos nos Manguezais do Litoral Sul de São Paulo e sua Relação com os Controles Climáticos**. 2014. 313p. Tese (Doutorado em Geografia). Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

LOMBARDO, M. O Clima e a cidade. In **IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído**, 1997, Salvador. Anais. Salvador: FAUUFBA/LACAM-ANTAC, 1997. p.59.62.

LOPES, R.M. **Análise Topo e Microclimática da RPPN- Pousada das Araras Serranópolis-GO**. 2011. 104p.Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, 2011.

_____. **Análise Topoclimática na Bacia Hidrográfica Caçu e Barra dos Coqueiros-GO**. 2018. 158p. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências Humanas da Universidade Federal de Dourados, Dourados - MS, 2018.

LOPES, L. C. S.; JARDIM, C.H.J. Variações de temperatura e umidade relativa do ar em área urbana e rural durante o segmento temporal de inverno de 2011 em Contagem e Betim (MG). **ACTA Geográfica**, Boa Vista/RO. Ed, esp. Climatologia Geográfica, p. 205-22, 2012.

LÓPEZ, I.; PARDO, M. Socioeconomic Indicators for the Evaluation and Monitoring of Climate Change in National Parks: An Analysis of the Sierra de Guadarrama National Park (Spain). **Environments**. n. 5, ed. 25, p. 1-16, 2018. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/journal/environments>>. Acesso em 10. nov. 2018.

LUZ, G. A.; GUASSELLI, L. A.; ROCHA, D. R. Relações entre temperatura do topo de atmosfera, da superfície da água e variáveis meteorológicas: Lago Guaíba (RS). **Boletim de Geografia**, Universidade Estadual de Maringá, v. 37, n. 2, p. 166-185, 2019.

MAITELLI, G. T. **Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental. O exemplo de Cuiabá – MT**. Tese de Doutorado (Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas), Universidade de São Paulo, 1994.

MACHADO, F. M. **Contribuição ao Estudo do Clima no Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Serviço Gráfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/IBGE, 1950.

MALUF, J. R. T. Nova Classificação Climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, RS, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000.

MARTINS, A. Conflitos ambientais em unidades de conservação: dilemas da gestão territorial no Brasil. **Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales**. Universidad de Barcelona, v. XVII, n. 989, 2012. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/b3w-989.htm>>. Acesso em 06 ago. 2019.

MASCARÓ, L. **Ambiência Urbana**. Porto Alegre: Sagra-D.C.Luzzatto, 1996.

MASIERO, E.; SOUZA, L. C. L. Variação de umidade absoluta e temperatura do ar intraurbano nos arredores de um corpo d'água. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 13, n. 4, p.25 -39, jul./set.2013.

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

MENEGAT, R. et al. **Atlas Ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS, 1998.

MILANO, M.S. **Unidades de conservação. Conceitos e princípios de planejamento e gestão**. Curitiba, FUPEF, 1989.

_____. **Roteiro metodológico de planejamento – Parque Nacional, Reserva Biológica, Estação Ecológica**. IBAMA. 2002.

MILANESI, M. A. **Identificação das Unidades Climáticas na Ilha de São Sebastião (SP)**. 2016. 305 p. Tese (doutorado). Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

MIRANDA, E. E de. (Coord). **Brasil em relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por satélite, 2005. Disponível em: < <https://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em 1 jul. 2018.

MIYATA, L. Y. 2014. **Expressão do gene uidA dirigido por promotores preferencialmente ativados no floema de plantas transgênicas de laranja doce inoculadas com Candidatus**. 84 p: il. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba

MONTEIRO, A, M. **Dinâmica atmosférica e a caracterização dos tipos de tempo na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá**. 2007. 224p. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geociências do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MONTEIRO, C. A. F. Da necessidade de um caráter genético à classificação Climática (Algumas Considerações metodológicas a propósito do Brasil Meridional). **Revista Geográfica**. Rio de Janeiro, IPGH, v. 57, n. 31, p. 29-44, 1962.

_____. **Clima**: In: Grande Região Sul. Geografia do Brasil. v. IV. Tomo I, 2ª ed. Cap III, IBGE, Rio de Janeiro, 1968, p 115-158.

_____. **Análise rítmica em Climatologia**. Problemas da atualidade climática no Estado de São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1971. (Série climatologia 1).

_____. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1976. (Série Teses e Monografias, n.25).

_____. **Clima e excepcionalismo**: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis/SC : Editora da UFSC, 1991.

MONTEIRO, M. A.; FURTADO, S. M. O clima do Trecho Florianópolis - Porto Alegre: uma abordagem dinâmica. **Revista do Departamento de Geociências – GEOSUL**, Florianópolis, n. 19/20, p. 117 -133, 1995.

MOREIRA, M. A. A.; PEREIRA, A. C. C. Levantamento Topoclimático da RPPN Santuário do Caraça. **Caderno de Geografia**. Belo Horizonte, v. 14, n. 23, p. 43-50, 2º sem. 2004.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961.

MOTA, F. S. Estudo do Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo o Sistema de W. Koeppen. **Revista Brasileira de Geografia**. Ano XIII, n. 2, p. 107- 116, abr./jun. 1951.

_____. Mapeamento de Horas de Frio para Indicação do Cultivo de Fruteiras Criófilas no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 14, n. 1, p. 83-88, 1992.

MOURA, N.V.S.; HASENACK, H.; SILVA, L.L. **Mapa geomorfológico dos municípios de Porto Alegre, Viamão e Alvorada - RS**. Porto Alegre: UFRGS - IB - Centro de Ecologia. ISBN 978-85-63843-10-4. Disponível em: <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>. Acesso em 22 abr. 2017.

MUSSKOPF, E. L. **Composição florística e distribuição ecológica de Epífitos Vasculares no Parque Estadual de Itapuã, Viamão, Rio Grande do Sul**. 2006, 60p. Dissertação (Mestrado em Botânica). Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal do Rio Grande do SUL, 2006.

NICOLODI, L. J. **A Morfodinâmica Praial como Subsídio ao Gerenciamento Costeiro: o caso da Praia de Fora/Parque Estadual de Itapuã, RS**. 2002, 140p. Dissertação (Mestrado em Geociências). Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

NIMER, E. Clima. In: FURLANETTO, D. A. et. al. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1990. v. 2, p. 151- 187. 420p.

NUNES, L. H. A Escala nas Ciências Atmosféricas. **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo, v. 19, n. 1, p. 71-73, jan./dez. 1998.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. London: Routledge, 1987. 435p.

OLIVER, J. F.; FAIRBRIDGE, R. W. **Enciclopédia of climatology**. New York: V. N. Reinhold, 1987.

OLIVEIRA, D. E.; ASSIS, D.C.; FERREIRA, C. C. M. A influência dos corpos hídricos na geração de microclimas urbanos, um estudo de caso da cidade de Juiz de Fora, MG. In: XIV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2011, Dourados (MS). **Anais...Dourado**, 2011.

OLIVEIRA, A. S. **Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia**. 1986, 134p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos/SP, 1986,

OLIVEIRA, M. J. et al. Ciclos climáticos e causas naturais das mudanças do clima. **Terra e Didática**. Campinas/SP, v. 13, n.3, p. 149-184, set./dez. 2017.

OMETO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440 p.

OSCAR JÚNIOR, A. C. S. Noções teóricas complementares à questão climática atual: discutindo hierarquia, escala e variabilidade. **Geografias Artigos Científicos**. Belo Horizonte, n.08, v. 2. p. 108-121, jun./dez., 2012.

PAUL, S.; ZIAUL, S. Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and**

Space Sciences. v. 20, edição 1, p. 125-145, jun. 2017. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.11.003>>. Acesso em 10 de agosto de 2020.

PEARSON, Karl; FISHER, Ronald & INMAN, Henry F. 1935. “Karl Pearson and R. A. Fisher on Statistical Tests: A 1935 Exchange from Nature”. **The American Statistician**, 48,1: 2-11. 1994.

PEDELABORDE, P. **Introduction à l'étude scientifique du climat.** Paris: Centre de Documentation Universitaire, 1959.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrol. Earth Syst.** v.11, p.1633–1644, out. 2007. Disponível em <<https://hess.copernicus.org/articles/11/1633/2007/hess-11-1633-2007.pdf>>. Acesso em 08 de junho de 2020.

PEPIN, N.C., SEIDEL, D.J. A global comparison of surface and free-air temperatures at high elevations. **Journal of Geophysical Research.** v. 110, 2005. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1029/2004JD005047>. Acesso em: 12 de maio de 2019.

