

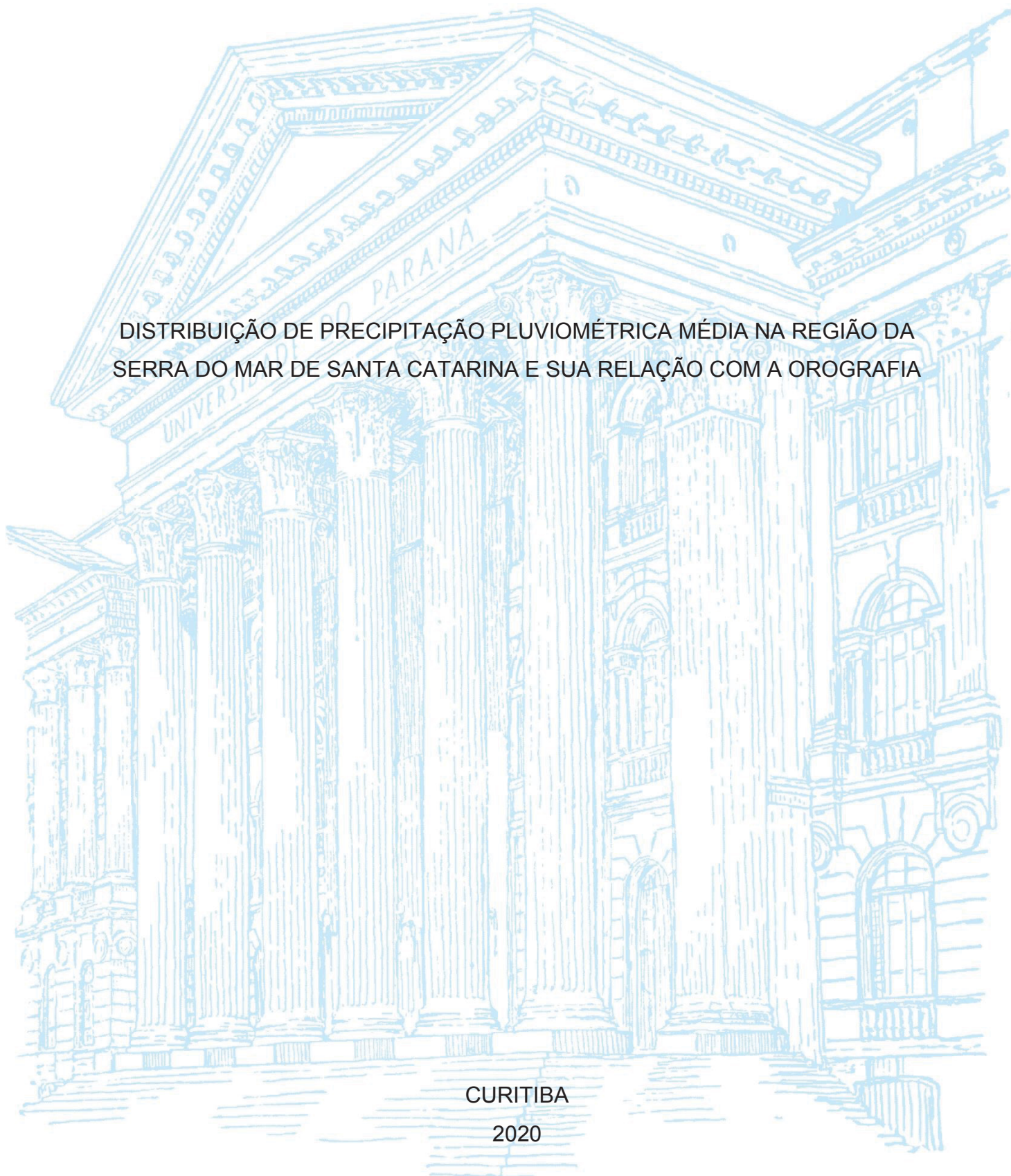
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

YARA RÚBIA DE MELLO

DISTRIBUIÇÃO DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA MÉDIA NA REGIÃO DA  
SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA E SUA RELAÇÃO COM A OROGRAFIA

CURITIBA

2020



YARA RÚBIA DE MELLO

DISTRIBUIÇÃO DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA MÉDIA NA REGIÃO DA  
SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA E SUA RELAÇÃO COM A OROGRAFIA

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

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Antonio de Oliveira.

CURITIBA

2020



Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR  
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

M527d Mello, Yara Rúbia de  
Distribuição de precipitação pluviométrica média na região da serra do mar de Santa Catarina e sua relação com a orografia [recurso eletrônico] / Yara Rúbia de Mello. – Curitiba, 2020.

Tese - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2020.

Orientador: Fabiano Antonio de Oliveira.

1. Montanhas. 2. Mudanças climáticas. 3. Climatologia. 4. Precipitação (Meteorologia). I. Universidade Federal do Paraná. II. Oliveira, Fabiano Antonio de. III. Título.

CDD: 551.6981

Bibliotecária: Vanusa Maciel CRB- 9/1928



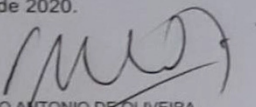
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO GEOGRAFIA -  
40001016035P1

### TERMO DE APROVAÇÃO

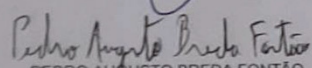
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOGRAFIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Tese de Doutorado de **YARA RÚBIA DE MELLO**, intitulada: **DISTRIBUIÇÃO DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA E SUA RELAÇÃO COM A OROGRAFIA**., sob orientação do Prof. Dr. FABIANO ANTONIO DE OLIVEIRA, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

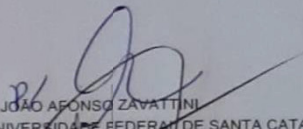
A outorga do título de Doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

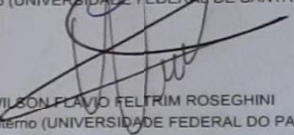
Curitiba, 16 de Março de 2020.

  
FABIANO ANTONIO DE OLIVEIRA  
Presidente da Banca Examinadora

  
EMERSON GALVANI  
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO)

  
PEDRO AUGUSTO BREDAS FONTÃO  
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

  
JOÃO AFONSO ZAVATTINI  
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA)

  
WILSON FLAVIO FELTRIM ROSEGHINI  
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO GEOGRAFIA -  
40001016035P1

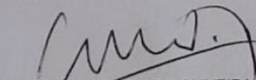
ATA Nº 566

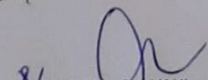
## ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA TESE PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM GEOGRAFIA.

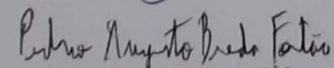
No dia dezesseis de março de dois mil e vinte às 14:00 horas, na sala 109, Edifício João José Bigarella, Centro Politécnico - Jardim das Américas do Setor de CIÊNCIAS DA TERRA da Universidade Federal do Paraná, foram instaladas as atividades pertinentes ao rito de defesa da tese da doutoranda **YARA RÚBIA DE MELLO**, intitulada: **DISTRIBUIÇÃO DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA E SUA RELAÇÃO COM A OROGRAFIA.**, sob orientação do Prof. Dr. FABIANO ANTONIO DE OLIVEIRA. A Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Paraná em GEOGRAFIA foi constituída pelos seguintes Membros: FABIANO ANTONIO DE OLIVEIRA (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ), JOÃO AFONSO ZAVATTINI (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA), EMERSON GALVANI (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO), WILSON FLÁVIO FELTRIM ROSEGHINI (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ), PEDRO AUGUSTO BREDAS FONTÃO (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ). A presidência iniciou os ritos definidos pelo Colegiado do Programa e, após exarados os pareceres dos membros do comitê examinador e da respectiva contra argumentação, ocorreu a leitura do parecer final da banca examinadora, que decidiu pela Aprovação. Este resultado deverá ser homologado pelo Colegiado do programa, mediante o atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca dentro dos prazos regimentais definidos pelo programa. A outorga do título de doutor está condicionada ao atendimento de todos os requisitos e prazos determinados no regimento do Programa de Pós-Graduação. Nada mais havendo a tratar a presidência deu por encerrada a sessão, da qual eu, FABIANO ANTONIO DE OLIVEIRA, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos demais membros da Comissão Examinadora.

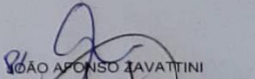
Observações: Mudança de título seguida pela banca: "Distribuição de precipitação pluviométrica média na Região da Serra do Mar de Santa Catarina e sua relação com a Orografia".

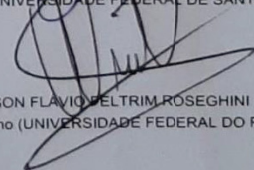
Curitiba, 16 de Março de 2020.

  
FABIANO ANTONIO DE OLIVEIRA  
Presidente da Banca Examinadora

  
EMERSON GALVANI  
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO)

  
PEDRO AUGUSTO BREDAS FONTÃO  
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

  
JOÃO AFONSO ZAVATTINI  
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA)

  
WILSON FLÁVIO FELTRIM ROSEGHINI  
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)



Dedico este trabalho à minha mãe Marlene Maria de Mello.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha história com a pesquisa científica na área de climatologia se iniciou em 2011, quando comecei a fazer estágio (bolsista de pesquisa) no Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão e Cachoeira (CCJ). Foi a Bianca Goulart de Oliveira quem me entrevistou e me possibilitou entrar nesse mundo da pesquisa. A minha orientadora desde 2011 até o final do mestrado (2015) foi a Therezinha Maria Oliveira, quem me deu muito suporte nesse caminho de pesquisadora, devo muito a ela, e ao CCJ, principalmente a Bianca, José Mário, Elaine, entre outros tantos que por lá passaram.

A pessoa que me deu o maior apoio para entrar no doutorado em Geografia na UFPR foi a Letícia Haak, gostaria de agradecer imensamente a ela por isso. Confesso que não foi fácil entrar, e depois ficou mais puxado ainda, principalmente os primeiros anos por conta das disciplinas. Aproveito para agradecer ao meu orientador, o professor Fabiano Antonio de Oliveira, por ter me aceito como sua orientanda, mesmo que meu tema de doutorado fuja um pouco da sua linha de pesquisa, e pelas orientações e sugestões ao longo desses anos.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPR, principalmente aos professores que tive oportunidade de fazer disciplinas nas quais aprendi muito: Wilson Flávio Feltrim Roseguini, Tony Vinicius Moreira Sampaio e Claudinei Taborda da Silveira.

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

Agradeço à minha família, amigas e amigos. A minha caminhada como pesquisadora é bem solitária no sentido de não haver muita socialização do que aprendo, escrevo e descubro, nas horas e mais horas sentada no meu quarto em Pirabeiraba. Por isso, é sempre bom participar de eventos científicos na área. Essa tese considero o trabalho científico mais importante que já desenvolvi, e apesar de todos os desafios e obstáculos, tenho muito orgulho dessa história de quatro anos, que agora terminou. Dedico este trabalho a minha mãe Marlene Maria de Mello.

## RESUMO

A Serra do Mar em Santa Catarina influencia de forma direta na dinâmica climática regional. A variável meteorológica que notadamente confirma esta proposição é a precipitação. Na planície, a leste da Serra do Mar, e principalmente nas proximidades da escarpa da serra, os totais pluviométricos são superiores aos registrados no planalto. No entanto, o entendimento sobre a distribuição de precipitação na região e de sua relação com aspectos físicos, como o relevo, ainda é vago. Além disso, existem diferentes recursos e métodos disponíveis para gerar uma melhor caracterização pluviométrica da região e que ainda não foram explorados. O objetivo deste estudo é o de conhecer a dinâmica da distribuição de precipitação na região da Serra do Mar de Santa Catarina. Para isso, foi realizada uma revisão de literatura para as regiões do globo com o mesmo tipo climático que a área objeto de estudo, assim como uma caracterização climatológica regional a partir de diferentes fontes de dados. Na sequência, foi efetuada uma análise geomorfométrica objetivando entender a dinâmica do relevo regional e as possíveis respostas que esta pode causar na distribuição pluviométrica. Foram selecionadas estações meteorológicas para analisar a precipitação em relação aos períodos diurno e noturno, mensal e sazonal, além de analisada a relação entre os sistemas atmosféricos atuantes e a direção dos ventos com a ocorrência de precipitação. Dentre os principais resultados encontrados tem-se que 54,6% da ocorrência de precipitação se deu no período noturno, e 45,4% no período diurno. Em contrapartida, os acumulados de precipitação foram maiores no período diurno (51,5%). A influência da serra na distribuição da precipitação é evidente em todas as estações do ano. Destaca-se que a diferença na média de precipitação entre o verão e o inverno na região, é menos contrastante no ambiente de planalto e reverso da serra, do que nas áreas a barlavento das montanhas. Outro dado interessante é de como áreas do vale do rio Itapocu recebem menor influência dos ventos úmidos do oceano, fato evidenciado pela baixa frequência de ventos dos quadrantes E, NE e SE relacionados a ocorrência de precipitação na região. O sistema atmosférico que têm a maior influência na ocorrência de precipitação orográfica é a Massa Polar Atlântica, que na sua trajetória sobre o oceano transporta umidade para o continente, por meio da circulação marítima. A influência da serra na distribuição de precipitação na região, no entanto, ocorre com os distintos sistemas atmosféricos, tanto de origem marítima, quanto continental. Sobre a distribuição espacial da precipitação, é difícil afirmar qual a área mais chuvosa, por conta da falta de monitoramento em ambientes estratégicos, porém, com base nos dados existentes, são as áreas rurais da localidade do Vila Nova, próximo as encostas das serras da Tromba, Piraí, Redonda e Duas Mamas, as mais chuvosas da região da Serra do Mar de Santa Catarina. A instalação de pluviômetros nas vertentes oceânicas da serra é imprescindível para uma análise mais acurada neste contexto.

Palavras-chave: Precipitação orográfica. Geomorfometria. Joinville. Direção dos ventos. Clima.



## ABSTRACT

The Serra do Mar in Santa Catarina directly influences regional climate dynamics. The meteorological variable that notably confirms this proposition is precipitation. Furthermore, in the plain located at east of the Serra do Mar, and especially in the proximity of the escarpment of the mountain range, rainfall totals are higher than those recorded on the plateau. However, the understanding about the distribution of precipitation in the region and its relationship with physical aspects, such as relief, is still vague. In addition, there are different resources and methods available to generate a better rainfall characterization of the region, which have not yet been explored. The objective of this study is to understand the dynamics of precipitation distribution in the Serra do Mar region of Santa Catarina. For this, a literature review was carried out for regions of the globe with the same climatic type as the area under study, as well as a regional climatological characterization from different data sources. Then, a geomorphometric analysis was carried out in order to understand the dynamics of the regional relief and the possible responses that this may cause in the rainfall distribution. Meteorological stations were selected to analyze precipitation in relation to day and night, monthly and seasonal periods, in addition to analyzing the relationship between the atmospheric systems acting and the wind direction with the occurrence of precipitation. Among the main results found, 54.6% of precipitation occurred during the night, and 45.4% during the day. On the other hand, the accumulated rainfall was higher during the day (51.5%). The influence of the mountains on the distribution of precipitation is evident in all seasons. It is noteworthy that the difference in the average rainfall between summer and winter in the region, is less contrasting in the plateau environment and reverse of the mountain range, than in the windward areas of the mountains. Another interesting fact is how areas of the Itapocu river valley receive less influence from the humid ocean winds, a fact evidenced by the low frequency of winds from quadrants E, NE and SE related to the occurrence of precipitation in the region. The atmospheric system that has the greatest influence on the occurrence of orographic precipitation is the Atlantic Polar Mass, which in its trajectory over the ocean transports moisture to the continent, through maritime circulation. The influence of the mountain range on the distribution of precipitation in the region, however, occurs with the different atmospheric systems, both of marine and continental origin. Regarding the spatial distribution of precipitation, it is difficult to say which is the rainiest area, due to the lack of monitoring in strategic environments, however, based on existing data, it is the rural areas of Vila Nova, near the mountain ranges of Tromba, Piraí, Redonda and Duas Mamas, the rainiest in the Serra do Mar region of Santa Catarina. The installation of rain gauges in the oceanic slopes of the mountains is essential for a more accurate analysis in this context.

Keywords: Orographic precipitation. Geomorphometry. Joinville. Wind direction. Climate.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – POLÍGONO DE ÁREA DE ESTUDO, ABRANGENDO A SERRA DO MAR EM SANTA CATARINA E ÁREAS DE PLANÍCIE E PLANALTO ADJACENTES. ....	23
FIGURA 2 – (A) CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN-GEIGER PARA A REGIÃO DA SERRA DO MAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA. (B) CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) PARA A REGIÃO DA SERRA DO MAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA. ....	25
FIGURA 3 – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA (KÖPPEN-GEIGER) PARA AS REGIÕES DO GLOBO COM OS TIPOS <i>CFA</i> E <i>CFB</i> . ....	36
FIGURA 4 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS E PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS PARA CARACTERIZAR O CLIMA DA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA. AS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NUMERADAS EM VERDE SE REFEREM À COLUNA CONTAGEM DA TABELA 2...	39
FIGURA 5 – (A) PLUVIÔMETRO UTILIZADO PELA FAMÍLIA SCHMALZ PARA REGISTRAR A PRECIPITAÇÃO. (B) LIVRO DE REGISTROS CLIMÁTICOS DA FAMÍLIA SCHMALZ. ....	39
FIGURA 6 – MODELO DE TABELA UTILIZADO NA ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA DOS DADOS DAS ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS NA ESCALA DIÁRIA. ....	46
FIGURA 7 – MODELO DE TABELA UTILIZADO NA ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA DOS DADOS DAS ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS NA ESCALA HORÁRIA PARA O MÊS DE JANEIRO DE 2014. ....	46
FIGURA 8 – MODELO DE TABELA UTILIZADO NA ANÁLISE DE EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO OROGRÁFICA. ....	50
FIGURA 9 – (A) FREQUÊNCIA (%) DE LOCALIDADES ENCONTRADAS QUE POSSUEM CARACTERÍSTICAS SEMELHANTES À SERRA DO MAR POR CONTINENTE. (B) FREQUÊNCIA (%) DOS TRABALHOS SELECIONADOS PARA A REVISÃO DE LITERATURA, POR CONTINENTE. (C) FREQUÊNCIA (%) DOS TRABALHOS SELECIONADOS POR ÁREA DO CONHECIMENTO. ....	53
FIGURA 10 – (1) LOCALIDADES SELECIONADAS NO MUNDO, INSERIDAS NOS CLIMAS <i>CFA</i> E <i>CFB</i> , COM CARACTERÍSTICAS SEMELHANTES A SERRA DO MAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA. ....	54
FIGURA 11 – (2) LOCALIDADES SELECIONADAS NO MUNDO, INSERIDAS NOS CLIMAS <i>CFA</i> E <i>CFB</i> , COM CARACTERÍSTICAS SEMELHANTES A SERRA DO MAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA. ....	55
FIGURA 12 – (3) LOCALIDADES SELECIONADAS NO MUNDO, INSERIDAS NOS CLIMAS <i>CFA</i> E <i>CFB</i> , COM CARACTERÍSTICAS SEMELHANTES A SERRA DO MAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA. ....	56
FIGURA 13 – QUANTIDADE DE ESTUDOS PRODUZIDOS POR PAÍS, ENCONTRADOS NOS 63 TRABALHOS SELECIONADOS NESTA PESQUISA. ....	66
FIGURA 14 – PRESSÃO ATMOSFÉRICA MÉDIA (1979-2016) PARA A AMÉRICA DO SUL, NOS TRIMESTRES DE VERÃO (DJF) E INVERNO (JJA) NA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA. ....	69

FIGURA 15 – DIREÇÃO PREDOMINANTE DOS VENTOS (1979-2016) PARA O ESTADO DE SANTA CATARINA, NOS TRIMESTRES DE VERÃO (DJF), OUTONO (MAM), INVERNO (JJA) E PRIMAVERA (SON). .....	71
FIGURA 16 – MÉDIA DE DIAS DE CHUVA PARA A REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA POR COMPARTIMENTAÇÃO TOPOGRÁFICA. ....	77
FIGURA 17 - COMPARAÇÃO DOS ATRIBUTOS TOPOGRÁFICOS (DECLIVIDADE, ASPECTO, PLANO DE CURVATURA E PERFIL DE CURVATURA) NA ÁREA TESTE, ENTRE DIFERENTES MDES (SRTM90, SRTM30, TOPODATA30, SDS10, SDS5 E SDS1). .....	85
FIGURA 18 - GRÁFICOS COMPARATIVOS DA FREQUÊNCIA (%) DAS CLASSES DOS ATRIBUTOS TOPOGRÁFICOS (DECLIVIDADE, ASPECTO, PLANO DE CURVATURA E PERFIL DE CURVATURA) NA ÁREA TESTE, ENTRE DIFERENTES MDES (SRTM90, SRTM30, TOPODATA30, SDS10, SDS5 E SDS1). ....	86
FIGURA 19 - PONTOS DE CONFERÊNCIA DE CAMPO. ....	88
FIGURA 20 - ATRIBUTOS TOPOGRÁFICOS PRIMÁRIOS (HIPSOMETRIA, DECLIVIDADE E ASPECTO) DA REGIÃO DA SERRA DO MAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA. ....	90
FIGURA 21 - ATRIBUTOS TOPOGRÁFICOS PRIMÁRIOS (PLANO DE CURVATURA, PERFIL DE CURVATURA E RELEVO SOMBREADO) DA REGIÃO DA SERRA DO MAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA. ....	92
FIGURA 22 – A) ÁREA DESTAQUE DO IPT (RAIO DE 7 E 67 <i>PIXELS</i> ); B) ÁREA DESTAQUE DO IPT (RAIO DE 21 E 201 <i>PIXELS</i> ); C) IPT (RAIO DE 7 E 67 <i>PIXELS</i> ) PARA A ÁREA DE ESTUDO; D) IPT (RAIO DE 21 E 201 <i>PIXELS</i> ) PARA A ÁREA DE ESTUDO. ....	93
FIGURA 23 - FREQUÊNCIA DE CLASSES DE ATRIBUTOS TOPOGRÁFICOS. ....	94
FIGURA 24 – COMPARTIMENTOS DE SERRA SELECIONADOS PARA ANÁLISE GEOMORFOMÉTRICA DETALHADA DA ÁREA DE ESTUDO. ....	97
FIGURA 25 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DA SERRA DO QUIRIRI. .	98
FIGURA 26 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DA SERRA DO QUIRIRI – RONCO D’ÁGUA. ....	99
FIGURA 27 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DA SERRA DO QUEIMADA. ....	100
FIGURA 28 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DAS SERRAS DONA FRANCISCA, REDONDA E DA PRATA. ....	101
FIGURA 29 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DA SERRA DA TROMBA. .	102
FIGURA 30 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DO PIRAÍ E ADJACÊNCIAS. ....	103
FIGURA 31 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DA SERRA DO SAÍ. ....	104
FIGURA 32 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DAS SERRAS REDONDA E DUAS MAMAS. ....	105



FIGURA 33 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DA REGIÃO DO RIO BRACINHO.....	106
FIGURA 34 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DAS SERRAS DO BOI E DO MANSO.....	107
FIGURA 35 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DA REGIÃO DO RIO NATAL.....	108
FIGURA 36 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DA REGIÃO DO RIO NOVO.....	109
FIGURA 37 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DAS SERRAS DO SMITH, CHATA, ESCADA, SÃO MIGUEL E ADJACÊNCIAS.....	110
FIGURA 38 – DESTAQUE PARA A SERRA DO SAÍ, VISTA DA DIREÇÃO APROXIMADA DE LESTE, COMO BARREIRA OROGRÁFICA PARA OS VENTOS PROVENIENTES DO OCEANO EM RELAÇÃO AOS COMPARTIMENTOS DE SERRA LOCALIZADOS À OESTE DESTA SERRA.....	114
FIGURA 39 – COMPARTIMENTOS DE SERRA DA ÁREA DE ESTUDO, OBSERVA-SE COMO A SERRA DO QUIRIRI SE DESTACA NA PAISAGEM REGIONAL COMO UM GRANDE CONJUNTO SERRANO.....	115
FIGURA 40 – IMAGEM LANDSAT 8 DO DIA 18 DE ABRIL DE 2019, DESTACANDO OS DIFERENTES COMPARTIMENTOS DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA ANALISADOS NA PESQUISA E O USO DO SOLO PREDOMINANTE NA REGIÃO..	117
FIGURA 41 – COMPARTIMENTOS DE SERRA DA ÁREA DE ESTUDO VISTOS DA DIREÇÃO APROXIMADA DE OESTE.....	118
FIGURA 42 – COMPARTIMENTOS DE SERRA DA ÁREA DE ESTUDO VISTOS DA DIREÇÃO APROXIMADA DE SUDESTE.....	119
FIGURA 43 – ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS E PLUVIOMÉTRICAS AUTOMÁTICAS SELECIONADAS PARA O ESTUDO.....	127
FIGURA 44 – ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO INPE LOCALIZADA NA SERRA DO QUIRIRI.....	128
FIGURA 45 – DESTAQUE PARA O PLUVIÔMETRO INSTALADO DE FORMA INADEQUADA NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA BRADADOR, LOCALIZADA NA SERRA DO QUIRIRI.....	129
FIGURA 46 – LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DIFERENCIADAS PELA FONTE DOS DADOS. DESTAQUE NOS NÚMEROS EM ROSA PARA AS LOCALIDADES COM FALTA DE MONITORAMENTO.....	130
FIGURA 47 – ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DIFERENCIADAS PELO AMBIENTE EM QUE ESTÃO LOCALIZADAS. ESTÃO NOMEADAS AS ESTAÇÕES QUE GERARAM MAIORES DÚVIDAS NA CATEGORIZAÇÃO POR AMBIENTE.....	131
FIGURA 48 – FICHA DA ESTAÇÃO 05- GARUVA MDA 2381.....	136
FIGURA 49 – A) PLUVIÔMETRO 22 - HORTO FLORESTAL/CORUPÁ. B) PLUVIÔMETRO 51 – CENTRO2/SCHROEDER.....	137
FIGURA 50 – ACUMULADOS DIÁRIOS DE PRECIPITAÇÃO NOS PLUVIÔMETROS 51 – CENTRO2/SCHROEDER E 50 – CENTRO/SCHROEDER NO PERÍODO DE 2015 A 2018.....	139

FIGURA 51 – ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS COM ATÉ UM MÊS DE FALHA NA SÉRIE DE DADOS DE 2016 A 2018 (AZUL). .....	141
FIGURA 52 – QUANTIDADE DE HORAS COM OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO (>0) NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO, PARA O PERÍODO DE 2016-2018. ....	151
FIGURA 53 – QUANTIDADE DE HORAS COM OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO (>0) PARA O PERÍODO DE 2016-2018.....	152
FIGURA 54 – TARDE DO DIA 04/06/2019 SOBRE INFLUÊNCIA DE UMA MASSA POLAR, O TEMPO ESTAVA SECO, E NO MOMENTO DA FOTO A SERRA ESTAVA RETARDANDO A PASSAGEM DE UMA BANDA DE NUVENS.....	165
FIGURA 55 – LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS NA ANÁLISE DA DIREÇÃO DOS VENTOS INCIDENTES NA REGIÃO DE ESTUDO. 166	
FIGURA 56 – FREQUÊNCIA (%) DA DIREÇÃO PREDOMINANTE DOS VENTOS PARA O PERÍODO HISTÓRICO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS LOCALIZADAS NA ÁREA DE ESTUDO. ....	167
FIGURA 57 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA NO DIA 29/03/2019 NAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS MONITORADAS PELA EPAGRI/CIRAM NO ESTADO DE SANTA CATARINA. ....	178
FIGURA 58 – PRECIPITAÇÃO MENSURADA PELOS RADARES METEOROLÓGICOS DO SIMEPAR NO DIA 29/03/2019 ÀS 8 HORAS. ....	179
FIGURA 59– DISTRIBUIÇÃO MÉDIA ANUAL DE PRECIPITAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO (2016-2018) PELO MÉTODO IDW E KRIGAGEM. ....	184
FIGURA 60 – MAPA DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (2016-2018) GERADO A PARTIR DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS AUTOMÁTICAS COM DADOS PARA O PERÍODO DE 2016 A 2018, E DOS PLUVIÔMETROS CONVENCIONAIS COM AS MAIORES SÉRIES HISTÓRICAS DA REGIÃO. ....	186
FIGURA 61 – PLUVIÔMETRO ESTRADA DOS MORROS, LOCALIZADO NA ETA PIRAIÁ, JOINVILLE, SC.....	187
FIGURA 62 – MAPA DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (1996-2017) GERADO A PARTIR DOS PLUVIÔMETROS CONVENCIONAIS COM AS MAIORES SÉRIES HISTÓRICAS DA REGIÃO.....	188
FIGURA 63 – MAPA DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (2016-2018) GERADO A PARTIR DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS AUTOMÁTICAS E DOS PLUVIÔMETROS CONVENCIONAIS COM AS MAIORES SÉRIES HISTÓRICAS DA REGIÃO; E DA LOCALIZAÇÃO DOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS DE SERRA SOBREPÓSITOS AO MAPA DE SOMBREAMENTO. ....	190
FIGURA 64 – MAPA DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (1981-2016) GERADO A PARTIR DOS DADOS DO CHIRPS. COMPARTIMENTOS DE SERRA. ....	193
FIGURA 65 – MAPA DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL NA ÁREA DE DRENAGEM DA BAÍA DE ANTONINA/PR. ....	198
FIGURA 66 – LOCALIZAÇÃO DO PLUVIÔMETRO VÉU DA NOIVA, MORRETES/PR. 200	

FIGURA 67 – NUVENS CUMULUS CONGESTUS (ESTÁGIO ANTERIOR AO DESENVOLVIMENTO DE UMA NUVEM CUMULONIMBUS) SE FORMANDO SOBRE AS ÁREAS MONTANHOSAS DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA NO DIA 12/12/2019, VISTO A PARTIR DO CENTRO DE JOINVILLE.....	204
FIGURA 68 – PEDRA BRANCA DO ARARAQUARA ANTES E DEPOIS DO EVENTO DE PRECIPITAÇÃO EXTREMA DE FEVEREIRO DE 2017. ....	205
FIGURA 69 – IMAGENS DO GOOGLE EARTH MOSTRANDO O ANTES E O DEPOIS DOS MOVIMENTOS DE MASSA DE UM DOS PRINCIPAIS RIOS QUE NASCE NA SERRA DO ARARAQUARA. ....	205
FIGURA 70 – IMAGENS DO GOOGLE EARTH MOSTRANDO O ANTES E O DEPOIS DOS MOVIMENTOS DE MASSA DE UM TRECHO DE UM CURSO D’ÁGUA QUE NASCE NA SERRA DO ARARAQUARA. ....	206
FIGURA 71 – FOTO TIRADA NO DIA 29 DE JULHO DE 2017 NO RIO QUE CRUZA A TRILHA PARA O CUME DA PEDRA BRANCA DO ARARAQUARA, MOSTRADO NA FIGURA 69. ....	207
FIGURA 72 – SERRA DO QUIRIRI NAS PROXIMIDADES DA PEDRA DA DIVISA, ANTES E DEPOIS DOS MOVIMENTOS DE MASSA QUE OCORRERAM NO VERÃO DE 2016.....	208
FIGURA 73 – IMAGENS LANDSAT 8 MOSTRANDO A NEBULOSIDADE, EM DIFERENTES CONTEXTOS, SOBRE A ÁREA DE ESTUDO.....	214
FIGURA 74 – PANORÂMICA FOTOGRAFADA A PARTIR DA PEDRA DO LAGARTO NO DIA 19/06/2018 MOSTRANDO A DIFERENÇA NO TEMPO ATMOSFÉRICO NA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA. ....	214



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PALAVRAS-CHAVE UTILIZADAS NA PESQUISA DE REVISÃO DE LITERATURA SOBRE PRECIPITAÇÃO OROGRÁFICA PARA REGIÕES COM CLIMA CFA E CFB NO MUNDO. ....	37
TABELA 2 – ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS DISPONÍVEIS NO SITE DA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS COM SÉRIES HISTÓRICAS CONSISTENTES E ATUAIS, LOCALIZADAS NA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA E DO PARANÁ.....	40
TABELA 3 – CLASSIFICAÇÃO DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (VALOR-R). 41	
TABELA 4 - CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE POSIÇÃO TOPOGRÁFICA EM DEZ CLASSES E SEUS RESPECTIVOS PARÂMETROS DE DESENVOLVIMENTO.....	44
TABELA 5 - INTERVALOS DE CLASSE PARA CLASSIFICAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO. 48	
TABELA 6 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR E VALORES-P REFERENTE À COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS METEOROLÓGICOS DE DIFERENTES FONTES. ....	68
TABELA 7 – PRESSÃO ATMOSFÉRICA MÉDIA MENSAL, TRIMESTRAL E ANUAL EM MILIBARES PARA A REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA. ....	69
TABELA 8 – DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO (M/S) PARA A REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA. ....	70
TABELA 9 – DADOS DE TEMPERATURA MÉDIA, MÉDIAS DAS MÍNIMAS E MÉDIAS DAS MÁXIMAS; E INSOLAÇÃO, NA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA. ....	73
TABELA 10 – DADOS DE UMIDADE RELATIVA DO AR E EVAPORAÇÃO NA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA. ....	74
TABELA 11 – DADOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA PARA A REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA. ....	76
TABELA 12 – RESULTADOS DOS TESTES DE TENDÊNCIA DE MANN-KENDALL E REGRESSÃO LINEAR SIMPLES PARA AS SÉRIES HISTÓRICAS DE PRECIPITAÇÃO ANALISADAS, EM VERMELHO ESTÃO DESTACADOS OS VALORES-P DAS SÉRIES QUE APRESENTARAM TENDÊNCIA. ....	79
TABELA 13 – RESULTADOS DOS TESTES DE TENDÊNCIA DE MANN-KENDALL E REGRESSÃO LINEAR SIMPLES PARA AS SÉRIES HISTÓRICAS DE DIAS DE CHUVA E TEMPERATURA DO AR, EM VERMELHO ESTÃO DESTACADOS OS VALORES-P DAS SÉRIES QUE APRESENTARAM TENDÊNCIA. ....	82
TABELA 14 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS E EMQ DOS MDES EM RELAÇÃO AOS MARCOS GEODÉSICOS. EM VERDE ESTÃO DESTACADOS OS MELHORES RESULTADOS REFERENTES A CADA LINHA, E EM VERMELHO OS PIORES RESULTADOS. ....	83
TABELA 15 - VALORES DE ERROS SUBESTIMADOS E SUPERESTIMADOS DOS MDES EM RELAÇÃO AOS MARCOS GEODÉSICOS EM (%). ....	84

TABELA 16 – FREQUÊNCIA (%) DAS CLASSES DO ÍNDICE DE POSIÇÃO TOPOGRÁFICA PARA AS DUAS JANELAS ANALISADAS PARA A REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA. ....	95
TABELA 17 – FREQUÊNCIA (%) DE OCORRÊNCIA DO ATRIBUTO ASPECTO (ORIENTAÇÃO DAS VERTENTES) NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS DA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA. ....	111
TABELA 18 – FREQUÊNCIA (%) DE OCORRÊNCIA DO ATRIBUTO HIPSOMETRIA NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS DA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA. ....	112
TABELA 19 – FREQUÊNCIA (%) DE OCORRÊNCIA DO ATRIBUTO DECLIVIDADE NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS DA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA. ....	113
TABELA 20 – FREQUÊNCIA (%) DE OCORRÊNCIA DO ATRIBUTO IPT (ÍNDICE DE POSIÇÃO TOPOGRÁFICA) NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS DA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA. ....	113
TABELA 21 – ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS E PLUVIOMÉTRICAS AUTOMÁTICAS SELECIONADAS PARA O ESTUDO. ....	125
TABELA 22 – INFORMAÇÕES ADICIONAIS DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO: ALTITUDE, DECLIVIDADE, ASPECTO E IPT (ÍNDICE DE POSIÇÃO TOPOGRÁFICA). ....	134
TABELA 23 – CLASSIFICAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO DO PERÍODO DE 2014 A 2018. ....	143
TABELA 24 – OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO EM RELAÇÃO À FREQUÊNCIA (%) E O ACUMULADO NOS PERÍODOS DIURNO E NOTURNO, DE 2014 A 2018, NAS ESTAÇÕES COM DADOS DISPONÍVEIS. ....	144
TABELA 25 – FREQUÊNCIA (%) DE PRECIPITAÇÃO EM RELAÇÃO À OCORRÊNCIA (>0) E O ACUMULADO, DE 2014 A 2018, NO GERAL E NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO. ....	145
TABELA 26 – FREQUÊNCIA (%) DE PRECIPITAÇÃO EM RELAÇÃO À OCORRÊNCIA (>0), DE 2014 A 2018, NOS DIFERENTES AMBIENTES DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO E NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO. ....	148
TABELA 27 – FREQUÊNCIA (%) DOS ACUMULADOS DE PRECIPITAÇÃO, DE 2014 A 2018, NOS DIFERENTES AMBIENTES DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO E NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO. ....	149
TABELA 28 – FREQUÊNCIA (%) DOS ACUMULADOS DE PRECIPITAÇÃO, DE 2014 A 2018, NOS PERÍODOS DIURNO E NOTURNO, NOS DIFERENTES AMBIENTES DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO E NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO. ....	150
TABELA 29 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA (2016-2018) PARA AS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS NA ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO OROGRÁFICA. ....	154
TABELA 30 – OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO (MM) E DIAS COM PRECIPITAÇÃO ≤ “X” VALOR E > “X” VALOR EM (%), E DIAS COM PRECIPITAÇÃO > “X” VALOR DE 2016 A 2018 NAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS NA ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO OROGRÁFICA. ....	156

TABELA 31 – DATA DOS EVENTOS COM PRECIPITAÇÃO IGUAL OU SUPERIOR A 0,4 MM EM PELO MENOS UMA ESTAÇÃO DE CADA AMBIENTE E PRECIPITAÇÃO INFERIOR A 0,4 MM EM TODAS AS ESTAÇÕES DO PLANALTO (COLUNAS 1 E 2). DATA DOS EVENTOS COM PRECIPITAÇÃO SUPERIOR A 0 MM EM PELO MENOS UMA ESTAÇÃO DE CADA AMBIENTE E PRECIPITAÇÃO IGUAL A 0 MM EM TODAS AS ESTAÇÕES DO PLANALTO (COLUNA 3). .....	157
TABELA 32 – EVENTOS EM QUE A PRECIPITAÇÃO FOI MAIOR EM TODOS OS AMBIENTES DO QUE NO PLANALTO. A = LITORAL/BAÍA; B = PLANÍCIE; C = PROXIMIDADES DA SERRA/PLANÍCIE; D = PROXIMIDADES DA SERRA/INTERIOR; E = PROXIMIDADES DA SERRA/FRENTE; F = PLANALTO. OS NÚMEROS SE REFEREM A ORDEM DAS ESTAÇÕES NA COLUNA 01 DA TABELA 30. ....	160
TABELA 33 – EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO SUPERIOR NO LITORAL/BAÍA E PLANÍCIE DO QUE NOS OUTROS AMBIENTES. A = LITORAL/BAÍA; B = PLANÍCIE; C = PROXIMIDADES DA SERRA/PLANÍCIE; D = PROXIMIDADES DA SERRA/INTERIOR; E = PROXIMIDADES DA SERRA/FRENTE; F = PLANALTO. OS NÚMEROS SE REFEREM A ORDEM DAS ESTAÇÕES NA COLUNA 01 DA TABELA 30. ....	161
TABELA 34 – EVENTOS COM PRECIPITAÇÃO SUPERIOR EM TODOS OS AMBIENTES DO QUE NO LITORAL/BAÍA E PLANÍCIE. A = LITORAL/BAÍA; B = PLANÍCIE; C = PROXIMIDADES DA SERRA/PLANÍCIE; D = PROXIMIDADES DA SERRA/INTERIOR; E = PROXIMIDADES DA SERRA/FRENTE; F = PLANALTO. OS NÚMEROS SE REFEREM A ORDEM DAS ESTAÇÕES NA COLUNA 01 DA TABELA 30. ....	161
TABELA 35 – EVENTOS EM QUE A PRECIPITAÇÃO FOI NOTADAMENTE MAIOR NAS ESTAÇÕES DAS PROXIMIDADES DA SERRA/FRENTE DO QUE NOS OUTROS AMBIENTES. A = LITORAL/BAÍA; B = PLANÍCIE; C = PROXIMIDADES DA SERRA/PLANÍCIE; D = PROXIMIDADES DA SERRA/INTERIOR; E = PROXIMIDADES DA SERRA/FRENTE; F = PLANALTO. OS NÚMEROS SE REFEREM A ORDEM DAS ESTAÇÕES NA COLUNA 01 DA TABELA 30.....	162
TABELA 36 – EVENTOS EM QUE A QUANTIDADE DE PRECIPITAÇÃO FOI SUPERIOR NO PLANALTO E ADJACÊNCIAS. A = LITORAL/BAÍA; B = PLANÍCIE; C = PROXIMIDADES DA SERRA/PLANÍCIE; D = PROXIMIDADES DA SERRA/INTERIOR; E = PROXIMIDADES DA SERRA/FRENTE; F = PLANALTO. OS NÚMEROS SE REFEREM A ORDEM DAS ESTAÇÕES NA COLUNA 01 DA TABELA 30. ....	162
TABELA 37 – EVENTOS EM QUE A PRECIPITAÇÃO FOI MAIOR NOS AMBIENTES PRÓXIMOS À SERRA DO QUE NO PLANALTO, PLANÍCIE E LITORAL/BAÍA. A = LITORAL/BAÍA; B = PLANÍCIE; C = PROXIMIDADES DA SERRA/PLANÍCIE; D = PROXIMIDADES DA SERRA/INTERIOR; E = PROXIMIDADES DA SERRA/FRENTE; F = PLANALTO. OS NÚMEROS SE REFEREM A ORDEM DAS ESTAÇÕES NA COLUNA 01 DA TABELA 30.....	163
TABELA 38 – ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS CONVENCIONAIS LOCALIZADAS NO LITORAL DO PARANÁ.....	198
TABELA 39 – FREQUÊNCIA (%) DO ACUMULADO DE PRECIPITAÇÃO POR ESTAÇÃO DO ANO NOS PLUVIÔMETROS CONVENCIONAIS. ....	210

## **LISTA DE SIGLAS**

ANA – Agência Nacional de Águas

CCJ – Comitê de Gerenciamento das bacias hidrográficas dos rios Cubatão e Cachoeira

CHIRPS – Climate Hazard Group InfraRed Precipitation with Station

CIRAM – Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

SDS – Secretaria de Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina

UNIVILLE – Universidade da Região de Joinville

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>21</b>
1.1 CONTEXTO DA PESQUISA.....	21
1.2 ÁREA DE ESTUDO .....	22
1.2.1 CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA.....	24
1.3 JUSTIFICATIVA.....	26
1.4 PROBLEMA .....	28
1.5 HIPÓTESE .....	28
1.6 OBJETIVOS .....	29
1.6.1 Objetivo geral .....	29
1.6.2 Objetivos específicos.....	29
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>29</b>
2.1 REFERENCIAL TEÓRICO METODOLÓGICO .....	29
2.2 PRECIPITAÇÃO OROGRÁFICA .....	30
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>35</b>
3.1 REVISAO DE LITERATURA PARA ÁREAS DE CLIMA <i>CFA</i> E <i>CFB</i> NO GLOBO 35	
3.2 ANÁLISE CLIMATOLÓGICA DA ÁREA DE ESTUDO .....	37
3.2.1 Análises estatísticas .....	40
3.3 ANÁLISE GEOMORFOMÉTRICA.....	41
3.3.1 Modelos Digitais De Elevação – MDEs .....	41
3.3.1.1 Modelos globais .....	42
3.3.1.2 MDT do levantamento aerofotogramétrico de Santa Catarina .....	42
3.3.2 Análise de atributos topográficos .....	43
3.4 ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO.....	45
3.5 ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO OROGRÁFICA E DE SUA RELAÇÃO COM A DIREÇÃO DOS VENTOS E OS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES .....	48
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>52</b>
4.1 REVISAO DE LITERATURA PARA ÁREAS DE CLIMA <i>CFA</i> E <i>CFB</i> NO GLOBO 52	
4.1.1 Localidades selecionadas .....	52
4.1.2 Estudos selecionados.....	57
4.1.2.1 América do Sul (Brasil).....	58
4.1.2.2 Leste e sudeste da Ásia .....	61
4.1.2.3 Leste e sudeste da Oceania.....	63
4.1.2.4 Sudeste dos Estados Unidos .....	64
4.1.2.5 Sul da África .....	65
4.1.3 Outras publicações.....	66
4.2 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA ÁREA DE ESTUDO .....	66
4.2.1 Correlação estatística.....	66
4.2.2 Pressão atmosférica.....	68



4.2.3 Ventos (direção e velocidade) .....	70
4.2.4 Temperatura do ar .....	72
4.2.5 Umidade relativa do ar .....	74
4.2.6 Precipitação pluviométrica .....	75
4.2.7 Tendências .....	77
4.3 CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOMÉTRICA DA ÁREA DE ESTUDO .....	83
4.3.1 Avaliação dos modelos digitais de elevação .....	83
4.3.2 Atributos topográficos .....	84
4.3.2.1 Área teste .....	84
4.3.2.2 Polígono de área de estudo (área total) .....	89
4.3.3 Características geomorfológicas dos diferentes compartimentos da Serra do Mar de Santa Catarina .....	96
4.4 ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE PRECIPITAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO COM BASE NAS ESTAÇÕES AUTOMATIZADAS .....	124
4.4.1 Estações selecionadas .....	124
4.4.2 Distribuição de precipitação no período horário .....	137
4.4.3 ANÁLISE DA OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO OROGRÁFICA .....	153
4.4.4 Relação entre a precipitação e a direção dos ventos .....	165
4.4.5 Relação entre a precipitação e os sistemas atmosféricos atuantes .....	177
4.5 DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA E SUA RELAÇÃO COM A OROGRAFIA .....	182
4.5.1 Distribuição espacial da precipitação .....	182
4.5.2 Distribuição temporal da precipitação .....	202
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>215</b>
<b>6 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>219</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTO DA PESQUISA

A região nordeste de Santa Catarina é a área mais chuvosa do Estado. A precipitação média anual em algumas áreas chega a 2900 mm, segundo dados do Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina (ACESC), a 2200 mm, segundo dados do Atlas Pluviométrico do Brasil (APB), e a 2360 mm, segundo dados do CHIRPS (Climate Hazard Group InfraRed Precipitation with Station) (PANDOLFO *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2011). Ainda, com base nos dados do APB e do CHIRPS, parte da região da Serra do Mar e da bacia amazônica são as áreas com os totais pluviométricos mais elevados do país.

A influência da Serra do Mar é evidente na distribuição de precipitação pela região, sendo que os maiores acumulados pluviométricos se dão nas áreas serranas e próximas a elas – em áreas a barlavento da serra – sendo estas últimas as únicas áreas efetivamente monitoradas. Apesar da existência de estudos e mapeamentos pluviométricos para a região objeto da pesquisa, a falta de monitoramento das áreas serranas e os diferentes compartimentos do relevo impossibilitam a mensuração dos totais pluviométricos sobre estas áreas. Porém, existem diferentes ferramentas disponíveis que possibilitam a realização de um estudo mais robusto sobre a distribuição de precipitação na área e da sua relação com determinados aspectos físicos, tais como a dinâmica do relevo e dos sistemas atmosféricos atuantes.

Devido às divergências do entendimento técnico-científico sobre o limite sul da Serra do Mar, procura-se aqui trazer uma explicação sobre este tema para uma melhor compreensão do(a) leitor(a). No litoral de Santa Catarina existem montanhas e/ou escarpas de serra desde a região norte do Estado até a divisa com o Rio Grande do Sul. Porém, a Serra do Mar tem seu limite sul nas proximidades do vale do rio Itapocu, no nordeste de Santa Catarina, nos arredores dos municípios de Jaraguá do Sul e Corupá. A Serra do Mar é caracterizada por ser um sistema de escarpas e montanhas dispostas na borda leste da costa brasileira, no trecho voltado para a Bacia de Santos. A partir do vale do rio Itapocu ainda são encontrados corpos graníticos - formação marcante de montanhas da Serra do Mar - e relevo de serra, porém, estas formações estão dispostas como cordões de serras

paralelas e montanhas isoladas que drenam diretamente para o mar, e não mais como um sistema de escarpas (ALMEIDA e CARNEIRO, 1998; CPRM, 2014).

A origem da Serra do Mar está associada à separação dos continentes americano e africano, iniciado há cerca de 150 milhões de anos, no período Cretáceo. Houve um soerguimento de toda a borda leste da costa brasileira e posterior desbaste erosivo dessa faixa soerguida, formando extensas áreas de sedimentação, há cerca de 80 milhões de anos (Cretáceo Superior). Já no período Terciário, no Paleoceno (cerca de 65 milhões de anos antes do presente), houve um amplo soerguimento do bloco ocidental da Falha de Santos, formando a Proto-Serra do Mar. Deste período até os dias atuais ocorreu o recuo erosivo da escarpa da serra, que antes estava posicionada a dezenas de quilômetros a leste da linha da costa atual (MINEROPAR, 2018).

Ainda neste contexto de conceituações, é importante que seja discutido o significado da palavra montanha adotado neste trabalho. Existem diferentes entendimentos sobre a definição de montanhas, e não há um consenso universalmente aceito. De modo geral, define-se uma montanha como uma extensa forma terrestre que se ergue abruptamente em relação às áreas no seu entorno e que atinge grandes elevações, tipicamente na forma de um pico (BUTLER, 2011). Duas das maneiras de classificar o relevo são: de acordo com sua origem e do ponto de vista estético (altura etc.). Uma característica amplamente difundida na geomorfologia é a de que o relevo relativo deve ter um desnível vertical superior a 300 metros para ser definido como uma montanha. Já alguns pesquisadores defendem que são montanhas apenas as elevações produzidas nos cinturões orogênicos, com isso, alguns geólogos e geógrafos dizem que não existem montanhas no Brasil, pois este processo é considerado extinto no país (FARIAS, 2005). Neste trabalho será adotada a conceituação de Butler (2011) devido à sua maior representatividade, já que é o conceito mais difundido pela população.

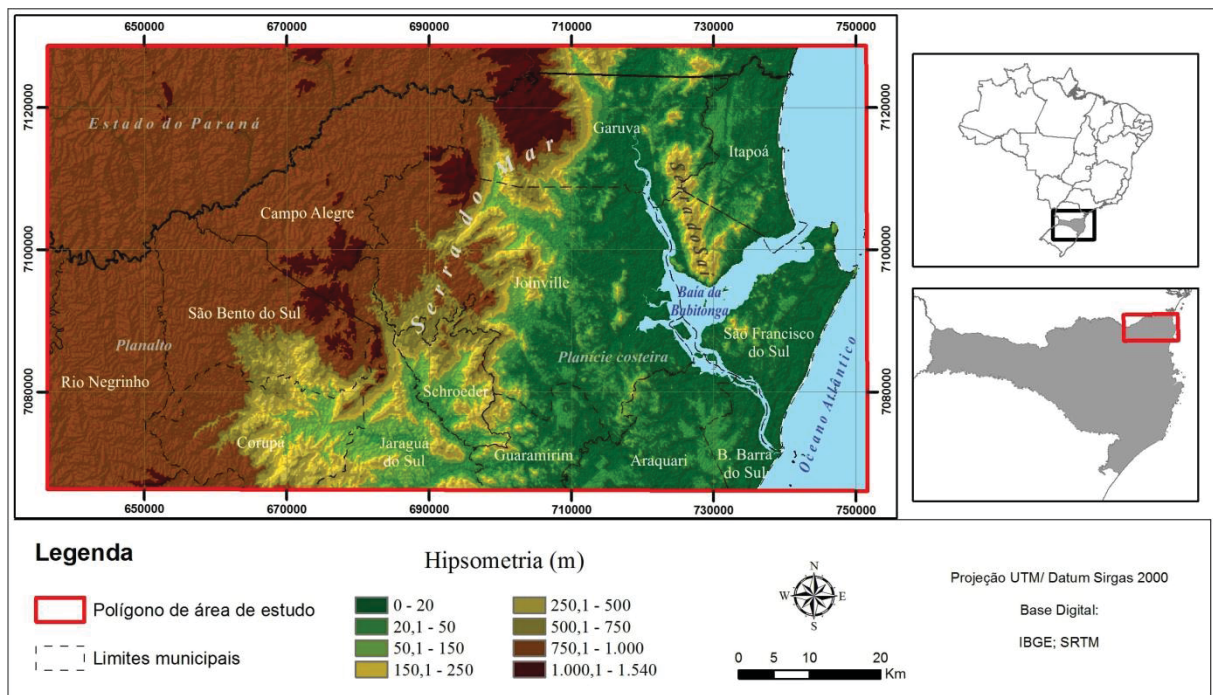
## 1.2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende parte da região nordeste do estado de Santa Catarina, conforme polígono destacado na FIGURA 1, que engloba a Serra do Mar e as áreas de planície e planalto adjacentes. O polígono encontra-se entre as latitudes de 25°57'09"S e 26°31'09"S e longitudes 49°37'56"S e 48°29'00"S. Com área total

de 7.195,2 km<sup>2</sup>, perímetro de 354,7 km, extensão latitudinal de 63 km e longitudinal de 115 km. Parte da área do polígono está inserida no estado do Paraná (FIGURA 1), pois serão utilizadas algumas estações pluviométricas localizadas neste Estado, mas destaca-se que esta área do Paraná não será o foco das análises, e sim o território catarinense.

Os municípios inseridos neste polígono são: (1) Araquari, Balneário Barra do Sul, Itapoá e São Francisco do Sul, nas áreas de planície costeira. Neste ambiente existe a presença de pequenos morros, havendo um destaque maior para a Serra do Saí, que atinge altitudes superiores a 700 metros. (2) Garuva e Schroeder, nos ambientes de planície costeira e serra. (3) Corupá, Guaramirim, Jaraguá do Sul e Joinville, nos ambientes de planície costeira, serra e planalto. (4) Campo Alegre e São Bento do Sul, nos ambientes de serra e planalto. Por fim, (5) Rio Negrinho, no ambiente de planalto. Destaca-se ainda na paisagem a presença do estuário da Baía da Babitonga.

FIGURA 1 – POLÍGONO DE ÁREA DE ESTUDO, ABRANGENDO A SERRA DO MAR EM SANTA CATARINA E ÁREAS DE PLANÍCIE E PLANALTO ADJACENTES.



FONTE: A autora (2018).

O município de Joinville possui a maior população do Estado (577 mil habitantes), sendo também considerado o polo industrial estadual. Além disso, nos

municípios de São Francisco do Sul e Itapoá encontram-se instalados portos que contribuem significativamente para a geração de renda na região. Destacam-se também os municípios de Jaraguá do Sul e Araquari, que vêm apresentando um forte crescimento industrial, com destaque nos últimos anos para este último município (IBGE, 2018). Os setores mais fortes da economia na região são o eletrometalmecânico, tecnológico, e têxtil e moveleiro na região de planalto (SEBRAE, 2014).

### 1.2.1 CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA

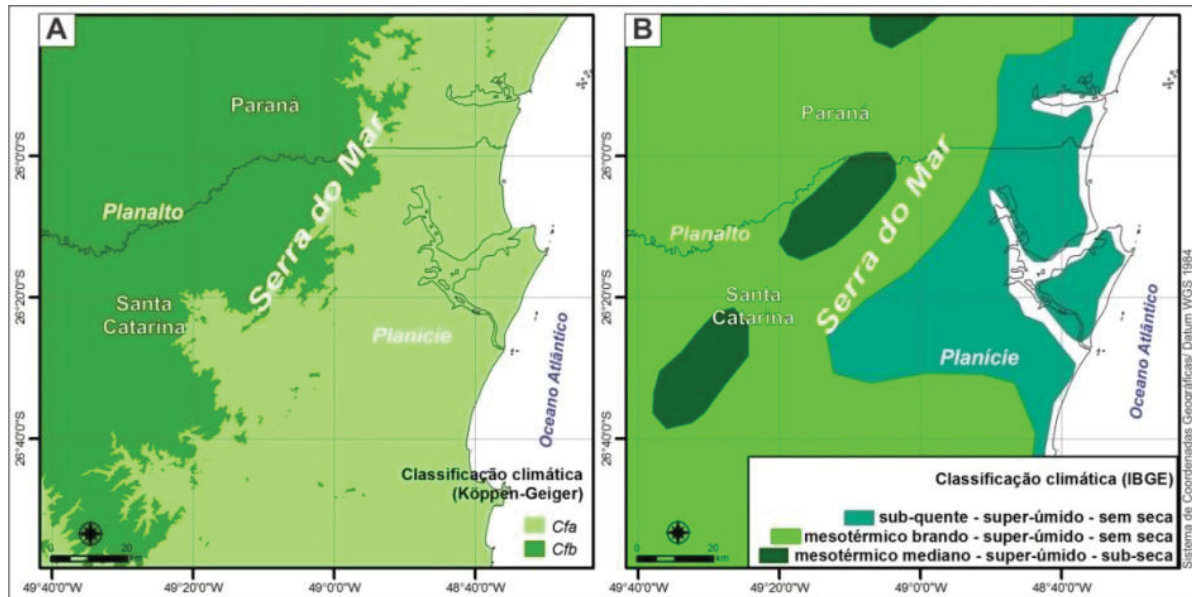
Com base na FIGURA 2 é possível observar a classificação climática para a área de estudo a partir da classificação de Köppen-Geiger e do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Segundo a classificação de Köppen-Geiger, na região são encontrados os tipos climáticos: clima temperado úmido com verão quente (*Cfa*) em áreas de planície, escarpa da serra e planalto, e clima temperado úmido com verão temperado (*Cfb*) nas áreas mais altas, de planalto e serra (ALVARES *et al.*, 2013).

No clima *Cfa* a temperatura média do ar no mês mais quente é superior a 22°C, já no clima *Cfb* a temperatura média do ar no mês mais quente é inferior a 22°C, e superior a 10°C nos quatro meses mais quentes. Em ambos os tipos há ocorrência de precipitação em todos os meses do ano, inexistente uma estação seca definida, e o verão e o inverno são estações bem definidas (ALVARES *et al.*, 2013).

Segundo a classificação climática do IBGE, a área de estudo encontra-se na zona temperada e nas unidades climáticas sub-quente (temperatura média entre 15°C e 18°C em pelo menos um mês) - super-úmido - sem seca, nas áreas de planície; mesotérmico brando (temperatura média entre 10°C e 15°C) – super-úmido – sem seca, nas áreas de serra e planalto; por fim, mesotérmico mediano (temperatura média >10°C) – super-úmido – sub-seca, em algumas áreas do planalto.



FIGURA 2 – (A) CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN-GEIGER PARA A REGIÃO DA SERRA DO MAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA. (B) CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) PARA A REGIÃO DA SERRA DO MAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA.



FONTE: A autora (2017).

A partir das duas classificações climáticas é possível inferir que nas áreas de serra e planalto as temperaturas são mais amenas quando comparadas às áreas de planície, próximas à costa. Em relação à umidade, as áreas de planalto são mais secas, enquanto na planície e serra o teor de umidade é maior.

A classificação climática de Köppen-Geiger relaciona o clima com a vegetação, se baseia na temperatura do ar do mês mais frio para definir cinco regiões climáticas principais; e com base nos totais pluviométricos sazonais e em características adicionais de temperatura, o sistema é ainda dividido em tipos e subtipos (NASCIMENTO *et al.*, 2016). Já a classificação climática do IBGE se utiliza tanto do método dinâmico quanto do quantitativo. O primeiro sistema se fundamenta na climatologia dinâmica e nos padrões de circulação atmosférica, definindo os três climas zonais e subunidades regionais; o segundo sistema delimita as regiões térmicas, sendo baseado na frequência e média de valores extremos mensais; por fim, o terceiro sistema relaciona o número de meses secos com o tipo de vegetação natural predominante (IBGE, 1998). Apesar de a classificação do IBGE levar em conta um parâmetro muito importante que é a dinâmica atmosférica, a classificação de Köppen-Geiger, além de ser amplamente utilizada, abrange todo o globo, facilitando que sejam feitas comparações com outras localidades do mundo, e a

escala do arquivo vetorial desta classificação para o Brasil é mais detalhada, como pode ser observado na FIGURA 2.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

A precipitação orográfica é definida como a precipitação gerada ou modificada pela topografia. Praticamente toda a influência da orografia na precipitação ocorre devido à força que esta exerce na elevação e descida de ar. O ar em ascensão se expande e se resfria, se o resfriamento é suficiente, o ar se satura e o vapor de água condensa, formando as nuvens, que podem gerar precipitação. É importante destacar que a elevação de ar gerada pela topografia, por si só, costuma ser insuficiente para provocar precipitação, estes efeitos orográficos geralmente modificam a precipitação durante tempestades preexistentes. Quando o ar descende, à sotavento das montanhas, ele se aquece e perde umidade, e tanto as nuvens quanto a precipitação evaporam (MINDER e ROE, 2011).

Segundo Minder (2010), o estudo da precipitação orográfica geralmente é dificultado por: baixa quantidade de pluviômetros em áreas montanhosas, dificuldade de se medir a precipitação mista, pequenas escalas espaciais de variação, ambientes remotos e bloqueio do sinal do radar meteorológico pelo terreno. Quando o estudo é climatológico os desafios aumentam, pois, longas séries completas de dados raramente existem (MINDER, 2010). Esta colocação é relativa, já que o autor utilizou o oeste dos Estados Unidos da América (EUA) como exemplo de localidade, que apenas nas últimas décadas possui uma rede de estações automáticas em áreas serranas. No Brasil, para locais como o nordeste de Santa Catarina, séries históricas contínuas de estações automáticas com dados disponíveis totalizam no máximo uma década, com estações instaladas em ambientes de fácil acesso, como planície e planalto.

Dentre as regiões montanhosas mais estudadas quanto à precipitação orográfica estão os Alpes Europeus (DOSWELL *et al.*, 1998; BOUSQUET *et al.*, 2003; MASSON *et al.*; 2014), áreas montanhosas da América do Norte (GALEWSKY *et al.*, 2005; GUAN *et al.*, 2005; KIRSHBAUM *et al.*, 2005), os Alpes do Sul na Nova Zelândia (PURDY *et al.*, 2003; PURDY, 2004; STUART, 2011), os Himalaias na Ásia (BARROS *et al.*, 2004; ANDERS *et al.*, 2006; BOOKHAGEN *et al.*, 2006) e os Andes na América do Sul (SMITH *et al.*, 2007; INSEL *et al.*, 2009; GARREAUD *et al.*,

2016). Segundo Roe (2005) e Yu *et al.* (2013), os estudos de precipitação orográfica são extensos para as médias latitudes, porém, são ainda escassos para regiões tropicais, subtropicais e polares, estudos nestas porções do globo podem levar a novas ideias e mesmo teorias.

Smith *et al.* (2009), Kirshbaum *et al.* (2009), e Watson *et al.* (2015) realizaram pesquisas sobre a precipitação orográfica nos trópicos, utilizando a ilha vulcânica Dominica (país no Caribe/ latitude 15°N) como “laboratório natural”. Outra importante contribuição científica advém do trabalho de Viale *et al.* (2011), ao estudar a climatologia da precipitação orográfica de inverno, sobre os Andes Centrais Subtropicais (latitudes entre 30°S e 37°S). No Brasil, há trabalhos de precipitação orográfica desenvolvidos principalmente para a região Sudeste do país (CONTI, 1975; NAVARRO, 1990; BLANCO e MASSANBANI, 1998; BLANCO, 2000; MILANESI, 2007; PELLEGGATTI, 2007; CÂNDIDO *et al.*, 2008; e NASCIMENTO, 2013).

As porções do território com maior precipitação na região Sul estão próximas a barreiras orográficas, assim como na região Sudeste (NAVARRO, 1990; CAVALCANTI *et al.*, 2009). Jorge (2015), em seu estudo sobre a pluviosidade no clima subtropical brasileiro, identificou que o litoral sul de São Paulo, o litoral do Paraná e do norte de Santa Catarina apresentaram as maiores médias anuais para o período estudado (1977-2011), consequência da influência orográfica da Serra do Mar. A região mais chuvosa é o litoral de São Paulo nos períodos anual, verão e outono; já nos meses de inverno e primavera as precipitações nestas áreas não são tão expressivas. Na primavera, dentre as 635 estações estudadas, a de Garuva (SC) é a que apresentou a maior média (689 mm). De modo geral, estas porções do território possuem características climáticas semelhantes e apesar de existirem publicações sobre a temática precipitação orográfica para o Sudeste do país, existe uma lacuna na literatura científica para o estado de Santa Catarina, e poucos estudos produzidos para o estado do Paraná.

A Serra do Mar é uma formação serrana que se estende por aproximadamente 1.000 km pela costa brasileira, desde o estado do Rio de Janeiro até o nordeste do estado de Santa Catarina, atingindo altitudes superiores a 2.000 metros (ALMEIDA e CARNEIRO, 1998). A influência orográfica da Serra do Mar na distribuição pluviométrica no nordeste de Santa Catarina (área mais chuvosa do Estado) foi evidenciada em alguns estudos, tais como o de Oliveira (2006) e Mello *et*

*al.* (2016). No entanto, existem diversas incertezas em relação à dinâmica da distribuição de precipitação pluviométrica na região. Espera-se, com a realização deste trabalho, contribuir para os estudos científicos sobre a precipitação orográfica em regiões subtropicais e estender o conhecimento produzido sobre a temática para o trecho mais ao sul da Serra do Mar, no estado de Santa Catarina.

É comum na região a ocorrência de movimentos de massa, e mesmo de inundações, principalmente na planície litorânea. Segundo Marcelino *et al.* (2006), os municípios de Joinville e Garuva (mais próximos a Serra do Mar) possuem “muito alta” frequência de desastres naturais; e os municípios de Itapoá e São Francisco do Sul possuem “alta” frequência, ambos localizados na área objeto desta pesquisa. Ainda, segundo dados do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (1991-2010), Joinville foi o município com o maior número de pessoas afetadas no Estado nos anos analisados (983.250 habitantes), tendo sido registrado um total de 21 eventos de desastres naturais. O município de Garuva registrou um total de 17 eventos desta natureza, e os municípios de Araquari, Itapoá e São Francisco do Sul registraram 10 desastres naturais cada (UFSC, 2011). Os resultados esperados para este trabalho poderão subsidiar análises desta categoria e de outras como as relacionadas à agricultura, recursos hídricos e turismo.

#### 1.4 PROBLEMA

O nordeste catarinense é a região mais chuvosa do estado de Santa Catarina, precisamente as áreas próximas à Serra do Mar. Contudo, o conhecimento sobre a dinâmica da distribuição da precipitação no contexto regional ainda é vago, assim como dos fatores geográficos que influenciam esta dinâmica.

#### 1.5 HIPÓTESE

A distribuição de precipitação pluviométrica na região da Serra do Mar do estado de Santa Catarina é influenciada principalmente pelas características do relevo regional. A relação entre a disposição dos diferentes compartimentos de serra e suas altitudes, a orientação destes compartimentos em relação aos ventos predominantes, e a proximidade destes em relação ao Oceano Atlântico, são as

principais características físicas que determinam as diferenças nos totais pluviométricos da área de estudo.

## 1.6 OBJETIVOS

### 1.6.1 Objetivo geral

Conhecer a dinâmica da distribuição de precipitação pluviométrica na região da Serra do Mar de Santa Catarina.

### 1.6.2 Objetivos específicos

- Realizar uma revisão de literatura sobre precipitação orográfica para áreas do globo com o mesmo tipo climático que a região objeto de estudo;
- Analisar as características climáticas da região da Serra do Mar de SC;
- Verificar as características do relevo que possam influenciar na distribuição da precipitação;
- Avaliar a influência orográfica na pluviosidade em relação ao período horário, mensal e sazonal;
- Identificar e analisar a associação dos sistemas atmosféricos atuantes com a ocorrência de precipitação orográfica.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 REFERENCIAL TEÓRICO METODOLÓGICO

Neste trabalho a abordagem climática tem como base a percepção Sistêmica, utilizando-se de metodologias ligadas à Climatologia Dinâmica, mas também algumas técnicas relacionadas à Climatologia Tradicional (estática). Entende-se que o clima é um sistema complexo e dinâmico, e seu estudo é de extrema relevância social, pois os processos atmosféricos estão relacionados à dinâmica da biosfera, da hidrosfera e da litosfera, e estes quatro domínios globais estão em contínua troca de matéria e energia entre si (AYOADE, 1998).



A teoria geossistêmica é parte de um conjunto de formulações teórico-metodológicas ligadas à Geografia Física, e tem como princípios básicos a conectividade e a totalidade. A teoria foi formulada pela escola russa, porém difundida ao mundo ocidental pela escola francesa, a partir de Bertrand, em 1968. Desde então, surgiram diversas propostas de classificação de sistemas, com visões voltadas para área de atuação dos estudiosos, como na Climatologia Geográfica por Carlos Augusto Figueiredo Monteiro (RODRIGUES, 2001; MARQUES NETO, 2008; MENDONÇA e KOZEL, 2009; FERREIRA, 2012).

A evolução dos estudos na Climatologia desenvolveu notáveis avanços teórico-metodológicos no século XX. Neste período que se notou a necessidade de considerar a dinâmica do ar na definição de um clima, pois esta causa maior impacto a sociedade. Neste contexto que Max Sorre, por volta de 1950, definiu o clima como “a série dos estados atmosféricos acima de um lugar em sua sucessão habitual” (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007; FERREIRA, 2012; OGASHAWARA, 2012). Os estudos da Climatologia Geográfica no Brasil seguem propostas da Climatologia Dinâmica concebida por Max Sorre, do paradigma de ritmo e sucessão dos tipos de tempo desenvolvido por Monteiro e também pelo modelo geossistêmico desenvolvido por Bertrand, com vista a análises integradas com outros campos de atuação da Geografia Física (FERREIRA, 2012).

Para Monteiro (1969), a análise climatológica alcança o nível geográfico a partir do momento em que analisa os tipos de tempo em sequência contínua, e destaca que para uma adequada compreensão da síntese climática de um local é necessário um equilíbrio entre os tratamentos dinâmico e estático. As duas técnicas de análise, apesar de distintas, devem andar juntas. O tratamento estático utiliza de longos períodos de dados, enquanto o dinâmico deve preferir a amostragem de individualidades.

## 2.2 PRECIPITAÇÃO OROGRÁFICA

Existem registros da Grécia antiga, mesmo que rudimentares, que já relacionavam a orografia com a precipitação. Ponderações eram feitas sobre as condições nas quais o nevoeiro e a neblina se formava, e também sobre as diferenças de temperatura com a altitude. Aristóteles, em sua obra *Meteorologica* (340 anos A.C), escreveu que as montanhas e locais altos atuavam como grossas

esponjas projetadas sobre a superfície terrestre, que faziam com que a água gotejasse em pequenas quantidades e em diversos locais. O vapor d'água se arrefecia à medida que se elevava, condensando novamente em água. Os ambientes montanhosos acabavam por receber grande volume de água da chuva (ROE, 2005).

Devido aos avanços no campo da física, durante e após o Renascimento (período compreendido entre o fim do século XIV e fim do século XVII), os mistérios que envolviam a dinâmica das nuvens e da precipitação chamaram a atenção de alguns estudiosos, como Bacon, Hooke, Liebnitz, Halley, Franklin, Descartes e Dalton. Porém, o conhecimento produzido neste período ainda embatia em aspectos como a falta de medições. Apenas no século XX, principalmente após a Segunda Guerra Mundial, que ocorreram avanços significativos no conhecimento sobre a dinâmica da atmosfera e a termodinâmica. Com observações detalhadas e grandes experimentos, que possibilitaram a geração de modelos de precipitação orográfica, e alcançaram progresso no entendimento dos processos e mecanismos envolvidos (ROE, 2005).

Segundo Minder (2010) os primeiros estudos de precipitação orográfica se concentraram na caracterização da distribuição de precipitação pluviométrica, relacionando-a com condições sinóticas, como os ventos predominantes, basicamente utilizando-se de pluviômetros simples e baratos. Neste contexto, por exemplo, que Bergeron desenvolveu, na década de 60 do século XX, o modelo conceitual *seeder-feeder*<sup>1</sup> (semeador-alimentador).

Com o advento do sensoriamento remoto, de radares, e com o avanço das tecnologias como um todo, a resolução espacial e temporal das séries pluviométricas aumentou consideravelmente, gerando dados que auxiliaram em estudos como os relacionados aos sistemas convectivos de verão. Grandes campanhas de campo, utilizando uma gama de equipamentos, como câmera de nuvem, radar, sondagens via balão e sensores de vapor d'água, possibilitaram significativos avanços científicos na área. Dentre os grandes projetos desenvolvidos pelo mundo estão: o *Hydrometeorological Testbed (HMT)*, implantado no norte da *Sierra Nevada* e nas montanhas litorâneas da Califórnia; *Mesoscale Alpine*

---

<sup>1</sup> Mecanismo de intensificação orográfica no qual as nuvens mais altas pré-existentes (estratiformes) são as semeadoras, tanto frontais quanto orográficas, e ao cair vão sendo alimentadas pela coleta das gotículas das nuvens baixas e densas ou nevoeiro, as quais são mantidas pela ascensão de ar úmido pela encosta da montanha (BLANCO, 2000).

*Programme*, dedicado ao estudo da precipitação orográfica intensa nos Alpes Europeus; e *Southern Alps Experiment (SALPEX)*, nos Alpes do Sul na Nova Zelândia (JONES *et al.*, 1974; WRATT *et al.*, 1996; BOUSQUET e SMULL, 2003; MINDER, 2010).

O exemplo clássico da influência da orografia sobre a precipitação é uma cadeia de montanhas, cujo eixo está perpendicular à direção predominante dos ventos, resultando em precipitação superior na região a barlavento das montanhas e ocorrência de sombra de chuva em áreas a sotavento. Este fenômeno é conhecido como Efeito *Föhn*, *Chinook* ou ainda, *rainshadow effect* (CONTI, 1975; NAVARRO, 1990; AYOADE, 1998; ROE, 2005; CÂNDIDO e NUNES, 2008). A interação entre a precipitação e a orografia é ampla e diversificada, podendo ser influenciada por aspectos como latitude, altitude, proximidade do oceano e orientação das vertentes. A distribuição da chuva orográfica pode se dar em grande (1.000 a 100 km), média (100 a 10 km) e pequena (10 a 1 km) escala (BLANCO, 2000), sendo que o presente estudo se enquadra em uma análise de média escala.

Bergeron é considerado o pai da Teoria da Chuva Orográfica, tendo desenvolvido diversas pesquisas sobre a temática. A dinâmica da precipitação em pequenas colinas foi estudada por ele em 1953, quando desenvolveu o Projeto *Pluvius* na Suécia, no qual trabalhou com uma densa rede de pluviômetros (aproximadamente 200 em uma área de 30 km<sup>2</sup>). Neste experimento ele descobriu que a taxa de precipitação sobre estas pequenas colinas poderia ser até duas vezes maior que nas áreas adjacentes, e as diferenças persistiam em diferentes tempestades (BLANCO, 2000; ROE, 2005; MILANESI, 2007; MINDER, 2010).

Segundo Milanesi (2007), os clássicos sobre a temática chuva orográfica foram escritos por além de Bergeron; Barry e Chorley, que em 1976 publicaram o livro intitulado "*Atmosphere, Weather and Climate*"; e Smith, que em 1979 publicou o artigo "*The influence of mountains on the atmosphere*". Destacam-se também obras mais atuais, e que são de grande valia para a temática, sendo elas: "*Atmospheric processes over complex terrain*" (BLUMEN, 1990); "*Mountain Weather and Climate*" (BARRY, 2008); e "*Mountain Weather Research and Forecasting*" (CHOW *et al.*, 2012).

Na obra de Barry e Chorley (2004) são discutidas as formas como as montanhas influenciam a precipitação, sendo elas: (1) provocam instabilidade convectiva ao favorecem o deslocamento de correntes de ar, ou pelo aquecimento

diferencial das vertentes das montanhas; (2) aumentam a precipitação frontal ao retardarem a velocidade do deslocamento destas; (3) causam a convergência e elevação das correntes de ar através dos efeitos de afunilamento dos vales; (4) favorecem a ascensão turbulenta do ar através da fricção superficial, podendo formar nuvens *stratus* e *stratocumulus*, e ocasionar precipitação de garoas ou chuvas passageiras; por fim, (5) influencia no retardamento de correntes de ar oriundas do oceano para o continente.

Estudos realizados no Brasil acerca da influência orográfica na distribuição pluviométrica, em geral, tratam o problema de forma descritiva, identificando por meio de análises de séries históricas de precipitação, que os maiores totais pluviométricos se distribuem próximo as áreas serranas (BLANCO, 2000). São exemplos de estudos que contemplam estas observações: Silva (1999), ao estudar a dinâmica atmosférica e a distribuição das chuvas na região “oriental” paulista; Menardi Júnior (2000), ao estudar o regime e o ritmo das chuvas na Bacia do Rio Piracicaba; e Jorge (2009), ao estudar as dinâmicas e tendências climáticas regionais no contexto das mudanças climáticas na fachada atlântica sul do Brasil.

Conti (1975) desenvolveu um trabalho pioneiro dentro da climatologia geográfica brasileira. O autor analisou em sua tese de doutoramento a circulação secundária e o efeito orográfico na gênese das chuvas na região lesnordeste paulista, trazendo importante contribuição para o estudo da relação orografia-precipitação para a região. Foi confirmada a existência do efeito de sombra exercido pela Ilha de São Sebastião; da atuação do relevo como um elemento orientador da distribuição regional da precipitação; e da quantidade de chuva como dependente, também, da exposição das vertentes aos fluxos transportadores de umidade.

Navarro (1990) estudou a orografia e seu papel na gênese das chuvas no litoral paulista. O autor confirmou que a chuva orográfica é, normalmente, uma intensificação de chuva já existente, como as causadas por descontinuidades frontais. As médias máximas de chuva foram sempre maiores na região da Serra do Mar, além disso, não encontrou relação nítida entre a orografia e o número de dias com chuva. O autor sugeriu o estudo da chuva orográfica pura – ocasionada somente pelo fator relevo, como promissor, e destacou a dificuldade à época (devido ao instrumental disponível) de estudá-la.

Milanesi (2007) avaliou o efeito orográfico na pluviometria da vertente continental e oceânica da Ilha de São Sebastião (Ilhabela – SP). O autor

confeccionou e instalou treze pluviômetros experimentais ao longo da Estrada de Castelhanos. Foram analisados os totais mensais para o ano hidrológico 2004/2005. Os dados destes treze pluviômetros foram correlacionados aos de outras estações, as altitudes diversas e a atuação das correntes de sudeste. Dentre os resultados encontrados, o autor observou que, em média, a vertente continental registra 20% menos chuva que a oceânica. Na vertente oceânica, verificou-se a intensificação e aumento da chuva a partir dos 300 metros, com pico a 600 metros de altitude.

Pellegatti (2007) realizou uma análise espaço-temporal da precipitação na região da Baixada Santista e da Serra do Mar de SP. Foram avaliados eventos de precipitação nas diferentes estações do ano, e sua intensidade e duração. O autor evidenciou em seu estudo que os totais de precipitação foram muito superiores na zona da baixada, nas vertentes oceânicas e no alto da serra em relação a todas as categorias de análise, do que nas áreas situadas em direção ao interior, menos expostas aos ventos úmidos do oceano.

Cândido e Nunes (2008) relacionaram a precipitação e a altimetria (pelo uso de Modelo Digital de Terreno - MDT), na região do Vale do Rio Tietê e da Serra da Mantiqueira. Foi evidenciada a influência da orografia na precipitação principalmente nos períodos mais chuvosos.

Silva *et al.* (2012) avaliaram o comportamento da precipitação entre o Primeiro Planalto Paranaense e o Litoral do Paraná, no ano hidrológico 2010/2011. Os autores evidenciaram que as estações localizadas no litoral apresentavam maior heterogeneidade na distribuição anual da precipitação, com maior concentração entre o final da primavera e verão. Evidenciou-se também a ocorrência de sombra de chuva na estação Mananciais da Serra.

