



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

JOSÉ AUGUSTO DA SILVA NETO

DINÂMICA HIDROCLIMÁTICA E TIPOS DE CLIMA DA SERRA DE BATURITÉ
(CE)

FORTALEZA
2020

JOSÉ AUGUSTO DA SILVA NETO

DINÂMICA HIDROCLIMÁTICA E TIPOS DE CLIMA DA SERRA DE BATURITÉ (CE)

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

Orientadora: Prof. Dra. Marta Celina Linhares Sales.

FORTALEZA

2020

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

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

- S58d Silva Neto, José Augusto da.
Dinâmica hidroclimática e tipos de clima da serra de Baturité (CE) / José Augusto da Silva Neto. – 2020.
214 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2020.
Orientação: Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales.
1. Serras úmidas. 2. Clima semiárido. 3. Climatologia geográfica. 4. Balanço hídrico climatológico. 5. Classificação climática. I. Título.

CDD 910

JOSÉ AUGUSTO DA SILVA NETO

DINÂMICA HIDROCLIMÁTICA E TIPOS DE CLIMA DA SERRA DE BATURITÉ (CE)

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

Aprovada em: ___/___/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Marta Celina Linhares Sales (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dra. Maria Elisa Zanella
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Emerson Galvani
Universidade de São Paulo (USP)

AGRADECIMENTOS

A seção de agradecimentos não poderia começar por outras pessoas que não fossem meus pais, Gláucio e Eurenir, que dedicaram as suas vidas à tarefa de me apoiar de diversas formas em basicamente tudo o que fiz até então.

Ao meu irmão Pedro por ser, desde sempre, uma pessoa tão especial, meu melhor amigo e companheiro em todos os momentos, até mesmos nas séries, filmes, jogos e em qualquer atividade *nerd* que eu propor.

A Virna, minha namorada, por dividir comigo as tristezas e alegrias da vida, da rotina acadêmica e por tornar melhor os meus dias pela sua companhia, bom humor e carinho ao longo dos anos que estamos juntos.

Aos meus demais familiares (avó, tios, tias e primos) pelo apoio prestado a mim e aos meus pais.

A Marta Celina, minha orientadora e amiga, por compartilhar seu conhecimento e experiência acadêmica desde a graduação, sempre me apoiando e me encorajando nos meus projetos e minhas ideias.

A Elisa Zanella, por aceitar o convite de participar da banca avaliadora da presente dissertação e por ser uma pessoa tão solícita, prestativa e que, não atoa, é tão querida pelos membros do Laboratório de Recursos Hídricos e Climatologia Geográfica (LCGRH) e demais discentes do departamento de Geografia da UFC.

Agradeço ao professor Emerson Galvani, por aceitar o convite de participar da banca avaliadora da presente dissertação. Apesar de ainda não o conhecer pessoalmente, tenho uma grande admiração pela contribuição realizada por seus trabalhos científicos em áreas do conhecimento que são do meu interesse de estudo.

Agradeço ao professor Flávio Rodrigues pelas contribuições realizadas em minha banca de qualificação e pelo apoio prestado ao longo do mestrado.

Agradeço à Amanda, Beatriz, Jéssica, Maírla e Larissa, pela amizade e companheirismo que prevalece desde a graduação, passando pelos anos de mestrado e perdurando até os dias atuais.

Aos membros do LCGRH por dividirem a rotina de atividades do laboratório de forma tão leve e descontraída, além de compartilharem seus conhecimentos e habilidades de forma tão competente.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap) pelo financiamento prestado para a realização desta pesquisa,

pois ele tornou possível a aplicação da dedicação necessária para a construção e elaboração de um trabalho que atendesse aos padrões de excelência exigidos pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia (UFC).

Agradeço ainda a todos que, de alguma forma, tenham me motivado e me ajudado, mesmo que pontualmente, mas que certamente fizeram mais agradáveis esta jornada tão árdua, porém tão gratificante que foi o Mestrado em Geografia.

RESUMO

As serras úmidas do Nordeste brasileiro constituem superfícies topograficamente elevadas dispersas no domínio de clima semiárido e que são submetidas a mesoclimas de altitude. A serra de Baturité trata-se de um dos compartimentos mais expressivos do relevo cearense e é dotada de aspectos ambientais que muito característicos e que se processam de acordo com as diferenciações hidroclimáticas proporcionadas pelo ambiente serrano. Diante deste quadro, a presente pesquisa tem como objetivo principal realizar uma análise sobre a dinâmica hidroclimática da serra de Baturité e sobre as tipologias de climáticas que se originam desta dinâmica. Para isto, foram adotados abordagens e métodos de análise provenientes da Climatologia Geográfica ao longo da série histórica de 1989 a 2018, na qual o ritmo e a gênese das características termopluiométricas foram priorizadas em detrimento da utilização de seus valores médios. Neste sentido, foi aplicado o conceito dos Tipos de Climas Anuais (TCA) com base nos índices de classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955) que se baseiam nos valores do balanço hídrico climatológico. A partir disto, foi realizada uma proposta de classificação e mapeamento por meio dos tipos climáticos que ocorreram de forma mais frequente. Nos principais resultados obtidos, foi observado que as localidades situadas nos compartimentos mais elevados apresentaram temperaturas e taxas de evapotranspiração potencial mais amenas, além de pluviometrias mais elevadas, menos irregulares e com períodos chuvosos mais extensos do que aquelas situadas no entorno da serra. A análise e o mapeamento dos TCA's mais frequentes demonstraram que: o Semiárido (D1d) ocorreu de forma mais frequente no *piemont* semiárido (sotavento); o Semiárido (D2d2) ocorreu de modo mais frequente no *piemont* subúmido (barlavento); o Subúmido seco (C1a2) foi o clima mais recorrente na porção meridional e central do platô, assim como nas áreas com cotas mais modestas da vertente dissecada úmida; o clima Subúmido úmido (C2p2) foi o mais frequente na porção setentrional mais elevada da vertente dissecada úmida; o clima Úmido (B1p) ocorreu mais frequentemente na porção setentrional do platô; e o clima Superúmido (Ar2) nas áreas mais elevadas da porção setentrional do platô.

Palavras-chave: Serras úmidas. Clima semiárido. Climatologia geográfica. Balanço hídrico climatológico. Classificação climática.

ABSTRACT

The humid mountains ranges of Northeast Brazil are topographically elevated surfaces dispersed in the semiarid climate domain and which are subjected to altitude mesoclimates. The Baturité's mountain is one of the most expressive compartments of the Ceará relief and is endowed with environmental aspects that are very characteristic and that are processed according to the hydroclimatic differentiations provided by the mountain environment. Given this scenario, the present research has as main objective to carry out an analysis on the hydroclimatic dynamics of the Serra de Baturité and on the typologies of climate that originate from this dynamics. For this, approaches and methods of analysis from Geographical Climatology were adopted throughout the historical series from 1989 to 2018, in which the rhythm and genesis of thermopluviometric characteristics were prioritized over the use of their average values. In this sense, the concept of types of annual climates (TAC) was applied based on the climatic classification indexes of Thornthwaite and Mather (1955) which are based on the values of the climatological water balance. Based on this, a proposal was made for classification and mapping by means of the climatic types that occurred more frequently. In the main results obtained, it was observed that the locations located in the highest compartments presented milder temperatures and potential evapotranspiration rates, in addition to higher, less irregular rainfall and with longer rainy periods than those located in the surrounding mountains. The analysis and mapping of the most frequent TACs demonstrated that: the Semiarid (D1d) occurred more frequently in the semiarid *piemont* (leeward); the Semiarid (D2d2) occurred more frequently in the sub-humid *piemont* (windward); the Subhumid dry (C1a2) was the most recurrent climate in the southern and central portion of the plateau, as well as in the areas with more modest levels of the wet dissected side; the Sub-humid humid climate (C2p2) was the most frequent in the highest northern portion of the wet dissected slope; the Humid climate (B1p) occurred more frequently in the northern portion of the plateau; and the Perhumid climate (Ar2) in the upper areas of the northern portion of the plateau.

Keywords: Humid mountains. Semi-arid climate. Geographic climatology. Climatological water balance. Climatic classification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Hipsometria e localização da serra de Baturité.	28
Figura 2	- Postos pluviométricos da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) utilizados na pesquisa.	60
Figura 3	- Pontos utilizados nas estimativas das temperaturas médias mensais da serra de Baturité.	69
Figura 4	- Arquivos rasters contendo os valores de altitude, latitude e longitude da serra de Baturité.	72
Figura 5	- Semivariograma gerado a partir dos índices de umidade efetiva (I_m) atribuídos aos postos pluviométricos da Funceme.	74
Figura 6	- Mapa da distribuição dos postos pluviométricos da Funceme e postos virtuais criados para a área de estudo.	75
Figura 7	- Semivariograma gerado a partir dos índices de umidade efetiva (I_m) atribuídos aos postos pluviométricos da Funceme e aos postos virtuais criados na área de estudo.	76
Figura 8	- Predição dos valores dos índices de umidade efetiva (I_m) pelo modelo matemático adotado para o mapeamento.	77
Figura 9	- Fluxograma com a sistematização e simplificação dos procedimentos metodológicos realizados.	78
Figura 10	- Variação das temperaturas médias anuais, mínimas médias e máximas médias ao longo do perfil topográfico (SE-NO) da serra de Baturité.	81
Figura 11	- Mapeamento das temperaturas médias mensais da serra de Baturité.	84
Figura 12	- Variação da evapotranspiração potencial anual (ETPa) ao longo do perfil topográfico (SE-NO) da serra de Baturité.	88
Figura 13	- Mapeamento da classificação climática da serra de Baturité com base na eficiência térmica anual.	89
Figura 14	- Modelo simplificado Comportamento da pluviometria média (1989-2018) a partir da interação entre as massas de ar e o relevo da serra de Baturité.	94

Figura 15	- Mapeamento das pluviometrias médias anuais da serra de Baturité (1989-2018).	96
Figura 16	- Identificação de um Vórtice Ciclônico de Alto Nível (VCAN) no Nordeste brasileiro formado no dia 29 de janeiro de 2016.	98
Figura 17	- Identificação do posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Nordeste brasileiro no dia 9 de março de 2016.	99
Figura 18	- Configuração das Ondas de Leste (OL) no período de atua da Massa Equatorial Atlântica (MEA) no dia 1 de junho de 2016.	101
Figura 19	- Modelo representativo das consequências da formação de El Niño e La Niña no comportamento das células de ar descendentes.	114
Figura 20	- Gráfico com as anomalias nas temperaturas de superfície do mar (TSM) no Oceano Pacífico Tropical (1986-2020).	115
Figura 21	- Anomalias nas temperaturas de superfície do mar no Atlântico Norte (a) e no Atlântico Sul (b) (1982-2020).	116
Figura 22	- Pluviometria anual (P) e Coeficiente de Variação (CV) da série histórica (1989-2018) para o posto pluviométrico de Aratuba.	117
Figura 23	- Frequência relativa das classificações pluviométricas de Aratuba.	117
Figura 24	- Pluviometria anual (P) e Coeficiente de Variação (CV) da série histórica (1989-2018) para o posto pluviométrico de Baturité.	118
Figura 25	- Frequência relativa da classificação pluviométrica anual de Baturité.	119
Figura 26	- Pluviometria anual (P) e Coeficiente de Variação (CV) da série histórica (1989-2018) para o posto pluviométrico de Caridade.	120
Figura 27	- Frequência relativa da classificação pluviométrica anual de Caridade.	120
Figura 28	- Pluviometria anual (P) e Coeficiente de Variação (CV) da série histórica (1989-2018) para o posto pluviométrico de Guaramiranga.	121
Figura 29	- Frequência relativa da classificação pluviométrica anual de Guaramiranga.	122