PERES CASTILLO, C.; ADONIS PONCE, R. **Guia para el uso de la información agorclimática en El manejo de cultivos y frutales.** Disponível em: <<http://agroclimatico.minagri.gob.cl/>>. Acesso em 24 de abril de 2018.

PESSOA, M. L. (Org.). Clima do RS. In: **Atlas FEE.** Porto Alegre: FEE, 2017. Disponível em: <<http://atlas.fee.tche.br/rio-grande-do-sul/socioambiental/clima/>>. Acesso em: 22 de dezembro de 2017.

PETTERSEN, S. **Introducción a la meteorología.** Madri: Espasa-Calpe, 1968. 429p.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Acompanhando a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável:** subsídios iniciais do Sistema das Nações Unidas no Brasil sobre a identificação de indicadores nacionais referentes aos objetivos de desenvolvimento sustentável/Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Brasília: PNUD, 2015. 291 p.

RADIN, B. et al. Quantificação e distribuição sazonal da precipitação pluvial nas regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geografia Física.** v. 10, n. 4, p. 1161-1169, 2017.

RAMBO, B. **A Fisionomia do Rio Grande do Sul.** 4. ed. revisada, São Leopoldo: Ed UNISINOS, 2015. 398p.

REICHARDT, K. & TIMM, L. C. **Solo, planta, atmosfera:** conceitos, processos e aplicações. Barueri: Manole, 2004. 478 p.

RIBEIRO, A. G. **Radiação solar.** Maringá: Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá, 1990. (Série Textos Básicos, Climatologia, n.2).

_____. As Escalas do Clima. **Boletim de Geografia Teórica.** .23, n.45-46, p. 288-294, 1993.

RICHNER, H., PHILLIPS, P. D. A comparison of temperatures from mountaintops and the free atmosphere: their diurnal variation and mean difference. **Monthly Weather Review**. v. 112, ed. 7, p. 1328–1340.1984.

RIO GRANDE DO SUL, Decreto, nº 33.886, de 11 de março de 1991. **Que cria o Parque Estadual de Itapuã, no Município de Viamão, e dá outras providências.**

_____. Decreto nº 34.256/1992. **Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC) do Rio Grande do Sul.** 1992.

_____. **Decreto Estadual nº 22.535, de 14 de julho de 1973.** Disponível em <http://www.al.rs.gov.br/>. Acessado 15 set. 2016.

_____. Secretaria de Agricultura e Abastecimento/SSA. Porto Alegre, **Plano de Manejo:** Parque Estadual de Itapuã, 1996. Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/parque-estadual-de-itapua>> Acesso em : 9 out. 2016.

_____. DECRETO Nº 53.037, DE 20 DE MAIO DE 2016. **Institui e regulamenta o Sistema Estadual de Unidades de Conservação – SEUC.** Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br>> Acesso: 18. Set. 2017.

ROCHA, T. **Variabilidade climática na bacia hidrográfica do médio Caiapó, Oeste Goiano – Goiás/Brasil.** 2018. 130p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, campus Jataí, 2018.

ROLIM, g. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente Excel para áculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia.**Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.

ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul: Variabilidade, Tendências e Tipologias.** 2011. 253 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

_____. Os Climas do Rio Grande do Sul: tendências e tipologia. In: Francisco Mendonça. (Org.). **Os Climas do Sul:** Em Tempos de Mudanças Climáticas Globais. 1ed. Jundiaí: Paco Editorial, 2014, p. 217-271.

SADOURNY, R. **O clima da Terra.** Lisboa:Instituto Piaget, 1994.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.313-319, 1995.

SANTOS, D. D.; MORAES, S.L.; GALVANI, E. Variação da Temperatura do ar média, mínima e máxima no perfil topoclimático da trilha caminhos do mar (SP). **Revista Equador**, vol. 5, nº 5, 2016, p. 01-19.

SARTORI, M.G.B. **O clima de Santa Maria: do regional ao urbano**. 1979. 163p. Dissertação (Mestrado em Geografia).– Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

_____. Balanço sazonal da participação dos sistemas atmosféricos em 1973, na região de Santa Maria, RS. **Ciência e Natura**, n. 2, p. 41-53, 1980.

_____. A circulação atmosférica regional e as famílias de tipos de tempo identificadas na região central do Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**, n. 3, p. 101-110, 1981.

_____. As variações pluviométricas e o regime das chuvas na região central do Rio Grande do Sul. **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro, v. 23, p. 72-80, 1993.

_____. A dinâmica do clima do Rio Grande do Sul: Indução empírica e Conhecimento Científico. **Revista Terra Livre**, São Paulo, v. 1, n. 20, p. 27-49, jan./jul. 2003.

_____. **O vento norte**. Santa Maria/RS: DR Publicidade, 2016. 255p.

SATTLER, M.A. **Arborização urbana e conforto ambiental**. In: Congresso de arborização de cidades, 1, 1992, Vitória. **Anais...** Vitória: 1992. p. 15-28.

SAUER, T.J.; HATFIELD, J.L.; PRUEGER, J.H. Corn residue age and placement effects on evaporation and soil thermal regime. **Soil Science Society of America Journal**, v.60, p.1558-1564, 1996.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA/SEMA. **Relatório Comparativo do Parque Estadual de Itapuã entre os anos de 2016 e 2017**. Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/parque-estadual-de-itapua>>. Acesso em 10 ago. 2018.

_____. **Situação Regularização Fundiária UCs – Março/2018**. Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201803/15151411-anexo-situacao-regularizacao-fundiaria-uc-s-marco-2018.pdf>>. Acesso em 15 abr. 2020.

SERAFINI JÚNIOR, S. **Delimitação de unidades climáticas locais no Parque Nacional Cavernas de Peruaçu**. 2005. 174 p. Dissertação (Mestrado em climatologia), Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SERAFINI JÚNIOR, S. **O microclima de uma vereda degradada: estudo de caso o parque estadual veredas do Peruaçu-MG**. 2010. 123p. Tese (Doutorado em climatologia), Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SERAFINI JÚNIOR, S. et al. Adequação da escala climatológica para planos de manejos: o Parque Estadual de Intervalos como estudo de caso. In: **Climatologia Aplica: resgate aos estudos de caso**. Emerson Gaivani, Nádia Gilma Beserra de Lima (Orgs.). Curitiba, PR: CRV, 2012.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL/CPRM. Mapa Geológico do Rio Grande do Sul na escala 1:750.000. Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/publique/Geologia/Geologia-Basica-26>. Acesso em 11 abr. 2018.

SILVA, A. j. et al. Análise topoclimática em unidade de conservação Urbana a partir da temperatura e Umidade relativa do ar. **E-Scientia**. Belo Horizonte, MG, V. 4, N.º 1, p. 21-30. (2011). Disponível em: <<http://www.unibh.br/revistas/escientia/>>. Acesso em 20 mar. 2019.

SILVA, F.; FALLAVENA, M. A. B. **Estudo da Avifauna do Parque Estadual de Itapuã**. Rio grande do Sul: Biologia e Anilhamento: Iheringia, Série Zoologia, Porto Alegre, V. 59: 89-118, 1981.

SIMIONI, J. P. D.; WOLLMANN, C. A. A Variabilidade anual dos atributos climáticos e definições das unidades climáticas na Estação Ecológica do Taim-RS. **GEOUSP – Espaço e Tempo**. (Online), v. 20, n. 3, p- 676 – 697, 2013.

_____. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo na Estação Ecológica do Taim, RS, no ano de 2009: análise durante o verão, outono, inverno e primavera. **Interface**, v. 1, p. 216-231, 2016.

SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA - **SNUC lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002**. 5.ed. aum. Brasília: MMA/SBF, 2004. 56p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Meteorologia e climatologia florestal**. Curitiba: UFPR, 2004. 195p.

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

SCHNEIDER, F. M. et al. Determinação das propriedades térmicas de um solo da unidade de mapeamento São Pedro. **Revista Centro Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 10, n. 4, p. 357-363, set. 1980.

SMITH, J. et al. Climate and visitation to Utah's 'Mighty 5' national parks. **Tourism Geographies** (online), v. 20, n. 2, p. 250-272, 2018. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/toc/rtxg20/current>>. Acesso em agosto de 2018.

SMITH, K. **Principles of applied climatology**. London: Megraw, Hill Book Company Ltda., 1975.

STEINKE, E. T. **Climatologia fácil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 144p.

STOUTJESDIJK, Ph; BARKMAN, J.J. **Microclimate, vegetação e fauna**. Knivsta/Suécia: Opulus Press, 1992, p. 216.