Nascimento (2013) avaliou o efeito orográfico na distribuição da precipitação em Fundão e Santa Teresa (Espírito Santo), no período de 1947 a 2012. O autor concluiu que a barlavento da área de estudo ocorre maior precipitação, tanto no período chuvoso quanto no período seco.

No estado de Santa Catarina, destaca-se uma produção desenvolvida por Rodrigues (2015). Esta tese, da Área de Concentração da Meteorologia, teve como objetivo determinar as características sinóticas e físicas associadas a eventos de chuva extrema no Litoral Norte e Sul de Santa Catarina. Foram realizados experimentos de sensibilidade com ausência de evaporação do mar, de orografia, e de ambos os fatores. Para os eventos de chuva no Litoral Sul, foi grande o efeito da



topografia no aumento da precipitação, enquanto para o Litoral Norte o aumento da precipitação pareceu estar mais associado ao efeito de evaporação do mar. Mas a interação entre a orografia e a evaporação do mar é que está mais associada ao aumento das chuvas, causando redução em áreas do mar e do continente, e aumento na parte litorânea.

Para a região nordeste de Santa Catarina, os estudos desenvolvidos se encaixam na proposição de Blanco (2000), de que as pesquisas possuem caráter mais descritivo, identificando por meio de séries históricas que os maiores totais pluviométricos se distribuem próximo as serras. Benetti e Ramos (2005) evidenciaram em seu estudo sobre a precipitação na região de Joinville, utilizando-se de 13 estações pluviométricas, que o pluviômetro “Estrada dos Morros” registrou os mais elevados acumulados de precipitação, o equipamento está localizado próximo à escarpa da Serra do Mar de Joinville.

Oliveira (2006), em sua tese de doutorado sobre o aporte sedimentar em suspensão na Baía da Babitonga, analisou 22 estações e gerou mapas pluviométricos utilizando diferentes métodos. O autor constatou que a faixa associada ao total mais elevado de precipitação está alinhada com os trechos de escarpa da Serra do Mar. Adicionalmente, o autor observou que as faixas pluviométricas se estruturam no sentido NE-SW. Mello *et al.* (2015) e Mello e Oliveira (2016) utilizaram dados pluviométricos mensais e anuais de 42 estações pluviométricas localizadas na região nordeste de SC. Os autores observaram que os maiores acumulados pluviométricos ocorrem nas regiões próximas a escarpa da Serra do Mar, à leste desta.

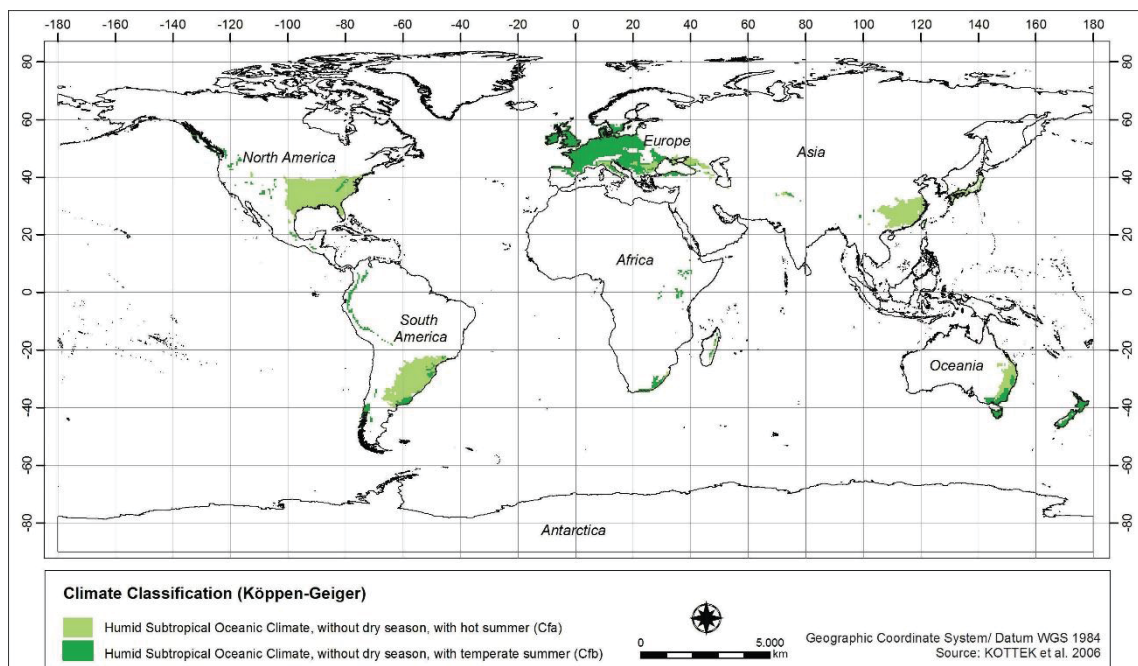
### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 REVISAO DE LITERATURA PARA ÁREAS DE CLIMA CFA E CFB NO GLOBO**

Com o intuito de melhor embasar a discussão dos resultados da presente tese, foi realizada uma revisão de literatura sobre precipitação orográfica, para as áreas do globo com o mesmo tipo climático (classificação climática de Köppen-Geiger) que a área objeto de estudo. Apesar da existência de importantes e clássicas obras para outros trechos do globo, o foco deste capítulo foi segmentar o estudo para as áreas similares ao setor da Serra do Mar de Santa Catarina. Com

base no arquivo vetorial da classificação climática mundial de Köppen-Geiger (KOTTEK *et al.*, 2006) (FIGURA 3) e do *software Google Earth*, foram selecionadas as principais cidades inseridas nos tipos climáticos *Cfa* e *Cfb*. Foram priorizados os locais mais próximos ao oceano, contendo relevo de serra superior a 1.000 metros nas proximidades, e em latitudes próximas a da área de estudo.

FIGURA 3 – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA (KÖPPEN-GEIGER) PARA AS REGIÕES DO GLOBO COM OS TIPOS *CFA* E *CFB*.



FONTE: A autora (2017).

Após a listagem dos nomes destas localidades procedeu-se a pesquisa no portal de periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) que está vinculado ao Google Acadêmico, assim como nas bibliotecas físicas da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências da Universidade de São Paulo (USP) e do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). As palavras-chave utilizadas estão descritas na TABELA 1, para as localidades do Brasil foram utilizadas as palavras-chave também na língua portuguesa. Para cada palavra-chave foi adicionado o nome da localidade. A pesquisa foi realizada no período de agosto a setembro de 2017.

TABELA 1 – PALAVRAS-CHAVE UTILIZADAS NA PESQUISA DE REVISÃO DE LITERATURA SOBRE PRECIPITAÇÃO OROGRÁFICA PARA REGIÕES COM CLIMA CFA E CFB NO MUNDO.

Contagem	Palavras-chave
1	Orographic Precipitation
2	Orographic Rainfall
3	Relief Precipitation
4	Relief Rainfall
5	Mechanisms of Orographic Precipitation

FONTE: A autora (2017).

Em seguida foram selecionados os locais que apresentaram características na paisagem mais semelhantes a Serra do Mar, segundo o que foi observado no *Google Earth* e em imagens do Google. Foi utilizado o arquivo vetorial das Ecorregiões Terrestres do Mundo (ETM) (OLSON *et al.*, 2001), a fim de verificar o bioma presente nestas localidades, levando em consideração que a dinâmica da vegetação reflete as características climáticas de uma região.

### 3.2 ANÁLISE CLIMATOLÓGICA DA ÁREA DE ESTUDO

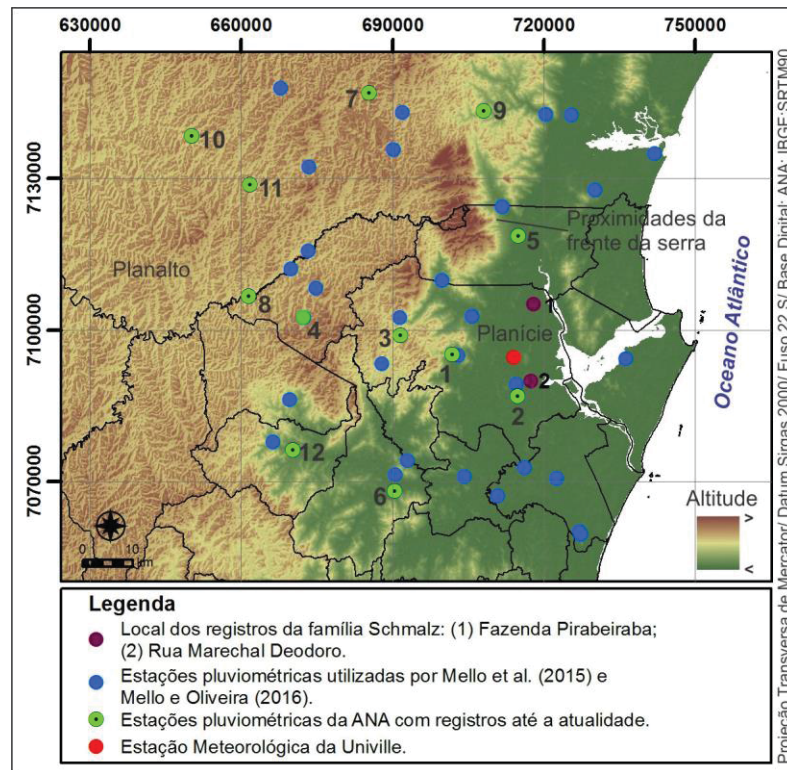
Tendo em vista que para melhor compreender a dinâmica da precipitação orográfica na região da Serra do Mar de Santa Catarina é essencial à compreensão das características do clima regional – como a direção dos ventos predominantes – realizou-se neste capítulo uma caracterização climatológica da área de estudo. Foram utilizados dados de diferentes variáveis meteorológicas e fontes. As fontes são constituídas tanto de dados de superfície quanto de dados satelitais, para com isso tornar a análise mais precisa, já que existe uma lacuna de estações de superfície em diferentes trechos da área de estudo. Soma-se a isso a alta variabilidade dos elementos do clima em regiões serranas. Outro objetivo desta análise foi reunir as principais fontes de dados climatológicos para a região e compará-las entre si, com o propósito de verificar a acurácia delas. Constituem as fontes e detalhes dos dados climáticos utilizados na presente pesquisa:

- Reanálises do *National Centers for Environmental Prediction/ The National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR), versão 2, de temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e ventos (direção e velocidade). Os dados compreenderam o período de 1979 a 2016. Segundo Kistler *et al.* (2001) os dados de reanálise do NCEP/NCAR tornaram-se mais

confiáveis a partir de 1979, devido à inserção de dados de satélite. Fonte: [www.esrl.noaa.gov/psd/](http://www.esrl.noaa.gov/psd/); formato dos dados: *netCDF*;

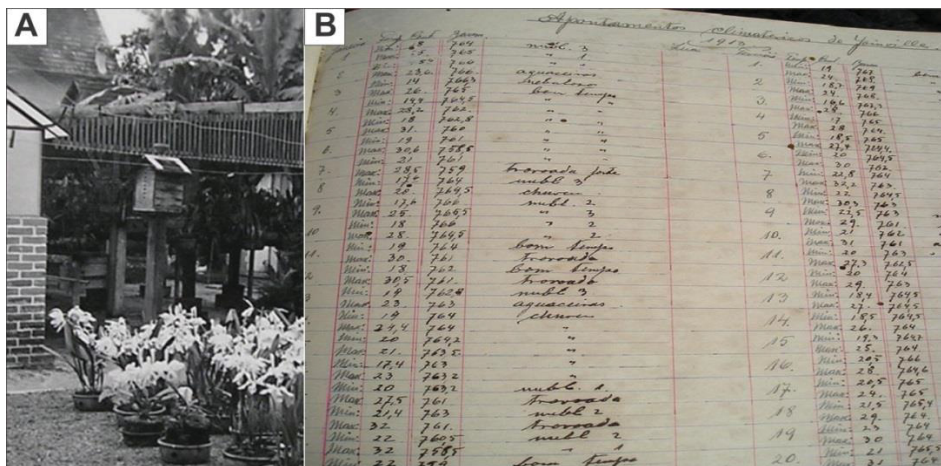
- Precipitação do *Climate Hazard Group InfraRed Precipitation with Station data* (CHIRPS), com resolução espacial de 0,05°, para o período de 1981 a 2016. Fonte: <http://chg.geog.ucsb.edu/data/chirps/>; formato dos dados: *netCDF*;
- Dados de precipitação do Atlas Pluviométrico do Brasil para o período de 1977 a 2006. Fonte: Silva *et al.* (2011); formato dos dados: *shapefile*;
- Precipitação, temperatura do ar média, máxima e mínima, umidade relativa do ar, insolação e evaporação do Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina (ACESC), o período dos dados não é descrito. Fonte: Pandolfo *et al.* (2002); formato dos dados: *shapefile*;
- Dados de precipitação (1889-2002) e temperatura do ar (1895-1921), monitorados pela família Schmalz no município de Joinville, primeiramente na fazenda Pirabeiraba e posteriormente na Rua Marechal Deodoro no bairro América (FIGURAS 4 e 5);
- Precipitação anual de 42 estações pluviométricas, compreendendo o período de 1953 a 2008, e de precipitação mensal, para o período de 1979 a 2008. Fonte: Mello e Oliveira (2016) e Mello *et al.* (2015) (FIGURA 4);
- Precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, e ventos (direção e velocidade) da Estação Meteorológica da Univille (FIGURA 4);
- Precipitação de doze estações pluviométricas localizadas na área de interesse, conforme TABELA 2 e FIGURA 4. Estas são as estações utilizadas por Mello e Oliveira (2016), disponíveis no site da Agência Nacional de Águas (ANA), em funcionamento até a atualidade e com séries superiores há 10 anos. Estas séries históricas já foram analisadas quanto a homogeneidade dos dados no trabalho das autoras citadas. Fonte: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>; formato dos dados: *Microsoft Access Database*;

FIGURA 4 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS E PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS PARA CARACTERIZAR O CLIMA DA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA. AS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NUMERADAS EM VERDE SE REFEREM À COLUNA CONTAGEM DA TABELA 2.



FONTE: A autora (2017), com dados da ANA, IBGE e SRTM90.

FIGURA 5 – (A) PLUVIÔMETRO UTILIZADO PELA FAMÍLIA SCHMALZ PARA REGISTRAR A PRECIPITAÇÃO. (B) LIVRO DE REGISTROS CLIMÁTICOS DA FAMÍLIA SCHMALZ.



FONTE: Família Schmalz.



TABELA 2 – ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS DISPONÍVEIS NO SITE DA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS COM SÉRIES HISTÓRICAS CONSISTENTES E ATUAIS, LOCALIZADAS NA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA E DO PARANÁ.

Contagem	Código	Nome	Município	Coordenadas		
				Eixo X	Eixo Y	Altitude (m)
1	2648034	Estrada dos Morros	Joinville/SC	701954	7095127	119
2	2648014	Joinville (RVPSC)	Joinville/SC	714919	7086852	6
3	2649060	Primeiro salto Cubatão	Joinville/SC	691713	7098946	790
4	2649057	Campo Alegre	Campo Alegre/SC	672493	7102479	819
5	2648027	Garuva	Garuva/SC	715084	7118559	80
6	2649012	Rio Jaraguá	Jaraguá do Sul/SC	690562	7068089	30
7	2549063	Rincão	Tijucas do Sul/PR	685451	7146960	913
8	2649018	Fragosos	Piên/PR	661577	7106682	790
9	2548052	Ilha do Rio Claro	São José dos Pinhais/PR	708107	7143360	237
10	2549061	Quitandinha	Quitandinha/PR	650276	7138361	820
11	2549003	Rio da Várzea dos Lima	Quitandinha/PR	661851	7128806	810
12	2649013	Corupá	Corupá/SC	670281	7076232	200

FONTE: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>.

LEGENDA: As estações estão dispostas em verde na FIGURA 4 e numeradas pela coluna contagem da presente tabela.

Os dados em formato *netCDF* foram analisados no *software Grid Analysis and Display System (GrADS)*, os dados em formato *shapefile* foram analisados no *software ArcGIS*, e os dados em formato *Microsoft Access Database* no *software Hidro 1.3*. Os demais dados foram analisados no *software Microsoft Excel*. Apesar de a área de estudo se limitar ao estado de Santa Catarina foram utilizadas estações localizadas no estado do Paraná, com o intuito de melhor representar o clima regional, já que as características climáticas não se limitam aos territórios.

### 3.2.1 Análises estatísticas

Foram aplicadas aos dados as estatísticas descritivas de média, soma, máximo, mínimo e desvio-padrão. Com o objetivo de comparar as estatísticas de médias das variáveis meteorológicas, entre as diferentes fontes, foi aplicada a correlação linear de Pearson no *software Statistica 10*.

Para comparar os dados das reanálises do NCEP/NCAR e CHIRPS com dados observados em superfície, a fim de avaliar a qualidade das reanálises, utilizaram-se os dados (precipitação, temperatura, umidade e pressão atmosférica) da Estação Meteorológica da Universidade da Região de Joinville - Univille. Esta comparação também foi efetuada por meio da correlação linear.

Com o intuito de verificar a existência de tendências nas séries meteorológicas de precipitação, dias de chuva e temperatura foram selecionadas as séries históricas mais consistentes (longas e com o menor número de falhas). Foram aplicados os testes de tendência de Mann-Kendall no *software Action Stat*, e Regressão Linear Simples no *software Microsoft Excel*. Para todos os testes estatísticos aplicados no presente estudo foi utilizado o nível de significância ( $\alpha$ ) de 5% para rejeitar a hipótese nula. Na TABELA 3 estão descritas as classes dos valores-r (coeficiente de correlação), adotadas neste trabalho.

TABELA 3 – CLASSIFICAÇÃO DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (VALOR-R).

Coeficientes de correlação	Correlação
0,00-0,30	Insignificante
0,30-0,50	Fraca
0,50-0,70	Moderada
0,70-0,90	Forte
0,90-1	Muito forte

FONTE: Mukaka, 2012.

### 3.3 ANÁLISE GEOMORFOMÉTRICA

Dada a importância que o relevo exerce sobre as características climáticas de uma região, foi realizada uma análise geomorfométrica da área de estudo. A geomorfometria consiste na quantificação da superfície terrestre com enfoque na extração de parâmetros calculados de Modelos Digitais de Elevação (MDEs), também compreendida como análise digital do relevo (HENGL E REUTER, 2009).

#### 3.3.1 Modelos Digitais De Elevação – MDEs

Quanto à definição, neste trabalho adotou-se a conceituação de MDE como aquele que engloba as informações de elevação da superfície (elevação do terreno, e/ou terreno e objetos - como altura de prédios e árvores); MDT (Modelo Digital do Terreno), como aquele que se refere apenas aos valores altimétricos do terreno; e MDS (Modelo Digital de Superfície), como o modelo que engloba as informações altimétricas e a altura de objetos. As análises em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) foram realizadas no *software ArcGIS*, e as análises estatísticas foram realizadas no *software XLSTAT*.

Foi selecionada uma área de 670 km<sup>2</sup> (aproximadamente 10% da área de estudo), a qual engloba as diferentes compartimentações topográficas (serra, planalto e planície), para testar a qualidade dos modelos. Esta área foi denominada de “área teste”. Os valores de altimetria dos MDEs foram avaliados em relação a 30 marcos geodésicos (com precisão decimétrica), disponíveis em: <https://simgeo.joinville.sc.gov.br/>, por meio da geração de estatísticas descritivas e cálculo do Erro Médio Quadrático (EQM) - que se deu por meio da seguinte equação:

$$EMQ = \sqrt{\frac{\sum(Z_i - Z_t)^2}{n}} \quad (1)$$

Onde  $Z_i$  é o valor altimétrico da célula,  $Z_t$  é o valor do ponto de controle e  $n$  é o número total de pontos de controle.

### 3.3.1.1 Modelos globais

Os MDEs globais utilizados neste estudo foram os seguintes:

- SRTM90, banda C, versão 4, resolução de 3 arcos de segundo - aproximadamente 90 metros. Disponível em: <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/listImages.asp>;
- SRTM30, banda C, versão 1, resolução de 1 arco de segundo - aproximadamente 30 metros. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>;
- Aster GDEM – *Global Digital Elevation Model*, versão 2, com resolução de 30 metros. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>;
- Topodata, MDE com resolução reamostrada para 30 metros, pelo método de krigagem, a partir dos dados SRTM90. Disponível em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>.

### 3.3.1.2 MDT do levantamento aerofotogramétrico de Santa Catarina

Foram utilizados dados do MDT do levantamento Aerofotogramétrico de Santa Catarina realizado no ano de 2010, disponível no site da Secretaria de

Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina (SDS) (<http://sigsc.sds.sc.gov.br/>). O mosaico dos dados matriciais foi realizado no *software* ArcGIS, por meio da ferramenta *Mosaic Dataset*. Os dados originais estão na resolução horizontal de 1 m, e foram reamostrados para as resoluções de 5 m e 10 m, devido à capacidade de *hardware*. Desta forma, foram usadas três resoluções horizontais do mesmo MDT nas análises (1 m, 5 m, 10 m).

### 3.3.2 Análise de atributos topográficos

Posteriormente as análises preliminares da qualidade dos modelos digitais de elevação na área teste, foram gerados os atributos topográficos primários: declividade (medida de inclinação da superfície), aspecto (orientação das vertentes), plano de curvatura (caráter divergente – vales, convergente – interflúvios, ou planar, dos fluxos de matéria e energia nas vertentes) e perfil de curvatura (forma da vertente: convexa, côncava ou retilínea), ainda na área teste. Na sequência, foram realizadas conferências *in loco* (as conferências foram realizadas em nove pontos pré-definidos em ambiente SIG, nas três compartimentações topográficas: serra, planalto e planície) com o auxílio de um aparelho GPS (*Global Positioning System*) de navegação Etrex20 (precisão média de 5 a 10 metros). Foram avaliados os parâmetros: aspecto, plano e perfil de curvatura e declividade. O trecho de planalto com acesso na área teste é uma transição entre serra e planalto.

A classificação da declividade foi baseada em Embrapa (2006), a qual está descrita da seguinte forma: 0 – 3% (relevo plano), 3 – 8% (relevo suave ondulado), 8 – 20% (relevo ondulado), 20 – 45 % (relevo forte ondulado), 45 – 75% (relevo montanhoso) e > 75% (relevo escarpado). Após a verificação do melhor MDE, foram gerados mapas de atributos topográficos primários (hipsometria – discretização da elevação em classes, declividade, aspecto, plano de curvatura, perfil de curvatura e relevo sombreado) e do atributo secundário (Índice de Posição Topográfica - IPT) para toda a área de estudo.

O Índice de Posição Topográfica é uma proposta de classificação geomorfométrica que busca identificar feições e unidades do relevo por meio da combinação de duas escalas de análise: generalizada e detalhada (JENNESS, 2004; TAGIL e JENNESS, 2008; SILVEIRA e SILVEIRA, 2015). O IPT foi elaborado

utilizando duas matrizes com variação no raio de análise da vizinhança. Foram testados os raios detalhados de 35 m (7 *pixels*) e 105 m (21 *pixels*), e os generalizados de 335 m (67 *pixels*) e 1005 m (201 *pixels*), formando os respectivos pares: 7-67 *pixels* e 21-201 *pixels*. Os parâmetros utilizados para o desenvolvimento do IPT estão disponíveis na TABELA 4. Maiores detalhes sobre a geração destes atributos topográficos, como equações utilizadas, podem ser encontrados no trabalho de Silveira e Silveira (2015), pois foi utilizada metodologia semelhante. Utilizou-se o IPT pela falta de disponibilidade de mapeamentos geomorfológicos com uma escala mais detalhada para a área de estudo, sendo assim, esta é uma opção, já que foram explorados no trabalho MDEs com boa resolução espacial.

TABELA 4 - CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE POSIÇÃO TOPOGRÁFICA EM DEZ CLASSES E SEUS RESPECTIVOS PARÂMETROS DE DESENVOLVIMENTO.

Formas do Relevo	IPT generalizado	IPT detalhado	Declividade
Vales entalhados	$\leq -1 \sigma$	$\leq -1 \sigma$	
Vales rasos; drenagens de meia vertente	$> -1 \sigma$ e $< 1 \sigma$	$\leq -1 \sigma$	
Nascentes; drenagens de alta vertente	$\geq 1 \sigma$	$\leq -1 \sigma$	
Vales em "U"	$\leq -1 \sigma$	$> -1 \sigma$ e $< 1 \sigma$	
Planos	$> -1 \sigma$ e $< 1 \sigma$	$> -1 \sigma$ e $< 1 \sigma$	$\leq 5$ graus
Vertentes intermediárias	$> -1 \sigma$ e $< 1 \sigma$	$> -1 \sigma$ e $< 1 \sigma$	$> 5$ graus
Vertentes superiores	$\geq 1 \sigma$	$> -1 \sigma$ e $< 1 \sigma$	
Cristas locais; morros em vales	$\leq -1 \sigma$	$\geq 1 \sigma$	
Cristas intermediárias; morros em áreas planas	$> -1 \sigma$ e $< 1 \sigma$	$\geq 1 \sigma$	
Cristas elevadas; topos	$\geq 1 \sigma$	$\geq 1 \sigma$	

FONTE: A autora (2018).

Com os atributos topográficos gerados, as estações meteorológicas e pluviométricas utilizadas na pesquisa foram classificadas de acordo com suas características geomorfométricas. Além disso, foram analisados estatisticamente (frequência de ocorrência) os atributos topográficos aspecto, declividade, hipsometria e IPT das diferentes serras locais (serra do Quiriri, serra do Piraí, serra da Tromba etc.), para com isso identificar diferenças no relevo que possam influenciar nos acumulados pluviométricos da região. A identificação da toponímia das serras foi realizada com base nas seguintes cartas topográficas do IBGE: Garuva – SG-22-Z-B-II-1, Jaraguá do Sul – SG-22-Z-B-I-4, Joinville – SG-22-Z-B-II-



3, São Francisco do Sul SG-22-Z-B-II-2 e São Miguel – SG-22-Z-B-I-2. A delimitação das serras e regiões se deu por meio das curvas de nível geradas com base no MDT selecionado na etapa anterior, e com o arquivo de hidrografia disponível no Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina (SIGSC). Foram geradas figuras no ArcScene dos compartimentos de serra com o MDT selecionado para auxiliar nas discussões, por facilitar a visualização das serras.

### 3.4 ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO

Dados de estações meteorológicas e pluviométricas automáticas de superfície foram utilizados para avaliar a variabilidade pluviométrica na área de estudo. As classes de análise foram: período horário, mensal e sazonal. Foram utilizadas as estações meteorológicas/pluviométricas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM/EPAGRI), do Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas dos rios Cubatão e Cachoeira (CCJ), do Cemaden (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais) e estações particulares.

Como a série histórica destas estações automáticas é curta, e na maior parte delas existem falhas na série, optou-se por não utilizar um teste estatístico para avaliar a homogeneidade dos dados. O teste foi aplicado em algumas análises, porém, não apresentou bons resultados, para algumas estações a série é de apenas 2 anos e estes testes costumam ser utilizados para séries climatológicas longas.

Em contrapartida, as variáveis foram avaliadas em escala diária e para os dados de precipitação em escala horária. A avaliação dos mesmos se deu com base em tabelas como as das FIGURAS 6 e 7. Foram eliminadas as estações que apresentavam muitas falhas e desconsideradas as informações discrepantes para o ambiente geográfico da estação. Os dados das estações do INMET e do Cemaden foram convertidos do horário UTC (*Coordinated Universal Time*) para o horário de Brasília.

FIGURA 6 – MODELO DE TABELA UTILIZADO NA ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA DOS DADOS DAS ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS NA ESCALA DIÁRIA.

2018												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	26,0	23,9	25,9	24,5	23,5	18,6	19,6	13,8	20,8	26,4	22,3	25,0
2	27,4	24,8	25,7	26,8	21,8	20,8	18,7	14,1	20,1	22,0	20,4	22,2
3	25,8	24,2	25,3	24,4	23,0	15,6	17,2	16,9	18,9	21,1	22,0	19,1
4	24,3	23,1	24,7	24,0	23,7	14,6	13,5	18,4	19,0	18,5	19,7	22,8
5	24,8	22,4	24,6	22,4	23,7	16,4	15,9	17,8	15,8	17,6	20,1	25,1
6	24,6	23,7	24,6	23,2	23,7	16,9	16,9	15,3	16,0	16,6	21,3	22,5
7	21,8	25,0	22,1	23,4	21,1	14,8	19,1	16,3	17,7	17,5	21,2	19,4
8	22,3	26,4	22,1	23,9	20,0	14,3	22,6	17,4	18,1	19,9	19,9	19,6
9	22,4	26,8	23,5	23,9	21,2	13,3	16,9	18,9	19,0	23,6	20,1	21,2
10	23,3	27,0	25,0	24,3	21,2	16,3	15,2	16,6	18,5	22,4	21,9	23,5
11	24,2	25,8	26,6	24,9	21,8	19,6	13,2	17,1	17,7	17,6	24,3	25,5
12	23,6	21,9	24,1	23,8	22,4	21,4	13,3	15,6	18,2	19,8	24,7	28,0
13	25,2	19,5	22,9	24,5	19,9	20,3	13,4	16,8	18,5	21,1	25,1	26,9
14	26,6	20,6	23,6	20,6	21,0	13,7	15,2	18,0	18,9	17,8	25,1	27,5
15	29,3	21,2	25,5	19,8	21,3	12,1	17,2	16,1	18,7	18,0	24,3	28,0
16	26,1	22,0	24,0	20,3	21,6	12,1	20,2	15,8	18,6	19,6	24,1	26,7
17	24,3	22,7	23,3	20,4	18,8	13,7	20,9	17,2	18,7	21,9	23,5	28,6
18	28,1	23,8	26,1	21,7	20,5	16,8	20,4	17,4	21,9	22,6	22,1	27,0
19	24,9	24,2	27,1	21,6	20,3	17,8	18,8	19,3	22,3	20,9	20,2	26,4
20	22,9	25,5	22,6	21,9	17,6	17,6	19,7	16,5	22,3	19,6	19,2	27,4
21	23,5	27,4	21,3	21,6	15,3	17,6	18,0	15,7	22,6	18,4	20,0	25,7
22	25,6	24,9	21,8	22,1	15,6	19,1	15,9	15,6	23,1	20,3	23,0	26,3
23	26,8	24,0	24,5	22,4	17,3	17,0	18,1	18,8	22,9	21,2	23,2	24,6
24	27,1	23,7	26,2	23,3	17,2	16,1	16,5	18,4	21,4	19,1	27,3	23,1
25	23,7	24,2	25,9	23,1	17,4	17,1	18,3	19,4	22,1	19,8	24,3	22,5
26	21,5	25,3	20,5	23,7	18,9	17,1	19,6	14,1	22,3	21,5	20,6	24,3
27	21,8	24,8	22,1	24,5	19,7	17,8	19,2	13,2	22,6	24,8	21,3	24,8
28	24,5	24,8	23,7	24,5	20,1	19,0	19,0	16,8	21,8	19,8	21,8	26,4
29	23,7	X	23,8	23,9	20,1	19,1	18,9	19,2	22,2	19,9	22,4	27,0
30	23,7	X	23,6	25,4	19,4	20,0	15,9	20,1	22,9	22,1	23,4	27,8
31	23,6	X	24,1	X	19,3	X	14,5	20,1	X	22,1	X	27,7
Média	24,6	24,1	24,1	23,2	20,3	16,9	17,5	17,0	20,1	20,4	22,3	24,9

FONTE: A autora (2019).

FIGURA 7 – MODELO DE TABELA UTILIZADO NA ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA DOS DADOS DAS ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS NA ESCALA HORÁRIA PARA O MÊS DE JANEIRO DE 2014.

jan/14	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0	0,2	1,6	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0
2	5	2,8	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	5,5	10,4	5,8	2,2	0,6
4	0,4	0,6	0,4	0,2	0,6	0,6	0,4	1	0,2	2,8	0,8	0,4	0,2	0	0,2	1	0	1,8	0,6	0,4	1,2	1,2	1,4	1,8
5	2,4	2,4	1,6	1,2	0,8	1,2	0	0	0,4	0,6	0	0,2	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6
6	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0
7	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	1,8	1,6	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	3,4	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0,2	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,2	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0,8	9,6	8,4
13	3,8	0,8	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	1,4	0,4	0,4	0	0	0,2	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,2	0,8	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	1	1,2	0,2	0,2	0	0	0	10,4	8,4	2,2	8,4	0	0,2	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,8	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,4	0	0	0	0	0
26	3,4	7	0,2	0,8	1,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

FONTE: A autora (2019).

Optou-se por utilizar estações automáticas nesta etapa e na seguinte (relação com sistemas atmosféricos), mesmo que elas apresentem curtas séries históricas, pelo maior detalhamento que estes dados possibilitam à pesquisa. As séries mais longas de precipitação para a região são dos pluviômetros convencionais da ANA (Agência Nacional de Águas), algumas análises climatológicas já foram realizadas com estas estações (MELLO *et al.*, 2015; MELLO e OLIVEIRA, 2016). A série mais longa de informações meteorológicas, contendo temperatura, umidade, ventos e pressão atmosférica, é da Estação Meteorológica Convencional da Univille, que foi desabilitada em dezembro de 2011; atualmente ainda é realizada a leitura no pluviômetro. Mas estes dados não são representativos da região, é uma estação localizada na planície. Além disso, a leitura é efetuada às 9, 15 e 21 horas, ou seja, o acumulado de precipitação entre às 21 e 24 horas é contabilizado no dia seguinte.

Após a seleção das estações elas foram divididas em diferentes ambientes geomorfológicos, utilizando como base o trabalho de Oliveira (2006). Para a efetuação desta divisão foram utilizadas análises nos *softwares* ArcGIS e Google Earth Pro, onde foram observados elementos do relevo como a hipsometria e a distância do oceano. Também foram utilizados os dados de precipitação organizados na escala horária (para as diferentes estações do ano e no geral/todos os meses do ano) para avaliar o padrão de distribuição da precipitação entre as estações. Para as estações que geraram maior dúvida no enquadramento foi avaliado o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) entre a frequência de precipitação nos períodos horários (de todos os anos analisados) com a média da frequência de precipitação nos períodos horários para os ambientes geomorfológicos já definidos.

A análise das variáveis na escala horária se deu da seguinte forma: as informações de cada estação foram organizados mês a mês, conforme FIGURA 7, em seguida foram contabilizados os totais pluviométricos por hora, e a frequência de ocorrência de precipitação por hora. Na sequência, os dados de cada estação de monitoramento foram organizados por estações do ano e no geral (anual) e por ambientes geomorfológicos. Para dividir o período em diurno e noturno foi efetuada uma média do horário do nascer e do pôr do sol nos anos de 2017 e 2018 no município de Joinville. Toda esta análise foi realizada no *software* Microsoft Excel.

Com o intuito de verificar se o período em que foram realizadas as análises das estações automáticas, registrou padrão de precipitação normal, acima ou abaixo da média, efetuou-se uma caracterização da precipitação em períodos secos,

normais e chuvosos. O estudo deste componente foi realizado com base em Mello e Leite (2017), utilizando a técnica dos quantis. As estações utilizadas foram: (A) Campo Alegre, (B) Corupá, (C) Primeiro Salto Cubatão, (D) Estrada dos Morros, (E) Garuva, (F) Univille, e (G) Joinville (RVPSC). Mais informações sobre estas estações estão disponíveis na TABELA 2. Os quantis utilizados foram os seguintes:

TABELA 5 - INTERVALOS DE CLASSE PARA CLASSIFICAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO.

Probabilidade	Categoria
$P < Q_{0,15}$	Muito Seco "MS"
$Q_{0,15} \leq P < Q_{0,35}$	Seco "S"
$Q_{0,35} \leq P < Q_{0,65}$	Normal "N"
$Q_{0,65} \leq P < Q_{0,85}$	Chuvoso "C"
$P > Q_{0,85}$	Muito Chuvoso "MC"

FONTE: PINKAYAN, 1966; SANTOS et al.,2016.

Por fim, foram gerados mapas de precipitação com os interpoladores Krigagem e Inverso do Quadrado da Distância (IDW) para auxiliar nas análises. Os mapas foram gerados no *software* ArcGIS, por meio da ferramenta *Geostatistical Analyst*. Destaca-se que foram utilizados os parâmetros *default* da ferramenta, pois o objetivo não foi realizar uma análise detalhada do mapeamento, e sim apenas ilustrar a distribuição espacial das chuvas para otimizar o entendimento dessa distribuição em relação ao relevo.

### 3.5 ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO OROGRÁFICA E DE SUA RELAÇÃO COM A DIREÇÃO DOS VENTOS E OS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES

Primeiramente, foi selecionada a série histórica das estações automáticas com a menor quantidade de falhas, que foram preenchidas por média simples dos acumulados das estações próximas. Na existência de dados de apenas uma estação representativa do ambiente para o preenchimento das falhas, foi utilizado o dado desta estação, sem a geração de média. As falhas foram preenchidas para o período diário.

Optou-se por utilizar este método simples, ao invés de regressão linear múltipla, ponderação regional e outros, porque a precipitação, principalmente na escala diária e nos meses mais quentes do ano, é notoriamente heterogênea. Pode

chover mais de 100 mm numa estação, e em outra distante 5 km, pode chover apenas 20 mm. O dado preenchido é um dado inexistente, que não condiz com a realidade, porém, acredita-se que não se deva descartar o uso de uma estação meteorológica quando ela apresenta poucas falhas na série, esta estação pode estar situada em um ambiente com baixa representatividade de estações. Os métodos estatísticos mais sofisticados são usualmente utilizados para séries históricas maiores, precisa-se gerar médias, correlação etc. e a presente série de dados é curta. Para longas séries de dados anuais, mensais e sazonais recomenda-se a utilização destes métodos mais robustos (MELLO *et al.*, 2017). Essa é uma decisão que o (a) pesquisador (a) deve adotar, levando-se em consideração o objetivo do trabalho, a série de dados e também o tempo disponível para a realização da pesquisa.

O efeito da orografia na distribuição das chuvas foi analisado da seguinte forma: as estações foram divididas nos seus respectivos ambientes (litoral/baía, planície etc.); foi considerado um evento de chuva orográfica o dia que registrou chuva  $>0$  mm em pelo menos uma estação de cada ambiente e em todas as estações do planalto a chuva foi igual a 0 mm. A ocorrência de precipitação fina e fraca, associada a nuvens do tipo stratus, registram baixos valores de precipitação, algo em torno de 0,2 mm em muitos casos. Nos meses mais frios do ano e nos ambientes mais frios é comum a ocorrência de nevoeiros. Por conta disso, foi adicionada outra categoria de análise: foi considerado um evento de chuva orográfica o dia que registrou chuva  $\geq 0,4$  mm em pelo menos uma estação de cada ambiente e em todas as estações do planalto a chuva foi  $<0,4$  mm, ou seja, precipitação registrada igual a 0,2 mm ou 0.

Com base na vivência da autora na área de estudo, e com trabalhos já publicados (MELLO *et al.*, 2015; MELLO e OLIVEIRA, 2016; MELLO *et al.*, 2017), destaca-se que o efeito mais recorrente da orografia na distribuição das chuvas na região é o aumento na frequência e quantidade de precipitação a barlavento da Serra do Mar, nas proximidades da frente da serra. Levando em consideração que os efeitos da orografia sobre a distribuição de precipitação na região não se limitam a esta configuração e na ocorrência de precipitação em todos os ambientes exceto no planalto, também foram analisados na série utilizada os seguintes eventos: maior ocorrência de precipitação em todos os ambientes do que no planalto; maior ocorrência de precipitação em todos os ambientes do que no litoral/baía e

adjacências; maior ocorrência de precipitação no litoral/baía e adjacências do que nos outros ambientes; maior ocorrência de precipitação no planalto e adjacências do que nos outros ambientes; por fim, maior ocorrência de precipitação nas proximidades da serra/frente do que nos outros ambientes. Essa análise foi feita levando em consideração os seguintes limiares de precipitação para comparação: precipitação = 0 mm; precipitação >0 mm ≤ 5 mm; precipitação >5 mm ≤ 10 mm; precipitação >10 mm ≤ 15 mm; precipitação >15 mm ≤20 mm; precipitação >20 mm ≤ 50 mm; precipitação >50 mm (FIGURA 8).

FIGURA 8 – MODELO DE TABELA UTILIZADO NA ANÁLISE DE EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO OROGRÁFICA.

	Litoral/Bal	Litoral/Bal	Litoral/Bal	Planície	Planície	Planície	Planície	Proximidad	Proximidad	Proximidad	Proximidad	Proximidad	Proximidad	Proximidad	Proximidad	Proximidad	Proximidad	Proximidad	Proximidad	Proximidad	Proximidad	Planalto	Planalto	Planalto	Planalto	Planalto				
	Balneário	Itapoá-A8	Corpo de	Centro/A	Lungal/Ar	Porto Gra	Estação d	Bananal	EMEF Jacu	SAMAE III	Conupá S	Jaraguá d	Schroeder	João To	ar/Estada	Barra do	Bombeiro	Corpo de	SAMAE A	Garuva M	Joinville	Joinville	Centro/G	Campo A	Rio Negrin	São Ben	Rio Negrin	Colonial		
03/03/2016	0,2	32,8	1,4	4,2	4,2	3	7,6	6,4	6,8	5	4	1,8	3	7	8,6	2,8	2,2	6,4	2,2	19,8	0	0	0	0	11,8	2,2	11	4,0	6,2	
07/03/2016	6,8	19,8	6,4	10,8	11,8	8	18,2	7,7	13	16,6	11,7	10	19,2	16,8	6,4	10,6	13	11,4	18,8	12,2	12,2	11,4	18,8	12,2	1,2	1	2,6	0,6		
03/01/2016	0,2	32,0	1,2	2,8	2,8	3,6	7,6	2	4	2,6	4,2	6,6	15,8	4,2	8,8	2,2	1,8	4,6	1,4	13,4	10,2	10,8	16,8	0,2	0,2	0	0,4	0,8		
22/01/2016	4,8	39,0	2,2	4,6	10,8	0	14,4	2,2	12,6	8	2	7,6	8,2	14,2	4,4	0,6	16,8	10	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	4,8	2,8	1,8	2,2	3,2	
10/02/2016	0	7,2	0	0	0	3,8	0,4	1	1,6	13,6	3,2	0,4	1	78,8	0,8	1	0,2	0,4	16,2	0	74,8	106,2	8	8	2,4	8,8	1,8			
15/02/2016	1,2	0,8	0	0	0,2	0	0,4	6,8	4,2	2	6,8	7	2	15,6	18,2	5,2	3,4	7,2	3,8	16,8	0	16,8	16,8	16,8	16,8	56,4	0,2	0,6	0	0,4

FONTE: A autora (2019).

LEGENDA: Neste caso, a precipitação registrada nas estações localizadas nas proximidades da serra/frente (dados concentrados em azul escuro e roxo) foi consideravelmente superior do que nos outros ambientes.

Na sequência das análises foi realizado um comparativo dos acumulados de precipitação com a direção dos ventos. Havia um total de 7 estações meteorológicas com dados de ventos para esta análise. As estações que representaram o ambiente de litoral/baía, planície e proximidades da serra/planície foram: “1 - Balneário Barra do Sul MDA 1060” e “15 - Itapoá-A851”; as proximidades da serra/frente foi a estação “7 - Joinville Vila Nova MDA 1051”; as proximidades da serra/interior foi a estação “6 - Jaraguá do Sul MDA 1052 “; o planalto a estação “16 - Rio Negrinho-A862 “, por fim, a serra foram as estações “53 – Serra Smith” com dados em 2017 e 2018 e “54 – Bradador”, com dados apenas em 2018, todas as outras estações possuíam dados de 2016 a 2018.

Os dados foram organizados na escala horária em tabelas dinâmicas no Microsoft Office Excel. A informação da direção do vento das estações da EPAGRI se refere a média vetorial da direção do vento nos 10 minutos anteriores ao fechamento da hora (1h, 2h, 3h, etc.). O comparativo da precipitação foi feito com os dados da própria estação, exceto para a estação Bradador, que não possui dados consistentes de precipitação, por conta disso, utilizou-se a informação de precipitação da estação Garuva MDA 3281. Os episódios com ocorrência de



precipitação (chuva  $>0$  mm) foram avaliados nos períodos diurno e noturno, e para os eventos de ocorrência de precipitação orográfica. Além disso, fez-se uma análise da direção predominante dos ventos para todas as estações meteorológicas, nas diferentes estações do ano, e um comparativo com a informação de temperatura do ar, como complemento à discussão dos resultados da tese.

A etapa seguinte constituiu-se da análise dos sistemas atmosféricos atuantes, a qual foi baseada na metodologia da análise rítmica, que consiste em uma representação do ritmo climático por meio dos parâmetros atmosféricos medidos em um local (temperatura, precipitação etc.), acompanhados da informação sobre os sistemas meteorológicos atuantes (massa polar, sistema frontal etc.) (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007; FERREIRA, 2012). O período selecionado foram os eventos de ocorrência de precipitação orográfica de 2016 a 2018. Neste estudo, foram utilizadas as estações “1 - Balneário Barra do Sul MDA 1060”, “7 - Joinville Vila Nova MDA 1051” e “16 - Rio Negrinho-A862, com o intuito de englobar os diferentes ambientes geomorfológicos da região. Utilizou-se dos dados diários de precipitação, temperatura, umidade e pressão atmosférica e dos dados horários de direção dos ventos e de precipitação. Optou-se por utilizar dados horários de direção dos ventos porque o vento mais frequente do dia pode não ter ocorrido no horário do episódio de precipitação. Ainda, averiguar o horário de ocorrência de precipitação auxilia na interpretação do sistema atmosférico atuante, por facilitar, por exemplo, a identificação da dinâmica da chuva: intensa e rápida, fraca e persistente...

Para a identificação dos sistemas, além dos dados das estações de superfície, foram utilizadas as cartas sinóticas de superfície do Serviço Meteorológico da Marinha do Brasil (<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (<http://img0.cptec.inpe.br/~rgptimg/Produtos-Pagina/Carta-Sinotica/Analise/Superficie/>), imagens de diferentes canais dos satélites GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites) 13 e 16 (<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes16.formulario.logic?i=br>), e informações do boletim informativo da EPAGRI/CIRAM ([http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2405&Itemid=141](http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2405&Itemid=141)).

Os sistemas atmosféricos analisados foram divididos em: Frente Fria (FF), Massa Polar Atlântica (MPA), Massa Tropical Atlântica (MTA), Repercussão de

Frente (RF), Massa Equatorial Continental (MEC) e Massa Tropical Continental (MTC). O sistema FF é entendido como uma zona de separação entre os anticiclones migratórios polares e o anticiclone tropical, neste sistema inseriu-se as frentes estacionárias; a MPA está associada aos anticiclones polares migratórios, tanto com trajetória predominantemente oceânica quanto continental. Contabilizou-se como MPA os eventos de ocorrência da Massa Polar Tropicalizada (MPT), que acontecem quando a massa polar avança para latitudes mais baixas, adquirindo características tropicais, porém, ainda não está totalmente tropicalizada, devido à existência de uma zona de convergência frontal com a MTA; RF entende-se pelas áreas de instabilidade pré e pós-frontais, tais como, frentes quentes, cavados, calhas e instabilidades induzidas; no sistema MEC também está inserida a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que está relacionada à transferência de calor e umidade da região amazônica para o sudeste brasileiro e centro-norte da região Sul; A MTC é uma massa quente e seca, que tem sua gênese na região da depressão do Chaco, à leste da Cordilheira dos Andes, dentre os sistemas analisados é o menos comum na região de estudo (ARMANI e GALVANI, 2011).

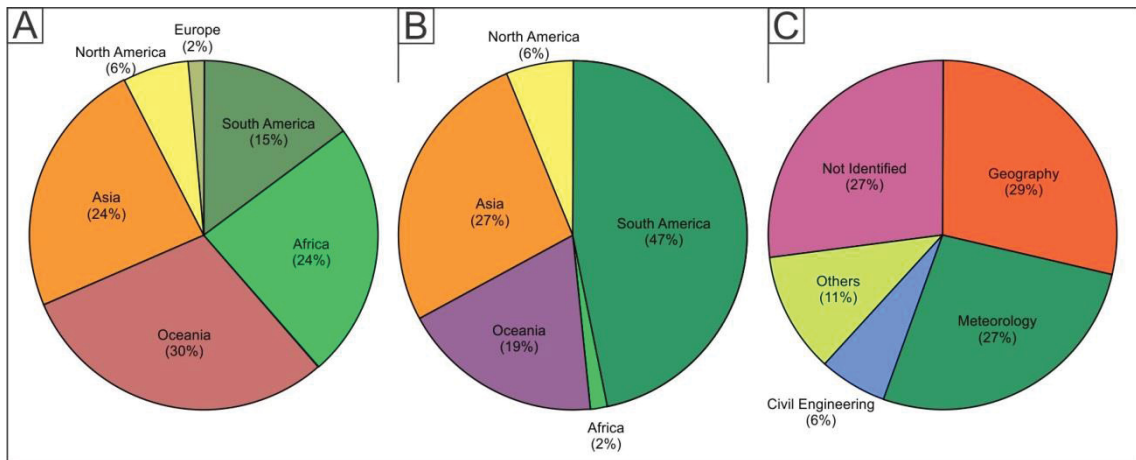
## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 REVISAO DE LITERATURA PARA ÁREAS DE CLIMA CFA E CFB NO GLOBO**

#### **4.1.1 Localidades selecionadas**

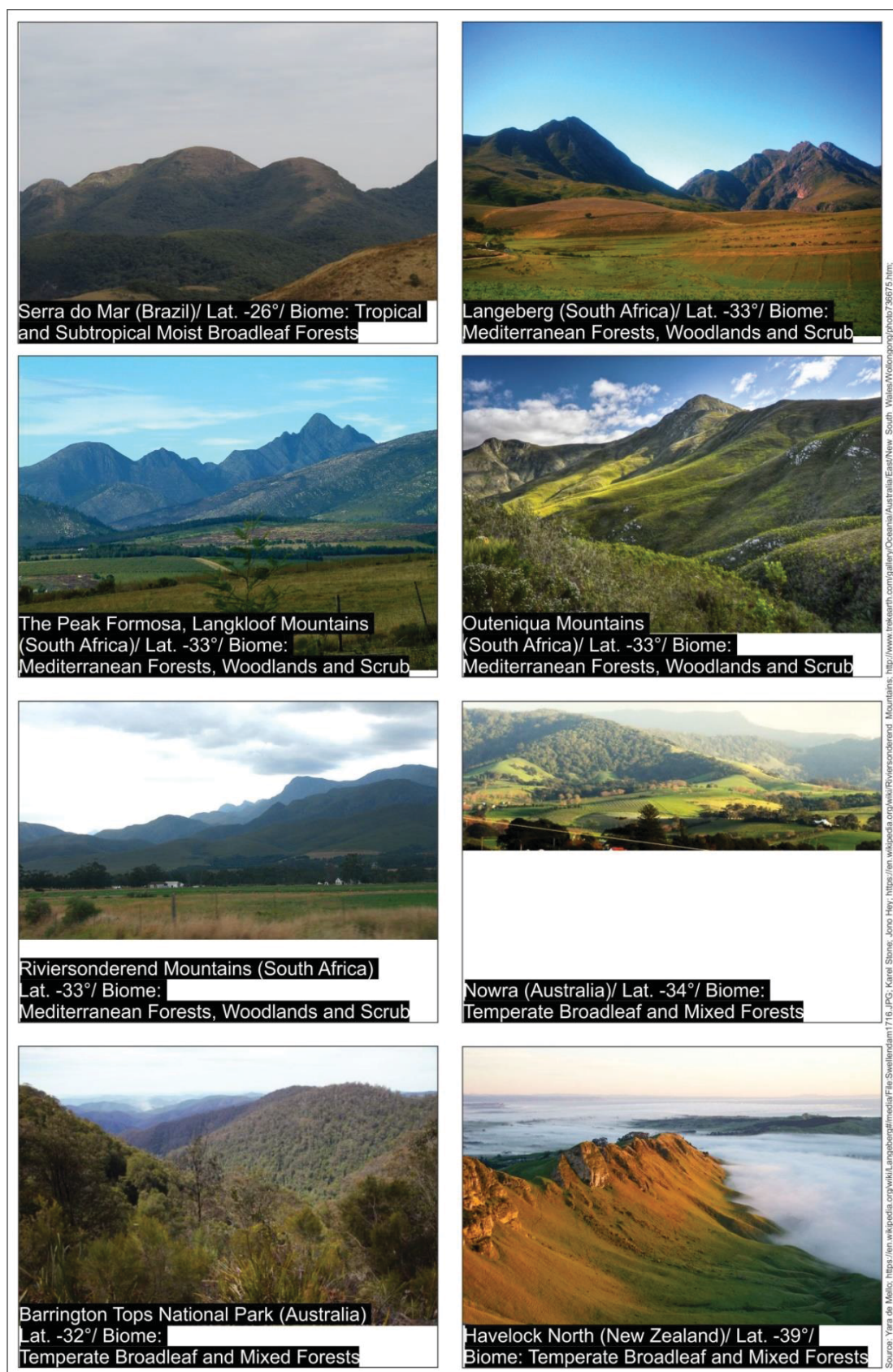
Foi encontrado um total de 181 localidades com características semelhantes à região da Serra do Mar de Santa Catarina e inseridas nos tipos climáticos *Cfa* e *Cfb*, que estão distribuídas entre os países: Brasil, África do Sul, Madagascar, Tasmânia, Austrália, Nova Zelândia, Japão, Taiwan, China, Estados Unidos, França e Reino Unido (FIGURA 9A). Destas localidades, 19 apresentaram características na paisagem mais semelhantes à região da Serra do Mar (FIGURAS 10, 11, e 12).

FIGURA 9 – (A) FREQUÊNCIA (%) DE LOCALIDADES ENCONTRADAS QUE POSSUEM CARACTERÍSTICAS SEMELHANTES À SERRA DO MAR POR CONTINENTE. (B) FREQUÊNCIA (%) DOS TRABALHOS SELECIONADOS PARA A REVISÃO DE LITERATURA, POR CONTINENTE. (C) FREQUÊNCIA (%) DOS TRABALHOS SELECIONADOS POR ÁREA DO CONHECIMENTO.



FONTE: A autora (2017).

FIGURA 10 – (1) LOCALIDADES SELECIONADAS NO MUNDO, INSERIDAS NOS CLIMAS CFA E CFB, COM CARACTERÍSTICAS SEMELHANTES A SERRA DO MAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA.



FONTE: A autora (2017).

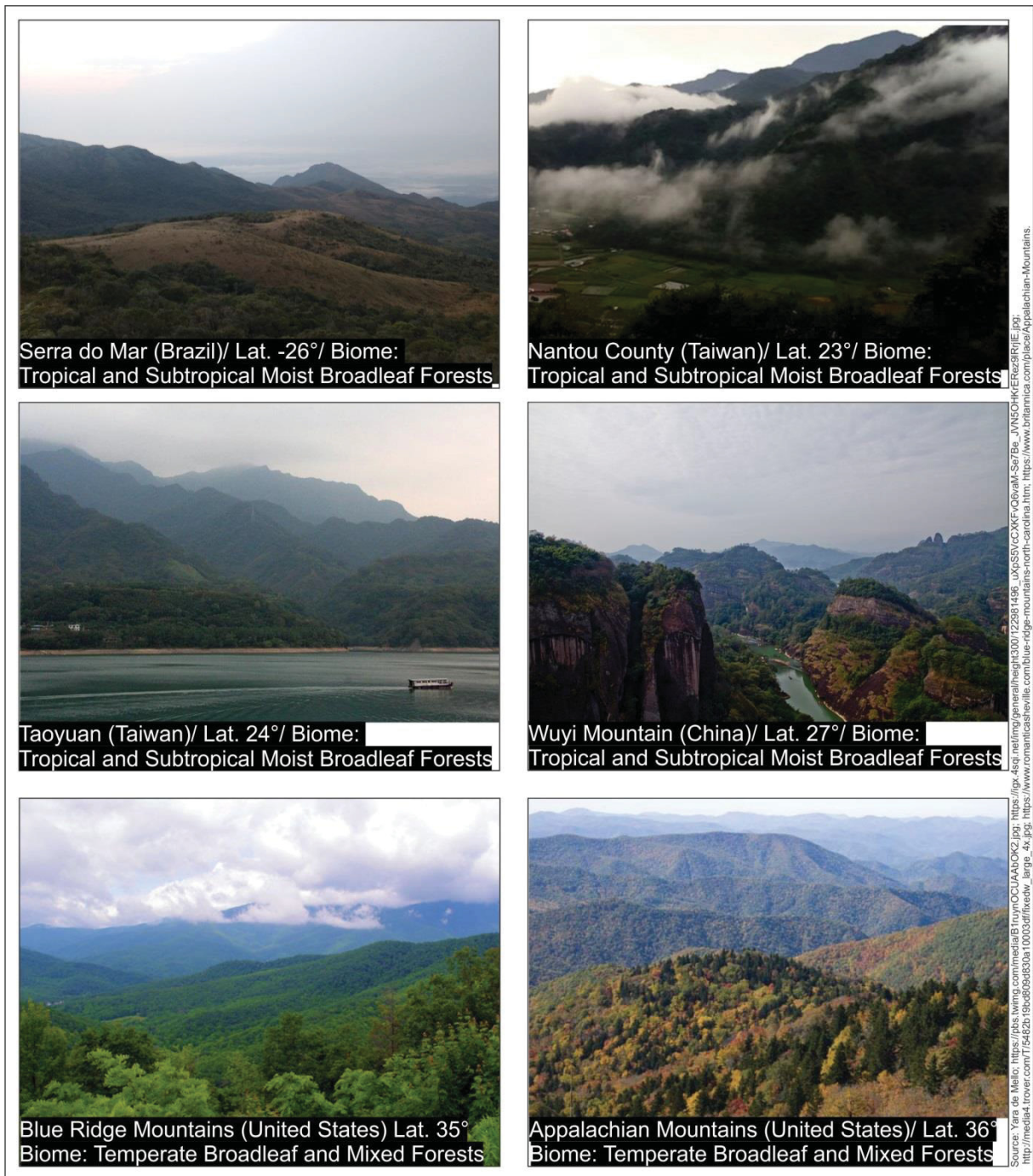


FIGURA 11 – (2) LOCALIDADES SELECIONADAS NO MUNDO, INSERIDAS NOS CLIMAS CFA E CFB, COM CARACTERÍSTICAS SEMELHANTES A SERRA DO MAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA.



FONTE: A autora (2017).

FIGURA 12 – (3) LOCALIDADES SELECIONADAS NO MUNDO, INSERIDAS NOS CLIMAS CFA E CFB, COM CARACTERÍSTICAS SEMELHANTES A SERRA DO MAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA.



FONTE: A autora (2017).

Segundo a classificação das Ecorregiões Terrestres do Mundo, a área objeto desta pesquisa está inserida no bioma de Florestas Úmidas de Folhas Largas Tropicais e Subtropicais, e Manguezais. Dentre os dezenove locais de maior semelhança, foram encontrados os biomas de Florestas Mistas e Florestas



Temperadas de Folhas Largas (52,6%), Floresta Mediterrânea de Bosques e Arbustos (21,1%), Florestas Úmidas de Folhas Largas Tropicais e Subtropicais (15,8%), e por fim, Pastagens Montanas e Vegetação Arbustiva (10,5%). Por meio das FIGURAS 10, 11 e 12 é possível observar a semelhança na paisagem entre estas localidades e a região da Serra do Mar.

Alguns dos locais apresentaram maior semelhança, como Nantou County (Taiwan), Taoyuan (Taiwan) e Wuyi Mountain (China), ambas localizadas em latitudes próximas a da área objeto de estudo, e no mesmo bioma (Florestas Úmidas de Folhas Largas Tropicais e Subtropicais) (FIGURA 12). Já em outras localidades como as Montanhas Humboldt e Crown Range (FIGURA 11), as semelhanças paisagísticas são menores, principalmente no inverno, quando neva nestas regiões.

Em relação às áreas de clima *Cfa* no globo, existe uma predominância do bioma de Florestas Mistas e Florestas Temperadas de Folhas Largas (35%), seguido por Pastagens Temperadas, Savanas e Vegetação Arbustiva (21,9%), e Florestas Úmidas de Folhas Largas Tropicais e Subtropicais (18,1%) - concentrada principalmente na China e América do Sul, do litoral ao interior dos continentes. Já em relação à área de clima *Cfb* a predominância é de Florestas Mistas e Florestas Temperadas de Folhas Largas (73,1%), com maior ocorrência no continente europeu. O que refletiu na pesquisa realizada no *software Google Earth*, pois na Europa foram encontradas poucas paisagens parecidas com a região da Serra do Mar. O clima *Cfb* na área de estudo se limita as porções mais altas de planalto e transição com a serra. Enquanto as áreas de planície e da escarpa da serra são caracterizadas pelo clima *Cfa*.

#### 4.1.2 Estudos selecionados

Foi inicialmente selecionado um total de 184 trabalhos, cujo número caiu para 100 após a leitura dos resumos. Dentre estes, foram escolhidos 63 estudos relevantes para o contexto desta pesquisa (FIGURA 9B), sendo que a maior parte destes, aproximadamente 50%, foi produzido no Brasil. Em relação às áreas do conhecimento, a predominância dos estudos está concentrada nas áreas da Geografia e Meteorologia (FIGURA 9C).

Nas áreas de clima *Cfa*, caracterizadas por temperaturas mais elevadas e uma distribuição intra-anual de precipitação mais irregular, foram encontrados

diversos estudos que focaram na análise de episódios de chuvas intensas relacionados à orografia. Estas chuvas intensas acabam por ocasionar desastres naturais e algumas das pesquisas levaram em consideração em suas análises *hazards* como os deslizamentos de terra. Nos estudos para as áreas de clima *Cfb*, por sua vez, eventos severos foram abordados em menor quantidade.

De modo geral, tanto nas áreas de clima *Cfa* quanto nas áreas de clima *Cfb*, se observou um padrão onde a precipitação é maior nas áreas a barlavento das serras e sobre elas. Porém, em um estudo realizado no Japão foi observado que a precipitação foi maior a sotavento, devido à influência dos ventos que carregam a umidade das montanhas para esta última área. A brisa marítima e a atuação de sistemas frontais foram elementos considerados na discussão dos resultados de alguns dos trabalhos analisados no presente estudo, como aspectos responsáveis pelo aumento da precipitação orográfica, além da influência da orografia na formação de chuvas convectivas, mais concentradas nos períodos mais quentes do ano.

Os trabalhos analisados no território asiático (clima *Cfa*) não se aplicam diretamente à realidade encontrada na Serra do Mar do Brasil, pois focaram principalmente na relação da precipitação orográfica com tufões. Este fenômeno é altamente incidente na Ásia, enquanto no Brasil a incidência é rara ou inexistente. Por fim, o mecanismo de intensificação orográfica mais abordado nos trabalhos, como responsável pela formação de precipitação orográfica, foi o *seeder-feeder*.

#### 4.1.2.1 América do Sul (Brasil)

A maior parte dos estudos produzidos no Brasil concentra-se no estado de São Paulo (74%), deste montante, quatro trabalhos abrangem outros estados. Grande parte dos estudos focou em chuvas intensas (HAAS *et al.*, 2002; LIMA *et al.*, 2010; RODRIGUES, 2015; BUSTAMANTE e CHOU, 2006; CHOU *et al.*, 2006; GUIMARÃES *et al.*, 2006; VASCONCELLOS e CAVALCANTI, 2010; TEIXEIRA e SATYAMURTY, 2006a; TEIXEIRA e SATYAMURTY, 2006b; SELUCHI *et al.*, 2011), assim como na relação da precipitação com deslizamentos de terra (BLANCO e MASSAMBANI, 1998; SELUCHI e CHOU, 2009). Outras pesquisas ainda evidenciaram a ocorrência de uma região de sombra de chuva a sotavento das áreas serranas (CONTI, 1975; MILANESI, 2007; PELLEGGATTI, 2007; SILVA *et al.*,

2012; OLIVEIRA e GALVANI, 2015). A seguir serão descritos alguns dos resultados encontrados nas pesquisas produzidas para o país. Algumas obras importantes, como os trabalhos de Conti (1975), Navarro (1990), Milanesi (2007), Pellegatti (2007), Silva *et al.* (2012) e Rodrigues (2015), foram previamente citadas na revisão de literatura da presente tese.

Blanco (2000) estudou os mecanismos físicos responsáveis pela distribuição espacial da precipitação, na Serra do Mar - próximo a Baixada Santista, compreendendo um período de cinco anos (03/1991-03/1995). O mecanismo de intensificação orográfica mais comum para área de estudo foi o *seeder-feeder*, seguido pelo misto de *seeder-feeder* com convecção disparada, convecção disparada e, por fim, autoconversão.

Sakuragi e Souza (2000) modelaram as brisas e circulação vale-montanha para o vale do Paraíba e litoral próximo, região circundada pelas Serra do Mar e Serra da Mantiqueira. Os autores observaram que a brisa vale-montanha é mais intensa do lado leste da Serra da Mantiqueira em função do aquecimento do sol nascente, formando uma área de divergência do vento no vale.

Beneti *et al.* (2002) realizaram uma análise dos efeitos orográficos na incidência de descargas elétricas atmosféricas no estado do Paraná. O período analisado foi de 1996 a 2001. Embora os maiores acumulados de precipitação do Estado sejam na região da Serra do Mar, ela não apresenta a maior densidade de descargas elétricas em média. Porém, no mês de janeiro a região apresenta alta densidade de descargas atmosféricas, já no mês de outubro (primavera) a maior densidade está no oeste do Estado.

Armani *et al.* (2006) estudaram a influência das brisas marítima e terrestre na gênese das chuvas no *transecto* Cubatão – São Paulo. Foram utilizados dados horários de sete estações meteorológicas. Os autores observaram que existe um ritmo médio horário que revela a importância das brisas marítima e terrestre na gênese das chuvas, aliada à topografia da região. A brisa terrestre produz uma redução dos totais pluviométricos e da frequência das chuvas, enquanto a brisa marítima produz um incremento em ambos. A maior frequência de chuvas nas vertentes da Serra do Mar é evidência da atuação da brisa e não dos sistemas frontais, por exemplo.

Forgiarini *et al.* (2013) analisaram as chuvas orográficas em Silveira Martins, Rio Grande do Sul. O município está no limite da depressão central e do planalto

meridional rio-grandense. Foram instalados pluviômetros a barlavento e a sotavento da serra, e o monitoramento ocorreu no ano hidrológico 2011/2012. Dentre os resultados, evidenciou-se que o efeito orográfico intensifica as chuvas frontais na região.

Manosso *et al.* (2013) analisaram a distribuição espacial e temporal da precipitação média na região da Serra do Cadeado, Paraná. Os autores confeccionaram mapas de precipitação e observaram que em alguns períodos do ano os maiores acumulados de precipitação coincidem com as maiores altitudes da área.

Baratto e Wollmann (2015) analisaram a influência orográfica na distribuição espacial da precipitação no estado do Rio Grande do Sul. Foram utilizados dados de 34 estações meteorológicas oficiais, e dois perfis de análise, um no sentido sul-norte e outro no sentido oeste-nordeste. Foi realizada correlação linear entre a precipitação média anual de cada estação com a altitude dela. Com isso, encontraram-se correlações estatísticas altas, 0,821 para o *transecto* norte-sul e 0,818 para o *transecto* oeste-nordeste.

Oliveira e Galvani (2015) avaliaram o efeito orográfico no perfil longitudinal Paraty (RJ) e Campos do Jordão (SP), na escala temporal anual e sazonal. Os autores verificaram que a vertente a barlavento da Serra do Mar apresenta o maior acumulado de precipitação, e a segunda área com maior pluviosidade é a vertente a barlavento da serra da Mantiqueira, localizada mais a oeste do oceano Atlântico.

Destacam-se ainda as pesquisas realizadas no projeto “Estudos da previsibilidade de eventos meteorológicos extremos na Serra do Mar”, que ocorreu no período de 2005 a 2009. O objetivo deste projeto foi estudar e desenvolver metodologias de monitoramento e previsão de chuva e riscos de deslizamento das encostas da Serra do Mar no estado de São Paulo. Dentre as publicações estão os estudos de Bustamante e Chou (2006), Cavalcanti *et al.* (2006), Chou *et al.* (2006), Guimarães *et al.* (2006), Kruk *et al.* (2006), Teixeira e Satyamurty (2006a), Teixeira e Satyamurty (2006b), Vicente *et al.* (2007), Seluchi e Chou (2009), Vasconcellos e Cavalcanti (2010), e Seluchi *et al.* (2011).

#### 4.1.2.2 Leste e sudeste da Ásia

A maior parte dos trabalhos encontrados (53%) relacionou a precipitação orográfica com a passagem de um tufão (SAKAKIBARA E TAKEDA, 1973; MISUMI, 1996; WU E KUO, 1999; LIN *et al.*, 2002; WU *et al.*, 2002; YANG *et al.*, 2008; YU E CHENG, 2008; YU *et al.*, 2013; HUANG E LIN, 2014) e a maioria dos estudos foi desenvolvida em Taiwan. Iwanami *et al.* (1988), Misumi (1996), Yoshizaki *et al.* (2000), e Yu *et al.* (2013) mencionaram mecanismos de intensificação orográfica, sendo o *seeder-feeder* o mais citado. A *Central Mountain Range* foi analisada nos estudos de Yeh e Chen (1998), Chen *et al.* (1999), Wu e Kuo (1999), Lin *et al.* (2001), Lin *et al.* (2002), Wu *et al.* (2002), Chen e Chen (2003), Yu *et al.* (2013) e Huang e Lin (2014), sendo uma cadeia de montanhas que possui importância fundamental na distribuição de precipitação em Taiwan. A seguir serão descritos alguns dos resultados encontrados pelos autores.

Sakakibara e Takeda (1973) avaliaram a modificação da precipitação causada pelo tufão 7002 devido ao efeito orográfico. Os autores observaram que o aumento de precipitação não poderia ser interpretado como uma soma simples da precipitação ocasionada pelo sistema convectivo e pelo levantamento do ar em função da orografia. A complicada interação entre ambos os sistemas de nuvens poderiam ser os responsáveis pelo aumento da precipitação orográfica.

Iwanami *et al.* (1988) avaliaram um possível mecanismo de precipitação em *Orofure Mountain Range*, no Japão. Os autores concluíram que a interação que efetivamente aumenta a intensidade de precipitação é a relação entre a nuvem precipitante superior, associada com a frente, e a nuvem precipitante inferior quando a nuvem superior passa sobre a nuvem orográfica (nuvem inferior).

Misumi (1996) ao estudar um evento de chuva intensa no Japão, resultante do tufão 9307, observou que a maior quantidade de precipitação ocorreu a sotavento da cadeia de montanhas. Foi utilizado um modelo numérico para analisar o aumento da precipitação. Observou-se que o mecanismo *seeder-feeder* contribuiu para o aumento de precipitação a sotavento e eram os ventos fortes que empurravam esta nebulosidade para área, após a elevação orográfica.

Yeh e Chen (1998) analisaram as características da precipitação em Taiwan, durante o *Taiwan Area Mesoscale Experiment (TAMEX)*. Os autores verificaram que

aproximadamente 50% da precipitação ocorre em forma de aguaceiros orográficos dispersos durante períodos não frontais.

Chen *et al.* (1999) realizaram uma análise da variação da precipitação no período diurno e sazonal em Taiwan, utilizando mais de 200 estações pluviométricas. Os autores sugeriram que muitas das variações da precipitação estão relacionadas à *Central Mountain Range*, por exemplo, a interação entre as brisas de montanha e marítima-terrestre possivelmente possuem papel regulador no horário de ocorrência da precipitação máxima diária.

Wu e Kuo (1999) fizeram uma revisão de estudos apresentados no *Workshop on Typhoon Research*, sobre os tufões que afetam Taiwan, sendo que este tipo de fenômeno é o pior desastre natural que afeta o país. A falta de dados sobre o Oceano Pacífico, e a interação entre os tufões e a *Central Mountain Range* são dois fatores que tornam a previsão de furacões na região desafiadora.

Yoshizaki *et al.* (2000) realizaram um estudo sobre uma banda de nuvens orográficas chamada de *Nagasaki line* em Western Kyushu no Japão, para o dia 26 de junho de 1998. Foram realizadas simulações numéricas com dois modelos e experimentos de sensibilidade para topografia, umidade e perfis de ventos, os quais mostraram que uma atmosfera instável com umidade convectiva, convergência de mesoescala, jatos de sudoeste a 3-4 km e um forte cisalhamento de vento vertical na baixa troposfera são essenciais para a formação da *Nagasaki line*.

Lin *et al.* (2001) analisaram ingredientes comuns para a ocorrência de precipitação orográfica intensa em diferentes partes do globo. Quatro condições comuns que ocorrem nos Estados Unidos também ocorrem na *Central Mountain Range* em Taiwan, e no Japão, sendo eles: (a) uma corrente de ar condicionalmente ou potencialmente instável colidindo com as montanhas, (b) um JBN muito úmido, (c) uma montanha íngreme, e (d) um sistema quase estacionário em escala sinótica para que favoreça um lento deslocamento da convecção.

Wu *et al.* (2002) analisaram os efeitos da topografia associados ao tufão Herb (1996), próximo ao Taiwan, por meio de simulações de precipitação. Os autores observaram que a *Central Mountain Range* possui um papel pequeno na determinação do caminho da tempestade, porém possui um papel chave no aumento da precipitação sobre Taiwan.

Chen e Chen (2003) utilizaram diferentes fontes de dados (estações pluviométricas automáticas, convencionais etc.) para analisar a distribuição de



precipitação em Taiwan. Os autores observaram a influência da *Central Mountain Range* durante todo o ano, sendo que o padrão de distribuição horizontal da precipitação sobre Taiwan, nos diferentes regimes de precipitação, é altamente dependente da direção predominante dos ventos nos baixos níveis da atmosfera, sendo os maiores acumulados registrados a barlavento da cadeia de montanhas.

#### 4.1.2.3 Leste e sudeste da Oceania

Os estudos encontrados para esta região do globo referem-se à Austrália e a Nova Zelândia. A maior parte foi encontrada para a Nova Zelândia e relacionaram a topografia dos Alpes do Sul com a distribuição de precipitação (MCGOWAN e STURMAN, 1996; WRATT *et al.*, 1996; MCCAULEY e STURMAN, 1999; STURMAN *et al.*, 1999; REVELL *et al.*, 2002; STUART, 2011). Destaca-se a seguir alguns dos resultados encontrados pelos autores.

Morris *et al.* (1995) realizaram um estudo de campo sobre anomalias de precipitação registradas na região do *Mount Wellington*, Austrália. Acreditava-se que a precipitação era maior a sotavento do que no cume. Porém, os autores observaram que os fortes ventos interferiam na coleta de chuva do pluviômetro que era utilizado, e na verdade no cume precipitava mais que a sotavento da montanha.

McGowan e Sturman (1996) analisaram eventos de ventos Foehn<sup>2</sup> na escala local e regional sobre *South Island*, Nova Zelândia. Uma modificação dinâmica dos ventos de oeste para noroeste sobre os Alpes do Sul costuma culminar em ventos Foehn à leste, em *South Island*, enquanto a oeste geralmente ocorre precipitação.

McCauley e Sturman (1999) estudaram o bloqueio orográfico e o desenvolvimento dos ventos de barreira em *Southern Alps*, na Nova Zelândia. A predominância do gradiente de ventos de noroeste e sudoeste resulta em ventos trans-montanha frequentes. As montanhas parecem ter uma maior influência nos ventos abaixo de 2000 metros, com clara evidência de bloqueio orográfico e desenvolvimento de vento de barreira.

Speer e Leslie (2000) compararam cinco eventos de precipitação de inundação sobre a costa norte de Nova Gales do Sul, Austrália. Os autores

---

<sup>2</sup> Ventos secos e quentes que descendem a sotavento de uma cadeia de montanhas, podendo ocorrer em diversas localidades do globo, mas com diferentes nomeações.

observaram que a maior parte dos eventos esteve relacionada ao levantamento orográfico de ar úmido e ao mecanismo *seeder-feeder*, dentre outros fatores.

Landvogt *et al.* (2008) investigaram eventos de precipitação orográfica de 2000 a 2005 no nordeste de Victoria, Austrália. Os autores observaram que existe uma dependência linear entre a precipitação e a elevação. Frentes ocasionam a maior precipitação durante os meses frios, enquanto baixas frias dominam nos meses mais quentes.

Stuart (2011) realizou análises observacionais e modelagem de precipitação nos Alpes do Sul, na Nova Zelândia. O autor observou que a distância da Falha Alpina é o fator mais determinante na média anual de precipitação na parte central dos Alpes do Sul. O maior valor de precipitação é encontrado a 7-11 km a sudeste da Falha Alpina. E a elevação da topografia local explica apenas 0,3% da variação na precipitação média anual registrada pelos pluviômetros nos Alpes do Sul.

Johnson *et al.* (2016) estudaram a relação entre precipitações intensas e a topografia na Austrália, a partir de interpolação de dados. As análises mostraram o importante papel que a topografia tem em explicar a distribuição espacial das precipitações intensas sobre o país. E que a complexidade da influência da topografia na precipitação é maior, quanto maior a cadeia de montanhas.

#### 4.1.2.4 Sudeste dos Estados Unidos

Dentre as localidades pesquisadas nos Estados Unidos estão Carolina do Norte e Mississipi. Ambos os estudos encontrados analisaram a influência das *Appalachian Mountains* na dinâmica da precipitação, conforme descrições a seguir.

Basist *et al.* (1994) realizaram uma interessante pesquisa relacionando a topografia com a precipitação. Foram realizadas análises bivariadas e multivariadas com os preditores elevação, declividade, orientação, exposição, produto da declividade e orientação, e o produto da elevação e da exposição. Estes preditores foram relacionados à precipitação média anual em dez diferentes cadeias montanhosas no mundo. Englobando *Appalachian Mountains* (Estados Unidos), *Central Mountain Range* (Taiwan), e *Australian Alps* (Austrália). Para Taiwan o preditor produto da declividade e orientação explicou 53% da variação da média anual de precipitação; Nas *Appalachian Mountains* o preditor exposição explicou

56% da variação anual da precipitação; por fim, na Austrália, o preditor que mais explicou a variação da precipitação média anual foi a declividade (47%).

Barros e Kuligowski (1998) analisaram os efeitos orográficos durante um evento severo de precipitação e inundação nas *Appalachian Mountains*, ocorrido no inverno de 1996. Os autores encontraram que efeitos a barlavento das montanhas são importantes na escala sinótica, e refletem os efeitos do terreno no fluxo de grande escala. Efeitos a sotavento são importantes na mesoescala, e refletem a participação do terreno no desenvolvimento da circulação regional e nebulosidade, que resultam em fortes e localizadas precipitações nas declividades a leste das *Appalachian Mountains* e *Poconos* na Pensilvânia.

Prat e Barros (2010) utilizaram dados de pluviômetros para avaliar a estimativa de precipitação feita pelo radar de precipitação do satélite TRMM sobre o sul das *Appalachian Mountains*. Foi encontrada uma diferença de 27% entre as medidas do TRMM e dos pluviômetros ao longo do ano analisado, 50% dos eventos de chuva detectados por pluviômetros não foram detectados pelo TRMM e 20% dos eventos detectados pelo TRMM não foram mensurados nos pluviômetros.

Duan e Barros (2017) estudaram como nuvens baixas e a névoa modificam o ciclo diurno de precipitação orográfica em *Southern Appalachian Mountains*. Os autores encontraram, por exemplo, que no outono o padrão de nuvens de baixos níveis e névoa define a região de sombra de nuvens a leste da divisa continental, consistente com os efeitos de sombra de chuva a favor do vento.