Figura 30	- Pluviometria anual (P) e Coeficiente de Variação (CV) da série histórica (1989-2018) para o posto pluviométrico de Mulungu.	123
Figura 31	- Frequência relativa da classificação pluviométrica anual de Mulungu.	123
Figura 32	- Pluviometria anual (P) e Coeficiente de Variação (CV) da série histórica (1989-2018) para o posto pluviométrico de Pacoti.	124
Figura 33	- Frequência relativa da classificação pluviométrica anual de Pacoti.	125
Figura 34	- Pluviometria anual (P) e Coeficiente de Variação (CV) da série histórica (1989-2018) para o posto pluviométrico de Palmácia. ...	126
Figura 35	- Frequência relativa da classificação pluviométrica anual de Palmácia.	126
Figura 36	- Anomalias nas temperaturas de superfície do mar no Pacífico e no Atlântico Tropical no período de junho de 1992 a junho de 1993.	130
Figura 37	- Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Caridade (1993).	131
Figura 38	- Balanço hídrico climatológico de Caridade no ano-padrão seco (1993).	132
Figura 39	- Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Baturité (1993).	132
Figura 40	- Balanço hídrico climatológico de Baturité no ano-padrão seco (1993).	133
Figura 41	- Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Palmácia (1993).	133
Figura 42	- Balanço hídrico climatológico de Palmácia no ano-padrão seco (1993).	134
Figura 43	- Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Mulungu (1993).	135
Figura 44	- Balanço hídrico climatológico de Mulungu no ano-padrão seco (1993).	135
Figura 45	- Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Aratuba (1993).	136

Figura 46	-	Balanço hídrico climatológico de Aratuba no ano-padrão seco (1993).	136
Figura 47	-	Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Pacoti (1993).	137
Figura 48	-	Balanço hídrico climatológico de Pacoti no ano-padrão seco (1993).	138
Figura 49	-	Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Guaramiranga (1993).	139
Figura 50	-	Balanço hídrico climatológico de Guaramiranga no ano-padrão seco (1993).	139
Figura 51	-	Anomalias nas temperaturas de superfície do mar no Pacífico e no Atlântico Tropical no período de junho de 2016 a junho de 2017.	140
Figura 52	-	Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Caridade (2017).	141
Figura 53	-	Balanço hídrico climatológico de Caridade no ano-padrão normal (2017).	141
Figura 54	-	Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Baturité (2017).	142
Figura 55	-	Balanço hídrico climatológico de Baturité no ano-padrão normal (2017).	143
Figura 56	-	Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Palmácia (2017).	144
Figura 57	-	Balanço hídrico climatológico de Palmácia no ano-padrão normal (2017).	144
Figura 58	-	Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Mulungu (2017).	145
Figura 59	-	Balanço hídrico climatológico de Mulungu no ano-padrão normal (2017).	145
Figura 60	-	Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Aratuba (2017).	146
Figura 61	-	Balanço hídrico climatológico de Aratuba no ano-padrão normal (2017).	147

Figura 62	- Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Pacoti (2017).	147
Figura 63	- Balanço hídrico climatológico de Pacoti no ano-padrão normal (2017).	148
Figura 64	- Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Guaramiranga (2017).	149
Figura 65	- Balanço hídrico climatológico Guaramiranga no ano-padrão normal (2017).	149
Figura 66	- Anomalias nas temperaturas de superfície do mar no Pacífico e no Atlântico Tropical no período de junho de 2008 a junho de 2009.	150
Figura 67	- Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Caridade (2009).	151
Figura 68	- Balanço hídrico climatológico Caridade no ano-padrão chuvoso (2009).	151
Figura 69	- Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Baturité (2009).	152
Figura 70	- Balanço hídrico climatológico Baturité no ano-padrão chuvoso (2009).	153
Figura 71	- Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Palmácia (2009).	153
Figura 72	- Balanço hídrico climatológico Palmácia no ano-padrão chuvoso (2009).	154
Figura 73	- Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Mulungu (2009).	155
Figura 74	- Balanço hídrico climatológico de Mulungu no ano-padrão chuvoso (2009).	155
Figura 75	- Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Aratuba (2009).	156
Figura 76	- Balanço hídrico climatológico de Aratuba no ano-padrão chuvoso (2009).	157
Figura 77	- Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Pacoti (2009).	157

Figura 78	-	Balanço hídrico climatológico de Pacoti no ano-padrão chuvoso (2009).	158
Figura 79	-	Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Guaramiranga (2009).	159
Figura 80	-	Balanço hídrico climatológico de Guaramiranga no ano-padrão chuvoso (2009).	159
Figura 81	-	Frequência relativa dos tipos principais de climas na serra de Baturité (1989-2018).	163
Figura 82	-	Frequência dos climas Áridos (E) na serra de Baturité.	164
Figura 83	-	Frequência dos climas Semiáridos (D1) na serra de Baturité.	165
Figura 84	-	Frequência dos climas Semiáridos (D2) na serra de Baturité.	166
Figura 85	-	Frequência dos climas Semiáridos (D3) na serra de Baturité.	167
Figura 86	-	Frequência dos climas Subúmidos secos (C1) na serra de Baturité.	168
Figura 87	-	Frequência dos climas Subúmidos úmidos (C2) na serra de Baturité.	169
Figura 88	-	Frequência dos climas Úmidos (B1) na serra de Baturité.	170
Figura 89	-	Frequência dos climas Úmidos (B2) na serra de Baturité.	170
Figura 90	-	Frequência dos climas Úmidos (B3) na serra de Baturité.	171
Figura 91	-	Frequência dos climas Úmidos (B4) na serra de Baturité.	171
Figura 92	-	Frequência dos climas Superúmidos (A) na serra de Baturité.	172
Figura 93	-	Proposta de classificação climática para a serra de Baturité a partir dos tipos climáticos mais frequentes (1989-2018).	175
Figura 94	-	Vista do Pico Alto para a porção sententrional do platô da serra de Baturité de clima Superúmido (Ar2), situada no município de Guaramiranga.	176
Figura 95	-	Relevo com formas convexas recobertos por cobertura florestal de mata úmida de clima Úmido (B1p) em Pacoti.	177
Figura 96	-	Relevo acidentado com vales bem encaixados e recobertos pela mata seca de clima Subúmido úmido (C2p2), situados no território do município de Palmácia.	178
Figura 97	-	Vista para a vertente dissecada úmida de clima Subúmido seco (C1a2) a partir da Sede municipal de Redenção.	179

Figura 98	- Vista para o piemont subúmido de clima Semiárido (D2d2) a partir da vertente dissecada úmida.	180
Figura 99	- Vista do piemont semiárido de clima Semiárido (D1d) em Caridade para a vertente dissecada seca.	181

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	- Pluviogramas dos postos pluviométricos de Aratuba, Baturité, Caridade, Guaramiranga, Mulungu, Pacoti e Palmácia.	104
----------	---	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Classificação da concentração mensal chuvas com base na proposta de Schröder (1956).	62
Tabela 2	- Classificação dos anos-padrões a partir do Coeficiente de Variação (CV).	63
Tabela 3	- Classificação para os valores do índice de umidade efetiva (I_m).	65
Tabela 4	- Classificação dos valores dos índices de aridez (I_a) e de umidade (I_u).	66
Tabela 5	- Classificação da eficiência térmica a partir dos valores anuais de evapotranspiração potencial (ETP_a).	67
Tabela 6	- Classificação dos valores da efetividade térmica do verão (ET_v). ...	67
Tabela 7	- Coeficientes e R-quadráticos das regressões lineares para estimativa das temperaturas médias mensais e da evapotranspiração potencial anual (ETP_a) da serra de Baturité.	71
Tabela 8	- Temperaturas médias (T_{med}), médias mínimas (T_{min}) e médias máximas (T_{max}) de Aratuba, Baturité, Caridade, Guaramiranga, Mulungu, Pacoti e Palmácia.	82
Tabela 9	- Temperaturas médias mensais ($^{\circ}C$) de Aratuba, Baturité, Caridade, Guaramiranga, Mulungu, Pacoti e Palmácia.	85
Tabela 10	- Evapotranspiração potencial mensal e anual (em mm) de Aratuba, Baturité, Caridade, Guaramiranga, Mulungu, Pacoti e Palmácia. ...	91
Tabela 11	- Distribuição sazonal em porcentagem da evapotranspiração potencial anual de Aratuba, Baturité, Caridade, Guaramiranga, Mulungu, Pacoti e Palmácia.	90
Tabela 12	- Distribuição percentual mensal da pluviometria total registrada ao longo da série histórica de 1989-2018.	102
Tabela 13	- Frequência relativa mensal das classes de concentração das precipitações de Caridade (1989-2018).	105
Tabela 14	- Frequência relativa mensal das classes de concentração das precipitações de Baturité (1989-2018).	107
Tabela 15	- Frequência relativa mensal das classes de concentração das precipitações de Palmácia (1989-2018).	108

Tabela 16	- Frequência relativa mensal das classes de concentração das precipitações de Mulungu (1989-2018).	109
Tabela 17	- Frequência relativa mensal das classes de concentração das precipitações de Aratuba (1989-2018).	110
Tabela 18	- Frequência relativa mensal das classes de concentração das precipitações de Pacoti (1989-2018).	111
Tabela 19	- Frequência relativa mensal das classes de concentração das precipitações de Guaramiranga (1989-2018).	112
Tabela 20	- Classificação da pluviometria anual com base nos Coeficientes de Variação (CV) dos postos de Aratuba, Baturité, Caridade, Guaramiranga, Mulungu, Pacoti e Palmácia (1989-2018).	129
Tabela 21	- Frequência dos tipos climáticos principais das localidades situadas nos compartimentos da serra de Baturité.	161
Tabela 22	- Frequência dos Tipos de Climas Anuais (TCA) médios e habituais nas localidades situadas nos compartimentos da serra de Baturité.	173
Tabela 23	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Aracoiaba (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica ($ETPa$) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	195
Tabela 24	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Aratuba (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica ($ETPa$) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	196
Tabela 25	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Barreira (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica ($ETPa$) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	197
Tabela 26	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Baturité (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica ($ETPa$) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	198

Tabela 27	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Canindé (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETPa) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	199
Tabela 28	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Capistrano (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETPa) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	200
Tabela 29	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Caridade (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETPa) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	201
Tabela 30	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Caridade (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETPa) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	202
Tabela 31	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Esperança - Canindé (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETPa) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	203
Tabela 32	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Guaiúba (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETPa) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	204
Tabela 33	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Guaramiranga (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETPa) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	205
Tabela 34	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Inhuporanga – Caridade (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETPa) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	206

Tabela 35	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Itaitinga (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETPa) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	207
Tabela 36	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Itapiúna (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETPa) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	208
Tabela 37	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Mulungu (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETPa) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	209
Tabela 38	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Ocara (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETPa) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	210
Tabela 39	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Pacajus (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETPa) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	211
Tabela 40	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Pacatuba (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETPa) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	212
Tabela 41	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Pacoti (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETPa) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	213
Tabela 42	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Palmácia (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETPa) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	214

Tabela 43	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Paramoti (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETPa) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	215
Tabela 44	- Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Redenção (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETPa) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).	216