STULL, R. B. **Meteorology for Scientists and Engineers**. Pacific Grove/California: Brooks/Cole, 2000.

TAHIRI, A.Z.; ANYOJI, H.; YASUDA, H. Fixed and variable light extinction coefficients for estimating plant transpiration and soil evaporation under irrigated maize. **Agricultural Water Management**, v.84, p.186-192, 2006.

TARIFA, J. R. **Os climas nos maciços litorâneos da Juréia-Itatins: um ensaio de ritmanálise**. 2002. 401p. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

THORNTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**. 38:55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. New Jersey: Institute of Technology - Laboratory of Climatology, v. 8, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII. n.1).

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução à climatologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 256p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. SUPREN-IBGE, 1977.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL/UFRGS. Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul. Disponível em <https://www.ufrgs.br/labgeo/index.php/dados-espaciais/250-base-cartografica-vetorial-continua-do-rio-grande-do-sul-escala-1-50-000>. Acesso em 11 dez. 2018.

VAREJÃO-SILVA, A. M. Meteorologia e Climatologia. Recife: Versão Digital 2, 2006. Disponível em: <https://icat.ufal.br> . Acesso em: 10 fevereiro 2020.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A.R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. 2 ed. rev. Ampl. Viçosa/MG: Ed. UFV, 2012. 460p.

VIDE, J. M. **Fundamentos de climatologia Analítica**. Madrid: Síntesis, S.A, 1999. 157p.

VOLKMER-RIBEIRO, C. Limnologia e a vegetação de macrófitas na lagoa Negra, Parque Estadual de Itapuã, Rio Grande do Sul. **Iheringia: Série Botânica**, v. 27, p. 38-59, 1981.

WAECHTER, J. L. Aspectos ecológicos da vegetação de restinga no Rio Grande do Sul, Brasil. **Comunicações do Museu de Ciências da PUCRS: Série Botânica** v. 33, p. 49-68, 1985.

WAECHTER, J. L. Comunidades vegetacionais das restingas do Rio Grande do Sul. São In: **Anais do Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira**, Águas de Lindóia/SP: São Paulo Publicação, ACIESP N. 71-3. v. 3, 1990, p. 228- 248.

WOLLMANN, C. A. Variabilidade Climática e Controles de Clima em Unidades de Conservação: estudo de caso no Parque Estadual de Itapuã, Viamão/RS sob Domínios atmosféricos Tropicais. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36, ed. Especial, p. 194- 209, 2014.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Caracterização Climática Regional do Rio Grande do Sul: dos Estudos Estáticos ao Entendimento da Gênese. **Revista Brasileira de Climatologia**. Curitiba, PR, v. 11, p. 87 - 103, jul./dez. 2012.

WOLLMANN, C. A.; SARTORI, M.G.B. Ocorrência de Episódios de Enchentes na Bacia Hidrográfica do Rio Caí, RS, e sua relação com o Fenômeno El Niño. In: Simpósio Internacional de Climatologia, 2009, Canela. **Anais...Canela/RS: CD-ROM**, 2009.

WOLLMANN, C. A.; SIMIONI, J. P. D. Variabilidade espacial dos atributos climáticos na Estação Ecológica do Taim (RS), sob domínio polar. **Revista do Departamento de Geografia-usp**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 56-76, jun. 2013. Semestral. Disponível em: <<http://citrus.uspnet.usp.br/rdg/ojs/index.php/rdg/article/view/437>>. Acesso em: 13 jan. 2014.

WOLLMANN, C. A.; SIMIONI, J. P. D.; IENSSE, A. C. Atlas Climático do Taim: Contribuição ao estudo do Clima em Unidades de Conservação. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, n. 27, p. 30-50, mar. 2016.

WOJKOWSKI, J.; CAPUTA, Z. The impact of karst relief on the diversity of insolation conditions and mesoclimate variation: Case study of the Ojców National Park, Poland. **International Journal of Geoheritage**. V.4, n.1, p. 33-43, 2016. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/>>. Acesso em 23 agosto de 2017.

White, J. D. et al. Assessing simulated ecosystem processes for climate variability research at glacier national park, usa. **Ecological Applications**. V. 8, n. 3, p. 805-823, 1998. Disponível em: <<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/>>. Acesso em novembro de 2018.

WREGE, M. S. et. al. Simulação do Impacto do aquecimento global no somatório de horas de frio no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira Agrometeorológica**, n. 3, v. 14, p. 347-352, 2006.

YNOUE, R. Y.; et al. **Meteorologia: noções básicas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

ANEXO I

P1/Praia da Pedreira

Tmin Absoluta Horária

Hora	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0:00	18,8	16,7	14,0	17,5	5,9	8,7	5,4	10,1	15,1	12,6	12,7	17,4
1:00	18,8	15,6	13,6	16,6	5,6	8,5	4,3	10,1	15,3	11,7	12,5	15,2
2:00	17,8	14,0	12,7	16,1	5,3	10,5	5,1	9,7	15,1	10,1	12,4	15,6
3:00	16,6	13,5	14,6	16,3	5,3	9,4	5,7	9,7	14,4	11,3	10,4	15,7
4:00	16,6	13,3	13,5	16,0	5,0	9,8	5,6	9,3	14,5	11,3	9,8	14,6
5:00	16,4	14,9	13,5	15,5	4,8	8,8	5,2	9,2	14,8	10,8	10,4	14,1
6:00	17,2	17,5	13,7	14,6	5,0	8,7	5,6	7,9	15,1	11,7	14,6	17,3
7:00	21,2	20,2	17,1	15,6	6,1	6,6	5,5	8,0	15,7	14,9	18,4	20,2
8:00	21,2	22,0	18,3	19,1	11,3	10,6	6,9	13,8	16,1	15,8	19,6	21,3
9:00	21,4	23,0	19,1	20,1	12,5	10,4	7,8	14,1	15,9	16,6	19,1	21,7
10:00	21,5	23,1	19,8	19,9	13,4	11,0	8,9	14,6	16,1	17,8	17,2	22,0
11:00	20,8	21,8	20,8	20,4	14,3	11,5	9,1	15,4	16,4	17,7	17,6	23,1
12:00	21,3	21,4	21,2	20,5	14,9	12,0	9,4	15,1	16,6	18,0	18,9	22,5
13:00	22,9	22,4	21,3	20,8	14,3	12,5	9,9	15,2	16,7	18,0	18,3	22,5
14:00	23,5	21,9	21,8	20,8	14,1	12,1	9,5	14,8	16,8	18,2	17,8	22,4
15:00	23,0	20,3	21,2	21,1	13,8	11,5	9,8	14,7	16,8	17,8	17,3	20,9
16:00	22,8	21,4	20,7	20,8	12,8	11,1	9,5	14,4	17,1	17,7	17,4	21,2
17:00	22,6	22,0	20,4	20,8	9,5	8,4	6,7	10,9	16,5	17,6	17,7	20,4
18:00	22,5	20,6	16,8	20,5	8,3	7,8	7,6	9,6	15,7	15,5	17,4	19,4
19:00	21,8	20,3	16,1	19,7	7,6	7,6	7,8	10,4	15,8	14,5	16,4	19,0
20:00	21,2	19,4	17,5	19,7	7,0	7,2	5,8	11,1	15,8	13,6	16,1	19,3
21:00	20,2	19,1	17,4	18,6	6,8	8,0	4,9	10,5	15,5	14,6	14,9	19,2
22:00	18,9	18,0	16,4	17,7	6,6	7,6	5,0	11,1	15,5	14,3	13,7	18,9
23:00	19,2	18,4	15,3	17,4	6,5	7,1	5,3	10,3	15,2	13,9	12,9	18,1