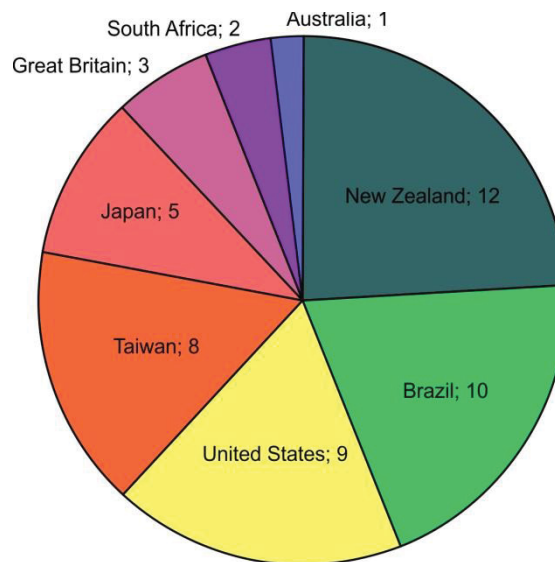
#### 4.1.2.5 Sul da África

As localidades selecionadas para o continente africano resumiram-se ao país da África do Sul, onde foi encontrado apenas um estudo de caso. Hughes e Wright (1988) verificaram a variabilidade espacial da precipitação de curto prazo na região da *Cape Coastal Mountains*, na África do Sul. Os autores observaram que o padrão de variação espacial da precipitação é mais consistente nos meses de inverno, quando uma menor diversidade de padrões de tempo é responsável pela formação de precipitação.

### 4.1.3 Outras publicações

Foram verificadas as referências dos 63 estudos selecionados a fim de encontrar mais pesquisas sobre as áreas de clima *Cfa* e *Cfb* no globo. A FIGURA 13 traz a quantidade de trabalhos encontrados a mais para cada região. Estes não foram acrescentados nas estatísticas descritas acima, mas poderão servir de base para a discussão dos resultados da presente tese.

FIGURA 13 – QUANTIDADE DE ESTUDOS PRODUZIDOS POR PAÍS, ENCONTRADOS NOS 63 TRABALHOS SELECIONADOS NESTA PESQUISA.



FONTE: A autora (2017).

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA ÁREA DE ESTUDO

### 4.2.1 Correlação estatística

Foi aplicado o teste de correlação linear entre as médias mensais e anuais de temperatura do ar, umidade relativa do ar e pressão atmosférica da Estação Meteorológica Convencional da Univille (EMCDU), com as reanálises do NCEP/NCAR - referente à coordenada geográfica da EMCDU (ponto de grade mais próximo, no caso latitude  $-25^{\circ}$  e longitude  $-50^{\circ}$ ), para o mesmo período de dados (1996-2011), conforme TABELA 6. É possível observar que os coeficientes das variáveis temperatura e pressão apresentaram correlação “muito forte”, ou seja, a

associação estatística entre os dados é evidente. Já os dados de umidade apresentaram correlação insignificante, ou seja, as reanálises do NCEP/NCAR não representaram a umidade com consistência neste ponto. Para os dados de precipitação entre a EMCDU e o CHIRPS a correlação estatística também foi “muito forte” (TABELA 6).

Ainda na TABELA 6 é possível observar os coeficientes de correlação para os dados de precipitação média mensal, anual e trimestral (quando disponível) entre as diferentes fontes, os dados foram agrupados em sequência gerando apenas um valor de coeficiente. O coeficiente de correlação classificou-se como “muito forte” para todas as associações, indicando que a distribuição de precipitação segue padrão similar entre as diferentes fontes. A correlação foi analisada para a faixa mínima (f. mín.) e faixa máxima (f. máx.) separadamente. A área analisada compreende a região nordeste do estado de Santa Catarina, no trecho da Serra do Mar, e não um dado pontual, por isso a utilização de uma faixa mínima e máxima, já que existe uma variabilidade dos elementos climáticos na área de estudo.

Para os dados de temperatura do ar na faixa mínima a correlação estatística foi “forte”, enquanto para a faixa máxima foi “muito forte”. Já os dados de umidade relativa do ar do NCEP/NCAR novamente apresentaram uma associação “fraca”, sendo que os valores-r, em comparação com os dados do Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina, classificaram-se como “fraco” (TABELA 6).

TABELA 6 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR E VALORES-P REFERENTE À COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS METEOROLÓGICOS DE DIFERENTES FONTES.

Variável	Fontes	Valor-r	Valor-p
Temperatura do Ar	EMCDU vs. NCEP/NCAR	0,9433	0
Pressão Atmosférica	EMCDU vs. NCEP/NCAR	0,9863	0
Umidade Relativa do Ar	EMCDU vs. NCEP/NCAR	-0,0972	0,752
Precipitação	EMCDU vs. CHIRPS	0,9665	0
Precipitação (f. mín.)	CHIRPS vs. ATLAS SC	0,9991	0
Precipitação (f. máx.)	CHIRPS vs. ATLAS SC	0,9988	0
Precipitação (f. mín.)	CHIRPS vs. ATLAS CPRM	0,9992	0
Precipitação (f. máx.)	CHIRPS vs. ATLAS CPRM	0,9969	0
Precipitação (f. mín.)	CHIRPS vs. Mello et al. (2015)/Mello & Oliveira (2016)	0,9985	0
Precipitação (f. máx.)	CHIRPS vs. Mello et al. (2015)/Mello & Oliveira (2016)	0,997	0
Precipitação (f. mín.)	ATLAS SC vs. ATLAS CPRM	0,9995	0
Precipitação (f. máx.)	ATLAS SC vs. ATLAS CPRM	0,9983	0
Precipitação (f. mín.)	ATLAS SC vs. Mello et al. (2015)	0,9991	0
Precipitação (f. máx.)	ATLAS SC vs. Mello et al. (2015)	0,999	0
Precipitação (f. mín.)	ATLAS CPRM vs. Mello et al. (2015)/Mello & Oliveira (2016)	0,9985	0
Precipitação (f. máx.)	ATLAS CPRM vs. Mello et al. (2015)/Mello & Oliveira (2016)	0,9973	0
Temperatura do Ar (f. mín.)	ATLAS SC vs. NCEP/NCAR	0,8737	0
Temperatura do Ar (f. máx.)	ATLAS SC vs. NCEP/NCAR	0,9418	0
Umidade Relativa do Ar (f. mín.)	ATLAS SC vs. NCEP/NCAR	0,3517	0,2623
Umidade Relativa do Ar (f. máx.)	ATLAS SC vs. NCEP/NCAR	0,3552	0,2572

FONTE: A autora (2017).

#### 4.2.2 Pressão atmosférica

A única fonte analisada que possui dados de pressão atmosférica para toda a área de estudo foram as reanálises do NCEP/NCAR. A série histórica de 16 anos da EMCDU foi utilizada como parâmetro. A pressão atmosférica média anual para a área de estudo é de 1015,5 milibares, julho é o mês que em média possui a maior pressão atmosférica (1019,8 – 1020 mb) e dezembro é o mês com a menor média (1011,6 - 1011,9 mb) (TABELA 7).

A mesma distribuição anual de pressão ocorre com os dados da EMCDU, a diferença é que os dados da última fonte são inferiores à classe mínima de pressão gerada pelas reanálises do NCEP/NCAR para a área de estudo, com uma diferença média de 0,9 milibares. O inverno é a estação do ano com a maior pressão atmosférica média (1019,2 - 1019,4) e o verão o período com a menor (1011,9 - 1012,2) (TABELA 7). A partir da FIGURA 14 é possível observar como os centros de pressão da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e da Alta Subtropical do Pacífico Sul (ASPS) influenciam com maior intensidade o continente sul americano



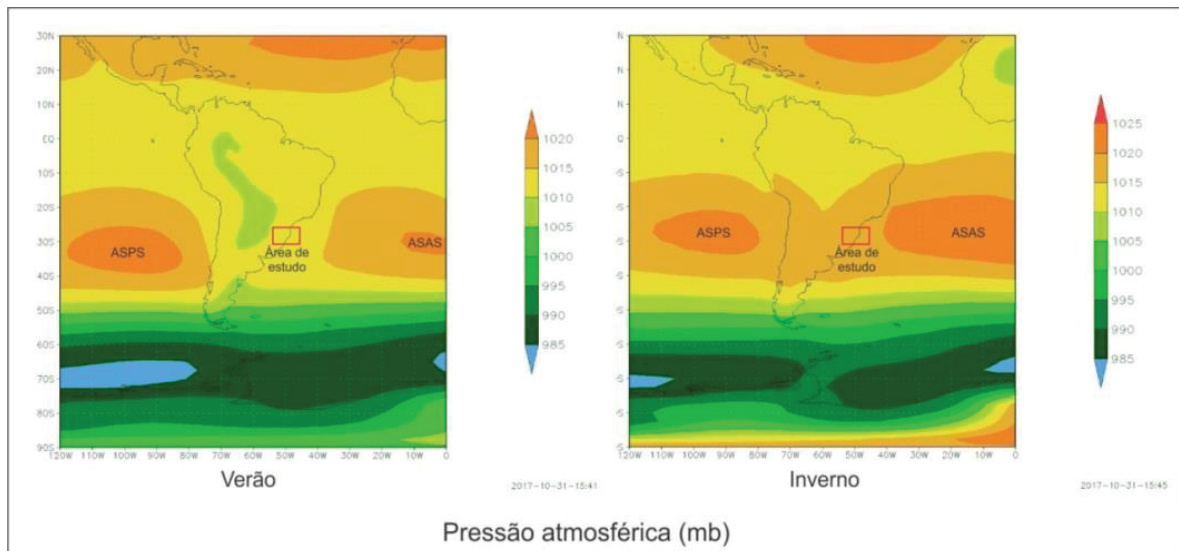
no período de inverno. Na área de interesse há uma maior influência da ASAS, que neste período do ano alcança sua posição mais a oeste (REBOITA *et al.*, 2010).

TABELA 7 – PRESSÃO ATMOSFÉRICA MÉDIA MENSAL, TRIMESTRAL E ANUAL EM MILIBARES PARA A REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA.

Período		NCEP NCAR v.2 (1979 - 2016)
Mensal	Jan	1011,9 - 1012,2
	Fev	1012,8 - 1013,1
	Mar	1013,7 - 1014
	Abr	1015,4 - 1015,6
	Mai	1017,2 - 1017,4
	Jun	1018,8 - 1019
	Jul	1019,8 - 1020
	Ago	1018,8 - 1019
	Set	1017 - 1018
	Out	1015 - 1015,5
	Nov	1013 - 1013,5
	Dez	1011,6 - 1011,9
Trimestral	DJF	1011,9 - 1012,2
	MAM	1015,4 - 1015,6
	JJA	1019,2 - 1019,4
	SON	1015 - 1015,5
Anual	-	1015,5

FONTE: A autora (2017).

FIGURA 14 – PRESSÃO ATMOSFÉRICA MÉDIA (1979-2016) PARA A AMÉRICA DO SUL, NOS TRIMESTRES DE VERÃO (DJF) E INVERNO (JJA) NA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA.



FONTE: A autora (2017).

#### 4.2.3 Ventos (direção e velocidade)

Assim como para os dados de pressão atmosférica, a única fonte com dados de ventos (direção e velocidade) disponíveis para toda a área de estudo são as reanálises do NCEP/NCAR, também foi utilizada a série da EMCDU como parâmetro. Com base na TABELA 8 é possível inferir que a direção predominante dos ventos para a área de estudo é de leste, a qual é influenciada pela atuação da ASAS durante todo o ano.

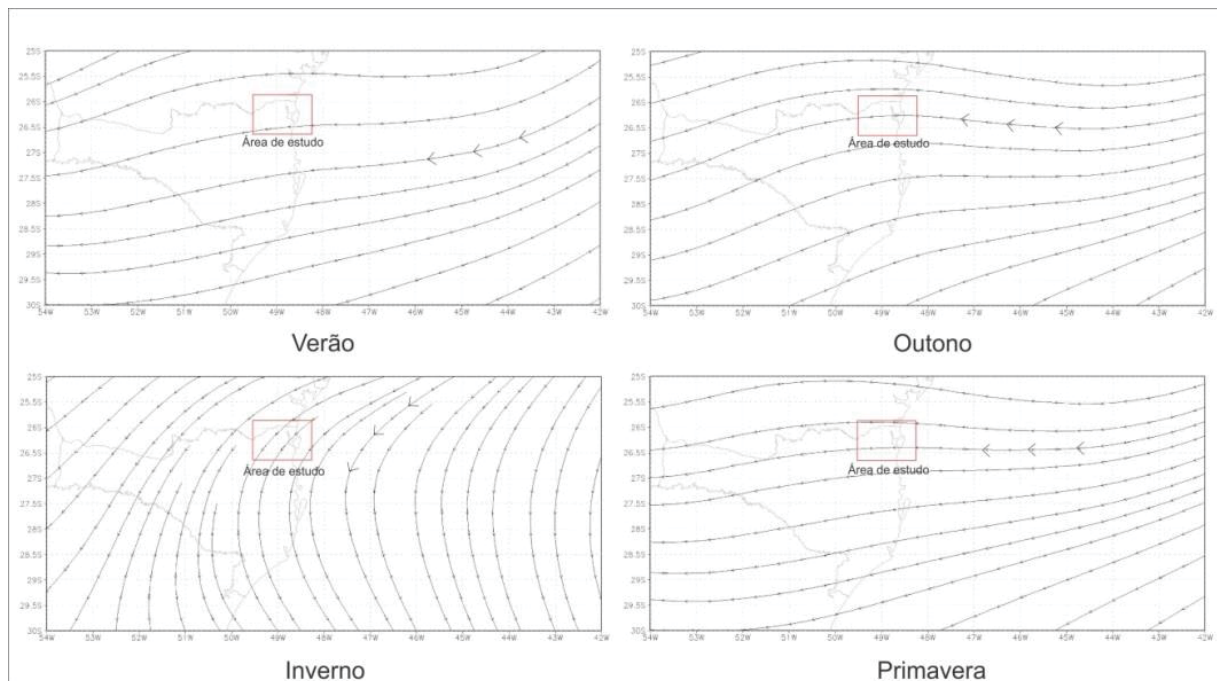
TABELA 8 – DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO (M/S) PARA A REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA.

Período		Direção do Vento	Velocidade do Vento
Mensal	Jan	E	2,2 - 2,4
	Fev	E/NE	1,9 - 2,1
	Mar	E	2,1 - 2,2
	Abr	E	1,5 - 1,8
	Mai	E/NE	0,8 - 0,9
	Jun	NE/N	1 - 1,3
	Jul	NE	1,2 - 1,4
	Ago	NE	1,5 - 1,7
	Set	E	2 - 2,2
	Out	E	2,6 - 2,8
	Nov	E	2,5 - 2,7
	Dez	E	2,2 - 2,4
Trimestral	DJF	E	2,1 - 2,3
	MAM	E	1,4 - 1,6
	JJA	NE	1,2 - 1,4
	SON	E	2,3 - 2,5
Anual	-	E	1,7 - 1,8

FONTE: A autora (2017).

Segundo Cavalcanti *et al.* (2009), a principal influência sobre os ventos de superfície na região Sul do Brasil, especialmente na área litorânea, é a ASAS, estando presente em todas as estações do ano, porém, com mais força no inverno, como foi observado no item sobre pressão atmosférica. O vento médio produzido é de leste/nordeste de intensidade fraca. Nos meses de inverno, devido ao posicionamento da ASAS, os ventos de nordeste predominam na região, como pode ser observado na TABELA 8 e FIGURA 15.

FIGURA 15 – DIREÇÃO PREDOMINANTE DOS VENTOS (1979-2016) PARA O ESTADO DE SANTA CATARINA, NOS TRIMESTRES DE VERÃO (DJF), OUTONO (MAM), INVERNO (JJA) E PRIMAVERA (SON).



FONTE: A autora (2017).

Na EMCDU, localizada na planície costeira à leste da Serra do Mar, a direção predominante dos ventos também é de leste (27,7%), seguida por sudeste (18,3%) e nordeste (14%). A Serra do Mar funciona como uma barreira para os ventos dos quadrantes oeste, noroeste e sudoeste em áreas da planície costeira (MELLO e KOEHNTOPP, 2017). O que não ocorre para as áreas de planalto, porém, inexistente uma estação meteorológica de superfície com uma série histórica extensa de dados nesta região, que possibilite uma caracterização climatológica de mais de 20 anos, por exemplo. Contudo, adiante no texto serão discutidos dados de estações automáticas localizadas nesses ambientes, com séries mais curtas.

Quanto à velocidade dos ventos, ela é maior nos meses de primavera e verão e menor nos meses de inverno e outono (TABELA 8). De todo modo, a velocidade dos ventos na região é de fraca intensidade, com uma média anual variando de 1,7 a 1,8 m/s. Para a EMCDU a velocidade dos ventos também é fraca, com uma frequência anual de 66,4% na classe de 0,5-2,1 m/s.

#### 4.2.4 Temperatura do ar

Para caracterizar a temperatura do ar média para a área de estudo foram utilizados dados do NCEP/NCAR, do Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina (ACESC) e da EMCDU como parâmetro. Os dados de temperatura média e médias das mínimas e máximas do ACESC, devido à deficiência de estações, foram estimados por meio de equações de regressões em função da altitude, latitude e longitude (PANDOLFO *et al.*, 2002).

Segundo os dados do NCEP/NCAR a temperatura média anual para a área de estudo varia de 21,5°C a 22,5°C, já os dados do ACESC variam de  $\geq 13^\circ\text{C}$  a  $\geq 20^\circ\text{C}$  (TABELA 9). As áreas mais elevadas da serra e o planalto são as porções do território estudado que registram as menores temperaturas médias, levando em consideração esta dinâmica, os dados do ACESC são mais consistentes para representar a climatologia da temperatura do ar. Por outro lado, existem outros fatores, como o uso do solo, vegetação e orientação das vertentes, que irão interferir nas temperaturas, o que não foi levado em consideração nas equações de regressão do ACESC.

As temperaturas médias ao longo dos meses do ano seguem padrão similar entre as duas fontes de dados. Os meses de janeiro, fevereiro e março registram os maiores valores de temperatura média, que segundo os dados do ACESC é de 25°C; e os meses de maio e julho registram as menores temperaturas médias, 10°C (TABELA 9).

A temperatura média anual registrada na EMCDU, localizada na planície costeira, é de 22,4°C, estando dentro dos limites das duas fontes de dados. A dinâmica intra-anual da temperatura segue padrão similar, com julho (17,8°C) sendo o mês mais frio do ano e fevereiro o mês mais quente (26,5°C).

TABELA 9 – DADOS DE TEMPERATURA MÉDIA, MÉDIAS DAS MÍNIMAS E MÉDIAS DAS MÁXIMAS; E INSOLAÇÃO, NA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA.

Fonte		NCEP NCAR v.2 (1979 - 2016)	Atlas Climatológico de SC	Atlas Climatológico de SC	Atlas Climatológico de SC	Atlas Climatológico de SC
Período		Temperatura Média (°C)	Temperatura Média (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Insolação (horas)
Mensal	Jan	24,5 - 25,5	≥18 <25	≥22 <32	≥11 ≥20	<160 <200
	Fev	25 - 25,5	≥18 <25	≥24 <31	≥12 ≥21	<140 <160
	Mar	24 - 24,5	≥17 <25	≥21 <30	≥11 ≥20	<140 <180
	Abr	22,5 - 23,1	≥14 ≥21	≥19 ≥29	<9 ≥17	<120 <160
	Mai	19,5 - 20,5	≥10 ≥20	≥18 ≥25	<7 ≥15	≥120 <160
	Jun	18 - 19	≥11 ≥16	≥17 ≥22	<5 ≥13	≥120 <140
	Jul	17,5 - 18,5	≥10 ≥15	≥17 ≥23	<5 ≥12	≥140 <160
	Ago	19 - 19,5	≥11 ≥16	≥17 ≥24	<6 ≥13	≥140 <160
	Set	19,5 - 20,5	≥13 ≥18	≥18 <25	≥6 ≥14	<100 <120
	Out	21,5 - 22,5	≥13 <20	≥18 <26	≥10 ≥16	<120 <140
	Nov	22,5 - 23,5	≥15 <22	≥20 <29	≥10 ≥16	<140 <160
	Dez	24 - 25	≥16 <24	≥22 <32	≥11 ≥19	<140 <180
Trimestral	DJF	22,5 - 25,5	≥16 <25	≥22 <32	≥11 ≥21	<140 <200
	MAM	22,2 - 22,8	≥10 <25	≥18 <30	<7 ≥17	<120 <180
	JJA	18,5 - 19	≥10 ≥16	≥17 ≥24	<5 ≥13	≥120 <160
	SON	21 - 22	≥13 <22	≥18 <29	≥6 ≥16	<100 <160
Anual	-	21,5 - 22,5	≥13 ≥20	≥19 <27	≥8 ≥16	<1600 <1800

FONTE: A autora (2017).

As médias das temperaturas mínimas e das temperaturas máximas seguem o mesmo padrão intra-anual das temperaturas médias. Os meses de junho e julho registram as menores temperaturas mínimas, média <5°C nas áreas de planalto e serra e ≥12°C nas áreas de planície; e os meses de janeiro e dezembro possuem as maiores temperaturas máximas, variando de ≥22°C a <32°C (TABELA 9).

As menores temperaturas ocorrem nos meses de inverno porque este é o período do ano com a menor quantidade de radiação solar incidente, em função da declinação do Sol, que está ao norte da linha do Equador em boa parte deste período, favorecendo a expansão do ar proveniente do polo sul para menores latitudes. O oposto ocorre nos meses de verão, e o maior aquecimento terrestre aumenta a influência de sistemas de baixa pressão, como a Massa Tropical Continental e a Massa Equatorial Continental. A corrente marítima quente do Brasil é outro fator que influencia nas altas temperaturas do litoral (CAVALCANTI *et al.*, 2009). A insolação também é maior nos meses de verão, como pode ser observado na TABELA 9, com o pico no mês de janeiro; já setembro é o mês com a menor quantidade de horas de sol, variando na faixa de <100 a <120 horas/mês.



#### 4.2.5 Umidade relativa do ar

Apesar de os dados de umidade do NCEP/NCAR não apresentarem boa correlação estatística com os dados da EMCDU e do ACESC, eles foram utilizados na descrição da umidade, pois apresentaram algumas características aceitáveis. A umidade relativa do ar é maior na serra e litoral e menor nas áreas de planalto. Para os dados do NCEP/NCAR a média anual variou de 83% a 84%, e para os dados do ACESC variou de 82% a 88% (TABELA 10).

TABELA 10 – DADOS DE UMIDADE RELATIVA DO AR E EVAPORAÇÃO NA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA.

Fonte		NCEP NCAR v.2 (1979 - 2016)	Atlas Climatológico de SC	Atlas Climatológico de SC
Período		Umidade Relativa do Ar (%)	Umidade Relativa do Ar (%)	Evaporação (mm)
Mensal	Jan	84 - 86	80 - 86	80 - 140
	Fev	86 - 88	82 - 88	70 - 120
	Mar	85 - 87	82 - 88	70 - 120
	Abr	84 - 86	82 - 86	50 - 80
	Mai	83 - 85	84 - 86	40 - 60
	Jun	83 - 86	84 - 88	30 - 50
	Jul	83 - 85	84 - 88	30 - 50
	Ago	79 - 81	82 - 88	40 - 50
	Set	81 - 82	82 - 88	40 - 60
	Out	82 - 83	82 - 86	50 - 80
	Nov	80 - 81	78 - 84	60 - 100
	Dez	80 - 82	80 - 86	70 - 120
Trimestral	DJF	>84	80 - 88	70 - 140
	MAM	84 - 86	82 - 88	40 - 12-
	JJA	82 - 84	82 - 88	30 - 50
	SON	81 - 82	78 - 88	40 - 100
Anual	-	83 - 84	82 - 88	600 - 1000

FONTE: A autora (2017).

Em relação à variação intra-anual da umidade, ela é maior do que 80% durante basicamente todo o ano, e não apresenta uma variabilidade elevada, variando no máximo 8% entre os meses de novembro (78%) e maio, junho e julho (86%) nas áreas de planalto. De modo geral, para os dados do ACESC a umidade é maior nos meses de inverno, o que não ocorre com os dados do NCEP/NCAR. Neste último a umidade apresenta seu pico máximo no mês de fevereiro, e o mínimo no mês de agosto (TABELA 10).

Segundo dados de Cavalcanti *et al.* (2009) a umidade específica – quantidade de vapor de água no ar, é maior nos meses de verão para a região, com uma média

aproximada de 18g/kg no mês de janeiro, enquanto o mês de julho registra em média 10-12 g/kg. A diferença entre a umidade específica e a umidade relativa, é que no cálculo da última leva-se em consideração a temperatura do ar. O ar mais quente suporta mais umidade do que o ar mais frio, significando que a umidade relativa do ar frio seria superior à do ar quente, se os níveis de umidade específica entre eles fossem os mesmos. A quantidade de umidade que evapora na área de estudo é consideravelmente maior nos meses de verão (TABELA 10) em relação aos meses de inverno, o que favorece que a umidade específica seja maior neste período.

A umidade relativa do ar média anual para a EMCDU é de 80,7%, estando abaixo do previsto pelas duas fontes de dados. A variação intra-anual segue um padrão mais similar com os dados do ACESC, os maiores valores são registrados nos meses de inverno, com destaque para o mês de julho (82,3%), e os menores registros ocorreram nos meses de dezembro (78,5%) e novembro (78,9%).

#### 4.2.6 Precipitação pluviométrica

Após analisar diferentes elementos climáticos é possível fazer algumas considerações sobre como deve ocorrer o comportamento da precipitação pluviométrica na região. As maiores pressões atmosféricas, as quais estão relacionadas a menores temperaturas do ar, maior proximidade da ASAS - ar subsidente, menor teor de umidade na atmosfera e menor evaporação, ocorrem nos meses de inverno (JJA), principalmente. Com isso espera-se que a menor quantidade de precipitação ocorra neste período e uma dinâmica contrária se estabeleça no verão.

Além disso, a configuração do relevo, com uma serra no trecho central da área de estudo, planalto a oeste, e planície adjacente ao oceano Atlântico a leste, sugerem a ocorrência de maior precipitação na região de serra e planície, já que os ventos predominantes são dos quadrantes leste e nordeste, os quais carregam umidade para o continente, que é barrada na serra. O ar se eleva e se expande (devido à diminuição de pressão com a altitude) e se resfria adiabaticamente, podendo ocasionar precipitação orográfica. Ao descer para o planalto, esse ar desprovido de umidade aumenta a pressão e se aquece adiabaticamente, fenômeno

conhecido como efeito Foehn, já mencionado anteriormente no texto (SELUCHI *et al.*, 2003).

A variação intra-anual da precipitação na região segue este padrão esperado, para todas as fontes de dados, independente da diferença da série histórica utilizada (TABELA 11). Existe alguma diferenciação entre o mês mais chuvoso e o mês menos chuvoso entre as fontes. As fontes de dados mais similares entre si e que melhor representaram a distribuição de precipitação intra-anual são CHIRPS, Mello *et al.* (2015) e Mello e Oliveira (2016). A primeira fonte tem a vantagem de utilizar dados de satélite, com uma melhor cobertura espacial abrangendo a serra; e as outras duas contemplam diversas estações localizadas na região, por se tratar de um estudo de caso regional.

TABELA 11 – DADOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA PARA A REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA.

Período		Chirps (1981 - 2016)	Atlas Climatológico de SC	Atlas Pluviométrico CPRM (1977 - 2006)	Mello <i>et al.</i> , 2015 (1979 - 2008)	Mello e Oliveira, 2016 (1953 - 2008)
Mensal	Jan	200 - 340	≥130 ≥330	175 - 300	189 - 374	-
	Fev	160 - 320	≥130 ≥330	150 - 250	166 - 313	-
	Mar	140 - 280	≥110 ≥330	125 - 200	121 - 277	-
	Abr	100 - 160	<90 <210	100 - 125	96 - 165	-
	Mai	110 - 125	<90 <170	100 - 125	111 - 140	-
	Jun	105 - 120	<90 <150	100 - 125	100 - 111	-
	Jul	95 - 115	<90 <110	100 - 150	112 - 138	-
	Ago	85 - 105	≥90 <130	75 - 100	88 - 111	-
	Set	130 - 170	≥110 <210	125 - 200	138 - 207	-
	Out	150 - 190	≥130 <250	125 - 200	147 - 210	-
	Nov	120 - 180	≥110 <250	125 - 175	120 - 226	-
	Dez	150 - 210	≥130 <290	150 - 200	159 - 242	-
Trimestral	DJF	500 - 850	-	475 - 775	514 - 925	-
	MAM	330 - 570	-	325 - 500	329 - 463	-
	JJA	270 - 340	-	300 - 375	304 - 360	-
	SON	400 - 540	-	400 - 600	405 - 636	-
Anual	-	1500 - 2300	≥1300 <2900	1500 - 2200	-	1391 - 2565

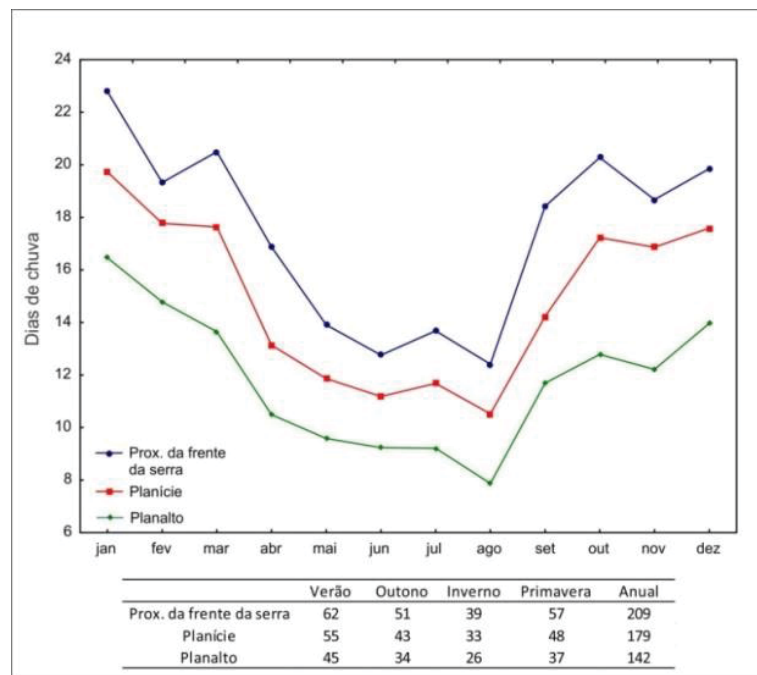
FONTE: A autora (2017).

Com base nestas duas fontes é possível constatar, por exemplo, que o mês de janeiro é o mês mais chuvoso do ano, e o mês de agosto é o mês menos chuvoso. Já a precipitação média anual apresenta valores abaixo de 1.400 mm em áreas do planalto e superior a 2.300 mm em áreas próximas a serra (TABELA 11).

A média de dias de chuva foi calculada a partir das estações Estrada dos Morros e Garuva (localizadas nas proximidades da frente da serra); Ilha do Rio Claro, Quitandinha, Fragosos, Campo Alegre, Rincão e Rio da Várzea dos Lima (localizadas no planalto); e Univille (localizada na planície costeira) (FIGURA 4 e

TABELA 2). As proximidades da frente da serra possuem o maior número de dias no ano com chuva (209), seguido pela planície (179) e planalto (142), com uma diferença entre as proximidades da serra e o planalto de 68 dias. As estações do ano com o maior número de dias com chuva são o verão e a primavera, em todas as compartimentações topográficas, e a estação do ano com o menor número de dias de chuva é o inverno (FIGURA 16).

FIGURA 16 – MÉDIA DE DIAS DE CHUVA PARA A REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA POR COMPARTIMENTAÇÃO TOPOGRÁFICA.



FONTE: A autora (2017).

#### 4.2.7 Tendências

As estações pluviométricas utilizadas na análise de tendência são as disponíveis na TABELA 2, além dos dados de precipitação e temperatura da EMCDU e dos registros da família Schmalz. Foram utilizados estes dados, pois são as séries históricas disponíveis mais longas para a região, além disso, as estações pluviométricas da TABELA 2 operam até a atualidade.

De modo geral, os dois testes (regressão linear simples e Mann-kendall) apresentaram resultados similares, houve apenas duas discordâncias, em um caso o teste de regressão linear apontou tendência em uma série histórica e o teste de

Mann-kendall não, no outro caso ocorreu o oposto. Com base na TABELA 12, é possível inferir que das 14 estações pluviométricas analisadas, três apresentaram tendência positiva nos dados, e nenhuma estação apresentou tendência negativa. As estações que apresentaram tendência positiva foram: Joinville (RVPSC), localizada na planície costeira, próximo ao centro da cidade de Joinville; Fragosos, localizada no planalto, município de Piên, Paraná; e Rio da Várzea dos Lima, localizada no planalto, município de Quitandinha, Paraná.



TABELA 12 – RESULTADOS DOS TESTES DE TENDÊNCIA DE MANN-KENDALL E REGRESSÃO LINEAR SIMPLES PARA AS SÉRIES HISTÓRICAS DE PRECIPITAÇÃO ANALISADAS, EM VERMELHO ESTÃO DESTACADOS OS VALORES-P DAS SÉRIES QUE APRESENTARAM TENDÊNCIA.

Variável	Dados					Regressão Linear				Mann-Kendall		
	Fonte	Período	Série temporal	Qtd de anos	Valor-p	Coefficiente	Lim. Inferior	Lim. Superior	Valor-p	Lim. Inferior	Lim. Superior	
Precipitação	F. Schmalz	Anual	1889-2002 (c/f)	98	0,174	-	-	-	0,300	-	-	
Precipitação	F. Schmalz	Verão	1889-2002 (c/f)	98	0,387	-	-	-	0,471	-	-	
Precipitação	F. Schmalz	Outono	1889-2002 (c/f)	98	0,592	-	-	-	0,690	-	-	
Precipitação	F. Schmalz	Inverno	1889-2002 (c/f)	98	0,167	-	-	-	0,307	-	-	
Precipitação	F. Schmalz	Primavera	1889-2002 (c/f)	98	0,157	-	-	-	0,132	-	-	
Precipitação	Est. Univille	Anual	1996-2016	21	0,967	-	-	-	0,833	-	-	
Precipitação	Est. Univille	Verão	1996-2016	21	0,585	-3,7	-17,7	10,3	0,651	-18,6	11,8	
Precipitação	Est. Univille	Outono	1996-2016	21	0,165	8,9	-4,0	21,8	0,381	-7,2	22,6	
Precipitação	Est. Univille	Inverno	1996-2016	21	0,719	2,1	-10,0	14,2	0,695	-12,1	16,0	
Precipitação	Est. Univille	Primavera	1996-2016	21	0,508	-6,5	-26,8	13,7	0,415	-23,6	8,8	
Precipitação	Estrada dos Morros	Anual	1987-2016	30	0,941	-	-	-	0,454	-	-	
Precipitação	Estrada dos Morros	Verão	1987-2016	30	0,893	-	-	-	0,789	-	-	
Precipitação	Estrada dos Morros	Outono	1987-2016	30	0,179	-6,8	-17,0	3,3	0,412	-16,4	8,5	
Precipitação	Estrada dos Morros	Inverno	1987-2016	30	0,328	4,3	-4,5	13,1	0,335	-5,1	14,6	
Precipitação	Estrada dos Morros	Primavera	1987-2016	30	0,712	-	-	-	0,943	-	-	
Precipitação	Joinville (RVPS)	Anual	1940-2013	74	0,000	13,8	8,4	19,2	0,000	8,3	18,7	
Precipitação	Joinville (RVPS)	Verão	1940-2013	74	0,000	5,2	2,7	7,7	0,000	2,2	6,7	
Precipitação	Joinville (RVPS)	Outono	1940-2013	74	0,002	2,7	1,1	4,4	0,003	0,7	4,2	
Precipitação	Joinville (RVPS)	Inverno	1940-2013	74	0,004	2,3	0,8	3,8	0,002	1,0	3,9	
Precipitação	Joinville (RVPS)	Primavera	1940-2013	74	0,000	3,6	2,0	5,3	0,000	1,8	4,8	
Precipitação	Primeiro Salto Cubatão	Anual	1982-2016	35	0,167	10,9	-4,8	26,7	0,118	-4,7	28,2	
Precipitação	Primeiro Salto Cubatão	Verão	1982-2016	35	0,188	5,5	-2,8	13,8	0,394	-6,8	13,1	
Precipitação	Primeiro Salto Cubatão	Outono	1982-2016	35	0,890	-	-	-	0,820	-	-	
Precipitação	Primeiro Salto Cubatão	Inverno	1982-2016	35	0,513	-	-	-	0,250	-	-	
Precipitação	Primeiro Salto Cubatão	Primavera	1982-2016	35	0,318	3,2	-3,2	9,6	0,532	-3,8	7,6	
Precipitação	Campo Alegre	Anual	1977-2015	39	0,962	-	-	-	0,699	-	-	
Precipitação	Campo Alegre	Verão	1977-2015	39	0,540	-	-	-	0,735	-	-	
Precipitação	Campo Alegre	Outono	1977-2015	39	0,593	-	-	-	0,561	-	-	
Precipitação	Campo Alegre	Inverno	1977-2015	39	0,654	-	-	-	0,298	-	-	
Precipitação	Campo Alegre	Primavera	1977-2015	39	0,286	-	-	-	0,545	-	-	
Precipitação	Garuva	Anual	1977-2016	40	0,336	-6,8	-20,9	7,3	0,408	-20,4	8,5	
Precipitação	Garuva	Verão	1977-2016	40	0,342	-3,8	-11,7	4,2	0,249	-11,0	3,7	
Precipitação	Garuva	Outono	1977-2016	40	0,492	-2,1	-8,3	4,0	0,650	-7,8	4,3	
Precipitação	Garuva	Inverno	1977-2016	40	0,912	-	-	-	0,300	-	-	
Precipitação	Garuva	Primavera	1977-2016	40	0,712	-	-	-	0,121	-	-	
Precipitação	Rio Jaraguá	Anual	1962-2006	45	0,542	2,5	-5,7	10,7	0,506	-4,5	11,0	
Precipitação	Rio Jaraguá	Verão	1962-2006	45	0,474	-	-	-	0,323	-	-	
Precipitação	Rio Jaraguá	Outono	1962-2006	45	0,344	-	-	-	0,406	-	-	
Precipitação	Rio Jaraguá	Inverno	1962-2006	45	0,682	-	-	-	0,777	-	-	
Precipitação	Rio Jaraguá	Primavera	1962-2006	45	0,171	-	-	-	0,295	-	-	
Precipitação	Rincão	Anual	1976-2012	37	0,627	2,5	-7,7	12,6	0,685	-8,8	13,0	
Precipitação	Rincão	Verão	1976-2012	37	0,248	3,5	-2,6	9,6	0,327	-2,7	8,5	
Precipitação	Rincão	Outono	1976-2012	37	0,137	-2,8	-6,5	0,9	0,154	-6,5	1,1	
Precipitação	Rincão	Inverno	1976-2012	37	0,876	-	-	-	0,472	-	-	
Precipitação	Rincão	Primavera	1976-2012	37	0,418	-	-	-	0,522	-	-	
Precipitação	Fragosos	Anual	1968-2013	47	0,005	11,3	3,7	19,0	0,011	3,2	18,1	
Precipitação	Fragosos	Verão	1968-2014	47	0,202	2,3	-1,3	5,9	0,112	-1,0	6,7	
Precipitação	Fragosos	Outono	1968-2014	47	0,173	2,2	-1,0	5,5	0,298	-1,1	4,5	
Precipitação	Fragosos	Inverno	1968-2014	47	0,057	3,6	-0,1	7,2	0,107	-0,5	6,2	
Precipitação	Fragosos	Primavera	1968-2014	47	0,004	3,2	1,07	5,4	0,008	0,79	5,0	
Precipitação	Ilha do Rio Claro	Anual	1975-2012	38	0,704	-	-	-	0,615	-	-	
Precipitação	Ilha do Rio Claro	Verão	1975-2012	38	0,890	-	-	-	0,801	-	-	
Precipitação	Ilha do Rio Claro	Outono	1975-2012	38	0,739	-	-	-	0,633	-	-	
Precipitação	Ilha do Rio Claro	Inverno	1975-2012	38	0,779	-	-	-	0,530	-	-	
Precipitação	Ilha do Rio Claro	Primavera	1975-2012	38	0,416	-	-	-	0,715	-	-	
Precipitação	Quitandinha	Anual	1976-2015	40	0,774	-	-	-	0,727	-	-	
Precipitação	Quitandinha	Verão	1976-2015	40	0,247	-	-	-	0,334	-	-	
Precipitação	Quitandinha	Outono	1976-2015	40	0,313	-	-	-	0,408	-	-	
Precipitação	Quitandinha	Inverno	1976-2015	40	0,999	-	-	-	0,650	-	-	
Precipitação	Quitandinha	Primavera	1976-2015	40	0,579	-	-	-	0,633	-	-	
Precipitação	Rio da Várzea dos Lima	Anual	1941-2013	73	0,000	6,2	3,3	9,1	0,000	3,8	9,3	
Precipitação	Rio da Várzea dos Lima	Verão	1941-2013	73	0,005	2,1	0,6	3,5	0,006	0,6	3,7	
Precipitação	Rio da Várzea dos Lima	Outono	1941-2013	73	0,134	-	-	-	0,189	-	-	
Precipitação	Rio da Várzea dos Lima	Inverno	1941-2013	73	0,036	1,6	0,1	3,1	0,023	0,3	3,2	
Precipitação	Rio da Várzea dos Lima	Primavera	1941-2013	73	0,015	1,6	0,3	2,8	0,020	0,3	2,9	
Precipitação	Corupá	Anual	1946-2013	68	0,194	3,4	-1,8	8,5	0,234	-2,0	8,4	
Precipitação	Corupá	Verão	1946-2013	68	0,617	-	-	-	0,475	-	-	
Precipitação	Corupá	Outono	1946-2013	68	0,861	-	-	-	0,937	-	-	
Precipitação	Corupá	Inverno	1946-2013	68	0,211	-	-	-	0,137	-	-	
Precipitação	Corupá	Primavera	1946-2013	68	0,169	-	-	-	0,230	-	-	

FONTE: A autora (2017).

O teste de regressão origina um valor de coeficiente, o qual correspondente à tendência de aumento ou diminuição da variável analisada, por exemplo, para precipitação anual seria o aumento de precipitação a cada ano. Os limites inferior e superior dos dois testes (regressão e Mann-kendall) se referem ao intervalo de confiança em que essa tendência pode estar ocorrendo. Haverá tendência na série quando o valor-p for inferior a 0,05.

A estação Joinville (RVPSC) apresentou tendência positiva para a série histórica anual, e em todas as estações do ano. A estação Fragosos apresentou tendência positiva na série anual e na primavera. Por fim, a estação Rio da Várzea dos Lima apresentou tendência positiva para os períodos anual, verão, inverno e primavera. Anualmente a precipitação aumentou aproximadamente 13,8 mm na estação Joinville (RVPSC), 11,3 mm na estação Fragosos e 6,2 mm na estação Rio da Várzea dos Lima, segundo o teste de regressão linear. Dentre as estações do ano, a primavera foi a que apresentou o maior número de estações com tendência positiva e o outono foi a estação do ano com o menor número (TABELA 12).

Apesar de apenas três estações apresentarem tendência positiva nos dados de precipitação, com base na observação dos gráficos gerados pelo teste de Mann-kendall em relação ao período anual, para onze das estações a orientação da reta foi crescente (F. Schmalz, Joinville (RVPSC), Primeiro Salto Cubatão, Campo Alegre, Garuva, Rincão, Fragosos, Ilha do Rio Claro, Quitandinha, Rio da Várzea dos Lima e Corupá), para apenas uma estação foi decrescente (Rio Jaraguá), e para duas estações a orientação da reta foi nula (Est. Univille e Estrada dos Morros). Em relação às estações do ano, dez estações pluviométricas apresentaram orientação crescente no verão (F. Schmalz, Joinville (RVPSC), Primeiro Salto Cubatão, Rio Jaraguá, Rincão, Fragosos, Ilha do Rio Claro, Quitandinha, Rio da Várzea dos Lima e Corupá), dez estações no outono (Est. Univille, Joinville (RVPSC), Primeiro Salto Cubatão, Rio Jaraguá, Rincão, Fragosos, Ilha do Rio Claro, Quitandinha, Rio da Várzea dos Lima e Corupá) e dez na primavera (F. Schmalz, Estrada dos Morros, Joinville (RVPSC), Primeiro Salto Cubatão, Campo Alegre, Rio Jaraguá, Fragosos, Ilha do Rio Claro, Rio da Várzea dos Lima e Corupá), e apenas cinco no inverno (F. Schmalz, Est. Univille, Joinville (RVPSC), Fragosos e Rio da Várzea dos Lima). Para a orientação decrescente, sete estações pluviométricas apresentaram esta característica no inverno (Estrada dos Morros, Campo Alegre, Garuva, Rio Jaraguá, Rincão, Ilha do Rio Claro e Quitandinha), quatro no outono (F. Schmalz, Estrada dos

Morros, Campo Alegre e Garuva), duas no verão (Est. Univille e Garuva) e uma na primavera (Est. Univille).

Jorge (2015) realizou uma análise de tendência pluviométrica para a área com clima subtropical do Brasil (1977-2011), utilizando os métodos de Mann-kendall, regressão linear simples e Pettit. Na área de interesse do presente estudo houve tendência positiva na precipitação maior que 5% em relação ao total pluviométrico anual, em ambos os testes estatísticos. Todas as estações do ano apresentaram tendência positiva maior que 5%, exceto o inverno, que apresentou tendência negativa. Os dados de Jorge (2015) apresentaram dissimilaridades em relação ao presente estudo, os quais podem ser justificados pela diferença nas estações utilizadas, aceitação do valor-p inferior a 0,05, ou ainda pelo período analisado.

Quanto às séries históricas de dias de chuva, das nove estações analisadas, duas apresentaram tendência positiva, e uma apresentou tendência negativa (TABELA 13). A EMCDU, localizada na área urbana da planície costeira de Joinville, e a estação Fragosos, apresentaram tendência positiva, já a estação Campo Alegre, localizada no planalto, apresentou tendência negativa. Para a EMCDU o período anual, outono e inverno apresentaram tendência, com um aumento anual aproximado de 1,8 dias de chuva. Na estação Fragosos os períodos: anual, verão, outono e primavera apresentaram tendência, com um aumento anual aproximado de 1,5 dias de chuva. Por fim, a estação Campo Alegre apresentou os períodos anual e outono com tendência negativa, com uma diminuição anual de cerca de 0,9 dias de chuva.

TABELA 13 – RESULTADOS DOS TESTES DE TENDÊNCIA DE MANN-KENDALL E REGRESSÃO LINEAR SIMPLES PARA AS SÉRIES HISTÓRICAS DE DIAS DE CHUVA E TEMPERATURA DO AR, EM VERMELHO ESTÃO DESTACADOS OS VALORES-P DAS SÉRIES QUE APRESENTARAM TENDÊNCIA.

Variável	Dados				Regressão Linear				Mann-Kendall		
	Fonte	Período	Série temporal	Qtd de anos	Valor-p	Coefficiente	Lim. Inferior	Lim. Superior	Valor-p	Lim. Inferior	Lim. Superior
Dias de chuva	Est. Univille	Anual	1996-2016	21	0,010	1,8	0,5	3,1	0,017	0,5	2,9
Dias de chuva	Est. Univille	Verão	1996-2016	21	0,350	-	-	-	0,317	-	-
Dias de chuva	Est. Univille	Outono	1996-2016	21	0,008	0,8	0,2	1,3	0,010	0,3	1,3
Dias de chuva	Est. Univille	Inverno	1996-2016	21	0,010	0,6	0,2	1,1	0,015	0,2	1,1
Dias de chuva	Est. Univille	Primavera	1996-2016	21	0,583	-	-	-	0,903	-	-
Dias de chuva	Estrada dos Morros	Anual	1987-2016 (c/f)	27	0,663	-	-	-	0,917	-	-
Dias de chuva	Estrada dos Morros	Verão	1987-2016 (c/f)	27	0,476	-	-	-	0,646	-	-
Dias de chuva	Estrada dos Morros	Outono	1987-2016 (c/f)	27	0,554	-	-	-	0,531	-	-
Dias de chuva	Estrada dos Morros	Inverno	1987-2016 (c/f)	27	0,849	-	-	-	0,802	-	-
Dias de chuva	Estrada dos Morros	Primavera	1987-2016 (c/f)	27	0,865	-	-	-	0,559	-	-
Dias de chuva	Campo Alegre	Anual	1977-2014 (c/f)	36	0,029	-0,9	-1,6	-0,1	0,058	-	-
Dias de chuva	Campo Alegre	Verão	1977-2014 (c/f)	36	0,142	-	-	-	0,160	-	-
Dias de chuva	Campo Alegre	Outono	1977-2014 (c/f)	36	0,024	-0,3	-0,5	-0,04	0,036	-0,6	0,0
Dias de chuva	Campo Alegre	Inverno	1977-2014 (c/f)	36	0,125	-	-	-	0,123	-	-
Dias de chuva	Campo Alegre	Primavera	1977-2014 (c/f)	36	0,081	-	-	-	0,168	-	-
Dias de chuva	Garuva	Anual	1977-2014 (c/f)	37	0,880	-	-	-	0,255	-	-
Dias de chuva	Garuva	Verão	1977-2014 (c/f)	37	0,844	-	-	-	0,504	-	-
Dias de chuva	Garuva	Outono	1977-2014 (c/f)	37	0,690	-	-	-	0,743	-	-
Dias de chuva	Garuva	Inverno	1977-2014 (c/f)	37	0,943	-	-	-	0,479	-	-
Dias de chuva	Garuva	Primavera	1977-2014 (c/f)	37	0,869	-	-	-	1,000	-	-
Dias de chuva	Rincão	Anual	1976-2015 (c/f)	37	0,693	-	-	-	0,990	-	-
Dias de chuva	Rincão	Verão	1976-2015 (c/f)	37	0,469	-	-	-	0,675	-	-
Dias de chuva	Rincão	Outono	1976-2015 (c/f)	37	0,998	-	-	-	0,948	-	-
Dias de chuva	Rincão	Inverno	1976-2015 (c/f)	37	0,762	-	-	-	0,665	-	-
Dias de chuva	Rincão	Primavera	1976-2015 (c/f)	37	0,562	-	-	-	0,906	-	-
Dias de chuva	Fragosos	Anual	1968-2014 (c/f)	46	0,006	1,5	0,5	2,5	0,006	0,6	2,4
Dias de chuva	Fragosos	Verão	1968-2014 (c/f)	46	0,000	0,5	0,3	0,8	0,000	0,3	0,8
Dias de chuva	Fragosos	Outono	1968-2014 (c/f)	46	0,022	0,4	0,1	0,7	0,006	0,1	0,7
Dias de chuva	Fragosos	Inverno	1968-2014 (c/f)	46	0,124	-	-	-	0,021	0,0	0,6
Dias de chuva	Fragosos	Primavera	1968-2014 (c/f)	46	0,012	0,3	0,1	0,5	0,007	0,1	0,6
Dias de chuva	Ilha do Rio Claro	Anual	1975-2015 (c/f)	36	0,161	-	-	-	0,414	-	-
Dias de chuva	Ilha do Rio Claro	Verão	1975-2015 (c/f)	36	0,358	-	-	-	0,398	-	-
Dias de chuva	Ilha do Rio Claro	Outono	1975-2015 (c/f)	36	0,279	-	-	-	0,199	-	-
Dias de chuva	Ilha do Rio Claro	Inverno	1975-2015 (c/f)	36	0,334	-	-	-	0,413	-	-
Dias de chuva	Ilha do Rio Claro	Primavera	1975-2015 (c/f)	36	0,283	-	-	-	0,405	-	-
Dias de chuva	Quitandinha	Anual	1976-2015	40	0,813	-	-	-	0,513	-	-
Dias de chuva	Quitandinha	Verão	1976-2015	40	0,504	-	-	-	0,753	-	-
Dias de chuva	Quitandinha	Outono	1976-2015	40	0,441	-	-	-	0,332	-	-
Dias de chuva	Quitandinha	Inverno	1976-2015	40	0,784	-	-	-	0,861	-	-
Dias de chuva	Quitandinha	Primavera	1976-2015	40	0,744	-	-	-	0,599	-	-
Dias de chuva	Rio da Várzea dos Lima	Anual	1946-2013 (c/f)	62	0,101	-	-	-	0,053	-	-
Dias de chuva	Rio da Várzea dos Lima	Verão	1946-2013 (c/f)	62	0,073	-	-	-	0,059	-	-
Dias de chuva	Rio da Várzea dos Lima	Outono	1946-2013 (c/f)	62	0,359	-	-	-	0,346	-	-
Dias de chuva	Rio da Várzea dos Lima	Inverno	1946-2013 (c/f)	62	0,531	-	-	-	0,324	-	-
Dias de chuva	Rio da Várzea dos Lima	Primavera	1946-2013 (c/f)	62	0,108	-	-	-	0,118	-	-
Temperatura	F. Schmalz	Anual	1895-1921 (c/f)	25	0,563	-	-	-	0,498	-	-
Temperatura	F. Schmalz	Verão	1895-1921 (c/f)	25	0,052	-	-	-	0,059	-	-
Temperatura	F. Schmalz	Outono	1895-1921 (c/f)	25	0,698	-	-	-	0,815	-	-
Temperatura	F. Schmalz	Inverno	1895-1921 (c/f)	25	0,721	-	-	-	0,338	-	-
Temperatura	F. Schmalz	Primavera	1895-1921 (c/f)	25	0,627	-	-	-	0,981	-	-
Temperatura	Est. Univille	Anual	1996-2011 (c/f)	16	0,500	-	-	-	0,729	-	-
Temperatura	Est. Univille	Verão	1996-2011 (c/f)	16	0,846	-	-	-	0,804	-	-
Temperatura	Est. Univille	Outono	1996-2011 (c/f)	16	0,756	-	-	-	0,586	-	-
Temperatura	Est. Univille	Inverno	1996-2011 (c/f)	16	0,259	-	-	-	0,457	-	-
Temperatura	Est. Univille	Primavera	1996-2011 (c/f)	16	0,286	-	-	-	0,519	-	-

FONTE: A autora (2017).

Em relação à orientação da reta dos gráficos no teste de Mann-kendall, contabilizando todas as séries analisadas, para o período anual quatro estações (Est. Univille, Estrada dos Morros, Fragosos e Ilha do Rio Claro) apresentaram orientação positiva e cinco apresentaram orientação negativa (Campo Alegre,



Garuva, Rincão, Quitandinha e Rio da Várzea dos Lima); em relação às estações do ano a maior diferença na orientação positiva está entre o outono (6 estações) e inverno (3 estações), ocorrendo o oposto para a orientação decrescente.

Sobre a temperatura do ar, das duas estações analisadas nenhuma apresentou tendência. Para os dados registrados pela família Schmalz, segundo a orientação da reta no gráfico do teste de Mann-kendall, houve orientação positiva para todos os períodos, exceto o verão. E para os dados da EMCDU, houve orientação decrescente para todos os períodos, exceto para a primavera, o que chama a atenção, já que a área construída no entorno da estação aumentou ao longo dos anos.

### 4.3 CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOMÉTRICA DA ÁREA DE ESTUDO

#### 4.3.1 Avaliação dos modelos digitais de elevação

Foram analisados os erros referentes à altimetria dos sete MDEs descritos na metodologia (SRTM90; SRTM30; ASTER30; Topodata30; SDS1; SDS5; SDS10) relativo à área teste com base em 30 marcos geodésicos distribuídos nos diferentes ambientes (serra, planalto e planície). As estatísticas descritivas e o Erro Médio Quadrático (EMQ) estão descritos na TABELA 14.

TABELA 14 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS E EMQ DOS MDES EM RELAÇÃO AOS MARCOS GEODÉSICOS. EM VERDE ESTÃO DESTACADOS OS MELHORES RESULTADOS REFERENTES A CADA LINHA, E EM VERMELHO OS PIORES RESULTADOS.

	SRTM90	SRTM30	ASTER30	Topodata30	SDS1	SDS5	SDS10
Erro Médio	2,6	3,1	8,2	2,8	2,6	2,6	2,8
Erro Mínimo	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1
Erro Máximo	14,1	14,7	19,2	9,0	10,2	9,2	10,2
Desvio Padrão	2,7	2,8	5,1	2,3	2,5	2,6	2,7
Mediana	1,8	2,5	7,6	1,9	1,9	1,3	1,3
EMQ	3,2	4,2	9,6	3,6	3,6	3,6	3,6

FONTE: A autora (2017).



O MDE ASTER30 foi o que apresentou os piores resultados nas análises descritivas dos erros. Outros autores, como Biffi *et al.* (2013) e Ouerghi *et al.* (2015) também não encontraram bons resultados com este modelo. Desta forma, optou-se por desconsiderar o MDE ASTER30 nas análises posteriores. De forma geral, para os outros MDEs, os valores de erro, desvio padrão, mediana e EMQ foram similares; tendo o MDE SRTM90 e SDS5 apresentado os melhores resultados, conforme TABELA 14.

Os valores altimétricos dos MDEs em relação aos marcos geodésicos foram subestimados em sua maioria, exceto no MDE Topodata30, conforme TABELA 15. O MDE ASTER30 foi o que apresentou a maior frequência de dados subestimados, outros autores na literatura também encontraram maiores frequências subestimadas para este MDE (Landau *et al.*, 2011; Rexer *et al.*, 2014; Ouerghi *et al.*, 2015).

TABELA 15 - VALORES DE ERROS SUBESTIMADOS E SUPERESTIMADOS DOS MDES EM RELAÇÃO AOS MARCOS GEODÉSICOS EM (%).

	SRTM90	SRTM30	ASTER30	Topodata30	SDS1	SDS5	SDS10
Subestimado	70,0	56,7	96,7	40,0	83,3	80,0	80,0
Superestimado	30,0	43,3	3,3	60,0	16,7	20,0	20,0

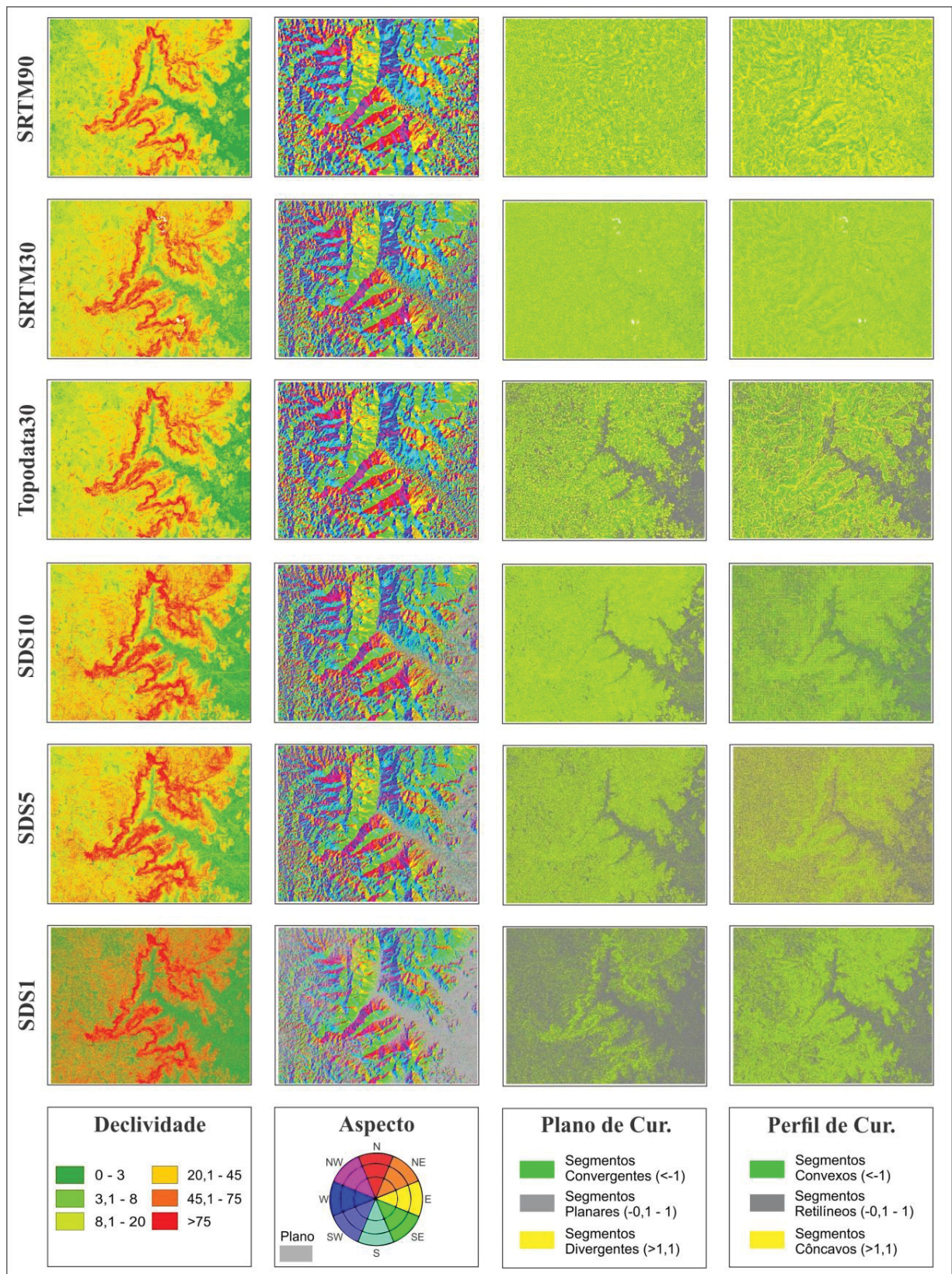
FONTE: A autora (2017).

#### 4.3.2 Atributos topográficos

##### 4.3.2.1 Área teste

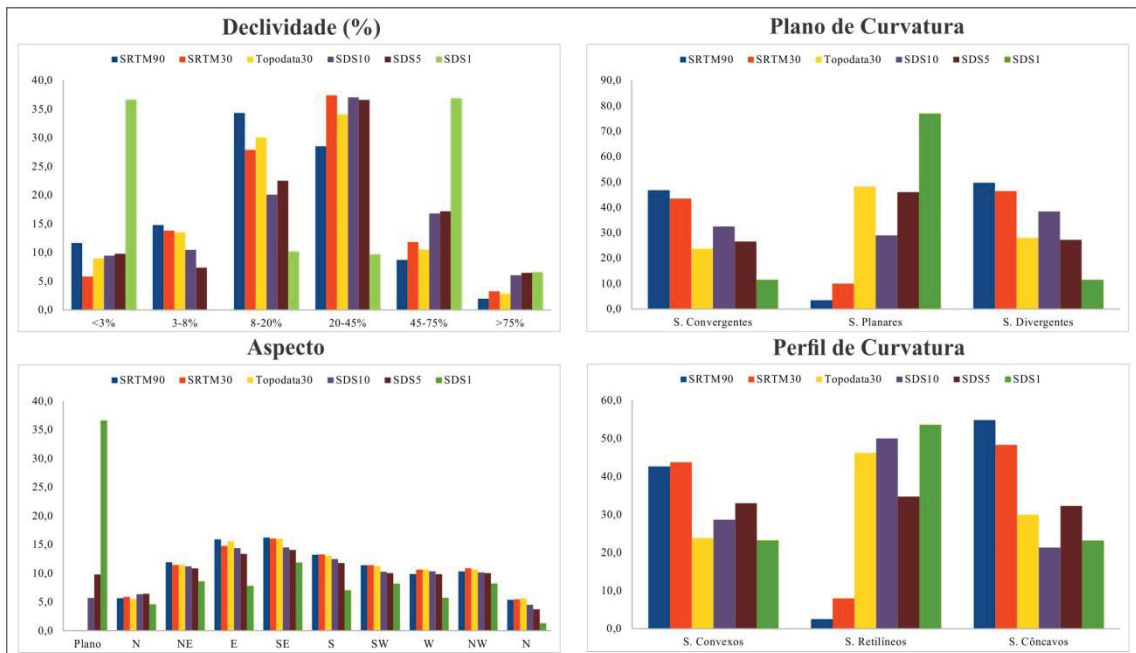
Foram elaborados os mapas dos atributos topográficos (declividade, aspecto, plano de curvatura e perfil de curvatura) para seis MDEs (SRTM90, SRTM30, Topodata30, SDS10, SDS5, SDS1), conforme FIGURA 17. As diferenças foram aumentando gradualmente entre os modelos, quanto maior a amplitude da resolução horizontal de grade. A FIGURA 18 traz a frequência em (%) das classes referentes a cada atributo, como auxílio nas discussões que se seguem.

FIGURA 17 - COMPARAÇÃO DOS ATRIBUTOS TOPOGRÁFICOS (DECLIVIDADE, ASPECTO, PLANO DE CURVATURA E PERFIL DE CURVATURA) NA ÁREA TESTE, ENTRE DIFERENTES MDES (SRTM90, SRTM30, TOPODATA30, SDS10, SDS5 E SDS1).



FONTE: A autora (2017).

FIGURA 18 - GRÁFICOS COMPARATIVOS DA FREQUÊNCIA (%) DAS CLASSES DOS ATRIBUTOS TOPOGRÁFICOS (DECLIVIDADE, ASPECTO, PLANO DE CURVATURA E PERFIL DE CURVATURA) NA ÁREA TESTE, ENTRE DIFERENTES MDES (SRTM90, SRTM30, TOPODATA30, SDS10, SDS5 E SDS1).



FONTE: A autora (2017).

A declividade foi um atributo que variou muito entre os MDEs. Quanto menor o *pixel* do MDE, maiores os valores de declividade encontrados. Por exemplo, o MDE SRTM90 apresentou declividade máxima de 177,3%, enquanto para o MDE SDS1 o valor máximo foi de 3.837,5%. Quanto às frequências de classes (FIGURA 18), o MDE SDS1 foi o que apresentou as maiores diferenças em relação à média dos MDEs por classe, com destaque para as classes <3%, 20-45% e 45-75%, que apresentaram diferença média de 20%.

Quanto ao aspecto (orientação das vertentes), o MDE SDS1 foi o que apresentou as maiores diferenças em relação aos outros MDEs, principalmente quanto à classe “Plano”, com uma diferença aproximada de 30% em relação à média. Quanto mais grossa a resolução de grade (tamanho do *pixel*), pior foi o cenário em relação a esta classe, por exemplo, os MDEs SRTM90 e Topodata30 não apresentaram nenhum valor “Plano”, e para o MDE SRTM30, a frequência foi de 0,1%. Sabe-se empiricamente que parte considerável da área teste é plana, o que desfavorece a utilização destes modelos em relação a este atributo. Destaca-se que este atributo é uma ferramenta importante, por exemplo, em uma análise



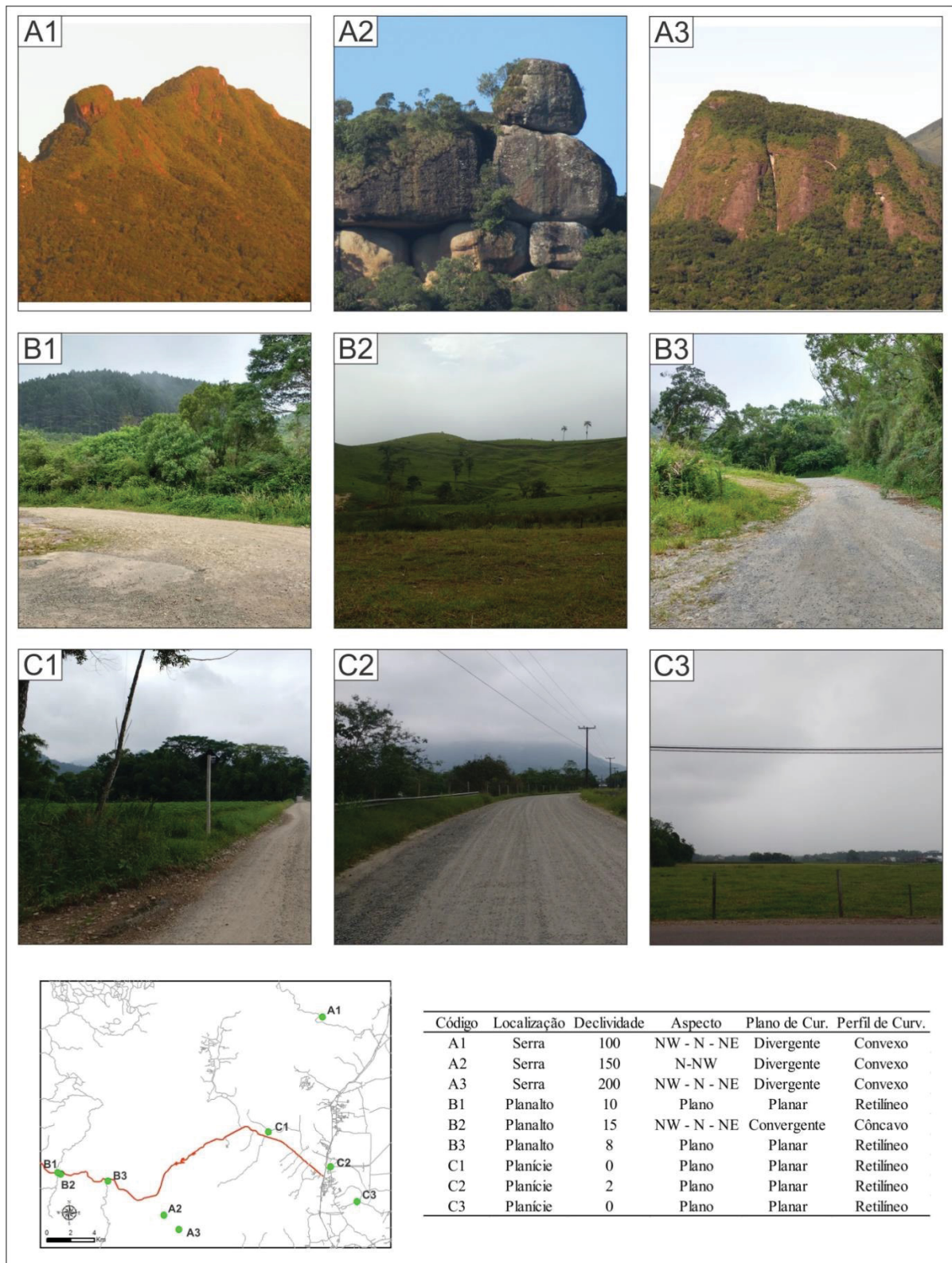
climatológica, pois a orientação das vertentes vai interferir na entrada de fluxos de umidade e na incidência de radiação solar.

Tanto o mapa do plano de curvatura, quanto o de perfil de curvatura geraram segmentos planares e retilíneos, respectivamente, contrastantes entre os modelos. Em relação à frequência das classes no plano de curvatura, mais uma vez o MDE SDS1 foi o que apresentou as maiores diferenças em relação à média dos MDEs, categorizando quase 80% da área teste como planar, enquanto para o MDE SRTM90 o valor foi de apenas 3,4%.

No mapa de perfil de curvatura o MDE SRTM90 foi o que apresentou as maiores diferenças em relação a médias dos modelos, novamente com um baixo valor de segmentos retilíneos. A maior diferença entre os segmentos convexos e côncavos se deu no MDE SRTM90 (12,2%). Para este atributo, a diferença entre o segmento retilíneo e os outros não foi tão contrastante no SDS1.

Foram realizadas observações *in loco* para validar a qualidade dos modelos. Verificou-se se os atributos primários (declividade, aspecto, plano de curvatura e perfil de curvatura) gerados em ambiente SIG, a partir dos seis diferentes MDEs, condiziam com a realidade, por meio de nove amostras selecionadas nos três ambientes (serra, planalto e planície) (FIGURA 19).

FIGURA 19 - PONTOS DE CONFERÊNCIA DE CAMPO.



FONTE: A autora (2017).



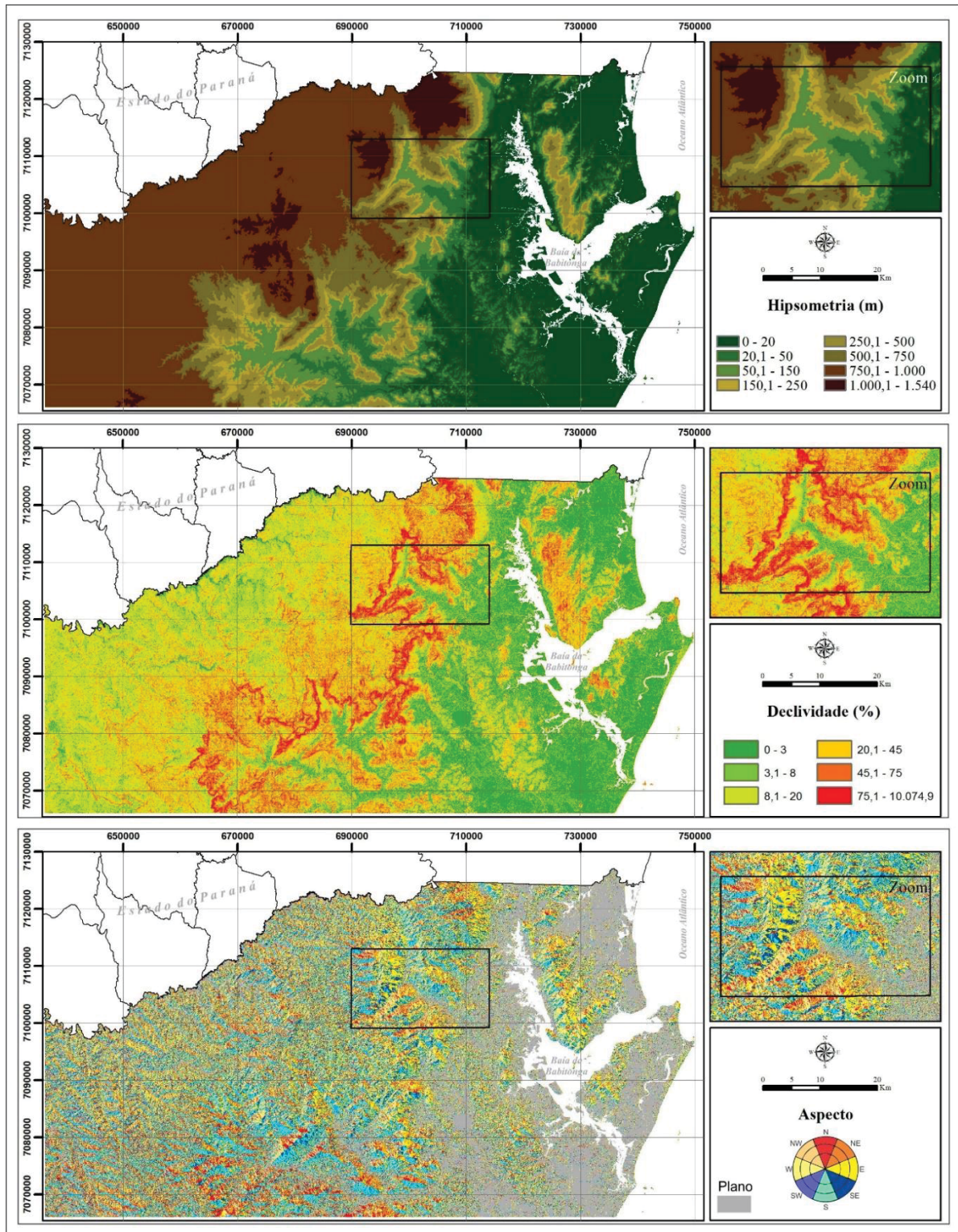
O MDE SDS1 se destacou nas comparações em relação ao ambiente da planície, sendo o melhor modelo, seguido pelo Topodata30. Já os MDEs SRTM90 e SRTM30 apresentaram resultados ruins no ambiente de planície, o que também é evidenciado nas FIGURAS 17 e 18. Em relação ao ambiente de serra o SDS5 apresentou o maior número de acertos em relação ao real; já no ambiente de planalto foi o SDS1. Todos os modelos, exceto o SDS1, apresentaram o maior número de acertos no ambiente de serra. Já em relação aos atributos, a declividade foi melhor representada pelo SDS10, o aspecto pelo SDS1, o plano de curvatura pelo SDS1 e SDS10, e o perfil de curvatura pelo SDS1 e Topodata30.

Com base nas análises dos atributos topográficos e nas conferências em campo, ficou evidenciado que os piores modelos foram o SRTM30 e o SRTM90, e os melhores foram o SDS1, SDS5 e SDS10. Os modelos SRTM30 e SRTM90 apresentaram resultados insatisfatórios em relação aos atributos aspecto, plano de curvatura e perfil de curvatura, com uma má representação de áreas planas/retilíneas. Apesar disso, todos os modelos apresentaram bons resultados em diferentes análises, por exemplo, o SRTM90 apresentou o menor EMQ. Optou-se por utilizar o MDE SDS5 – que apresentou resultados similares ao SDS10, porque apesar de o SDS1 apresentar bons resultados e maior detalhamento, o polígono de área de estudo possui uma área aproximada de 7.000 km<sup>2</sup>, e o processamento dos dados se tornou inviável devido à capacidade de *hardware*.

#### 4.3.2.2 Polígono de área de estudo (área total)

Foram gerados os mapas dos atributos topográficos primários: hipsometria, declividade, aspecto (FIGURA 20), plano de curvatura, perfil de curvatura, relevo sombreado (FIGURA 21); e do atributo topográfico secundário Índice de Posição Topográfica (FIGURA 22), para toda a área de estudo. A FIGURA 23 traz as frequências das classes encontradas nos atributos como forma de auxiliar nas análises imediatas.

FIGURA 20 - ATRIBUTOS TOPOGRÁFICOS PRIMÁRIOS (HIPSOMETRIA, DECLIVIDADE E ASPECTO) DA REGIÃO DA SERRA DO MAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA.



FONTE: A autora (2017).

O valor altimétrico médio da área de estudo é de 447 m, o qual varia do nível do mar até 1.540 m. A classe predominante é a de 750,1 a 1000 m (36,1%), correspondente principalmente à região de planalto. As áreas planas inferiores a 20,1 m são em sequência as mais frequentes (29,9 %). As áreas com altitudes superiores a 1.000 metros estão distribuídas pela Serra do Mar: no Granito Morro Redondo, Granito Dona Francisca, Granito Pirai, Granito Corupá; e um pouco mais a oeste em coberturas vulcanossedimentares da Formação Campo Alegre (CPRM, 2014).

Quanto à declividade, o valor médio foi de 21,4%, variando de 0 a 10.074,9%. As classes predominantes são a de 20 a 45%/ relevo forte ondulado com 27,1% de frequência e de 8 a 20%/ relevo ondulado com 26,8% de frequência. As maiores declividades são encontradas na escarpa da Serra do Mar, no trecho central da área de estudo, o relevo escarpado corresponde a 2,9% da área total analisada, e o relevo montanhoso corresponde a 10,3%.