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	26
2	REFERENCIAL TEÓRICO	31
2.1	Bases conceituais para análises climáticas a partir de uma perspectiva geográfica	31
2.2	Sistemas de classificação climática e os Tipos de Climas Anuais ..	38
2.3	A influência do efeito orográfico na determinação da serra de Baturité como um ambiente de exceção no domínio de clima semiárido do Nordeste brasileiro	50
3	PROCEDIMENTOS METOLÓGICOS	59
3.1	Obtenção e tratamento dos dados climáticos	59
3.2	Balanco hídrico climatológico e classificação climática	63
3.3	Elaboração dos mapas climáticos	68
3.3.1	<i>Mapeamento das temperaturas médias mensais e da eficiência térmica</i>	68
3.3.2	<i>Mapeamento da pluviometria média anual e dos índices de classificação climática</i>	72
4	INFLUÊNCIA DA SERRA DE BATURITÉ NA VARIAÇÃO DAS TEMPERATURAS DO AR E DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL	79
4.1	Variação espacial das temperaturas médias do ar na serra de Baturité	79
4.2	Variação mensal das temperaturas médias mensais do ar ao longo do ano	83
4.3	Evapotranspiração potencial e eficiência térmica da serra de Baturité	86
5	ANÁLISE SOBRE O COMPORTAMENTO DAS CHUVAS NA SERRA DE BATURITÉ	92
5.1	Orografia e distribuição espacial das chuvas na serra de Baturité	92
5.2	Dinâmica atmosférica regional e o ritmo mensal das chuvas na serra de Baturité	97
5.3	Variabilidade interanual das chuvas na serra de Baturité	112

5.3.1	<i>Aratuba</i>	116
5.3.2	<i>Baturité</i>	118
5.3.3	<i>Caridade</i>	119
5.3.4	<i>Guaramiranga</i>	121
5.3.5	<i>Mulungu</i>	122
5.3.6	<i>Pacoti</i>	124
5.3.7	<i>Palmácia</i>	125
6	BALANÇO HIDRICO CLIMATOLÓGICO DA SERRA DE BATURITÉ ..	128
6.1	Seleção dos anos-padrão normal, seco e chuvoso	128
6.2	Balanço hídrico climatológico do ano-padrão seco (1993)	129
6.3	Balanço hídrico climatológico do ano-padrão normal (2017)	140
6.4	Balanço hídrico climatológico do ano-padrão chuvoso (2009)	150
7	OS TIPOS CLIMÁTICOS DA SERRA DE BATURITÉ	160
7.1	Os Tipos de Clima Anuais (TCA) da serra de Baturité	160
7.1.1	<i>Árido (E)</i>	164
7.1.2	<i>Semiárido (D1, D2 e D3)</i>	165
7.1.3	<i>Subúmido seco (C1)</i>	167
7.1.4	<i>Subúmido úmido (C2)</i>	168
7.1.5	<i>Úmido (B1, B2, B3 e B4)</i>	169
7.1.6	<i>Superúmido (A)</i>	172
7.2	Proposta de classificação climática para a serra de Baturité	172
8	CONCLUSÕES	183
	REFERÊNCIAS	187
	APÊNDICE A – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE ARACOIABA (1989-2018)	195
	APÊNDICE B – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE ARATUBA (1989-2018)	196
	APÊNDICE C – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE BARREIRA (1989-2018)	197
	APÊNDICE D – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE BATURITÉ (1989-2018)	198
	APÊNDICE E – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE CANINDÉ (1989-2018)	199

APÊNDICE F – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE CAPISTRANO (1989-2018)	200
APÊNDICE G – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE CARIDADE (1989-2018)	201
APÊNDICE H – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE CHOROZINHO (1989-2018)	202
APÊNDICE I – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE ESPERANÇA - CANINDÉ (1989-2018)	203
APÊNDICE J – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE GUAÍUBA (1989-2018)	204
APÊNDICE K – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE GUARAMIRANGA (1989-2018)	205
APÊNDICE L – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE INHUPORANGA – CARIDADE (1989-2018)	206
APÊNDICE M – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE ITAITINGA (1989-2018)	207
APÊNDICE N – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE ITAPIÚNA (1989-2018)	208
APÊNDICE O – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE MULUNGU (1989-2018)	209
APÊNDICE P – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE OCARA (1989-2018)	210
APÊNDICE Q – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE PACAJUS (1989-2018)	211
APÊNDICE R – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE PACATUBA (1989-2018)	212
APÊNDICE S – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE PACOTI (1989-2018)	213
APÊNDICE T – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE PALMÁCIA (1989-2018)	214
APÊNDICE U – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE PARAMOTI (1989-2018)	215

APÊNDICE V – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE REDENÇÃO (1989-2018)	216
--	------------

1. INTRODUÇÃO

O papel do relevo se destaca dentre as características fisiográficas responsáveis pela modificação da circulação regional. Nas regiões tropicais, caracterizadas por uma relativa uniformidade térmica, a altitude é o fator que exerce um papel fundamental na diferenciação climática pois, conforme o ar atinge maiores altitudes, ocorre a redução da temperatura e da pressão atmosférica de tal forma que, na Troposfera, onde se formam as nuvens, o gradiente térmico causa a redução de, em média, $0,65^{\circ}\text{C}$ a cada ganho de 100 m de altitude (AYOADE, 1996).

Além disso, o relevo influencia o fluxo da circulação de superfície gerando condições para a condensação a barlavento (vertente úmida) e ressecamento a sotavento (vertente seca), de tal forma que a atuação conjunta desses parâmetros é suficiente para provocar variações no clima regional, gerando as feições mesoclimáticas dos climas locais (RIBEIRO, 1993).

No Nordeste brasileiro, os efeitos da orografia são umas das principais características fisiográficas das serras úmidas e subúmidas, que se distribuem de modo disperso pelos sertões semiáridos e representam apenas cerca de 5% da sua área total (BÉTARD *et al.*, 2007).

Conti (2005) considera que o domínio semiárido do Nordeste brasileiro não é homogêneo e manifesta características distintas de acordo os fatores geocológicos locais, constituindo assim um mosaico de paisagens variadas em que o relevo regional desempenha um importante papel na determinação destas diferenças.

Nesta região, as serras úmidas constituem superfícies topograficamente elevadas que são submetidas a mesoclimas de altitude. Estes mesoclimas, que correspondem a unidades intermediárias com dimensões entre 10 e 100 km de largura, estão inseridos dentro do macroclima tropical semiárido que caracteriza fortemente esta região (SOUZA, 2011).

Apesar de apresentar cotas modestas, pouco superiores a 1000 m, estas serras introduzem modificações ambientais expressivas, decorrentes principalmente da formação de setores de barlavento e sotavento. De forma que, nas áreas mais elevadas, como a serra de Baturité e os divisores da bacia do São Francisco, a semiaridez é atenuada pelo efeito orográfico, ocorrendo a presença dos enclaves úmidos ou “brejos de altitude” (CONTI, 2005).

Ab'Saber (1969, 1974) considera que estes "brejos" condicionados pela altitude, configuram as paisagens de exceção no domínio morfoclimático das caatingas e são representados por encostas de serras ou de chapadas, setores elevados de maciços antigos, em pés-de-serras ou ribeiras ventiladas. Para este autor, as condições hidroclimáticas apresentadas por estes "brejos" são tão representativas para os sertões semiáridos como os "oásis" são para as regiões desérticas.

Souza e Oliveira (2006) verificaram que os enclaves úmidos do semiárido nordestino apresentam diversas características em comum, que são determinadas por condições muito específicas, são elas: melhores condições de umidade e temperaturas mais amenas, determinadas pela altitude; bom potencial hídrico de superfície e solos com média a alta fertilidade natural.

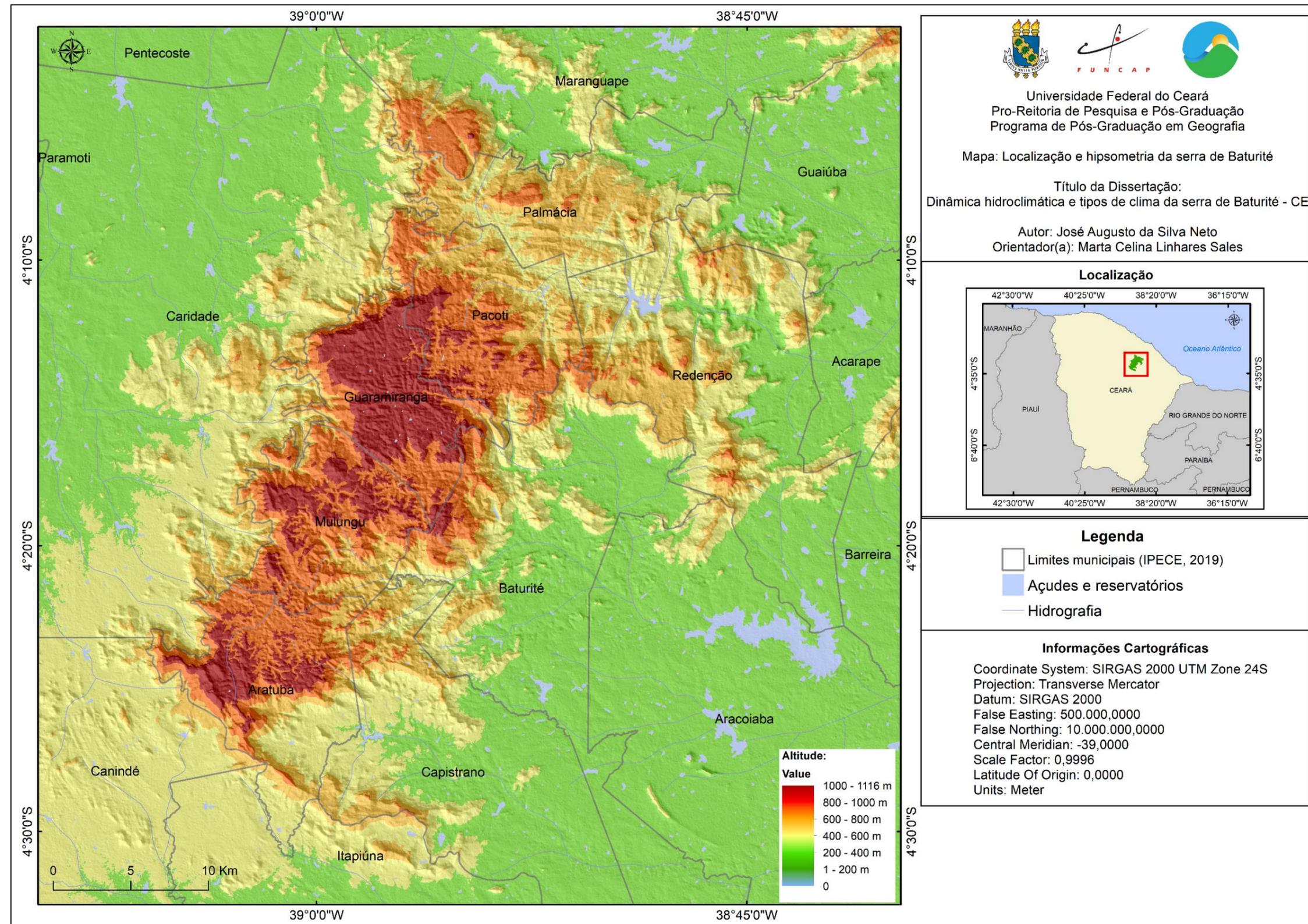
As melhores condições hidroclimáticas apresentadas por estas serras são justificadas por um balanço hídrico que é duplamente beneficiado tanto pela alteração no regime térmico, ocasionado pelo aumento da altitude e que resulta em taxas de evapotranspiração mais baixas, quanto pelo considerável aumento nos quantitativos e na regularidade das chuvas, que são ocasionados pela exposição do relevo aos ventos úmidos e favorece a entrada de umidade no solo (SOUZA, 2011).

A serra de Baturité (Figura 1), constitui um dos mais importantes enclaves úmidos situados no estado do Ceará e é o principal centro dispersor da drenagem fluvial que converge para a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF).

Este enclave úmido abrange de forma integral as áreas dos municípios de Guaramiranga, Pacoti, Aratuba e Mulungu, que serviram como referência para delimitação da Área de Proteção Ambiental (APA) criada pelo Decreto Estadual N° 20.956 de 18 de setembro de 1990, e abrange ainda parte dos municípios de Baturité, Capistrano, Palmácia e Redenção.