Tmed Horária

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
22,5	21,6	21,2	20,6	16,9	14,6	14,2	15,5	18,1	18,2	17,7	20,7
22,3	21,3	20,8	20,2	16,8	14,5	13,6	15,2	17,9	17,8	17,6	20,6
22,0	20,9	20,2	19,9	16,4	14,4	13,3	14,8	17,7	17,5	17,2	20,5
21,8	20,7	20,1	19,7	16,4	14,2	13,4	14,6	17,8	17,3	17,3	20,4
21,7	20,5	19,9	19,5	15,9	14,2	13,1	14,5	17,8	17,3	17,4	20,5
21,6	20,5	20,0	19,4	15,6	14,5	13,2	14,7	17,8	17,2	17,6	20,6
22,6	21,2	20,2	19,6	15,3	14,2	13,1	14,4	17,9	17,9	19,1	21,8
24,7	23,6	22,2	21,1	15,7	14,5	13,7	14,9	19,1	19,8	21,2	24,1
26,4	26,2	24,2	23,6	18,2	16,1	16,0	17,4	20,5	21,0	22,9	25,8
27,5	27,8	25,4	24,9	20,1	17,2	17,7	18,6	21,6	22,0	23,9	27,1
28,4	28,2	26,4	25,8	20,9	17,7	18,4	19,7	22,3	22,8	24,7	28,1
29,2	28,7	26,6	25,9	20,8	17,6	19,0	20,2	22,8	23,2	25,4	29,1
29,6	29,4	27,1	26,4	21,4	18,1	19,8	20,4	23,4	23,7	26,2	29,7
29,7	30,2	27,7	27,3	22,1	19,0	20,9	21,5	23,6	24,1	26,0	29,6
29,8	29,7	27,8	27,7	22,3	19,0	21,0	22,0	23,5	23,8	26,2	28,9
28,8	28,7	27,1	27,2	21,7	18,7	20,4	21,4	23,2	23,3	25,1	28,1
28,0	27,7	26,1	25,3	19,5	16,7	18,3	20,2	21,8	22,4	23,9	27,0
26,5	26,4	24,8	23,7	18,2	15,4	16,3	18,3	20,6	21,3	22,5	25,5
25,2	24,6	23,4	22,7	17,8	15,4	16,1	17,5	19,7	20,0	20,6	23,7
24,2	23,3	22,8	22,6	17,6	15,2	15,6	17,1	19,2	19,4	19,7	22,6
23,7	22,9	22,5	22,2	17,6	15,2	15,0	16,8	18,9	19,0	19,3	21,8
23,4	22,6	22,2	21,9	17,5	15,0	14,8	16,6	18,4	18,9	18,9	21,7
23,0	22,2	21,8	21,3	17,5	14,8	14,6	16,3	18,3	18,7	18,6	21,4
22,7	22,0	21,5	20,9	17,0	14,7	14,2	16,1	18,2	18,5	18,3	21,1

Tmax Absoluta Horária

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
25,6	25,0	24,2	23,9	22,1	20,7	23,0	25,8	24,1	24,8	23,1	23,2
25,1	24,8	24,2	23,5	22,1	21,1	23,0	26,2	22,3	21,8	23,2	23,0
24,6	24,7	24,1	24,9	23,5	21,3	22,9	26,4	25,4	21,2	23,9	23,0
24,8	24,7	24,2	23,4	23,6	21,6	23,1	22,9	24,3	20,9	24,8	24,7
25,1	24,6	25,2	22,4	22,8	22,2	23,2	22,2	27,8	22,7	22,4	25,7
25,2	24,5	24,9	22,5	22,2	22,2	23,6	22,1	24,9	21,4	22,6	26,6
26,1	24,8	25,1	22,9	21,5	22,6	23,4	20,0	24,6	21,0	23,5	27,5
27,9	26,8	25,8	24,9	21,8	22,9	23,3	22,2	25,5	25,5	25,5	30,8
29,3	31,1	29,4	26,7	23,0	24,8	22,3	25,7	27,4	27,7	28,6	32,1
30,9	33,5	31,2	27,8	24,8	22,7	23,8	27,3	28,9	27,5	30,8	33,5
32,4	31,9	33,0	30,4	28,0	25,6	25,9	28,9	30,9	27,8	30,4	33,6
34,0	34,4	33,1	29,7	26,9	24,7	26,8	28,5	31,3	28,5	33,2	35,2
34,7	35,0	33,7	30,8	27,8	24,8	28,3	29,9	30,8	30,5	36,1	34,9
35,7	36,9	35,0	32,1	27,5	26,2	28,3	31,3	32,4	29,4	37,3	35,1
36,1	38,0	37,0	32,4	28,0	26,4	28,0	31,8	32,1	30,1	38,7	36,5
35,6	33,6	34,3	32,1	27,4	24,8	27,7	29,8	31,1	29,4	38,6	33,9
35,7	31,1	33,6	31,8	23,9	21,8	26,7	28,0	28,3	27,3	32,9	32,4
32,8	29,7	30,7	28,4	23,1	20,7	25,0	24,4	26,1	24,7	30,8	30,2
30,0	27,6	29,8	26,9	23,6	22,0	24,5	22,7	25,0	24,1	28,2	27,8
27,9	26,1	27,3	26,1	22,9	24,0	24,6	21,8	24,8	23,3	26,8	26,9
27,3	25,4	28,3	25,0	22,5	24,2	23,9	21,1	23,3	22,7	25,8	26,2
26,8	25,9	27,2	24,8	22,8	24,0	23,0	23,2	21,2	22,7	24,8	25,3
26,0	25,0	26,4	24,2	23,4	24,5	23,5	25,3	21,5	22,1	27,3	24,6
25,2	25,0	24,4	24,6	23,8	24,0	23,6	26,8	24,3	21,8	26,9	24,0

P2/Lagoa Negra

Tmin Absoluta

Hora	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0:00	18,9	16,2	17,1	18,6	9,6	8,8	6,1	11,3	15,3	14,3	14,6	17,2
1:00	18,8	16,9	16,6	18,2	8,7	9,1	5,9	10,8	15,2	14,2	14,3	18,2
2:00	18,1	16,0	16,7	17,7	7,8	9,3	5,4	10,6	15,4	13,5	14,1	19,1
3:00	17,4	15,9	17,0	18,3	9,4	8,9	4,9	10,1	15,1	13,0	14,4	18,6
4:00	17,3	15,4	14,2	17,8	9,3	8,7	4,8	9,9	14,7	12,4	14,2	18,8
5:00	18,5	17,3	16,3	18,0	9,2	8,4	5,0	10,2	14,9	13,1	16,0	18,8
6:00	21,7	20,4	16,4	17,1	7,3	8,1	4,9	9,6	15,3	14,4	18,3	19,9
7:00	22,2	21,7	19,0	19,6	11,2	9,7	6,6	12,9	15,8	14,6	19,2	20,7
8:00	21,6	24,2	19,3	18,5	13,4	10,8	8,1	14,3	16,3	17,3	20,1	21,5
9:00	21,8	25,3	19,5	20,3	13,3	11,7	8,4	15,0	16,1	17,5	18,8	21,8
10:00	23,0	24,8	20,0	19,8	15,3	11,7	8,7	14,1	16,3	17,8	17,6	22,3
11:00	22,2	21,5	21,0	20,1	14,1	12,6	9,4	14,5	16,5	17,7	18,2	23,0
12:00	22,4	22,1	21,8	20,5	14,1	13,5	9,3	14,4	16,7	18,1	19,0	22,3
13:00	22,7	22,1	21,3	21,0	13,5	13,0	10,0	14,7	16,8	18,1	18,3	22,0
14:00	24,1	22,5	20,6	20,9	13,2	12,5	9,5	15,0	17,0	18,1	17,8	22,6
15:00	23,7	20,0	21,5	21,4	13,1	11,0	8,4	14,2	17,0	17,6	17,6	21,0
16:00	23,5	21,1	20,4	21,0	13,2	10,6	8,1	14,3	17,0	17,7	17,5	21,1
17:00	23,1	21,9	20,5	20,8	11,9	9,9	8,4	11,9	16,1	17,0	17,2	20,6
18:00	23,0	20,3	18,1	20,6	12,2	9,4	8,2	10,9	15,9	15,4	15,9	19,6
19:00	21,7	19,7	18,8	20,4	11,6	9,6	7,7	11,5	16,0	14,7	15,7	19,1
20:00	20,4	19,9	17,6	19,9	11,1	10,0	7,1	11,7	16,1	15,7	15,9	18,5
21:00	20,2	18,4	17,5	19,9	10,8	8,9	6,9	12,8	15,8	15,5	15,8	18,4
22:00	19,8	18,7	16,4	20,0	10,4	8,1	6,8	12,2	15,2	15,1	15,9	18,1
23:00	19,5	17,5	16,1	19,4	10,5	8,9	6,2	12,0	15,3	14,4	15,7	17,8

Tmed Horária

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
22,9	22,4	21,6	21,6	17,2	15,2	14,5	15,9	18,0	18,4	18,8	21,6
22,8	22,2	21,1	21,3								