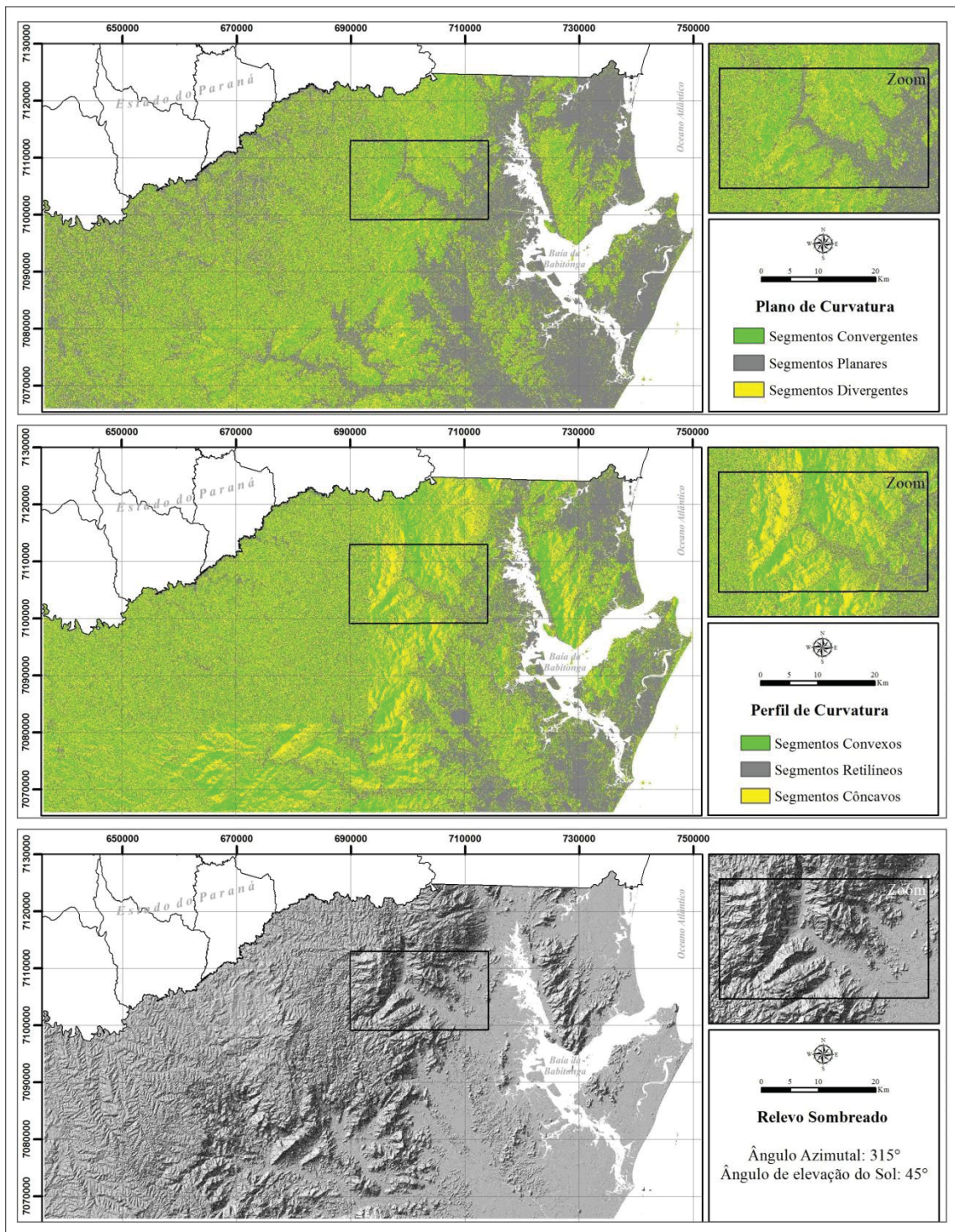
Para o atributo aspecto (orientação das vertentes) a classe predominante foi o plano (22,4%), seguido por leste (10,5%), sudeste (10,4%) e nordeste (10%). A orientação com a menor frequência é a de sudoeste (9%), ou seja, a diferença entre a orientação das vertentes é mínima, já que a amplitude entre as direções leste e sudoeste é de apenas 1,5%. A classe “plano” predomina nas áreas de planície costeira. Na região de planalto a variabilidade entre as diferentes orientações é mais homogênea, devido à característica do relevo (pequenas cristas, morros de topos convexos e vales em “V” e simétricos). Já na área compreendida pelas escarpas da Serra do Mar há um predomínio da orientação leste, sudeste e nordeste, com destaque para as encostas à leste dos granitos Morro Redondo e Dona Francisca. Segundo Almeida e Carneiro (1998) a direção geral da Serra do Mar acompanha a orientação leste/nordeste do Escudo Atlântico, justificando estes resultados.

Os atributos: plano de curvatura e perfil de curvatura estão associados aos processos erosivos do relevo. Os valores médios desses dois atributos foram equivalente a 0, indicando que a área de estudo têm predominância de segmentos planares e retilíneos, o que é comprovado no gráfico de frequência na FIGURA 21, onde os segmentos planares representam 57,7% e os segmentos retilíneos 44,3%. O atributo relevo sombreado, por sua vez, é uma importante ferramenta na interpretação visual das formas do relevo. Este atributo possibilita analisar o



sombreamento resultante das formas do relevo, o qual indica as áreas que recebem maior ou menor radiação solar, o que pode ser útil em análises climatológicas.

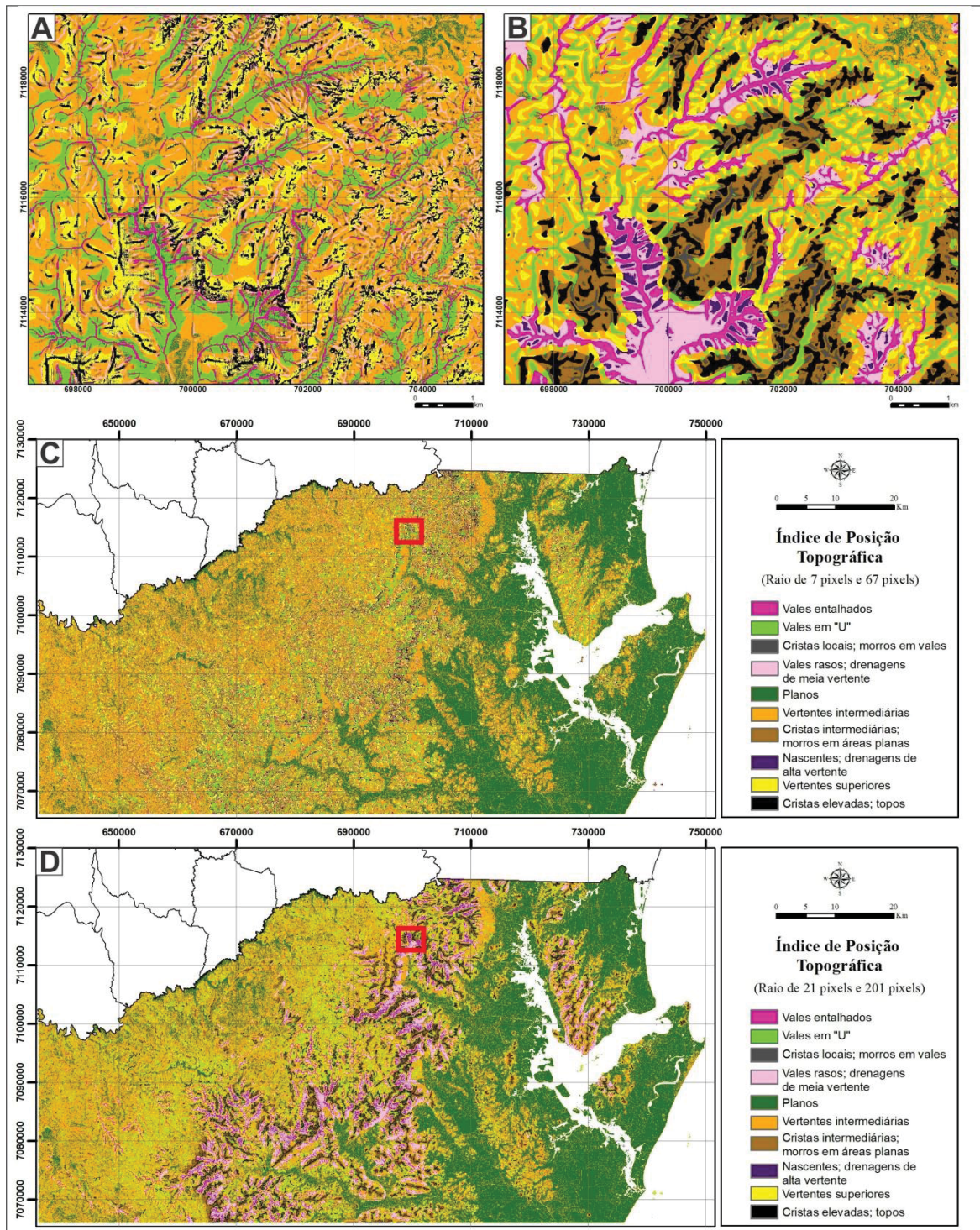
FIGURA 21 - ATRIBUTOS TOPOGRÁFICOS PRIMÁRIOS (PLANO DE CURVATURA, PERFIL DE CURVATURA E RELEVO SOMBREADO) DA REGIÃO DA SERRA DO MAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA.



FONTE: A autora (2017).



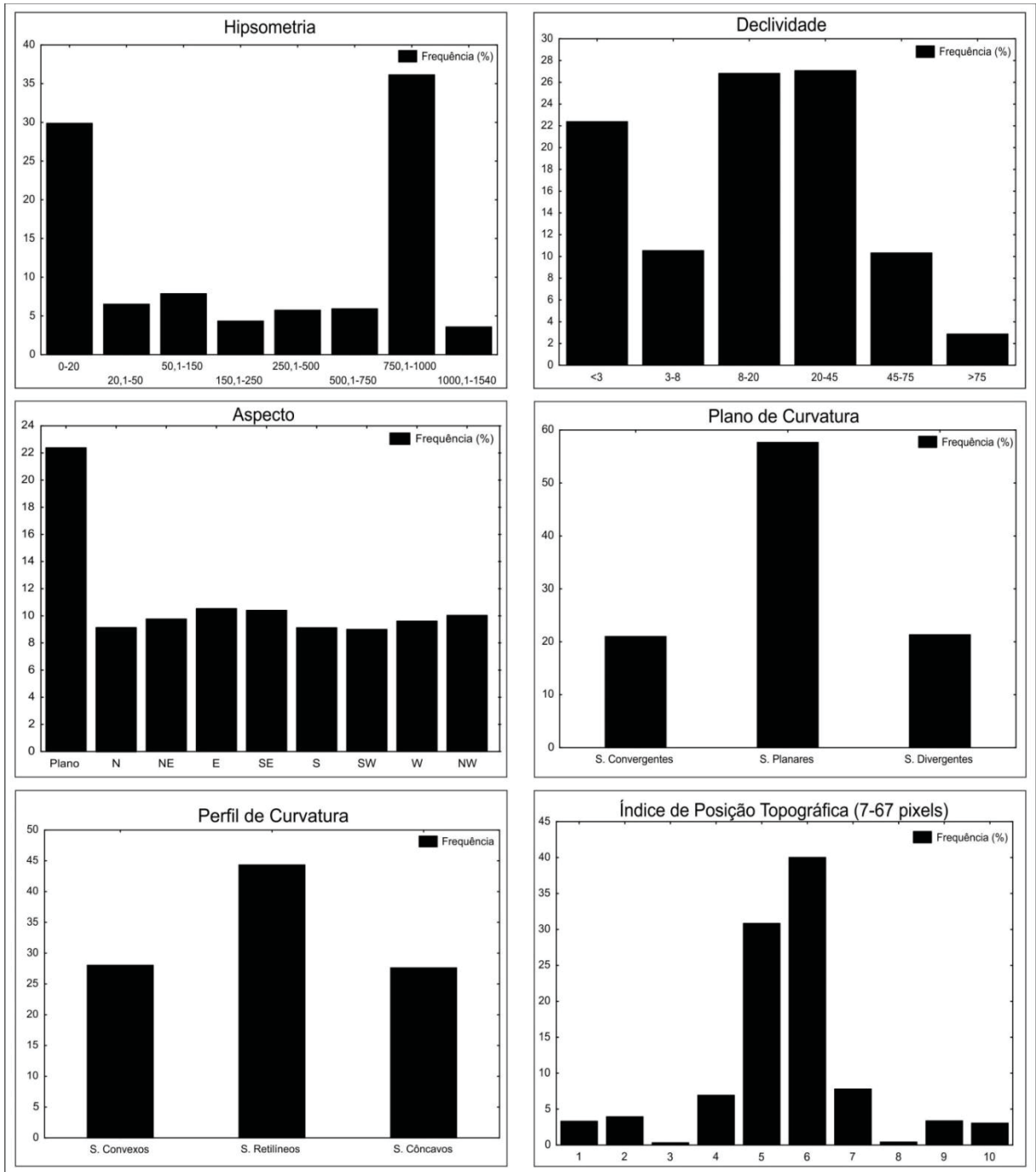
FIGURA 22 – A) ÁREA DESTAQUE DO IPT (RAIO DE 7 E 67 PIXELS); B) ÁREA DESTAQUE DO IPT (RAIO DE 21 E 201 PIXELS); C) IPT (RAIO DE 7 E 67 PIXELS) PARA A ÁREA DE ESTUDO; D) IPT (RAIO DE 21 E 201 PIXELS) PARA A ÁREA DE ESTUDO.



FONTE: A autora (2017).



FIGURA 23 - FREQUÊNCIA DE CLASSES DE ATRIBUTOS TOPOGRÁFICOS.



FONTE: A autora (2017).

Ambos os pares de análise do IPT: 7-67 *pixels* e 21-201 *pixels* apresentaram resultados satisfatórios, porém o IPT com a menor janela amostral (7-67 *pixels*) apresentou resultados mais precisos (FIGURA 23). Silveira (2015) encontrou resultados semelhantes estudando a região central da Serra do Mar do estado do Paraná. O IPT com a maior janela amostral generalizou as classes gerando exageros desproporcionais, por exemplo, uma crista localizada na região nordeste da área de estudo (município de Garuva) com largura aproximada de 30 metros, foi categorizada com largura aproximada de 100 metros no IPT 21-201 *pixels*. Essa dinâmica de generalização das classes no IPT com a maior janela amostral também pode ser observada na FIGURA 22, onde foram selecionadas duas áreas menores (mais detalhadas) - destacadas em vermelho nos mapas de IPT da área de estudo (FIGURA 22 C-D), na FIGURA 22 A foi destacado o IPT (7-67 *pixels*) e na FIGURA 22 B o IPT (21-201 *pixels*). Na TABELA 16 estão descritas as frequências de cada classe do IPT para as duas janelas amostrais, com base na tabela é possível observar que a frequência das classes foi similar entre os dois modelos. As maiores diferenças foram observadas na classe de vertentes intermediárias. A classe predominante na área de estudo (considerando o IPT 7-67 *pixels*) é a de vertentes intermediárias (40%), seguida pela classe de planos (30,8%).

TABELA 16 – FREQUÊNCIA (%) DAS CLASSES DO ÍNDICE DE POSIÇÃO TOPOGRÁFICA PARA AS DUAS JANELAS ANALISADAS PARA A REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA.

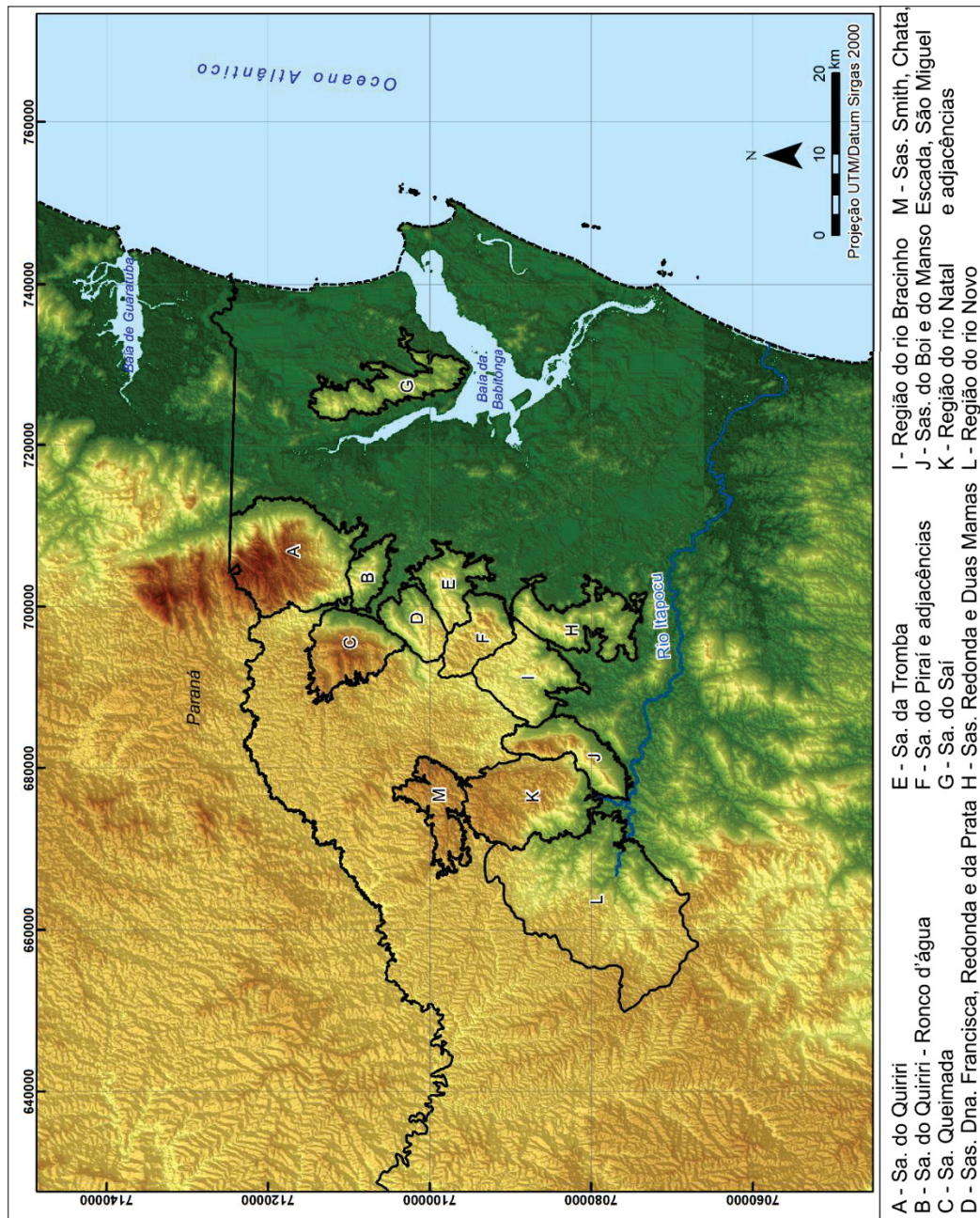
	Formas do Relevo	Frequência IPT (7-67 <i>pixels</i> )	Frequência IPT (21-201 <i>pixels</i> )
1	Vales entalhados	3,3	3,1
2	Vales rasos; drenagens de meia vertente	3,9	5,3
3	Nascentes; drenagens de alta vertente	0,3	0,5
4	Vales em "U"	6,9	7,2
5	Planos	30,8	30,4
6	Vertentes intermediárias	40,0	37,3
7	Vertentes superiores	7,8	6,5
8	Cristas locais; morros em vales	0,4	0,7
9	Cristas intermediárias; morros em áreas planas	3,4	4,8
10	Cristas elevadas; topos	3,1	4

FONTE: A autora (2017).

#### 4.3.3 Características geomorfométricas dos diferentes compartimentos da Serra do Mar de Santa Catarina

Foi selecionado um total de treze compartimentos de serra para uma análise geomorfométrica mais detalhada da Serra do Mar de Santa Catarina, conforme FIGURA 24. Foram geradas imagens com perfis de elevação para os compartimentos de serra, no sentido W-E, orientação dos ventos predominantes na região, e no sentido SW-NE, direção do movimento de passagem de frentes frias – um dos principais sistemas atmosféricos causadores de chuva na área (FIGURAS 25 a 37). As TABELAS 17 a 20 são um complemento às análises.

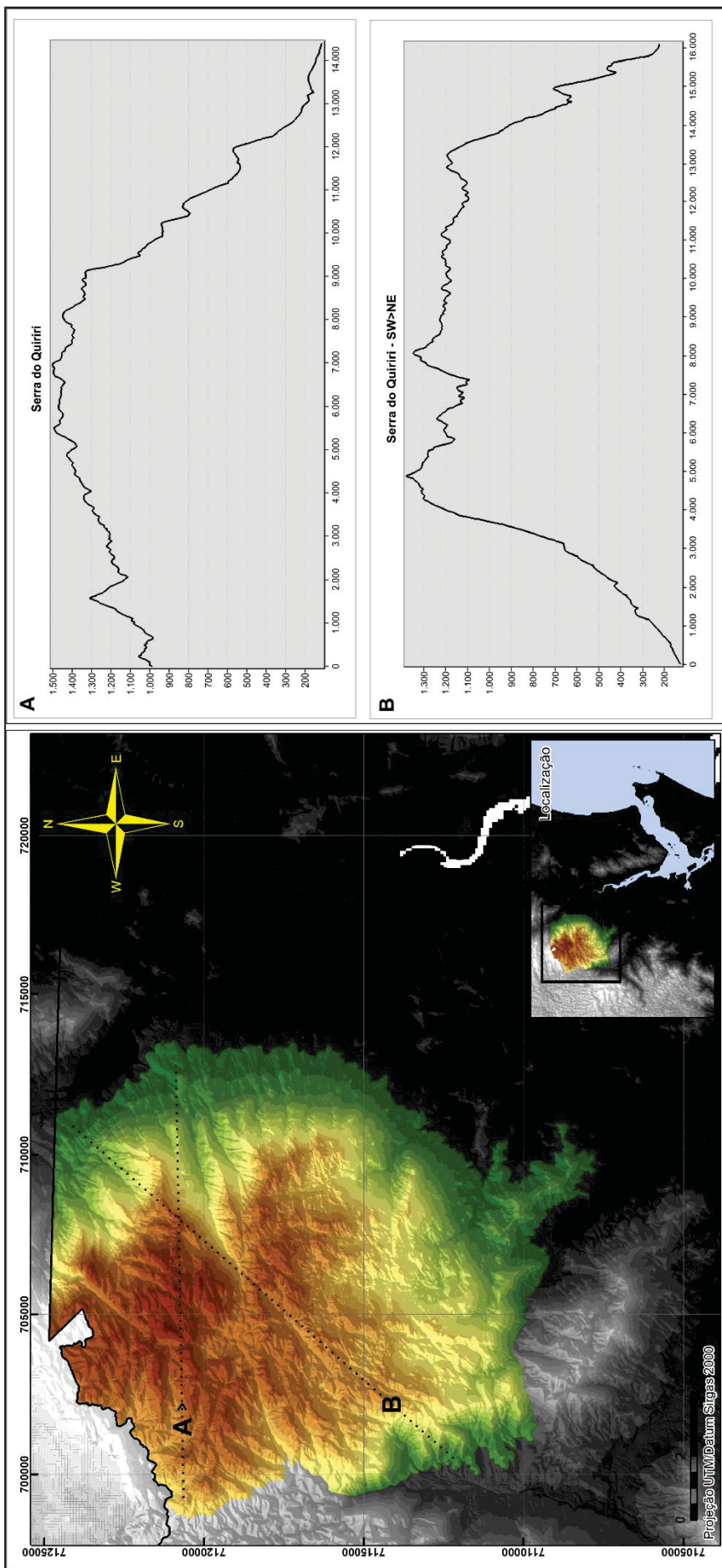
FIGURA 24 – COMPARTIMENTOS DE SERRA SELECIONADOS PARA ANÁLISE GEOMORFOMÉTRICA DETALHADA DA ÁREA DE ESTUDO.



FONTE: A autora (2019).



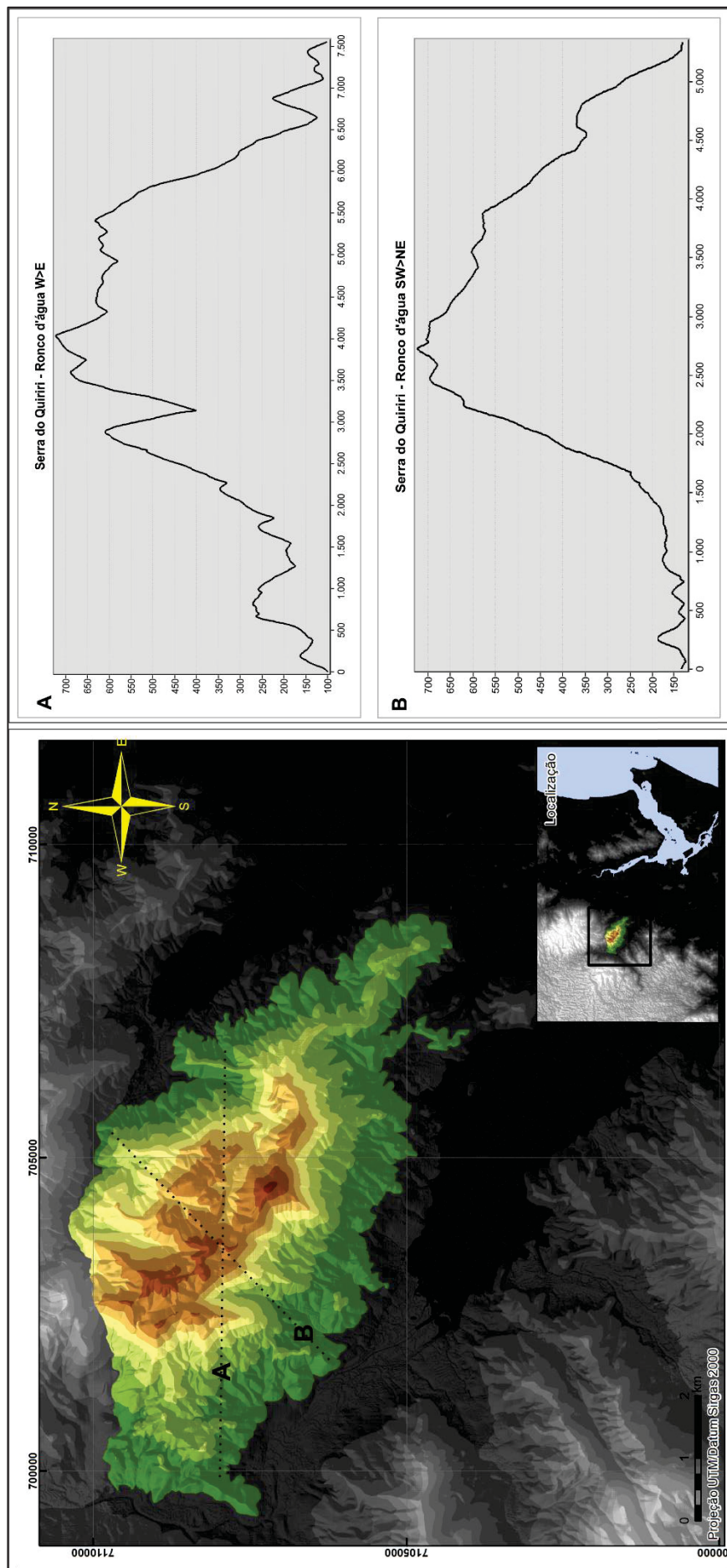
FIGURA 25 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DA SERRA DO QUIRIRI.



FONTE: A autora (2019).

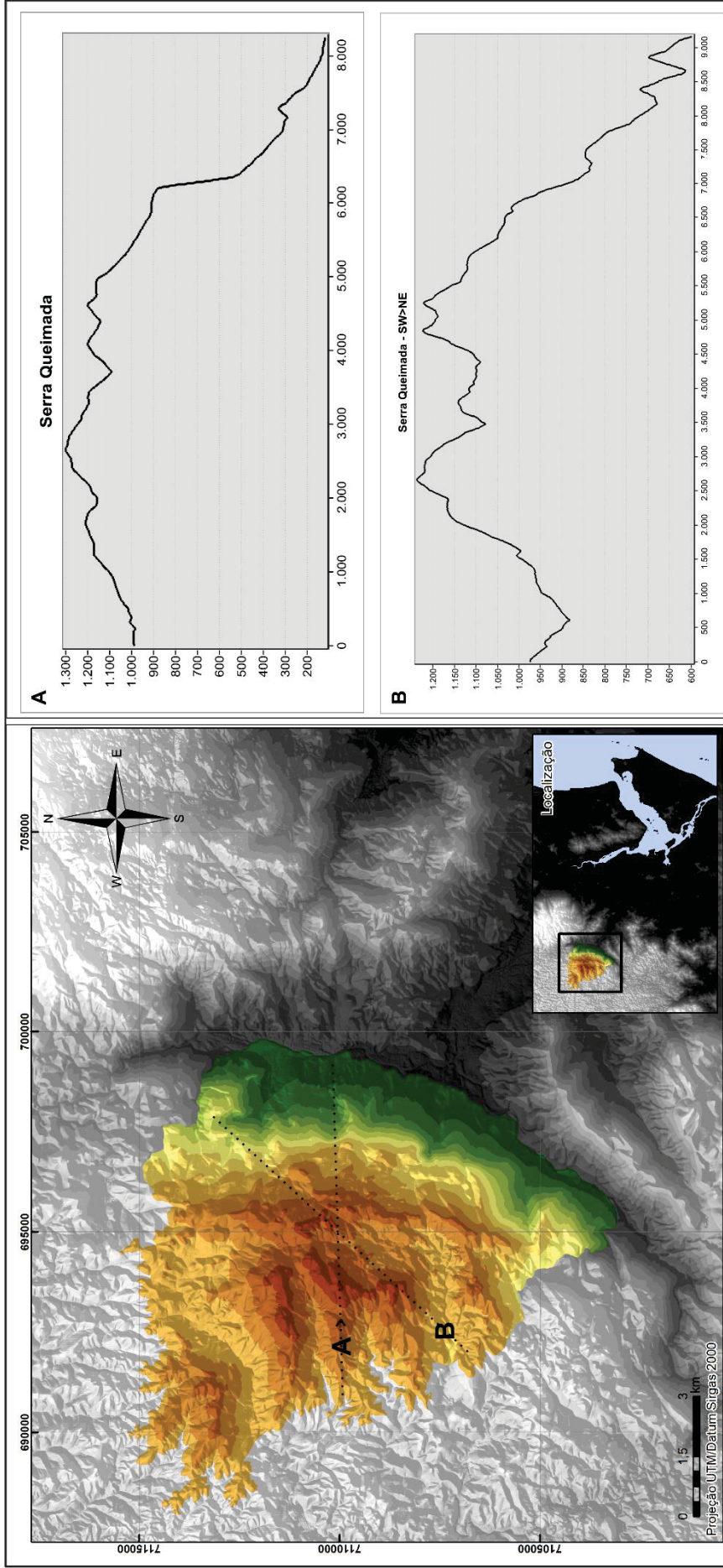


FIGURA 26 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DA SERRA DO QUIRIRI – RONCO D'ÁGUA.



FONTE: A autora (2019).

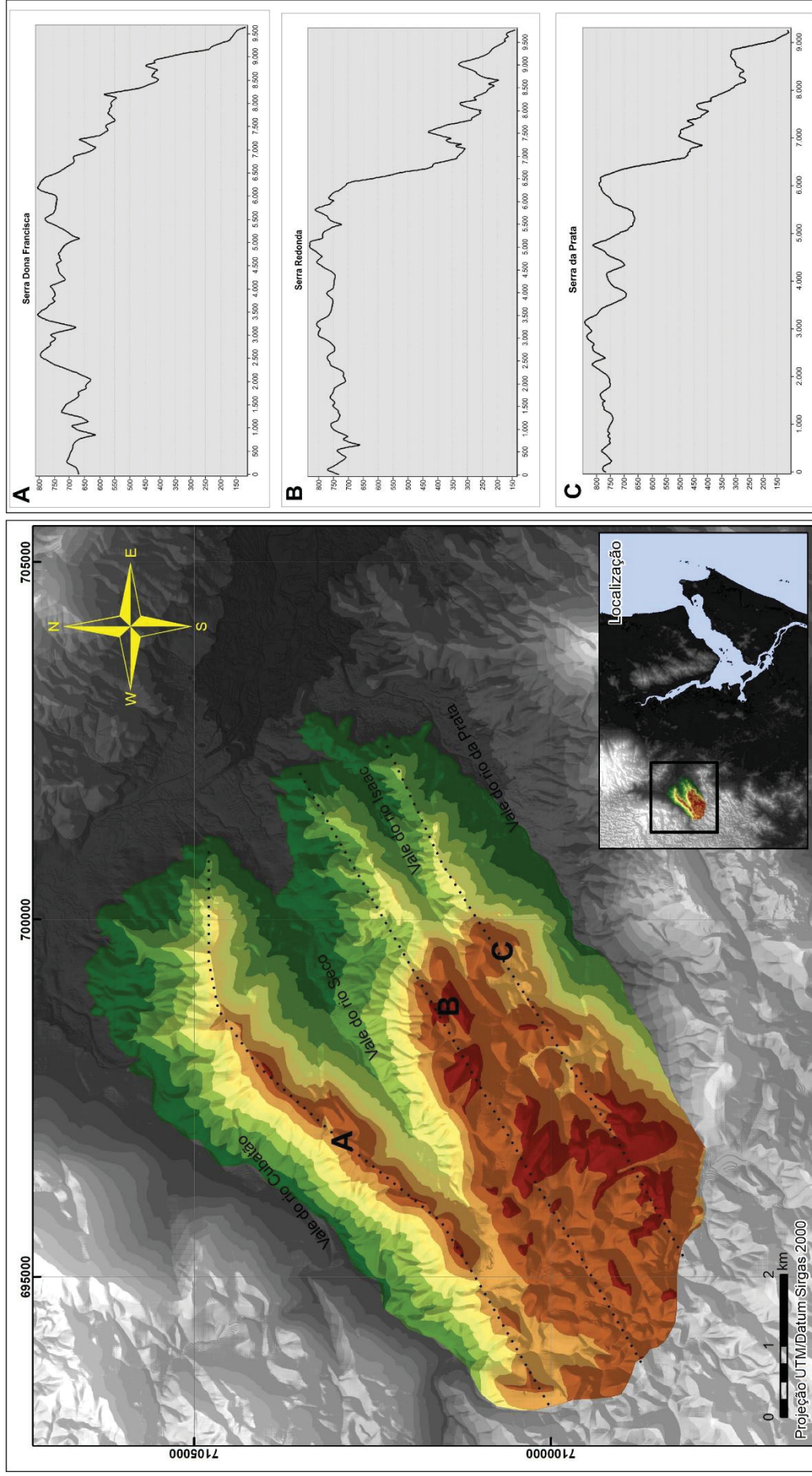
FIGURA 27 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DA SERRA DO QUEIMADA.



FONTE: A autora (2019).

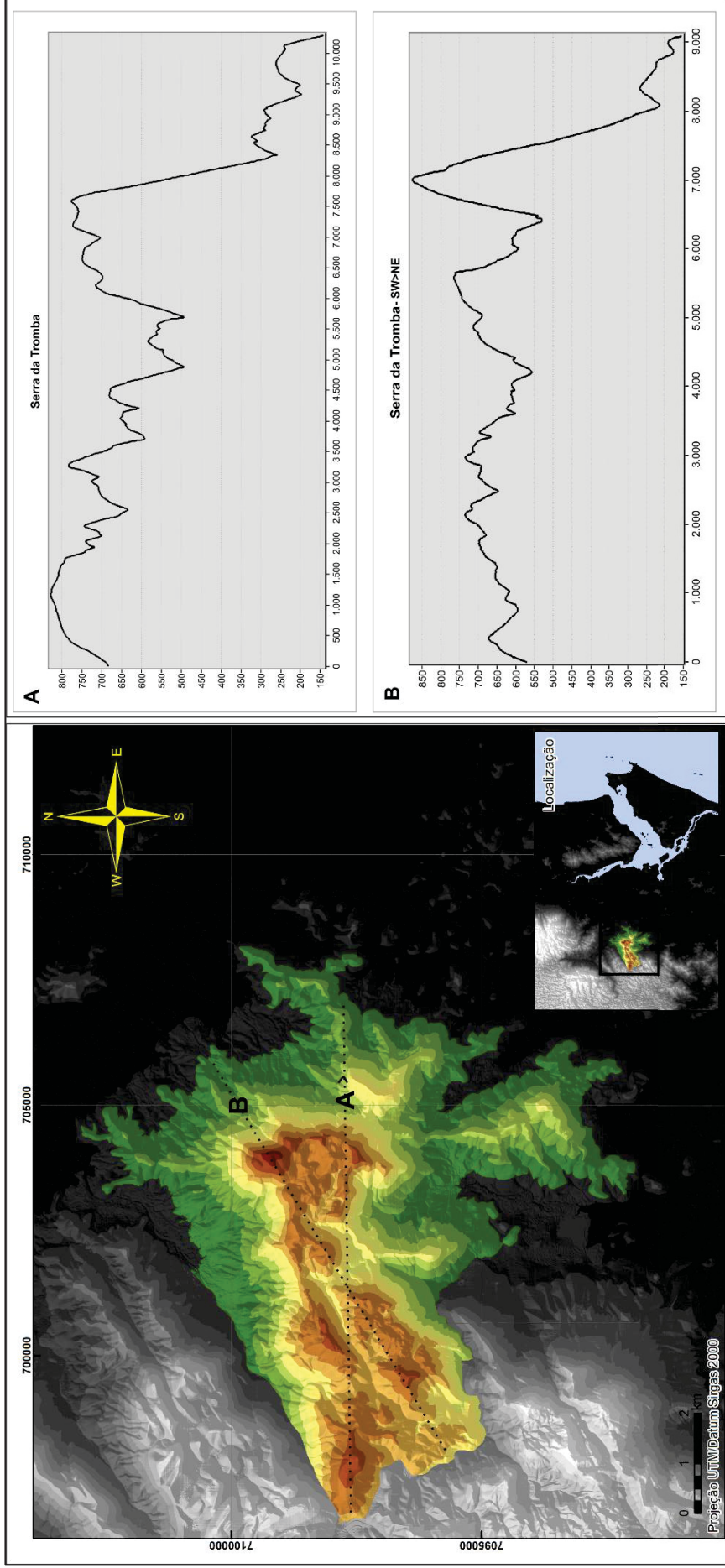


FIGURA 28 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DAS SERRAS DONA FRANCISCA, REDONDA E DA PRATA.



FONTE: A autora (2019).

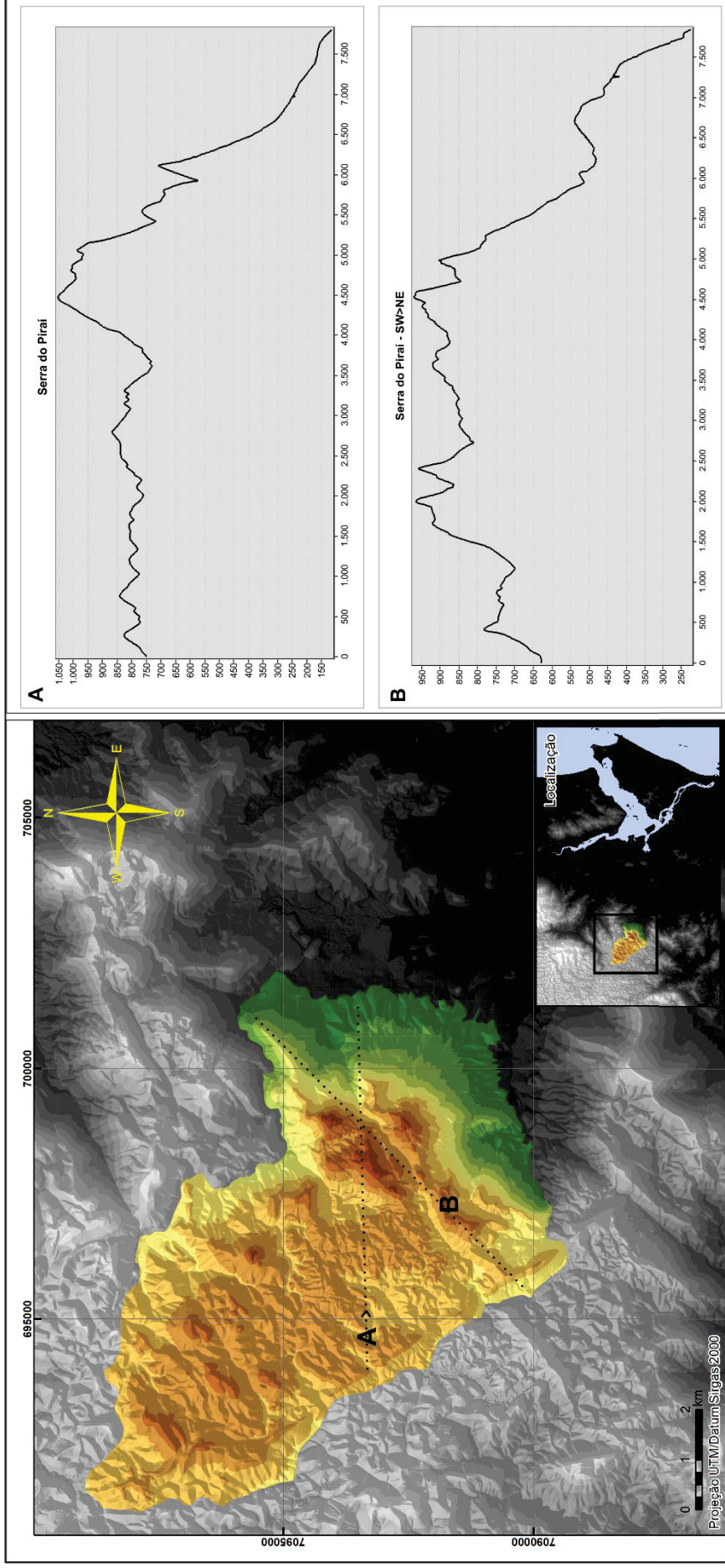
FIGURA 29 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DA SERRA DA TROMBA.



FONTE: A autora (2019).



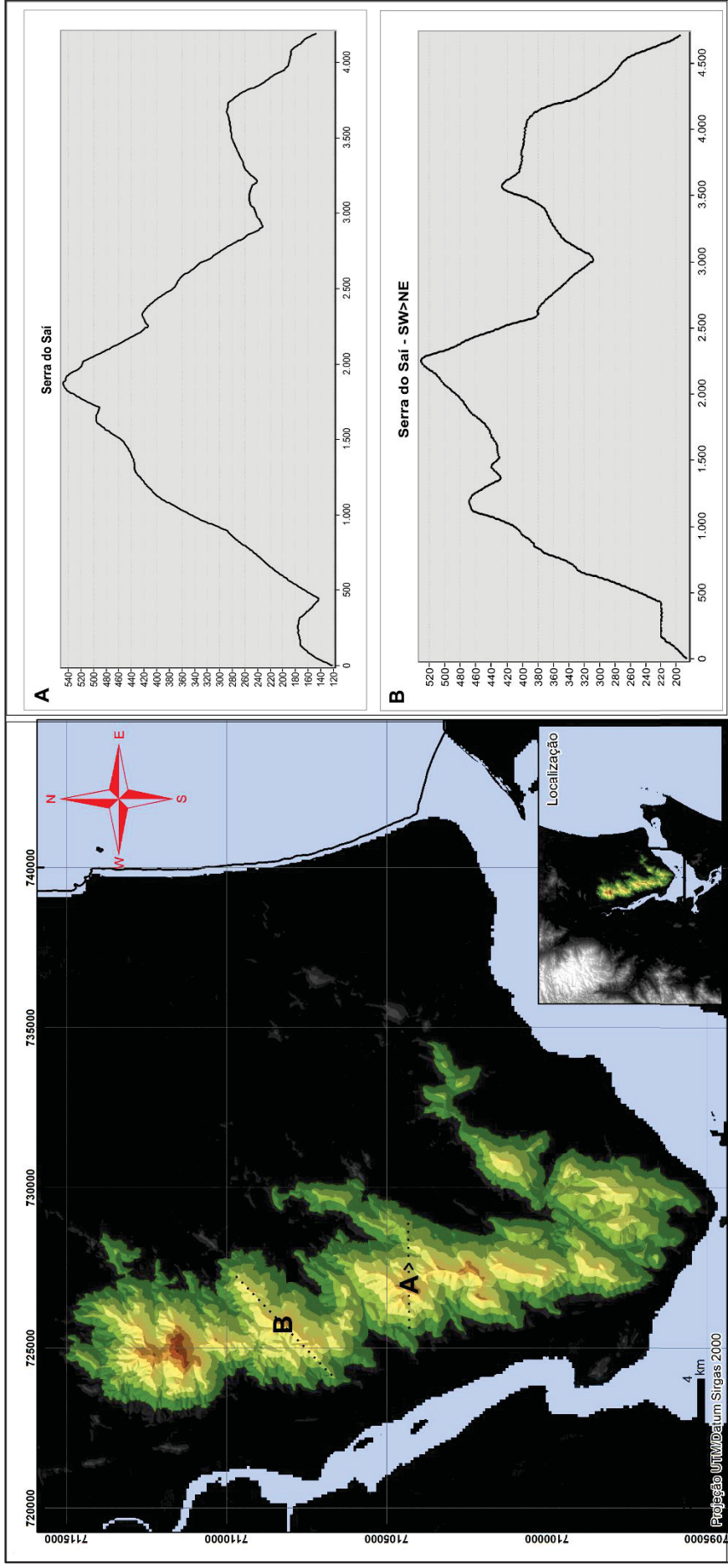
FIGURA 30 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DO PIRAI E ADJACÊNCIAS.



FONTE: A autora (2019).

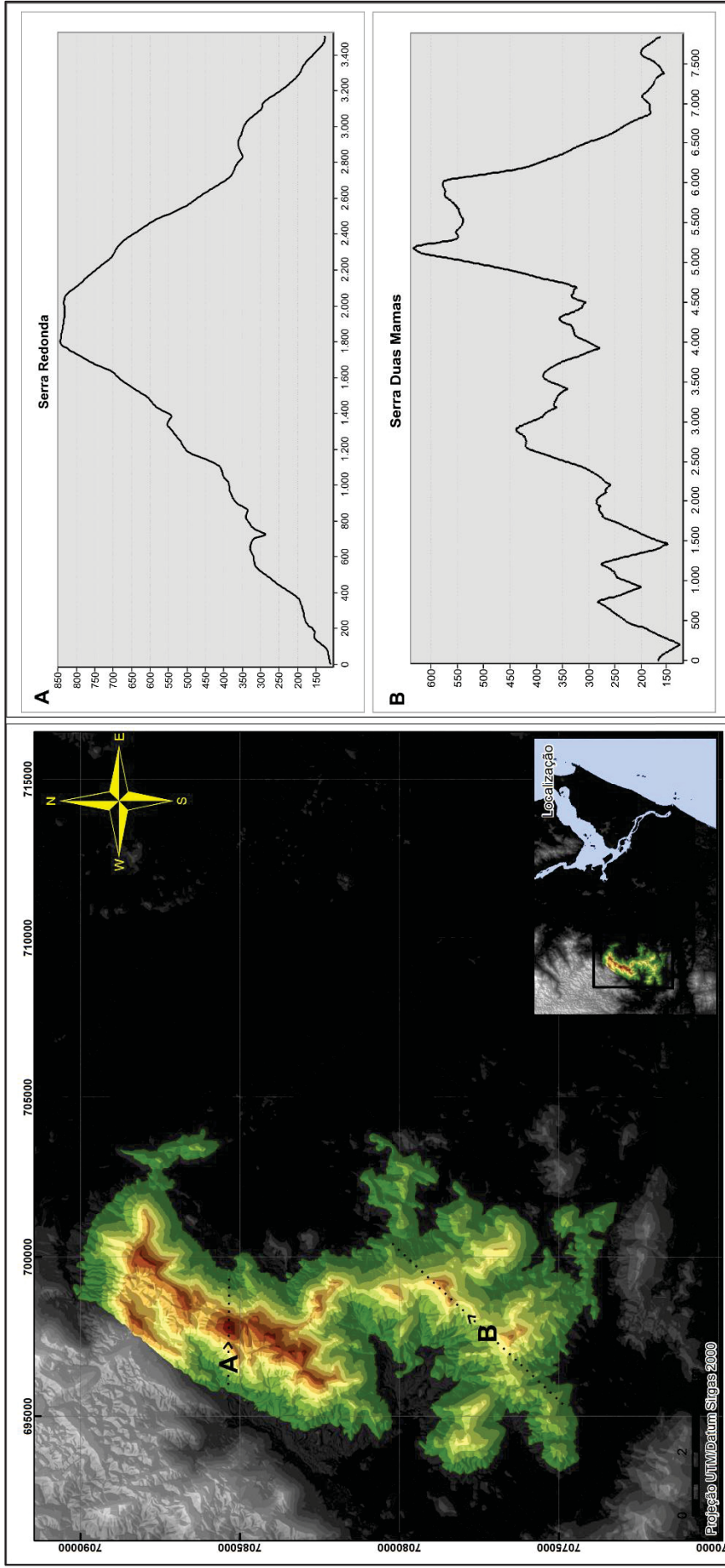


FIGURA 31 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DA SERRA DO SAÍ.



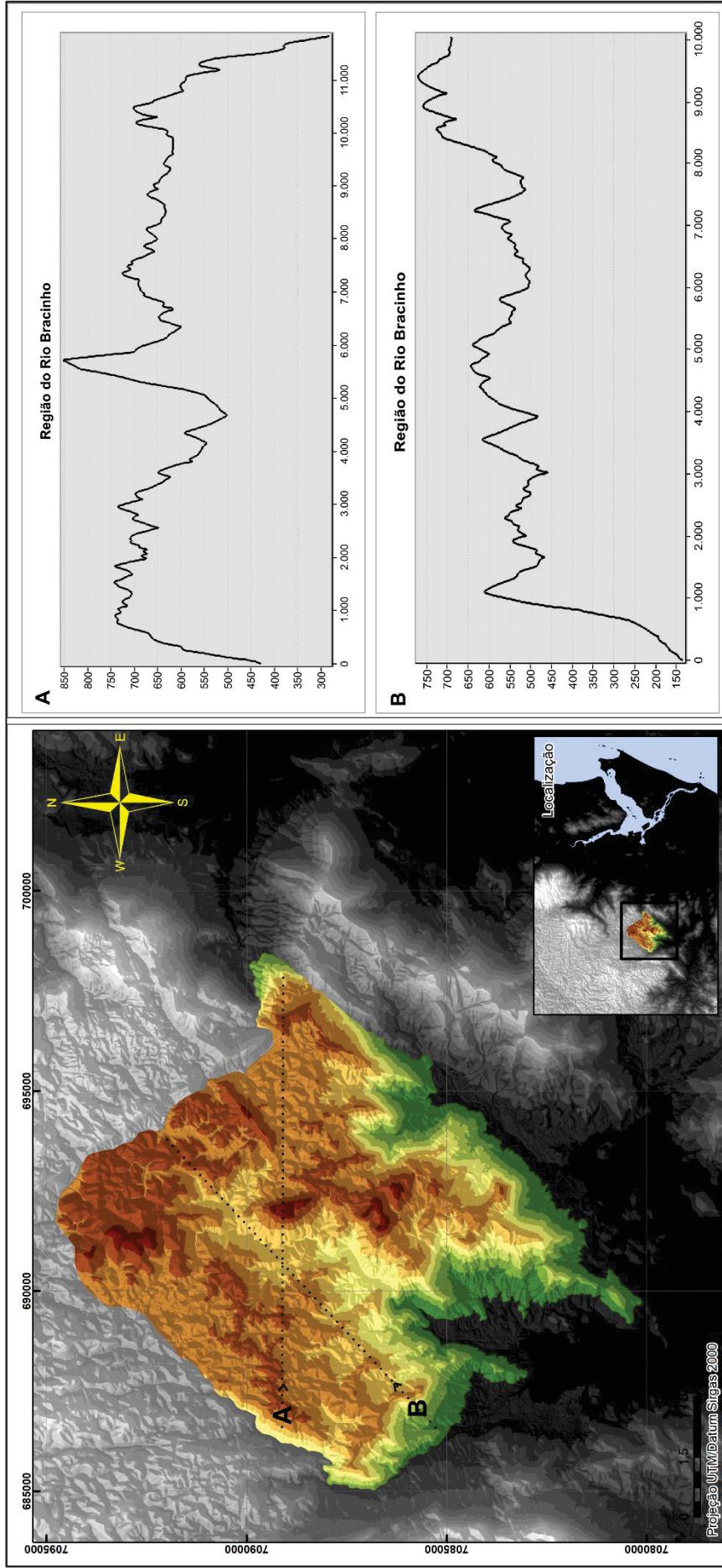
FONTE: A autora (2019).

FIGURA 32 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DAS SERRAS REDONDA E DUAS MAMAS.



FONTE: A autora (2019).

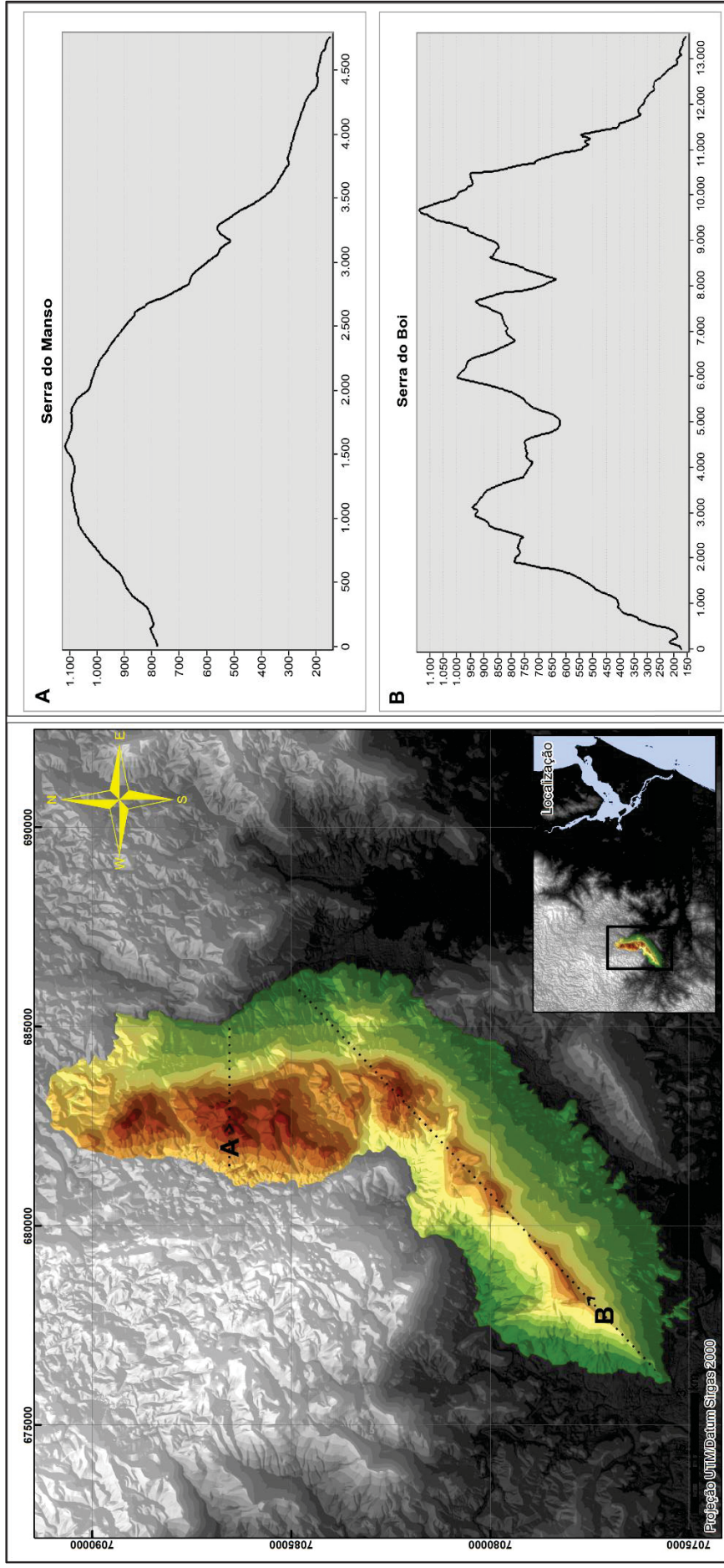
FIGURA 33 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DA REGIÃO DO RIO BRACINHO.



FONTE: A autora (2019).

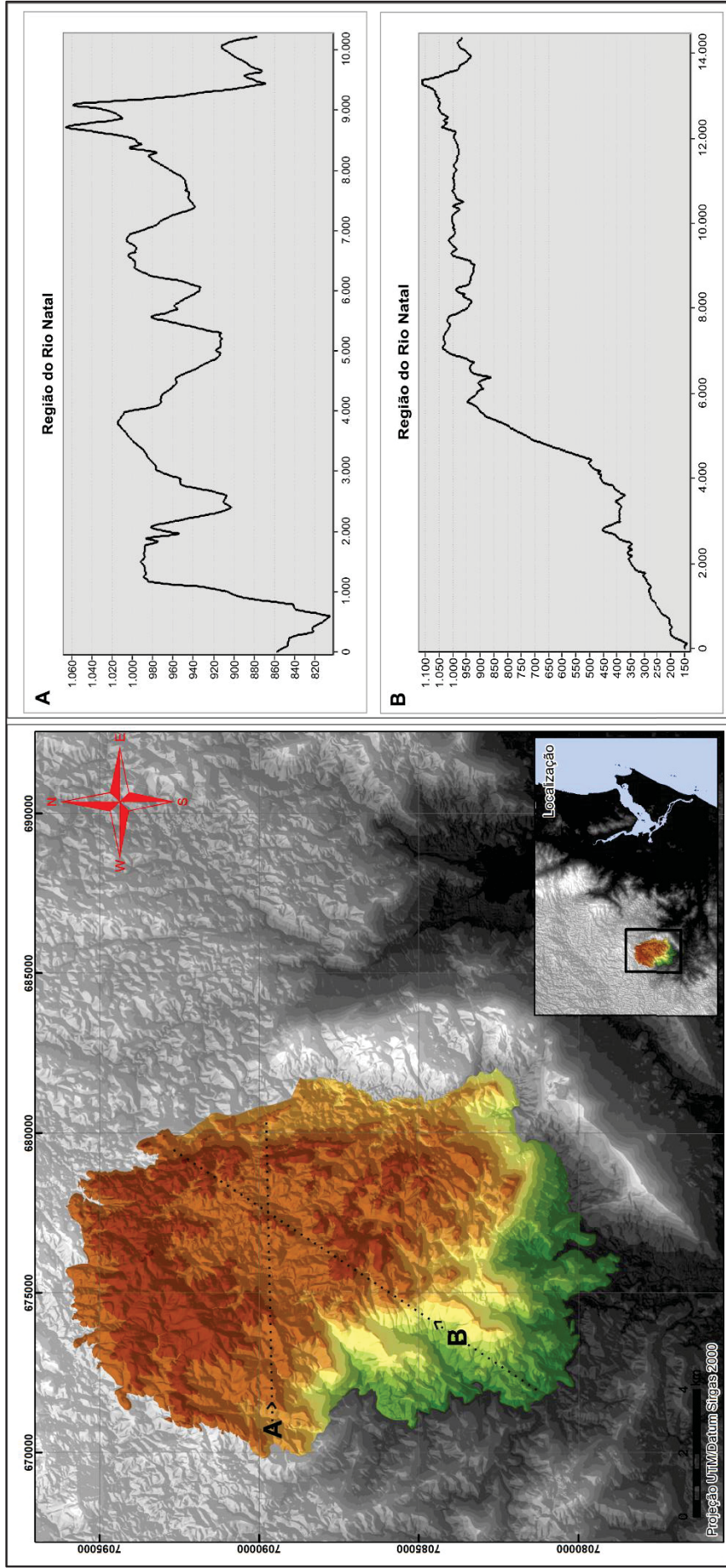


FIGURA 34 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DAS SERRAS DO BOI E DO MANSO.



FONTE: A autora (2019).

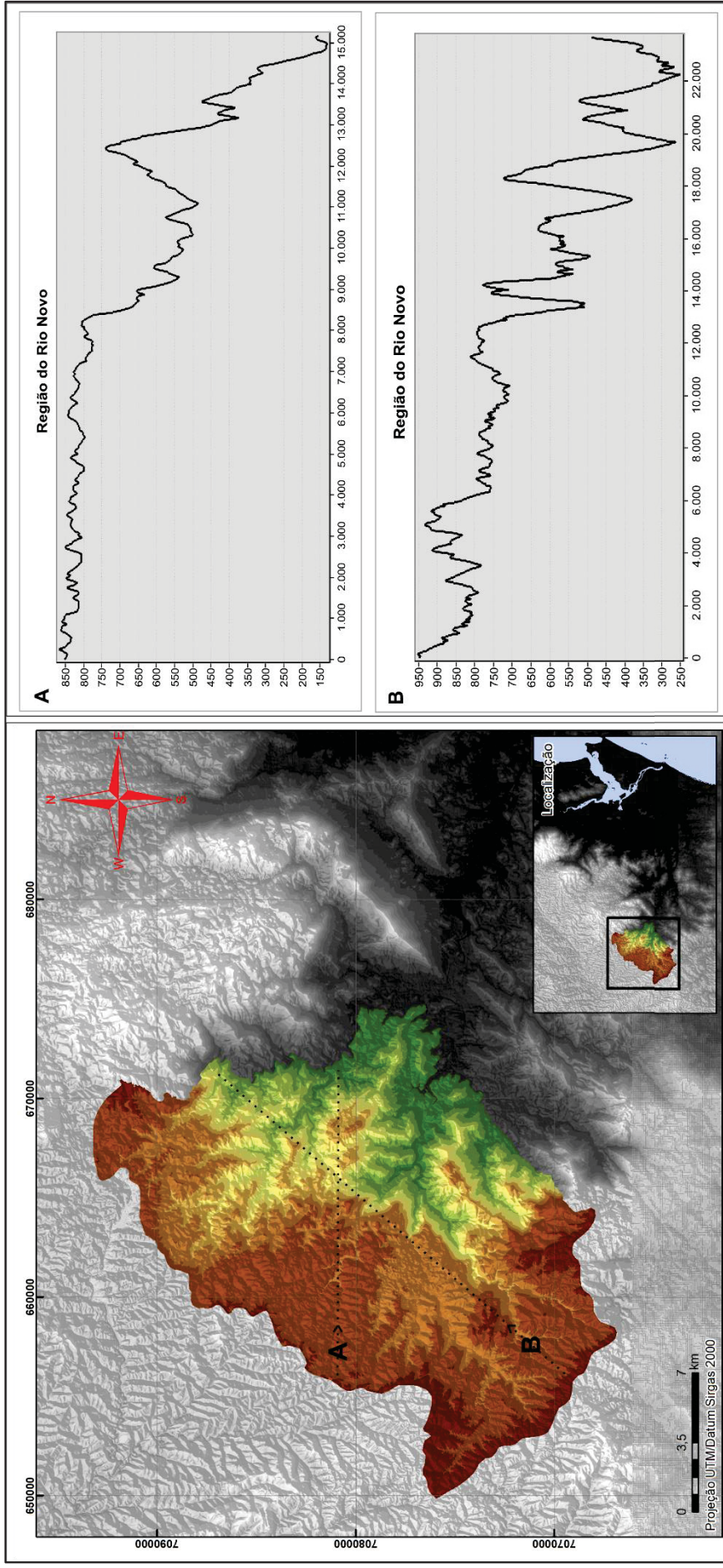
FIGURA 35 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DA REGIÃO DO RIO NATAL.



FONTE: A autora (2019).

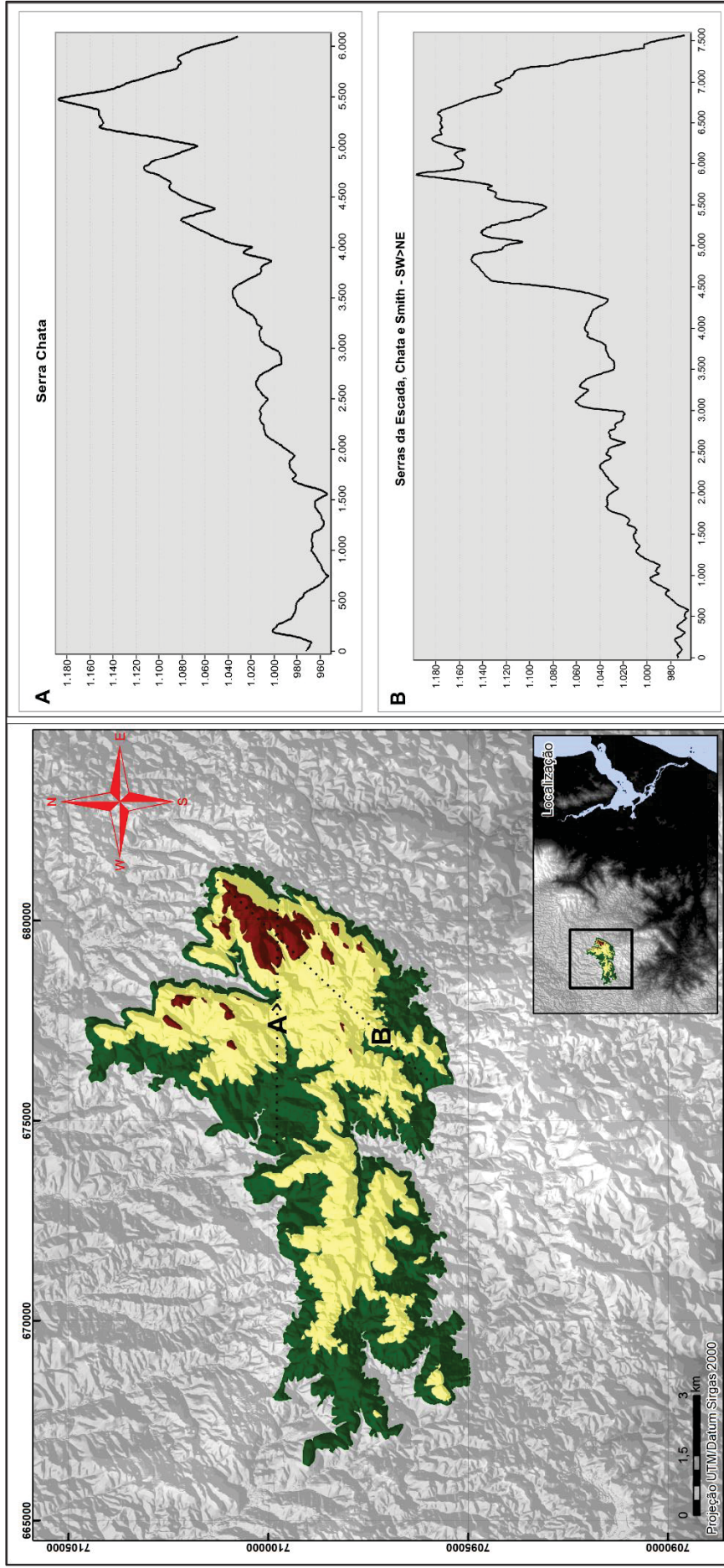


FIGURA 36 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DA REGIÃO DO RIO NOVO.



FONTE: A autora (2019).

FIGURA 37 – LOCALIZAÇÃO E PERFIS ALTIMÉTRICOS DAS SERRAS DO SMITH, CHATA, ESCADA, SÃO MIGUEL E ADJACÊNCIAS.



FONTE: A autora (2019).



TABELA 17 – FREQUÊNCIA (%) DE OCORRÊNCIA DO ATRIBUTO ASPECTO (ORIENTAÇÃO DAS VERTENTES) NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS DA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA.

Localidade	ASPECTO (ORIENTAÇÃO DAS VERTENTES)										
	Plano	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		
Sa. do Quiriri	0,6	10,4	12,4	13,6	17,7	16,1	10,5	9,4	9,4		
Sas. Dna Francisca, Redonda e da Prata	1,5	14,2	12,4	12,8	15,5	10,7	6,5	9,3	17,0		
Sa. da Tromba	0,8	14,3	11,1	14,2	14,1	11,8	9,6	11,0	13,0		
Sa. do Quiriri - Ronco d'água	0,4	8,9	12,1	13,7	12,6	13,4	15,6	13,2	9,9		
Sa. do Sai	0,4	8,8	8,9	16,9	14,9	10,8	9,2	15,6	14,6		
Sa. do Pirai e adjacências	1,1	8,6	10,9	16,6	18,5	12,8	10,0	10,1	11,4		
Sa. Queimada	1,5	7,5	12,9	18,9	19,2	12,7	9,1	8,6	9,6		
Sas. Redonda e Duas Mamas	0,4	9,9	12,4	14,5	13,2	12,1	12,2	12,6	12,7		
Sas. Smith, Chata, Escada, São Miguel, adjacências	5,0	12,7	10,4	9,2	11,9	10,9	10,3	12,1	17,4		
Sas. do Boie do Manso	0,8	9,0	10,3	16,6	19,2	13,2	8,8	11,3	10,8		
Região do rio Natal	2,7	8,5	9,5	11,2	13,1	13,3	13,9	15,3	12,5		
Região do rio Novo	2,7	11,8	14,4	14,8	13,7	12,0	10,6	9,8	10,2		
Região do rio Bracinho	1,2	8,4	9,3	13,7	15,0	13,6	13,6	14,3	10,8		

FONTE: A autora (2019).

TABELA 18 – FREQUÊNCIA (%) DE OCORRÊNCIA DO ATRIBUTO HIPSSOMETRIA NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS DA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA.

Localidade	HIPSSOMETRIA															
	80-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000	1000-1100	1100-1200	1200-1300	1300-1400	1400-1500	1500-1540
Sa. do Quiriri	0,0	9,4	8,4	5,2	4,7	5,2	5,5	5,8	6,3	7,1	7,6	10,2	11,2	9,6	3,7	0,1
Sas. Dna Francisca, Redonda e da Prata	-	16,9	14,4	11,0	8,8	7,1	11,2	24,7	5,9	-	-	-	-	-	-	-
Sa. da Tromba	0,2	32,1	16,2	9,8	7,3	7,7	12,5	12,1	2,0	0,2	-	-	-	-	-	-
Sa. do Quiriri - Ronco d'água	0,2	37,4	19,7	11,0	9,0	9,8	10,7	2,3	0,1	-	-	-	-	-	-	-
Sa. do Sai	0,2	40,0	30,4	18,4	8,4	2,1	0,5	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Sa. do Pirat e adjacências	0,0	8,7	5,4	3,2	2,5	3,3	8,4	29,2	33,4	5,2	0,7	0,0	-	-	-	-
Sa. Quemada	-	7,6	5,3	3,3	2,7	2,6	2,7	4,2	6,6	28,5	21,4	11,8	3,3	0,0	-	-
Sas. Redonda e Duas Mamas	0,2	39,1	22,8	13,9	8,9	7,8	4,4	2,6	0,3	-	-	-	-	-	-	-
Sas. Smith, Chata, Escada, São Miguel, adjacências	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48,7	46,4	4,8	-	-	-	-
Sas. do Boie do Manso	0,1	17,4	14,0	10,5	8,5	8,5	7,6	8,9	10,4	7,8	5,3	1,1	-	-	-	-
Região do rio Natal	0,0	5,5	6,4	3,7	3,2	3,7	4,1	5,0	12,0	34,4	22,1	0,1	-	-	-	-
Região do rio Novo	0,0	7,0	6,6	6,9	5,9	5,9	7,7	19,4	32,4	8,2	-	-	-	-	-	-
Região do rio Bracinho	0,1	9,8	6,6	5,5	8,3	16,1	33,7	18,4	1,4	-	-	-	-	-	-	-

FONTE: A autora (2019).



TABELA 19 – FREQUÊNCIA (%) DE OCORRÊNCIA DO ATRIBUTO DECLIVIDADE NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS DA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA.

Localidade	DECLIVIDADE						
	Plano		Ondulado		Forte ondulado		Escarpado
	0-3%	3-8%	8-20%	20-45%	45-75%	>75%	
Sa. do Quiriri	-	1,8	14,2	40,8	30,8	12,4	
Sas. Dna Francisca, Redonda e da Prata	-	2,5	15,4	33,9	31,2	17,0	
Sa. da Tromba	-	2,1	13,5	37,7	31,6	15,1	
Sa. do Quiriri - Ronco d'água	-	1,5	12,1	39,0	34,5	13,0	
Sa. do Saí	-	0,9	10,5	51,8	31,9	4,8	
Sa. do Pirai e adjacências	-	2,4	19,1	46,5	21,6	10,4	
Sa. Queimada	-	3,0	25,1	48,8	17,4	5,7	
Sas. Redonda e Duas Mamas	-	1,1	11,4	40,9	33,2	13,4	
Sas. Smith, Chata, Escada, São Miguel, adjacências	-	10,4	46,5	32,4	8,8	1,9	
Sas. do Boi e do Manso	-	2,0	17,9	38,6	26,2	15,3	
Região do rio Natal	-	5,5	31,0	40,6	17,3	5,6	
Região do rio Novo	-	4,6	25,3	44,6	20,7	4,8	
Região do rio Bracinho	-	1,9	13,2	43,6	30,1	11,1	

FONTE: A autora (2019).

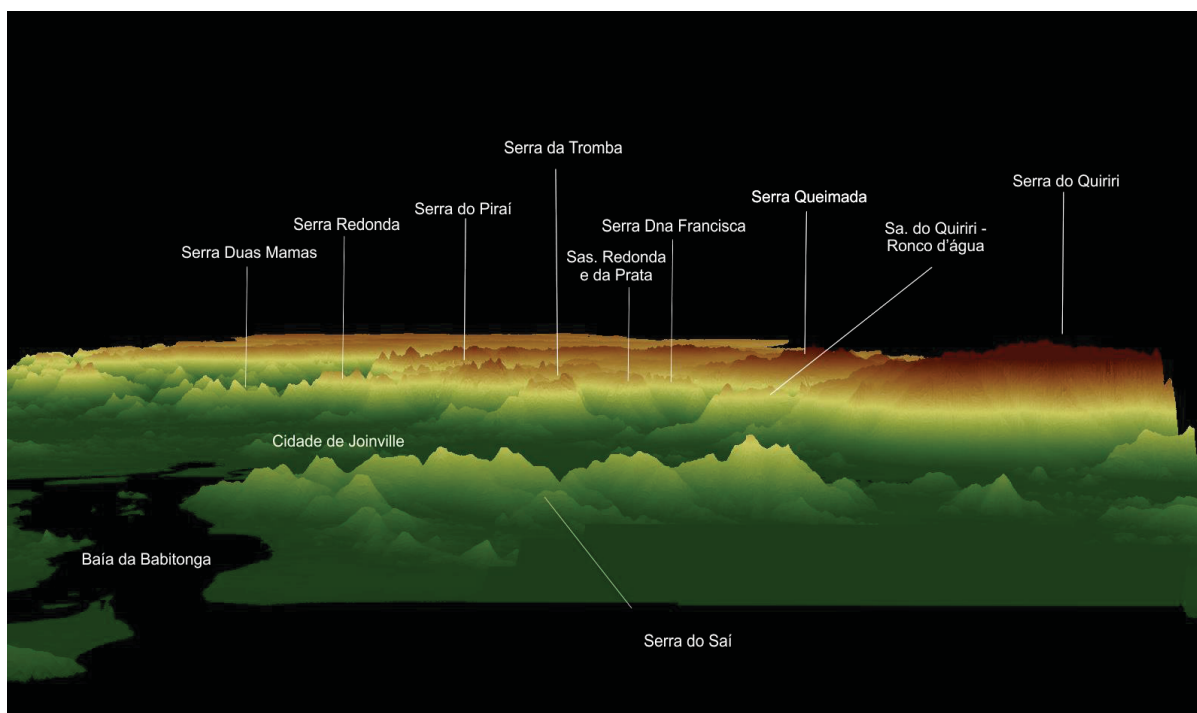
TABELA 20 – FREQUÊNCIA (%) DE OCORRÊNCIA DO ATRIBUTO IPT (ÍNDICE DE POSIÇÃO TOPOGRÁFICA) NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS DA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA.

Localidade	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Vales entalhados	8,2	8,5	4,3	8,3	7,7	7,4	5,2	6,9	8,9	7,2	5,5	6,4	2,4
Vales em "U"	13,4	14,6	12,1	18,7	15,6	15,1	13,8	16,3	15,1	15,6	11,7	12,9	4,9
Cristas locais; morros em vales	2,0	1,6	0,5	1,6	1,8	1,3	0,7	1,4	1,8	1,5	0,7	0,9	0,2
Vales rasos; drenagens de meia vertente	6,8	5,5	4,1	4,3	5,0	6,1	3,8	4,3	6,3	5,2	4,9	6,0	4,3
Planos	1,3	0,8	2,9	1,9	1,6	1,6	0,2	0,6	1,3	1,5	5,6	4,4	12,1
Vertentes intermediárias	36,4	33,6	52,6	34,0	34,0	41,8	41,6	36,5	33,3	41,2	49,0	43,6	57,8
Cristas intermediárias; morros em áreas planas	7,8	6,8	3,5	5,6	5,6	6,5	3,6	4,9	7,6	5,8	4,8	6,3	3,5
Nascentes; drenagens de alta vertente	1,7	1,2	0,5	1,1	1,2	1,4	0,7	1,1	1,2	1,3	0,5	0,5	0,2
Vertentes superiores	13,9	17,8	15,2	16,8	18,7	11,9	23,3	19,5	15,7	13,6	12,7	13,7	11,3
Cristas elevadas; topos	8,7	9,6	4,4	7,8	8,8	6,9	7,1	8,5	8,7	7,2	4,6	5,2	3,3

FONTE: A autora (2019).

A serra do Quiriri está distante cerca de 26 km do Oceano Atlântico, existem alguns morros, que atingem altitudes de até 300 metros, entre este compartimento de serra e o oceano, além de parte da Serra do Saí, com picos superiores à 600 metros (FIGURA 38). A serra do Quiriri possui as maiores altitudes da Serra do Mar em Santa Catarina e da região nordeste do Estado. Como pode ser observado na FIGURA 25, a serra possui uma alta amplitude altimétrica, em ambos os sentidos, W-E e SW-NE. O sentido W-E está orientado para a direção do oceano, e o segundo para o vale do rio Quiriri, local mais protegido dos ventos predominantes na região. A declividade média desta serra é de 46% (relevo montanhoso), com predominância de relevo forte ondulado (40,8%) e montanhoso (30,8%).

FIGURA 38 – DESTAQUE PARA A SERRA DO SAÍ, VISTA DA DIREÇÃO APROXIMADA DE LESTE, COMO BARREIRA OROGRÁFICA PARA OS VENTOS PROVENIENTES DO OCEANO EM RELAÇÃO AOS COMPARTIMENTOS DE SERRA LOCALIZADOS À OESTE DESTA SERRA.

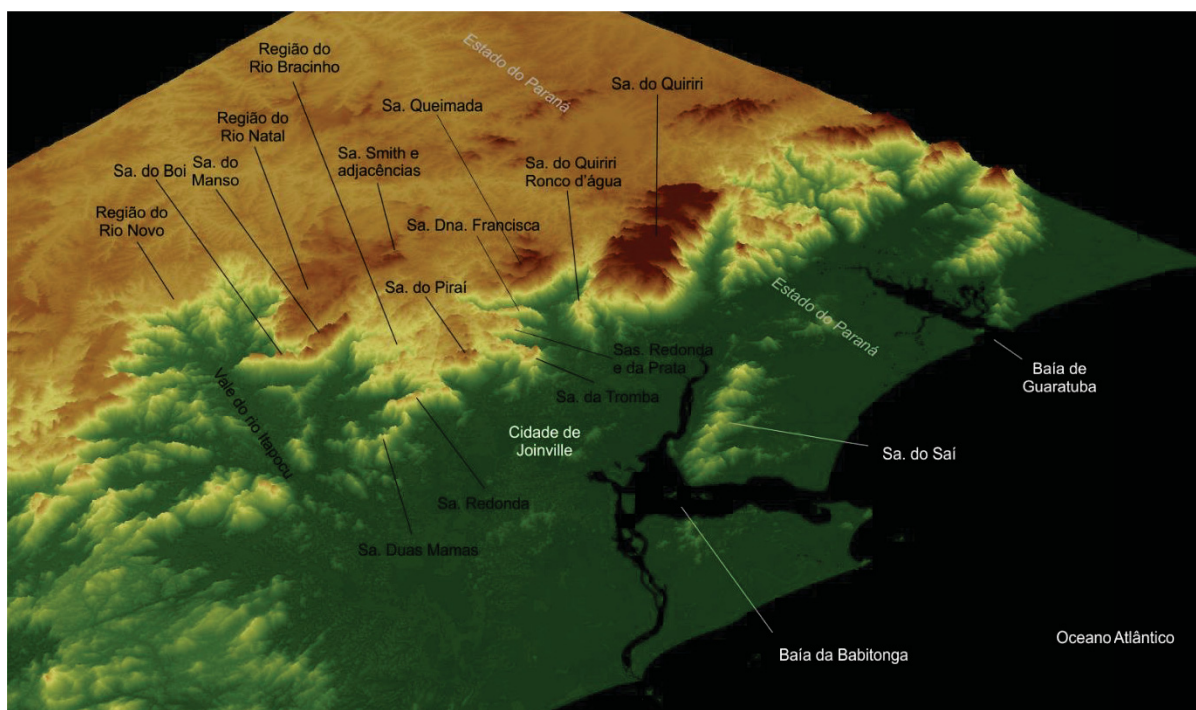


FONTE: A autora (2019).