As condições hidroclimáticas provenientes da influência desta serra representaram um fator decisivo para a definição do uso e ocupação da terra, que teve origem pelo interesse dos colonizadores portugueses em encontrar áreas com maior potencial produtivo em meio às dificuldades impostas pelo clima semiárido, e que repercute no desenvolvimento das atividades até a atualidade, das quais se identificam tipologias de ocupação, exploração e de povoamento específicos e diferenciados daquelas que comumente ocorrem no Ceará e no Nordeste brasileiro em geral (NASCIMENTO *et al.*, 2010).

Figura 1 – Hipsometria e localização da serra de Baturité.



Fonte: SRTM (2014), Landsat 8 (2017) e IPECE (2019). Elaborado pelo autor.

Assim, a serra de Baturité compreende uma importante região agrícola do estado do Ceará, onde o sistema fundiário apresenta fortes relações com a melhoria dos fatores do potencial ecológico. Desta forma, esta serra concentra um importante contingente populacional que vive a partir da exploração de minifúndios, através de uma policultura que, pela superutilização da terra, tem favorecido a deterioração de recursos naturais renováveis e contribuído para agravar a qualidade de vida desta população (SOUZA *et al.*, 1979).

Devido a expressividade de seu relevo, a serra de Baturité ocasiona uma interessante variação nos tipos de clima em uma área relativamente pequena. Isto ficou evidenciado a partir da notória atenção que esta serra recebe de pesquisadores e cientistas que desenvolveram diversos trabalhos que tratam, sobretudo, de seus aspectos geomorfológicos, pedológicos e biogeográficos. Aspectos estes que apresentam relações mútuas que são muito características e que se processam de acordo com as diferenciações hidroclimáticas ocasionadas pelo ambiente serrano.

Diante deste quadro, a presente pesquisa tem como objetivo principal realizar uma análise sobre a dinâmica hidroclimática da serra de Baturité e sobre as tipologias climáticas que se originam desta dinâmica. Para atingir este objetivo, foram traçados três objetivos específicos: 1) Reconhecer o regime e a eficiência térmica da área de estudo; 2) Compreender a distribuição espacial e temporal das chuvas; e, a partir dos dois primeiros objetivos, 3) Identificar os tipos climáticos que ocorrem na serra de Baturité.

Desta forma, este trabalho se estruturou em 6 capítulos, de modo que o Capítulo 1 é a “Introdução” acerca do objeto de estudo, o Capítulo 2 foi dedicado a apresentar o “Referencial Teórico” que o fundamentou, o Capítulo 3 apresentou os “Procedimentos Metodológicos” realizados ao longo da pesquisa e os 5 capítulos seguintes são compostos pela apresentação e discussão dos resultados obtidos.

O Capítulo 4, intitulado “Influência da serra de Baturité na variação das temperaturas do ar e da evapotranspiração potencial”, apresenta uma análise sobre a influência da serra de Baturité na variação espacial e intranual das temperaturas médias mensais do ar e nas taxas de evapotranspiração potencial (ETP).

O Capítulo 5, intitulado “Análise sobre o comportamento das chuvas na serra de Baturité”, aborda o efeito da orografia na distribuição espacial nas pluviometrias, a atuação dos sistemas atmosféricos que ocasionam as variações

mensais e sazonais na precipitação e a variabilidade interanual das chuvas nos diferentes compartimentos da serra de Baturité.

No Capítulo 6, intitulado “Balanço hídrico climatológico da serra de Baturité”, são apresentados os resultados do balanço hídrico climatológico tendo como amostra os anos-padrões selecionados (seco, normal e chuvoso) que representam adequadamente as variações das condições hidroclimáticas em diferentes cenários termopluviométricos que ocorreram ao longo da série histórica.

O Capítulo 7, intitulado “Os tipos climáticos da serra de Baturité”, apresenta os tipos climáticos anuais (TCA) que ocorreram em diferentes localidades situadas na serra de Baturité e em seu entorno, além de realizar uma proposta de classificação climática com base nas tipologias que ocorreram de forma mais frequente ao longo da série histórica analisada.

Por fim, no Capítulo 8 são recapitulados os principais resultados por meio da apresentação das “Conclusões” obtidas e com isto a presente pesquisa buscou contribuir para uma melhor compreensão dos aspectos hidroclimáticos da serra de Baturité de forma que pudesse subsidiar a realização de futuras pesquisas, além de possibilitar a adoção de medidas de uso, ocupação e conservação deste espaço com características fisiográficas singulares e que apresenta uma extrema relevância biológica para o ambiente semiárido no qual está inserida.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo aborda os referenciais teóricos em que a presente pesquisa se baseia e, portanto, foi subdividido em três subcapítulos que tratam individualmente das três principais temáticas desenvolvidas ao longo do trabalho, a saber: análises climáticas a partir de uma perspectiva geográfica; classificação climática através do método dos Tipos de Clima Anuais (TCA); e caracterização da serra de Baturité como um ambiente de exceção no contexto semiárido do Nordeste brasileiro.

2.1 Bases conceituais para análises climáticas a partir de uma perspectiva geográfica

A partir da segunda metade do século XIX, como resultado das amplas discussões e críticas da escola de Geografia francesa, liderada por Vidal de La Blache ao determinismo geográfico, baseado nas ideias de Ratzel e defendido pela escola alemã, a região é elevada à categoria de análise. Este processo resultou no fortalecimento das especializações dos campos da Geografia, que tentavam realizar as sínteses dos elementos a ponto de configurarem quase como áreas independentes que seriam religadas a um conceito integrado de região, defendido pela escola “lablacheana” (SANT’ANNA NETO, 2008).

Para Vidal de La Blache a geografia era a ciência dos lugares e dos homens, e por isto seu interesse era direcionado aos acontecimentos da história na medida em que expunham as qualidades e virtualidades dos lugares onde ocorriam. Sua concepção a respeito da ciência geográfica evidenciou a tendência que a geografia possibilista seguiria: a da diferenciação de áreas da Terra, tendo como ponto de partida a origem e o desenvolvimento da geografia regional (MENDONÇA, 2001).

As ideias e os discípulos de La Blache se difundiram em basicamente todas as áreas de estudo da Geografia, chegando a influenciar até outras ciências, como a História e a Filosofia. Anos depois, a partir da década de 30, Maximilien Sorre, considerado como um dos maiores pensadores e seguidores das formulações possibilistas de La Blache, propôs que a Geografia deveria estudar as formas pelas quais os homens organizam o meio, entendendo o espaço geográfico como a sua morada.

Desta forma, conforme explica Mendonça (2001), após a decadência da Escola Possibilista, houve um desenvolvimento de abordagens dentro da geografia que se destinavam a análises de caráter separatistas entre os aspectos físicos e humanos. E, assim, De Martonne liderava o desenvolvimento de uma geografia física destinada ao estudo do quadro natural, enquanto Sorre influenciava a produção de uma geografia que tinha como ponto central o desenvolvimento de uma teoria explicativa da ação humana sobre a natureza, dando continuidade ao pensamento da escola possibilista (MENDONÇA, 2001).

Sorre desenvolvia estudos nos quais havia destaque para a complexidade do ambiente vital e, portanto, o método analítico era priorizado e permitia a individualização dos seus componentes que, depois de compreendidos isoladamente, eram reintegrados, produzindo um conhecimento voltado para a otimização do desenvolvimento humano no qual o clima desempenhava um papel fundamental na base destas articulações (ELY, 2006).

Por meio de suas reflexões sobre a análise geográfica do clima, Sorre propôs uma revisão conceitual que substituísse as definições de tempo e de clima vigentes, que eram baseadas em parâmetros estatísticos médios. Para ele, as definições clássicas davam uma importância exagerada à noção de valores médios e que estes deveriam ser substituídos por uma fórmula mais diretamente utilizável pelos biólogos: o clima (SANT'ANNA NETO, 2008).

De acordo com Sorre (1943, *apud* Sant'Anna Neto, 2008), o clima de um determinado local é composto pela série de estados da atmosfera, em sua sucessão habitual, enquanto o tempo se configura em cada um destes estados considerados isoladamente em um determinado momento. A definição elaborada por Sorre conserva o caráter sintético da noção de clima, além de enfatizar seu aspecto local e, o seu caráter dinâmico do, introduzindo as ideias de variação e de diferenças incluídas nas de sucessão.

Além disto, o conceito de clima proposto por Sorre em 1951 considerava as propriedades formadoras dos tipos de tempo em sua complexidade interativa com as características dos lugares, acatando o conjunto de todas as situações atmosféricas, tanto habituais como excepcionais, destacando o caráter dinâmico das propriedades meteorológicas a partir da introdução das noções de variação e ritmo na sucessão dos tipos de tempo que expressam a variação climática. Desta forma, este estudioso contribuiu de forma fundamental para o conceito de clima, principalmente

por considerar que os estados da atmosfera se desenvolvem numa sequência rítmica (ELY, 2006).

As proposições de Sorre consideram os estados da atmosfera em sua totalidade e não apenas o seu estado médio, e desta forma engloba toda a série destes estados, considerando inclusive os tipos excepcionais, que são completamente ignorados e homogeneizados pelos valores médios. Soares (2015) destaca que a teoria sorreana não chegou a ser aplicada pelo autor, mas foi amplamente difundida e utilizada como base para a formação de uma Climatologia voltada aos princípios de integração geográfica. A partir das teorias sorreanas se destacaram as produções de Pédelaborde e Monteiro, que se dedicaram a desenvolver suas práticas metodológicas.

Pédelaborde (1970) propõe em seu estudo ao incorporar a diferenciação entre o que chama de Climatologia Separativa e Climatologia Sintética. Neste sentido, Barros e Zavattini (2009) diferenciam e explicam as características e limitações destas abordagens. Ao se referir a Climatologia Separativa, estes autores explicam que esta abordagem

[...] tem suas bases na Meteorologia Tradicional e apoia-se no conceito que Hann atribuiu ao clima. No método analítico-separatista cada elemento do clima (temperatura, pressão atmosférica, umidade, precipitações, vento, insolação, nebulosidade, dentre outros) é considerado de forma isolada e, com base nas observações meteorológicas realizadas, calculam-se médias que são utilizadas para a elaboração de cartas e gráficos. Este método, apesar de amplamente empregado nos estudos do clima de diversas regiões do globo, ao separar os elementos climáticos, isolando-os entre si e transformando-os em médias aritméticas, acaba por dissolver a realidade, que é constituída pelo conjunto de elementos atuantes, uns através dos outros (BARROS; ZAVATTINI, 2009, p. 257).

E complementam explicando as demais limitações apresentadas abordagem separativa destacando que

[...] Outro problema deste método refere-se aos valores extremos e aos menos ocasionais, que são totalmente mascarados pelo uso das médias aritméticas, que colocam os elementos numa situação de uniformidade que, na verdade, não existe. Por isto, é possível afirmar que o método analítico-separatista não possibilita a visualização do ritmo climático [...]
 [...] Assim, já que a abordagem analítico-separatista, baseada em valores médios, não permite o conhecimento das causas dos fenômenos climáticos, pois destrói a conexão entre eles existente e, também, com os demais elementos da superfície terrestre, cabe à Geografia buscar e adotar novas abordagens para o estudo do clima (BARROS; ZAVATTINI, 2009, p. 257).

Enquanto a Climatologia Sintética, também conhecida como Climatologia Dinâmica, “procura analisar as variações dos elementos do clima através de dados

concretos, preferencialmente diários, na tentativa de alcançar as sequências rítmicas que explicam tais variações” (BARROS; ZAVATTINI, 2009, p. 259).