P3/Praia de Fora

Tmin Absoluta Horária

Hora	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0:00	20,5	19,0	14,9	17,3	7,1	9,9	6,6	6,6	14,6	13,4	14,2	17,1
1:00	20,0	16,8	14,0	17,1	6,6	10,2	5,9	5,9	15,1	12,2	12,4	17,2
2:00	19,8	14,7	13,7	17,3	6,7	9,6	5,8	5,8	14,9	11,8	13,6	17,1
3:00	19,1	14,6	13,1	17,1	6,7	9,6	5,5	5,5	15,0	11,8	13,5	16,0
4:00	18,6	14,1	14,7	17,1	6,5	9,1	5,4	5,4	15,0	11,3	11,9	16,8
5:00	17,2	17,0	15,2	18,7	6,1	9,1	5,5	5,5	15,3	12,7	16,5	17,8
6:00	21,7	20,1	15,4	18,1	6,3	9,1	5,4	5,4	15,5	16,1	17,5	20,4
7:00	21,6	21,5	17,9	19,5	8,0	9,5	5,8	5,8	15,5	14,9	18,1	20,6
8:00	21,1	21,7	18,6	18,6	13,4	10,9	6,7	6,7	15,7	16,0	18,8	21,6
9:00	21,3	23,4	19,0	20,9	13,2	10,9	6,3	6,3	15,8	16,1	19,6	21,6
10:00	22,0	23,5	19,8	21,0	13,0	11,3	6,9	6,9	15,9	17,0	17,6	22,1
11:00	21,4	21,5	21,2	20,4	14,9	12,2	9,2	9,2	16,0	17,6	18,1	22,8
12:00	22,1	21,9	21,5	20,6	15,2	12,1	9,2	9,2	16,3	17,9	19,3	22,4
13:00	22,6	23,2	21,2	21,1	14,2	12,5	9,8	9,8	16,4	18,0	18,2	22,1
14:00	23,3	22,3	21,3	20,9	14,2	12,0	9,3	9,3	16,6	17,9	18,0	21,9
15:00	23,0	20,0	20,5	21,9	14,1	11,8	9,2	9,2	16,6	17,5	17,4	21,4
16:00	22,9	21,3	19,9	21,6	14,5	11,2	8,9	8,9	16,7	17,5	17,7	21,6
17:00	22,7	22,5	20,5	21,3	9,8	8,1	8,4	8,4	16,5	17,8	17,3	20,8
18:00	22,5	20,8	17,7	20,8	8,7	8,3	8,4	8,4	16,0	14,7	17,0	19,1
19:00	21,7	20,7	17,0	20,2	8,1	10,4	8,1	8,1	15,9	14,0	16,9	18,8
20:00	21,2	19,6	18,2	19,7	7,8	8,3	8,0	8,0	15,6	14,1	15,4	19,2
21:00	21,2	19,4	18,5	19,5	7,6	9,0	6,4	6,4	14,8	14,2	15,1	19,4
22:00	18,7	18,8	18,6	18,0	7,4	8,0	6,5	6,5	15,5	14,4	13,8	19,7
23:00	20,7	18,9	18,5	17,6	7,3	9,3	6,1	6,1	15,3	14,7	14,3	17,8

Tmed Horária

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
22,9	22,1	21,3	21,0	17,3	15,1	14,2	15,5	17,7	18,1	18,4	21,1
22,7	21,9	20,9	20,7	17,1	14,9	14,1	15,0	17,6	17,8	18,1	20,9
22,4	21,6	20,4	20,5	16,8	14,7	13,9	14,6	17,5	17,7	18,0	20,8
22,2	21,3	20,4	20,4	16,7	14,6	14,4	14,3	17,6	17,5	18,1	20,7
22,0	21,0	20,3	20,4	16,7	14,7	13,9	14,3	17,6	17,2	17,7	20,6
22,2	20,9	20,2	20,4	16,2	14,5	13,5	14,4	17,7	17,4	18,2	21,2
24,0	22,6	20,9	20,5	15,9	14,5	13,6	14,2	18,2	18,9	20,7	22,8
25,4	24,5	22,7	22,5	17,0	15,1	14,4	15,8	19,3	19,9	21,9	24,5
27,0	26,3	24,4	24,2	19,0	16,5	16,1	17,2	20,3	21,3	23,4	25,9
28,6	28,1	25,8	25,9	20,4	17,5	17,7	18,8	21,6	22,0	24,4	27,3
29,5	29,2	26,7	27,2	21,3	18,3	19,1	19,8	22,2	22,9	24,7	28,2
29,8	29,4	27,4	27,8	21,8	19,1	20,2	20,9	22,8	23,4	25,2	29,1
30,3	29,8	27,5	27,9	21,9	19,4	21,0	21,4	23,4	23,3	25,2	28,7
29,7	29,6	27,6	27,9	21,9	19,4	21,5	21,5	23,4	23,6	24,9	28,8
29,3	29,1	27,3	27,7	21,7	19,3	21,3	21,2	23,0	23,4	24,7	28,4
28,7	28,1	26,4	27,2	21,1	18,5	20,2	20,7	22,4	22,7	23,9	27,5
27,8	27,1	25,6	25,8	19,9	17,2	18,8	20,1	21,3	22,0	23,3	26,6
26,3	26,1	24,7	24,0	18,4	15,5	16,3	18,1	20,1	20,8	22,3	25,1
25,3	24,6	23,6	23,1	17,8	15,4	15,8	17,2	19,3	19,7	20,7	23,7
24,3	23,5	23,0	22,7	17,6	15,5	15,1	16,8	18,9	19,2	19,9	22,7
24,0	23,2	22,7	22,3	17,5	15,2	14,6	16,6	18,5	18,9	19,4	22,1
23,6	22,9	22,2	22,1	17,6	15,0	14,3	16,3	18,1	18,7	19,0	21,9
23,2	22,6	21,8	21,7	17,3	14,8	14,3	16,2	18,0	18,5	18,8	21,8
23,0	22,5	21,6	21,3	17,2	15,0	14,4	15,9	18,0	18,4	19,0	21,6

Tmax Absoluta Horária

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
26,5	24,7	24,2	23,5	22,8	23,3	24,0	28,0	19,9	21,5	27,2	23,4
25,6	24,5	24,2	24,8	22,7	23,1	24,3	28,9	20,1	20,2	26,0	23,4
25,1	25,0	23,9	26,2	22,8	23,1	23,7	28,1	21,4	20,7	26,6	23,6
26,4	25,0	23,8	25,4	24,2	23,3	23,0	24,5	24,6	20,4	24,8	23,1
25,2	24,7	25,4	26,0	23,7	23,0	22,9	23,1	23,5	19,8	22,1	23,0
25,3	24,7	25,0	25,8	22,7	23,0	23,0	21,1	25,2	19,8	23,5	26,6
26,7	25,2	25,6	25,4	22,3	24,0	22,5	18,8	24,0	23,3	23,9	28,9
29,6	26,8	26,9	26,7	22,3	25,1	24,8	20,1	27,1	23,8	26,1	31,9
31,9	29,9	28,5	29,0	24,2	26,5	23,7	22,5	28,6	28,2	30,5	32,8
34,3	35,3	32,7	30,1	26,1	23,9	25,4	24,9	29,6	27,3	32,7	33,7
34,3	36,8	33,8	32,6	28,4	25,3	27,1	27,7	31,2	28,3	33,3	33,7
36,5	38,0	37,4	32,4	28,7	26,3	28,8	29,2	33,3	28,6	35,5	36,8
37,5	39,2	35,8	33,4	29,8	27,2	30,0	33,1	33,0	29,7	36,7	35,5
39,3	39,7	38,8	34,5	29,0	27,1	29,8	34,0	32,3	30,7	35,3	35,9
38,9	40,9	36,6	33,7	28,4	27,7	29,5	27,6	30,6	28,6	37,8	36,2
37,2	32,1	35,3	33,5	26,7	27,1	28,4	27,1	28,8	27,5	37,9	33,3
32,6	30,0	32,1	33,0	24,5	25,0	28,1	29,5	27,1	26,6	32,3	31,5
32,4	28,5	31,8	28,8	23,3	24,0	26,1	22,6	24,4	25,1	30,3	29,8
30,0	27,2	30,4	26,5	22,8	24,0	25,7	22,0	20,3	21,1	24,4	27,7
27,4	25,6	28,6	29,2	22,4	26,1	23,9	21,6	21,9	23,9	25,5	26,5
26,4	27,1	29,1	24,9	21,9	25,8	21,3	22,7	22,0	22,7	24,5	26,8
25,5	25,4	28,5	24,8	23,1	25,3	19,3	23,8	20,6	22,8	23,9	24,5
25,4	24,6	27,8	24,3	22,6	24,4	22,9	28,6	20,5	21,8	23,0	24,1
25,2	24,7	24,4	24,4	22,3	23,8	24,9	28,9	20,2	21,6	26,4	24,1