As vertentes da serra do Quiriri estão direcionadas predominantemente para SE (17,7%) e S (16,1%). As faixas hipsométricas predominantes na área estão entre 1200 e 1300 m (11,2%) e 1100 e 1200 m (10,2%). Este atributo é importante, pois, a serra do Quiriri forma um grande conjunto montanhoso de grandes altitudes, que se destaca na paisagem da região nordeste do Estado, 42,4% da sua área está acima

dos 1000 m e 34,8% está acima dos 1100 m (FIGURA 39). Para fins de comparação, a frequência das classes de altitude dos compartimentos mais altos da região, depois da serra do Quiriri, são da serra Smith e adjacências, que possuem 51,3% de sua área acima de 1000 m e 4,8% acima de 1100, da serra Queimada, que possui os respectivos valores 36,6% (>1000 m) e 15,1% (>1100 m), por fim, da região do rio Natal, que possui 22,1% de sua área acima de 1000 m, e apenas 0,1% acima de 1100 m.

FIGURA 39 – COMPARTIMENTOS DE SERRA DA ÁREA DE ESTUDO, OBSERVA-SE COMO A SERRA DO QUIRIRI SE DESTACA NA PAISAGEM REGIONAL COMO UM GRANDE CONJUNTO SERRANO.



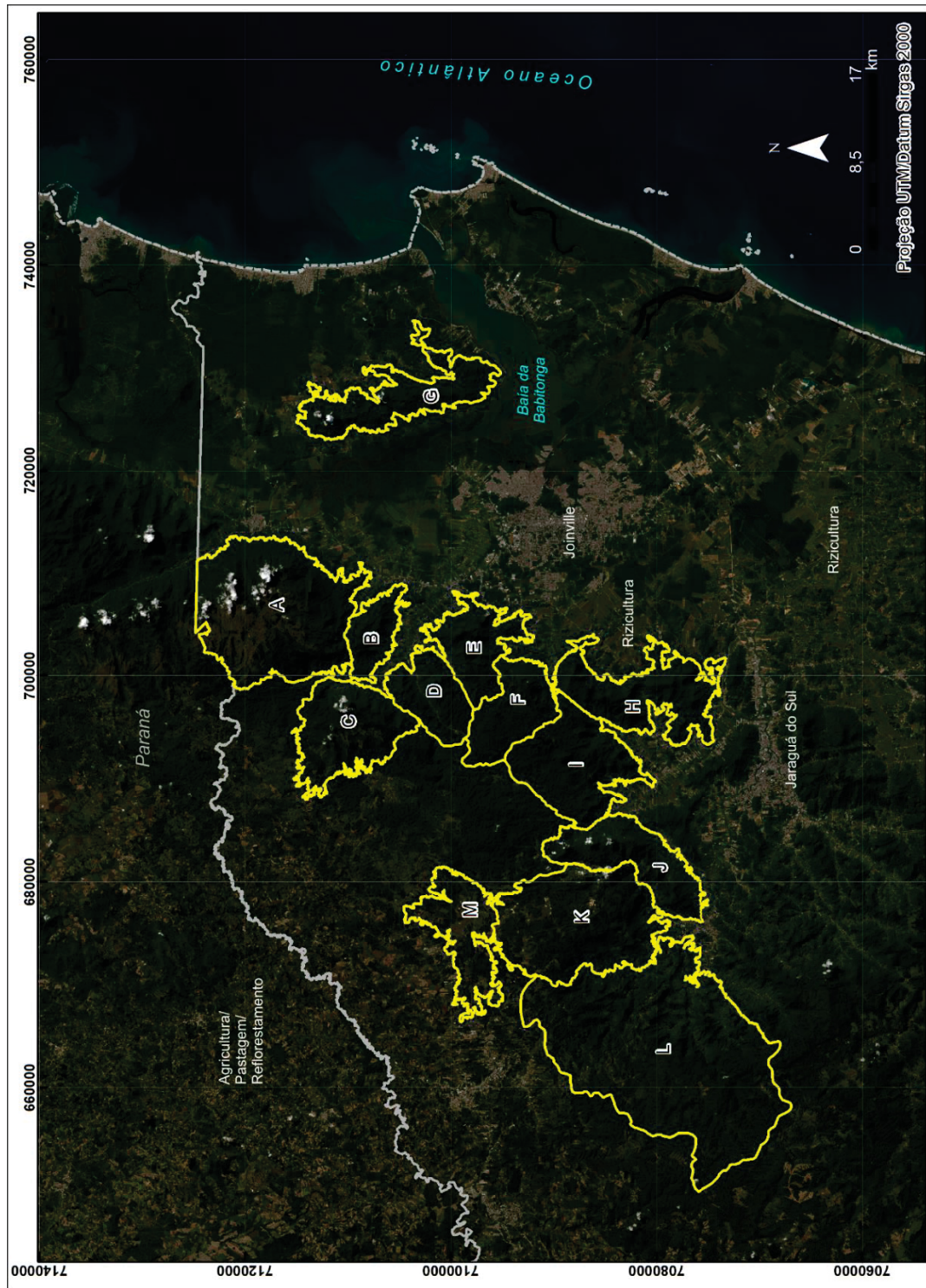
FONTE: A autora (2019).

O compartimento serra do Quiriri – Ronco d'água (FIGURA 26) foi separado do primeiro (serra do Quiriri) por apresentar menores altitudes, mas principalmente por estar dividido do conjunto principal. Este compartimento tem sua maior extensão no sentido NW-SE, e está distante cerca de 30 km do oceano. Neste caso, a serra do Saí (distante 15 km), com altitudes máximas superiores a 700 metros, é uma barreira para os ventos de superfície de leste, existe também a presença do canal do Palmital à leste, e da baía da Babitonga (duas fontes de umidade) e da cidade de Joinville a sudeste (fonte de calor), como pode ser observado na FIGURA 40. A

declividade média do compartimento é de 47% (relevo montanhoso), com predominância do terreno forte ondulado (39%) e montanhoso (34,5%). A faixa hipsométrica predominante está entre 100 e 200 metros (37,4%), seguida por 200-300 metros (19,7%). A orientação das vertentes dominante é de SW (15,6%) e E (13,7%). A serra possui uma amplitude altimétrica relevante em ambas as direções analisadas, W-E; e SW-NE, principalmente na segunda, a leste, a serra está direcionada para o oceano e a SW para o vale do rio Cubatão.



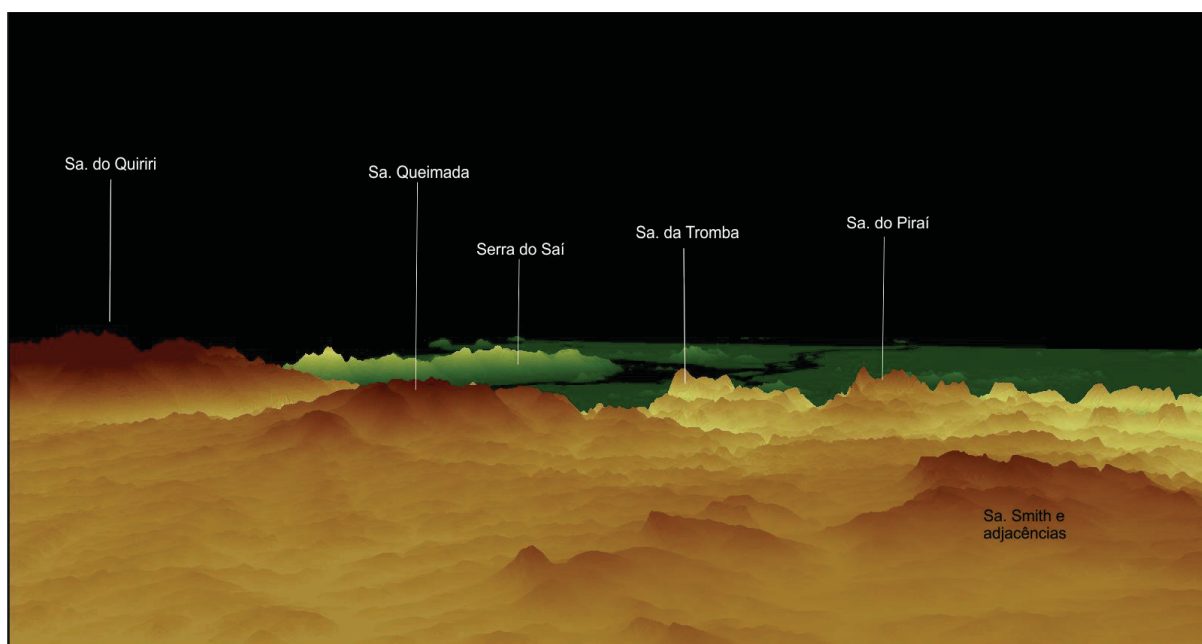
FIGURA 40 – IMAGEM LANDSAT 8 DO DIA 18 DE ABRIL DE 2019, DESTACANDO OS DIFERENTES COMPARTIMENTOS DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA ANALISADOS NA PESQUISA E O USO DO SOLO PREDOMINANTE NA REGIÃO.



FONTE: A autora (2019), com dados do USGS.

A serra Queimada é o segundo compartimento com as maiores altitudes da região, está distante do oceano cerca de 41 km, estando parcialmente protegida dos ventos de leste pelas serras do Quiriri, principalmente na região do Ronco d'água, e serra Dona Francisca - ambas as serras não ultrapassam 900 metros de altitude - e mais distante pela serra do Saí. A oeste deste compartimento está o planalto, com altitudes inferiores aos picos mais altos da serra Queimada, a qual apresenta-se livre para os ventos de quadrante oeste (FIGURA 41). Destaca-se que as partes mais altas dessa serra estão livres para os ventos de todos os quadrantes, como pode ser observado no Vídeo 3 em: [http://geokiriri.com/galeria-de-videos/senha = Serradoquiriri2019](http://geokiriri.com/galeria-de-videos/senha=Serradoquiriri2019)).

FIGURA 41 – COMPARTIMENTOS DE SERRA DA ÁREA DE ESTUDO VISTOS DA DIREÇÃO APROXIMADA DE OESTE.

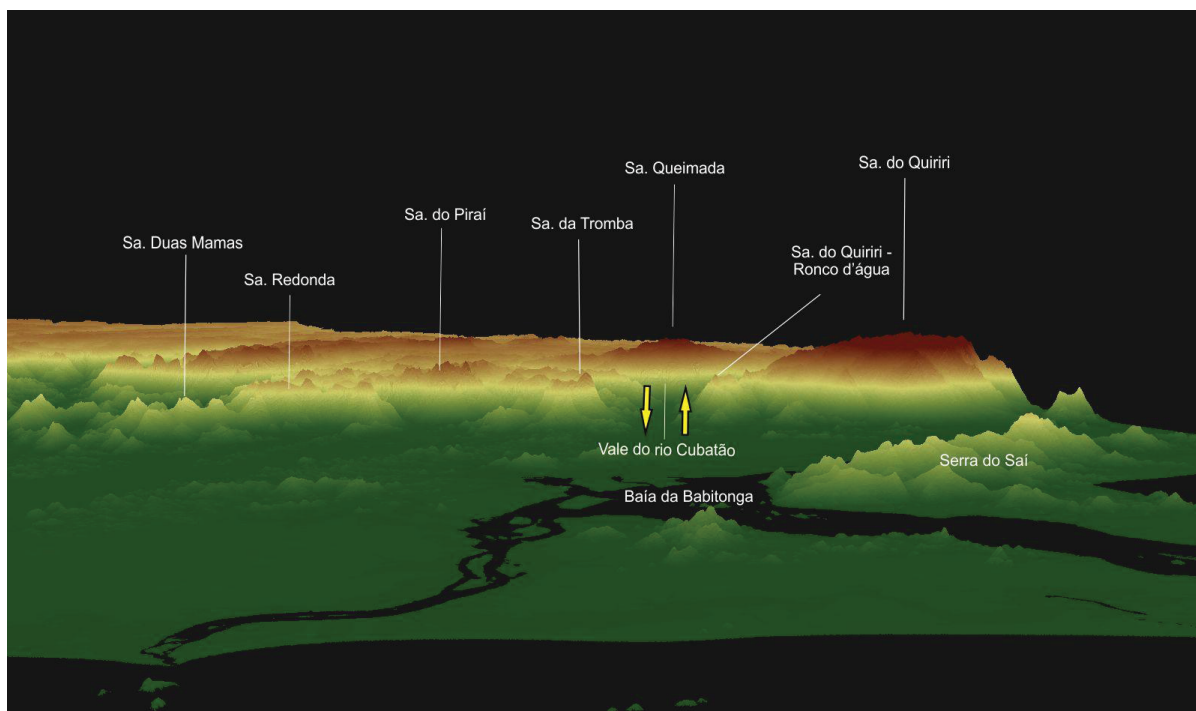


FONTE: A autora (2019).

O vale do rio Cubatão forma um canal para a circulação de ventos (FIGURA 42). Observando-se o perfil altimétrico desta serra no sentido W-E (FIGURA 27) nota-se a existência de um grande aclave entre 500 m e 900 m, mais para oeste o terreno fica mais regular e a declividade diminui em direção ao planalto. A estrutura da serra no sentido SW-NE apresenta maior declividade também no trecho mais a leste, a declividade média do compartimento é de 34,9% (relevo forte ondulado), com predominância dos relevos forte ondulado (48,8%) e ondulado (25,1%). As

faixas hipsométricas dominantes estão entre 900 e 1000 m (28,5%) e 1000 e 1100 m (21,4%). A orientação das vertentes predomina nas direções SE (19,2%) e E (18,9%).

FIGURA 42 – COMPARTIMENTOS DE SERRA DA ÁREA DE ESTUDO VISTOS DA DIREÇÃO APROXIMADA DE SUDESTE.



FONTE: A autora (2019).

As serras Dona Francisca, Redonda e da Prata estão orientadas na direção NE, distantes cerca de 40 km do oceano e protegidas dos ventos de E principalmente pela serra da Tromba, e mais distante (23 km) pela serra do Saí. As três serras possuem uma altitude e declividade semelhantes, com o terreno se tornando menos inclinado na transição com o ambiente de planalto (FIGURAS 28 e 39), as maiores altitudes não chegam a atingir 900 m. Existem vales importantes neste compartimento, sendo eles, vale do rio Cubatão, do rio Seco e do rio da Prata. A declividade média do terreno é de 48,2% (relevo montanhoso), com predominância das classes: forte ondulado (33,9%) e montanhoso (31,2%). As faixas hipsométricas predominantes são de 700 a 800 m (24,7%) e 100 a 200 m (16,9%). A orientação das vertentes é predominante de NW (17%) e SE (15,5%).

A serra da Tromba está distante do oceano cerca de 35 km, estando mais próxima da cidade de Joinville (maior centro urbano da região), distante cerca de 18

km da serra do Saí, e sem grandes barreiras naturais até a Baía da Babitonga. As altitudes máximas não ultrapassam os 967 m, com as faixas hipsométricas predominantes entre 100 e 200 m (32,1%) e 200 e 300 m (16,2%). A declividade média da área é de 47,9% (relevo montanhoso), com a predominância dos relevos forte ondulado (37,7%) e montanhoso (31,6%). A orientação das vertentes é predominante de N (14,3%) e E (14,2%). Conforme FIGURA 29, este compartimento apresenta uma inclinação acentuada, entre 200 e 800 m aproximadamente, em ambos os sentidos analisados (W-E e SW-NE), esta inclinação é maior no trecho leste, que está mais exposto aos ventos provenientes do oceano.

A serra do Pirai e adjacências estão distantes do oceano cerca de 46 km, a partir deste trecho para sul começa a existir uma maior predominância de rizicultura no uso do solo, e a serra do Saí deixa de existir como barreira direta para os ventos de leste, estando mais posicionada para o norte. A maior barreira para os ventos de leste é a serra da Tromba, mas que neste trecho não ultrapassa os 500 m de altitude, sendo que a serra do Pirai ultrapassa os 1000 m (FIGURA 39). A declividade média para a área é de 41,2% (relevo forte ondulado), com a predominância deste tipo de terreno (46,5%) e de relevo montanhoso (21,6%). As faixas hipsométricas predominantes estão entre 800 e 900 m (33,4%) e 700 e 800 m (29,2%). A orientação das vertentes predomina para SE (18,5%) e E (16,6%). Este compartimento apresenta maior inclinação no seu trecho mais ao leste, em ambos os sentidos analisados (W-E e SW-NE). A porção oeste do compartimento é uma transição de serra com planalto, por isso, mais regular. Das serras ao seu entorno a serra do Pirai possui as maiores altitudes.

A serra do Saí é o cordão mais à leste da serra do Mar de Santa Catarina, está distante cerca de 10 km do oceano (FIGURAS 24 e 40). Não existem barreiras físicas significantes entre a serra do Saí e o oceano, e sim a existência da planície costeira com alguns morros, a oeste está o canal do Palmital e a planície que se estende até o sopé do conjunto principal da serra do Mar no Estado. As maiores altitudes deste compartimento estão no trecho norte denominado de serra da Tiririca, atingindo um pouco mais de 700 m (FIGURA 31). As faixas hipsométricas predominantes estão entre 100 e 200 m (40%) e 200 e 300 m (30,4%). A declividade média do compartimento é de 41,4% (relevo forte ondulado), com predominância deste terreno em 51,8% da área, seguido por relevo montanhoso (31,9%), as



maiores declividades são encontradas no lado oeste da serra. A orientação das vertentes é predominante de E (16,9%) e W (15,6%).

As serras Redonda e Duas Mamas estão distantes do oceano cerca de 37 km, a primeira tem sua linha de cumeada mais definida, orientada no sentido SW-NE. A leste está a planície litorânea, com a presença da cidade de Joinville e de um aumento de rizicultura, ambos usos são consequência de um relevo mais plano (FIGURAS 39 e 40). Não existem barreiras significativas para os ventos provenientes do oceano, já a oeste o relevo é mais confinado com a presença de diversas serras e morros. A altitude máxima das serras é de aproximadamente 860 m, sendo mais significativa na serra Redonda, o declive do compartimento é alto em ambos os sentidos W-E e SW-NE, sendo maior no lado leste da serra (FIGURA 32). As faixas hipsométricas predominantes estão entre 100 e 200 m (39,1%) e 200 e 300 m (22,8%), a declividade média do terreno é de 47,5% (relevo montanhoso), com predominância dos terrenos forte ondulado (40,9%) e montanhoso (33,2%). A orientação das vertentes é dominante de E (14,5%) e SE (13,2%).

A região do Bracinho, distante cerca de 45 km do oceano, é marcada pela presença dos vales dos rios Bracinho, Itapocuzinho e ribeirão Braço do Sul. Este compartimento está confinado entre as serras Redonda e Duas Mamas a leste, serras do Manso e do Boi a oeste, no Sul a serra do Funil e outras elevações com menores altitudes (até 480 m aprox.), e a parte norte da área já é uma transição com o ambiente de planalto. Os pontos mais altos desta região chegam a aprox. 900 m, com as faixas hipsométricas predominantes entre 600 e 700 m (33,7%) e 700 e 800 m (18,4%). A maior barreira orográfica no seu entorno é a serra do Manso com altitudes superiores a 1000 metros. Conforme FIGURA 33, nota-se que este compartimento tem suas maiores declividades nas bordas, em ambos os perfis analisados, exceto nas direções N, NE e NW, que se conectam com o planalto, além disso, o compartimento forma um grande bloco com altitudes na faixa dos 500 a 700 m. A declividade média da região é de 44,6% (relevo forte ondulado), com predominância deste tipo de terreno em 43,6% da área e relevo montanhoso em 30,1%. A orientação das vertentes é predominante de SE (15%) e W (14,3%). Este compartimento e os que serão discutidos na sequência, parecem sofrer uma menor influência da umidade do oceano, não que ela não esteja presente, mas estes ambientes estão mais distantes e mais protegidos por outras barreiras orográficas dos ventos úmidos do litoral.

As serras do Boi e do Manso estão distantes cerca de 55 km do oceano, a primeira orientada no sentido SW-NE e a segunda no sentido N-S – aproximado (FIGURA 39). A leste estão posicionadas as barreiras orográficas das serras do Manso, Redonda, Funil e região do Bracinho, mas que atingem altitudes máximas próximo a 900 m, sendo que os pontos mais altos das serras do Boi e do Manso ultrapassam os 1100 m. No sul tem o vale do rio Itapocu e algumas formações serranas mais isoladas, diferente do que ocorre no grande bloco que é a Serra do Mar e a escarpa da serra que liga-se ao planalto, a oeste. A serra do Manso se caracteriza por um conjunto maior de morros acima dos 900 m, com uma inclinação máxima na direção leste, enquanto a serra do Boi é um cordão mais exposto, com uma largura menor, e com declividades acentuadas em praticamente todas as direções (FIGURA 34). As faixas hipsométricas predominantes estão entre 100 e 200 m (17,4%) e 200 e 300 m (14%), a declividade média da área é de 46,5% (relevo montanhoso), com predominância deste tipo de terreno (26,2%) e forte ondulado (38,6%). A orientação das vertentes predominante é de SE (19,2%) e E (16,6%).

A região do rio Natal está distante do oceano cerca de 60 km, e forma um grande compartimento que adentra o planalto, mas é uma área mais elevada que a média deste, com a existência de diversas serras acima dos 900 m de altitude. Os maiores declives se encontram nas partes S e SW da região, nos vales do rio Natal e Ano Bom (FIGURA 35). Os pontos mais altos desse compartimento atingem mais de 1100 m, e por conta disso, é um ambiente mais aberto para receber ventos de todos os quadrantes. As faixas hipsométricas predominantes estão entre 900 e 1000 m (34,4%) e 1000 e 1100 m (22,1%), 56,5% da área da região está acima de 900 m, os outros compartimentos que chamam a atenção neste sentido são a serra do Quiriri (49%), serra Queimada (65,1%) e a serra Smith e adjacências que possuem toda sua área acima dos 900 m. A declividade média da área é de 32,9% (relevo forte ondulado), com a predominância deste terreno em 40,6% da área e de relevo ondulado em 31%. A região do rio Natal mostrou características que mais se assemelham ao ambiente de planalto, com menores declividades, assim como as serras Queimada, Smith e adjacências, e região do rio Novo. A orientação das vertentes predominante na área é de W (15,3%) seguida por SW (13,9%).

A região do rio Novo está distante do oceano cerca de 65 km, está inserida numa área de cabeceira de alguns dos principais afluentes do rio Itapocu e já pode-

se dizer que não faz mais parte da cadeia montanhosa da Serra do Mar, pois sua constituição geológica se diferencia desta, poderia ser classificada como uma transição com outros ambientes. O corpo granítico mais ao sul da serra do Mar é o Granito Corupá, localizado nas serras do Boi e do Manso (FIGURA 39). As altitudes máximas da região atingem aprox. 980 m, com as classes hipsométricas predominantes entre 800 e 900 m (32,4%) e 700 e 800 m (19,4%). As maiores inclinações do terreno estão em seu trecho leste (FIGURA 36), com uma declividade média de 34,5% (relevo forte ondulado), com a predominância deste tipo de terreno em 44,6% da área, seguido pelo relevo ondulado (25,3%). A orientação das vertentes que predomina na região é de E (14,8%), seguida por NE (14,4%).

As serras Smith, Chata, Escada, São Miguel (FIGURA 24) e adjacências estão distantes do oceano cerca de 61 km, e estão distribuídas em apenas três faixas hipsométricas, sendo elas: 900-1000 m (48,7%), 1000-1100 m (46,4%) e 1100-1200 m (4,8%). Como consequência, esta região possui a menor declividade média dentre as áreas estudadas, 23,5% (relevo forte ondulado), com predominância deste tipo de terreno (32,4%) e principalmente do relevo ondulado (46,5%). Os maiores picos deste conjunto estão localizados na parte leste do mesmo, e a amplitude altimétrica em ambos os sentidos analisados (SW-NE e W-E) não ultrapassa os 250 m (FIGURA 37). Esta região, por ser a mais alta em relação ao entorno, com maiores barreiras apenas para o sul (região do rio Natal), se mantém mais aberta para os ventos de todos os quadrantes, a orientação das vertentes é predominante de NW (17,4%) e N (12,4%). Por ter um terreno mais orientado para a direção norte (direção da incidência da luz solar), este ambiente tende a ter um solo mais seco como um todo, mas principalmente as vertentes voltadas para esta direção.

A frequência das classes predominantes do IPT foi semelhante entre os diferentes compartimentos, o predomínio foi das vertentes intermediárias e das vertentes superiores. Exceto para a Serra Smith e adjacências, que além das vertentes superiores tiveram um predomínio dos ambientes planos, o que diferenciou notadamente dos outros compartimentos; e da serra Dona Francisca e da serra do Piraí e adjacências e as serras do Boi e do Manso, que tiveram predomínio, além das vertentes superiores, dos vales em "U". Os compartimentos que apresentaram a maior frequência de ocorrência de cristas elevadas/topos foram: serra do Quiriri - Ronco d'água, serra da Tromba, serra do Quiriri, região do rio

Bracinho e serra Redonda e das Duas Mamas; e das cristas intermediárias foram: serra do Quiriri, região do rio Bracinho e serra do Quiriri – Ronco d'água. Outra diferença significativa entre os ambientes foi que a serra Smith e adjacências apresentaram uma frequência consideravelmente inferior de ocorrências de vales em “U” em relação aos demais compartimentos.

#### 4.4 ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE PRECIPITAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO COM BASE NAS ESTAÇÕES AUTOMATIZADAS

##### 4.4.1 Estações selecionadas

Primeiramente foi selecionado um total de 66 estações automáticas, dentre meteorológicas e pluviométricas. Após a validação dos dados chegou-se a um número de 54 estações, sendo que uma delas foi designada apenas para o preenchimento de falhas, caso houvesse necessidade (TABELA 21). Destas estações 7 são meteorológicas (precipitação, temperatura, umidade, pressão, ventos etc.), 9 monitoram a precipitação, temperatura e umidade e 39 são apenas pluviométricas (FIGURA 43). Apenas 16 das 54 estações não apresentaram falhas na série histórica de precipitação. Destaca-se ainda que nem todas as estações foram utilizadas em todas as categorias de análise.



TABELA 21 – ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS E PLUVIOMÉTRICAS AUTOMÁTICAS SELECIONADAS PARA O ESTUDO.

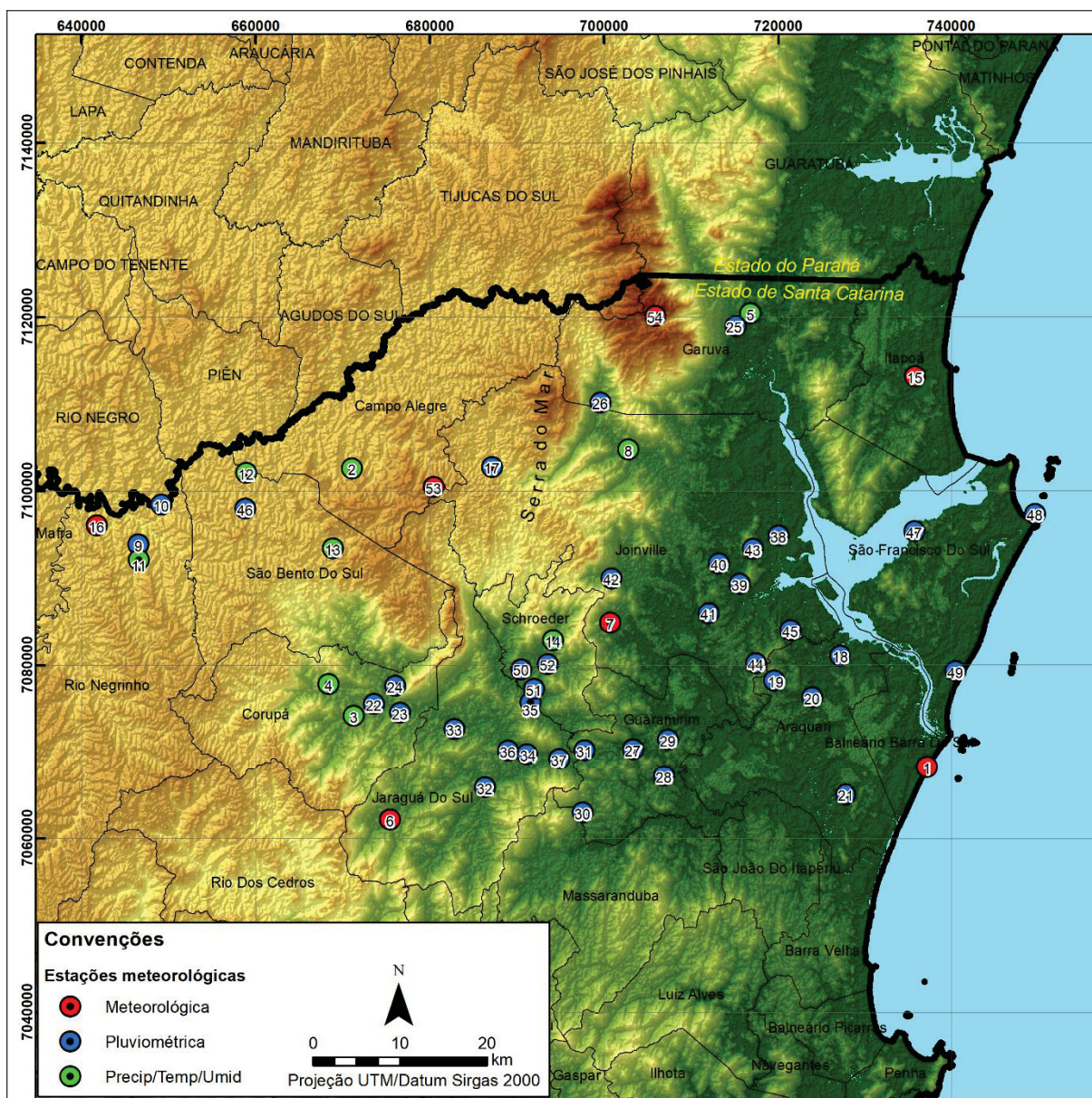
Contagem	Fonte	Estação	Município	Ambiente	Classe	Tipo	Coord. UTM E	Coord. UTM N	Período de Análise
1	EPAGRI	Balneário Barra do Sul MDA 1060	Balneário Barra do Sul	Litoral/Baía	Oficial	Meteorológica	737208,000	7068221,000	*jun/2014-dez/2018
2	EPAGRI	Campo Alegre Faxinal 2215	Campo Alegre	Planalto	Oficial	Precip/Temp/Umid	671075,000	7102617,000	*nov/2008-dez/2018
3	EPAGRI	Corupá MDA 2393	Corupá	Proximidades da serra/interior	Oficial	Precip/Temp/Umid	671284,000	7074175,000	*nov/2012-jul/2018
4	EPAGRI	Corupá SDS 2399	Corupá	Proximidades da serra/interior	Oficial	Precip/Temp/Umid	668367,000	7077816,000	fev/2014-dez/2018
5	EPAGRI	Garuva MDA 2381	Garuva	Proximidades da serra/frente	Oficial	Precip/Temp/Umid	716828,634	7120425,887	*nov/2012-dez/2018
6	EPAGRI	Jaraguá do Sul MDA 1052	Jaraguá do Sul	Proximidades da serra/interior	Oficial	Meteorológica	675450,000	7062119,000	*nov/2012-dez/2018
7	EPAGRI	Joinville Vila Nova MDA 1051	Joinville	Proximidades da serra/frente	Oficial	Meteorológica	700705,716	7084885,279	jan/2013-dez/2018
8	EPAGRI	Joinville Pirabeiraba MDA 2382	Joinville	Proximidades da serra/frente	Oficial	Precip/Temp/Umid	702813,000	7104764,000	jan/2013-dez/2018
9	EPAGRI	Rio Negrinho Rio dos Bugres 2081	Rio Negrinho	Planalto	Oficial	Pluviométrica	646520,541	7093857,159	dez/2016-dez/2018
10	EPAGRI	Rio Negrinho Ponte do Lageado 2083	Rio Negrinho	Planalto	Preenchimento de falhas	Pluviométrica	649154,165	7098414,112	out/2017-dez/2018
11	EPAGRI	Rio Negrinho-Rio dos Bugres 2220	Rio Negrinho	Planalto	Oficial	Precip/Temp/Umid	646602,000	7092075,000	*fev/2009-dez/2018
12	EPAGRI	São Bento do Sul-Mato Preto 2222	São Bento do Sul	Planalto	Oficial	Precip/Temp/Umid	658943,000	7102090,000	*mar/2009-dez/2018
13	EPAGRI	São Bento do Sul - Rio Vermelho Povoado 2380	São Bento do Sul	Planalto	Oficial	Precip/Temp/Umid	668868,569	7093400,459	*jul/2011-dez/2018
14	EPAGRI	Schroeder MDA 2389	Schroeder	Proximidades da serra/interior	Oficial	Precip/Temp/Umid	694146,494	7082839,573	*mai/2013-nov/2018
15	INMET	Itapoa-A851	Itapoa	Litoral/Baía	Oficial	Meteorológica	735866,000	7113168,000	*jul/2007-dez/2018
16	INMET	Rio Negrinho-A862	Rio Negrinho	Planalto	Oficial	Meteorológica	641756,000	7096029,000	*abr/2008-out/2018
17	CCJ	Abateté	Joinville	Serra	Oficial	Pluviométrica	687161,000	7102773,000	jan-nov/2018
18	Cemaden	Centro	Araquari	Planície	Oficial	Pluviométrica	727189,000	7081082,000	*mar/2015-dez/2018
19	Cemaden	Itinga	Araquari	Planície	Oficial	Pluviométrica	719556,000	7078211,000	*mar/2015-dez/2018
20	Cemaden	Porto Grande	Araquari	Planície	Oficial	Pluviométrica	723914,000	7076285,000	*mar/2015-dez/2018
21	Cemaden	Rainha	Araquari	Planície	Oficial	Pluviométrica	727822,000	7065040,000	*mar/2015-dez/2018
22	Cemaden	Horto Florestal	Corupá	Proximidades da serra/interior	Oficial	Pluviométrica	673614,000	7075531,000	*set/2015-dez/2018
23	Cemaden	João Tozini	Corupá	Proximidades da serra/interior	Oficial	Pluviométrica	676593,000	7074530,000	*ago/2015-dez/2018
24	Cemaden	Rua Ano Bom	Corupá	Proximidades da serra/interior	Oficial	Pluviométrica	676032,000	7077598,000	*ago/2016-dez/2018
25	Cemaden	Centro	Garuva	Proximidades da serra/frente	Oficial	Pluviométrica	715136,000	7118971,000	*mar/2015-dez/2018
26	Cemaden	Estrada Geral Quiriri	Garuva	Proximidades da serra/interior	Oficial	Pluviométrica	699589,000	7110184,000	*jan/2015-dez/2018
27	Cemaden	Bananal	Guaramirim	Proximidades da serra/planície	Oficial	Pluviométrica	703367,000	7070303,000	jan/2016-dez/2018
28	Cemaden	Bananal do Sul	Guaramirim	Proximidades da serra/planície	Oficial	Pluviométrica	706896,000	7067152,000	*jan/2016-jul/2018

29	Cemaden	Corticeras	Guaramirim	Proximidades da serra/planicie	Oficial	Pluviométrica	707367,568	7071432,195	out/2016-dez/2018
30	Cemaden	EMEF Jacu-Açu/Jacu-Açu	Guaramirim	Proximidades da serra/planicie	Oficial	Pluviométrica	697563,000	7062939,000	jan/2016-dez/2018
31	Cemaden	Nova Esperança	Guaramirim	Proximidades da serra/planicie	Oficial	Pluviométrica	697772,774	7070184,257	out/2016-dez/2018
32	Cemaden	Barra do Rio Cerro	Jaraguá do Sul	Proximidades da serra/interior	Oficial	Pluviométrica	686337,000	7066816,000	*jan/2016-dez/2018
33	Cemaden	Bombeiro de Nereu Ramos	Jaraguá do Sul	Proximidades da serra/interior	Oficial	Pluviométrica	682856,000	7072654,000	jan/2016-dez/2018
34	Cemaden	Bombeiro do Centro	Jaraguá do Sul	Proximidades da serra/interior	Oficial	Pluviométrica	691181,000	7069746,000	jan/2016-dez/2018
35	Cemaden	Corpo de Bombeiros Voluntários	Jaraguá do Sul	Proximidades da serra/interior	Oficial	Pluviométrica	691574,000	7075673,000	*jan/2016-dez/2018
36	Cemaden	SAMAE Água Verde	Jaraguá do Sul	Proximidades da serra/interior	Oficial	Pluviométrica	688998,000	7070159,000	*jan/2016-dez/2018
37	Cemaden	SAMAE Ilha da Figueira	Jaraguá do Sul	Proximidades da serra/planicie	Oficial	Pluviométrica	694862,000	7069171,000	*jan/2016-dez/2018
38	Cemaden	Aventureiro	Joinville	Planície	Oficial	Pluviométrica	720045,000	7094863,000	*jan/2015-ago/2018
39	Cemaden	Centro	Joinville	Planície	Oficial	Pluviométrica	715617,000	7089332,000	*jan/2015-dez/2018
40	Cemaden	Costa e Silva	Joinville	Planície	Oficial	Pluviométrica	713191,000	7091664,000	*jan/2015-jan/2018
41	Cemaden	Estação de Cidadania Abílio Bello	Joinville	Planície	Oficial	Pluviométrica	712045,000	7085959,000	*mar/2015-dez/2018
42	Cemaden	Estrada Geral Salto I	Joinville	Proximidades da serra/frente	Oficial	Pluviométrica	700871,000	7089977,000	*jan/2015-set/2018
43	Cemaden	Iriú	Joinville	Planície	Oficial	Pluviométrica	717138,000	7093367,000	*jan/2015-dez/2018
44	Cemaden	Itinga	Joinville	Planície	Oficial	Pluviométrica	717469,000	7080204,000	*jan/2015-dez/2018
45	Cemaden	Paranaguamirim	Joinville	Planície	Oficial	Pluviométrica	721447,000	7083999,000	*jan/2015-ago/2018
46	Cemaden	Colonial	São Bento do Sul	Planalto	Oficial	Pluviométrica	658828,000	7097986,000	jan/2016-dez/2018
47	Cemaden	Centro	São Francisco do Sul	Litoral/Baía	Oficial	Pluviométrica	735823,000	7095310,000	*jul/2016-dez/2018
48	Cemaden	Corpo de Bombeiros/Enseada	São Francisco do Sul	Litoral/Baía	Oficial	Pluviométrica	749671,000	7097337,194	set/2015-dez/2018
49	Cemaden	E.M. Ramiro Bueno da Rocha/Praia do Ervino	São Francisco do Sul	Litoral/Baía	Oficial	Pluviométrica	740534,682	7079220,434	*set/2015-dez/2018
50	Cemaden	Centro	Schroeder	Proximidades da serra/interior	Oficial	Pluviométrica	690528,000	7079496,000	*jan/2015-set/2018
51	Cemaden	Centro 2	Schroeder	Proximidades da serra/interior	Oficial	Pluviométrica	691997,000	7077263,000	jan/2015-dez/2018
52	Cemaden	Rua Cândido Tomaselli	Schroeder	Proximidades da serra/interior	Oficial	Pluviométrica	693542,000	7080121,000	*ago/2016-set/2018
53	Particular	Serra Smith	Joinville	Serra	Oficial	Meteorológica	680445,315	7100468,091	2018
54	Particular	Bradador	Garuva	Serra	Oficial	Meteorológica	705888,000	7120123,000	**2017-2018

\* com falhas/ \*\*sem dados de precipitação

FONTE: A autora (2019).

FIGURA 43 – ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS E PLUVIOMÉTRICAS AUTOMÁTICAS SELECIONADAS PARA O ESTUDO.



FONTE: A autora (2019), com dados do IBGE e SRTM90.

LEGENDA: O número de cada estação é o equivalente à coluna “contagem” na TABELA 21.

Existem diversas estações automáticas instaladas pela região, porém, o maior problema encontrado é a descontinuidade das séries históricas devido à falta de manutenção dos equipamentos. Muitos dos aparelhamentos são de alta qualidade como as estações meteorológicas da Defesa Civil de Joinville e uma estação do INPE localizada na Serra do Quiriri, todas da marca *Campbell*. Se houvesse continuidade na manutenção das estações, a série da Defesa Civil estaria completando 8 anos em 2019 com estações distribuídas pela planície, e a do INPE



14 anos de dados em um ambiente de serra (esta estação apresenta problemas nos dados desde o 1º ano de monitoramento e ela ainda continua instalada no local) (FIGURA 44).

FIGURA 44 – ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO INPE LOCALIZADA NA SERRA DO QUIRIRI.



FONTE: A autora (2016).



A estação meteorológica denominada Bradador, também localizada na serra do Quiriri (2.500 metros a nordeste da estação do INPE), foi a única estação em que não foram utilizados os dados de precipitação, pois o pluviômetro encontra-se instalado de forma inadequada, conforme FIGURA 45.

FIGURA 45 – DESTAQUE PARA O PLUVIÔMETRO INSTALADO DE FORMA INADEQUADA NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA BRADADOR, LOCALIZADA NA SERRA DO QUIRIRI.



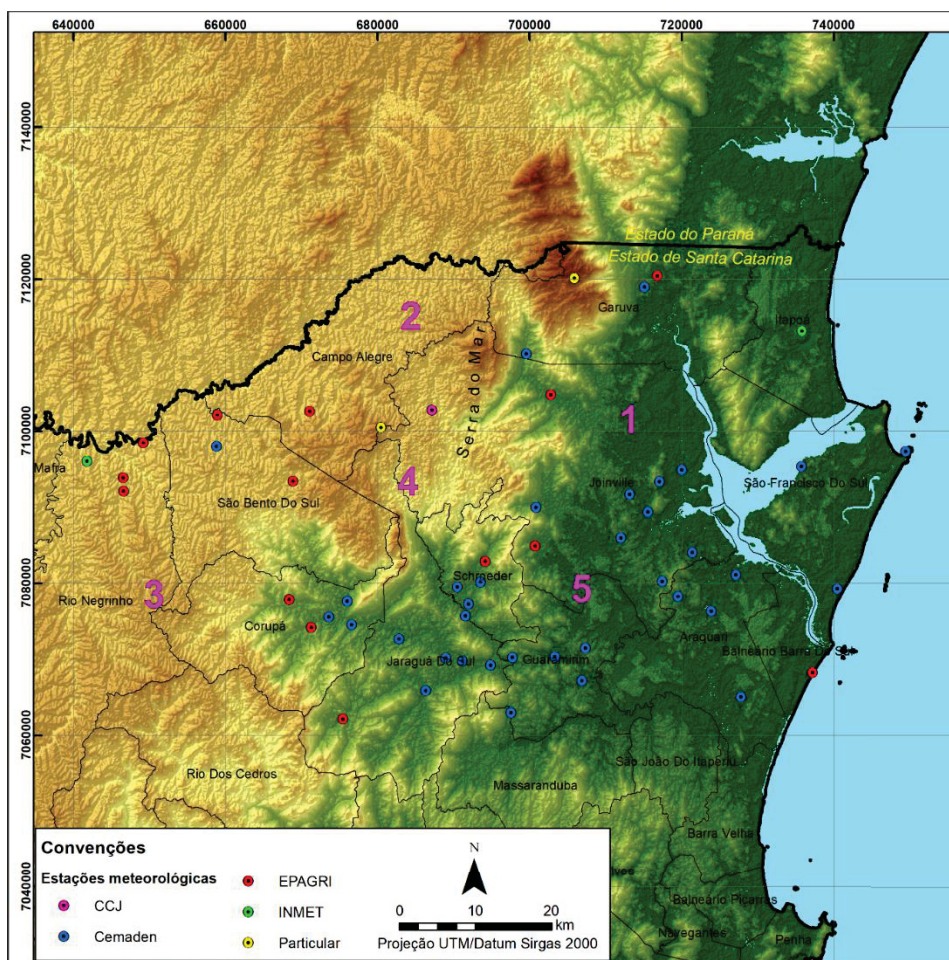
FONTE: A autora (2018).

Por meio da FIGURA 46 é possível observar a localização das estações por fonte (INMET etc.). Com isso, observa-se que os pluviômetros automáticos do CEMADEN se encontram distribuídos principalmente pela planície costeira, e mal distribuídos nas áreas de planalto e norte do município de Joinville, o que é justificado pela ocorrência de um maior número de eventos extremos nas áreas de planície e serra – esta última sendo pouco monitorada pelo órgão. As estações da EPAGRI (CIRAM), por ser uma entidade ligada a questões agropecuárias, estão mais localizadas nas áreas rurais dos municípios. Por conta disso, os dados desta fonte enriquecem a pesquisa por estarem próximos à serra e na região de planalto.

Porém, as estações localizadas em Rio Negrinho estão mal distribuídas, todas concentradas no norte do município.

As localidades enumeradas na cor rosa na FIGURA 46 são áreas sem monitoramento e que deveriam receber atenção das entidades responsáveis como regiões prioritárias para instalação de estações de monitoramento. A área 1 seria interessante, por exemplo, para verificar a ocorrência do efeito de sombra de chuva exercido pela serra localizada à leste (Serra do Saí). A área 2 demonstraria o efeito de sombra de chuva exercido pela Serra do Mar, assim como as áreas 3 e 4. Por fim, a área 5 representa uma descontinuidade no monitoramento na zona rural entre os municípios de Joinville e Guaramirim, o que seria interessante para uma análise da influência orográfica da serra Duas Mamas, utilizando em conjunto as estações localizadas à sotavento desta serra, em Schroeder.

FIGURA 46 – LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DIFERENCIADAS PELA FONTE DOS DADOS. DESTAQUE NOS NÚMEROS EM ROSA PARA AS LOCALIDADES COM FALTA DE MONITORAMENTO.



FONTE: A autora (2019), com dados do IBGE e SRTM90.





As estações da frente da serra registraram acumulados de chuva superiores às demais, de modo geral. Já as estações localizadas no interior, estão basicamente cercadas por compartimentos de serra, mesmo que as altitudes sejam inferiores às encontradas na porção norte da área de estudo. As estações localizadas nas proximidades da serra-planície, em relação ao ambiente, apresentaram um misto entre planície, frente da serra, e proximidades da serra-interior, por conta disso, este ambiente foi definido exclusivamente com base nos coeficientes de determinação ( $r^2$ ) das regressões lineares.

As estações nomeadas na FIGURA 47 como “A” e “B”, em uma primeira análise foram definidas no ambiente denominado reverso da serra, porém, o padrão de precipitação entre estas estações e as estações do planalto para a categoria geral são similares, com um coeficiente de 0,93 entre a estação “B” e o ambiente de planalto e 0,78 entre a estação “A” e este mesmo ambiente. A estação “C” está localizada a uma altitude de 360 metros, por isso, ficou dividida entre os ambientes de serra e proximidades da serra-interior. Optou-se por classificá-la nesta última categoria pois o  $r^2$  foi de 0,94.

Para as estações localizadas nas proximidades da serra-planície foram gerados gráficos de regressão também para as estações do ano, comparando-as com a média de precipitação dos ambientes planície, proximidades da serra-frente e proximidades da serra-interior. As estações “D” e “E” foram as únicas que apresentaram valores de  $r^2$  inferiores a 0,7 na categoria verão. No outono as estações “D”, “E”, “G” e “I” apresentaram valores inferiores a 0,5, as estações “F” e “H” apresentaram valores inferiores a 0,7 (exceto para a estação “F” em relação as proximidades da serra-interior que foi de 0,75). No inverno as estações “D”, “G” e “I” apresentaram valores inferiores a 0,5, o restante das estações abaixo de 0,8, e a estação “H” apresentou valores superiores a 0,8. Por fim, na primavera todas as estações apresentaram coeficientes de determinação inferiores a 0,7, sendo 70% abaixo de 0,5.

Com base nos valores de  $r^2$  supracitados nas diferentes estações do ano optou-se por definir estes pluviômetros em uma nova classe de ambiente, já que não houve um padrão de distribuição de precipitação entre nenhum desses pluviômetros automáticos com os diferentes ambientes em todas as estações do ano. Seria complicado adicioná-los à planície já que estão mais próximos da serra, ao mesmo tempo eles não estão cercados por compartimentos de serra, como as estações das



proximidades da serra-interior, e não apresentaram valores altos de precipitação como as estações da frente da serra.

A TABELA 22 traz informações complementares sobre as estações de monitoramento utilizadas na pesquisa para auxiliar nas análises seguintes. Os dados foram extraídos dos arquivos matriciais gerados no item de caracterização geomorfométrica. As altitudes das estações, em sua maioria, estavam disponíveis no site das instituições fonte (EPAGRI, etc.), o restante foi extraído do MDT.

Utilizando como base a classificação da declividade empregada pela Embrapa (2006), 32,1% das estações estão localizadas em terreno suave ondulado, 30,2% em terreno ondulado, 24,5% em relevo plano, 7,5% em relevo forte ondulado e 5,7% em terreno montanhoso. Com relação ao Índice de Posição Topográfica (IPT), 57,1% das estações estão localizadas em terrenos planos, 28,6% em vertentes intermediárias, 4,1% em vales superiores, 4,1% em vales em “U”, e 2% nas categorias: vales entalhados; cristas intermediárias/morros em áreas planas; e cristas elevadas/topos. Para o atributo aspecto (orientação das vertentes), 18,9% das estações estão suavemente orientadas para NE, 18,9% para SW, 13,2% estão no plano, 11,3% para as categorias N, E e NW, 7,5% para W, 5,7% para S e, por fim, 1,9% para SE. As únicas estações localizadas em ambiente montanhoso são: Bradador (1532 m), Corupá SDS 2399 (360 m) e Horto Florestal (86 m).

No link (<http://geokiriri.com/ficha-das-estacoes-meteorologicas-pluviometricas/>), senha = Serradoquiriri2019) estão disponíveis fichas complementares de cada uma das 54 estações, similares à FIGURA 48. Com base nestas fichas é possível analisar com maior propriedade o ambiente em que as estações estão localizadas. Optou-se por disponibilizar este material em meio digital porque o tamanho e quantidade de arquivos é amplo. Nem todas as estações possuem as fichas completas, justificada pela falta de dados.

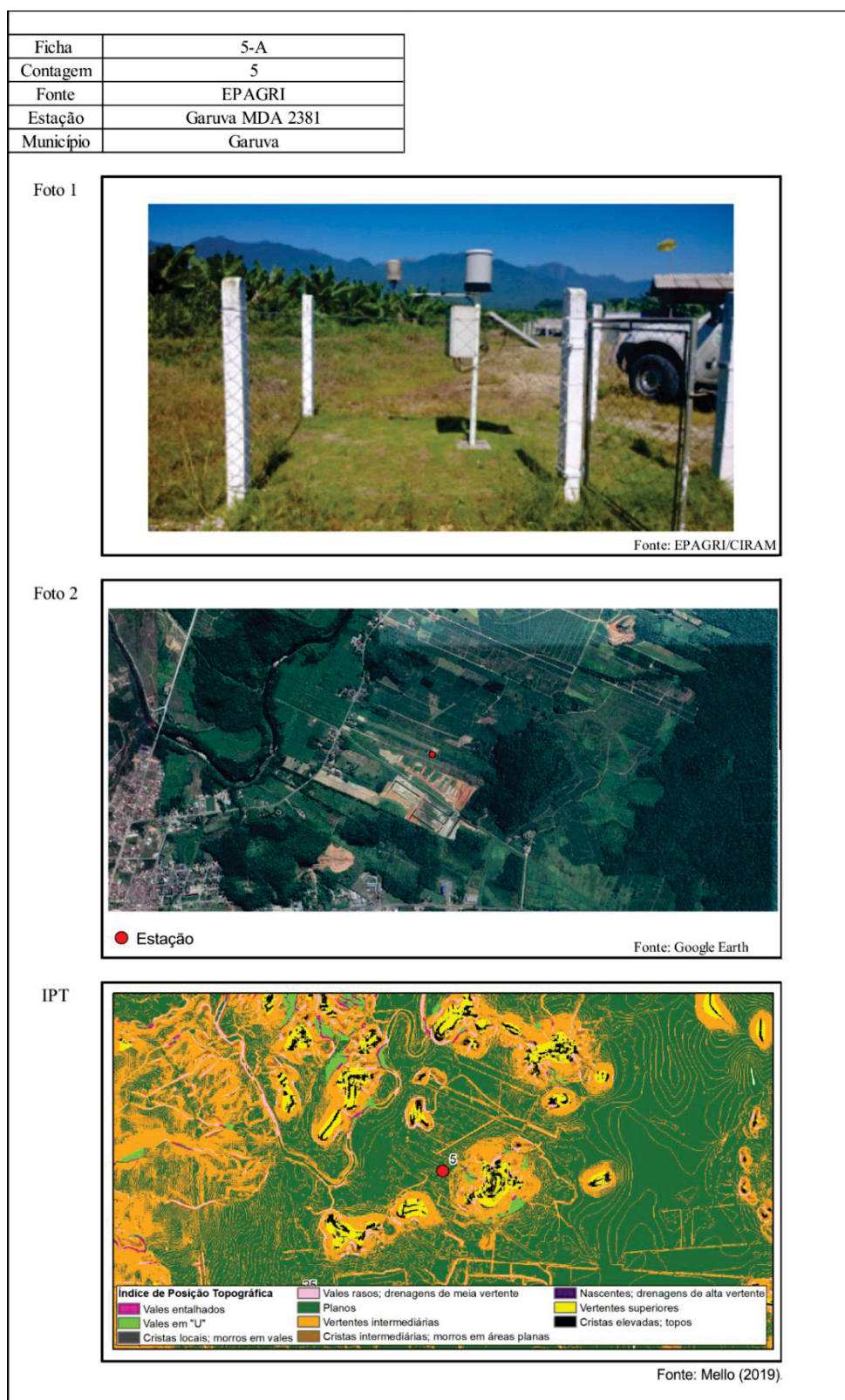
TABELA 22 – INFORMAÇÕES ADICIONAIS DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO: ALTITUDE, DECLIVIDADE, ASPECTO E IPT (ÍNDICE DE POSIÇÃO TOPOGRÁFICA).

Contagem	Fonte	Estação	Município	Ambiente	Altitude	Declividade	Aspecto	IPT
1	EPAGRI	Balneário Barra do Sul MDA 1060	B. Barra do Sul	Litoral/Baía	5	Ondulado	NW	Vertentes intermediárias
2	EPAGRI	Campo Alegre Faxinal 2215	Campo Alegre	Planalto	895	Suave ondulado	NW	Planos
3	EPAGRI	Corupá MDA 2393	Corupá	Proximidades da serra/interior	176	Plano	E	Planos
4	EPAGRI	Corupá SDS 2399	Corupá	Proximidades da serra/interior	360	Montanhoso	E	Vales entalhados
5	EPAGRI	Garuva MDA 2381	Garuva	Proximidades da serra/frente	17	Suave ondulado	W	Planos
6	EPAGRI	Jaraguá do Sul MDA 1052	Jaraguá do Sul	Proximidades da serra/interior	92	Ondulado	NE	-
7	EPAGRI	Joinville Vila Nova MDA 1051	Joinville	Proximidades da serra/frente	47	Plano	Plano	Planos
8	EPAGRI	Joinville Pirabeiraba MDA 2382	Joinville	Proximidades da serra/frente	58	Suave ondulado	S	Planos
9	EPAGRI	Rio Negrinho Rio dos Bugres 2081	Rio Negrinho	Planalto	790	Forte ondulado	SW	Vertentes intermediárias
10	EPAGRI	Rio Negrinho Ponte do Lageado 2083	Rio Negrinho	Planalto	795	Ondulado	N	Vertentes intermediárias
11	EPAGRI	Rio Negrinho-Rio dos Bugres 2220	Rio Negrinho	Planalto	811	Ondulado	W	Vertentes intermediárias
12	EPAGRI	São Bento do Sul-Mato Preto 2222	São Bento do Sul	Planalto	818	Ondulado	SW	Vertentes intermediárias
13	EPAGRI	SBS - Rio Vermelho Povoado 2380	São Bento do Sul	Planalto	845	Forte ondulado	NE	Vertentes intermediárias
14	EPAGRI	Schroeder MDA 2389	Schroeder	Proximidades da serra/interior	63	Plano	Plano	Planos
15	INMET	Itapoá-A851	Itapoá	Litoral/Baía	6	Plano	Plano	Planos
16	INMET	Rio Negrinho-A862	Rio Negrinho	Planalto	857	Suave ondulado	SW	Planos
17	CCJ	Abaeté	Joinville	Serra	715	Ondulado	NE	Vales em "U"
18	Cemaden	Centro	Araquari	Planície	12	Suave ondulado	S	Planos
19	Cemaden	Itinga	Araquari	Planície	22	Plano	Plano	Planos
20	Cemaden	Porto Grande	Araquari	Planície	11	Suave ondulado	N	Planos
21	Cemaden	Rainha	Araquari	Planície	29	Ondulado	NW	-
22	Cemaden	Horto Florestal	Corupá	Proximidades da serra/interior	86	Montanhoso	SW	Vertentes intermediárias
23	Cemaden	João Tozini	Corupá	Proximidades da serra/interior	60	Plano	N	Planos
24	Cemaden	Rua Ano Bom	Corupá	Proximidades da serra/interior	69	Plano	N	Planos
25	Cemaden	Centro	Garuva	Proximidades da serra/frente	22	Suave ondulado	S	Planos
26	Cemaden	Estrada Geral Quiriri	Garuva	Proximidades da serra/interior	124	Ondulado	SW	Vertentes intermediárias
27	Cemaden	Bananal	Guaramirim	Proximidades da serra/planicie	16	Forte ondulado	N	Planos
28	Cemaden	Bananal do Sul	Guaramirim	Proximidades da serra/planicie	16	Plano	NE	Planos
29	Cemaden	Corticeiras	Guaramirim	Proximidades da serra/planicie	35	Suave ondulado	E	Planos
30	Cemaden	EMEF Jacu-Açu/Jacu-Açu	Guaramirim	Proximidades da serra/planicie	31	Plano	SW	-
31	Cemaden	Nova Esperança	Guaramirim	Proximidades da serra/planicie	26	Ondulado	NE	Vertentes superiores
32	Cemaden	Barra do Rio Cerro	Jaraguá do Sul	Proximidades da serra/interior	42	Suave ondulado	NE	-
33	Cemaden	Bombeiro de Nereu Ramos	Jaraguá do Sul	Proximidades da serra/interior	51	Suave ondulado	SW	Planos

34	Cemaden	Bombeiro do Centro	Jaraguá do Sul	Proximidades da serra/interior	32	Plano	Plano	Planos
35	Cemaden	Corpo de Bombeiros Voluntários	Jaraguá do Sul	Proximidades da serra/interior	32	Suave ondulado	NW	Planos
36	Cemaden	SAMAE Água Verde	Jaraguá do Sul	Proximidades da serra/interior	31	Plano	Plano	Planos
37	Cemaden	SAMAE Ilha da Figueira	Jaraguá do Sul	Proximidades da serra/planicie	25	Ondulado	SE	Planos
38	Cemaden	Aventureiro	Joinville	Planície	3	Suave ondulado	E	Planos
39	Cemaden	Centro	Joinville	Planície	16	Ondulado	SW	Vertentes intermediárias
40	Cemaden	Costa e Silva	Joinville	Planície	18	Ondulado	NE	Vertentes intermediárias
41	Cemaden	Estação de Cidadania Abílio Bello	Joinville	Planície	6	Forte ondulado	SW	Vertentes intermediárias
42	Cemaden	Estrada Geral Salto I	Joinville	Proximidades da serra/frente	71	Suave ondulado	NE	Planos
43	Cemaden	Iriú	Joinville	Planície	12	Ondulado	NE	Vales em "U"
44	Cemaden	Itinga	Joinville	Planície	22	Plano	Plano	Planos
45	Cemaden	Paranaguamirim	Joinville	Planície	11	Ondulado	W	Vertentes intermediárias
46	Cemaden	Colonial	São Bento do Sul	Planalto	871	Ondulado	E	Vertentes intermediárias
47	Cemaden	Centro	São Francisco do Sul	Litoral/Baía	12	-	-	-
48	Cemaden	Corpo de Bombeiros/Enseada	São Francisco do Sul	Litoral/Baía	8	Suave ondulado	W	Planos
49	Cemaden	E.M. Ramiro Bueno da Rocha/Praia do Ervino	São Francisco do Sul	Litoral/Baía	7	Suave ondulado	NW	Planos
50	Cemaden	Centro	Schroeder	Proximidades da serra/interior	47	Plano	NE	Planos
51	Cemaden	Centro 2	Schroeder	Proximidades da serra/interior	43	Suave ondulado	NW	Planos
52	Cemaden	Rua Cândido Tomasselli	Schroeder	Proximidades da serra/interior	42	Ondulado	SW	Vertentes intermediárias
53	Particular	Serra Smith	Joinville	Serra	1200	Suave ondulado	E	Vertentes superiores
54	Particular	Brador	Garuva	Serra	1532	Montanhoso	N	Cristas elevadas; topos

FONTE: A autora (2019).

FIGURA 48 – FICHA DA ESTAÇÃO 05- GARUVA MDA 2381.



FONTE: A autora (2019).

LEGENDA: As fichas das outras estações estão disponíveis no link: <http://geokiriri.com/ficha-das-estacoes-meteorologicas-pluviometricas/> (senha = Serradoquiriri2019).



#### 4.4.2 Distribuição de precipitação no período horário

Foram analisadas as séries históricas das estações de monitoramento pluviométrico, e o período com a menor quantidade de falhas foi de 2014 a 2018, sendo esta a série utilizada nas análises. O período diurno compreendeu o horário das 8 às 19 horas e o noturno das 20 às 7 horas, lembrando que estes períodos foram definidos a partir do horário médio do nascer e pôr do Sol na latitude e longitude de Joinville, para um período de dois anos.

Com base na análise dos dados horários observou-se que a estação 22-Horto Florestal, localizada em Corupá, apresentou baixos acumulados de precipitação se comparado as estações do entorno, observando-se a fotografia da estação (FIGURA 49 A), que foi solicitada à Defesa Civil, nota-se a existência de algumas palmeiras muito próximas ao pluviômetro, por isso, optou-se por eliminá-lo. A estação 51-Centro 2, localizada em Schroeder, também foi eliminada, neste caso por conta dos altos volumes pluviométricos. Caso os dados da estação sejam fidedignos, este pluviômetro concentrou mais chuva do que os pluviômetros, já conhecidos, pelos maiores acumulados de precipitação da região (proximidades da serra de Garuva e Joinville). Por conta disso, foi realizada visita *in loco* para fotografar o pluviômetro e foi verificado que não existem barreiras no local (FIGURA 49 B), porém, os dados são inconsistentes em relação às estações do entorno (Centro/Schroeder, Corpo de Bombeiros Voluntários/Jaraguá do Sul, ambas do Cemaden, e Schroeder MDA 2389 da EPAGRI).

FIGURA 49 – A) PLUVIÔMETRO 22 - HORTO FLORESTAL/CORUPÁ. B) PLUVIÔMETRO 51 – CENTRO2/SCHROEDER.

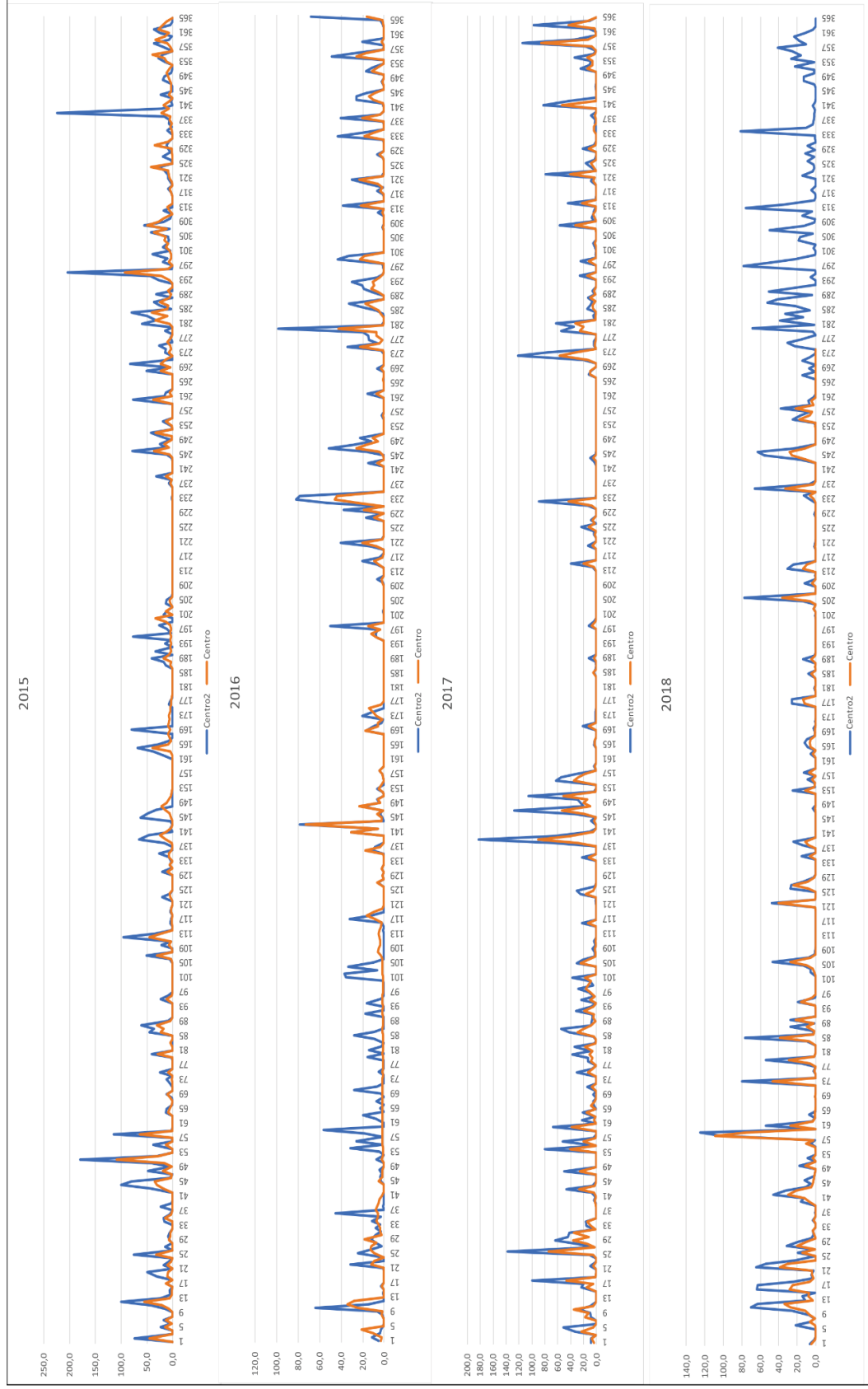


FONTE: Defesa Civil de Corupá e a autora (2019).

Foram gerados gráficos (FIGURA 50) comparando os acumulados diários de precipitação entre o pluviômetro 51-Centro 2 e o 50-Centro, ambos localizados em Schroeder. Observa-se uma concordância entre os dados, os picos de precipitação coincidem em muitos casos (em 2016 houve um período de falhas no pluviômetro Centro). O problema é a diferença na quantidade da precipitação e não no padrão da distribuição, por exemplo, no dia 22 de outubro de 2015 o pluviômetro Centro 2 acumulou 204,2 mm, enquanto o pluviômetro Centro acumulou 93,6 mm, outros eventos podem ser observados nos gráficos abaixo. Por conta desses episódios extremos, não registrados nas estações do entorno com magnitude semelhante, da proximidade das estações e da similaridade entre os ambientes, optou-se por eliminar este pluviômetro. Em conversa com pessoal da Defesa Civil de Schroeder, foi argumentado que o único trabalho de manutenção que eles fazem dos pluviômetros é a limpeza da tela, para não acumular folhas etc., que os técnicos responsáveis pela efetiva manutenção dos equipamentos são do Cemaden, e pode demorar mais de 5 anos até que ocorra uma manutenção.

Na sequência das análises também se fez necessário eliminar a estação 42-Estrada Geral Salto I e 44-Itinga, ambas localizadas em Joinville, além da estação 33-Bombeiro de Nereu Ramos, localizada em Jaraguá do Sul, por apresentarem dados horários inconsistentes em alguns meses. Em determinados períodos havia registros contínuos de baixa precipitação (0,2 mm), nenhum de volumes mais elevados (acima de 10 mm por exemplo), e tão pouco, dias sem registros de precipitação. Se comparado a outras estações nas proximidades, não havia consistência nos dados. O caso desses pluviômetros foi semelhante ao que ocorreu com a estação 50-Centro/Schroeder no ano de 2016 do dia juliano 45 ao 113 (dia juliano neste caso se refere à contagem dos dias do ano de forma contínua, do 1 ao 365) (FIGURA 50). O número de estações disponíveis para análise, com isso, baixou de 54 para 49 estações.

FIGURA 50 – ACUMULADOS DIÁRIOS DE PRECIPITAÇÃO NOS PLUVIÔMETROS 51 – CENTRO2/SCHROEDER E 50 – CENTRO/SCHROEDER NO PERÍODO DE 2015 A 2018.



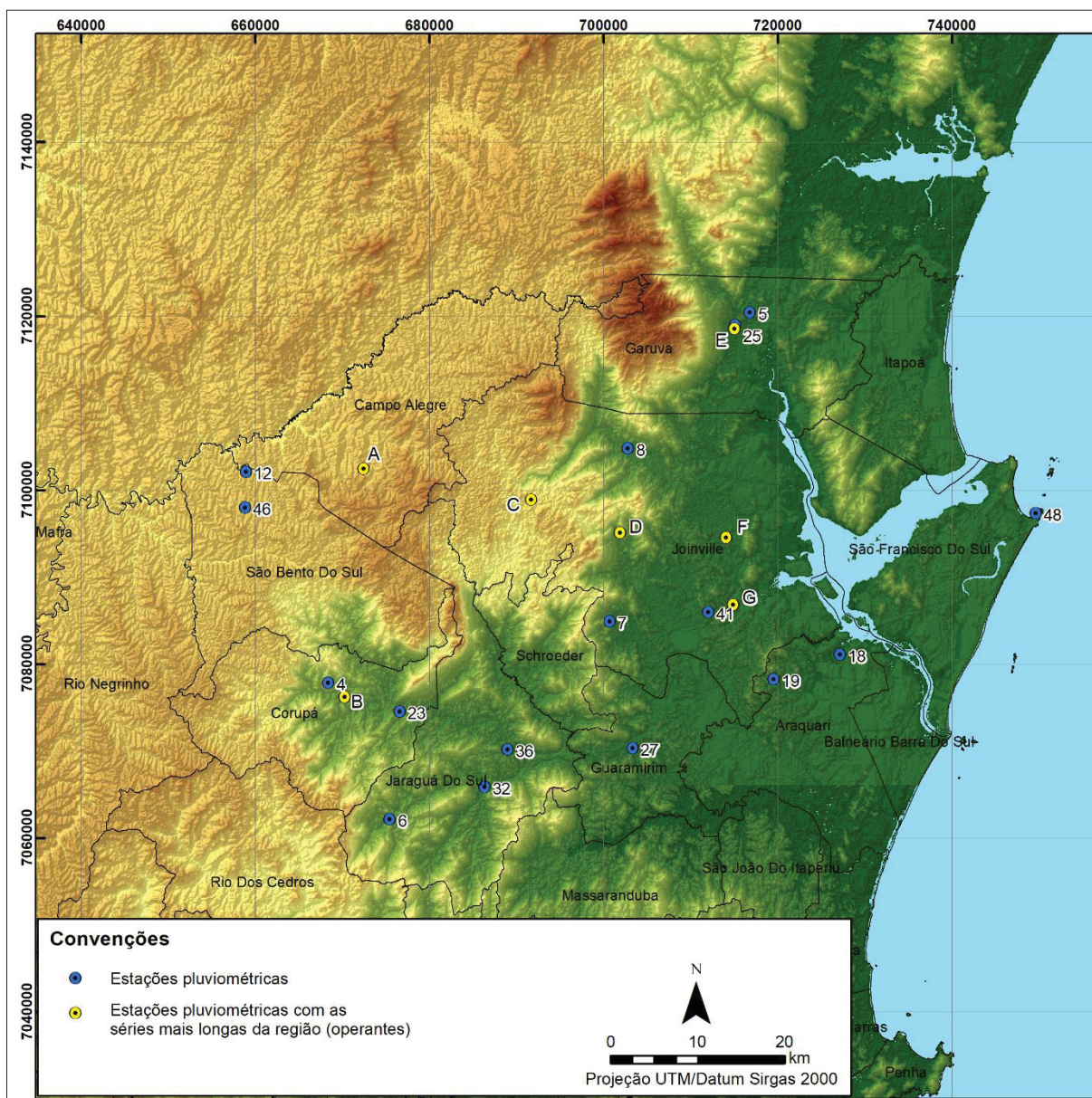
FONTE: A autora (2019).

Objetivando contextualizar o período analisado em relação à variabilidade dos acumulados de precipitação na região, foram utilizados pluviômetros que operam até a atualidade (2019), e com as séries históricas mais longas, para classificar os períodos analisados em normais ( $Q_{0,35}$ - $Q_{0,65}$ ), secos ( $Q_{0,15}$ - $Q_{0,35}$ ), muito-secos ( $Q_{0,15}$ ), chuvosos ( $Q_{0,65}$ - $Q_{0,85}$ ) e muito-chuvosos ( $Q_{0,85}$ ). Estes pluviômetros estão destacados na FIGURA 51, e descritos na TABELA 2, sendo eles: Campo Alegre (A), Corupá (B), Primeiro Salto Cubatão (C), Estrada dos Morros (D), Garuva (E), Estação Meteorológica Convencional da Univille (F) e Joinville RVPSC (G).

O pluviômetro “A” foi utilizado para representar o ambiente de planalto; o “B” para representar as proximidades da serra/interior; “C” serra; “D” e “E” proximidades da serra/frente; “F” planície, proximidades da serra/planície e litoral/baía; por fim, o pluviômetro “G” foi utilizado para representar a planície, litoral/baía e proximidades da serra/interior. Os pluviômetros representados em azul na figura serão discutidos mais adiante no texto.



FIGURA 51 – ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS COM ATÉ UM MÊS DE FALHA NA SÉRIE DE DADOS DE 2016 A 2018 (AZUL).



FONTE: A autora (2019).

LEGENDA: Os números de cada estação no mapa se referem à coluna “contagem” da TABELA 21. Em amarelo, estações pluviométricas utilizadas na análise dos períodos padrões (normais, chuvosos, secos etc.).

Primeiramente, em relação ao período anual, o ano de 2014 foi classificado como seco, com uma tendência a normalidade na região de planalto, serra/reverso da serra e nas proximidades de Corupá. O verão foi uma estação com um misto entre seco e normal entre os pluviômetros, e o outono foi um misto entre seco, normal e chuvoso; o inverno deste ano foi uma estação muito-chuvosa e a primavera muito-seca. O ano de 2015 classificou-se como chuvoso, apenas áreas próximas à

serra/reverso da serra e Corupá foram classificadas como normais. Neste ano, a estação da primavera foi muito-chuvosa em todas as áreas, o outono foi uma estação chuvosa na planície e proximidades da serra/frente, o verão classificou-se como chuvoso apenas numa parte do município de Joinville, abrangendo planície e proximidades da serra, por fim, o inverno foi predominantemente normal, com exceção dos pluviômetros G-Joinville (RVPSC) e B-Corupá.

O ano de 2016 pode ser classificado como normal, tendendo a seco nas estações “B” e “C”, localizadas na serra/reverso e Corupá. O outono foi uma estação chuvosa - principalmente nas proximidades da serra/interior, o verão foi predominantemente seco, sendo classificado como normal apenas nas estações próximas à serra/frente, a primavera foi uma estação seca, e o inverno foi uma estação com pluviosidade normal. O ano de 2017 foi um misto de normal, seco e chuvoso entre as estações, tendendo a seco no planalto e proximidades de Corupá e a chuvoso nas proximidades da frente da serra e planície. Destaca-se o outono de 2017 como um período muito-chuvoso, a primavera como um período seco – principalmente no planalto e áreas de serra/reverso e Corupá, já o inverno foi uma estação classificada como seca, e normal apenas nas proximidades da serra/frente.

As estações Campo Alegre e Ilha do Rio Claro não tinham os dados completos para o ano de 2018, a última solicitação para a ANA foi feita em 22/10/2019, sendo assim, o ambiente de planalto não foi avaliado neste período. O ano de 2018 foi categorizado como seco nas áreas próximas à serra e normal na planície; o verão e o outono foram classificados como seco na maior parte das estações, exceto na Estrada dos Morros e Univille, e o inverno foi uma estação seca em todas as estações, sendo que quatro delas foram categorizadas como muito-seco; já na primavera, houve um aumento na quantidade de precipitação, que ficou classificada como chuvosa nas estações próximas à serra, e normal nas estações de planície. A TABELA 23 mostra um resumo da classificação da precipitação para todo o período analisado. Ressalta-se que foi utilizado o termo serra/reverso da serra, pois a estação que representou este ambiente não está localizada nos picos mais altos do seu entorno e nem no trecho mais à leste da serra, que recebe maior umidade do oceano. Além disso, a classificação foi realizada empiricamente pela autora, utilizando como base a técnica dos quantis.

TABELA 23 – CLASSIFICAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO DO PERÍODO DE 2014 A 2018.

	Anual	Verão	Outono	Inverno	Primavera
2014	seco/normal	seco/normal	misto	muito-chuvoso	muito-seco
2015	chuvoso/normal	normal/chuvoso	chuvoso/normal	normal/seco	muito-chuvoso seco/muito- seco
2016	normal/seco	seco/normal	chuvoso	normal	seco/normal
2017	misto	normal/chuvoso	muito-chuvoso/chuvoso	seco/normal muito- seco/seco	seco/normal
2018	seco/normal	seco/normal	seco	seco/seco	chuvoso/normal

FONTE: A autora (2019).

A partir deste trecho do texto desta seção será iniciada a discussão dos dados horários de precipitação. Para toda a série analisada, 45,4% da ocorrência de precipitação (horas com precipitação >0) se deu no período diurno e 54,6% no período noturno (≠ de 9,1%). Já em relação a quantidade de precipitação, 51,5% do total ocorreu no período diurno e 48,5% no período noturno (≠ de 3%).

A maior frequência de ocorrência de precipitação no período noturno pode estar relacionada à influência da brisa marítima, à confluência da brisa marítima com a brisa de montanha, e ao aquecimento diurno, pois este intensifica a convergência de umidade e formação de nuvens, tendo seu ápice entre o máximo de calor (meio da tarde) e início da madrugada. ma análise mais detalhada dos dados horários seria necessário para melhor entender esta dinâmica.

A TABELA 24 traz este mesmo comparativo para as diferentes estações do ano. Em todas as estações do ano a ocorrência de precipitação foi maior no período noturno, com destaque para o inverno (≠ de 14%). O acumulado de precipitação foi maior no período noturno principalmente no inverno (≠ de 15,6%), no verão, o volume de chuva foi consideravelmente superior no período diurno (≠ de 18,4%). Em relação ao acumulado de precipitação, as estações de transição (outono e primavera) apresentaram valores mais equilibrados.

TABELA 24 – OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO EM RELAÇÃO À FREQUÊNCIA (%) E O ACUMULADO NOS PERÍODOS DIURNO E NOTURNO, DE 2014 A 2018, NAS ESTAÇÕES COM DADOS DISPONÍVEIS.

Período	Ocorrência de precipitação			
	Frequência (%)		Acumulado (%)	
	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno
Geral	45,4	54,6	51,5	48,5
Verão	47,5	52,5	59,2	40,8
Outono	45,4	54,6	47,9	52,1
Inverno	43,0	57,0	42,2	57,8
Primavera	45,1	54,9	51,1	48,9

FONTE: A autora (2019).