A Climatologia Sintética está diretamente ligada à Meteorologia Dinâmica, que analisa o complexo atmosférico em porções individualizadas, isto é, as massas de ar atuantes, preocupando-se, ainda, com os seus conflitos, ou seja, com os mecanismos frontológicos que elas próprias engendram (MONTEIRO, 1962).

A partir da evolução da Meteorologia Dinâmica e da proposta climática de Sorre (1951) houve a possibilidade da formulação de novas formas de abordagem em Climatologia. Na França, a proposta de Pédelaborde (1970), por exemplo, ganhou bastante destaque ao considerar que o “método sintético das massas de ar e dos tipos de tempo”, através de cada tipo de tempo deve analisar o clima a partir de seus elementos constituintes, mas sem isolar os demais componentes climáticos. Enquanto isto, no Brasil, o professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro seguiu fielmente o conceito sorreano de clima, utilizando também as vantagens e avanços adquiridos a partir do método sintético das massas de ar e dos tipos de tempo.

No entanto, existe uma diferença crucial entre a abordagem de Monteiro e a de Pédelaborde sobre um paradigma presente na concepção de Sorre (1951). Enquanto para Pédelaborde (1970) o paradigma é “a totalidade dos tipos de tempo”, para Monteiro (1976), este paradigma trata-se do ritmo climático, definido pelo autor como o encadeamento, sucessivo e contínuo, dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido de retorno aos mesmos estados.

Diversos autores buscaram analisar em seus trabalhos a importância e influência teórica e metodológica da obra do professor Monteiro na produção da climatologia brasileira. Neste sentido, se destacam os trabalhos de Zavattini (2001, 2003, 2005), Zavattini e Boin (2013), e Sant’Anna Neto (2001, 2004, 2008).

Nas décadas de 40 e de 50, o estado de São Paulo concentrou grande parte dos poucos trabalhos desenvolvidos sobre o ritmo climático neste período (ZAVATTINI, 2003). Schröder (1956) publicou o artigo intitulado “Distribuição e curso anual das precipitações no estado de São Paulo”. Neste clássico trabalho, o autor já considerava o afastamento dos valores médios, a análise da atuação das massas de ar, os fatores geográficos que interferem na diferenciação climática a nível local e a importância do ritmo para a realização dos estudos voltados ao comportamento fenômenos climáticos.

A partir da perspectiva “Monteriana”, a Climatologia Geográfica é dinâmica e o seu paradigma é o ritmo. Sant’Anna Neto (2008) destaca que Monteiro (1962, 1964), desde os primeiros artigos publicados, se preocupou em elaborar um conjunto de procedimentos baseados na premissa que somente o fundamento do ritmo, analisado a partir do encadeamento dos tipos de tempo seria a única estratégia possível de conciliar a compreensão dos mecanismos atmosféricos com as possibilidades de entendimento do papel do clima como fenômeno geográfico.

Com isto, a aplicação destes procedimentos, ao longo dos anos 60 do século passado, resultou na proposta de “análise rítmica” em climatologia que Monteiro (1971) estabeleceu como o seu programa de pesquisa no Laboratório de Climatologia da Universidade de São Paulo, quando procurou direcionar suas pesquisas e de seus orientados, na busca do ritmo climático como paradigma e na sua aplicação aos estudos geográficos (SANT’ANNA NETO, 2008).

Monteiro (1971, p. 9, 13) esclarece de forma lúcida e concisa a importância do paradigma defendido por ele em suas análises climáticas, ao afirmar que

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

Na análise rítmica as expressões quantitativas dos elementos climáticos estão indissolúvelmente ligados à gênese ou qualidade dos mesmos e os parâmetros resultantes desta análise devem ser considerados levando em conta a posição no espaço geográfico em que se define (Monteiro, 1971, p. 9, 13).

Zavattini (2003, p. 71) analisa a importância do artigo de Monteiro, publicado em 1971, intitulado “Análise Rítmica em Climatologia, ao considerar que

A leitura deste artigo de 1971 deixa patente a toda a maturidade e a plenitude científicas atingidas pelo autor, que buscava um novo paradigma para os estudos climatológicos no Brasil. O êxito é tão evidente que se traduz em normas, ali apresentadas, e que permanecem, ainda hoje, válidas e fundamentais. A clareza e a precisão destas regras representam o papel de prumo em várias pesquisas sobre a realidade climática brasileira, no escopo da Geografia (ZAVATTINI, 2003, p. 71).

Em Monteiro (1973) é proposto, além dos elementos fundamentais de uma construção teórica, um conjunto de procedimentos metodológicos dos quais se destacam: o desprezo dos valores médios e a utilização de dados reais; a utilização das cartas sinóticas, com o objetivo de identificar dos tipos de tempo; proposta de escolha de períodos padrão, no qual se destaca o ano-padrão baseado em um

Coeficiente de Variação capaz de demonstrar a variabilidade do período em relação aos valores habituais; análise sequencial do encadeamento dos tipos de tempo, com o objetivo de compreender as variações locais, que são influenciadas pelos fatores geográficos.

Em sua tese de livre-docência, Monteiro (1976, p. 23) consolida sua construção teórica e metodológica sobre o paradigma do ritmo climático, de tal forma que considera

Parece-me que não há dúvida de que o paradigma novo é o ritmo em substituição à média dos elementos discretamente dissociados a atmosfera e expressos como meras propriedades extensivas [...] Parece-me, assim, claro que o paradigma climatológico – ritmo – insiste em colocar sobre as propriedades intensivas – o tempo e seu desempenho sequencial – a maior responsabilidade em revelar a natureza do clima (MONTEIRO, 1976, p. 23).

Além de extensa, a obra de Monteiro foi muito influente e proporcionou um legado incalculável para a escola de climatologia brasileira, a ponto de ser considerado como o “semeador” do ritmo nos estudos climáticos desenvolvidos no Brasil (ZAVATTINI, 2005).

Como consequência de seu legado, é notável o aumento da aplicação do paradigma “monteriano” e de suas proposições metodológicas a partir dos anos 60. No entanto, estes estudos se concentraram somente em uma pequena parcela do país, sobretudo na região Sudeste. A partir dos anos 70, é notável uma grande variedade de tanto de anos quanto de localidades escolhidas para serem analisadas nos estudos do ritmo climático (ZAVATTINI, 2003).

O Nordeste brasileiro apresenta inúmeros trabalhos e autores que buscaram analisar a dinâmica climática regional, bem como as problemáticas de ordem ambiental e sociais que são atribuídas a escassez de chuvas que caracteriza esta região do país.

Nimer (1989, p. 321) explica que o Nordeste do Brasil constitui uma região de temperaturas elevadas porque sua área de abrangência é submetida a forte radiação solar, uma vez que a intensidade deste fenômeno depende ângulo de incidência dos raios solares, “sendo tanto mais intensa quanto menor ele for e este varia na proporção inversa da latitude. Daí resulta que da radiação direta do Sol”.

Este autor associa os baixos totais pluviométricos que ocorrem no Nordeste brasileiro à localização desta região que se encontra no ponto final de diversas correntes perturbadas que apresentam um interessante potencial para gerar

precipitações. Além disto, este autor adefere à estabilidade do tempo nesta região à ação dos ventos que sopram frequentemente do quadrante E, oriundos das altas pressões subtropicais onde predomina a influência do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul (NIMER, 1989).

Molion e Bernardo (2002) realizaram uma revisão dos mecanismos dinâmicos responsáveis pela ocorrência e inibição de chuvas no domínio de clima semiárido nordestino. Em seu trabalho, os autores concluíram que a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal mecanismo de grande escala que produz chuvas na região, enquanto há a penetração de sistemas frontais associados à convergência nas porções leste e sul.

Quantos aos mecanismos de mesoescala, os referidos autores atribuem a produção de chuvas às perturbações ondulatórias no campo dos alísios que são produzidas pela ação de sistemas frontais vindas do Atlântico Tropical e da África Equatorial. Enquanto os fenômenos El Niño e La Nina, de origem da interação atmosférica-oceânica, estão associados, respectivamente, com a ocorrência de anos com chuvas abaixo e acima da média (MOLION, BERNARDO, 2002).

De maneira semelhante, Ferreira e Mello (2005) descrevem os principais sistemas atmosféricos atuantes sobre o Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima desta região. Desta forma, identificam os mecanismos que comandam o regime pluviométrico, que são: os eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS); temperatura da superfície do mar (TSM); ventos alísios; pressão ao nível do mar (PNM); Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); frentes frias; e vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN). Os autores destacam também a atuação das linhas de Instabilidade (LI), dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) e do efeito das brisas marítima e terrestre que complementam os totais pluviométricos anuais.

Zanella (2014), desenvolve um estudo em que faz considerações sobre o semiárido nordestino, associando as características climáticas da região com as limitações de aproveitamento dos recursos hídricos presentes nela. Neste trabalho, a autora realiza uma caracterização geral dos sistemas atmosféricos responsáveis pelo regime de chuvas da região e analisa as políticas públicas desenvolvidas com o objetivo de gerenciar o uso dos recursos hídricos.

Soares (2015) desenvolveu uma caracterização climática para o Ceará a partir da dinâmica dos sistemas atmosféricos, de tal forma que desenvolveu um estudo sobre a gênese das chuvas para o estado do Ceará, tendo como base o ritmo da sucessão

dos tipos de tempo. Para isto, o referido autor utilizou o método dos anos padrão e da análise rítmica, que subsidiaram à elaboração dos índices de participação dos sistemas atmosféricos ao longo do estado cearense.

Desta forma, as obras e considerações tratadas aqui foram utilizadas como referencial teórico no que se refere ao desenvolvimento de uma análise pautada na abordagem geográfica do clima, que, conforme foi evidenciada pela evolução do paradigma climático, tem como base a gênese de seus fenômenos na dinâmica atmosférica e o ritmo de sua ocorrência na área a ser estudada.

2.2 Sistemas de classificação climática e os Tipos de Climas Anuais

Se o estudo do clima exige, entre outras coisas, compreender a influência de todos os elementos que interferem em suas características, logo, é possível afirmar que existe uma grande variedade de climas na superfície terrestre. Assim, os Sistemas de Classificação Climática (SCC) surgiram a partir da necessidade de sintetizar e agrupar elementos climáticos e, a partir disto, facilitar o reconhecimento e mapeamento das regiões climáticas (AYOADE, 1996).

A utilidade nos sistemas de classificações climáticas (SCC) se deve a possibilidade de realizar uma análise na distribuição espacial dos diferentes tipos de climas das diferentes regiões, levando em consideração vários elementos climáticos ao mesmo tempo, facilitando a obtenção de informações e análises posteriores para diversos propósitos.

Os SCC se dividem em duas abordagens principais: a empírica e a genética. A abordagem empírica se baseia nos próprios elementos climáticos observados ou em seus efeitos sobre outros fenômenos, usualmente a vegetação ou o homem. Estas classificações climáticas baseadas na influência do clima sobre o homem são na realidade biometeorológicas quanto à natureza, portanto, são classificações especializadas. Enquanto para a abordagem genética é baseada nos controles climáticos, ou seja, nos fatores que determinam ou causam os diferentes climas. Exemplos incluem os padrões de circulação aérea, a radiação líquida e os fluxos de umidade” (AYOADE, 1996).

Seja qual for a abordagem utilizada, fica evidente que o principal objetivo dos SCC é fornecer um arcabouço eficiente para a organização dos dados climáticos e para a compreensão das complexas variações do clima no mundo. Através da

classificação climática, os detalhes e as complexidades das estatísticas climáticas mensais e sazonais são condensadas em formas mais simples, tornando-se facilmente entendidas.