P4/Lagoa do Bosque

Tmin Absoluta Horária

Hora	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0:00	19,3	17,1	15,2	18,8	8,4	7,9	7,4	10,4	15,5	13,6	13,6	17,3
1:00	18,9	16,2	14,6	18,3	7,9	9,9	6,8	10,7	15,6	13,1	12,8	15,7
2:00	18,5	15,4	14,2	17,9	7,7	10,2	6,3	10,7	15,4	12,8	12,5	17,1
3:00	17,8	15,1	14,6	17,7	7,2	9,3	6,3	10,4	15,4	12,8	13,0	16,6
4:00	17,1	14,7	15,2	17,5	7,1	9,5	6,1	10,2	15,3	12,4	12,7	16,5
5:00	17,2	16,8	15,5	17,6	7,0	9,3	6,2	10,1	15,6	13,1	12,1	16,0
6:00	17,3	18,0	15,6	16,7	6,8	7,9	6,1	9,4	15,6	13,9	13,1	16,7
7:00	19,9	19,2	16,3	17,7	7,1	7,6	6,1	9,4	16,0	14,1	15,3	19,4
8:00	21,2	20,3	18,0	18,4	9,5	8,3	6,0	11,4	16,2	14,5	17,4	20,7
9:00	21,4	21,4	18,1	20,2	12,0	10,2	6,8	13,3	16,1	15,0	18,2	20,9
10:00	21,6	22,4	18,9	20,1	13,2	10,6	7,3	13,5	16,4	15,9	17,9	21,0
11:00	21,3	21,6	19,3	20,3	13,7	11,1	8,2	14,1	16,6	16,7	17,9	21,6
12:00	21,3	21,4	19,5	20,4	14,6	11,7	8,8	14,4	16,7	17,4	18,4	21,4
13:00	22,4	21,4	20,3	20,6	14,0	12,1	8,4	14,8	16,7	17,7	18,3	21,2
14:00	22,8	21,5	21,3	20,7	14,0	12,5	8,3	14,4	16,9	18,3	18,0	21,7
15:00	22,9	20,3	20,5	20,7	13,8	11,6	8,4	14,1	17,0	17,9	17,8	21,3
16:00	22,6	21,0	20,2	20,4	14,0	11,1	8,3	14,2	17,1	17,9	17,8	21,0
17:00	22,7	21,6	20,5	20,8	11,5	9,1	8,7	11,9	16,8	17,8	18,0	20,7
18:00	22,2	20,6	18,3	20,0	10,3	8,9	9,1	10,0	16,3	15,2	17,7	19,8
19:00	21,1	20,6	17,9	19,7	9,7	8,5	8,8	9,8	16,2	13,4	16,0	19,7
20:00	19,7	20,2	18,2	19,6	9,5	8,1	8,3	9,3	16,1	12,9	15,0	19,3
21:00	19,3	19,2	18,6	19,3	9,4	8,4	8,1	9,4	15,7	13,0	14,1	19,0
22:00	18,1	18,4	16,7	18,2	9,3	8,4	7,6	10,9	15,7	14,0	14,3	18,8
23:00	18,8	18,3	15,9	19,1	8,8	8,3	7,5	11,4	15,5	14,3	14,0	19,0

Tmed Horária

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
22,7	21,8	21,2	21,2	17,4	15,0	14,7	15,8	18,1	18,4	18,4	21,2
22,6	21,6	20,9	21,0	17,2	15,2	14,4	15,5	1			

P5/Morro do Campista

Tmin Absoluta Horária

Hora	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0:00	19,4	18,2	16,2	18,3	11,0	8,1	5,9	11,9	14,3	13,8	14,8	16,9
1:00	19,1	18,2	16,4	18,5	10,2	8,5	5,3	11,1	14,6	13,3	14,5	17,1
2:00	18,6	18,2	16,2	18,7	10,0	8,2	4,9	11,0	14,2	12,8	14,5	17,7
3:00	18,5	18,3	16,3	18,0	9,7	8,0	5,0	10,0	14,4	12,4	14,6	17,3
4:00	18,4	17,7	15,9	17,9	9,8	8,0	4,9	10,0	14,3	12,0	14,4	17,4
5:00	18,3	17,8	16,0	18,2	9,5	7,7	4,8	9,5	14,2	11,7	14,0	17,8
6:00	19,2	18,3	16,3	18,5	9,1	7,5	4,7	9,4	14,6	12,1	14,1	18,4
7:00	21,0	18,6	16,8	19,1	9,6	7,5	4,8	10,4	15,3	12,8	15,5	19,3
8:00	20,7	19,9	18,6	18,6	11,7	9,3	6,1	12,6	15,4	14,2	18,2	20,5
9:00	21,0	21,9	18,4	19,1	12,2	9,5	7,1	12,9	15,1	15,8	18,3	20,8
10:00	20,9	22,2	19,4	19,0	13,0	10,0	7,2	12,7	15,5	16,8	16,9	21,7
11:00	20,5	21,2	20,2	19,5	13,5	11,0	8,0	12,8	15,7	16,9	17,1	23,1
12:00	21,0	22,0	20,3	20,0	13,6	11,6	7,9	12,9	15,9	17,1	18,5	22,1
13:00	21,5	21,9	20,1	20,4	13,0	11,2	8,6	13,4	15,9	17,2	17,3	21,7
14:00	22,7	21,6	20,6	20,2	12,8	10,9	8,2	13,5	16,1	17,5	17,1	21,3
15:00	22,5	19,7	20,1	20,5	12,6	9,7	8,2	13,4	16,1	17,0	16,9	20,2
16:00	22,2	21,8	19,3	19,8	12,8	9,3	8,0	13,2	16,1	16,9	17,0	20,2
17:00	22,1	21,7	19,5	19,3	11,4	9,3	7,7	12,6	15,6	16,8	17,0	19,6
18:00	21,9	19,7	18,5	19,4	10,8	8,9	7,8	11,1	15,2	14,7	17,0	18,5
19:00	21,3	20,2	18,6	19,3	10,7	8,7	7,2	10,9	15,3	14,1	16,5	18,3
20:00	21,0	19,8	18,9	19,1	11,0	9,0	6,8	10,9	15,1	13,9	15,9	18,5
21:00	20,8	18,1	18,1	18,8	11,8	9,1	6,6	11,7	14,5	14,0	15,4	18,2
22:00	20,1	17,5	17,7	18,3	10,7	8,7	6,3	11,8	14,8	13,8	15,1	17,6
23:00	19,8	18,4	16,7	18,2	10,8	8,5	6,1	11,6	14,4	14,0	14,6	17,4

Tmed Horária

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
22,4	21,6	21,1	21,6	17,6	15,8	15,6	16,1	18,1	17,7	18,2	20,6
22,1	21,5	21,0	21,2	17,4	15,5	15,4	15,8	18,2	17,5	17,9	20,4
22,0	21,4	20,8	21,1	17,2	15,3	15,0	15,9	18,0	17,4	17,8	20,5
21,9	21,3	20,8	21,0	17,0	15,0	14,9	15,7	17,9	17,3	17,5	20,3
21,8	21,2	20,5	20,9	16,8	14,9	14,6	15,6	17,6	17,2	17,4	20,4
21,8	21,1	20,4	20,8	16,5	15,0	14,8	15,4	17,5	17,0	17,6	20,7
22,4	21,6	20,5	20,9	16,4	14,8	14,6	15,1	17,7	17,4	18,3	21,4
23,5	22,9	21,5	21,7	16,8	15,0	15,0	15,5	18,5	18,5	19,7	22,9
25,3	24,9	23,1	22,9	18,1	15,8	15,8	16,8	19,6	20,1	21,5	24,5
27,0	27,0	24,6	24,3	19,5	16,8	17,2	18,1	20,8	21,1	23,1	26,1
28,2	28,7	25,9	25,6	20,7	17,7	18,5	19,5	21,9	22,6	24,3	27,7
29,4	30,0	27,1	26,8	21,5	18,7	20,0	20,8	23,1	23,6	25,5	29,5
30,2	31,4	28,5	27,9	21,9	19,4	21,0	21,9	23,9	24,2	26,3	30,0
30,5	31,8	28,8	28,2	22,2	19,7	21,9	22,3	24,0	24,7	26,3	30,4
30,2	31,4	28,7	28,3	22,3	19,8	22,2	22,8	23,9	24,3	26,4	29,6
29,3	30,1	28,1	27,9	21,8	19,4	21,4	22,1	23,3	23,5	25,2	28,7
28,4	28,5	27,0	26,4	20,4	18,2	19,8	20,8	21,7	21,9	23,9	27,2
26,3	26,4	24,7	23,8	18,6	16,1	17,3	18,0	19,8	19,9	21,4	24,9
24,4	23,9	22,8	23,0	18,1	16,1	16,8	17,4	19,0	18,9	19,9	22,9
23,5	22,9	22,3	22,8	17,9	15,9	16,6	17,1	18,8	18,4	19,5	22,1
23,2	22,6	22,1	22,5	17,9	16,0	16,5	16,8	18,6	18,3	19,1	21,5
22,9	22,2	21,7	22,3	17,9	16,2	16,6	16,4	18,7	18,1	18,9	21,2
22,6	21,8	21,4	22,1	18,0	16,0	16,6	16,2	18,5	18,0	18,8	21,0
22,5	21,8	21,3	21,9	17,9	16,0	16,5	16,0	18,3	17,9	18,6	20,8