Para o período anual, o horário compreendido entre as 7 e 15 horas possui a menor ocorrência de precipitação, enquanto os menores acumulados se deram entre as 4 e as 13 horas, e os maiores acumulados entre as 15 e as 20 horas, com destaque para o horário entre 16 e 18 horas. O outono foi a estação do ano com o padrão mais similar à dinâmica anual em relação à frequência de ocorrência de precipitação, enquanto o verão foi a estação mais similar em relação aos acumulados de precipitação (TABELA 25).

No verão, a maior frequência de ocorrência de precipitação se deu entre as 16 e as 23 horas, enquanto os maiores acumulados se concentraram entre as 15 e 20 horas. Já no inverno, a ocorrência de precipitação foi maior no período da madrugada, e os maiores acumulados no início da noite e madrugada. No outono, a maior frequência de precipitação ocorreu entre as 23 e 2 horas, e os maiores acumulados ocorreram entre as 15 e 18 horas e 23 e 0 hora. Por fim, a primavera apresentou maior frequência de ocorrência de precipitação entre as 22 e 5 horas, e os acumulados foram superiores entre as 15 e 18 horas (TABELA 25).

Destaca-se que o maior desvio padrão (grau de dispersão da amostra - quanto mais próximo de zero mais homogêneo) desses valores ocorreu para os acumulados de precipitação no verão, na TABELA 25 é possível observar que o acumulado de precipitação ultrapassou a casa dos 7% apenas nessa categoria de análise (verão), entre as 15 e 20 horas. Ou seja, a quantidade de precipitação durante as horas de um dia foi mais desigual nesta estação do ano.



TABELA 25 – FREQUÊNCIA (%) DE PRECIPITAÇÃO EM RELAÇÃO À OCORRÊNCIA (>0) E O ACUMULADO, DE 2014 A 2018, NO GERAL E NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO.

Horas	FREQUÊNCIA (%) DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Geral	4,8	4,7	4,7	4,5	4,4	4,4	4,2	3,9	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,5	3,8	4,0	4,3	4,5	4,7	4,7	4,7	4,7	4,9
Verão	4,7	4,4	4,2	4,0	3,8	3,7	3,4	3,0	2,9	2,9	3,0	2,9	3,0	3,2	3,8	4,4	5,0	5,3	5,4	5,6	5,6	5,5	5,1	5,0
Outono	5,0	5,3	4,9	4,5	4,4	4,2	4,3	4,1	3,9	3,6	3,4	3,5	3,4	3,3	3,4	3,7	4,1	4,4	4,4	4,4	4,3	4,3	4,4	4,9
Inverno	5,0	5,1	4,9	4,9	4,9	5,0	4,6	4,4	4,4	4,2	3,8	3,2	3,2	3,1	3,1	3,0	3,2	3,4	4,1	4,3	4,3	4,4	4,6	4,8
Primavera	4,6	4,8	4,6	4,5	4,7	4,6	4,4	4,3	3,9	3,7	3,8	3,7	3,5	3,4	3,5	3,7	3,7	3,8	4,1	4,3	4,3	4,5	4,7	4,7
Horas	FREQUÊNCIA (%) DE ACUMULADO DE PRECIPITAÇÃO																							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Geral	4,6	4,0	3,8	3,8	3,5	3,2	2,9	2,6	2,7	2,7	2,7	2,9	3,0	4,1	5,8	6,4	6,3	6,3	6,0	5,5	4,9	4,8	5,0	
Verão	3,4	2,7	2,6	2,8	2,0	1,7	1,3	1,2	1,5	1,3	1,4	2,1	2,8	3,4	5,5	7,1	8,9	8,3	8,5	7,2	6,1	5,4	4,4	
Outono	5,7	5,4	4,9	4,2	3,2	3,2	2,9	2,3	2,4	2,2	2,3	2,7	2,5	3,1	5,8	6,7	6,7	5,9	5,4	4,9	4,6	4,7	6,0	
Inverno	6,3	5,0	4,9	5,3	5,5	5,0	4,4	4,0	4,0	4,0	2,9	2,3	2,1	2,7	3,3	3,4	3,4	3,6	5,4	5,1	4,4	3,4	4,0	
Primavera	3,9	3,6	3,5	3,7	4,4	4,1	3,8	3,9	3,7	3,7	4,3	3,9	3,5	3,3	4,0	5,5	4,9	5,2	4,9	4,2	4,6	4,5	4,5	

FONTE: A autora (2019).

LEGENDA: Na cor laranja estão dispostos os menores valores e em azul os maiores.

Foi realizada uma análise da distribuição de precipitação no período diário para os diferentes ambientes das estações. Por meio da TABELA 26, observa-se que não existiram diferenças muito significativas entre os ambientes em relação à frequência de ocorrência de precipitação nas horas do dia. É possível notar que a distribuição de precipitação no planalto foi mais homogênea, com exceção da primavera. Em relação à distribuição de precipitação nos períodos diurno e noturno, ela também é similar entre os ambientes, tendo uma maior concentração de precipitação no período noturno. Ressalta-se que nem todas as estações possuíam uma série de dados completa para o período analisado (2014-2018), as estações da serra, por exemplo, possuíam dados apenas para 2018, justificando serem estes os dados mais heterogêneos nas TABELAS 26 e 27.

A análise em relação aos acumulados de precipitação, para o mesmo período discutido na TABELA 26, mostrou dados mais interessantes, pois a diferença entre os ambientes foi mais significativa. No verão, nas estações do litoral/baía os maiores acumulados de precipitação ocorreram um pouco mais tarde do que nos outros ambientes, com as maiores frequências entre 19 e 22 horas. No outono, este mesmo ambiente foi o único que não concentrou os maiores acumulados de chuva entre o final da tarde e o início da noite, e sim no fim da noite, início da madrugada. Na primavera as estações das proximidades da serra/frente apresentaram uma sequência de horas com os maiores acumulados (16-21 horas), ao contrário do que ocorreu nos outros ambientes, onde a distribuição dos acumulados ao longo das horas foi mais dispersa (TABELA 27).

A TABELA 28 apresenta a frequência dos acumulados de precipitação nos períodos diurno e noturno, sendo um complemento à análise da TABELA 27. Na estação verão, a quantidade de precipitação nas proximidades da serra/planície que ocorreu no período diurno (67,1%), é consideravelmente superior ao noturno (32,9%), sendo mais elevado também no planalto ( $\neq$  24,5%), proximidades da serra/interior ( $\neq$  23%), proximidades da serra/frente ( $\neq$  18,4%) e planície ( $\neq$  12,4%). Já nos ambientes litoral/baía e serra os acumulados de precipitação são superiores no período noturno, com as respectivas diferenças: 11,4% e 7,1%.

O inverno, assim como o verão, é uma estação de extremos, e isto se reflete na maior disparidade entre os dados. Em todos os ambientes a precipitação é maior no período noturno, destacando-se o planalto como o ambiente com a menor diferença (6,9%) e o litoral/baía com 63,7% dos totais pluviométricos se

concentrando no período noturno. No outono e primavera a diferença de precipitação entre os períodos diurno e noturno é mais homogênea. Com destaque no outono para o ambiente de litoral/baía, que concentrou 60,4% da precipitação no período noturno, e na primavera o planalto, com 56,7% da precipitação ocorrendo no período diurno.

TABELA 26 – FREQUÊNCIA (%) DE PRECIPITAÇÃO EM RELAÇÃO À OCORRÊNCIA (>0), DE 2014 A 2018, NOS DIFERENTES AMBIENTES DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO E NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO.

Horas	FREQUÊNCIA (%) DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO EM TODO O PERÍODO ANALISADO																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Litoral/baía	4,8	5,1	5,0	4,8	4,9	4,7	4,5	4,2	4,1	3,8	4,0	3,5	3,2	3,0	3,0	3,0	3,3	3,7	4,1	4,5	4,5	4,7	4,7	4,9
Planície	4,9	4,8	4,8	4,6	4,4	4,3	4,1	3,8	3,6	3,7	3,7	3,7	3,7	3,6	3,6	3,7	3,8	4,0	4,3	4,4	4,5	4,5	4,6	4,8
Proximidades da serra - planície	4,9	5,0	4,6	4,3	4,1	4,3	4,1	3,6	3,5	3,6	3,5	3,4	3,4	3,3	3,5	4,0	4,1	4,3	4,6	4,8	4,6	4,7	4,8	4,9
Proximidades da serra - frente	4,8	4,7	4,5	4,3	4,2	4,1	3,9	3,8	3,6	3,4	3,3	3,2	3,3	3,2	3,4	3,8	4,2	4,4	4,7	5,0	5,2	5,1	4,9	4,9
Proximidades da serra - interior	4,8	4,8	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2	4,0	3,9	3,7	3,6	3,4	3,3	3,2	3,5	3,8	4,1	4,3	4,5	4,6	4,5	4,6	4,7	4,9
Serra	4,8	5,2	4,9	4,6	5,0	4,9	4,5	4,6	4,3	3,7	3,7	3,1	2,7	2,8	2,9	3,2	3,4	3,5	4,0	4,5	4,5	4,8	5,4	5,0
Planalto	4,6	4,7	4,6	4,7	4,6	4,5	4,4	4,0	3,8	3,2	3,0	2,8	2,8	3,1	3,6	4,1	4,4	4,7	4,8	4,7	4,8	4,8	4,4	4,7
FREQUÊNCIA (%) DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO NO VERÃO																								
Horas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Litoral/baía	4,6	4,5	4,7	4,8	4,6	4,2	3,7	3,5	3,7	3,4	3,7	3,3	3,0	2,7	2,6	3,0	3,4	4,2	4,8	5,6	5,6	5,8	5,6	5,2
Planície	4,6	4,5	4,6	4,2	3,9	3,9	3,2	2,9	2,8	3,3	3,8	3,5	3,3	3,3	3,8	4,0	4,6	4,8	5,3	5,4	5,3	5,1	5,2	4,7
Proximidades da serra - planície	5,0	4,2	4,0	3,8	3,2	3,2	3,3	2,3	2,5	2,8	3,0	2,9	3,0	3,2	4,3	4,6	5,1	5,6	6,2	6,2	5,7	5,7	5,1	5,0
Proximidades da serra - frente	4,6	4,1	4,1	3,9	3,7	3,7	3,3	3,1	2,8	2,6	2,7	3,0	3,2	3,4	3,9	4,6	5,1	5,4	5,4	5,7	6,1	5,5	5,2	5,0
Proximidades da serra - interior	4,7	4,3	4,0	3,7	3,7	3,5	3,3	2,9	3,1	3,1	3,2	2,9	2,9	3,1	4,0	4,6	5,3	5,5	5,4	5,6	5,4	5,5	5,1	5,2
Serra	4,7	5,0	4,9	4,6	4,6	4,9	4,6	4,4	4,4	3,7	3,1	3,2	2,7	3,4	3,1	3,2	3,3	3,7	4,5	4,3	4,9	4,6	5,5	4,7
Planalto	4,5	4,6	4,5	4,5	4,2	4,0	3,9	2,9	2,6	2,0	2,2	2,2	2,5	3,0	3,8	5,0	5,5	5,7	5,2	5,5	5,8	6,1	4,8	4,9
FREQUÊNCIA (%) DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO NO OUTONO																								
Horas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Litoral/baía	5,2	5,8	5,2	4,8	5,2	5,1	5,0	4,6	4,3	4,1	4,0	3,5	3,3	2,9	2,8	2,6	2,9	3,7	3,8	4,0	4,1	4,1	3,9	5,0
Planície	5,4	5,1	4,5	4,6	4,1	4,1	4,4	4,0	3,7	3,7	3,4	4,1	4,0	3,5	3,5	3,6	3,7	4,3	4,5	4,3	4,0	4,0	4,1	5,1
Proximidades da serra - planície	4,8	5,4	4,9	4,0	4,2	4,3	3,8	3,4	3,4	3,4	3,3	3,7	3,7	3,7	3,5	4,2	4,5	4,1	4,4	4,4	4,1	4,4	4,4	4,8
Proximidades da serra - frente	5,3	5,5	4,9	4,3	4,1	3,8	3,6	3,8	3,6	3,5	3,3	3,1	3,3	3,2	3,1	3,6	4,2	4,5	4,5	4,9	4,9	5,1	4,8	5,0
Proximidades da serra - interior	4,8	5,0	5,0	4,5	4,3	4,1	4,2	4,0	3,8	3,5	3,5	3,6	3,2	3,2	3,6	4,0	4,4	4,4	4,4	4,3	4,3	4,2	4,5	4,8
Serra	4,5	4,8	4,5	4,0	4,4	4,3	4,0	3,8	4,3	4,0	3,2	3,4	3,4	3,7	3,4	3,4	4,5	4,0	4,3	4,4	4,0	4,4	4,8	5,1
Planalto	4,7	5,3	5,1	4,6	4,8	4,9	4,9	4,9	4,6	4,6	3,7	2,8	2,8	2,6	3,1	3,5	4,0	4,7	4,7	4,5	4,3	4,1	3,9	4,9
FREQUÊNCIA (%) DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO NO INVERNO																								
Horas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Litoral/baía	5,2	5,5	5,4	4,8	5,3	4,9	4,8	4,7	4,5	3,7	3,9	3,4	2,7	2,6	2,7	3,0	3,1	3,3	3,5	4,7	4,7	4,7	4,5	4,6
Planície	5,2	5,4	5,0	5,0	5,0	4,7	4,3	4,3	3,9	4,3	3,6	3,1	3,4	3,3	3,5	3,2	3,2	2,9	4,1	4,1	4,6	4,4	4,5	4,7
Proximidades da serra - planície	5,0	5,2	4,4	5,0	5,0	5,2	4,5	3,9	4,4	4,2	3,6	3,2	3,3	2,8	2,6	2,8	2,9	3,2	4,5	4,2	5,0	4,8	5,1	5,2
Proximidades da serra - frente	5,0	4,9	4,8	4,7	4,8	4,9	4,9	4,5	4,2	4,2	3,9	3,3	3,1	2,9	3,0	2,8	3,2	3,6	4,3	4,5	4,7	4,6	4,6	4,7
Proximidades da serra - interior	4,9	5,1	4,7	5,0	4,8	5,1	4,6	4,4	4,6	4,2	3,8	3,4	3,4	3,3	3,1	2,9	3,2	3,6	4,2	4,1	4,0	4,2	4,6	4,7
Serra	4,7	5,1	5,7	3,7	5,1	6,1	4,1	6,3	4,6	5,1	4,6	3,4	1,9	1,9	2,5	2,2	2,5	2,9	2,9	5,1	4,2	5,4	5,7	4,6
Planalto	5,0	4,9	5,1	5,2	4,9	5,0	4,8	4,7	4,9	4,5	3,7	2,7	2,5	3,0	3,3	3,2	3,5	3,6	4,1	4,1	3,8	4,2	4,6	4,8
FREQUÊNCIA (%) DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO NA PRIMAVERA																								
Horas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Litoral/baía	4,4	4,8	4,9	4,9	4,7	4,6	4,3	4,2	4,0	3,9	4,2	3,8	3,6	3,6	3,6	3,5	3,6	3,6	4,2	3,9	3,9	4,3	4,7	4,9
Planície	4,7	4,8	4,7	4,6	4,7	4,7	4,4	4,0	3,8	3,7	4,0	4,0	3,9	3,9	3,7	3,8	3,5	3,8	3,5	3,9	4,2	4,5	4,7	4,7
Proximidades da serra - planície	4,8	5,2	4,8	4,5	4,2	4,8	4,5	4,5	4,0	4,3	3,8	3,6	3,4	3,3	3,8	3,5	3,7	4,1	3,7	4,1	3,7	3,9	4,9	4,8
Proximidades da serra - frente	4,5	4,4	4,3	4,4	4,4	4,3	4,1	4,0	3,9	3,5	3,5	3,5	3,5	3,3	3,5	3,9	3,9	4,1	4,5	4,8	5,0	5,1	4,9	4,8
Proximidades da serra - interior	4,8	5,0	4,9	4,8	4,8	4,8	4,6	4,6	4,1	3,9	3,9	3,6	3,4	3,3	3,2	3,4	3,4	3,7	3,9	4,3	4,2	4,4	4,6	4,7
Serra	5,1	4,7	4,9	5,3	5,8	4,6	4,8	4,4	4,6	4,1	2,9	2,7	2,3	2,6	3,3	3,1	3,3	3,3	3,3	4,6	4,5	4,8	5,6	5,5
Planalto	4,4	4,2	4,0	4,5	4,8	4,4	4,1	4,0	3,7	3,3	3,4	3,7	3,5	3,5	4,1	4,3	4,4	4,5	5,0	4,5	4,6	4,2	4,3	4,4

FONTE: A autora (2019).

LEGENDA: Na cor laranja estão dispostos os menores valores e em azul os maiores.



TABELA 27 – FREQUÊNCIA (%) DOS ACUMULADOS DE PRECIPITAÇÃO, DE 2014 A 2018, NOS DIFERENTES AMBIENTES DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO E NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO.

Horas	FREQUÊNCIA (%) DOS ACUMULADOS DE PRECIPITAÇÃO EM TODO O PERÍODO ANALISADO																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Litoral/baía	4,8	4,9	4,3	4,9	4,7	4,2	3,7	3,5	3,2	3,0	3,2	2,8	2,5	2,4	3,1	3,3	3,9	4,5	5,6	5,5	5,7	5,0	5,8	5,4
Planície	4,8	4,1	4,1	4,5	3,7	3,8	3,4	2,8	2,9	2,9	2,8	2,6	3,3	3,5	4,1	4,7	5,7	5,3	6,2	5,8	4,6	4,9	4,7	5,1
Proximidades da serra - planície	4,4	3,7	4,0	3,9	3,3	2,8	2,4	2,3	2,6	2,2	2,9	3,7	3,6	4,7	7,7	6,8	6,7	6,6	6,7	6,6	5,5	4,9	3,8	4,2
Proximidades da serra - frente	4,6	4,0	3,4	3,3	3,2	3,0	2,6	2,4	2,3	2,3	2,5	2,8	2,7	2,8	4,1	5,4	6,7	6,6	6,7	6,8	6,4	5,7	5,1	4,7
Proximidades da serra - interior	4,4	4,0	3,8	3,6	3,4	3,1	2,7	2,7	2,8	2,7	2,5	2,5	2,6	2,7	4,2	6,5	7,1	6,6	6,0	5,9	5,4	4,7	4,9	5,1
Serra	4,3	4,9	3,5	3,6	3,9	4,4	3,7	2,7	2,7	4,1	3,7	2,7	3,3	2,7	4,4	6,5	4,4	4,3	5,2	4,9	6,2	6,2	5,4	4,3
Planalto	4,6	3,6	3,5	3,1	3,3	2,8	2,7	2,4	2,6	2,7	3,1	2,7	2,7	3,7	4,4	5,9	6,7	7,7	7,2	6,1	5,5	4,6	3,6	4,8
FREQUÊNCIA (%) DOS ACUMULADOS DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO NO VERÃO																								
Horas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Litoral/baía	3,7	3,5	3,2	4,5	3,8	2,8	1,9	2,2	2,9	2,2	2,4	2,0	2,1	1,7	3,1	3,7	5,2	5,9	5,7	7,6	8,5	7,2	9,0	5,4
Planície	4,2	3,4	3,1	3,4	1,9	2,5	2,1	1,2	1,5	1,9	2,0	1,8	3,8	3,7	4,5	5,9	7,6	6,6	8,2	8,5	5,7	6,3	5,5	4,5
Proximidades da serra - planície	3,7	1,7	2,3	2,0	1,4	1,2	0,8	1,1	1,9	1,0	0,9	3,2	4,7	4,6	7,2	7,9	9,4	8,6	9,8	8,1	6,0	4,1	3,8	4,8
Proximidades da serra - frente	3,2	2,3	2,0	2,7	1,8	1,5	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	2,2	2,7	2,8	5,3	7,0	9,2	8,7	8,7	9,0	7,8	6,9	6,2	4,3
Proximidades da serra - interior	2,9	2,5	2,5	2,3	1,9	1,4	1,1	1,1	1,4	1,2	1,3	2,0	2,1	3,2	5,9	8,4	10,5	8,9	8,0	8,7	7,5	5,9	5,1	4,3
Serra	4,6	5,8	4,7	5,0	4,0	3,2	2,5	2,1	1,8	1,7	1,7	2,7	2,6	3,1	3,2	4,1	4,7	6,3	9,7	4,5	5,6	6,8	5,5	3,8
Planalto	3,3	2,7	3,1	2,6	2,1	1,3	1,3	0,9	1,0	1,0	1,2	1,8	2,4	5,1	6,5	8,0	8,5	9,4	9,0	8,3	7,4	6,0	3,3	3,7
FREQUÊNCIA (%) DOS ACUMULADOS DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO NO OUTONO																								
Horas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Litoral/baía	5,6	7,0	5,2	4,9	5,2	5,1	4,5	3,6	3,0	3,2	3,6	3,3	2,7	2,3	2,6	2,6	2,7	4,0	4,6	4,9	4,2	3,3	5,1	6,6
Planície	5,7	4,8	5,5	4,9	3,4	3,5	3,2	2,8	2,6	2,5	2,4	2,6	2,9	2,9	3,0	3,9	5,4	6,0	6,7	5,4	4,3	4,8	4,5	6,1
Proximidades da serra - planície	4,9	5,8	5,9	6,3	3,7	3,1	2,3	1,6	1,7	1,6	1,8	3,1	3,0	2,7	8,7	7,6	7,7	5,0	3,8	4,5	3,7	3,7	6,1	
Proximidades da serra - frente	6,1	5,5	4,2	3,2	2,6	2,5	2,8	2,1	2,2	2,0	2,0	2,5	2,5	2,8	3,4	5,2	6,9	6,8	6,6	6,8	5,8	5,4	4,9	5,2
Proximidades da serra - interior	5,8	5,3	4,8	3,9	2,9	3,0	2,3	2,1	2,4	2,2	2,1	1,9	2,4	1,9	3,3	6,8	8,0	6,9	5,7	5,1	5,0	4,7	5,2	6,2
Serra	3,4	3,9	3,4	2,4	2,4	2,0	1,9	2,2	2,9	2,1	3,2	3,5	3,2	5,2	4,7	12,3	6,5	5,5	3,9	4,8	4,1	5,9	4,7	4,7
Planalto	6,2	5,2	3,9	2,7	2,3	3,3	3,9	2,5	2,4	2,4	2,4	1,9	2,7	2,6	2,4	5,8	7,0	8,7	6,9	5,9	4,9	4,2	4,0	6,1
FREQUÊNCIA (%) DOS ACUMULADOS DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO NO INVERNO																								
Horas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Litoral/baía	6,9	6,7	5,5	5,5	6,6	5,4	4,3	5,0	4,0	4,2	4,2	2,7	1,9	1,6	2,2	2,6	3,3	2,4	2,4	3,7	5,4	4,3	3,2	4,9
Planície	6,5	5,7	5,4	6,2	6,4	5,8	4,0	3,7	4,0	4,6	2,3	1,8	2,0	3,5	4,2	3,4	2,6	1,5	4,7	5,4	3,9	2,9	3,8	5,7
Proximidades da serra - planície	6,6	4,9	5,9	5,5	6,0	5,0	4,1	3,0	3,7	3,0	2,7	2,2	1,9	1,6	3,4	2,8	3,0	3,0	6,5	5,2	4,3	3,7	5,6	6,3
Proximidades da serra - frente	6,5	5,5	5,1	5,0	5,2	5,2	4,6	4,3	3,6	3,5	3,4	2,5	2,1	2,4	2,8	3,2	3,3	3,5	5,1	5,6	5,5	4,0	3,5	4,6
Proximidades da serra - interior	6,1	4,6	4,6	5,4	5,2	4,8	4,7	4,2	4,3	4,1	2,9	2,5	2,3	2,6	3,2	3,5	3,9	4,3	5,7	4,6	3,8	3,0	4,1	5,8
Serra	3,8	4,1	3,7	2,5	2,6	4,6	4,2	4,9	4,9	7,8	2,5	1,9	0,8	0,7	0,8	2,7	1,4	1,8	2,6	10,4	17,2	5,9	3,9	4,0
Planalto	6,3	4,2	4,3	4,7	5,3	4,5	4,0	3,7	4,0	3,9	3,0	2,7	2,1	3,4	3,6	3,8	3,9	5,0	5,9	5,3	3,8	3,3	3,7	5,8
FREQUÊNCIA (%) DOS ACUMULADOS DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO NA PRIMAVERA																								
Horas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Litoral/baía	4,4	3,6	3,9	4,9	4,2	4,5	4,9	4,1	3,5	3,1	4,2	3,8	3,2	3,4	3,9	3,6	4,3	4,4	7,4	3,7	4,1	4,6	4,0	4,2
Planície	3,7	3,4	3,4	4,5	4,7	4,5	4,6	4,1	3,9	3,5	4,2	3,5	3,5	3,8	4,4	4,6	5,4	4,8	4,2	3,6	4,2	4,6	4,4	4,4
Proximidades da serra - planície	3,6	3,2	2,8	2,8	4,0	3,7	3,7	4,3	4,2	4,1	3,6	4,1	4,1	4,6	4,4	4,6	8,9	4,4	4,7	4,3	4,0	3,8	4,7	4,0
Proximidades da serra - frente	4,1	3,9	3,6	3,3	4,3	4,2	3,2	3,2	3,1	3,4	4,0	3,7	3,3	3,1	4,0	4,9	5,1	5,4	5,2	4,7	5,6	5,3	4,6	4,8
Proximidades da serra - interior	3,9	3,9	3,7	3,8	4,6	3,9	3,7	4,2	3,8	4,0	4,0	3,8	3,6	3,1	4,0	6,0	4,5	5,1	4,2	4,3	4,4	4,3	4,8	4,5
Serra	4,6	5,0	2,7	3,4	5,0	6,4	5,2	2,6	1,9	2,2	6,7	5,0	3,0	3,3	1,9	6,6	4,4	3,1	3,3	3,6	4,4	6,1	5,6	4,6
Planalto	3,7	3,2	3,2	2,9	3,9	3,2	2,7	3,3	3,7	4,1	5,9	4,4	3,6	2,8	3,7	5,0	6,3	7,0	6,1	4,1	4,7	4,2	3,7	4,6

FONTE: A autora (2019).

LEGENDA: Na cor laranja estão dispostos os menores valores e em azul os maiores.

TABELA 28 – FREQUÊNCIA (%) DOS ACUMULADOS DE PRECIPITAÇÃO, DE 2014 A 2018, NOS PERÍODOS DIURNO E NOTURNO, NOS DIFERENTES AMBIENTES DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO E NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO.

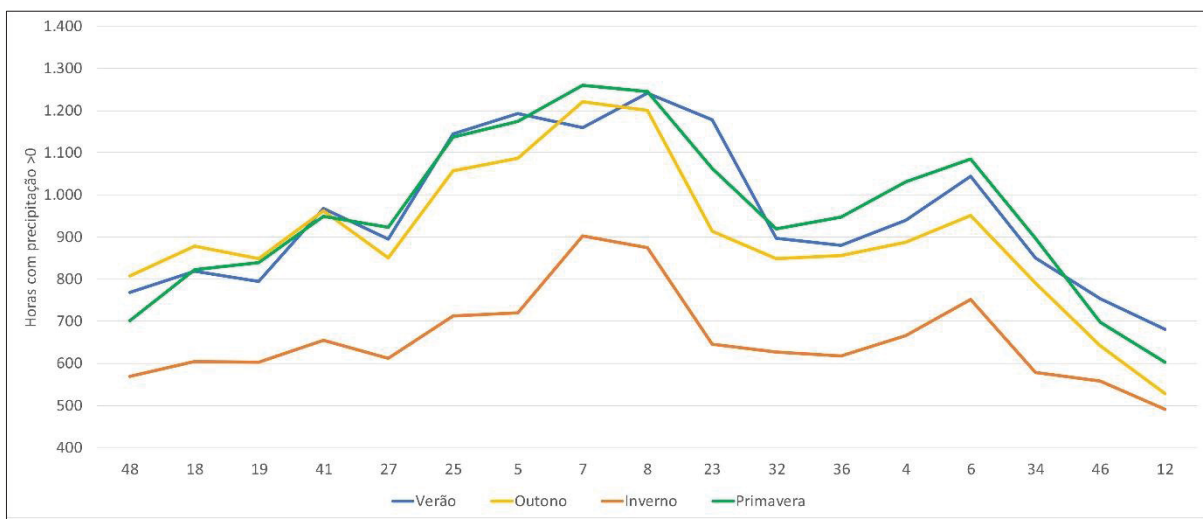
	GERAL		VERÃO		OUTONO		INVERNO		PRIMAVERA	
	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno
Litoral/baía	43,0	57,0	44,3	55,7	39,6	60,4	36,3	63,7	48,5	51,5
Planície	49,6	50,4	56,2	43,8	46,6	53,4	40,1	59,9	49,5	50,5
Proximidades da serra - planície	55,0	45,0	67,1	32,9	48,5	51,5	39,0	61,0	55,3	44,7
Proximidades da serra - frente	51,7	48,3	59,2	40,8	49,6	50,4	41,0	59,0	49,9	50,1
Proximidades da serra - interior	52,2	47,8	61,5	38,5	48,7	51,3	43,7	56,3	50,3	49,7
Serra	46,9	53,1	46,4	53,6	57,7	42,3	38,5	61,5	44,4	55,6
Planalto	55,5	44,5	62,2	37,8	51,0	49,0	46,5	53,5	56,7	43,3

FONTE: A autora (2019).

Foram selecionadas as estações pluviométricas com até um mês de falhas na série, de 2016 a 2018 (no período de 2014 a 2018, estes anos são o que apresentaram o maior número de estações sem falhas), para gerar uma análise mais detalhada da precipitação horária. No ambiente de serra não havia estações com dados disponíveis de 2016 a 2018. As estações escolhidas estão representadas na cor azul na FIGURA 51, totalizando 17.

Com base no gráfico da FIGURA 52 nota-se que a quantidade de horas com ocorrência de precipitação é mais aproximada entre os meses de verão, primavera e outono, sendo consideravelmente menor nos meses de inverno. Contudo, a diferença entre as estações do ano é ainda relevante, o verão possui em média: 110 horas a mais de precipitação do que no outono; 186 horas a mais que na primavera; e 405 horas a mais do que no inverno. Observa-se ainda, que os pluviômetros 8-Joinville Pirabeiraba MDA 2389, 7-Joinville Vila Nova MDA 1051, 5-Garuva MDA 2381 e 25-Centro Garuva são os que registraram a maior quantidade de horas com precipitação. Nos pluviômetros de Garuva a diferença entre a quantidade de horas com precipitação entre o verão e inverno chega a 708 horas na média, o equivalente a 30 dias. Estes dados levam a análise do gráfico seguinte (FIGURA 53), que mostra a quantidade de horas com precipitação no período total de análise.

FIGURA 52 – QUANTIDADE DE HORAS COM OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO (>0) NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO, PARA O PERÍODO DE 2016-2018.

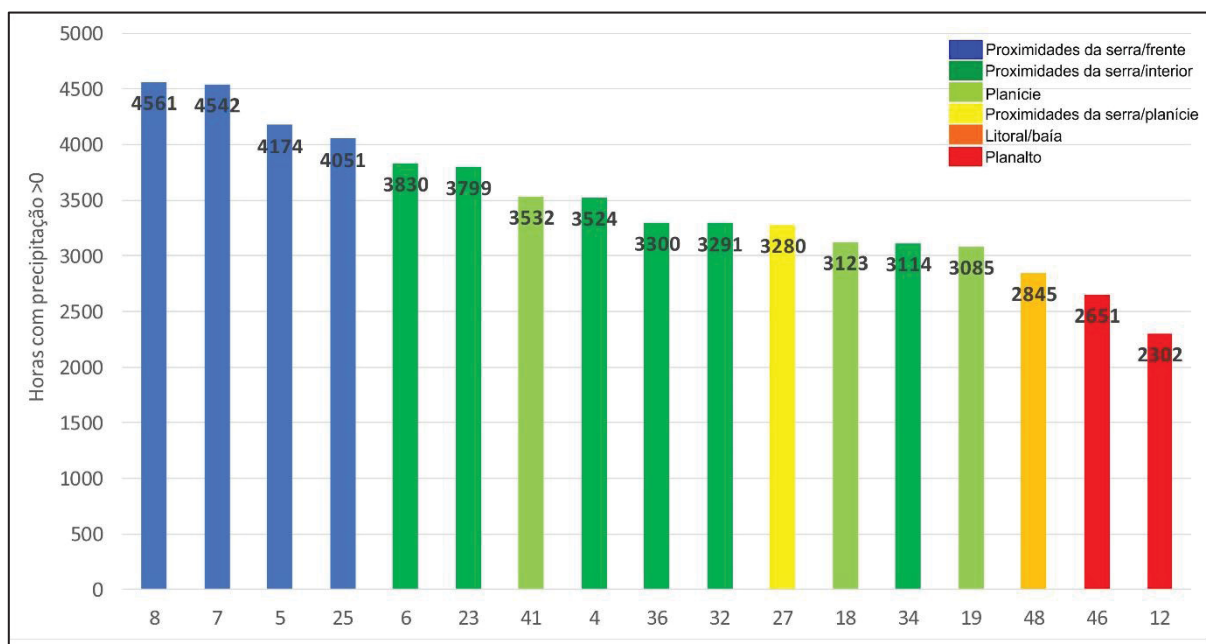


FONTE: A autora (2019).

LEGENDA: No eixo "x" do gráfico estão representadas as estações pluviométricas pela coluna "contagem" da TABELA 21. As estações no gráfico estão ordenadas, da esquerda para direita, nos ambientes: litoral/baía, planície, proximidades da serra/frente, proximidades da serra/interior, e planalto.

Na FIGURA 53 as estações estão ordenadas de forma decrescente em relação à quantidade de horas com ocorrência de precipitação de 2016 a 2018. As estações com a maior quantidade de horas com precipitação estão localizadas nas proximidades da serra/frente, enquanto os pluviômetros do ambiente de planalto registraram a menor quantidade de horas com precipitação. Levando em consideração a média de precipitação por ambiente, os valores são os seguintes: proximidades da serra/frente (4332 horas), proximidades da serra/interior (3476 horas), proximidades da serra/planície (3280 horas), planície (3247 horas), litoral/baía (2845 horas), e planalto (2477 horas). A diferença é bem significativa entre os ambientes: proximidades da serra/frente e planalto, este último registrou 43% de horas com precipitação a menos do que o primeiro.

FIGURA 53 – QUANTIDADE DE HORAS COM OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO (>0) PARA O PERÍODO DE 2016-2018.



FONTE: A autora (2019).

LEGENDA: No eixo "x" do gráfico estão representadas as estações pluviométricas pela coluna "contagem" da TABELA 21.

Eventos de precipitação são mais frequentes no período noturno (54,7%) na média geral dos pluviômetros, em todos os ambientes, e em todas as estações do ano, onde os valores são muito próximos dessa média geral. As diferenças mais significativas são encontradas nos meses de inverno, quando a diferença entre a quantidade de horas com precipitação entre os períodos diurno e noturno aumenta para uma média de 16%, principalmente nas proximidades da serra/planície (≠21%) e litoral/baía (≠21%). A menor diferença nesta estação do ano (inverno) é encontrada no ambiente de planalto (≠7%), este ambiente se diferencia dos demais também na primavera, onde a ocorrência de precipitação é similar entre os dois períodos.

Nesta análise de 2016 a 2018 foi utilizada uma menor quantidade de estações pluviométricas, porém, a maioria delas com as séries completas (máximo de 1 mês de falha). Na análise anterior, de 2014 a 2018, foi utilizado um período maior e uma maior quantidade de pluviômetros, o que representou melhor os ambientes/relevo da localidade das estações. Porém, os resultados foram muito semelhantes, por exemplo: os percentuais de horas com precipitação nos períodos diurno e noturno, 2014-2018 (45,4% e 54,6% respectivamente) e 2016-2018 (45,3% e 54,7%



respectivamente); e o padrão das horas com as maiores frequências de ocorrência de precipitação, no inverno sendo a madrugada e no verão das 16 às 23 horas.

Para cada um dos anos, adicionalmente, foi gerada uma análise. Em 2018, houve um total de 27 estações pluviométricas com a série completa, sendo possível representar todos os ambientes. Foi gerado uma média das horas com precipitação >0 por ambiente, o ambiente de serra registrou o maior número de horas com ocorrência de precipitação (1608), seguido pelas proximidades da serra/frente (1519), proximidades da serra/interior (1141), planície (1084), proximidades da serra/planície (1080), litoral/baía (963) e planalto (875). O pluviômetro que acumulou a maior quantidade de horas com precipitação foi o “Serra Smith”, localizado em Joinville, nas proximidades da serra/interior, com 1608 horas.

Em 2017, tinha um total de 24 estações com a série completa e em 2016, 26 estações. Ambos os anos seguiram um padrão de ocorrência de precipitação, por ambiente, similar ao de 2018. No ano de 2017 e 2016, respectivamente, a média de horas com ocorrência de precipitação nas proximidades da serra/frente foi de 1491 e 1392 horas, nas proximidades da serra/interior foi de 1259 e 1189 horas, na planície foi de 1244 e 1059 horas, nas proximidades da serra/planície foi de 1115 e 1113 horas, no litoral/baía foi de 940 e 928 horas, e por fim, no planalto foi de 812 e 845 horas. A estação “Joinville Pirabeiraba MDA 2382”, localizada nas proximidades da serra/frente, registrou a maior quantidade de horas com precipitação em 2017 (1502) e 2016 (1466).

#### 4.4.3 ANÁLISE DA OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO OROGRÁFICA

O período selecionado para analisar a ocorrência de precipitação orográfica na área de estudo foi de 2016 a 2018. Foram aceitas as estações com até 10% de falhas (2016-2018), totalizando 28 estações analisadas. As estações utilizadas foram as seguintes: 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 23, 25, 26, 27, 30, 32, 34, 35, 36, 37, 41, 46 e 48. O número dessas estações se refere à coluna contagem da TABELA 21 e FIGURA 43. A estação 26 – “Estrada Geral Quiriri”, apesar de estar no ambiente de proximidades da serra/interior, apresentou acumulados de precipitação mais similares ao ambiente de proximidades da serra/frente. Para análises futuras sugere-se utilizar esta estação neste último ambiente.

As estações que apresentaram as maiores médias para os períodos anual, verão, outono, inverno e primavera estão localizadas nas proximidades da serra/frente juntamente com a estação “Estrada Geral Quiriri”, localizada nas proximidades da serra/interior, destaca-se a estação “Joinville Vila Nova MDA 1051” neste segmento. Em contrapartida, as estações com as menores médias para o período estão localizadas principalmente no ambiente de planalto, com um misto no restante dos ambientes (TABELA 29).

TABELA 29 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA (2016-2018) PARA AS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS NA ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO OROGRÁFICA.

Ambiente	Estação	Anual	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Litoral/Baía	Balneário Barra do Sul MDA 1060	1.581	548	480	211	343
Litoral/Baía	Itapoá-A851	1.950	532	604	294	520
Litoral/Baía	Corpo de Bombeiros/Enseada	1.811	531	635	243	401
Planície	Centro/Araquari	1.755	579	518	222	436
Planície	Itinga/Araquari	1.623	513	450	217	443
Planície	Porto Grande	1.594	512	461	208	413
Planície	Estação de Cidadania Abílio Bello	2.172	768	610	246	548
Proximidades da serra/planície	Bananal	1.900	611	584	243	462
Proximidades da serra/planície	EMEF Jacu-Açu/Jacu-Açu	1.746	543	520	250	433
Proximidades da serra/planície	SAMAE Ilha da Figueira	1.977	715	609	273	380
Proximidades da serra/interior	Corupá SDS 2399	1.492	504	394	216	379
Proximidades da serra/interior	Jaraguá do Sul MDA 1052	1.957	652	601	262	440
Proximidades da serra/interior	Schroeder MDA 2389	1.712	436	442	275	559
Proximidades da serra/interior	João Tozini	1.903	632	549	264	458
Proximidades da serra/interior	Estrada Geral Quiriri	2.377	833	675	287	583
Proximidades da serra/interior	Barra do Rio Cerro	1.896	661	568	271	395
Proximidades da serra/interior	Bombeiro do Centro	1.751	595	530	240	385
Proximidades da serra/interior	Corpo de Bombeiros Voluntários	1.910	614	559	255	482
Proximidades da serra/interior	SAMAE Água Verde	1.881	605	593	274	409
Proximidades da serra/frente	Garuva MDA 2381	2.612	962	715	280	656
Proximidades da serra/frente	Joinville Vila Nova MDA 1051	2.853	931	879	322	722
Proximidades da serra/frente	Joinville Pirabeiraba MDA 2382	2.357	798	653	311	595
Proximidades da serra/frente	Centro/Garuva	2.587	995	711	271	609
Planalto	Campo Alegre Faxinal 2215	1.402	519	337	189	357
Planalto	Rio Negrinho-Rio dos Bugres 2220	1.280	414	289	231	346
Planalto	São Bento do Sul-Mato Preto 2222	1.283	455	274	217	338
Planalto	Rio Negrinho-A862	1.391	447	291	269	384
Planalto	Colonial	1.523	540	324	256	404

FONTE: A autora (2019).

LEGENDA: Em azul escuro está destacada a estação com a maior média por categoria (anual, verão etc.), em azul claro as quatro estações com a maior média na sequência. Os valores destacados na cor laranja representam as estações com as menores médias.

A partir da TABELA 30 é possível se ter uma noção do padrão dos totais diários de precipitação nas estações analisadas. Todos os ambientes apresentaram uma média de dias com ocorrência de precipitação (>0 mm) maior do que 50%, ou

seja, dos 1.096 dias (2016-2018), choveu em mais de 50% do período em todos os ambientes. Apenas 2 estações localizadas no planalto tiveram mais de 50% do período seco. Ocorrência de precipitação menor do que 0,2 mm e 1 mm são mais frequentes no ambiente de planalto e menos frequentes nas proximidades da serra/frente, com destaque também para a estação Estrada Geral Quiriri.

Caso seja considerado o limiar  $>0,2$  mm para que haja precipitação, a dinâmica se inverte e mais de 50% do período é seco na maior parte das estações (61%). Tem-se as seguintes frequências de período com ocorrência de precipitação por ambiente: litoral/baía (48,9%), planície (48,4%), proximidades da serra/planície (50,3%), proximidades da serra/interior (49,6%), proximidades da serra/frente (56,3%), e planalto (40%). As estações que apresentaram a maior diferença entre estes dois limiares ( $>0$  mm e  $>0,2$  mm) foi a “Campo Alegre Faxinal 2215” (≠21%) e “Rio Negrinho A-862” (≠20,1%).

A quebra na dinâmica entre os ambientes mais antagônicos (proximidades da serra/frente e planalto) se dá a partir da ocorrência de precipitação  $>10$  mm, conforme TABELA 30. Esses dados demonstram que a ocorrência de precipitação fraca, até 1 mm, é mais comum no ambiente de planalto, precipitação até 10 mm é mais comum, além do ambiente de planalto, na planície e litoral/baía. Já os eventos de maior precipitação são mais frequentes nas proximidades da serra/frente, na estação Estrada Geral Quiriri, na estação de Cidadania Abílio Bello (localizada na área urbana de Joinville), e na estação Corpo de Bombeiros/Enseada, localizada no litoral de São Francisco do Sul.

TABELA 30 – OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO (MM) E DIAS COM PRECIPITAÇÃO  $\leq$  “X” VALOR E  $>$  “X” VALOR EM (%), E DIAS COM PRECIPITAÇÃO  $>$  “X” VALOR DE 2016 A 2018 NAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS NA ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO OROGRÁFICA.

Ambiente	Estação	Ocorrência de precipitação (%)	Precipitação $\leq 0,2$ mm (% dias)	Precipitação $\leq 1$ mm (% dias)	Precipitação $\leq 5$ mm (% dias)	Precipitação $\leq 10$ mm (% dias)	Precipitação $> 10$ mm (% dias)	Precipitação $> 50$ mm (% dias)	Precipitação $> 70$ mm (% dias)	Precipitação $> 100$ mm (% dias)
Litoral/Baía	Balneario Barra do Sul MDA 1060	53,0	16,2	34,3	59,9	74,9	25,1	15	5	1
Litoral/Baía	Itapoá-A851	70,5	17,7	35,1	66,2	77,9	22,1	14	7	2
Litoral/Baía	Corpo de Bombeiros/Enseada	51,8	13,4	29,4	56,7	72,2	27,8	17	9	3
Planície	Centro/Araquari	56,5	15,8	32,0	60,4	76,7	23,3	11	6	3
Planície	Hingá/Araquari	55,6	12,8	29,9	61,4	76,0	24,0	10	3	0
Planície	Porto Grande	57,6	17,3	33,6	64,0	77,8	22,2	10	5	2
Planície	Estação de Cidadania Abílio Bello	60,1	15,2	31,4	58,6	71,8	28,2	21	7	4
Proximidades da serra/planície	Bananal	56,4	12,5	29,0	55,3	70,2	29,8	16	3	2
Proximidades da serra/planície	EMEF Jacu-Açu/Jacu-Açu	61,5	17,5	32,6	59,1	74,2	25,8	11	2	2
Proximidades da serra/planície	SAMAE Ilha da Figueira	57,6	11,4	33,0	56,7	71,0	29,0	16	3	1
Proximidades da serra/interior	Corupá SDS 2399	56,3	12,3	28,8	61,3	76,0	24,0	4	0	0
Proximidades da serra/interior	Jaraguá do Sul MDA 1052	65,8	20,0	34,0	61,4	75,7	24,3	16	6	1
Proximidades da serra/interior	Schroeder MDA 2389	54,2	15,0	31,6	57,1	73,2	26,8	11	2	1
Proximidades da serra/interior	João Tozini	58,9	13,5	28,7	55,0	71,2	28,8	12	2	0
Proximidades da serra/interior	Estrada Geral Quiriri	62,0	10,4	22,1	53,1	68,8	31,2	19	10	4
Proximidades da serra/interior	Barra do Rio Cerro	55,7	13,3	28,9	54,4	70,5	29,5	10	3	0
Proximidades da serra/interior	Bombeiro do Centro	52,4	12,9	26,8	54,9	70,0	30,0	9	2	0
Proximidades da serra/interior	Corpo de Bombeiros Voluntários	58,4	16,1	30,6	56,4	70,9	29,1	12	3	0
Proximidades da serra/interior	SAMAE Água Verde	57,9	13,5	30,7	56,2	71,5	28,5	12	2	0
Proximidades da serra/frente	Garuva MDA 2381	63,6	12,8	27,5	52,1	68,4	31,6	31	15	3
Proximidades da serra/frente	Joinville Vila Nova MDA 1051	65,9	14,8	28,7	51,2	65,9	34,1	34	12	5
Proximidades da serra/frente	Joinville Pirabeiraba MDA 2382	65,9	12,0	28,3	56,2	69,8	30,2	17	7	3
Proximidades da serra/frente	Centro/Garuva	63,1	11,7	25,9	53,6	68,2	31,8	30	15	5
Planalto	Campo Alegre Faxinal 2215	64,0	32,8	49,8	70,3	80,2	19,8	5	2	0
Planalto	Rio Negrinho-Rio dos Bugres 2220	46,8	20,3	38,4	58,1	73,5	26,5	4	1	0
Planalto	São Bento do Sul-Mato Preto 2222	45,7	23,2	37,5	60,7	74,5	25,5	4	0	0
Planalto	Rio Negrinho-A862	60,9	32,9	48,5	67,8	78,1	21,7	6	2	0
Planalto	Colonial	58,3	24,6	45,2	65,9	76,4	23,6	6	2	0

FONTE: A autora (2019).

LEGENDA: Em azul escuro está destacada a estação com o maior valor por categoria (ocorrência de precipitação, precipitação  $\leq 0,2$  mm etc.), em azul claro as quatro estações com os maiores valores na sequência. os valores destacados na cor laranja representam as estações com os menores valores.



A partir deste trecho do texto desta seção serão discutidos exclusivamente os eventos de precipitação orográfica, que foram definidos no item de materiais e métodos 3.5, denominado de “análise da precipitação orográfica e de sua relação com a direção dos ventos e os sistemas atmosféricos atuantes”. O total de eventos com precipitação superior a 0 mm em pelo menos uma estação de cada ambiente e precipitação igual a 0 mm em todas as estações do planalto foi de 46 eventos (7,2% dos dias de chuva), 32,6% destes ocorreram na primavera, 26,1% no inverno, 21,7% no outono e 19,6% no verão. 22 destes eventos ocorreram no ano de 2016, 16 em 2017 e 8 em 2018 (TABELA 31).

O total de eventos com precipitação igual ou superior a 0,4 mm em pelo menos uma estação de cada ambiente e precipitação inferior a 0,4 mm em todas as estações do planalto foi de 78 eventos (14,6% dos dias de chuva), 27% destes ocorreram na primavera e no outono, e 23% ocorreram no inverno e verão. 29 destes eventos ocorreram no ano de 2016, 26 em 2017 e 23 em 2018 (TABELA 31).

TABELA 31 – DATA DOS EVENTOS COM PRECIPITAÇÃO IGUAL OU SUPERIOR A 0,4 MM EM PELO MENOS UMA ESTAÇÃO DE CADA AMBIENTE E PRECIPITAÇÃO INFERIOR A 0,4 MM EM TODAS AS ESTAÇÕES DO PLANALTO (COLUNAS 1 E 2). DATA DOS EVENTOS COM PRECIPITAÇÃO SUPERIOR A 0 MM EM PELO MENOS UMA ESTAÇÃO DE CADA AMBIENTE E PRECIPITAÇÃO IGUAL A 0 MM EM TODAS AS ESTAÇÕES DO PLANALTO (COLUNA 3).

Precipitação $\geq 0,4$ mm	Precipitação $\geq 0,4$ mm	Precipitação $> 0$ mm
05/01/2016	23/08/2017	06/01/2016
06/01/2016	31/08/2017	25/01/2016
08/01/2016	17/09/2017	08/02/2016
21/01/2016	16/10/2017	19/03/2016
25/01/2016	09/11/2017	20/03/2016
28/01/2016	22/11/2017	30/03/2016
07/03/2016	02/12/2017	23/04/2016
19/03/2016	03/12/2017	03/07/2016
30/03/2016	19/12/2017	28/07/2016
04/04/2016	27/01/2018	29/07/2016
23/04/2016	24/02/2018	04/08/2016
14/05/2016	04/03/2018	12/09/2016
03/07/2016	17/03/2018	08/10/2016
28/07/2016	21/03/2018	15/10/2016
29/07/2016	30/03/2018	16/10/2016
04/08/2016	18/04/2018	23/10/2016
12/09/2016	02/05/2018	31/10/2016
24/09/2016	19/06/2018	06/11/2016
30/09/2016	25/06/2018	07/11/2016
01/10/2016	06/07/2018	22/11/2016

15/10/2016	31/07/2018	01/12/2016
16/10/2016	02/08/2018	02/12/2016
19/10/2016	03/08/2018	08/02/2017
06/11/2016	28/09/2018	08/03/2017
07/11/2016	29/09/2018	09/03/2017
22/11/2016	02/11/2018	07/04/2017
01/12/2016	06/11/2018	03/05/2017
02/12/2016	11/11/2018	30/06/2017
27/12/2016	21/11/2018	09/07/2017
09/02/2017	26/11/2018	12/08/2017
26/02/2017	24/12/2018	14/08/2017
08/03/2017	25/12/2018	22/08/2017
09/03/2017		23/08/2017
15/03/2017		02/09/2017
03/04/2017		18/09/2017
07/04/2017		19/09/2017
08/04/2017		09/11/2017
19/04/2017		02/12/2017
01/05/2017		24/02/2018
17/05/2017		18/03/2018
03/06/2017		23/03/2018
22/06/2017		02/08/2018
01/07/2017		03/08/2018
05/07/2017		06/11/2018
11/08/2017		13/11/2018
12/08/2017		24/12/2018

---

FONTE: A autora (2019).

Houve um total de 62 eventos com precipitação destacadamente inferior nas estações do ambiente de planalto em relação aos outros ambientes (TABELA 32). Ocorreram 4 eventos com precipitação superior no litoral/baía e planície do que nos outros ambientes (TABELA 33); 17 eventos com precipitação superior em todos os ambientes do que no litoral/baía e planície (TABELA 34); 15 eventos em que a precipitação foi notadamente maior nas estações das proximidades da serra/frente do que nos outros ambientes (TABELA 35); 18 eventos em que a quantidade de precipitação foi superior no planalto e adjacências (TABELA 36); por fim, 9 eventos em que a precipitação foi maior nos ambientes próximos à serra do que no planalto, planície e litoral/baía (TABELA 37).

Se for relacionar o total de eventos em que houve uma maior influência da Serra do Mar na distribuição das chuvas entre os ambientes da região, com os eventos em que houve precipitação em pelo menos uma estação de cada ambiente

e nenhuma estação do planalto, eles representaram 25,9% da média do total de dias de chuva para o período analisado; relacionando com os eventos em que houve precipitação  $>0,4$  mm em pelo menos uma estação de cada ambiente e  $<0,4$  mm em todas as estações do planalto, eles representaram 30,3%.











Com base no método de análise utilizado, a orografia influencia na distribuição das chuvas entre os ambientes em 28,1% dos eventos de precipitação, em média. Isso levando-se em consideração o agrupamento das estações. Destaca-se ainda que estes foram os casos mais evidentes, uma análise ainda mais detalhada poderia aumentar este montante. Por exemplo, pegando-se a média de precipitação diária de cada ambiente e comparando-a com a média diária das estações do planalto, tem-se que: 98,1% dos dias a precipitação nas proximidades da serra/interior foi maior do que no planalto, 92,8% foi maior nas proximidades da serra/frente, 87,1% foi maior no litoral/baía, 86,3% foi maior na planície, por fim, em 77,4% dos dias a precipitação foi maior nas proximidades da serra/planície do que no planalto.

Levando-se em consideração apenas a diferença dos acumulados de precipitação entre os ambientes com o planalto, praticamente toda ocorrência de precipitação na região sofre influência da orografia. Em dias nublados, sem precipitação, também é possível observar a influência da serra nas condições do tempo. O dia 04/06/2019 é um exemplo, o tempo estava sob a influência de uma alta pressão (massa polar), com tempo seco, e no final da tarde, na direção do planalto e do litoral, o céu estava azul, e apenas na região da serra estava mais nublado, pois ela retardava a passagem de uma banda de nuvens (FIGURA 54 e acesse o Vídeo 1 em: <http://geokiriri.com/galeria-de-videos/senha> = Serradoquiriri2019). Mais tarde naquele dia a nebulosidade se dissipou na região da serra também.



FIGURA 54 – TARDE DO DIA 04/06/2019 SOBRE INFLUÊNCIA DE UMA MASSA POLAR, O TEMPO ESTAVA SECO, E NO MOMENTO DA FOTO A SERRA ESTAVA RETARDANDO A PASSAGEM DE UMA BANDA DE NUVENS.

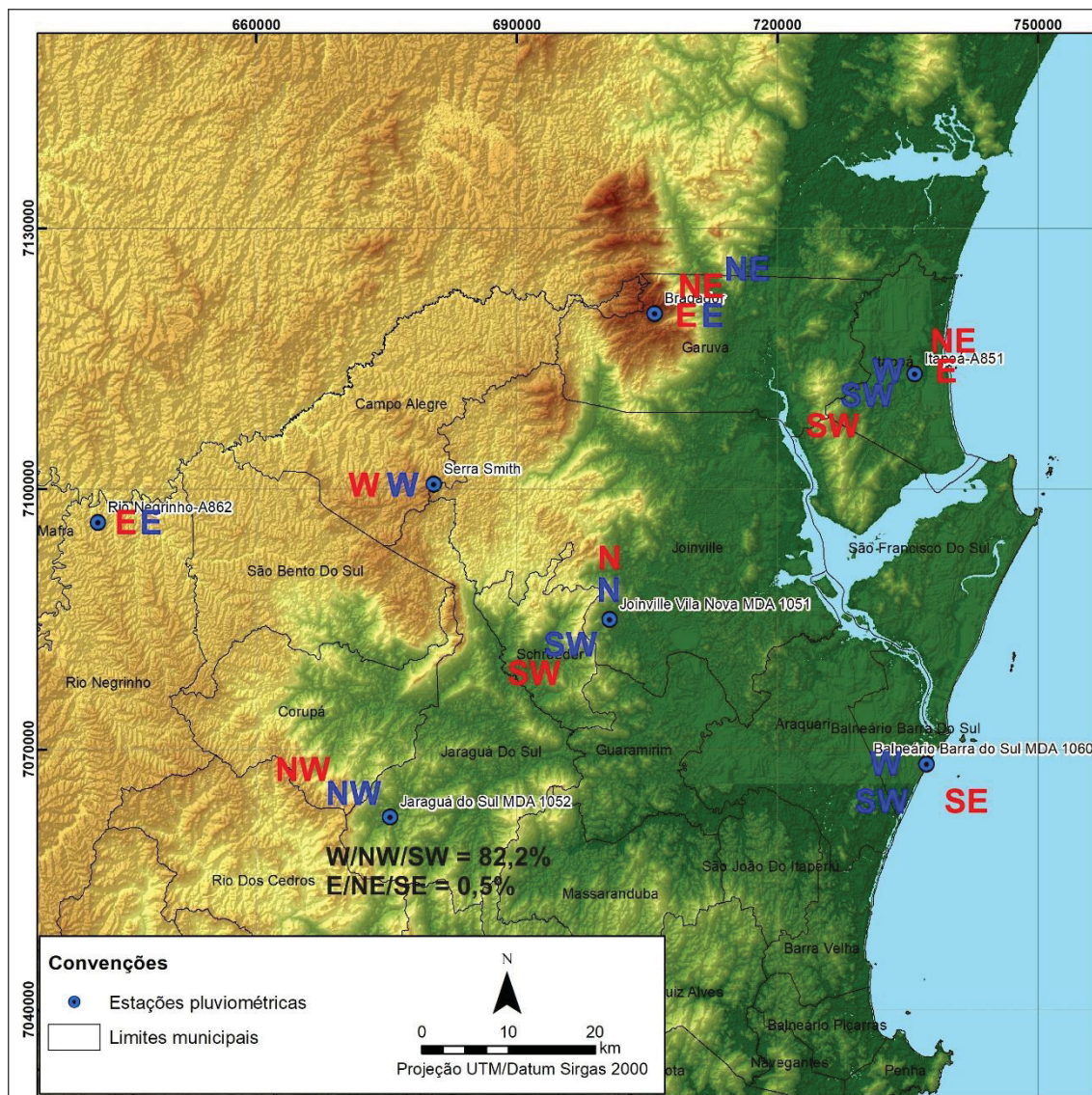


FONTE: A autora (2019).

#### 4.4.4 Relação entre a precipitação e a direção dos ventos

Os ventos predominantes para cada estação meteorológica (FIGURA 55) foram calculados com base em toda a série histórica das estações (FIGURA 56), já a relação entre os ventos com a precipitação foi calculada para o período de 2016 a 2018, destacando-se que os dados das estações Bradador e Serra Smith representam apenas os anos de 2017 e 2018, e 2018, respectivamente. Na FIGURA 55 estão destacados em azul os ventos predominantes no período noturno e em vermelho os que predominam no período diurno, quando se tem ocorrência de precipitação. Na sequência será realizada descrição detalhada dos ventos de cada uma das estações analisadas e posteriormente a análise para os eventos de precipitação orográfica.

FIGURA 55 – LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS NA ANÁLISE DA DIREÇÃO DOS VENTOS INCIDENTES NA REGIÃO DE ESTUDO.



FONTE: A autora (2019).

LEGENDA: Em vermelho estão destacados os ventos predominantes no período diurno quando há ocorrência de precipitação e em azul no período noturno.



FIGURA 56 – FREQUÊNCIA (%) DA DIREÇÃO PREDOMINANTE DOS VENTOS PARA O PERÍODO HISTÓRICO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS LOCALIZADAS NA ÁREA DE ESTUDO.

	Anual				Verão			Outono			Inverno			Primavera		
		Geral	Diurno	Noturno	Geral	Diurno	Noturno	Geral	Diurno	Noturno	Geral	Diurno	Noturno	Geral	Diurno	Noturno
E.M. Balneário Barra do Sul	N	6,5	3,9	9,1	6,2	3,2	9,2	5,1	3,2	7,0	8,0	5,5	10,5	6,7	3,6	9,8
	NE	18,3	24,7	11,9	18,9	26,7	11,1	13,6	18,2	9,1	14,9	22,1	7,5	25,5	31,4	19,5
	E	13,4	19,0	7,7	14,4	20,4	8,3	12,1	17,4	6,8	8,7	13,5	3,7	18,2	24,5	11,9
	SE	17,8	21,5	14,2	18,0	23,0	12,9	18,1	22,9	13,4	15,6	19,6	11,6	19,6	20,8	18,5
	S	10,3	12,1	8,6	10,0	12,3	7,7	11,2	14,9	7,5	9,8	11,7	7,9	10,3	9,5	11,1
	SW	8,9	6,1	11,7	9,0	4,6	13,4	10,6	8,0	13,2	9,5	7,6	11,4	6,6	4,2	9,0
	W	17,6	8,9	26,2	16,4	6,2	26,7	22,4	11,6	33,2	23,8	14,4	33,3	8,1	3,6	12,6
	NW	7,2	3,8	10,5	7,1	3,6	10,6	6,8	3,7	9,9	9,8	5,5	14,1	5,0	2,3	7,6
E.M. Itapoá	N	5,9	4,9	7,0	7,1	5,5	8,8	4,8	4,3	5,3	5,3	5,4	5,2	6,0	4,2	7,8
	NE	17,6	24,2	10,7	18,8	26,5	11,1	15,6	20,6	10,2	14,7	21,7	7,4	20,3	27,0	13,0
	E	13,8	22,0	5,4	14,1	23,5	4,7	13,5	20,2	6,6	11,3	17,8	4,5	19,6	24,9	5,6
	SE	8,9	12,4	5,2	7,3	10,6	4,0	9,9	13,2	6,5	9,2	12,4	5,8	9,7	13,8	5,3
	S	12,2	12,7	11,6	10,8	11,6	10,0	12,1	13,6	10,6	13,1	13,0	13,2	13,5	13,0	14,1
	SW	19,6	12,4	27,0	19,2	11,7	26,6	20,8	14,6	27,2	21,5	14,3	29,0	17,3	9,5	25,9
	W	14,6	6,6	22,9	14,4	5,4	23,4	15,2	7,8	23,0	17,2	9,6	25,3	12,0	4,7	20,1
	NW	7,5	4,9	10,2	8,3	5,2	11,4	8,1	5,6	10,7	7,7	5,8	9,6	5,4	2,9	8,2
E.M. Joinville Vila Nova	N	19,2	12,1	26,4	16,5	8,9	24,2	21,0	14,8	27,2	22,6	15,3	29,8	16,9	9,6	24,3
	NE	16,4	16,2	16,7	14,8	15,2	14,3	16,5	15,3	17,8	18,3	16,0	20,6	16,2	18,2	14,3
	E	8,2	12,5	3,9	8,5	13,2	3,9	7,5	11,8	3,1	7,4	10,5	4,3	9,5	14,6	4,2
	SE	11,2	17,9	4,4	12,0	19,9	4,1	10,2	16,5	3,9	10,5	16,4	4,6	12,0	18,9	5,0
	S	9,7	13,5	5,9	11,5	17,2	5,8	8,2	11,4	5,0	8,8	11,9	5,7	10,4	13,6	7,0
	SW	13,0	11,4	14,6	13,5	11,6	15,4	12,2	11,5	13,0	11,6	11,1	12,1	14,6	11,4	17,8
	W	11,9	8,7	15,2	12,5	7,4	17,5	13,4	10,2	16,5	11,0	9,8	12,2	10,8	7,2	14,4
	NW	10,3	7,7	13,0	10,7	6,7	14,8	11,0	8,5	13,6	9,9	9,0	10,7	9,6	6,5	12,9
E.M. Jaraguá do Sul	N	8,4	8,9	7,9	7,6	7,9	7,3	9,7	10,1	9,2	10,1	11,8	8,4	6,4	6,0	6,8
	NE	7,0	9,0	4,9	8,1	11,1	5,2	6,9	9,0	4,9	6,4	7,7	5,0	6,4	8,2	4,5
	E	4,1	3,9	4,2	4,8	4,7	4,8	4,1	3,9	4,3	3,4	3,5	3,4	4,0	3,6	4,3
	SE	2,5	3,0	2,1	3,3	4,2	2,5	2,7	3,7	1,7	1,7	1,8	1,7	2,4	2,4	2,3
	S	12,8	17,8	7,9	16,5	23,0	10,0	12,3	16,4	8,2	7,7	10,2	5,2	14,5	21,0	8,0
	SW	20,2	20,0	20,5	19,2	19,0	19,3	21,2	20,3	22,1	19,9	18,4	21,4	20,8	22,2	19,3
	W	20,1	17,7	22,4	18,6	15,2	22,0	18,7	16,2	21,2	22,4	20,5	24,2	20,5	18,8	22,2
	NW	24,9	19,7	30,1	21,8	14,8	28,9	24,4	20,4	28,4	28,4	26,1	30,7	25,1	17,7	32,5
E.M. Brador	N	18,2	17,9	18,5	34,4	33,4	35,3	9,3	8,7	9,9	16,2	16,7	15,7	12,7	13,1	12,3
	NE	23,7	23,8	23,6	20,1	18,4	21,6	30,9	33,0	28,8	20,6	21,1	20,0	23,5	22,9	24,1
	E	13,7	14,1	13,3	12,7	13,8	11,7	15,1	15,3	14,9	7,3	8,1	6,5	19,5	19,0	20,0
	SE	11,3	12,0	10,6	9,0	8,7	9,2	16,3	16,9	15,7	4,8	5,6	4,1	15,2	17,0	13,5
	S	2,5	2,7	2,3	3,8	4,5	3,1	3,3	3,3	3,3	1,2	1,0	1,3	1,9	2,1	1,6
	SW	3,2	3,3	3,2	2,3	2,8	1,9	3,0	2,7	3,3	3,3	3,7	3,0	4,1	3,8	4,4
	W	12,2	11,9	12,5	8,9	9,8	8,0	10,5	8,4	12,6	19,4	20,1	18,8	10,1	9,4	10,7
	NW	15,2	14,2	16,1	8,9	8,6	9,1	11,5	11,6	11,4	27,2	23,7	30,6	13,1	12,7	13,4
E.M. Serra Smith	N	6,8	5,3	8,3	5,1	3,4	6,8	10,5	10,0	11,0	5,9	4,1	7,7	5,2	3,0	7,4
	NE	8,4	6,7	10,0	6,6	4,3	9,0	11,9	9,3	14,4	6,7	5,7	7,7	7,6	6,7	8,4
	E	3,5	2,1	4,8	3,8	2,5	5,2	2,8	1,4	4,2	2,8	1,9	3,7	4,4	2,8	6,0
	SE	0,5	0,6	0,5	0,1	0,1	0,2	0,5	0,5	0,6	0,7	0,5	0,9	0,7	1,0	0,3
	S	4,7	4,5	4,9	1,9	1,1	2,7	3,7	4,2	3,1	6,5	6,4	6,5	6,4	5,8	7,1
	SW	5,6	5,8	5,4	3,7	3,3	4,1	5,6	6,4	4,8	6,7	5,7	7,7	6,0	7,0	5,0
	W	40,5	40,7	40,3	45,4	46,1	44,7	42,6	41,1	44,0	21,5	21,1	21,8	49,4	51,1	47,6
	NW	30,1	34,4	25,7	33,3	39,2	27,4	22,5	27,1	17,9	49,3	54,5	44,0	20,3	22,6	18,0
E.M. Rio Negrinho	N	6,3	6,8	5,7	6,7	6,7	6,6	5,7	6,2	5,2	7,4	8,3	6,4	5,3	5,9	4,7
	NE	10,2	8,5	11,9	9,6	7,1	12,0	9,9	8,7	11,1	11,1	9,5	12,8	10,2	8,7	11,7
	E	35,8	29,0	42,7	33,7	26,9	40,5	35,7	29,7	41,9	30,7	24,1	37,5	42,7	34,8	50,7
	SE	14,5	15,2	13,9	16,6	17,7	15,4	15,5	15,5	15,4	10,7	10,0	11,5	15,5	17,6	13,4
	S	4,0	3,9	4,1	3,4	3,4	3,5	4,4	4,1	4,7	4,1	3,6	4,6	4,0	4,5	3,6
	SW	5,4	6,2	4,6	4,4	5,4	3,4	6,1	6,9	5,4	6,2	6,5	5,9	4,8	5,8	3,8
	W	11,9	14,9	8,8	11,8	15,4	8,2	11,8	14,9	8,6	15,1	18,1	12,0	8,9	11,2	6,5
	NW	12,0	15,7	8,2	13,9	17,5	10,3	10,9	14,0	7,7	14,8	20,0	9,3	8,5	11,4	5,6

FONTE: A autora (2019).

LEGENDA: Em verde está destacada a direção do vento predominante por estação meteorológica em cada classe de análise.

Para a Estação Meteorológica Balneário Barra do Sul MDA 1060 (EMBBS), a ocorrência de precipitação (>0 mm) está ligada predominantemente aos ventos de W

(16,7%), SE (16,5%) e SW (15,4%). Para as precipitações iguais a 0,2 mm a predominância é novamente dos ventos de W (20,7%), seguido de SW (17,2%). A partir do patamar de precipitação superior a 0,2 mm, a dinâmica se altera, os ventos predominantes são de SE (17,5%) e W (14,6%); nas precipitações acima de 1 mm a predominância dos ventos é de SE (16,9%) e S (15,3%); e nas precipitações acima de 5 mm a predominância é dos ventos de SE (21,2%) e E (14,8%). Nas diferentes estações do ano a dinâmica se repete, com os ventos relacionados às precipitações mais fracas predominando de W e para as precipitações acima de 0,2 mm a predominância é de SE, apenas na primavera a dinâmica é diferente, para todas as categorias (>0 mm, =0,2 mm, >0,2 mm, >1 mm e >5 mm) a predominância é dos ventos de E, exceto para os valores de precipitação superiores a 5 mm, que é de SE.

Analisando-se os dados com maior detalhamento, verifica-se que a relação da ocorrência de precipitação com a direção dos ventos está diretamente relacionada à brisa marítima e terrestre, lembrando que a EMBBS está localizada na costa. No período noturno a ocorrência de precipitação em todas as categorias (>0 mm etc.) relaciona-se predominantemente aos ventos de W e SW, apenas as precipitações acima de 5 mm, que predominam com os ventos de SE (FIGURA 55). Já no período diurno, a predominância em todas as categorias de precipitação é dos ventos de SE. Essa dinâmica se repete para todas as estações do ano, exceto para a primavera, que no período noturno tem predominância dos ventos de NE. No período diurno, no verão, as precipitações estão mais ligadas aos ventos de S e SE, no outono e inverno de SE, e na primavera de E.

Os ventos predominantes na EMBBS, sem considerar a ocorrência de precipitação (FIGURA 56), são de NE (18,3%) no período anual, para o período diurno também são de NE (24,7%) e no noturno de W (26,2%). No período diurno, os ventos de NE são predominantes nas estações de verão (26,7%), inverno (22,1%) e primavera (31,4%), no outono são os ventos de SE que predominam, com 22,9%. No período noturno, os ventos de W predominam no verão (26,7%), outono (33,2%) e inverno (33,3%), e na primavera são os ventos de NE (19,5%). Com isso, tem-se que o vento predominante (NE) não é necessariamente o vento que traz mais chuvas para a EMBBS, que no período noturno é de W e diurno de SE.

A Estação Meteorológica Itapoá A-851 (EMI) apresentou dados de ventos inconsistentes para o ano de 2018, por isso, as estatísticas em relação à



precipitação são dos anos de 2016 e 2017. Para o período geral e em todas as estações do ano, exceto o inverno que não pode ser computado devido às falhas, também nas diferentes categorias de análise de precipitação, a predominância é dos ventos de SW, seguido pelos ventos de W. Destaca-se aqui a presença da barreira orográfica da Serra do Saí, distante cerca de 8 km a oeste da EMI. Na análise anual, para as precipitações acima de 0 mm a ocorrência dos ventos de SW é de 22,8% e dos ventos de W é de 19%; para as chuvas iguais a 0,2 mm é de 23,6% (SW) e 19,8% (W); para as precipitações superiores a 0,2 mm é de 22,2% (SW) e 18,4% (W), para as precipitações acima de 1 mm é de 20 % (SW) e 18,1% (W); por fim, para as precipitações acima de 5 mm a predominância é dos ventos de quadrante S (24,4%), seguido de W (20,9%). A mudança mais relevante nas estações do ano é que no outono, para as precipitações acima de 1 e 5 mm, a predominância é dos ventos de S.

Detalhando-se os dados de ocorrência de precipitação relacionada aos ventos para o período noturno e diurno, tem-se ainda a predominância dos ventos de SW na maioria das categorias de análise e mesmo nas estações do ano, porém, para o período diurno há um aumento na representatividade dos ventos de NE e E, em contrapartida, no período noturno a predominância dos ventos de SW e W é ainda maior (FIGURA 55). No período diurno do outono a predominância é dos ventos de quadrante S, e na primavera, tanto no período diurno quanto no noturno a predominância é dos ventos de NE, dinâmica semelhante ocorre com a EMBBS, que tem uma predominância no período noturno dos ventos de NE, e no diurno de E, SE e NE nesta estação.

Contabilizando-se os dados de direção dos ventos, sem considerar a ocorrência de precipitação (FIGURA 56), tem-se uma dinâmica similar ao que ocorre na EMBBS sobre a brisa marítima e terrestre. Os ventos de NE predominam no período diurno nas categorias anual (24,2%), verão (26,5%), outono (20,6%), inverno (21,7%) e primavera (27%), na sequência vem os ventos de E com uma participação média de 21,7% nestes períodos analisados. Já no período noturno, a predominância é dos ventos de SW, com 27% no período anual, 26,6% no verão, 27,2% no outono, 29% no inverno e 25,9% na primavera, em seguida vem os ventos de W com uma participação média nestas categorias de análise de 22,9%. Apesar da predominância no período diurno ser dos ventos de NE, a ocorrência de

precipitação neste mesmo período tem uma forte influência dos ventos de SW, o que pode ser explicado pela influência orográfica da Serra do Saí.

A Estação Meteorológica Joinville Vila Nova MDA 1051 (EMJVN) foi a estação meteorológica que apresentou a maior variabilidade horária na direção dos ventos, o que pode ser explicado pela sua localização geográfica, muito próxima à serra, e cercada por morros em praticamente todas as direções. Este fato, evidenciou que esta não é uma boa estação para gerar um histórico da frequência da direção dos ventos para Joinville, já que não está localizada em um ambiente representativo do município. A direção do vento predominante relacionado à ocorrência de precipitação é de N, seguido de SW, para o período anual e em todas as estações do ano, contabilizando-se ainda as diferentes categorias de análise da precipitação. No período anual, para as precipitações acima de 0 mm, os ventos dos quadrantes W (W/NW/SW) representam 43,1% da frequência, dos quadrantes E (E/NE/SE) 26,5%, do N 20,7% e do S 9,7%. Nas demais categorias as frequências são similares, exceto para as precipitações acima de 5 mm, que a predominância passa a ser dos ventos de SW (18,6%) ao invés de N (14%).

Com o detalhamento dos dados para os períodos diurno e noturno, ainda se tem a predominância dos ventos de N e SW na maioria das categorias de análise em relação à ocorrência de precipitação. No período diurno, de todo modo, há uma diminuição na frequência desses ventos e um aumento dos ventos de quadrante E, NE e SE (FIGURA 55). No inverno no período diurno os ventos de NE são mais frequentes, e na primavera os ventos de SW, no restante do período os ventos de N são os que mais se destacam em frequência.

Levando-se em consideração a frequência histórica da direção dos ventos para a EMJVN (FIGURA 56), sem considerar a precipitação, têm-se novamente o vento de quadrante N como o mais frequente. Em contrapartida, os ventos de SE são os mais frequentes durante o período diurno, neste caso indicando a ocorrência da brisa marítima-terrestre durante o dia, e montanha-vale durante a noite. Os ventos de N têm uma frequência anual no período noturno de 26,4%, no verão de 24,2%, no outono de 27,2%, no inverno de 29,8% e na primavera de 24,3%. Os ventos de SE têm uma frequência anual no período diurno de 17,9%, no verão de 19,9%, no outono de 16,5%, no inverno de 16,4%, e na primavera de 18,9%. A diferença é que no período noturno a frequência dos ventos de N é bem mais marcante do que a dos ventos de SE no período diurno. A diferença na frequência

deste último para os ventos de S no verão, NE e N no outono, e NE no inverno e primavera é pequena, próxima a 2%. Enquanto a diferença média no período noturno entre os ventos de N e o segundo vento em frequência é de 8%, sendo no verão os ventos de W, no outono e inverno NE, e na primavera SW.

A Estação Meteorológica Jaraguá do Sul MDA 1052 (EMJS), assim como a EMJVN, também está localizada próxima à serra, e em um vale ainda mais protegido da brisa marítima do que a EMJVN. Esta observação é notável quando se analisa a direção predominante dos ventos relacionada aos dados de ocorrência de precipitação. O vento predominante em todas as categorias de análise de precipitação é o de NW, exceto no inverno, que são os ventos de SW. Para se ter uma ideia, no período anual, a frequência dos ventos de W (W, NW e SW) é de 82,2%, enquanto dos ventos de E (E, NE e SE) é de 0,5%, e essa dinâmica se repete em todas as estações do ano.

Detalhando-se a análise para o período diurno e noturno, tem-se a mesma dinâmica entre os ventos de quadrante W e E, sendo que na estação de verão é que os ventos relacionados à ocorrência de chuvas de quadrante E são mais frequentes, com 0,8% (FIGURA 55). No período noturno para a categoria anual e verão os ventos de NW possuem uma frequência de 36,9%, no outono de 34,5%, no inverno de 36,7%, e na primavera de 48,4%. Para os ventos no período diurno na categoria anual a maior frequência é dos ventos de SW (26,4%) e NW (26,3%), no verão de W (24,8%) e NW (24,6%), no outono de NW (30,9%), no inverno de SW (36,2%), e na primavera também de SW (32,8%). Estas estatísticas são da precipitação maior que 0 mm, mas para as outras categorias a dinâmica é similar.

A frequência da direção dos ventos (FIGURA 56), sem contabilizar a ocorrência de precipitação, segue padrão similar ao já mencionado acima. No período noturno, na categoria anual, os ventos de NW são os mais frequentes (30,1%), também no verão (28,9%), outono (28,4%), inverno (30,7%) e primavera (32,5%). No período diurno, na categoria anual, os ventos mais frequentes são os de SW (20%) e NW (19,7%), no verão os ventos de S (23%), no outono os ventos de NW (20,4%) e SW (20,3%), no inverno os ventos de NW (26,1%), por fim, na primavera também são os ventos de NW com 32,5%.

A Estação Meteorológica Bradador (EMB) está localizada no topo da serra do Quiriri, em um dos pontos mais altos da Serra do Mar de Santa Catarina, e em ambiente apto a receber ventos de todos os quadrantes, com isso, essa estação se

mostra mais representativa para análises de eventos em escala sinótica. A direção predominante dos ventos na análise conjunta com a ocorrência de precipitação é de NE (26%), seguida de E (18,3%), e NW (14,6%) no período anual. No verão a dinâmica é similar: NE (26,2%), E (18,1%) e NW (15,4%). No outono e primavera os ventos de NE continuam predominando, com os respectivos valores 27,5% e 28%, e na sequência vem os ventos de E, com 20,1% e 21,3% respectivamente. Já no inverno, os ventos de NW predominam em 34,6% do tempo, depois vem os ventos de W (19,8%) e os de NE (17,7%). Essas estatísticas se referem a ocorrência de precipitação maior que 0 mm, para as outras categorias de análise a dinâmica é similar.

Na análise mais detalhada do período diurno e noturno não foi identificada uma diferença acentuada no padrão dos ventos, o que chamou a atenção, já que em todas as estações analisadas anteriormente houve uma diferenciação mais significativa. E a dinâmica é similar ao que ocorreu na análise geral, com os ventos de NE e E predominando na maior parte do período (FIGURA 55). Destaca-se apenas que na estação de outono no período noturno os ventos de E passaram a predominar (29,8%) e não os ventos de NE (24,9%). Estas análises correspondem ao comparativo com a ocorrência de precipitação.