A grande maioria dos inúmeros SCC que existem são de base empírica, que prevalecem, sobretudo, pela vantagem de serem realizados a partir de dados que são relativamente fáceis de serem obtidos, como temperatura do ar e pluviometria. Em contrapartida, os SCC de base genética, geralmente, exigem uma maior base de informações a respeito de mecanismos de controle que nem sempre são fáceis de mensurar e que nem todas as regiões do planeta possuem um banco de dados adequado com relação a estes mecanismos.

Dentre os diversos modelos empíricos, sem dúvidas, os mais famosos são os de Köppen e o de Thornthwaite, enquanto dentre os de base genética se destaca o SCC proposto por A. Strahler. Todos estes SCC, independente da abordagem, foram amplamente aplicados ao longo das décadas, recebendo diversas críticas e modificações, inclusive pelos seus próprios idealizadores, e são ainda muito utilizadas até os dias de hoje.

A proposta de classificação de Köppen realizada em 1900, certamente foi bastante influenciada pelas expedições e estudos realizados por Humboldt, que obtinha dados dos elementos meteorológicos das mais diversas regiões da Terra e calculava suas médias, permitindo a espacialização global das temperaturas através de isolinhas e correlação das terminologias quente, temperado e frio (SANT'ANNA NETO, 2001; ELY, 2006).

Köppen utilizava as características da vegetação para auxiliar a identificação dos tipos climáticos, pois ele supôs que este fator é bastante exigente em sua relação com o clima, de maneira que grupos distintos de vegetação tendem a se desenvolver sob condições climáticas restritas que dificilmente permitiria a existência de outro de vegetação.

Portanto, os trabalhos iniciais deste autor consistiram no reconhecimento dos grupos principais de vegetação e, apenas posteriormente, foram analisadas as condições climáticas em que cada grupo se desenvolvia e, desta forma, estas informações foram utilizadas para definir os limites climáticos entre os principais grupos de vegetação que se relacionavam com os principais tipos climáticos (NÓBREGA, 2010).

A primeira proposta de classificação realizada por Köppen foi publicada em 1900, quando seu modelo apresentou basicamente uma relação entre o clima e a vegetação que era definida a partir de critério numéricos baseados em elementos climáticos, a saber: temperatura e precipitação. No entanto, em 1918, este modelo foi revisado pelo próprio autor quando as características sazonais da temperatura e da pluviometria receberam uma maior atenção.

A partir do início da década de 1930, a Geografia norte-americana, através da figura de Richard Hartshorne, passou a propor uma releitura da obra do geógrafo alemão Alfred Hettner, produzida entre 1890 e 1910, e, assim, retomou uma análise teórica que buscava uma terceira possibilidade de interpretação da Geografia, como uma superação da dicotomia entre Determinismo e Possibilíssimo (SANT'ANNA NETO, 2008).

Na interpretação de Hartshorne, a Geografia deveria se dedicar ao estudo das interrelações entre fenômenos heterogêneos, que deveriam ser representados numa visão sintética. Desta forma, o caráter nomotético desta proposta possibilitaria a análise de uma Geografia Geral, na qual as integrações obtidas permitiriam atingir padrões de variação, pelas comparações de distintas áreas. Ao aplicar em conjunto com as análises idiográficas, a dimensão nomotética serviria para satisfazer a necessidade de desenvolvimento territorial, representando um aperfeiçoamento da análise regional (MORAES, 1983).

Desta forma, conforme explica Sant'Anna Neto (2008), as características territoriais marcadas por uma variada diversidade de paisagens e em função das influências filosóficas das escolas anglo-saxônicas, os Estados Unidos constituíam um terreno fértil para o desenvolvimento do pragmatismo. Assim, a modelagem e a abordagem sistêmica foram amplamente aplicadas e destinada para o planejamento, que eram realizadas, sobretudo, por meio da quantificação na produção das análises e dos diagnósticos.

Estas condições, juntamente com o enorme crescimento econômico dos EUA que estava vinculado ao setor agrícola, formaram um cenário propício para que em 1948 Thorntwaite elaborasse e aplicasse sua proposta de classificação racional do clima no território estadunidense. Proposta esta que é baseada em um método que tinha como principal característica a aplicação de técnicas quantitativas destinadas para as necessidades de água dos agrossistemas, modeladas pelo cálculo do balanço hídrico (SANT'ANNA NETO, 2008).

Os princípios deste SCC foram inicialmente publicados por Thornthwaite em 1931. No entanto, devido às muitas críticas realizadas a esta proposta, foram realizadas profundas modificações que resultaram em uma revisão quase completa deste SCC, que foi publicada em 1948, e, posteriormente, recebeu algumas modificações pontuais realizadas por Thornthwaite e Mather (1955).

Nimer (1977) publicou um trabalho com o objetivo de descrever, analisar e interpretar o SCC de Thornthwaite. Para este autor a complexidade deste sistema de classificação se justifica pois

[...] não utiliza como valores os elementos do clima em sua aparência original. Neste, os elementos temperatura e precipitação são, através de processos racionais, puramente matemáticos, transformados em mais de uma dezena de índices, que não são fáceis de serem entendidos no seu sentido mais profundo e conceitual, pois resultam de um processo de teorização altamente racional (NIMER, 1977, p. 87).

Isto ocorre pois, como afirma Thornthwaite (1948), o fator climático primário para sua classificação é a relação entre umidade e calor. Portanto, este SCC busca compreender o quanto um clima é úmido ou seco, bem como quente ou frio. Outro fator interessante para este modelo é conhecer a variação sazonal da umidade, ou seja, quais estações de determinados climas são úmidas ou secas.

Do ponto de vista teórico, o método de classificação de Thornthwaite se fundamenta na interpretação de que, a partir do momento em que a água da chuva que penetra no solo, uma parte é utilizada pelas plantas e é perdida em seguida por meio de transpiração, enquanto a outra parte escoar pelo lençol freático superficial, sendo posteriormente evaporada ou absorvida parcialmente pelas plantas.

Na análise de Thornthwaite, a precipitação é um processo essencialmente físico, e que seu comportamento tem sido investigado detalhadamente por meteorologistas e climatologistas. Enquanto é na evapotranspiração potencial onde se encontra o ponto central do sistema de classificação de Thornthwaite, sendo este fator a novidade proposta por este SCC. Portanto, enquanto os outros sistemas bioclimáticos partem empiricamente da vegetação para o clima, o sistema de Thornthwaite parte do clima para a vegetação (NIMER, 1977).

A temperatura, por sua vez, constitui o fator mais importante na determinação da quantidade de água evapotranspirada. No entanto, por ser mensurada em graus, surge a necessidade de transformá-la em uma medida semelhante à precipitação. Desta forma, por meio do cálculo da evapotranspiração,

estas duas quantidades podem ser comparadas e, assim, é possível deduzir se a quantidade de água está em excesso ou em déficit (THORNTHWAITE, 1948; NIMER, 1977).

Para sua aplicação, a classificação climática de Thornthwaite tem como base as variáveis obtidas através do balanço hídrico climatológico proposto pelo próprio autor e, a partir dele, são obtidos os valores do déficit e excedente hídrico (anual, mensal e sazonal), bem como da evapotranspiração potencial (mensal e anual), que serão utilizados para o cálculo de seus índices (NIMER, 1985).

A partir do balanço hídrico, Thornthwaite (1948) propõe cinco índices climáticos dos quais quatro são utilizados para definir a tipologia climática, a saber: o índice de umidade efetiva (I_m), que determina o tipo principal do clima ao definir nele se há o predomínio de umidade ou de aridez; os índices de aridez (I_a) ou de umidade (I_u), que determinam, respectivamente a variação sazonal de umidade dos tipos principais de clima; a eficiência térmica (ETP_a), definida pelo total anual de evapotranspiração potencial; e a concentração da eficiência térmica do verão (ET_v), utilizada para determina a porcentagem da evapotranspiração que ocorre no verão, sendo esta a estação que, comumente, apresenta as temperaturas mais elevadas.

Posteriormente, em 1951, Arthur Strahler, divulgou uma proposta de classificação climática que tinha como objetivo utilizar as concepções de clima a partir um paradigma dinâmico, ao incorporar em sua proposta, aspectos relacionados a circulação atmosférica aos elementos estáticos regionais.

O advento da Meteorologia Sinótica, juntamente com as insatisfações crescentes quanto às abordagens estáticas e separativas, das quais se destacava a proposta por Köppen, estimulou vários geógrafos norte-americanos a elaborarem novos SCC e esquemas interpretativos. No entanto, a contribuição de Strahler foi a mais significativa na busca de um SCC de base genética e dinâmica, pois em seu método este autor buscou agrupar os tipos de clima em função das áreas de domínios das massas de ar e dos elementos da circulação atmosférica (SANT'ANNA NETO, 2008).

Ao longo dos anos o SCC de Strahler, assim como os demais, passou por diversos aperfeiçoamentos. Desta forma, se destaca a versão publicada em 1969, na qual os climas da Terra são classificados em três divisões principais baseadas em sua posição latitudinal, e estas três divisões são subdivididas em 15 regiões climáticas

relacionadas aos ambientes existentes nas divisões principais e nos sistemas atmosféricos que nelas atuam.

Monteiro (1991) destaca nas proposições e no SCC de Strahler a inserção de estudos dinâmicos nas classificações climáticas e o paradigma rítmico esboçado por Max Sorre. Para este autor, apenas em Arthur Strahler há o uso do aporte teórico dinâmico-genético advindo das evoluções conceituais e metodológicas promovidas pelas escolas de Climatologia Dinâmica.

Seja qual for a abordagem, os SCC foram, e ainda são, amplamente aplicados tanto com relação a quantidade de trabalhos realizados que utilizam tais modelos quanto no que diz respeito aos diversos locais e ambientes submetidos a tais classificação, sendo importante destacar ainda a grande diversidade dos objetivos almejados por tais trabalhos.

No que se refere ao zoneamento climático, o território brasileiro se encontra bem estudado e caracterizado, principalmente pela produção de análises voltadas aos territórios de suas Unidades Federativas por meio da aplicação dos SCC de base empírica. Logo, interessa citar as obras dos seguintes autores: Nimer e Brandão (1985); Kuinchtner e Buriol (2001); Rolim *et al.* (2007); Sales *et al.* (2010); Francisco *et al.* (2015); e Aparecido *et al.* (2016).

Nimer e Brandão (1985), com o objetivo de divulgar e instruir o uso dos métodos em questão, aplicaram o balanço hídrico climatológico e o modelo de classificação climática de Thornthwaite a partir das normais climatológicas registradas em 6 estações meteorológicas: Turiaçu, no Maranhão; Teresina e União, no Piauí; Porto Nacional, em Goiânia; Ponta Porã, no Mato Grosso do Sul; e Barra, na Bahia.

Ao descrever e analisar os resultados obtidos em sua pesquisa, estes autores chegaram a uma valiosa conclusão sobre a aplicação da metodologia de Thornthwaite, expressa ao considerar que:

A análise sistemática de suas variáveis, quando combinadas com informações das demais áreas de investigação do meio ambiente, permite, ao investigador, valiosas deduções e induções sobre a realidade empírica, bem como estabelecer um campo fértil para formulações de hipóteses e formulações probabilísticas concernentes, por exemplo, ao regime fluvial, à evolução dos sistemas e processo de erosão dos solos e a produtividade agrícola (NIMER; BRANDÃO, 1985, p. 396).

Kuinchtner e Buriol (2001) aplicaram o SCC de Köppen e o de Thornthwaite no estado do Rio Grande do Sul. Estes autores utilizaram as temperaturas e precipitações médias registradas por 41 estações meteorológicas no período 1945 –

1974. Com isto, os autores verificaram que, segundo a classificação climática de Köppen, o clima deste estado é do tipo Cfa e Cfb, úmido em todas as estações do ano, verão quente e moderadamente quente. De tal forma que o clima Cfa predomina na maior parte do estado e o Cfb ocorre nas partes mais elevadas da Serra do Nordeste, Planalto e Serra do Sudeste (KUINCHTNER; BURIOL, 2001).