Tmax Absoluta Horária

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
28,6	24,1	24,8	26,0	22,7	24,1	23,6	25,2	24,6	24,6	24,5	25,9
26,8	23,8	25,2	26,3	23,0	21,7	22,6	24,4	25,3	23,2	23,8	22,9
25,9	23,9	26,9	25,8	23,3	21,7	22,4	25,8	27,0	25,4	24,8	26,8
25,5	23,9	26,7	25,2	23,3	22,4	22,5	23,0	27,5	25,6	24,1	26,1
24,4	24,2	26,1	24,5	22,7	22,7	22,5	23,7	27,0	25,8	21,3	26,5
24,1	24,9	26,1	24,6	22,1	22,7	22,8	23,3	23,9	22,3	21,7	27,3
24,8	24,8	25,7	23,9	21,7	23,5	22,8	22,1	23,8	23,7	22,5	27,3
25,7	25,6	26,1	24,3	22,3	23,8	23,1	22,5	24,3	24,2	23,4	29,0
27,4	28,6	27,0	25,5	22,7	24,6	21,8	23,6	25,9	26,0	26,0	30,5
30,8	31,4	29,4	27,6	24,5	24,0	22,8	25,5	27,6	26,0	28,6	31,4
32,3	31,8	31,9	29,7	26,5	23,1	25,3	27,5	29,5	28,9	29,8	33,7
35,5	34,9	33,9	30,8	26,7	25,2	26,7	29,1	31,4	29,2	32,5	35,8
36,6	36,8	35,9	32,5	27,2	26,3	28,0	29,6	33,6	30,7	34,3	36,3
36,5	36,9	36,1	34,4	27,5	26,2	27,8	32,2	34,9	30,6	35,9	36,9
36,3	38,7	38,1	34,9	29,0	26,6	28,3	32,2	33,8	30,3	35,7	36,9
34,5	35,6	34,6	32,7	27,8	26,0	29,0	31,9	33,1	29,6	36,0	37,2
35,4	32,4	33,1	32,0	27,5	25,9	26,7	30,6	29,3	27,0	34,3	34,3
32,6	30,1	30,5	30,0	23,7	24,6	26,5	27,0	25,5	23,4	29,8	29,7
29,1	26,8	29,3	29,6	23,4	24,6	26,5	28,3	24,3	23,2	27,3	27,2
27,5	26,3	27,3	29,7	22,8	24,7	25,2	29,2	24,9	22,5	26,1	26,4
27,9	26,6	28,7	25,6	23,2	25,0	24,3	29,6	25,3	25,1	26,2	25,5
28,0	25,0	27,2	26,7	24,1	24,6	23,9	29,3	27,0	23,3	28,8	24,4
28,2	24,1	26,3	27,2	24,2	24,8	24,8	27,8	27,0	25,4	29,0	24,6
29,1	24,0	25,0	27,2	24,0	23,9	25,4	27,6	25,2	25,9	28,0	23,5

P6/Sede do PEI

Tmin Absoluta Horária

Hora	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0:00	23,2	25,6	22,0	22,0	8,3	7,0	5,9	9,6	14,8	11,9	11,2	22,4
1:00	22,9	25,4	21,6	20,8	7,1	8,1	4,2	8,1	14,8	10,7	10,5	22,2
2:00	22,7	24,5	21,5	20,7	6,6	8,4	5,1	8,8	14,7	10,1	10,0	21,6
3:00	22,6	24,1	21,2	20,6	6,8	7,9	4,8	8,7	14,3	11,1	10,3	21,3
4:00	22,5	23,8	20,9	20,6	6,3	7,6	4,9	8,2	14,1	10,7	10,8	19,6
5:00	22,5	23,0	20,8	20,4	6,2	6,7	4,7	8,2	14,3	10,2	11,1	19,6
6:00	22,3	22,3	20,7	20,3	5,6	5,6	4,7	8,6	13,9	13,8	15,5	19,4
7:00	22,2	22,2	19,9	20,3	5,6	6,9	4,8	11,1	15,4	13,5	17,2	19,2
8:00	22,2	22,0	18,9	20,1	7,3	9,1	6,5	13,1	15,7	16,5	18,2	19,0
9:00	22,1	21,8	18,8	19,9	6,9	9,7	7,3	13,1	15,4	16,7	19,2	19,0
10:00	22,0	21,4	18,2	19,8	7,1	10,6	7,6	13,2	15,8	17,4	18,9	18,8
11:00	22,0	20,9	18,1	19,7	6,7	10,7	8,2	13,3	15,8	17,1	17,3	18,8
12:00	21,5	20,9	18,0	19,4	6,5	12,4	8,2	13,3	16,2	17,5	18,3	18,7
13:00	20,7	20,1	17,9	19,3	6,1	11,7	8,9	13,9	16,4	17,5	17,6	18,3
14:00	20,3	19,4	17,8	19,0	5,8	11,3	8,5	13,8	16,3	17,7	17,2	18,1
15:00	20,0	19,3	17,8	18,1	12,2	9,9	8,5	13,8	16,4	17,3	16,9	17,8
16:00	19,9	19,2	17,8	17,3	11,9	9,6	8,2	13,3	16,2	17,2	17,0	17,5
17:00	19,8	18,4	16,2	17,3	11,9	7,6	8,0	10,3	15,7	16,8	16,9	17,5
18:00	18,8	16,3	14,6	16,6	11,8	7,5	7,1	7,7	15,1	12,9	16,4	16,5
19:00	18,5	15,6	13,8	16,5	11,6	8,0	7,2	9,2	15,3	12,4	14,7	16,3
20:00	18,0	14,2	13,3	16,4	11,5	8,2	6,7	8,8	15,2	12,7	12,6	15,9
21:00	17,3	14,1	12,5	16,2	10,9	7,7	5,9	10,0	14,9	12,0	13,0	15,5
22:00	16,8	13,5	12,4	15,3	10,7	7,1	6,2	10,3	14,9	11,8	12,9	15,1
23:00	15,7	12,9	12,2	15,0	10,0	7,3	5,6	10,1	14,8	11,8	12,0	14,6

Tmed Horária

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
31,0	30,5	28,3	28,3	21,2	14,1	13,9	14,6	17,3	17,3	16,9	29,7
30,3	30,0	27,9	27,9	20,9	13,9	13,4					