Levando-se em consideração apenas os dados de direção dos ventos (FIGURA 56), sem relacionar com os episódios de chuva, tem-se que os ventos de NE continuam tendo a predominância de ocorrência. No período anual e diurno estes ventos representam 23,8% da ocorrência e 23,6% no período noturno, na sequência vem os ventos de N (17,9%/diurno e 18,5%/noturno). No verão há uma inversão, os ventos de N predominam em 33,4% do período diurno e 35,3% do período noturno, na sequência vem os ventos de NE (18,4%/diurno e 21,6%/noturno). No outono os ventos de NE voltam a predominar (33%/diurno e 28,8%/noturno), a frequência dos ventos de N diminui significativamente (8,7%/diurno e 9,9%/noturno), enquanto os ventos de SE ganham força (16,9%/diurno e 15,7%/noturno). No inverno é significativo o aumento dos ventos dos quadrantes W, com predominância dos ventos de NW (23,7%/diurno e 30,6%/noturno) e W (20,1%/diurno e 18,8%/noturno), porém, a participação dos ventos de NE é ainda ampla (21,1%/diurno e 20%/noturno). Na primavera, os ventos de NE continuam predominando (22,9%/diurno e 24,1%/noturno), e há um aumento na participação dos ventos de E (19%/diurno e 20%/noturno) em relação as outras



estações do ano. Os ventos com a menor participação na EMB são dos quadrantes SW e S.

A Estação Meteorológica Serra Smith (EMSS) também está localizada na serra, mas mais distante da borda, e não tão exposta aos ventos oriundos do mar como a EMB. A ocorrência de precipitação está ligada a predominância, no período anual e em todas as estações do ano, dos ventos de W. Sua participação é muito significativa, representando 60,8% para o período anual e mais de 60% em todas as estações do ano, exceto no inverno que representa 40,7% da ocorrência. No verão e inverno o segundo vento em participação é o de NW, com os respectivos valores: 18,3% e 24,3%; no outono e primavera esse também é o segundo vento mais frequente em relação à ocorrência de precipitação, porém, sua participação é muito menor, de 6,9% no outono e 10,6% na primavera. Essa dinâmica é similar nas diferentes categorias de análise da precipitação, e os valores citados acima se referem à ocorrência de precipitação superior a 0 mm.

Assim como a EMB a EMSS não apresenta uma diferenciação significativa na dinâmica da direção dos ventos entre os períodos noturno e diurno (FIGURA 55). O padrão é muito semelhante ao que ocorre na análise geral, com as porcentagens semelhantes de maior participação dos ventos de W, seguido dos ventos de NW, sendo que a participação deste último é maior no período de inverno.

Contabilizando-se a frequência da direção dos ventos para a EMSS sem considerar à ocorrência de precipitação (FIGURA 56), tem-se a mesma configuração, de predominância dos ventos de W, porém, a participação deste diminui, enquanto dos ventos de NW aumenta. No período anual os ventos de W representam 40,7% de ocorrência no período diurno e 40,3% no noturno, na sequência vem os ventos de NW (34,4%/diurno e 25,7%/noturno); no verão os ventos de W representam 46,1% de participação no período diurno e 44,7% no noturno, seguido dos ventos de NW (39,2%/diurno e 27,4%/noturno); no outono os ventos de W predominam em 41,1% do período diurno e 44% no noturno, seguido pelos ventos de NW (27,1%/diurno e 17,9%/noturno); no inverno o padrão se inverte, os ventos de NW predominam em 54,5% do período diurno e 44% do noturno, e na sequência vem os ventos de W (21,1%/diurno e 21,8%/noturno); por fim, na primavera o padrão segue com os ventos de W predominando em 51,1% do período diurno e 47,6% do período noturno, seguido pelos ventos de NW (22,6%/diurno e 18%/noturno). Dada a frequência dos ventos dos quadrantes oeste, entende-se que,

apesar de distante mais de 10 km, as serras do Piraí, Queimada e outras serrarias à leste, funcionam como barreiras para os ventos advindos do oceano. Com uma filmagem realizada no topo da Serra Queimada no dia 05/10/2019 é possível observar o panorama dessas serras (Vídeo 4 em: [http://geokiriri.com/galeria-de-videos/senha = Serradoquiriri2019](http://geokiriri.com/galeria-de-videos/senha=Serradoquiriri2019)). Ainda, acredita-se que haja uma característica do relevo local que resulte nessa dinâmica de ventos.

A Estação Meteorológica Rio Negrinho A-862 (EMRN) está localizada no planalto, sendo a estação mais distante do oceano dentre as analisadas. Ainda assim, a direção predominante dos ventos relacionada à ocorrência de precipitação na estação é de E, em todas as estações do ano e nas diferentes categorias de análise da precipitação. Os ventos de E predominam em 30,7% do período anual, na sequência vêm os ventos de SE (18,9%) e NW (11,2%). Nas estações do ano o padrão é similar, as maiores diferenças são encontradas no inverno, que tem uma diminuição na participação dos ventos de E (25,7%) e um aumento na participação dos ventos de NW (15,4%) – esse aumento também ocorre na EMSS; e na primavera que tem um aumento para 25,1% dos ventos de SE, que nas outras estações do ano não passa de 18%. Estas estatísticas dos ventos estão relacionadas aos valores de precipitação superiores a 0 mm.

Analisando-se os dados nos períodos noturno e diurno não se encontra uma diferença tão significativa, assim como ocorre com a EMB e EMSS. No caso da EMRN, apesar de os ventos de E predominarem tanto no período diurno quanto no noturno em todas as estações do ano, sua participação é maior durante a noite (FIGURA 55). Dados relacionados à ocorrência de precipitação maior que 0 mm mostram que em todas as estações do ano no período noturno e diurno os ventos de E predominam seguido dos ventos de SE. A contrapartida é que os ventos dos quadrantes W tem uma maior participação no período diurno. No inverno o padrão continua o mesmo no período noturno, a diferença ocorre no período diurno que tem a predominância dos ventos de E e NW.

Levando-se em consideração apenas a direção dos ventos, sem relacioná-la com os dados de precipitação (FIGURA 56), tem-se os ventos de E como os predominantes em todas as estações do ano, tanto no período diurno quanto no noturno. E o padrão dos ventos dos quadrantes de W ser mais frequente no período diurno também ocorre. No verão, os ventos de E predominam em 26,9% do tempo no período diurno e 40,5% no noturno, seguido pelos ventos de SE (17,7%) e NW

(17,5%) no período diurno e SE (15,4%) no período noturno. No outono, os ventos de E predominam em 29,7% do período diurno, seguido pelos ventos de SE (15,5%), W (14,9%) e NW (14%); no período noturno a predominância é dos ventos de E (41,9%) e SE (15,4%). No inverno, a predominância no período diurno é dos ventos de E (24,1%), mesmo que com uma menor participação, NW (20%), e W (18,1%); no período noturno a predominância é dos ventos de E (37,5%), NE (12,8%) e W (12%). Por fim, na primavera no período diurno há um aumento na participação dos ventos de E (34,8%), e na sequência a predominância é dos ventos de SE (17,6%); no período noturno os ventos de E também tem uma maior participação, 50,7%, seguido pelos ventos de SE (13,4%).

Analisando-se os dados de direção dos ventos apenas para os eventos de precipitação orográfica (chuva  $>0$  mm e chuva  $>0,2$  mm) em cada uma das estações meteorológicas, observou-se que as estações EMJS, EMJVN e EMSS apresentaram o mesmo padrão já discutido anteriormente. Na EMJS os ventos predominantes relacionados à precipitação orográfica são de NW e W, na EMJVN predominam os ventos de N e SW, por fim, para a EMSS os ventos do quadrante W são os predominantes.

A EMBBS apresentou uma dinâmica um pouco diferenciada, a ocorrência de precipitação  $>0$ mm está relacionada predominantemente aos ventos de W e SE, enquanto a precipitação orográfica nesta mesma categoria tem a predominância dos ventos de S e E. As precipitações superiores à 0,2 mm na EMBBS tem predominância dos ventos de SE e W, enquanto para as precipitações orográficas a predominância é dos ventos de SE e S.

Na EMI a ocorrência de precipitação  $>0$  mm está predominantemente relacionada aos ventos de SW e W, em contrapartida, a ocorrência de precipitação orográfica nesta mesma categoria de análise tem predominância dos ventos de W e NE. Para as precipitações superiores a 0,2 mm a dinâmica é similar entre a ocorrência de precipitação e precipitação orográfica, a predominância é dos ventos de W e SW.

A EMB apresenta ocorrência de precipitação superior a 0 e 0,2 mm relacionada predominantemente aos ventos de NE e E. A ocorrência de precipitação orográfica considerando a categoria de chuva  $>0,2$  mm apresenta o mesmo padrão, porém para a categoria  $>0$  mm predominam os ventos de NE e SE.

Na sequência foi realizada a análise para os eventos em que houve influência da serra na distribuição das chuvas na região. Para os eventos em que ocorreu precipitação consideravelmente maior nas proximidades da serra/frente do que nos outros ambientes, os ventos predominantes na EMBBS (litoral) e EMB (topo da serra) foram de NE e E, na EMRN (planalto) foram de E e SE, na EMSS (serra) foi de W, e nas estações EMI (litoral), EMJS e EMJVN (proximidades da serra) foram de W, NW e SW. Essa dinâmica indica uma predominância dos ventos úmidos do litoral, que batem na serra e retornam predominando do quadrante W para estas estações mais próximas localizadas à leste da barreira orográfica.

Para os eventos em que a precipitação foi maior em todos os ambientes do que no planalto, a dinâmica dos ventos foi muito similar ao que ocorreu na categoria discutida anteriormente. Nos eventos em que a precipitação foi maior em todos os ambientes comparado ao litoral, a dinâmica dos ventos foi similar entre as estações, porém, na EMB (topo da serra) os ventos predominaram dos quadrantes NW e W, e também na EMSS (serra), indicando uma maior participação de um sistema atmosférico de origem continental.

Nos eventos em que a precipitação foi maior nas proximidades da serra, serra e planície e menor no litoral e planalto, os ventos na EMB (topo da serra) continuaram predominando de NE e E, e nas estações próxima à serra e EMI (litoral norte) a predominância foi dos ventos de NW e SW. A maior diferença na dinâmica dos ventos ocorreu com a EMBBS (litoral), onde predominaram os ventos de S e SW, diferente do padrão da estação nas outras categorias de análise que foi mais de E, SE e NE.

Nos episódios de maior precipitação no planalto do que nos outros ambientes é que a dinâmica dos ventos seguiu um padrão mais evidente em todas as estações meteorológicas, a predominância foi dos ventos de NW, W e SW, com destaque também para os ventos de E na EMRN (planalto) e NE na EMJVN (proximidades da serra). Por fim, para os eventos em que a precipitação foi maior no litoral do que nos outros ambientes os ventos de NE e SE tiveram maior participação na EMBBS (litoral), de NE e E na EMJVN (proximidades da serra), de E e S na EMRN (planalto), e dos quadrantes de W nas demais estações. Destaca-se aqui que na EMB a predominância foi dos ventos de N e NW, e por estar localizada no topo da serra, essa estação tem uma maior representatividade em uma escala sinótica, como já mencionado anteriormente.



Em suma, com estes dados não foi possível encontrar um padrão bem definido da direção dos ventos entre os diferentes ambientes, em relação as categorias analisadas de influência da serra na distribuição das chuvas. Para algumas categorias, como os eventos de precipitação maior no litoral e os de precipitação maior no planalto, o padrão de ventos ficou mais evidente, como mencionado acima no texto.

#### 4.4.5 Relação entre a precipitação e os sistemas atmosféricos atuantes

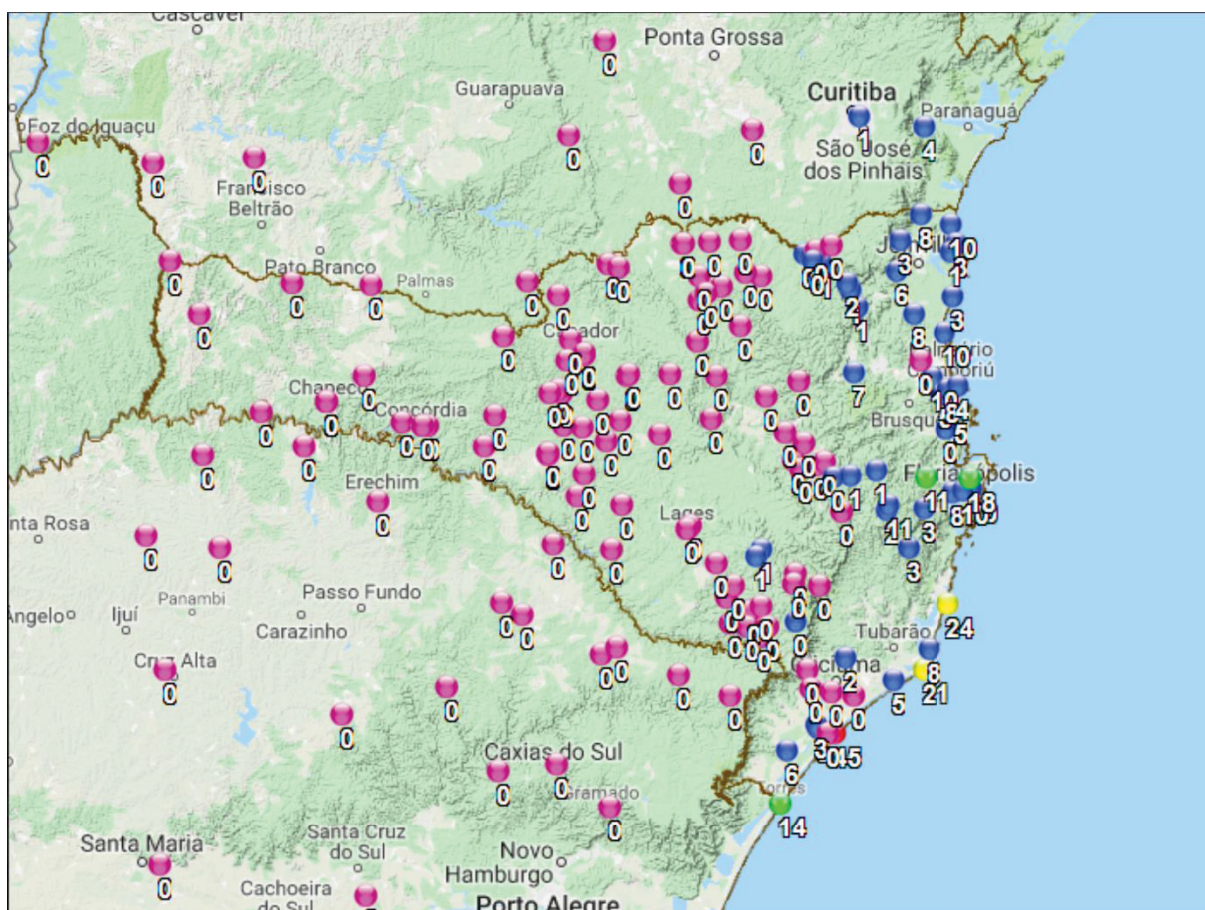
Foi adicionado aos sistemas atmosféricos atuantes a categoria Ciclone Subtropical (CS) porque nos dias 15 e 16 de novembro de 2016 houve a ocorrência do ciclone subtropical, denominado posteriormente de Tempestade Subtropical Deni. Optou-se por diferenciá-lo como categoria pela relevância do evento. Destaca-se que este episódio entrou na categoria de análise de precipitação orográfica onde houve menor precipitação no planalto do que nos outros ambientes, neste caso a precipitação acumulada na EMRN (planalto) nos dias 15 e 16 foi de 4,6 mm, enquanto na EMBBS (litoral) foi de 45,6 mm e na EMJVN (proximidades da serra/frente) foi de 42,8 mm.

Considerando-se ocorrência de precipitação orográfica, os eventos em que houve precipitação  $> 0,2$  mm em todos os ambientes e precipitação  $\leq 0,2$  mm no planalto, 71,8% dos episódios estão relacionados à Massa Polar Atlântica, 14,1% à passagem de frentes frias, 7,7% à Massa Tropical Atlântica e 6,4% à Repercussão de Frente. Levando-se em consideração o limiar de precipitação  $> 0$  mm em todos os ambientes e precipitação nula no planalto, a predominância do sistema MPA continua, com 63% de frequência, em seguida, em contrapartida, vem a MTA (17,4%), depois o sistema FF (15,2%) e, por fim, a RF (4,3%).

A maior frequência de precipitação orográfica relacionada ao sistema MPA, está justamente ligada à circulação marítima. As FIGURAS 57 e 58 são um exemplo de um dia de atuação da MPA, precisamente o dia 29/03/2019. Na FIGURA 57 é possível observar a ocorrência de precipitação no estado de Santa Catarina, observa-se que a sua concentração está no litoral, neste caso, a umidade conseguiu transpassar as barreiras orográficas e atingir alguns municípios do planalto mais próximos as serras. Na FIGURA 58, observa-se a precipitação mensurada pelos radares do SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná), para o mesmo dia, aqui é

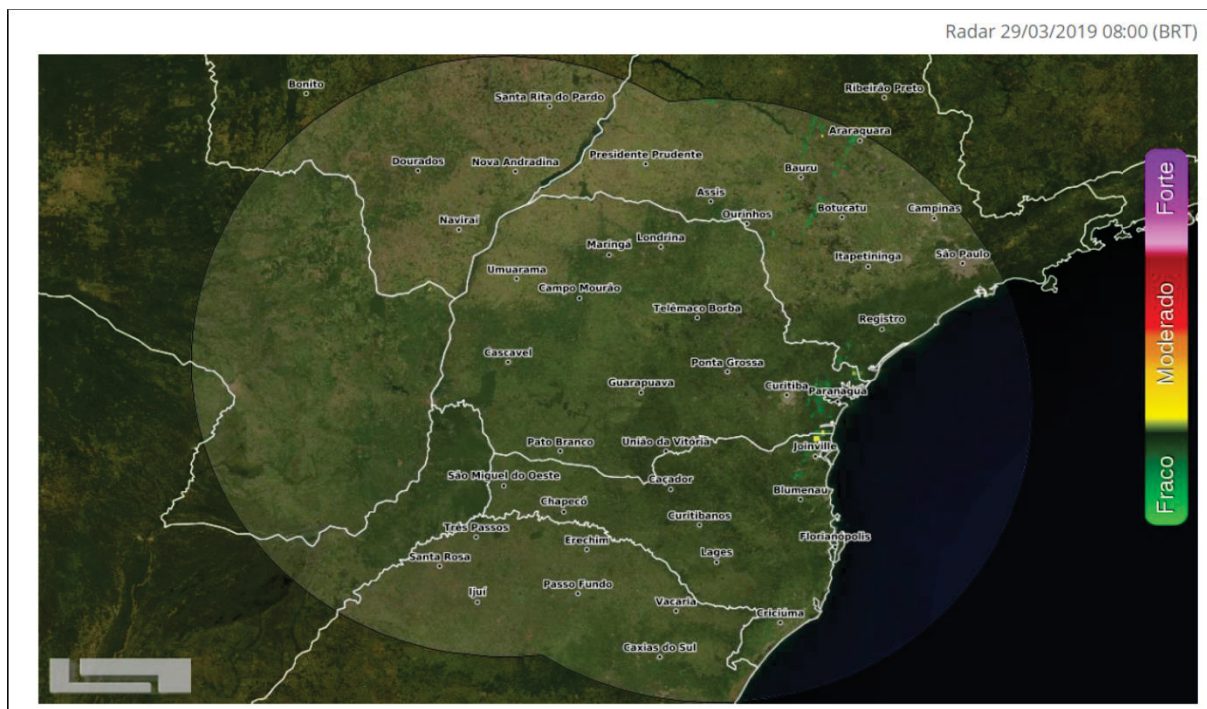
possível observar uma área maior, que vai até São Paulo. Nota-se que a precipitação detectada pelos radares ocorre justamente na região litorânea, influenciada pela barreira orográfica da Serra do Mar.

FIGURA 57 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA NO DIA 29/03/2019 NAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS MONITORADAS PELA EPAGRI/CIRAM NO ESTADO DE SANTA CATARINA.



FONTE: EPAGRI/CIRAM (2019).

FIGURA 58 – PRECIPITAÇÃO MENSURADA PELOS RADARES METEOROLÓGICOS DO SIMEPAR NO DIA 29/03/2019 ÀS 8 HORAS.



FONTE: SIMEPAR (2019).

Foram utilizadas as estações EMBBS (litoral/baía) e a EMJVN (proximidades da serra/frente) para avaliar a variabilidade diária dos acumulados médios de precipitação para cada classe de sistema meteorológico, nas duas categorias de análise de precipitação ( $> 0,2\text{mm}$  e  $> 0\text{ mm}$ ). Para os dados da EMBBS a média não é tão discrepante, para a EMJVN há um destaque maior para as repercussões de frente, com uma diferença de até 4 mm na média diária em relação aos outros ambientes. Para as precipitações superiores a 0 mm, a média diária foi de no máximo 2 mm para MTA e mínimo de 0,3 mm para FF na EMBBS, e de 10,3 mm para RF e 2,5 mm para MTA na EMJVN. Já para os dados de precipitação  $> 0,2\text{ mm}$  na EMJVN o máximo médio diário foi de 12 mm para RF e mínimo de 6 mm para MTA, e na EMBBS o máximo foi de 6,4 mm para MTA e mínimo de 2,3 mm para RF.

Foi calculado também o valor de mediana para estes mesmos dados, para assim ter uma noção maior da frequência dos valores. Esta estatística mostrou dados mais interessantes, novamente as diferenças para a EMBBS foram mais sutis. Em contrapartida, para a EMJVN, a mediana para RF, contabilizando a precipitação maior que 0 mm foi de 10,3 mm, enquanto para FF foi de apenas 0,4 mm, para MPA foi de 1,2 mm e para MTA foi de 0,5 mm. Para os dados de precipitação superior a

0,2 mm, a mediana para RF foi de 10,6 mm, para FF foi de 6,2 mm, para MTA foi de 7 mm, e para MPA foi de apenas 2,6 mm. Estes dados, apesar de ser uma série curta de análise, indicam que a RF ocasiona precipitações orográficas mais fortes na região do que os outros sistemas, principalmente nas proximidades da serra/frente, se comparado ao litoral/planície.

Dando continuidade na discussão sobre a relação entre os sistemas atmosféricos e a precipitação orográfica, nos episódios em que houve precipitação em todos os ambientes, porém, essa precipitação foi inexistente em alguma estação meteorológica ou destacadamente menor no ambiente de planalto, a MPA correspondeu a 45,2% dos episódios, seguido pela FF (24,2%), RF (16,1%), MTA (8,1%), MEC (3,2%) e CS (3,2%). Já para os eventos em que a precipitação foi notavelmente menor no litoral/baía do que nos outros ambientes, a influência do sistema MPA corresponde a apenas 11,8% dos episódios, enquanto a FF passa a dominar nesse tipo de tempo, com 47,1% de frequência, seguido pela RF (29,4%) e MEC (11,8%). Interessante notar que é nesta categoria que a MEC tem sua maior participação, demonstrando a influência da serra, que apesar de ter sua menor inclinação em direção ao planalto, ainda funciona como uma barreira para os sistemas com origem e/ou trajetória continental, o mesmo se aplica à maior participação das frentes frias.

Para os eventos em que a precipitação foi maior no planalto do que nos outros ambientes, o sistema que teve a maior participação foi a FF (55,6%), seguido pela MTA (22,2%), RF (16,7%) e MPA (5,6%). Tem-se a serra novamente funcionando como uma barreira para os sistemas com origem e/ou trajetória continental. Nos episódios em que a precipitação foi notadamente superior nas proximidades da serra do que nos outros ambientes o sistema que se destacou foi a MPA (53,3%), seguido pela FF (33,3%) e RF (13,3%). Há eventos nos quais o sistema de alta pressão fica posicionado no oceano enviando muita umidade para o continente, muitas vezes persistindo por 2 dias ou mais, essa precipitação costuma ser maior no período noturno e início da manhã, quando as temperaturas estão mais baixas. Além disso, a precipitação é mais intensa nas proximidades da serra, com isso tem-se que a MPA não está relacionada apenas a eventos de precipitação de fraca intensidade.

Nos episódios em que a precipitação foi consideravelmente menor no planalto e no litoral do que nos outros ambientes, a RF foi o sistema com a maior



participação, 44,4% de frequência, seguido pela FF (33,3%) e MPA (22,2%). Foram nove eventos identificados nesta categoria e todos ocorreram no verão ou início do outono. O cavado (área alongada de baixa pressão) é o sistema mais representativo nos eventos de repercussão de frente. Por fim, em apenas quatro episódios para o período analisado houve forte precipitação no litoral, relacionado aos outros ambientes. Cada evento foi influenciado por um sistema diferente, sendo eles: MPA, FF, RF e MTA.

Como complemento à discussão dos resultados verificou-se os sistemas atmosféricos atuantes nos eventos com precipitação forte e generalizada por todos os ambientes. Foram encontrados 31 episódios desta natureza, e o sistema FF teve a maior participação com 77,4% de frequência, seguido pela RF (16,1%) e MPA (6,5%). A média diária de precipitação em todas as estações meteorológicas nestes eventos foi de 36,5 mm, atingindo o máximo médio de 85,5 mm no dia 19/05/2017, quando da atuação de um cavado. As estações meteorológicas localizadas em Garuva e a EMJVN em Joinville (localizadas nas proximidades da serra/frente) acumularam mais de 150 mm cada apenas neste dia.

Destes episódios analisados, em 38,7% a precipitação foi maior nas proximidades da serra/frente do que nos outros ambientes, em 22,6% foi maior no planalto, em 19,4% nas proximidades da serra/planície, em 9,7% nas proximidades da serra/interior, em 6,5% na planície e em apenas 3,2% no litoral/baía. Estes dados indicam que mesmo em eventos meteorológicos de escala sinótica, como a passagem de frentes frias, a presença da serra influencia no aumento da precipitação nas suas proximidades, principalmente na direção à barlavento dos fluxos de umidade advindos do oceano. Navarro (1990), teve conclusão semelhante em seu estudo no litoral paulista, o autor observou que a chuva orográfica é normalmente uma intensificação de chuva já existente, como as causadas pelas frentes frias; Forgiarini *et al.* (2013), em seu estudo em Silveira Martins (RS), também evidenciou que o efeito orográfico intensifica as chuvas frontais na região.

## 4.5 DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA E SUA RELAÇÃO COM A OROGRAFIA

### 4.5.1 Distribuição espacial da precipitação

Analisando-se os totais anuais de precipitação das estações automáticas para o período compreendido entre janeiro de 2016 e dezembro de 2018, tem-se a EMJVN (1), localizada nas proximidades da serra/frente do município de Joinville, na localidade do Vila Nova, como a estação com a maior média anual de precipitação (2.853 mm). Em seguida, vêm as estações Garuva MDA 2381 (2.611,7 mm) (2), Centro/Garuva (2.586,5 mm) (3), Estrada Geral Quiriri (2.376,7mm) (4) e Joinville Pirabeiraba MDA 2382 (2.356,8 mm) (5), todas localizadas nas proximidades da serra/frente (FIGURA 59). Essa dinâmica de maior precipitação a barlavento das serras é encontrada ao longo de toda Serra do Mar do Brasil e em diferentes localidades do globo, como na *Central Mountain Range* em Taiwan (CHEN e CHEN, 2003), isso ocorre justamente por serem essas as áreas que recebem mais umidade do oceano.

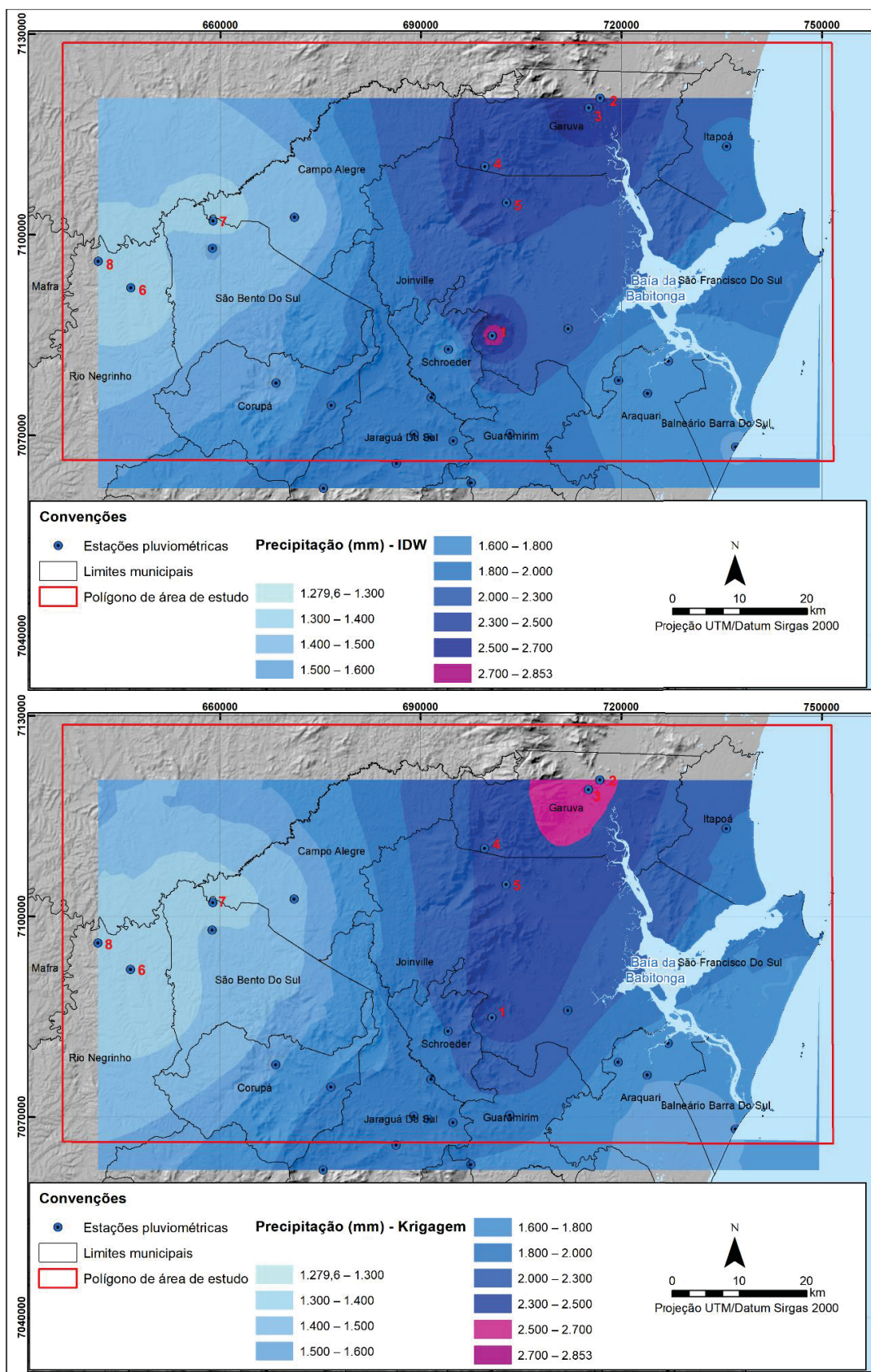
Em contrapartida, as estações que apresentaram as menores médias anuais para o mesmo período estão localizadas nos municípios do planalto, mais distantes da barreira orográfica da Serra do Mar, sendo elas: Rio Negrinho Rio dos Bugres 2220 (1.279,7 mm) (6), São Bento do Sul Mato Preto 2222 (1.283,4mm) (7) e EMRN (1.391,1 mm) (8) (FIGURA 59). Nota-se que a diferença no acumulado de precipitação entre a estação que mais chove com a que menos chove é de mais de 50%, ou seja, chove mais que o dobro em regiões a barlavento das barreiras orográficas, no lado voltado para o oceano, do que nas áreas de sombra de chuva, distantes cerca de 90 km do oceano e 40 km da barreira orográfica da Serra do Mar.

Milanesi (2007), encontrou uma diferença média de 20% nos acumulados de precipitação entre a vertente oceânica, mais chuvosa, e a vertente continental, da ilha de São Sebastião em SP. Esse resultado do autor é interessante, pois a área não é extensa, são 347,5 km<sup>2</sup>, ou seja, a distância das estações em relação ao oceano não variou muito, a maior diferença neste caso está na exposição das vertentes. As elevações mais altas da ilha chegam a ultrapassar os 1000 m de altitude, a sua extensão no sentido que separa as vertentes oceânica e continental é de cerca de 10 km, e ela está distante cerca de 2 km do continente. A serra do Saí,

na região do presente estudo, seria uma interessante área para ser analisada no contexto da pesquisa de Milanesi, levando em consideração a escala de análise.

Para uma melhor visualização da dinâmica espacial da distribuição das chuvas, foram gerados mapas com a média anual de precipitação para o período analisado. Destaca-se que primeiramente foi utilizado o método de krigagem ordinária, com o *default* dos outros parâmetros na ferramenta *Geostatistical Analyst* do *software* ArcGIS, porém, como o método tem uma tendência de suavizar os dados, diminuindo os valores extremos altos e aumentando os baixos, ao invés de ilustrar a EMJVN como a estação mais chuvosa, as estações de Garuva apresentaram a maior média. Por conta disso, optou-se por utilizar o método do Inverso do Quadrado da Distância (IDW), também com os parâmetros *default* da ferramenta no ArcGIS. Aqui fica um adendo para a utilização do método de krigagem, que pode mascarar os dados, não condizendo com a realidade (FIGURA 59).

FIGURA 59– DISTRIBUIÇÃO MÉDIA ANUAL DE PRECIPITAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO (2016-2018) PELO MÉTODO IDW E KRIGAGEM.



FONTE: A autora (2019).

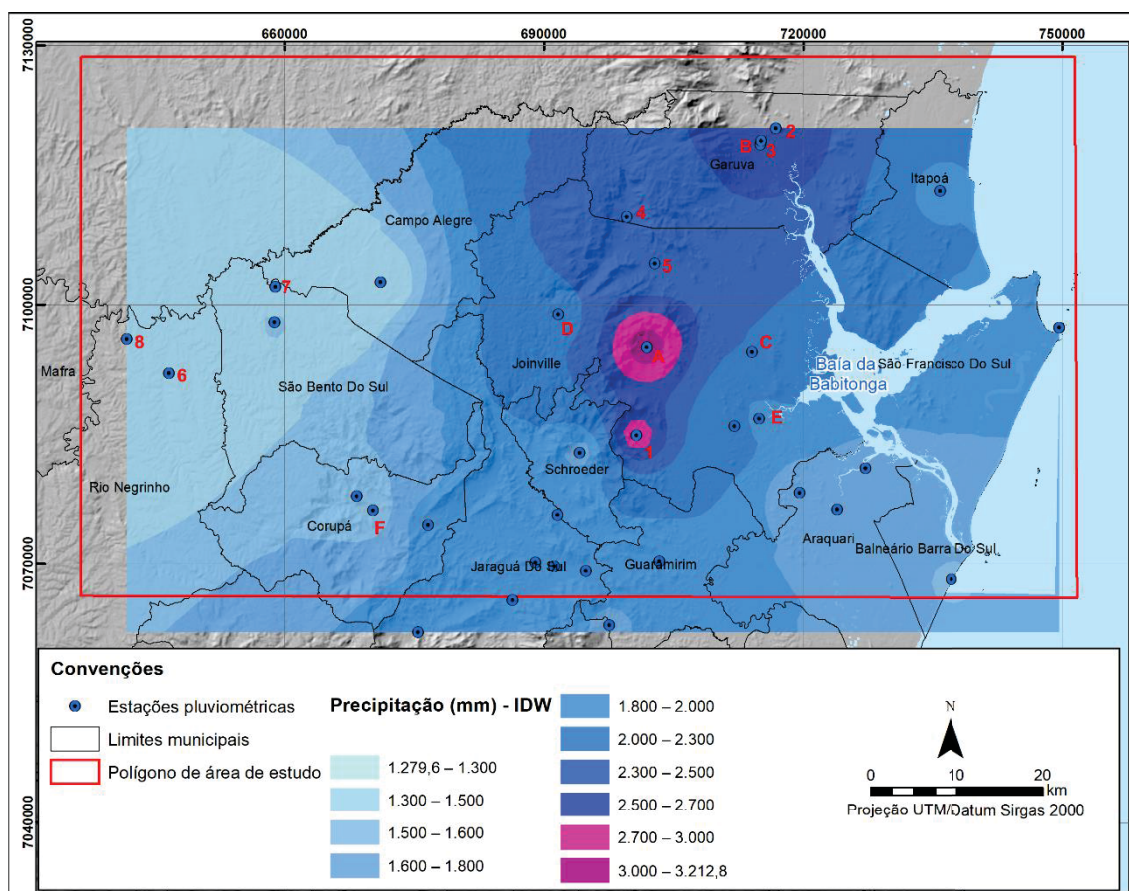


A série histórica dessas estações automáticas é curta, porém, é possível ampliar esse período de análise de 2016 a 2018 para toda a série histórica das estações que possuem mais dados disponíveis. Sendo elas, EMJVN com dados desde 2013, computando uma média anual de 2.848,4 mm, valor muito próximo ao encontrado anteriormente. A estação Garuva MDA 2381, possui uma média de 2.433,3 mm (inferior à média de 2016-2018) e a estação Joinville Pirabeiraba MDA 2382 uma média de 2.451,5 mm (superior à média de 2016-2018), ambas com dados desde 2013. Apesar de os valores diferirem, consistem com o padrão de chuvas para a região.

Ainda que a série histórica dessas estações automáticas seja curta, existem os pluviômetros convencionais disponibilizados pela ANA, com séries longas de dados, e a Estação Meteorológica da Univille, descritos na TABELA 2. Com estes dados é possível validar a análise das estações automáticas e vice-versa. Inicialmente foi gerado um mapa com o método do IDW da precipitação média anual de 2016 a 2018 para estes 7 pluviômetros (exceto o Campo Alegre que não tinha dados disponíveis para 2018) juntamente com os 28 pluviômetros citados anteriormente, nos mapas da FIGURA 59.

Os pluviômetros convencionais e suas respectivas médias anuais de precipitação (2016-2018) são: Estrada dos Morros (ECEM) (A) (3.212,8 mm), Garuva (B) (2.492,3 mm), Univille (C) (2.299,6 mm), Primeiro Salto Cubatão (D) (2.218,2 mm), Joinville – RVPSC (E) (1.877,8 mm), por fim, Corupá (F) (1.517,9 mm) (FIGURA 60). Analisando-se as médias em relação a estação mais próxima se observa uma similaridade entre os dados, e o destaque que se tem é o valor médio da ECEM, localizada na área rural do Vila Nova, em Joinville. São mais de 300 mm precipitados em relação à segunda estação, EMJVN (2.853 mm), indicando que esta região é a que mais chove no nordeste do Estado.

FIGURA 60 – MAPA DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (2016-2018) GERADO A PARTIR DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS AUTOMÁTICAS COM DADOS PARA O PERÍODO DE 2016 A 2018, E DOS PLUVIÔMETROS CONVENCIONAIS COM AS MAIORES SÉRIES HISTÓRICAS DA REGIÃO.



FONTE: A autora (2019).

Foi realizada uma visita ao pluviômetro Estrada dos Morros para verificar se ele está instalado em local adequado. Salienta-se que o aparelho está situada dentro da propriedade da Estação de Tratamento de Água (ETA) Pirai, que abastece cerca de 30% da população joinvilense. Conforme FIGURA 61, é possível observar que a estação está locada adequadamente, e em conversa com os funcionários da ETA foi informado que apenas uma pessoa faz a coleta dos dados, um caseiro que mora na propriedade, sendo este um ponto positivo, pois diminui as chances de erro.



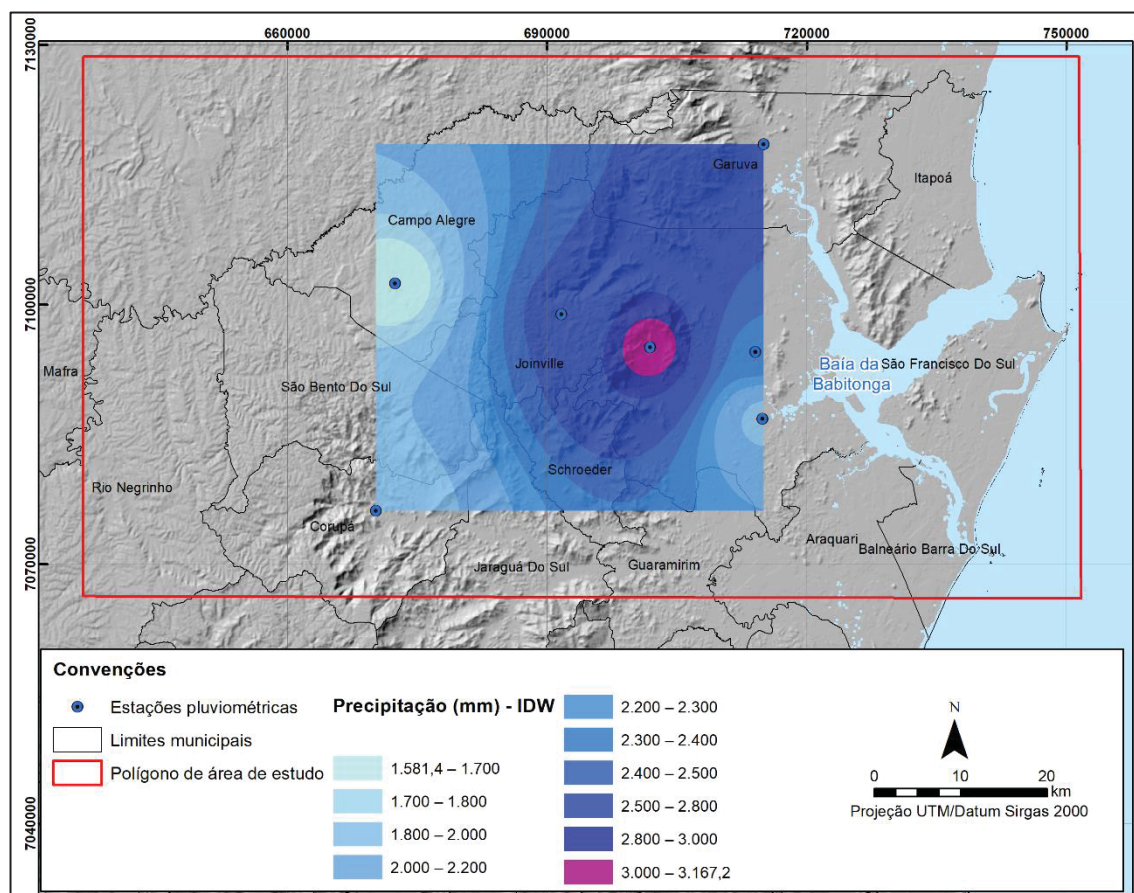
FIGURA 61 – PLUVIÔMETRO ESTRADA DOS MORROS, LOCALIZADO NA ETA PIRAÍ, JOINVILLE, SC.



FONTE: A autora (2015).

O mapa da FIGURA 62 foi gerado com os dados apenas dos pluviômetros convencionais, adicionando-se o Campo Alegre (G). O período para a geração da média foi de 1996 a 2017, totalizando 22 anos de dados. A ECEM continuou com uma média superior a 3.000 mm, mesmo analisando-se toda a série da estação (1987-2018) a média anual é de 3.232,1 mm. Esta FIGURA apesar de representar uma área menor segue um padrão de distribuição da precipitação muito próximo ao que ocorre na FIGURA 60, esse padrão será discutido adiante no texto.

FIGURA 62 – MAPA DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (1996-2017) GERADO A PARTIR DOS PLUVIÔMETROS CONVENCIONAIS COM AS MAIORES SÉRIES HISTÓRICAS DA REGIÃO.



FONTE: A autora (2019).

Com base nesta primeira análise já é possível inferir qual a região mais chuvosa da área de estudo, que difere do que vinha sendo discutido na literatura até a atualidade. Trabalhos como do Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina da EPAGRI (PANDOLFO *et al.*, 2002) e de Mello e Oliveira (2016), apontavam que a região mais chuvosa do nordeste do Estado estava em Garuva; neste último estudo citado foi realizada uma análise geoestatística da distribuição de precipitação em Joinville, e na etapa da análise exploratória dos dados, disponível na extensão *Geostatistical Analyst* do ArcGIS, o pluviômetro Estrada dos Morros configurou-se como um *outlier*, por isso, as autoras optaram por excluí-lo do mapeamento.

Jorge (2015), analisando 635 pluviômetros distribuídos na área de clima subtropical do Brasil, verificou que na primavera a estação com a maior média é o pluviômetro convencional de Garuva, com 689 mm, como já citado anteriormente no texto. A ECEM possui uma média ainda maior nesta estação do ano, são 863,9 mm,



uma média de 190 mm a mais que no pluviômetro de Garuva. Curioso notar que é nessa estação do ano que a diferença na média entre esses dois pluviômetros é maior, esperava-se que fosse no verão, por conta dos maiores volumes pluviométricos acumulados, mas nessa estação a diferença é de 121,7 mm. Comparando-se esta análise com os dados de Jorge (1977-2011), é possível inferir que a ECEM possui a maior precipitação média acumulada na primavera (1987-2018) na região de clima subtropical do país. Contudo, a série temporal analisada se difere, e acredita-se que áreas não monitoradas ou não citadas no trabalho do autor, acumulem totais pluviométricos maiores. Ainda assim, sugere-se que esta região está entre as mais chuvosas do Brasil inseridas no tipo climático analisado por Jorge (2015).

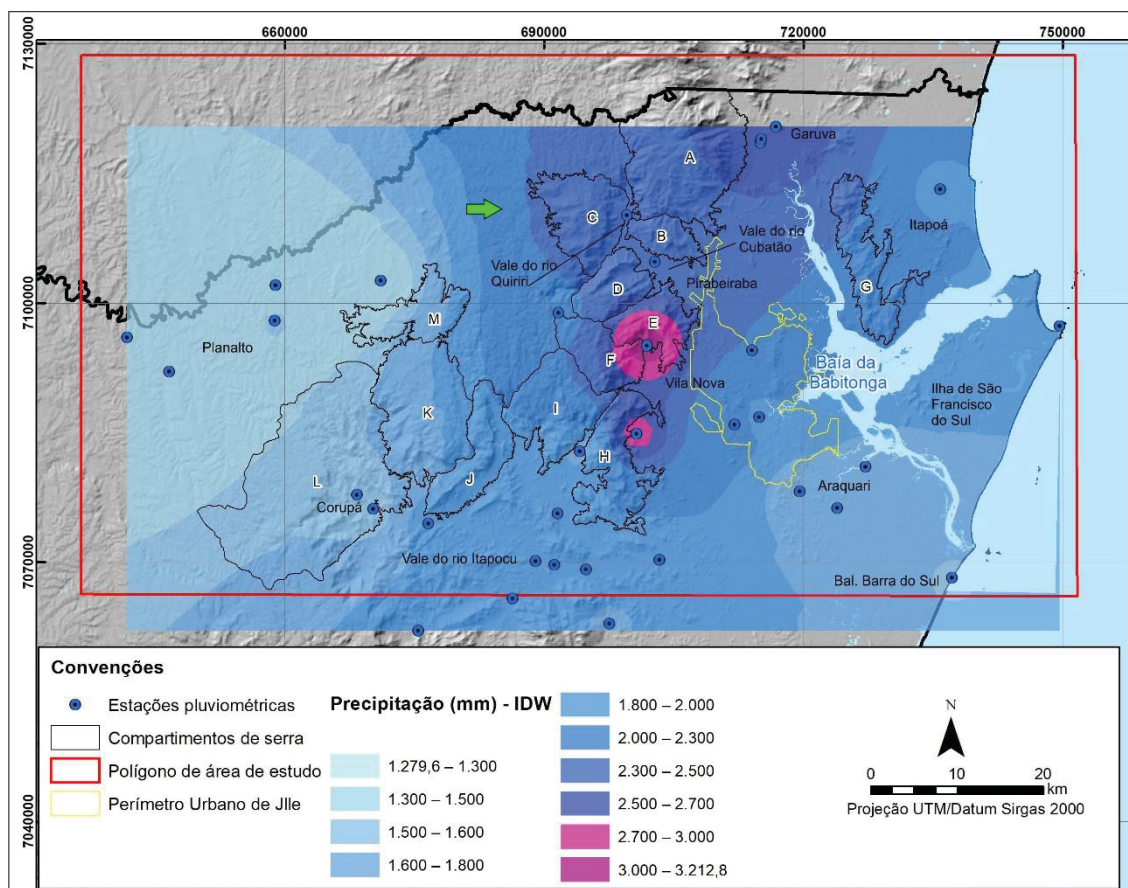
Para um melhor entendimento da dinâmica da distribuição das chuvas na região da Serra do Mar de Santa Catarina, inicialmente, se faz necessário relacionar os dados de precipitação com as análises realizadas do relevo no capítulo sobre a geomorfometria da área, em combinação com o que já foi discutido no texto sobre as variáveis climáticas. Para isso, serão utilizados os dados de precipitação gerados na FIGURA 60 para o período de 2016-2018.

Validou-se esta análise fazendo uma comparação da série dos pluviômetros convencionais da ANA (superior a 20 anos). Apesar de apresentarem uma diferença média de 135,5 mm entre a média anual do histórico de cada pluviômetro em relação ao período de recorte (2016-2018), as características de locais com maior e menor precipitação são preservadas, no caso, a magnitude do montante precipitado entre estes locais, como pode ser observado comparando-se as FIGURAS 60 e 62. Ressalta-se que levando-se em consideração apenas o total anual médio entre os pluviômetros convencionais, todos estes anos classificaram-se como normal na análise dos períodos padrões (capítulo 4.4.2).

A FIGURA 63 traz as informações da distribuição de precipitação anual média para a área de estudo (2016-2018), e também os diferentes compartimentos de serra, que estão descritos na FIGURA 24. O que se observa é que a maior quantidade de precipitação se distribui próximo as encostas das serras da Tromba (E), Piraí (F), Redonda e Duas Mamas (H). A ECEM (120 m de altitude) está protegida pelas serras da Tromba e do Piraí no vale do rio homônimo, bem no sopé da serra. Já a EMJVN (47 m de altitude) está localizada em uma área mais aberta para os quadrantes leste, menos protegida pelas barreiras orográficas e mais plana.

Os ventos predominantes nesta estação no período diurno são dos quadrantes SE e NE, influenciados pela brisa marítima. Já no período noturno a hegemonia é dos ventos de N, influenciados pelas brisas terrestre e montanha-vale.

FIGURA 63 – MAPA DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (2016-2018) GERADO A PARTIR DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS AUTOMÁTICAS E DOS PLUVIÔMETROS CONVENCIONAIS COM AS MAIORES SÉRIES HISTÓRICAS DA REGIÃO; E DA LOCALIZAÇÃO DOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS DE SERRA SOBREPOSTOS AO MAPA DE SOMBREAMENTO.



FONTE: A autora (2019).

LEGENDA: A - Sa. do Quiriri; B - Sa. do Quiriri/Ronco d'água; C - Sa. Queimada; D - Sas. Dna Francisca, Redonda e da Prata; E - Sa. da Tromba; F - Sa. do Pirai e adjacências; G - Sa. do Saí; H - Sas. Redonda e Duas Mamas; I - Região do rio Bracinho; J - Sas. do Boi e do Manso; K - Região do Rio Natal; L - Região do rio Novo; M - Sas. Smith, Chata, Escada, São Miguel e adjacências.

O maior diferencial dessas áreas em relação às demais é que elas estão mais próximas a duas grandes fontes de calor e umidade, que são o perímetro urbano da cidade de Joinville (maior cidade do Estado) e a baía da Babitonga. Adicionalmente, a partir destas áreas há um aumento na rizicultura (outra fonte de umidade e calor) (FIGURA 40), destaca-se que as áreas de rizicultura ficam encharcadas aproximadamente de agosto a novembro; a serra do Saí não está disposta como

barreira para os ventos úmidos provenientes do oceano dos quadrantes E e SE, e ao mesmo tempo esses pluviômetros (ECEM e EMJVN) estão próximos ao sopé de barreiras orográficas significativas. O que pode contribuir para os valores precipitados serem superiores na ECEM do que na EMJVN, é que as montanhas nos seus arredores são mais elevadas, e a estação está numa altitude maior, já em um ambiente de serra.

Sobre a questão da influência da baía da Babitonga no clima da região, se faz necessário fazer uma observação. Analisar a sua influência na dinâmica climática traria informações importantes para um melhor entendimento do clima da região. Por estar adjacente ao oceano, talvez seja mais difícil mensurar a influência da Baía nos valores de evaporação, temperatura e precipitação, exigindo-se assim, uma análise detalhada, com instalação de estações de monitoramento em diversos locais. Relatos de pescadores da região, por exemplo, indicam que ali os ventos são mais constantes que na cidade, o que acaba tornando a temperatura mais amena. Scott e Huff (1997), realizaram um estudo sobre a influência dos Grandes Lagos da América do Norte nas condições climáticas da região. Os autores destacaram que grande parte dessa influência é devido à diferença na capacidade de calor entre a superfície da água e do solo, e pela fonte de umidade que os lagos fornecem à baixa troposfera. A área ocupada por estes lagos é imensamente maior do que a da baía da Babitonga, ainda assim, acredita-se que este corpo hídrico exerça alguma influência nas condições climáticas. Estudos aprofundados poderiam verificar a escala dessa influência, assim como das áreas urbanas e de rizicultura, no clima da região.

Na sequência vêm as estações localizadas em Garuva, como as que acumulam os maiores volumes pluviométricos na área estudada. Estas estações estão distantes cerca de 2 km da serra do Quiriri, o compartimento com as maiores altitudes da região, 42,2% da área está acima dos 1.000 m. Acrescenta-se que a barreira orográfica do Quiriri está mais próxima do oceano do que a região onde estão localizados os pluviômetros Estrada dos Morros e EMJVN, são cerca de 26 km, e livre de barreiras para os ventos úmidos do oceano nas direções E e NE, principalmente. A área está mais distante do centro urbano de Joinville e do corpo hídrico da baía da Babitonga, a área vegetada nos arredores é maior, e a planície que se estende até o oceano é mais livre de barreiras para os ventos.

Considerando-se a média histórica dos pluviômetros convencionais de Garuva (2.703,2 mm), 42 anos de dados, e da ECEM (3.232,1 mm), 32 anos de dados, tem-se uma diferença na média anual de 528,9 mm, um valor significativo. Como já mencionado, os pluviômetros localizados em Garuva, em sua maioria, estão distantes cerca de 2 km do sopé da serra e em áreas mais planas, média de 20 m de altitude. O ambiente onde essas estações estão situadas possivelmente influencia nos menores acumulados pluviométricos registrados em relação a ECEM.

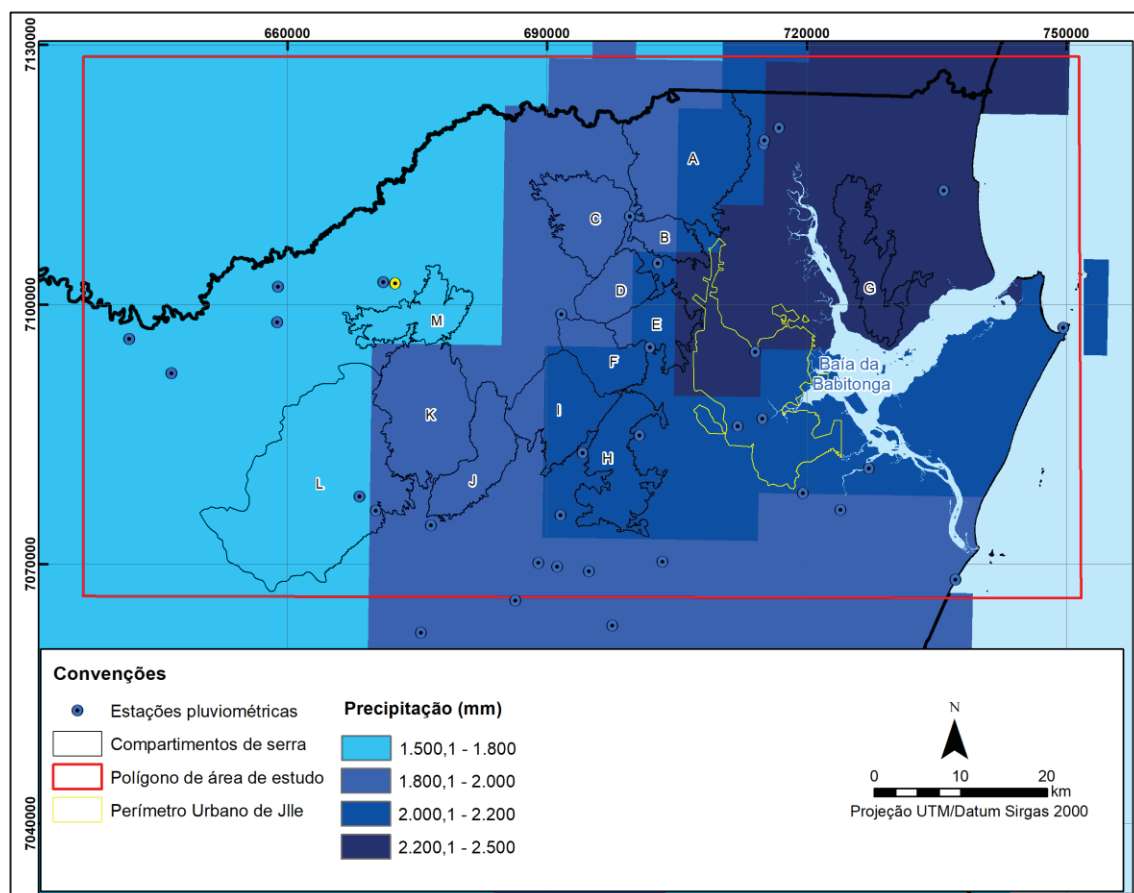
Caso uma dessas estações estivesse locada no sopé da serra, como a ECEM, em altitude semelhante, o volume pluviométrico registrado seria possivelmente superior ao atual, é difícil saber o quanto, e se superaria a ECEM, porém, com base na avaliação dos dados e em experiência empírica pela vivência na região, acredita-se que os totais pluviométricos na encosta da serra são mais elevados. O ideal seria instalar um pluviômetro em ambiente semelhante, para se ter uma afirmativa mais assertiva.

Em resumo, é difícil afirmar qual a região mais chuvosa, por conta da falta de monitoramento em áreas estratégicas, porém, com base nos dados existentes, são as áreas rurais da localidade do Vila Nova, supracitadas no texto, as mais chuvosas da região da Serra do Mar de Santa Catarina. A partir desse momento já fica clara a importância de se avaliar o relevo e outras características geográficas do ambiente das estações, como o uso do solo, em análises climatológicas da precipitação. Estudar os dados meteorológicos isoladamente, pode gerar conclusões equivocadas sobre a dinâmica da distribuição espacial das variáveis.

Os dados do CHIRPS, provenientes de estações de superfície e informações satelitais, possuem resolução espacial de cerca de 5 km. Por se tratar de uma fonte que conta com informações de satélite acreditava-se que seria possível utilizar estes dados para validar as análises anteriores, apesar da baixa resolução espacial das informações. Com base na FIGURA 64, é possível notar que estes dados **não** são consistentes para essa validação, já que não apontam a região da serra como a mais chuvosa, e sim as áreas de planície de Garuva, Itapoá e Guaratuba. Como existem dados de superfície que comprovam que esta dinâmica não procede, evidencia-se a imprecisão dos dados do CHIRPS para trabalhar nesta escala de análise, em um ambiente de relevo acidentado.



FIGURA 64 – MAPA DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (1981-2016) GERADO A PARTIR DOS DADOS DO CHIRPS. COMPARTIMENTOS DE SERRA.



FONTE: A autora (2019).

LEGENDA: A - Sa. do Quiriri; B - Sa. do Quiriri/Ronco d'água; C - Sa. Queimada; D - Sas. Dna Francisca, Redonda e da Prata; E - Sa. da Tromba; F - Sa. do Pirai e adjacências; G - Sa. do Saí; H - Sas. Redonda e Duas Mamas; I - Região do rio Bracinho; J - Sas. do Boi e do Manso; K - Região do Rio Natal; L - Região do rio Novo; M - Sas. Smith, Chata, Escada, São Miguel e adjacências.

Dando continuidade na análise da FIGURA 63, após a região de Garuva, áreas no vale do rio Cubatão e no rio Quiriri, em Pirabeiraba, Joinville, acumulam os maiores volumes pluviométricos, a diferença na média anual é de cerca de 200 mm em relação as estações de Garuva. Existem duas estações que representam este ambiente, o pluviômetro Estrada Geral Quiriri, localizado na planície do vale do rio homônimo, confinado entre os ambientes das serras do Quiriri e Queimada, e distante menos de 1 km do sopé das serras; e a estação Joinville Pirabeiraba MDA 2382, localizada na planície do rio Cubatão, distante cerca de 1,5 km do sopé da serra do Ronco d'água e da serra da Prata e Redonda, apesar de estar em um ambiente protegido por serras, é um vale mais aberto, que forma um corredor para os ventos provenientes de diferentes direções.

O diferencial dessas áreas em relação às estações da localidade de Garuva é que elas estão mais distantes do oceano, protegidas por serras, e amparadas dos ventos de E e NE pela serra do Saí; e em relação as estações da localidade do Vila Nova, estão mais distantes da baía da Babitonga, do centro urbano, de grandes áreas de rizicultura e mais protegidas pela serra do Saí. Esses aspectos podem ser os influenciadores nos menores índices pluviométricos registrados nessas áreas, porém, aqui também fica o adendo para a possibilidade de serem registrados valores maiores nas vertentes da serra, que não possuem monitoramento.

Foi realizada correlação estatística entre a precipitação média anual (2016-2018) dos sete pluviômetros com os maiores acumulados de precipitação, citados acima, e a distância da serra. Obteve-se um valor-r de -0,7236/correlação forte (valor-p = 0,0661), ou seja, quanto menor a distância da serra, maior o total pluviométrico acumulado no posto. Em relação à distância do oceano, obteve-se uma correlação fraca e sem significância estatística. Destaca-se que foi realizada correlação em relação aos dados de altitude desses mesmos postos e para todas as estações (exceto as localizadas à sotavento da serra) e a correlação foi insignificante. Correlacionando-se as médias anuais de todas as estações dispostas na FIGURA 63 com a distância do oceano, e posteriormente com a distância da serra, também se obteve correlação fraca. Correlações com outros agrupamentos de estações serão discutidos nos parágrafos seguintes.

A região que forma uma faixa próxima a barreira orográfica da Serra do Mar, numa distância média de até 3 km, estendendo-se desde as serras Redonda e Duas Mamas para o norte, são em sequência as mais chuvosas, com médias anuais acima de 2.300 mm, incluindo parte da área urbana do Distrito de Pirabeiraba. Depois vêm áreas um pouco mais distantes da serra, a barlavento desta, incluindo bairros de Joinville como o Distrito Industrial Norte, Costa e Silva, Vila Nova, São Marcos, Morro do Meio, Glória e Bom Retiro. Em conjunto com estas áreas, que apresentam médias anuais em torno de 2.200 mm e as citadas anteriormente no parágrafo, estão as áreas a sotavento da Serra do Mar, estendendo-se da serra do Piraí para norte. O pluviômetro que representa essa região é o Primeiro Salto Cubatão, que possui uma média anual de 2.450,4 mm (1982-2018). Vale destacar, que a seta verde na FIGURA 63, mostra a área a sotavento da serra Queimada que carece de monitoramento para avaliar com melhor precisão a sombra de chuva gerada por esta serra, e também pela serra do Quiriri.

As áreas citadas no parágrafo acima já tem a distância da serra como o maior influenciador na diminuição dos totais pluviométricos. Fazendo-se uma correlação estatística do grupo de estações localizadas a barlavento da serra, desde Garuva, passando pelo litoral, excetuando-se as estações localizadas no vale do rio Itapocu, tem-se um coeficiente de correlação de  $-0,8139$ /correlação forte (valor-p = 0,0001), ou seja, quanto mais próximas da serra (menor a distância), maiores os acumulados pluviométricos (média anual de 2016-2018). Em relação à distância até o oceano dessas estações, a correlação também é forte (valor-r =  $0,7292$ / valor-p = 0,0013), quanto mais próximas do oceano menor a quantidade de precipitação.

O litoral norte, de Itapoá até a metade norte (aproximadamente) da ilha de São Francisco do Sul, tem uma precipitação média anual um pouco abaixo dos 2.000 mm. Os totais pluviométricos nessa região são similares aos encontrados em áreas do vale do rio Itapocu, nos municípios de Guaramirim e Jaraguá do Sul. Observa-se na FIGURA 63, que a região litorânea mais ao sul da área de estudo registra volumes pluviométricos inferiores, a partir do município de São Francisco do Sul, em Araquari e Balneário Barra do Sul. A precipitação média nessas áreas está na faixa aproximada dos 1500-1700 mm.

Essa diferenciação nos totais pluviométricos é devida à presença da serra do Quiriri e da Serra do Saí, que funcionam como barreiras orográficas para os ventos úmidos do oceano na região de Itapoá. Em contrapartida, o litoral sul da área de estudo está mais afastado de barreiras orográficas; apesar de estarem mais próximos da Baía da Babitonga e da cidade de Joinville (fontes de umidade e calor), estes pluviômetros estão localizados ao sul destas áreas, e os ventos predominantes na estação meteorológica de Barra do Sul (EMBBS) são dos quadrantes NE, SE e E, os ventos de N e NW representam apenas 13,7% da frequência dos ventos na região. Por ser uma área mais plana, e próxima do oceano, a circulação do ar é mais intensa, diminuindo a acumulação de calor. Destaca-se ainda que a dinâmica dos ventos nessas regiões do litoral está muito relacionada à brisa marítima e terrestre, no período diurno predominam os ventos de NE e no noturno de W e SW, como observado no capítulo 4.4.3.

As estações localizadas no vale do rio Itapocu possuem precipitação média variando na faixa entre 1.700-2.000 mm. No período de 2016-2018 foram registrados valores abaixo da média histórica nas estações de Corupá, que apresentaram média de 1.505 mm, enquanto o pluviômetro Corupá disponível no site da ANA, apresenta

média histórica anual de 1.843,2 mm (1946-2018). Essas localidades do Itapocu já estão mais distantes do oceano, cerca de 40-70 km, cercadas por morrarias e serras menos expressivas nas direções oeste e sul, destacando-se que o vale do Itapocu é o limite sul da Serra do Mar.

A menor influência do oceano sobre essas áreas também fica evidenciada com a análise da frequência dos ventos na região. Os ventos dos quadrantes NW, W e SW representam 65,2% de frequência, os ventos de S 12,8%, de N 8,4%, e os ventos de NE, E e SE representam apenas 13,6% de frequência. Em relação as correlações estatísticas, as estações dessa região não apresentaram uma correlação significativa em relação a distância da serra, e correlação moderada em relação à distância do oceano (valor-r = -0,521/valor-p = 0,0824), quanto maior a distância do oceano, nesse caso, menor o valor de precipitação acumulada nos postos.

O que se observa ao longo do vale do rio Itapocu e de seus afluentes, é que o aumento nos totais pluviométricos dos postos mais próximos ao sopé da serra, em relação aos localizados na planície, já não é tão evidente como nas áreas a barlavento dos compartimentos A, B, C, D, E, F, H (FIGURA 63). Adotando-se como base de comparação também os dados de média anual dos pluviômetros convencionais disponíveis no site da ANA, o Corupá (1.843,2 mm), localizado próximo à estação 4 (FIGURA 43), a uma altitude de 200 m (serra), e o pluviômetro Rio Jaraguá (1.890,1 mm/ 1962-2006), próximo à estação 34 (FIGURA 43) e a uma altitude de 30 metros (planície), tem-se uma diferença na média anual inferior a 50 mm. Na realidade, o pluviômetro da serra possui uma média anual inferior ao da planície – que está mais próxima do oceano e exposta aos ventos úmidos provenientes desta direção.

Desta forma, evidencia-se que um mapeamento da precipitação utilizando regressão múltipla, com parâmetros como a distância dos blocos soerguidos da serra, do oceano e a altitude das estações, não seria satisfatório para mapear a precipitação nesta região. Paula (2010) utilizou estes parâmetros, adicionando a latitude, para mapear a precipitação na área de drenagem da baía de Antonina/PR, que tem um aspecto mais similar com a região da serra do Quiriri até as serras Redonda e Duas Mamas ao sul, se estendendo para leste até a baía da Babitonga. Levando-se em consideração esta extensão, talvez a técnica de mapeamento



supracitada funcionasse, porém, para toda a extensão da área do presente estudo o método não se adequaria.

A baía de Antonina está cerca de 100 km para N/NE da área de estudo. A pesquisa de Paula (2010) englobou a vertente leste da Serra do Mar do Paraná e segundo o autor, as médias anuais em áreas da vertente da serra ultrapassam os 3.500 mm anuais, como é o caso do pluviômetro Vêu da Noiva. A dinâmica climática dessa região é semelhante ao que ocorre no nordeste de Santa Catarina, devido à similaridade nos condicionantes físicos, como a proximidade do oceano, a existência de uma baía e da Serra do Mar. Em Paranaguá (município adjacente à baía homônima e à área de estudo do autor), nas áreas de planície a média anual de precipitação é de 2.130,3 mm, muito similar ao encontrado para Joinville (2.130,1 mm) (MELLO e OLIVEIRA, 2016; MELLO *et al.* 2017).

Devido às similaridades e disponibilidade de dados para análise, foram geradas algumas comparações com os dados da região da baía de Paranaguá, na qual a baía de Antonina está inserida. Para a geração do mapa de precipitação média anual, Paula (2010) utilizou as séries históricas de 20 estações. Média similar foi utilizada no presente estudo (TABELA 38), com algumas pequenas diferenciações, como a série estar estendida até 2018; além disso, foram utilizadas 7 estações das 20 que o autor adotou.

Os maiores erros no mapa gerado no estudo de Paula (2010) estão associados ao pluviômetro Marumbi, que tem uma média de 1.923,1 mm (1949-2008), e na análise do autor este pluviômetro ficou inserido na faixa de precipitação de 2.400-2.600 mm, são mais de 400 mm de diferença. Em seguida vem a estação Morretes, representada pelo autor na faixa de precipitação de 2.200-2.400 mm, e que na realidade possui uma média de 2.017,4 mm (1940-2018), diferença de quase 200 mm da faixa mínima estipulada (FIGURA 65).

A percepção que se tem é que a precipitação, de modo geral, possui uma variabilidade espacial muito grande, principalmente em áreas próximas à serra e ao oceano; existem diversos fatores que influenciam nesta dinâmica, proximidade da serra, altitude dessas serras, sua extensão e largura, direção predominante dos ventos, presença de morrarias nas proximidades, de vales, de diferentes usos do solo, baías, lagos, áreas urbanizadas etc. Como nem todos estes aspectos foram utilizados no cálculo da regressão, e a utilização de todos estes parâmetros parece ser uma tarefa difícil devido à quantidade de fatores e possibilidades, acredita-se

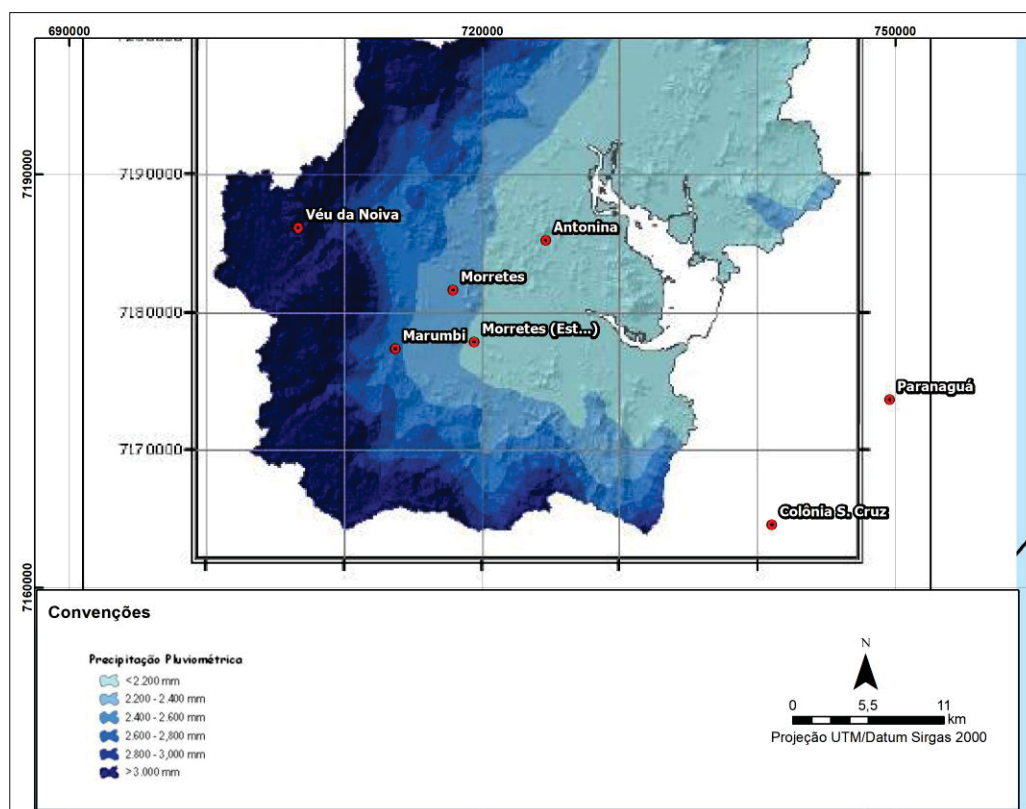
que os métodos mais tradicionais como a krigagem e o IDW representam melhor a distribuição do fenômeno. Pesquisa mais aprofundada sobre o tema precisaria ser realizada para melhores conclusões, não sendo este um dos objetivos do presente trabalho.

TABELA 38 – ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS CONVENCIONAIS LOCALIZADAS NO LITORAL DO PARANÁ.

Código	Nome	Município	Lat.	Lon.	Alt.	Média Anual	Período	Média anual (Paula, 2010)
83844	PARANAGUÁ	PARANAGUÁ	-25,5333	-48,5166	4,5	2.130,3	1966-2015	-
2548000	MORRETES	MORRETES	-25,4667	-48,8331	8	2.017,4	1940-2018	2200-2400
2548002	VÉU DA NOIVA	MORRETES	-25,4331	-48,95	680	3.649,8	1950-1996	>3000
2548027	MARUMBI	MORRETES	-25,5058	-48,8742	60	1.923,1	1949-2008	2400-2600
2548038	MORRETES (EST.EXP.FRUTAS TROP)	MORRETES	-25,5	-48,817	59	1.976,5	1966-2015	<2200
2548049	COLÔNIA SANTA CRUZ	PARANAGUÁ	-25,6167	-48,6	32	1.983,3	1975-2018	-
2548068	ANTONINA	ANTONINA	-25,4331	-48,7667	74	1.989,8	1975-2018	<2200

FONTE: A autora (2019).

FIGURA 65 – MAPA DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL NA ÁREA DE DRENAGEM DA BAÍA DE ANTONINA/PR.



FONTE: A autora (2019), com dados de Paula (2010).

Com a análise das médias anuais dessas sete estações localizadas na área litorânea próxima à Serra do Mar do Paraná (TABELA 38), é possível observar que os valores são muito similares aos encontrados na região da Serra do Mar de Santa Catarina. Porém, alguns aspectos chamaram a atenção. O pluviômetro de Paranaguá está mais distante das barreiras orográficas que os demais situados na planície (pluviômetros do Paraná), e ele apresentou um total pluviométrico superior a eles. Ainda, nota-se que pluviômetros como o Marumbi, distante cerca de 2 km do sopé da serra, apresenta média anual bem inferior (780 mm) ao pluviômetro Garuva (ANA), locado a uma distância similar da serra, em SC. Os pluviômetros Morretes e Morretes (EST.EXP.FRUTAS TROP) estão a uma distância aproximada de 6,5 km da barreira da serra, enquanto o pluviômetro da estação meteorológica da Univille, distante cerca de 10 km da serra, possui uma média anual de 2.367 mm (1996-2018), ou seja, superior em média 370 mm (TABELA 38); Esses pluviômetros de Morretes estão cerca de 20 km mais distantes do oceano do que o da Univille, podendo esse ser o principal fator que influencia nos menores valores acumulados.

Diferentemente da região do presente estudo, na Serra do Mar do Paraná existem dados de um pluviômetro locado na vertente da serra, a uma altitude de 680 m (Véu da Noiva), mas ainda mais distante do oceano do que os supracitados de Morretes, são cerca de 60 km do mar (FIGURA 66). Este pluviômetro possui uma média anual de 3.649,8 mm, 417,7 mm a mais do que a ECEM. E na Serra do Mar de São Paulo, no município de Bertioga, existe um pluviômetro na represa de Itatinga (código ANA = 2346065), a uma altitude de cerca de 700 m e distante 10 km do oceano. Este pluviômetro possui uma média anual de 4.472,2 mm (1938-2013/69 anos de dados sem falhas), 1240,1 mm a mais que a ECEM. Estes dados são mais um indicador de que caso houvesse uma estação localizada na vertente da serra do Quiriri e Piraf, por exemplo, as médias poderiam ser superiores aos valores conhecidos na atualidade, podendo ser inclusive superior ao dos pluviômetros citados acima, devido a essa maior proximidade do oceano.

FIGURA 66 – LOCALIZAÇÃO DO PLUVIÔMETRO VÉU DA NOIVA, MORRETES/PR.



FONTE: A autora (2019).

Por fim, dando sequência na análise da distribuição da precipitação na região da Serra do Mar de SC, a última região analisada compreende o planalto, que acumula os menores volumes pluviométricos da área de estudo. A média anual (2016-2018) não ultrapassou os 1.550 mm na região, destacando-se a estação Rio



Negrinho Rio dos Bugres 2220 com a menor média (1.279,7 mm). O pluviômetro convencional Campo Alegre, disponível no site da ANA, com uma série de 41 anos (1977-2017), possui uma média anual de 1.587,5 mm, e está localizado muito próximo do pluviômetro 2 (FIGURA 43) Campo Alegre Faxinal 2215, que para o período de 2016 a 2018 registrou uma média de 1.402,3 mm. Essas áreas são as mais distantes do oceano e da barreira orográfica da Serra do Mar, estando a sotavento desta. Ambas as correlações estatísticas, da média anual (2016-2018) com a distância da serra e do oceano, foram fortes, valor  $r = -0,7299$  (valor- $p = 0,0996$ ) e valor- $r = -0,7675$  (valor- $p = 0,0748$ ), respectivamente.

Uma questão interessante sobre o padrão das chuvas no planalto foi discutida no capítulo 4.4.3, onde evidenciou-se que a chuva que cai sobre essa região é mais fraca do que nos demais compartimentos. Por exemplo, em 32,8% dos dias com ocorrência de precipitação na estação “Campo Alegre Faxinal 2215”, essa precipitação foi inferior a 0,2 mm, enquanto na estação Centro/Garuva, esse montante representou apenas 11,7%. Em outra comparação, a mesma estação do planalto (Campo Alegre...) registrou apenas cinco dias com precipitação superior a 50 mm entre 2016 e 2018, em contrapartida, a estação Garuva registrou 30 dias.

A dinâmica de menor precipitação no planalto é bem evidente na região, tendo em vista que grande parte do volume precipitado é barrado pela Serra do Mar, e não chega a transpassá-la. O sistema atmosférico mais relacionado a esta dinâmica é a passagem da alta migratória polar (massa polar), que resulta na circulação marítima. Na análise dos eventos de precipitação orográfica do presente estudo este sistema representou 71,8% de ocorrência, quando considerada precipitação superior a 0,2 mm, e 63% quando considerada precipitação superior a 0 mm. Armani *et al.* (2006) encontraram resultado interessante nesse contexto, ao notarem que a maior frequência de precipitação na vertente da Serra do Mar, no transecto entre Cubatão e São Paulo, é evidência da atuação da brisa marítima.