No que se refere à classificação climática de Thornthwaite, os autores verificaram que este estado apresentou os tipos climáticos úmidos (B1r, B2r, B3r e B4r) e super úmido (Ar). O tipo climático Ar é encontrado nas regiões mais chuvosas, como na Serra do Nordeste e em partes do Planalto e Missões, enquanto os tipos B1r, B2r, B3r nas regiões onde menos chuvosas, como no Baixo vale do Uruguai; Campanha, Litoral, leste da Depressão central e o tipo B4r na Serra do Sudeste, oeste da Depressão Central, Alto Uruguai, Planalto e Missões (KUINCHTNER; BURIOL, 2001).

De forma semelhante, Rolim *et al.* (2007) aplicou as classificações de Köppen e de Thornthwaite para verificar a aplicabilidades destes SCC e determinar as zonas agroclimáticas existentes no estado de São Paulo. Neste trabalho foram utilizados valores médios mensais de temperatura máxima e mínima do ar de 27 estações termométricas e de 427 postos pluviométricos do estado de São Paulo.

As conclusões obtidas pelos autores forneceram informações importantes no que se refere ao interesse para a definição sobre a eficiência destes SCC quanto a eficiência da escala de análise. Quanto ao SCC de Köppen os autores verificaram que

[...] foi eficiente apenas na macroescala e com baixa capacidade de separação de tipos de climas em relação aos elementos meteorológicos (temperatura do ar, chuva) e elementos resultantes do balanço hídrico (evapotranspiração, deficiência e excedente hídrico). Conseqüentemente, não deve ser utilizado em estudos agrometeorológicos (ROLIM *et al.*, 2007, p. 719).

Enquanto para os resultados obtidos pelo modelo de Thornthwaite os autores concluíram que este SCC

[...] permitiu separar eficientemente os climas na topoescala ou mesoescala, pois conseguiu resumir eficientemente as informações geradas por balanços hídricos normais, demonstrando capacidade para determinação de zonas agroclimáticas (ROLIM *et al.*, 2007, p. 719).

Sales *et al.* (2010) publicou um trabalho com o objetivo de apresentar os tipos climáticos existentes no estado do Ceará, que foram obtidos pela aplicação do

SCC de Thornthwaite e Mather (1955), na qual foram utilizados dados de precipitação média mensal das séries anuais e dados de temperaturas médias mensais estimados com uso de equações de regressão múltipla.

Este trabalho serviu como base inicial para a elaboração da presente pesquisa pois, os resultados obtidos foram apresentados na forma de um mapa que possibilitou identificar as importantes diferenciações climáticas existentes no território cearense e, a partir desta primeira aproximação, os autores concluíram que o SCC de Thornthwaite permitiu separar eficientemente os climas na topoescala, conforme já observado pelos resultados obtidos por Rolim *et al.* (2007) quando aplicou ao território do estado de São Paulo.

Francisco *et al.* (2015) aplicou as classificações climáticas de Köppen, de Thornthwaite (1948) e de Thornthwaite e Mather (1955) para o estado da Paraíba e elaborou o mapeamento de seus respectivos tipos climáticos. Para alcançar tal objetivo, este autor utilizou valores da temperatura média do ar dos últimos 64 anos estimados a partir de regressão linear múltipla, dados de precipitação foram obtidos por postos que possuem trinta ou mais anos de observações e aplicou o método geoestatístico conhecido como “” para interpolar os dados obtidos.

Como resultado, estes autores observaram que os regimes pluviométricos e as variações das temperaturas foram determinantes para os cálculos e para a distribuição espacial dos tipos climáticos e que a utilização da proporcionou resultados satisfatórios na espacialização dos dados utilizados.

Quanto às classificações climáticas, Francisco *et al.* (2015) observou que o método de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955) conseguiram separar de forma mais eficaz os climas neste estado. No entanto, o critério de classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955) é menos restritivo que o de Thornthwaite (1948), já que utiliza intervalos de aridez e semiaridez com maior amplitude.

Aparecido *et al.* (2016) utilizou os SCC de Thornthwaite, Köppen e Geiger e Camargo para realizar um zoneamento climático no estado do Paraná. Estes autores utilizaram dados médios de temperatura mínima do ar, precipitação e evapotranspiração potencial no período de 1989 a 2014, utilizando 598 pontos no estado do Paraná que correspondem ao estações virtuais do modelo do European Center for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF).

De acordo com os resultados, estes autores verificaram que os SCC mostraram uma boa capacidade de separar as regiões quentes e secas das frias e úmidas. Os climas mais predominantes foram: Cfa (temperado úmido com verões quentes), na classificação de Köppen e Geiger; C1rA'a' (subúmido com pouca deficiência hídrica, megatérmico), na classificação de Thornthwaite; e ST-UMi (subtropical úmido com inverno seco), na classificação de Camargo.

Contudo, apesar das inúmeras propriedades, os SCC, seja qual for a sua abordagem, sempre foram bastante criticados com base em suas limitações. Evidentemente, grande parte das críticas inerentes ao uso dos SCC se sustentam no fato de que os tipos climáticos não constituem um fator essencialmente natural, mas trata-se de uma abstração criada por pesquisadores e estudiosos com o objetivo de melhor compreender a distribuição espacial dos elementos e fatores climáticos.

Nimer (1977, p. 89) considera que “o problema da classificação de climas parece ser, de certa forma, insolúvel, uma vez que o mesmo parece não encontrar soluções que não sejam arbitrárias e artificiais”. Este autor considera ainda que talvez seja impossível selecionar ou combinar os elementos climatológicos mais expressivos e, ao mesmo tempo, encontrar uma proporcionalidade capaz de expressar racionalmente o que seria considerado o clima de uma certa área.

De fato, cada autor propõe seu SCC de acordo com o critério que considera fundamental para a determinação das zonas e/ou tipologias climáticas. Thornthwaite, por exemplo, acreditava que a umidade é o fator verdadeiramente ativo e por isto seu SCC utiliza como base para identificar seus principais tipos climáticos. Köppen, por sua vez, considerou que as temperaturas dos meses mais frios e quentes são os fatores verdadeiramente ativos e por isto utilizou valores críticos para estes dois períodos com o objetivo de identificar suas zonas climáticas principais.

Enquanto para Strahler considera que a natureza da massa de ar dominante é o mais importante, e por isto a massa de ar sobre uma determinada área deve ser considerada como o fator verdadeiramente ativo no que diz respeito a classificação do clima (NÓBREGA 2010).

Naturalmente, de maneira geral, os SCC de base empírica pouco agradam os adeptos da climatologia dinâmica, de tal forma que Sorre, desde suas primeiras proposições, não poupava críticas às propostas de classificação de Köppen e nem a de Thornthwaite, tanto pelo empirismo empregado, quanto pela impossibilidade destas

classificações de conciliar uma definição dinâmica dos climas, pois se baseiam em uma definição estática e que utilizam valores médios (SANT'ANNA NETO, 2008).

Este descontentamento foi explicitamente abordado por Monteiro (1962), que se dedicou a explicar a importância e a necessidade de abordar o caráter genético do clima ao realizar uma proposta de classificação climática. Para este autor o SCC de base genética de Strahler é bastante promissor para a realização do mapeamento climático pois não insiste nos mesmos erros cometidos pelo sistema de Köppen, por exemplo, que se baseia em médias dos elementos climáticos, ao invés disto “procura definir o conceito de controle e domínio das massas de ar por índices porcentuais de sua participação no clima de um lugar” (MONTEIRO, 1962, p. 39-40).

Porém, o modelo de Strahler, assim como qualquer SCC, possui limitações que dizem respeito à própria abordagem genética. Além da relativa dificuldade de se obter determinados dados, já tratada previamente, trata-se ainda de um SCC de difícil representação cartográfica pois, como destaca Monteiro (1962, p. 39), falta nele uma “expressão numérica mais rígida”.

Outra limitação relacionada a este modelo é que não há garantia de que os efeitos reais de uma determinada massa de ar sejam idênticos ao longo de seu percurso, pois podem ser fortemente modificados devido a própria dinâmica das massas e com a sua associação com outros mecanismos de circulação geral da atmosfera (NÓBREGA, 2010).

Todavia, considera-se aqui que a maior limitação do modelo de Strahler para a determinação dos tipos climáticos é que este SCC, dependendo da escala de análise, pode apresentar grandes dificuldades em reconhecer as variações climáticas locais (NÓBREGA, 2010). Dificuldades estas que os SCC de Köppen e Thornthwaite não apresentaram mesmo sendo utilizados a partir de valores médios ou normais climatológicas, conforme demonstrado pelos resultados obtidos pelos vários trabalhos citados previamente.

Trabalhos recentes de diversos autores, sobretudo franceses, têm tentado amenizar o aspecto estático dos SCC ao aplicá-lo individualmente para cada ano ao longo de uma série histórica ao invés de unicamente para valores médios ou para normais climatológicas. E, a partir disto, tem sido utilizado a expressão Tipo de Clima Anual (TCA) para se referir ao padrão climático de um determinado ano (BRISSE *et al.*, 1982 *apud* DUBREUIL *et al.*, 2018).

Dubreuil *et al.* (2018) concluiu que esta metodologia serviu para renovar o método deste SCC desenvolvido a mais de um século, de tal forma que passa a desconsiderar o caráter estático dos valores médios e passa a abordar explicitamente a variabilidade interanual do clima.

Planchon e Rosier (2005) utilizaram o SCC de Köppen para analisar a variabilidade climática do noroeste da Argentina através dos TCA e observaram a ocorrência de tipologias climáticas durante a série histórica de 1951 a 2000 em 11 diferentes localidades da região.

A partir da metodologia empregada, os autores observaram que as últimas décadas do século XX na área estudada foram caracterizadas por uma série predominantemente de anos excepcionalmente úmidos. De forma que as séries para os períodos 1951-2000 e 1901-2000 mostraram a ocorrência de anos com anomalias de precipitação positivas durante o período de 1971 a 1990. Além disto, observaram que houve um recente aumento das chuvas de verão que foi sentido de forma desigual dependendo das estações e não foi significativo a ponto de alterar, mesmo que temporariamente, o padrão climático da área estudada (PLANCHON; ROSIER, 2005).

Quenol *et al.* (2008) realizou um trabalho bastante específico ao fazer um estudo climático das áreas produtoras de vinho no norte da França através da aplicação dos SCC de Köppen e o modelo de circulação climática de Hess-Brezowsky nas estações meteorológicas localizadas em Saumur, Colmar, Reims e Dijon durante o período de 1961 a 2007.

Como resultado, este autor verificou que os métodos de classificação empregados permitiram identificar as principais características climáticas das localidades analisadas, assim como traçar uma tipologia dos tipos de circulação das geadas de primavera. Identificaram ainda nuances climáticas geradas pela latitude, continentalidade e pela topografia mesmo os quatro vinhedos estando localizados no domínio temperado com invernos amenos e verões frios, concluindo que as caracterizações dos climas, tanto de Köppen quanto de Hess-Brezowsky permitiram determinar a climatologia das vinhas à escala regional (QUENOL *et al.*, 2008).

Chen e Chen (2013) aplicaram o SCC de Köppen em escala global para realizar um diagnóstico integrado entre as mudanças climáticas globais e a vegetação por meio de uma estruturação simples e integrada entre os dois elementos. Para isto, os autores utilizaram um conjunto de dados de observação de temperatura e

precipitação global para revelar variações e mudanças de clima durante o período 1901-2010.