Tmin Absoluta Horária

Hora	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0:00	18,9	17,9	13,9	16,5	5,4	6,3	5,5	8,2	14,5	12,8	11,8	15,4
1:00	18,5	14,3	13,4	15,4	5,9	6,3	4,0	8,1	14,1	11,8	11,3	15,4
2:00	17,7	15,2	13,2	15,9	6,8	6,6	4,1	8,0	13,2	12,0	10,8	16,3
3:00	16,8	14,3	13,8	15,5	5,9	6,3	5,0	8,2	12,9	11,9	10,1	15,7
4:00	16,0	13,5	14,3	15,1	7,2	6,6	3,7	7,0	13,1	11,1	9,2	14,9
5:00	15,7	15,5	14,2	14,5	7,7	6,2	4,9	7,6	12,3	11,5	12,1	16,2
6:00	21,0	18,3	14,6	13,8	6,0	6,1	3,0	7,3	13,3	14,2	16,6	19,6
7:00	21,6	20,8	16,2	16,2	9,5	7,7	5,9	9,9	15,8	14,0	17,7	20,2
8:00	21,2	21,9	18,8	18,6	12,6	10,4	7,1	14,0	15,9	15,6	18,4	20,8
9:00	21,7	22,8	19,2	20,0	13,9	11,0	8,2	14,2	15,9	16,2	18,9	20,8
10:00	22,2	22,2	19,8	19,4	14,6	11,2	8,3	13,9	16,2	17,1	17,8	21,6
11:00	21,6	21,1	20,7	20,0	14,2	12,0	9,0	14,2	16,5	17,8	17,8	21,7
12:00	22,3	21,2	21,3	20,6	14,2	13,4	8,8	14,1	16,7	18,3	19,0	22,1
13:00	22,1	22,3	20,5	20,7	13,7	12,5	9,7	14,4	16,9	18,2	18,2	21,8
14:00	23,0	22,3	21,1	20,4	13,4	12,1	9,1	14,4	16,9	18,4	18,1	21,7
15:00	21,6	20,3	20,8	20,3	13,1	11,0	9,1	14,3	17,0	18,0	17,7	20,7
16:00	22,6	21,8	20,4	19,8	13,3	10,3	8,7	14,0	16,9	17,8	17,7	21,0
17:00	22,8	22,2	20,3	20,0	10,1	8,8	7,8	12,4	16,3	16,9	17,7	20,5
18:00	22,5	21,2	17,9	19,8	8,4	10,1	6,5	10,9	15,9	15,4	17,1	19,7
19:00	21,5	20,4	16,5	18,8	7,7	9,9	6,6	10,6	16,0	15,3	14,8	19,3
20:00	20,8	19,8	16,5	18,1	7,1	7,6	5,4	9,8	15,9	15,1	12,6	19,6
21:00	20,4	19,3	16,3	17,3	6,7	6,7	4,7	9,3	15,7	14,4	12,8	19,3
22:00	19,7	18,4	15,3	18,0	6,8	6,0	3,6	8,5	15,4	13,7	12,6	19,0
23:00	18,9	17,8	14,7	16,8	6,6	6,7	4,0	8,2	15,5	14,1	12,3	18,2

Tmed Horária

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
22,1	21,0	20,2	19,6	15,5	13,9	12,6	14,4	17,1	17,6	17,4	20,4
21,8	20,6	19,9	19,3	15,2	13,7	12,2	14,1	17,0	17,2	17,3	20,1
21,6	20,3	19,7	19,4	14,9	13,5	12,0	13,6	16,8	17,3	16,9	20,1
21,4	19,9	19,5	19,3	14,9	13,6	12,2	13,4	16,9	17,1	17,1	19,8
21,1	19,7	19,5	19,3	15,2	13,6	12,3	13,4	16,9	16,5	16,8	19,7
21,2	19,5	19,5	19,1	14,8	13,4	12,1	13,4	16,9	16,6	17,8	20,4
20,5	21,6	20,1	19,3	14,7	13,4	11,9	13,3	17,3	18,1	19,9	22,3
25,0	24,1	22,2	21,7	16,1	14,2	12,6	14,9	18,6	19,5	21,2	24,1
26,3	25,5	23,7	23,3	18,4	16,2	15,5	17,2	20,0	21,0	21,7	25,4
27,3	26,7	24,9	24,8	20,1	17,9	17,6	18,5	21,4	21,7	23,4	26,6
27,6	26,9	25,6	26,0	21,3	18,7	19,2	19,8	22,3	22,2	23,7	27,4
27,9	27,0	25,8	26,7	21,7	19,5	20,6	20,8	22,9	23,0	24,1	27,9
28,2	27,1	26,1	27,1	21,9	19,7	21,2	21,1	23,1	22,9	24,2	28,0
28,4	27,5	26,1	27,0	21,9	19,7	21,7	21,4	23,0	23,1	24,1	27,9
28,2	27,2	26,2	26,7	21,8	19,4	21,3	21,4	22,7	22,8	23,9	27,7
27,3	26,6	25,6	26,4	21,1	18,7	20,4	20,8	22,2	22,5	23,0	27,0
26,7	25,8	24,8	25,0	19,4	17,1	18,3	19,7	21,3	21,7	22,4	26,0
25,4	24,9	23,7	23,1	17,6	15,2	15,8	17,8	19,9	20,4	21,3	24,5
24,5	23,7	22,6	22,0	16,9	14,6	14,4	16,7	19,0	19,4	20,1	23,2
23,7	22,7	22,1	21,4	16,4	14,2	13,8	16,1	18,5	19,0	19,2	22,2
23,2	22,3	21,6	21,1	16,1	13,8	12,8	15,5	18,0	18,6	18,6	21,7
22,9	22,1	21,2	20,8	16,0	13,5	12,7	15,3	17,8	18,3	18,2	21,4
22,5	21,7	21,0	20,5	15,8	13,3	12,3	15,1	17,6	18,0	18,0	21,2
22,3	21,4	20,6	20,0	15,6	13,3	12,2	14,7	17,6	17,9	17,8	20,9

Tmax Absoluta Horária

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
25,0	24,4	23,9	22,7	21,7	20,2	22,0	24,0	20,2	21,4	22,3	22,8
24,5	24,2	23,9	21,7	21,5	21,1	22,1	22,5	20,3	20,4	24,3	22,8
24,6	24,5	23,8	21,7	21,5	19,9	21,9	23,8	20,0	21,2	23,8	22,9
24,8	24,5	24,0	22,1	22,3	20,2	22,3	23,3	22,4	22,2	24,9	22,6
24,6	24,3	23,6	22,2	21,8	20,4	22,6	23,7	22,7	20,2	22,2	22,8
24,7	24,2	23,6	23,3	21,9	20,5	22,6	22,3	24,5	21,0	22,7	24,6
26,0	24,5	24,2	23,1	21,3	23,7	22,4	19,5	23,2	21,7	23,9	27,7
28,1	26,5	25,7	25,4	21,4	24,7	22,2	18,8	24,9	24,2	26,2	31,4
30,3	29,4	27,6	26,4	23,0	25,7	22,8	20,9	27,0	27,3	28,2	33,9
31,4	33,1	31,0	28,5	25,8	28,7	24,5	24,0	29,3	27,3	30,5	32,7
32,1	34,3	32,4	29,8	28,7	25,0	26,5	27,4	31,0	27,0	32,8	33,9
33,2	35,0	34,9	30,9	27,5	26,4	27,9	29,1	32,0	29,0	34,1	35,4
34,3	35,8	36,0	32,0	28,0	27,1	29,1	31,4	32,2	29,3	34,4	33,0
36,2	36,4	36,3	33,0	28,4	27,3	29,6	32,9	32,1	28,6	34,7	33,7
35,8	37,5	37,1	33,1	27,8	27,0	28,3	34,0	29,6	28,5	35,0	34,1
35,8	30,2	34,5	32,9	27,2	26,5	27,6	32,2	28,7	28,2	33,1	32,1
31,7	29,1	30,6	31,9	24,5	24,7	25,7	29,8	27,4	25,9	30,6	31,1
30,5	27,4	29,8	27,9	22,3	21,8	23,9	23,5	24,0	24,7	28,4	29,2
28,1	25,5	29,4	24,4	22,0	21,3	22,6	21,1	22,2	23,7	25,0	27,1
26,3	24,9	26,9	23,5	21,7	22,1	22,0	20,3	21,1	23,2	23,3	26,0
25,1	24,9	26,6	24,7	21,7	18,6	17,5	19,5	19,8	22,5	22,3	24,7
25,0	25,6	27,4	24,4	21,1	17,4	17,4	19,5	19,6	22,2	21,3	23,9
24,6	24,6	26,5	23,9	21,4	20,7	17,8	21,8	21,2	21,6	20,6	23,6
24,6	24,4	24,1	23,4	21,6	19,9	17,9	23,2	20,7	21,9	20,3	24,7

ANEXO IINúmero total de horas mensais de UR média do ar $\geq 95\%$ por ambiente

Locais	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai
P1	37	23	19	31	33	18	2	6	3	20	83	22
P2	74	53	52	76	49	10	2	1	4	37	72	20
P3	28	37	22	61	49	15	0	0	0	7	14	5
P4	47	37	17	28	35	19	4	16	0	47	79	17
P5	145	67	61	133	154	56	48	32	31	103	102	63
P6	63	46	48	90	77	20	12	0	3	57	31	0
P7	34	45	7	6	12	1	0	0	0	3	12	2

Fonte: Dados coletados em campo e organizado pelos autores