Rodrigues (2015) enfatizou em seu estudo que o principal efeito no aumento da precipitação no litoral norte de SC é produzido pela interação entre a topografia e a evaporação do mar. Essa análise foi realizada com base em experimentos de sensibilidade com ausência da evaporação do mar, orografia e ambos os fatores. Em todos os casos de precipitação intensa analisados pela autora havia a presença de uma alta pressão no oceano, favorecendo a ocorrência persistente de ventos de

E e NE em baixos níveis, o que favorece o transporte de calor e umidade para a costa.

A maior quantidade de vegetação em estágio médio, e principalmente avançado, está justamente localizada nas vertentes da serra, por serem os locais de mais difícil acesso. Os valores de umidade nesses ambientes são superiores, e por conta das altitudes as temperaturas são menores, somado a isso estão os ventos úmidos provenientes do oceano. Todos esses agentes contribuem para a maior ocorrência de precipitação nas proximidades da serra nesses eventos de circulação marítima.

Cavalcanti *et al.* (2009) descreveram que a corrente marítima quente do Brasil é um fator que influencia nas altas temperaturas do ar encontradas em regiões litorâneas do país. Dragaud (2014) observou que a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) influencia no escoamento atmosférico, relacionado a temperatura do ar e aos ventos, na região costeira do estado do Rio de Janeiro – limite norte da Serra do Mar. Rodrigues (2015) notou que a influência da evaporação do mar (a qual está relacionada a temperatura do oceano) está mais ligada a ocorrência de precipitação no litoral norte do que no litoral sul de SC. Com base nestes apontamentos, evidencia-se que pesquisar com maior detalhamento a TSM no litoral da área de estudo e sua relação com as variáveis climatológicas é outro tema relevante para ser abordado em pesquisas futuras.

#### 4.5.2 Distribuição temporal da precipitação

Discutir a sazonalidade da distribuição da precipitação apenas com os dados de 2016 a 2018 é complicado devido à série histórica ser curta. Mas é possível fazer algumas analogias com os dados dos pluviômetros convencionais da ANA e com parte da bibliografia existente, já discutida no item 4.2.6 sobre as características climáticas da área de estudo. Os dados das estações automáticas para o período de 2016-2018 consistiram com o padrão dos pluviômetros convencionais. Os valores variaram em relação à média histórica, por ser uma série mais curta, porém, o padrão dos totais pluviométricos em relação à variabilidade espacial entre os compartimentos é similar. As médias dos pluviômetros automáticos por estação do ano estão disponíveis na TABELA 29.

O verão é a estação do ano mais chuvosa na região, em todos os compartimentos topográficos, e cerca de 60% da precipitação acumulada ocorre no período diurno. Os acumulados são mais expressivos principalmente nas áreas próximas à serra/frente. Os pluviômetros convencionais Estrada dos Morros e Garuva, por exemplo, possuem médias superiores a 1.000 mm: 1.169,3 mm e 1.047,6 mm, respectivamente. Já o pluviômetro Campo Alegre, localizado no planalto, possui uma média de precipitação de 525,2 mm, 55,1% a menos que na ECEM. Tanto os dados do CHIRPS, quanto do Atlas Pluviométrico do CPRM, e de Mello *et al.* (2015), não apresentaram valores médios acima de 1.000 mm, as médias dessas fontes não ultrapassaram os 925 mm, conforme TABELA 11. No trabalho de Mello *et al.* (2015), apesar de utilizarem dados de estações de superfície, os valores se referem a média por compartimento topográfico, o que acaba suavizando os extremos.

A est. Joinville RVPSC, apesar de estar localizada em área urbana, e próxima à área central de Joinville, no verão, apresentou média (655,4 mm) inferior em aproximadamente 200 mm das estações Univille (860,8 mm), também locada na planície, mas mais para o norte do município em área mais chuvosa; e da estação Primeiro Salto Cubatão (840,4 mm), localizada no reverso da serra. A estação Corupá (632,2 mm), no vale do rio Itapocu, possui média similar à estação Joinville RVPSC.

As serras promovem a elevação do ar úmido na atmosfera, é comum no verão, na região, se observar a formação de nuvens cumulonimbus sobre as montanhas (FIGURA 67). Muitas das tempestades de verão acabam se formando sobre essas regiões e depois se locomovem para outras áreas, tanto da planície, quanto do planalto. Adicionalmente, com base nos dados de direção dos ventos da EMB, nota-se uma forte influência dos ventos do quadrante N no verão, que passam a predominar nessa estação. Esses ventos predominam tanto no período diurno quanto no noturno, e trazem um ar mais aquecido para a região. De todo modo, os ventos relacionados às maiores temperaturas que atingem a EMB são de W e NW. E as menores temperaturas de inverno também estão relacionadas aos ventos de W, demonstrando os extremos do efeito da continentalidade.

FIGURA 67 – NUVENS CUMULUS CONGESTUS (ESTÁGIO ANTERIOR AO DESENVOLVIMENTO DE UMA NUVEM CUMULONIMBUS) SE FORMANDO SOBRE AS ÁREAS MONTANHOSAS DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA NO DIA 12/12/2019, VISTO A PARTIR DO CENTRO DE JOINVILLE.

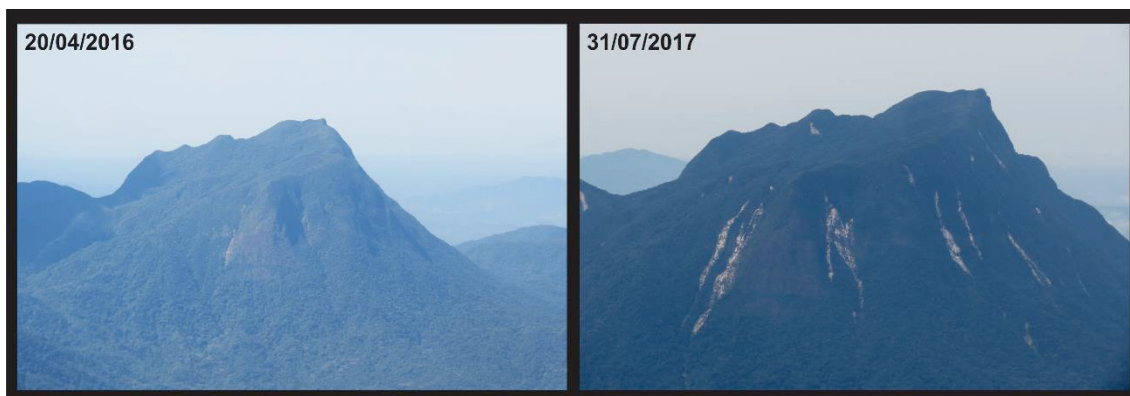


FONTE: A autora (2019).

Eventos extremos de precipitação ocorrem principalmente nos meses mais quentes do ano, e nas serras a precipitação é muitas vezes intensificada, se comparada a outras áreas. Entre os dias 10 e 13 de fevereiro de 2017, por exemplo, ocorreu um evento extremo na serra da Pedra Branca do Araraquara, em Guaratuba-PR, que está adjacente à Serra do Mar de SC. Os pluviômetros mais próximos, localizados em Garuva, acumularam cerca de 130 mm para o período, mas acredita-se que este valor esteja muito aquém do volume precipitado sobre esta serra, devido às alterações causadas na paisagem, como pode ser observado nas FIGURAS 68, 69, 70 e 71.

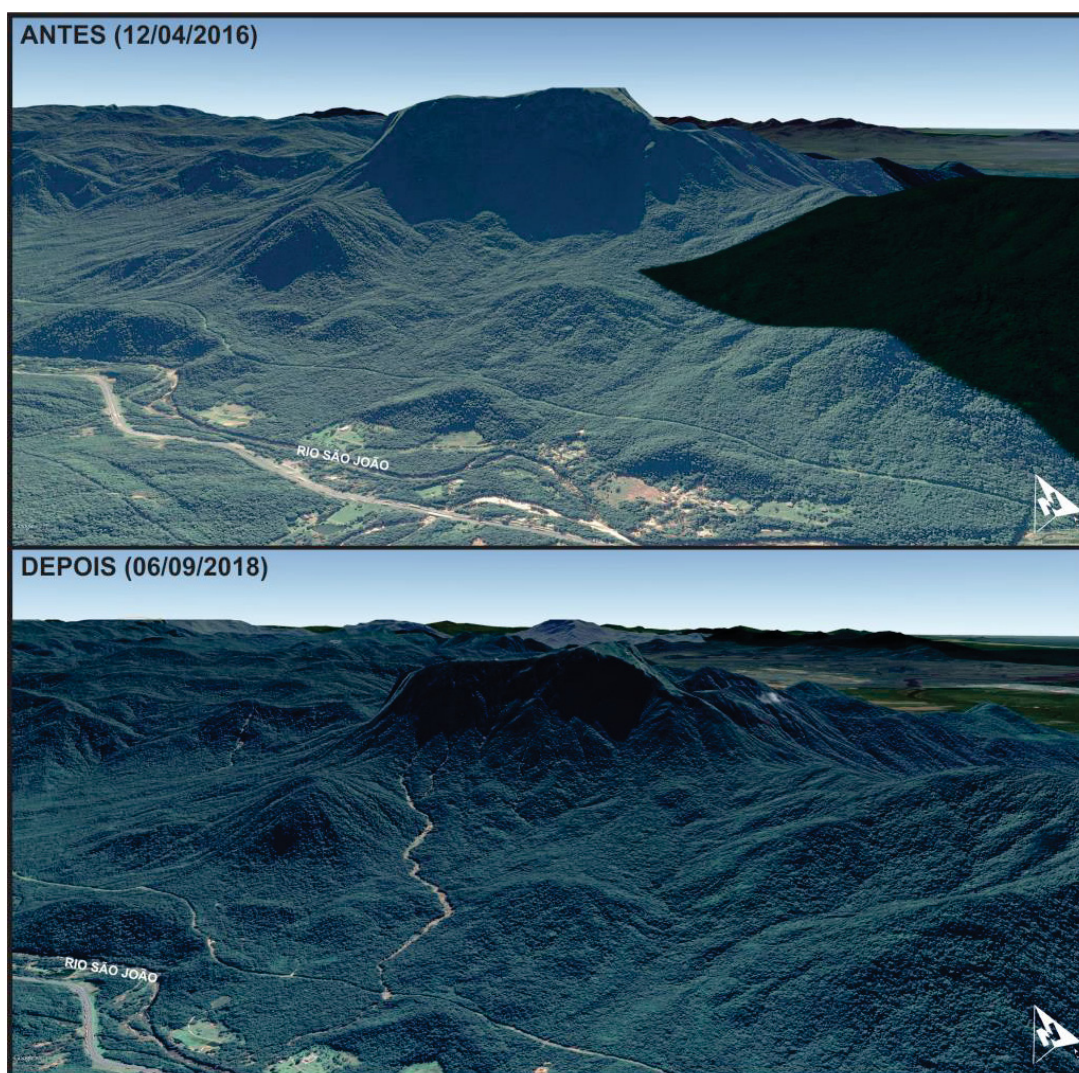


FIGURA 68 – PEDRA BRANCA DO ARARAQUARA ANTES E DEPOIS DO EVENTO DE PRECIPITAÇÃO EXTREMA DE FEVEREIRO DE 2017.



FONTE: A autora (2016 e 2017).

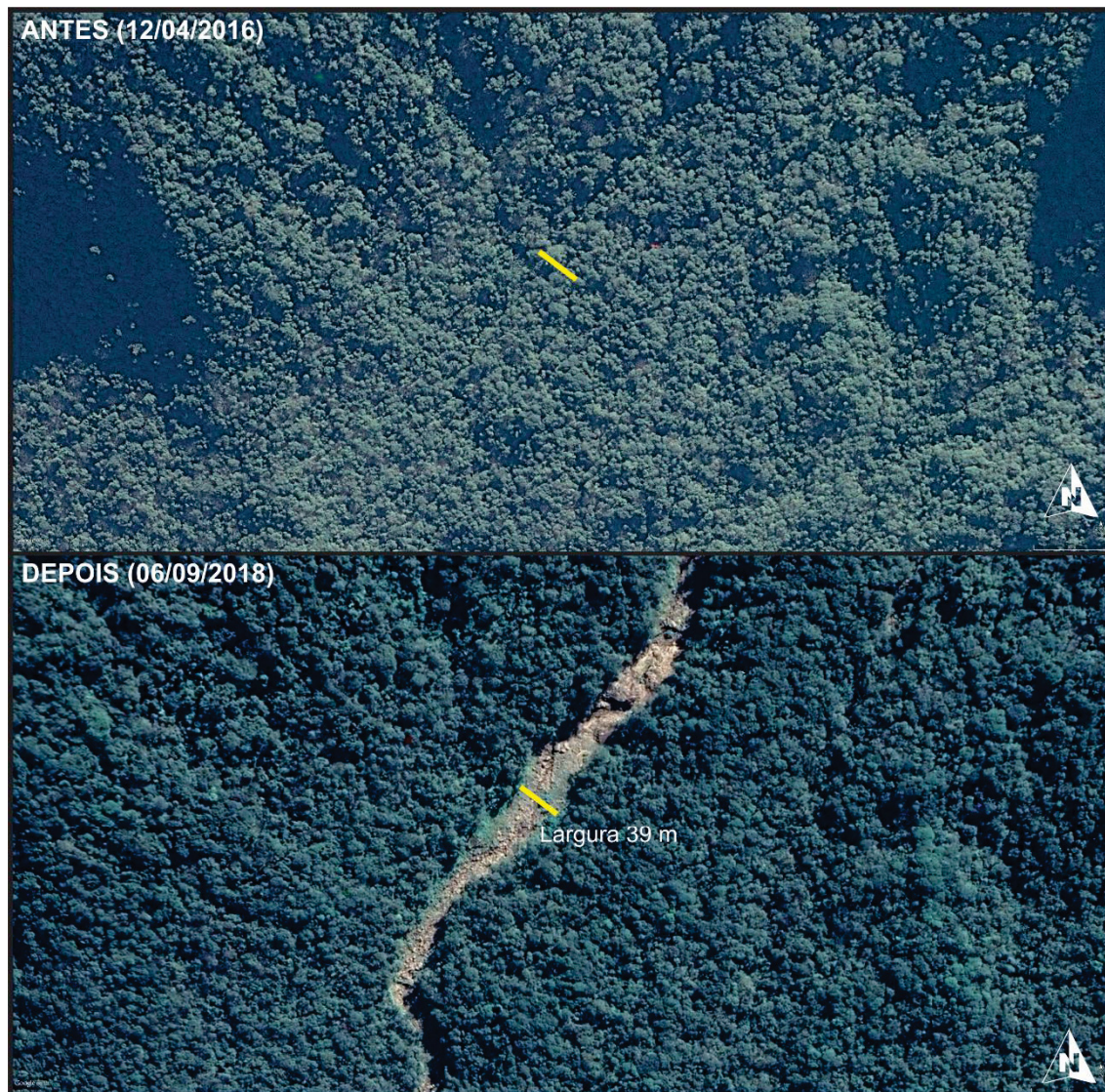
FIGURA 69 – IMAGENS DO GOOGLE EARTH MOSTRANDO O ANTES E O DEPOIS DOS MOVIMENTOS DE MASSA DE UM DOS PRINCIPAIS RIOS QUE NASCE NA SERRA DO ARARAQUARA.



FONTE: A autora (2019), com dados do Google Earth (2019).



FIGURA 70 – IMAGENS DO GOOGLE EARTH MOSTRANDO O ANTES E O DEPOIS DOS MOVIMENTOS DE MASSA DE UM TRECHO DE UM CURSO D'ÁGUA QUE NASCE NA SERRA DO ARARAQUARA.



FONTE: A autora (2019), com dados do Google Earth (2019).



FIGURA 71 – FOTO TIRADA NO DIA 29 DE JULHO DE 2017 NO RIO QUE CRUZA A TRILHA PARA O CUME DA PEDRA BRANCA DO ARARAQUARA, MOSTRANDO NA FIGURA 69.

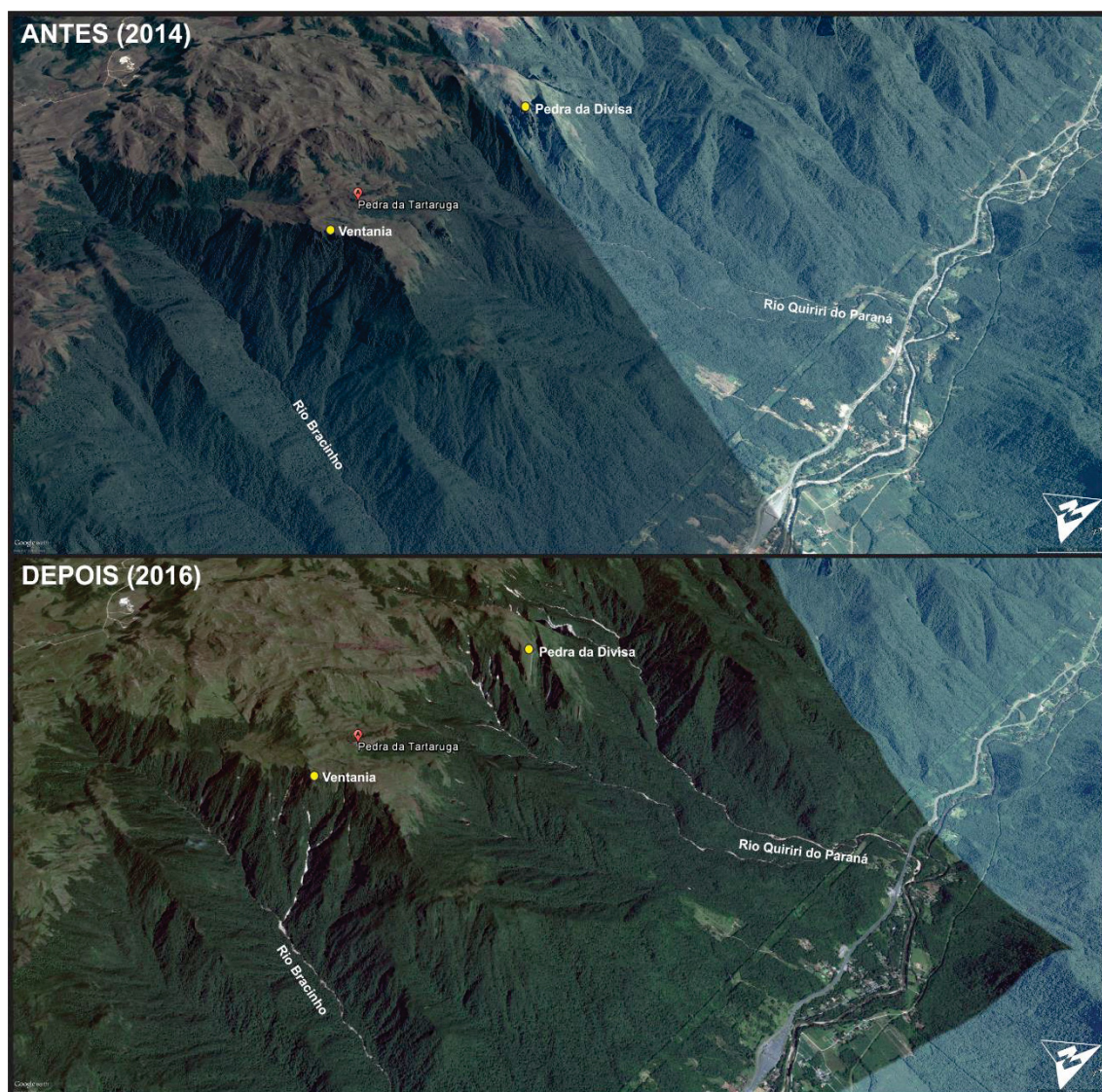


FONTE: A autora (2017).

Apesar da chuva acumulada no dia 12/02/2017 (85,2 mm) na estação convencional de Garuva ser classificada como extrema, considerando o percentil 99 do pluviômetro, acredita-se que a precipitação acumulada sobre a serra do Araraquara foi muito superior a este valor. O que corrobora este pensamento é o fato de os movimentos de massa terem sido concentrados sobre esta serra. Na serra do Quiriri, que está separada da serra do Araraquara apenas pelo vale do rio São João, neste período não houve ocorrência de movimentos de massa desta magnitude. Em contrapartida, em fevereiro de 2016, a região dos morros Ventania e Pedra da Divisa na serra do Quiriri, sofreu com movimentos de massa de grande dimensão, conforme FIGURA 72. Entre os dias 20 e 25 de fevereiro de 2016 a estação do Cemaden localizada em Garuva acumulou 300 mm de chuva, novamente, acredita-se que o valor precipitado na serra do Quiriri deva ter sido superior. Ainda, neste evento, não foram evidenciados movimentos de massa na serra do Araraquara, indicando o quão concentrada a precipitação pode ser sobre uma pequena área e como ela varia no espaço.



FIGURA 72 – SERRA DO QUIRIRI NAS PROXIMIDADES DA PEDRA DA DIVISA, ANTES E DEPOIS DOS MOVIMENTOS DE MASSA QUE OCORRERAM NO VERÃO DE 2016.



FONTE: A autora (2019), com dados do Google Earth (2019).

Eventos de precipitação convectiva, com chuvas fortes acumuladas em curto espaço de tempo, e associadas a tempestades de verão, também podem causar as conhecidas trombas d'água nos trechos dos rios nas serras e mais próximos a elas. Estes eventos são mais comuns no período da tarde e início da noite, consequência do acúmulo de calor ao longo do dia. Observando-se as FIGURAS 69, 70 e 71 é possível notar as cicatrizes deixadas pela ocorrência deste fenômeno na serra do Araraquara, que movimentou diversos blocos de rochas e árvores. Em outra ocorrência, no dia 06/01/2018, houve duas mortes por afogamento no rio Três Barras, próximo ao Monte Crista, serra do Quiriri, Garuva, devido a um episódio de



tromba d'água<sup>3</sup> (NSC TOTAL, 2018). A precipitação acumulada neste dia na estação Garuva do Cemaden foi de 42 mm.

Os eventos de precipitação orográfica (precipitação nula no planalto) analisados neste trabalho tiveram a menor frequência nos meses de verão (19,6%). A primavera foi a estação com a maior concentração de episódios (32,6%), seguida pelo inverno (26,1%) e outono (21,7%). Cabe ressaltar que a série analisada é curta e precisaria de um período mais longo para definir a estação com a maior ocorrência de precipitação orográfica, seguindo os parâmetros definidos na presente pesquisa. Blanco (2000), em seu estudo na Serra do Mar de SP, também identificou a primavera como a estação do ano com a maior ocorrência de episódios de precipitação orográfica.

O que se observa pela vivência na área de estudo é que a formação de tempestades sobre as serras é comum no verão, porém, essa precipitação não se limita a estas áreas, as bandas de nuvens se movimentam para localidades da planície, e mesmo do planalto. Neste último caso, pluviômetros do planalto também registrariam precipitação, porém, conforme a metodologia utilizada no presente estudo, estes casos não seriam interpretados como ocorrência de precipitação orográfica. Com isso, é negligenciado o fato de a formação das nuvens de chuva ter se dado pela elevação do ar influenciado pelas montanhas, estando os eventos de precipitação diretamente relacionados a elas.

No período do outono se inicia uma transição entre a estação mais quente e chuvosa (verão) e a estação mais fria e seca (inverno). Este trimestre acaba apresentando características mais próximas do inverno a partir de abril, e é a segunda estação do ano com os menores acumulados pluviométricos. Nos pluviômetros convencionais analisados chove em média 13,2% a menos no outono do que no verão (TABELA 39). Novamente o pluviômetro com a maior média para o trimestre é o Estrada dos Morros (740,4 mm), seguido pelo Garuva (626,1 mm); os pluviômetros Univille (538,4 mm)/planície e Primeiro Salto Cubatão (540,6 mm)/reverso da serra mantêm valores médios próximos; na sequência vem a estação Joinville RVPSC (417,3 mm)/cidade de Joinville, Corupá (396,4 mm)/vale do rio Itapocu, por fim, a estação do planalto localizada em Campo Alegre (331,7 mm),

---

<sup>3</sup> A tromba d'água é também conhecida como cabeça d'água, e caracteriza-se pela cheia repentina que ocorre em rios de grande declividade ao longo de serras e montanhas.

que possui uma média que representa apenas 44,8% do valor precipitado no pluviômetro com os maiores totais do outono (Estrada dos Morros).

TABELA 39 – FREQUÊNCIA (%) DO ACUMULADO DE PRECIPITAÇÃO POR ESTAÇÃO DO ANO NOS PLUVIÔMETROS CONVENCIONAIS.

Pluviômetro	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Univille	36,4	22,7	14,9	26,0
Joinville RVPSC	35,7	22,7	16,4	25,3
Corupá	34,3	21,5	17,7	26,5
Garuva	38,8	23,2	13,2	24,9
Estrada dos Morros	36,2	22,9	14,2	26,7
Primeiro Salto Cubatão	34,3	22,1	16,7	27,0
Campo Alegre	33,1	20,9	20,5	25,5

FONTE: A autora (2019).

Oliveira e Galvani (2015), analisando quatro pluviômetros num *transecto* entre Paraty (RJ) e Campos do Jordão (SP), observaram que na média das estações 42,5% da precipitação ocorre no verão, 18,45% no outono, 10,75% no inverno e 28,75% na primavera. Os autores destacam ainda que este padrão é característico das regiões de clima tropical, no geral. Nota-se que a frequência dos dados é similar com a da área do presente estudo, com algumas diferenças. A concentração de precipitação na região da Serra do Mar de SC é menor no verão e na primavera, e maior no inverno e no outono, comparado a região analisada pelos autores, que engloba desde a Serra do Mar até a vertente da Serra da Mantiqueira.

O inverno é o trimestre (JJA) mais seco do ano, a precipitação média dos pluviômetros convencionais é de 6,1% a menos do que no outono e 19,3% a menos do que no verão (TABELA 39). A estação com o maior acumulado médio continua sendo a ECEM (458,6 mm), nota-se que este valor é 60,8% inferior à média do verão na mesma estação pluviométrica. Contudo, ocorre uma mudança no padrão espacial da distribuição das chuvas neste trimestre, a segunda estação com os maiores acumulados passa a ser a Primeiro Salto Cubatão (408,6 mm), localizada no reverso da serra. As estações Corupá (325,5 mm), localizada no vale do rio Itapocu, bem próxima à serra, e Campo Alegre (325,6 mm), localizada no planalto, também passam a ter volumes de precipitação mais expressivos. Os acumulados médios de precipitação nesses pluviômetros é superior ao da estação Joinville RVPSC (300,9 mm), que têm valores próximos à estação Corupá no verão e outono;

mas em relação à estação Campo Alegre o acumulado médio é superior em 130,2 mm no verão e 85,6 mm no outono. A média também ficou mais próxima do valor na estação Univille (351,9 mm) e Garuva (355,7 mm).

Nota-se com base nestes dados que a precipitação média, principalmente nos pluviômetros Campo Alegre, Corupá e Primeiro Salto Cubatão, não apresenta uma diferença tão contrastante em relação às estações do ano, como ocorre com os pluviômetros localizados na planície a barlavento da serra. Nos pluviômetros localizados nas proximidades da serra/frente a diferença entre a média de precipitação no verão e inverno é de 66% na estação Garuva, e 60,8% na ECEM; para os pluviômetros da planície a diferença é de 59,1% na estação Univille e 54,1% na estação Joinville RVPSC; no pluviômetro do reverso da serra (Primeiro Salto Cubatão) a diferença é de 51,4%; no pluviômetro Corupá, que está distante mais de 70 km do oceano, protegido por serras no vale do rio Itapocu, a diferença é de 48,5%; e por fim, a diferença menos significativa ocorre para o pluviômetro do planalto (Campo Alegre,) com apenas 38%.

Segundo Monteiro (2001), em seu estudo sobre a caracterização climática de Santa Catarina, as chuvas são mais volumosas do planalto a oeste, no período de inverno, do que em áreas próximas ao litoral. Este fato pode ser explicado pela influência da “baixa do Chaco”, que associada às frentes frias causa maiores instabilidades atmosféricas sobre essas regiões. De modo geral, os altos volumes pluviométricos no Oeste estão relacionados às baixas pressões que se originam no Paraguai e causam instabilidades na região. Essa dinâmica é uma possível resposta ao porquê das estações localizadas nas áreas mais a oeste da serra, principalmente a estação Campo Alegre, apresentarem acumulados pluviométricos mais expressivos no inverno.

Ainda, neste período do ano se observa nas áreas mais próximas da serra maior ocorrência de precipitação do que nas áreas de planície mais distantes, e isto se dá com maior frequência no período noturno. Esta precipitação tem a característica de ser de fraca intensidade. Este fato é evidenciado na análise da precipitação horária (capítulo 4.4.2), onde se tem o inverno como a estação com a maior diferença na frequência de precipitação entre os períodos diurno e noturno, são 14 %, e também na diferença do acumulado de precipitação entre os períodos, são 15,6%.

Outra particularidade que se observa na região durante o inverno, ocorre no Parque Natural Braço Esquerdo (bacia do rio Natal, Corupá), que está localizado na serra, a uma altitude aproximada de 350 m. É comum a prática de escalada esportiva em rocha no parque, porém nos meses mais frios do ano, as rochas ficam molhadas devido a umidade do ar que é muito alta, o que acaba dificultando a prática do esporte. Outra particularidade se dá no litoral, quando se tem a ocorrência de episódios de nevoeiro marítimo ao longo do inverno, principalmente. Em alguns desses eventos, as áreas da costa que costumam apresentar um padrão de tempo mais ensolarado do que nas proximidades da serra, registram dias completamente nublados devido à nebulosidade baixa, enquanto em Joinville o tempo está aberto, e também em áreas mais distantes da costa.

Nessa perspectiva, Arcova *et al.* (2019), avaliaram a precipitação oculta no Parque Estadual da Serra do Mar em Cunha – SP, onde é comum a ocorrência de nevoeiros. Foram utilizados três coletores de água de nevoeiro, instalados no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich. Os autores concluíram que o maior volume de nevoeiro ocorre nas estações de outono e inverno.

Por meio da FIGURA 73 é possível observar duas imagens de satélite Landsat 8 da área de estudo em dois contextos de tempo atmosférico diferentes, durante o inverno e outono. Na imagem da esquerda, observa-se um nevoeiro marítimo denso abaixo dos 400 m de altitude. Neste dia se tinha a atuação de uma massa polar tropicalizada. Na imagem da direita observa-se a formação de algumas nuvens sobre as serras do Quiriri e Araraquara. O sistema atmosférico atuante neste dia era uma repercussão de frente, a frente fria iria chegar ao longo do dia. O horário local (na figura é apontada a hora UTC) era 7h10min, e já havia se iniciado o processo de formação de nuvens sobre a serra devido ao calor e umidade que antecediam a chegada da frente.

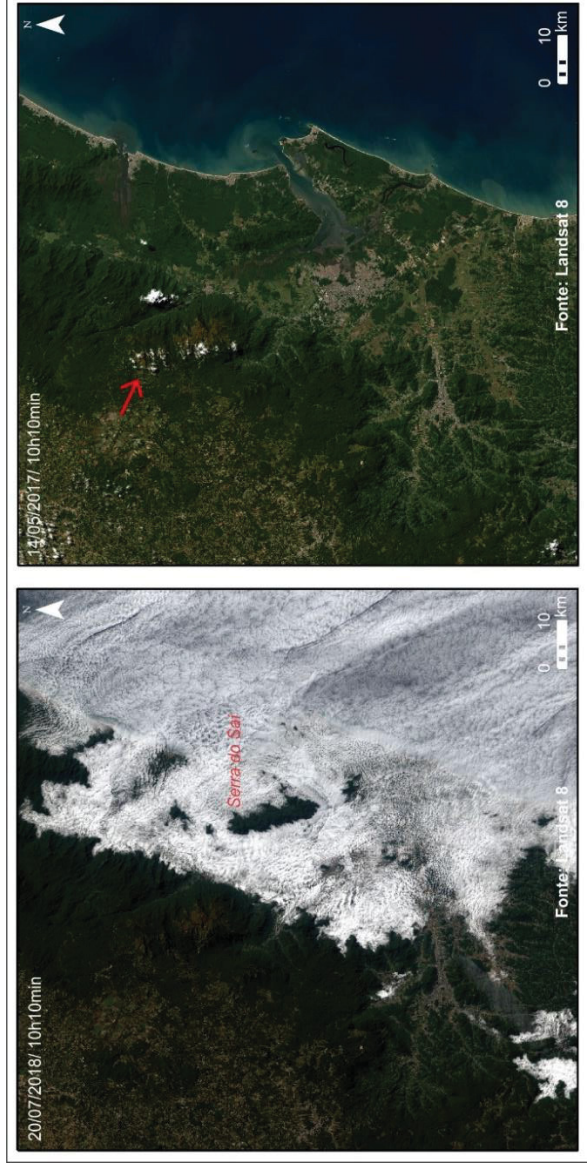
A foto panorâmica da FIGURA 74, foi tomada a partir da serra do Quiriri, na Pedra do Lagarto, no dia 19/06/2018. Este dia estava sob a atuação de uma massa polar, que havia chegado na região no dia 13/06, e já estava se deslocando para o oceano, com isso, gerando a circulação marítima, que carregava umidade para as áreas a barlavento da serra. Como pode-se observar na imagem a área mais atingida era a serra do Quiriri na direção de Garuva; para o planalto, na região de sombra de chuva, o tempo já estava mais aberto, e também para as áreas mais ao sul da Serra do Mar de SC, na direção de Joinville. Este tipo de tempo é comum nas



montanhas, onde chega a ocorrer chuva fraca, por conta das nuvens baixas sobre a serra, enquanto na planície, e principalmente no planalto, não é registrada precipitação durante o dia. A precipitação nestes casos costuma ocorrer no período noturno, principalmente nas áreas mais próximas à serra.

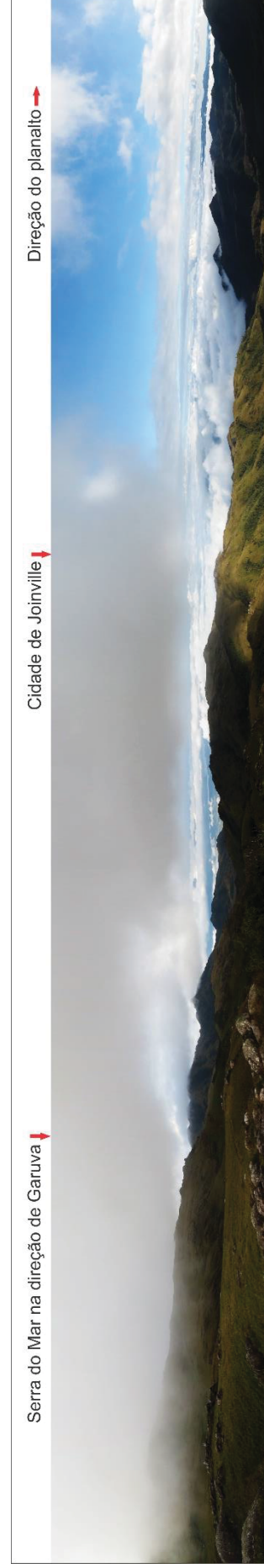
Nos vídeos 2 e 3, disponíveis em: [http://geokiriri.com/galeria-de-videos/senha = Serradoquiriri2019](http://geokiriri.com/galeria-de-videos/senha=Serradoquiriri2019)), é possível observar a ocorrência de nevoeiro na área de estudo, a partir da Serra Queimada. O vídeo 2 foi gravado bem próximo ao nascer do Sol, já o vídeo 3 foi gravado cerca de duas horas depois. Nota-se como a dissipação do nevoeiro é rápida, devido à influência da luz solar, e ela ocorreu com mais rapidez na direção do planalto, por ser uma área mais seca. Apesar de a gravação ter sido feita já na primavera, ela mostra uma condição de tempo típica de inverno, mas que também possui uma frequência relevante nesta estação do ano. A condição de tempo neste dia 05/10/2019 era de repercussão de frente, a frente fria chegou no dia seguinte com altos volumes pluviométricos.

FIGURA 73 – IMAGENS LANDSAT 8 MOSTRANDO A NEBULOSIDADE, EM DIFERENTES CONTEXTOS, SOBRE A ÁREA DE ESTUDO.



FONTE: A autora (2018).

FIGURA 74 – PANORÂMICA FOTOGRAFADA A PARTIR DA PEDRA DO LAGARTO NO DIA 19/06/2018 MOSTRANDO A DIFERENÇA NO TEMPO ATMOSFÉRICO NA REGIÃO DA SERRA DO MAR DE SANTA CATARINA.



FONTE: A autora (2018).

A primavera (última estação do ano a ser discutida no texto) é a segunda estação do ano mais chuvosa na região, o montante equivale na média dos pluviômetros convencionais a 9,5% a menos do que no verão, 3,7% a mais que no outono e 9,8% a mais que no inverno (TABELA 39). A ECEM possui a maior média (863,8 mm), seguido pela estação Garuva (673,8 mm), Primeiro Salto Cubatão (660,9 mm) e Univille (616 mm). Assim como no inverno, a estação Corupá (489 mm) apresenta média maior do que a estação Joinville RVPSC (464,7 mm); por fim, vem a estação Campo Alegre, com uma média de 404,9 mm de precipitação.

Na primavera, principalmente nos meses de setembro e outubro, a instabilidade atmosférica está associada em grande parte à ocorrência dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) (MONTEIRO, 2001). Este sistema geralmente se forma no norte da Argentina e se desloca para o Estado entre a madrugada e início da manhã, favorecendo a ocorrência de chuvas fortes com trovoadas e granizo. As regiões mais atingidas estão no oeste de SC. Tanto em meses do inverno quanto da primavera existem áreas no oeste do Estado que acumulam mais precipitação do que na região da Serra do Mar, dinâmica semelhante ocorre no estado do Paraná (PANDOLFO *et al.*, 2002; MELLO e SAMPAIO, 2019).

Analisando-se os dados horários das estações automáticas pode-se perceber que a primavera é a estação do ano em que a frequência de ocorrência de precipitação é mais irregular durante o dia no planalto. Apesar de as áreas de planalto do presente estudo estarem mais próximas do oceano do que da região Oeste do Estado, que faz divisa com a Argentina, é possível notar certa similaridade na distribuição das chuvas entre essas áreas. Porém, a semelhança é maior com áreas do próprio planalto norte, meio oeste, e áreas centrais do Estado.

## **5 CONCLUSÕES**

Em relação à caracterização climática da área de estudo, os dados de temperatura, pressão atmosférica e ventos do NCEP/NCAR foram satisfatórios para caracterizar o clima da região, já os de umidade apresentaram fracas correlações com outras fontes, por isso, não se mostraram adequados para este fim. Os dados de pressão e ventos do NCEP/NCAR são a única fonte destes elementos, dentre as analisadas, que abrange toda a área de interesse, tornando-os muito úteis em

estudos climatológicos na região. Os dados de temperatura do ACESC se mostraram superiores aos do NCEP/NCAR, representando melhor os ambientes de serra, onde não tem monitoramento em superfície. A maior deficiência dos dados do NCEP/NCAR é a resolução espacial – generalizada – que não representa bem o clima na escala regional. Os dados do CHIRPS apresentaram os melhores resultados para caracterizar a precipitação média mensal, sazonal e anual na região, juntamente com os de Mello *et al.* (2015) e Mello e Oliveira (2016). Contudo, quanto à distribuição espacial da precipitação na região, os dados do CHIRPS não são satisfatórios, já que situou o litoral de Itapoá e áreas da planície de Garuva e Joinville como as mais chuvosas, e não as áreas próximas ao sopé da serra do Mar, o que também tem a ver com a resolução do modelo. O clima da região da Serra do Mar é dinâmico, com as maiores diferenças ocorrendo entre as proximidades da frente da serra e o planalto em relação à precipitação; e entre a planície e o planalto/serra em relação à temperatura do ar. Os ventos predominantes são do quadrante leste e nordeste, impulsionados principalmente pela ASAS durante todo o ano.

Com base na análise das séries das estações automáticas ficou evidente a necessidade de se analisar os dados numa escala horária, caso se queira ter maior segurança ao utilizar os mesmos. Os erros podem ocorrer em meses sequenciais, ou mesmo aleatórios. Os dados do Cemaden foram úteis, pois conseguiram abranger uma área maior, porém, estes equipamentos não recebem a manutenção necessária, por conta disso, apresentaram maiores inconsistências, se comparados aos dados da EPAGRI. Enfatiza-se que o maior problema não é a falta de locais monitorados, e sim a falta de manutenção dos equipamentos que causam diversas quebras nas séries históricas. Apesar disso, recomenda-se que pluviômetros sejam instalados nas áreas dispostas na FIGURA 46, que compreendem a planície do rio Palmital, nordeste de Campo Alegre etc. para que se tenha um melhor entendimento da dinâmica da precipitação nos diferentes ambientes da região. Sem falar da importância de se instalar estações de monitoramento nos ambientes de serra, que não são monitorados na atualidade.

A análise dos dados na escala temporal horária mostrou que 54,6% da ocorrência de precipitação (horas com precipitação >0 mm) se deu no período noturno, e 45,4% no período diurno. Em contrapartida, os acumulados de precipitação foram maiores no período diurno (51,5%). Ainda, em todas as estações



do ano a ocorrência de precipitação foi maior no período noturno, com destaque para o inverno (57%). O acumulado de precipitação foi maior no período noturno principalmente no inverno (57,8%), já no verão, o volume de chuva foi consideravelmente superior no período diurno (59,2%). Outro dado interessante nessa análise é que o horário compreendido entre as 7 e 15 horas possui a menor ocorrência de precipitação na região, enquanto os menores acumulados se deram entre as 4 e as 13 horas, e os maiores acumulados entre as 15 e as 20 horas, com destaque para o horário entre 16 e 18 horas. Além disso, a quantidade de horas com precipitação no planalto é quase 50% inferior do que nas proximidades da frente da serra.

A influência da serra na distribuição da precipitação é evidente em todas as estações do ano. Contabilizando-se a diferença entre os acumulados de precipitação entre os ambientes mais antagônicos (proximidades da frente da serra e planalto) observa-se que os totais foram menores no planalto em 92,8% dos episódios de chuva. Mesmo em dias que não ocorre precipitação observa-se a influência da serra na formação de nuvens, no retardamento e/ou barragem destas. Destaca-se que a diferença na média de precipitação entre o verão e o inverno na região, é menos contrastante no ambiente de planalto e reverso da serra, do que nas áreas a barlavento das montanhas.

A partir dos dados de ventos analisados, ficou evidente a influência da brisa marítima e terrestre na ocorrência de precipitação nas estações do litoral. A ocorrência de precipitação no período diurno está mais ligada a brisa marítima e no período noturno a brisa terrestre. Em Itapoá verifica-se também a influência da Serra do Saí na dinâmica dos ventos e precipitação. Na estação meteorológica localizada no Vila Nova em Joinville, bem próximo à serra, evidenciou-se a influência da brisa marítima durante o dia e montanha-vale durante a noite. A estação meteorológica Bradador, por estar locada no topo da serra do Quiriri, se mostrou a mais representativa para análises de eventos em escala sinótica. Outro dado interessante é de como áreas do vale do Itapocu e seus afluentes já recebem menor influência dos ventos úmidos do oceano. Fato evidenciado com a baixa frequência de ocorrência de precipitação relacionada aos ventos dos quadrantes E, NE e SE (0,5%) na estação de Jaraguá do Sul da EPAGRI.

O sistema atmosférico que têm a maior influência na ocorrência de precipitação orográfica na região é a Massa Polar Atlântica, que na sua trajetória sobre o oceano transporta umidade para o continente, por meio da circulação marítima. A influência da serra na distribuição de precipitação na região, no entanto, ocorre com os distintos sistemas atmosféricos, tanto de origem marítima, que traz maior precipitação para as áreas do litoral e serra, quanto continental, com maior precipitação no planalto e reverso da serra, em alguns casos.

Sobre a distribuição espacial da precipitação na região, é difícil afirmar qual a área mais chuvosa, por conta da falta de monitoramento em ambientes estratégicos, porém, com base nos dados existentes, são as áreas rurais da localidade do Vila Nova, próximo as encostas das serras da Tromba, Piraí, Redonda e Duas Mamas, as mais chuvosas da região da Serra do Mar de Santa Catarina. O maior diferencial dessas áreas em relação a segunda região mais chuvosa é que elas estão mais próximas a duas grandes fontes de calor e umidade, que são o perímetro urbano da cidade de Joinville e a baía da Babitonga. Contudo, a influência desses ambientes precisa ser melhor analisada para que se possa evidenciar ou não essa relação. As estações localizadas em Garuva (conhecida até então na literatura como a área mais chuvosa do nordeste do Estado) estão distantes cerca de 2 km da serra do Quiriri, o compartimento com as maiores altitudes da região. Caso estivessem no sopé dessa serra, como os pluviômetros do Vila Nova, os totais pluviométricos poderiam ser superiores aos atuais encontrados em Garuva, e também aos da área mais chuvosa discutida no presente estudo.

Quanto à análise geomorfométrica da área de estudo, o MDE SDS5 se mostrou o modelo mais adequado, porém, este material está disponível apenas no estado de Santa Catarina. Os modelos globais apresentaram-se insatisfatórios em relação aos atributos topográficos: declividade, aspecto, plano de curvatura e perfil de curvatura. Para o atributo declividade os modelos com as resoluções de grade mais grosseira apresentaram valores baixos em áreas de serra, se comparado ao MDE de Santa Catarina. Para os atributos aspecto, plano e perfil de curvatura os MDEs globais não representaram as áreas planas com acurácia. O MDE ASTER30 apresentou os piores resultados já na validação dos dados em relação aos pontos de controle. De todo modo, em muitos casos de estudo os modelos globais são a única opção, e podem sim trazer importantes contribuições para as análises, porém, de forma mais generalizada.

Com base nesta conclusão tem-se que os objetivos da presente tese foram alcançados e a hipótese de que a relação entre a disposição dos diferentes compartimentos de serra e suas altitudes, a orientação destes compartimentos em relação aos ventos predominantes, e a proximidade destes em relação ao Oceano Atlântico, são as principais características físicas que determinam as diferenças nos totais pluviométricos da área de estudo, foi evidenciada. No entanto, não existe um padrão no qual se possa aplicar uma regra que atenda igualmente toda a área da pesquisa, já que a variabilidade dos aspectos físicos é imensa. Nesse contexto, se faz um adendo ao uso da regressão múltipla com a utilização de fatores como a distância do oceano e da barreira orográfica para mapear a precipitação. Este método acaba sendo generalista, já que não atende todas as especificidades do ambiente, como altura de todas as serras do entorno, orientação destas, do vento predominante, dentre outros fatores.

Sugestões de estudos futuros na perspectiva da presente tese: (1) realizar uma análise da distribuição espacial e temporal da precipitação ao longo de toda a Serra do Mar do Brasil; (2) avaliar a influência da cidade de Joinville, da baía da Babitonga e da temperatura da superfície do mar na ocorrência de precipitação na região da Serra do Mar de Santa Catarina; (3) instalar estações meteorológicas, principalmente pluviométricas, nas vertentes dos principais compartimentos de serra mencionados no texto, tanto à barlavento quanto à sotavento da serra, para avaliar o efeito da orografia na distribuição das chuvas, e principalmente mensurar com melhor precisão as áreas mais chuvosas da região.

## 6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. F. M. de; CARNEIRO, C. D. R. 1998. Origem e evolução da Serra do Mar. *Revista Brasileira de Geociências*, 28(2):135-150.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVEZ, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

ANDERS, A. M.; ROE, G. H.; HALLET, B.; MONTGOMERY, D. R.; FINNEGAN, N. J.; PUTKONEN, J. Spatial patterns of precipitation and topography in the Himalaya. *Tectonics, Climate and Landscape Evolution: Geological Society of America Special Paper 398*, p. 39-53, 2006.

ARCOVA, F. C. S.; GALVANI, E.; RANZINI, M.; DE CICCIO, V. Avaliação da precipitação oculta na Serra do Mar com coletores passivos de nevoeiro. *Revista Brasileira de Climatologia*, ano 15, v.25, p. 204-224, 2019.

ARMANI, G.; GALVANI, E. Fluxos polares e o ritmo dos sistemas atmosféricos no nordeste do estado de São Paulo. *Sociedade e Natureza*, v.23, n.1, p.7-22, 2011.

ARMANI, G.; TAVARES, R.; ROCHA, B. N. A influência das brisas marítima e terrestre na gênese das chuvas no transecto Cubatão-São Paulo (SP). *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Florianópolis, 2006.

AYOADE, J. O. *Introdução à climatologia para os trópicos*. 5 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

BARATTO, J.; WOLLMANN, C. A. Perfil topo-oro-pluviométrico do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Interface*, Edição n. 10, p. 40-55, dez. 2015.

BARROS, A. P.; KIM, G.; WILLIAMS, E.; NESBITT, W. Probing orographic controls in the Himalayas during the monsoon using satellite imagery. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 4: 29-51, 2004.

BARROS, A. P.; KULIGOWSKI, R. J. Orographic Effects during a Severe Wintertime Rainstorm in the Appalachian Mountains. *Monthly Weather Review*, v.126, p. 2648-2672, 1998.

BARRY, R. G. *Mountain, weather and climate*. 3<sup>rd</sup> Edition. Cambridge University Press, 2008.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. *Atmosphere, Weather and Climate*. Eighth Edition. Routledge: London and New York, 2004.

BASIST, A.; BELL, G. D.; MEENTMEYER, V. Statistical relationships between topographic and precipitation patterns. *Journal of Climate*, v.7, p. 1305-1315, 1994.

BENETI, C.; VANCONCELLOS, C.; CALVETTI, L.; MOREIRA, I. A. Efeitos geográficos e orográficos na incidência de descargas elétricas atmosféricas no Paraná – estudo preliminar. *Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Foz do Iguaçu, 2002.

BENETTI, W. C.; RAMOS, D. A. Sistematização de dados pluviométricos para a região do município de Joinville/SC. In: 23<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Engenharia Ambiental e Sanitária, 2005, Campo Grande. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/IV-066.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2017.

BIFFI, L. J.; JARENKOW, G. L.; FRANCHINI, R. L.; VIEIRA, R. M.; NETO, S. L. R.; CORDEIRO, M. T. A. Comparação de modelos digitais de elevação de SRTM e ASTER com modelo de elevação de grande escala do município de Lages – SC. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.



BLANCO, C. M. R. *Processos de intensificação orográfica da precipitação na Serra do Mar em São Paulo*. Dissertação de Mestrado (Mestre em Meteorologia). Universidade de São Paulo, 2000.

BLANCO, C. M. R.; MASSAMBANI, O. Intensificação orográfica e sua relação com escorregamentos de encostas: o caso de janeiro de 1998. *Anais do VIII Congresso da Federação Latinoamericana e Ibérica de Meteorologia*, 1998.

BLUMEN, W. *Atmospheric processes over complex terrain*. American Meteorological Society, 1990.

BOOKHAGEN, B.; BURBANK, D. W. Topography, relief, and TRMM-derived rainfall variations along Himalaya. *Geophysical Research Letters*, v.33, July, 2006.

BOUSQUET, O.; SMULL, B. F. Observations and impacts of upstream blocking during a widespread orographic precipitation event. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 129, p. 391-409, 2003.

BUSTAMANTE, J. F. F.; CHOU, S. C. Estudo da Previsibilidade de Eventos Extremos sobre a Serra do Mar utilizando Ensemble de Curto Prazo. *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Florianópolis, 2006.

BUTLER, D.R. Mountain Geomorphology. In: Singh V.P., Singh P., Haritashya U.K. (eds) *Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Dordrecht, 2011.

CÂNDIDO, D. H.; NUNES, L. H. Influência da orografia na precipitação da área entre o vale do rio Tietê e a Serra da Mantiqueira. *GEOUSP – Espaço e Tempo*, São Paulo, n° 24, pg 8-27, 2008.

CARDOSO, C. S.; BITENCOURT, D. P.; MENDONÇA, M. 2012. Comportamento do vento no setor leste de Santa Catarina sob influência de ciclones extratropicais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 27 (1): 39-48.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; DIAS, M. A. F. da S.; SILVA, M. G. A. J. da (Org.). *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CAVALCANTI, I.F.A.; CERQUEIRA, F.; ROZANTE, J. R. Caso extremo de precipitação com ocorrência de deslizamento na Serra do Mar. *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Florianópolis, 2006.

CHEN, C.; CHEN, Y. The Rainfall Characteristics of Taiwan. *Monthly Weather Review*, v.131, p. 1323-1341, 2003.

CHEN, T.; YEN, M.; HSIEH, J.; ARRITT, R. W. Diurnal and Seasonal Variations of the Rainfall Measured by the Automatic Rainfall and Meteorological Telemetry System in Taiwan. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v.80, n.11, 1999.

CHOU, S. C.; BUSTAMANTE, J. F.; GOMES, J. L. Predictability of heavy rainfall events over the Serra do Mar. 8th Int Conf on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Foz do Iguaçu, Brasil. American Meteorological Society, 2006.

CHOW, F. K.; DE WEKKER, S. F. J.; SNYDER, B. J. *Mountain Weather Research and Forecasting*. Springer, 2012.

CONTI, J. B. *Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região lesnordeste Paulista*. Tese de Doutorado (Doutor em Geografia). Universidade de São Paulo, 1975.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa Geológico do estado de Santa Catarina. Porto Alegre: CPRM, 2014. Escala 1:500.000.

DI PACE, F. T.; SILVA, B. B. da; SILVA, V. de P. R. da; SILVA, S. T. A. da. Mapeamento do saldo de radiação com imagens Landsat 5 e modelo de elevação digital. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.4, p.385-392, 2008.

DOSWELL, C. A.; RAMIS, C.; ROMERO, R.; ALONSO, S. A Diagnostic Study of Three Heavy Precipitation Episodes in the Western Mediterranean Region. *Weather and Forecasting*, v.13, p. 102-124, 1998.

DRAGAUD, I. C. D. V. A Influência da temperatura da superfície do mar na simulação computacional da circulação atmosférica na região costeira do estado do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado (Mestre em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

DUAN, Y.; BARROS, A.P. Understanding how low-level clouds and fog modify the diurnal cycle of orographic precipitation using in situ and satellite observations. *Remote Sensing*, v.9, 920, 2017.

EMBRAPA - Empresa Brasileira e Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2 ed. 306p, 2006.

FAN, F. M.; COLLISCHONN, W.; SORRIBAS, M. V.; PONTES, P. R. M. Sobre o Início da Rede de Drenagem Definida a Partir dos Modelos Digitais de Elevação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.18, n.3, p.241-257, 2013.

FARIAS, A. P. Classificação de Montanhas pela Altura. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, ano 6, n.2, p.21-28, 2005.

FERREIRA, J. S. Teoria e método em Climatologia. *Revista Geonorte*, Edição Especial 2, v.1, n.5, p.766-773, 2012.

FORGIARINI, F. R.; VENDRUSCULO, D. S.; RIZZI, E. S. Análise de chuvas orográficas no centro do estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Climatologia*, ano 9, v.13, 2013.

GALEWSKY, J.; SOBEL, A. Moist Dynamics and Orographic Precipitation in Northern and Central California during the New Year's Flood of 1997. *Monthly Weather Review*, v.133, p. 1594-1612, 2005.

GARREAUD, R.; FALVEY, M.; MONTECINOS, A. Orographic Precipitation in Coastal Southern Chile: Mean Distribution, Temporal Variability, and Linear Contribution. *Journal of Hydrometeorology*, v.17, p. 1185-1202, April, 2016.

GOODALE, C. L.; ABER, J. D.; OLLINGER, S. V. Mapping monthly precipitation, temperature, and solar radiation for Ireland with polynomial regression and a digital elevation model. *Climate Research*, v.10, n.1, p.35-49, 1998.

GUIMARÃES, J. M.; DEREZYNSKI, C. P.; Chou, S. C. Avaliação do Modelo Eta durante um Episódio de Chuvas Intensas na Região da Serra do Mar. *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Florianópolis, 2006.

HAAS, R.; AMBRIZZI, T.; PEREIRA FILHO, A. J. Simulação de um evento de chuva orográfica prolongada com o modelo ARPS: testes de sensibilidade com as parametrizações da precipitação. *Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Foz do Iguaçu, 2002.

HUANG, Y.; LIN, Y. A study on the structure and precipitation of Morakot (2009) induced by the Central Mountain Range of Taiwan. *Meteorol Atmos Phys*, v.123, p.115–141, 2014.

HUGHES, DA.; WRIGHT, A. Spatial variability of short-term rainfall amounts in a coastal mountain region of southern Africa. *Water SA*, v. 14, n.3, 1988.

GUAN, H.; WILSON, J. L. Geostatistical mapping of mountain precipitation incorporating Autosearched Effects of Terrain and Climatic Characteristics. *Journal of Hydrometeorology*, 6:1018-1031, 2005.

HENGL, T.; REUTER, H. I. *Geomorfometry: concepts, software, applications*. Amsterdam: Elsevier, 2009.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades@. Disponível em:< <http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 26 de abr. de 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Classificação climática do Brasil*. Rio de Janeiro, 1998.

INSEL, N.; POULSEN, C. J. Influence of the Andes Mountains on South American moisture transport, convection, and precipitation. *Climate Dynamics*, July, 2009.

IWANAMI, K.; KIKUCHI, K.; TANIGUCHI, T. A possible rainfall mechanism in the Orofure Mountain Range Hokkaido, Japan – the rainfall enhancement by a two-layer cloud structure. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, v.66, n.3, p. 497-503, 1988.

JENNESS, J. S. Calculating landscape surface area from digital elevation models. *Wildlife Society Bulletin*. 32(3):829-839, 2004.

JOHNSON, F.; HUTCHINSON, M. F.; THE, C.; BEESLEY, C.; GREEN, J. Topographic relationships for design rainfalls over Australia. *Journal of Hydrology*, v.533, p.439-451, 2016.

JONES, D. M. A.; FLOYD, A. H.; STANLEY, A. C. *Causes for Precipitation Increases in the Hills of Southern Illinois*. Illinois State Water Survey, Urbana, Report of Investigation 75, 1974.

JORGE, F. V. *Fachada Atlântica Sul do Brasil: dinâmica e tendências climáticas regionais no contexto das mudanças globais*. Dissertação de Mestrado (Mestre em Geografia). Universidade Federal do Paraná, 2009.

JORGE, F. V. *A dinâmica pluvial do clima subtropical: variabilidade e tendência no Sul do Brasil*. Tese de Doutorado (Doutor em Geografia). Universidade Federal do Paraná, 2015.

KIRSHBAUM, D. J.; DURRAN, D. R. Observations and Modeling of Banded Orographic Convection. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v. 62, p. 1463-1479, 2005.

KIRSHBAUM, D. J.; SMITH, R. B. Orographic Precipitation in the Tropics: Large-Eddy Simulations and Theory. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v.66, p. 2559-2578, September, 2009.

KISTLER, R.; KALNAY, E.; COLLINS, W.; SAHA, S.; WHITE, G.; WOOLLEN, J.; CHELLIAH, M.; EBISUZAKI, W.; KANAMITSU, M.; KOUSKY, V.; DOOL, D. V. D.; JENNE, R.; FIORINO, M. The NCEP-NCAR 50-Year Reanalysis: Monthly Means CD-ROM and Documentation. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v.82, n.2, p.247-268, February 2001.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15, 259-263, 2006.

KRUK, N. S.; VENDRAME, I. F.; BUSTAMANTE, J.; GOMES, J. L.; CHAN, C. S. Modelagem de eventos de precipitação orográfica com o modelo GESIMA – uma aplicação à Serra do Mar no Estado de São Paulo. *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Florianópolis, 2006.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P. Análise Comparativa entre os modelos digitais de elevação ASTER, SRTM e TOPODATA. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.4003.

LANDVOGT, P. K.; BYE, J. A. T.; LANE, T. P. An investigation of recent orographic precipitation events in northeast Victoria. *Aust. Met. Mag.*, v.57, p.235-247, 2008.



LIMA, K. C.; FERNANDEZ, J. P. R.; SATYAMURTY, P. Chuvas intensas no Sudeste do Brasil: influência das anomalias de temperatura da superfície do mar e da topografia. *Anais do XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Belém, 2010.

LIMA, A.S.; VIEIRA, C. V. 2012. Análise de bioindicadores para determinação do regime de ventos da ilha de São Francisco do Sul. *Caderno de Iniciação à Pesquisa (UNIVILLE)*, 14: 130-135.

LIN, Y.; CHIAO, S.; WANG, T.; KAPLAN, M. L.; WEGLARZ, R. P. Some common ingredients for heavy orographic rainfall. *Weather and Forecasting*, v.16, p.633-660, 2001.

LIN, Y.; ENSLEY, D. B.; CHIAO, S.; HUANG, C. Orographic influences on rainfall and track deflection associated with the passage of a tropical cyclone. *Monthly Weather Review*, v.130, p.2929-2950, 2002.

MANOSSO, F. C.; GOMES, M. F.; AOKI, A.; MANOSSO, D. C. C. Distribuição espacial e temporal da precipitação e temperatura média na região da Serra do Cadeado (PR). *Revista Brasileira de Climatologia*, v.12, p.172-186, 2013.

MARCELINO, E. V.; NUNES, L. H.; KOBIYAMA, M. Mapeamento de risco de desastres naturais do estado de Santa Catarina. *Caminhos de Geografia*, 8(17), 72-84, fev/2006.

MARQUES NETO, R. A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação. *Geografia*, v. 17, n.2, p. 67-87, jul/dez, 2008.

MASSON, D.; FREI, C. Spatial analysis of precipitation in a high-mountain region: exploring methods with multi-scale topographic predictors and circulation types. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 4543–4563, 2014.

MCCAULEY, M. P.; STURMAN, A. P. A study of orographic blocking and barrier wind development upstream of the Southern Alps, New Zealand. *Meteorol. Atmos. Phys.*, v.70, p.121-131, 1999.

MCGOWAN, H. A.; STURMAN, A. P. Regional and local scale characteristics of Foehn wind events over the South Island of New Zealand. *Meteorol. Atmos. Phys.*, v.58, p.151-164, 1996.

MEDEIROS, L. C.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, L. G. Avaliação de Modelos Digitais de Elevação para delimitação automática de bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Cartografia*, n.61, p.137-151, 2009.

MELLO, Y. R. de; KOEHTOPP, P. I. 2017. Características climáticas da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Joinville (SC). *Acta Biológica Catarinense*, 4(3):18-28.

MELLO, Y. R. de.; KOHLS, W.; OLIVEIRA, T. M. N. de. Análise da precipitação mensal provável para o município de Joinville (SC) e Região. *Revista Brasileira de Climatologia*, ano 11, v.17, jul/dez, 2015.

MELLO, Y. R. de.; KOHLS, W.; OLIVEIRA, T. M. N. de. Uso de diferentes métodos para o preenchimento de falhas em estações pluviométricas. *Boletim de Geografia*, Maringá, v.35, n.1, p.112-121, 2017.

MELLO, Y. R.; LEITE, M. B. Caracterização da precipitação mensal, sazonal e anual para o estado do Paraná em períodos secos, normais e chuvosos. In: Archimedes Perez Filho; Raul Reis Amorim (Org.). *Os desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*. 1ed. Campinas: Instituto de Geociências, UNICAMP, 2017, p.2127-2137.

MELLO, Y. R.; LOPES, F. C. A.; ROSEGUINI, W. F. F. Características climáticas e análise rítmica aplicada a episódios extremos de precipitação e temperatura no município de Paranaguá, PR. *Revista Brasileira de Climatologia*, ano 13, v. 20, jan/jul 2017.

MELLO, Y. R. de; OLIVEIRA, T. M. N. de. Análise Estatística e Geoestatística da Precipitação Média para o Município de Joinville (SC). *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.31, n.2, 229-239, 2016.

MELLO, Y. R.; SAMPAIO, T. V. M. Análise geoestatística da precipitação média para o estado do Paraná. *Revista Brasileira de Climatologia*, ano 15, vol. 25, p.643-660, 2019.

MENARDI JÚNIOR, A. *Regime e ritmo das chuvas na bacia do rio Piracicaba: variações e impactos*. Tese de Doutorado (Doutor em Geociências). Universidade Estadual Paulista, 2000.

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

MENDONÇA, F.; KOZEL, S. *Elementos de epistemologia da Geografia contemporânea*. 1. ed. Curitiba, Editora UFPR, 2009. 270p.

MILANESI, M. A. *Avaliação do efeito orográfico na pluviometria de vertentes opostas da Ilha de São Sebastião (Ilhabela – SP)*. Dissertação de Mestrado (Mestre em Geografia). Universidade de São Paulo, 2007.

MILANESI, M. A. *Avaliação do efeito orográfico na pluviometria de vertentes opostas da Ilha de São Sebastião (Ilhabela – SP)*. Dissertação de Mestrado (Mestre em Geografia). Universidade de São Paulo, 2007.

MINDER, J. R. *On the climatology of orographic precipitation in the mid-latitudes*. Dissertation (Doctor of Philosophy). University of Washington, 2010.

MINDER, J. R.; ROE, G. H. Orographic Precipitation. In: Singh V.P., Singh P., Haritashya U.K. (eds) Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Dordrecht. 2011.

MINEROPAR. Serra do Mar. Disponível em:<[http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/Paineis\\_geologicos/SerradoMar2\\_portugues.pdf](http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/Paineis_geologicos/SerradoMar2_portugues.pdf)>. Acesso em: 21 de set. De 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Mata Atlântica. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>>. Acesso em: 08 de dez. de 2017.

MISUMI, R. A study of the heavy rainfall over the Ohsumi Peninsula (Japan) caused by Typhoon 9307. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, v.74, n.1, p.101-113, 1996.

MONTEIRO, C. A. F. A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil). São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1969.

MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. *Geosul*, v.16, n.31, p.69-78, 2001.

MORRIS, C. J. G.; NUNEZ, M.; MONTES, S. A field study of orographic precipitation anomalies during high velocity winds using an aerofoil rain gauge. *Theor. Appl. Climatol*, v.51, p.139-151, 1995.

MUKAKA, M. M. 2012. A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. *Malawi Medical Journal*, 24(3):69-71.

NASCIMENTO, D. T. F.; LUIZ, G. C.; OLIVEIRA, I. J. de. Panorama dos sistemas de classificação climática e as diferentes tipologias climáticas referentes ao estado de Goiás e ao Distrito Federal (Brasil). *Élisée, Rev. Geo. UEG – Porangatu*, v.5, n.2, p.59-86, 2016.

NASCIMENTO, F. H. do. *Avaliação do efeito orográfico na distribuição da precipitação em Fundão e Santa Teresa no período de 1947 a 2012*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia). Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.

NAVARRO, E. de A. *A orografia e seu papel na gênese das chuvas: estudo de área do litoral Paulista*. Dissertação de Mestrado (Mestre em Geografia). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 1990.

NSC TOTAL. Encontrado corpo de segunda vítima de afogamento em Garuva. *Jornal NSC Total*, Joinville, 09 jan. 2018. Disponível em:<<https://www.nsctotal.com.br/noticias/encontrado-corpo-de-segunda-vitima-de-afogamento-em-garuva>>. Acesso em 24 de nov. de 2019.

OGASHAWARA, I. Análise rítmica e a Climatologia Geográfica brasileira. *Revista Eletrônica Georaguaiá*, v.2, n.2, p. 57-72, ago/dez, 2012.

OLIVEIRA, F. A. de. *Estudo do aporte sedimentar em suspensão na baía da babitonga sob a ótica da geomorfologia*. Universidade de São Paulo – USP. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Tese de Doutorado, 2006.

OLIVEIRA, M. R. P.; GALVANI, E. Avaliação do efeito orográfico na variação das precipitações no perfil longitudinal Paraty (RJ) e Campos do Jordão (SP). *Entre-Lugar*, Dourados, MS, ano 6, n.11, 2015.

OLSON, D. M.; DINERSTEIN, E.; WIKRAMANAYAKE, E. D.; BURGESS, N. D. POWELL, G. V. N.; UNDERWOOD, E. C.; D'AMICO, J. A.; ITOUA, I.; STRAND, H. E.; MORRISON, J. C.; LOUCKS, C. J.; ALLNUT, T. F.; RICKETTS, T. H.; KURA, Y.; LAMOREUX, J. F.; WETTENGEL, W. W.; HEDAO, P.; KASSEM, K. R. (2001). Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth. *Biosciences*, 51(11):933-938, 2001.

OUERGHY, S.; ELSHEIKH, R. F. A.; ACHOUR, H.; BOUAZI, S. Evaluation and Validation of Recent Freely-Available ASTER-GDEM V.2, SRTM V.4.1 and the DEM Derived from Topographical Map over SW Grombalia (Test Area) in North East of Tunisia. *Journal of Geographic Information System*, 7, 266-279, 2015.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H.J.; SILVA JÚNIOR, V.P.; MASSIGNAN, A.M.; PEREIRA, E.S.; THOMÉ, V.M.R.; VALCI, F.V. *Atlas climatológico do estado de Santa Catarina*. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-ROM.

PAULA, E. V. de. Análise da produção de sedimentos na área de drenagem da baía de Antonina/PR. Tese (Doutor em Geografia). Universidade Federal do Paraná, 2010.

PELLEGATTI, C. H. G. *Avaliação espaço-temporal da precipitação no perfil da Baixada Santista – Vertentes Oceânicas – Rebordo Interiorano da escarpa da Serra do Mar – SP*. Dissertação de Mestrado (Mestre em Geografia). Universidade de São Paulo, 2007.

PINKAYAN, S. Conditional probabilities of occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area. Colorado: State University, Boulder-Co, 1966. (*Hidrology papers*, n. 12).

PRAT, O. P.; BARROS, A. P. Assessing satellite-based precipitation estimates in the Southern Appalachian mountains using rain gauges and TRMM PR. *Adv. Geosci.*, v.25, p.143–153, 2010.

PURDY, J. C. *Dominant rainfall processes in New Zealand's Southern Alps*. Thesis (PhD in Physics), University of Auckland, 2004.

PURDY, J. C.; AUSTIN, G. L. The role of synoptic cloud in orographic rainfall in the Southern Alps of New Zealand. *Meteorol. Appl.*, 10, 355-365, 2003.



REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P. da R.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.25, n.2, p.185-204, 2010.

REXER, M.; HIRT, C. Comparison of free high-resolution digital elevation data sets (ASTER GDEM2, 11 SRTM v2.1/v4.1) and validation against accurate heights from the Australian 12 National Gravity Database. *Australian Journal of Earth Sciences*, pp 1-15, 2014.

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 14, p.69-77, 2001.

RODRIGUES, M. L. G. *Eventos de chuva orográfica em Santa Catarina: climatologia e Simulações numéricas*. Tese de Doutorado (Doutora em Ciências). Universidade de São Paulo, 2015.

ROE, G. H. Orographic precipitation. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 33:645-71, 2005.

SAKAKIBARA, H.; TAKEDA, T. Modification of typhoon 7002 rainfall by orographic effect. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, v.51, n.3, p.155-166, 1973.

SAKURAGI, J.; SOUZA, L. H. Modelagem de brisas e circulação vale-montanha para o vale do Paraíba e litoral utilizando o RAMS. *Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Rio de Janeiro, 2000.

SANTOS, A. P. P. dos; ARAGÃO, M. R. da S.; CORREIA, M. de F.; SANTOS, S. R. Q. dos; SILVA, F. D. dos; ARAÚJO, H. A. de. Precipitação na cidade de Salvador: variabilidade temporal e classificação em quantis. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.31, n.4, out./dez., 2016.

SCOTT, R. W.; HUFF, F. A. Lake effects on climatic conditions in The Great Lakes Basin. Illinois State Water Survey Champaign, Illinois. 1997.

SEBRAE – SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS SANTA CATARINA. 2014. Coletânea de informações socioeconômicas de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/SC/Anexos/Colet%C3%A2nea%20de%20informa%C3%A7%C3%B5es%20socioecon%C3%B4micas%20de%20SC.pdf>>. Acesso em: 26 de abr. de 2018.

SELUCHI, M. E.; CHOU, S. C. Synoptic patterns associated with landslide events in the Serra do Mar, Brazil. *Theor Appl Climatol*, v.98, p.67–77, 2009.

SELUCHI, M. E.; CHOU, S. C.; GRAMANI, M. A case study of a winter heavy rainfall event over the Serra do Mar in Brazil. *Geofísica Internacional*, v.50, n.1, p.41-56, 2011.

SELUCHI, M. E.; NORTE, F. A.; SATYAMURTY, P.; CHOU, S. C. 2003. Analysis of three situations of Foehn effect over the Andes (Zonda Wind) using the Eta-CPTEC Regional Model. *Weather and Forecasting*, 18(3):481-501.

SILVA, A. M. A. da; OLIVEIRA, A. G. de; LOEZER, T. L.; SOUZA, R. M. de. Avaliação do comportamento da precipitação entre o Primeiro Planalto Paranaense e o Litoral do Paraná no ano hidrológico 2010/2011. *Revista GEONORTE*, Edição Especial 2, v.2, n.5, p.967-974, 2012.

SILVA, C. R. da; PEIXINHO, F. C.; MONTEIRO, A.; PINTO, E. J. de A.; AZAMBUJA, A. M. S. de; FARIAS, J. A. M.; PICKBRENNER, K.; WESCHENDELDER, A. B.; SANTOS, A. L. M. R. dos; MARCUZZO, F. F. N.; COSTA, M. R. da; NASCIMENTO, J. R. da S. do; FURTUNATO, O. M.; MEDEIROS, V. S.; ALMEIDA, I. S. de. Atlas Pluviométrico do Brasil. Brasília: CPRM, 2011.

SILVA, J. U. de L. *A dinâmica atmosférica e a distribuição das chuvas na região "oriental" paulista*. Tese de Doutorado (Doutor em Ciências). Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", 1999.

SILVEIRA, R.M.P. *Análise digital do relevo como apoio para a Cartografia Geomorfológica da porção central da Serra do Mar Paranaense*. Dissertação de Mestrado (Mestre em Geografia). Universidade Federal do Paraná, 2015.

SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T. da. Análise comparativa entre Modelos Digitais de Elevação com distintas características de processamento e aquisição. *Boletim de Geografia*, Maringá, v.33, n° especial, p.106-121, 2015.

SIRTOLI, A. E.; SILVEIRA, C. T. da; MANTOVANI, L. E.; SIRTOLI, A. R. do A.; OKAFIORI, C. Atributos do relevo derivados de Modelo Digital de Elevação e suas relações com solos. *Scientia Agraria*, v.9, n.3, p.317-329, 2008.

SMITH, R. B. *The role of moist processes in mountain effects*. Seminar/Workshop on Observation, Theory and Modelling of Orographic effects. September, 1986.

SMITH, R. B.; EVANS, J. P. Orographic Precipitation and Water Vapor Fractionation over the Southern Andes. *Journal of Hydrometeorology*, v.8, p.3-19, February, 2007.

SMITH, R. B.; SCHAFER, P.; KIRSHBAUM, D. J.; REGINA, E. Orographic Precipitation in the Tropics: Experiments in Dominica. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v.66, p.1698-1716, June, 2009.

SOUSA JUNIOR, J. G. A.; DEMATTÊ, J. A. M. Modelo Digital de Elevação na caracterização de solos desenvolvidos de basalto e material arenítico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.1, p.449-456, 2008.

SPEER, M. S.; LESLIE, L. M. A comparison of five flood rain events over the New South Wales north coast and a case study. *Int. J. Climatol.*, V.20, p.543-563, 2000.

STUART, S. J. Observations and Modelling of Precipitation in the Southern Alps of New Zealand. Tese de Mestrado (Mestre de Ciência em Geografia Física). Victoria University of Wellington, Nova Zelândia, 2011.

STURMAN, A. P.; MCGOWAN, H. A.; SPRONKEN-SMITH, R. A. Mesoscale and local climates in New Zealand. *Progress in Physical Geography*, v.23, n.4, p.611–635, 1999.

STUART, S. J. *Observations and modelling of precipitation in the Southern Alps of New Zealand*. Thesis (Master of Science in Physical Geography). Victoria University of Wellington, 2011.

TAGIL, S. e J.S. JENNESS. GIS-based automated landform classification and topographic, landcover and geologic attributes of landforms around the Yazoren Polje, Turkey. *Journal of Applied Sciences*. 8(6):910-921, 2008.

TEIXEIRA, M. S.; SATYAMURTI, P. Eventos extremos de precipitação na região da Serra do Mar parte I – Descrições estatísticas da precipitação diária. *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Florianópolis, 2006a.

TEIXEIRA, M. S.; SATYAMURTI, P. Eventos Extremos de Precipitação na Região da Serra do Mar: II – condições meteorológicas de grande escala. *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Florianópolis, 2006b.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (UFSC-CEPED). *Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010: volume Santa Catarina*. Florianópolis: CEPED-UFSC, 2011.

VANHONI, F.; MENDONÇA, F. 2012. Fachada Atlântica Sul do Brasil: dinâmica e tendência pluviométrica. *Revista Geonorte*, 1(5):1036-1049.

VASCONCELLOS, F. C.; CAVALCANTI, I. F. de A. Uma avaliação das previsões do modelo regional Eta em alta resolução para dois casos de chuva intensa ocorridos na região da Serra do Mar. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.25, n.4, p.501-512, 2010.

VIALE, M.; NUÑEZ, M. N. Climatology of Winter Orographic Precipitation over the Subtropical Central Andes and Associated Synoptic and Regional Characteristics. *Journal of Hydrometeorology*, v.12, p. 481-507, August, 2011.

VIBRANS, A. C.; SEVGNANI, L.; LINGNER, D. V.; GASPER, A. L. de; SABBAGH, S. 2010. Inventário florístico florestal de Santa Catarina (IFFSC): aspectos metodológicos e operacionais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 30(64):291-302.

VICENTE, A.K., NUNES, L.H., VICENTE, L.E. Modelling of the areal distribution of precipitation in the Serra do Mar Escarpment, Sao Paulo, Brazil. 4th. European Conference on severe storm, International Centre for Theoretical Physics, Trieste , 2007.

WATSON, C. D.; SMITH, R. B.; NUGENT, A. D. Processes Controlling Precipitation in Shallow, Orographic, Trade Wind Convection. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v.72, p. 3051-3072, August, 2015.

WRATT, D. S.; RIDLEY, R. N.; SINCLAIR, M. R.; LARSEN, H.; THOMPSON, S. M.; HENDERSON, R.; AUSTIN, G. L.; BRADLEY, S. G.; AUER, A.; STURMAN, A. P.;

OWENS, I.; FITZHARRIS, B.; RYAN, B. F.; GAYET, J. F. The New Zealand Southern Alps Experiment. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v.77, n.4, April, p. 683-692, 1996.

WU, C.; KUO, Y. Typhoons affecting Taiwan: current understanding and future challenges. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 80, n. 1, 1999.

WU, C.; Y. T.; KUO, Y.; WANG, W. Rainfall simulation associated with typhoon Herb (1996) near Taiwan. Part I: the topographic effect. *Weather and Forecasting*, v.17, p.1001-1015, 2002.

YANG, M.; ZHANG, D.; HUANG, H. A modeling study of typhoon Nari (2001) at landfall. Part I: topographic effects. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v.65, p.3095-3115, 2008.

YEH, H.; CHEN, Y. Characteristics of rainfall distributions over Taiwan during the Taiwan Area Mesoscale Experiment (TAMEX). *Journal of Applied Meteorology*, v.37, p.1457-1469, 1998.

YOSHIZAKI, M.; KATO, T.; TANAKA, Y.; TAKAYAMA, H.; SHOJI, Y.; SEKO, H.; ARAO, K.; MANABE, K.; SAITO, K.; EITO, H.; NAKAMURA, H.; FUJIYOSHI, Y.; KAWASHIMA, M.; OOI, M.; FUKUSHI, H.; MATSUSHIMA, T.; TANAKA, M. Analytical and numerical study of the 26 June 1998 orographic rainband observed in Western Kyushu, Japan. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, v.78, n.6, p.835-856, 2000.

YU, C.; CHENG, L. Radar observations of intense orographic precipitation associated with Typhoon Xangsane (2000). *Monthly Weather Review*, v.136, p.497-521, 2008.

YU, C.; CHENG, L. Distribution and Mechanisms of Orographic Precipitation associated with Typhoon Morakot (2009). *Journal of the Atmospheric Sciences*, v.70, p. 2894-2915, September, 2013.