Os resultados obtidos neste trabalho demonstraram tanto a capacidade da classificação de Köppen em identificar as mudanças climáticas do ponto de vista espacial quanto a variabilidade climática em várias escalas temporais, sendo possível observarem que a mudança mais significativa no período analisado foi o aumento real do clima seco (B) acompanhado por uma diminuição real significativa do clima polar (E) que ocorre desde os anos 1980 (CHEN; CHEN, 2013)

Eveno *et al.* (2016) utilizou o método dos TCA de acordo com a classificação climática de Köppen, para analisar a variabilidade espaço-temporal do clima na França. Este autor analisou as frequências de ocorrência dos TCA em escala regional para 110 estações meteorológicas no período 1951-2010, que foi subdividido em dois subperíodos 1951-1980 e 1981-2010 para que fosse possível verificar a existência de mudanças climáticas entre os dois intervalos de tempo.

Os resultados obtidos por este autor apontaram, entre outros aspectos, uma forte influência da latitude, continentalidade e relevo na distribuição espacial dos TCA ao longo de todo o período estudado, assim como o aumento da frequência de aparecimento de novos TCA com verão quente a partir da década de 1980, como por exemplo os tipos Csa e Cfa, em particular no Sul da França (EVENO *et al.*, 2016).

No que se refere a aplicação dos TCA no Brasil, é possível afirmar que, até então, não existem muitos trabalhos conhecidos que utilizem este método no território nacional. Neste aspecto, se destacam apenas os trabalhos de Dubreuil *et al.* (2019), que utilizou o SCC de Köppen para verificar a existência de evidências das mudanças climáticas no Brasil, e Dubreuil *et al.* (2018), que propôs uma classificação climática para o território brasileiro através da frequência dos TCA do SCC de Köppen que ocorreram ao longo do período de 1961 a 2015.

Certamente a abordagem baseada na aplicação do método dos TCA não é o suficiente para atender por completo as críticas direcionadas aos SCC, sobretudo aquelas que apontam nos SCC de base empírica a ausência de uma abordagem genética do clima e a utilização de uma escala temporal de análise que não atende a proposta de análise rítmica elaborada por Monteiro (1971), que propôs uma decomposição dos tipos de tempo em uma escala temporal pelo menos diária.

No entanto, os resultados encontrados pelos trabalhos citados previamente demonstraram claramente que os TCA permitem que os SCC sejam aplicados em

estudos que eram completamente alheios às suas propostas originais, nas quais eram indicadas a utilização de valores médios ou normais. Além dos resultados, isto fica evidenciado ainda no caráter dos estudos baseados na aplicação dos TCA, que se destinam desde a análise da variabilidade climática de determinadas áreas até às mudanças climáticas em escala global.

O SCC de Köppen tem sido utilizado em praticamente todos os estudos desta natureza. Contudo, com base na explanação teórica realizada aqui, se torna evidente que a escolha do SCC, bem como dos dados em que cada um deles utilizam, deve ser basear no objetivo e nos fatores que cada estudo busca analisar.

Neste sentido, é possível concluir que o SCC de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955) abordam elementos climáticos que são de extrema relevância quando se trata das principais características climáticas do domínio semiárido do Nordeste brasileiro pois, trata-se de uma região com elevadas taxas de evapotranspiração e elevado déficit hídrico. Além disto, a marcante insuficiência e sazonalidade das chuvas tornam a variação de umidade um fator essencial para o aproveitamento da água e o desenvolvimento das atividades humanas, principalmente nesta região que possui um histórico marcado por secas e pela falta de água.

2.3 A influência do efeito orográfico na determinação da serra de Baturité como um ambiente de exceção no domínio de clima semiárido do Nordeste brasileiro

O relevo constitui um importante controle geográfico que atua na diversificação dos tipos de clima, influenciando diretamente nos aspectos da paisagem. Esta influência ocorre basicamente pelas características de quatro atributos de atuação: a disposição geral do relevo, orientação e forma das vertentes, declividade e altitude (OLIVEIRA; GALVANI, 2015).

A partir da interação das massas de ar com o relevo ocorre a intensificação do processo de condensação da umidade do ar e um conseqüente aumento na formação de nuvens. Este fenômeno ocorre quando uma parcela de ar carregado de umidade se desloca paralelamente à superfície até encontrar um obstáculo e, quando isto acontece, o ar tende a continuar seu percurso devido à energia cinética que possui e, portanto, é elevado de maneira forçada de acordo com a inclinação do terreno (CANDIDO; NUNES, 2008).

No processo de elevação, o gradiente térmico atmosférico faz com que o ar seja resfriado à medida que atinge maiores altitudes. Com isto, esta parcela de ar poderá se condensar, o que ocorrerá quando a temperatura do ponto de orvalho tornar-se igual ou maior que a temperatura desta própria parcela, formando colunas de nuvens que se concentram principalmente na região do relevo onde o vento é barrado, também conhecido como setor barlavento.

Se por um lado as áreas a barlavento são beneficiadas em termos de umidade e pluviometria, por outro lado há uma queda nos totais pluviométricos devido ao fato do ar já ter perdido parte ou a totalidade de sua umidade por meio de compressão adiabática ao transpor o obstáculo imposto pelo relevo (CANDIDO; NUNES, 2008).

De forma mais específica, as chuvas orográficas, resultantes deste processo, constituem um tipo de precipitação local que possui sua formação associada ao barramento de ventos que adentram o continente quase saturados de umidade oceânica e que, ao transpor uma barreira montanhosa, ascendem forçadamente, se resfriam, formam nuvens ao se condensar na vertente a barlavento. Após transpor o relevo, este fluxo de ar se encontra aquecido, seco e descendente, ocasionando um fenômeno conhecido como sombra de chuva que ocorre na vertente oposta, a sotavento, e que diminui de forma considerável a quantidade de umidade e de chuvas nesta área (MILANESI, 2007)

Assim, os sistemas orográficos, dependendo de sua disposição e orientação geral, podem auxiliar, dificultar ou impedir o trânsito dos sistemas atmosféricos e, por isto, ocasionam uma distribuição bastante diferenciada da precipitação em sua área de influência.

Houze Junior (2012) realizou uma interessante revisão que demonstrou uma variedade de processos orográficos que modificam profundamente a estrutura dos principais sistemas de nuvens precipitantes por meio de combinações de uma resposta dinâmica ao formato e ao tamanho do terreno e a partir de alterações das escalas de tempo microfísicas. Este autor considera que cada combinação orográfica é única e que seu trabalho compreende um exame holístico dos tipos de contexto mais recorrentes das principais características topográficas da Terra.

Sandu *et al.* (2019), ao analisar os impactos da orografia na circulação atmosférica em larga escala, considerou que as características topográficas como

montanhas ou colinas exercem uma influência na atmosfera e induzem uma rica variedade de perturbações complexas.

A resposta da circulação atmosférica à orografia depende tanto do tamanho e forma do obstáculo quanto das condições atmosféricas de forma que os distúrbios causados pelo relevo exercem um atrito ou resistência sobre o fluxo de ar e afetam sua evolução. Como ocorre no exemplo em que a divisão do fluxo de ar ocorre em torno da orografia de pequena escala em condições estavelmente estratificadas nos casos em que este fluxo tem energia cinética insuficiente para superar a barreira de energia potencial da montanha (SANDU *et al.*, 2019).

No Brasil, os efeitos orográficos têm sido objeto de estudo para diversos autores que tem interesse de analisar, entre outros os aspectos, as alterações que estes fenômenos exercem sobre o clima. Nesta temática, é interessante destacar a contribuição dos trabalhos dos seguintes autores: Conti (1967, 1975); Milanesi (2007); Cândido e Nunes (2008); e Oliveira e Galvani (2015).

Conti (1967) realizou um estudo com o objetivo de determinar o efeito orográfico nas precipitações que ocorrem na região francesa do Puy-do-Dôme utilizando os dados de quatro estações pluviométricas selecionadas a partir de suas situações topográficas. O estudo foi realizado a partir dos levantamentos dos totais de chuvas e de neve fundida realizados no intervalo de 24 horas durante os meses de março a maio do período de 1962 a 1965.

Este autor concluiu que a intensidade do efeito orográfico varia conforme a direção dos ventos, principalmente os vindos de Oeste e, de maneira menos significativas, dos ventos de Norte. Contudo, a diferença das chuvas analisadas foi inexpressiva, sendo este quadro atribuído à utilização de dados da neve fundida, o que levou ao autor a considerar que o efeito orográfico nesta região é muito variável.

Posteriormente, Conti (1975) analisou a influência da circulação secundária e o efeito orográfico na origem das chuvas na região lesnordeste de São Paulo. Este autor observou uma diferenciação na distribuição das chuvas nesta região causada pela influência do relevo, de tal forma que a mesma é beneficiada pela entrada de ventos vindos do oceano na direção sudeste que proporciona um aumento da pluviometria na área de barlavento da Serra do Mar e uma consequente redução das chuvas no setor a sotavento.

Milanesi (2007) realizou uma investigação sobre a relação entre a influência que o relevo da ilha de São Sebastião, localizada no estado de São Paulo, exerce no

controle e na distribuição das chuvas. Em seus resultados, este autor verificou uma evidente participação do relevo na distribuição espacial das chuvas ao longo das vertentes da área de estudo. Este autor concluiu ainda que a influência do relevo em sua área de estudo ocorre, principalmente, pela canalização dos ventos pelos vales que proporciona a ocorrência de um fluxo de ar turbulento que favorece os processos de condensação e precipitação, que são catalisados pelos dias mais quentes e com maior convecção.

Cândido e Nunes (2008) realizaram uma pesquisa que avaliou a relação entre precipitação e altimetria na área situada entre o vale do rio Tietê e a serra da Mantiqueira, localizada no estado de São Paulo. Para a elaboração desta análise, os autores utilizaram um método de interpolação entre dados de altitude e da pluviometria sazonal média do período de 1970 a 1999 em 89 postos meteorológicos.

Estes autores elaboraram mapas e modelos bidimensionais do perfil topográfico da área de estudo que representaram a distribuição das chuvas. Com isto, consideraram que, de modo geral, a distribuição espacial das precipitações se distribuiu de forma mais regular nas áreas menos elevadas e mais planas, pois a morfologia do terreno exerce pouca influência na intensificação das chuvas nestes locais, havendo ainda uma coincidência entre as altitudes menos elevadas e as menores pluviometrias.

Um outro ponto interessante é que, neste trabalho, os autores verificaram a influência da orografia ao longo das estações. Desta forma, observaram que em termos sazonais, a influência da orografia foi bastante minimizada no inverno e associaram este quadro à gênese de precipitação que ocorre em São Paulo nesta estação, que têm origem pela atuação de sistemas frontais e são espacialmente mais abrangentes e possuem uma maior duração.

No verão, de maneira oposta, os efeitos da orografia ficaram mais nítidos, pois as chuvas, em sua maioria de origem convectiva, são mais breves e mais pontuais, ocasionando uma diferenciação marcante nos totais pluviométricos dos postos analisados.

As serras úmidas e subúmidas localizadas no território cearense possuem diversos trabalhos que descrevem e analisam suas características geoambientais, sobretudo no diz respeito aos aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e biogeográficos. Nestes trabalhos, a serra de Baturité apresenta uma posição de

destaque, sendo considerada como um dos compartimentos mais expressivos de relevo elevado que estão situados próximo ao litoral cearense (SOUZA, 1988).

Dantas *et al.* (2014) destaca que este maciço montanhoso é composto por um embasamento de idade paleoproterozoica do Complexo Ceará, formado por paragneisses, migmatitos, anfíbolitos e quartizitos da Unidade Canindé, e por xistos, quartizitos e metacalcários da Unidade Independência.

Souza (1988) considera a serra de Baturité como um planalto residual pertencente ao domínio dos escudos e maciços antigos. Este autor afirma que o relevo da serra de Baturité se desenvolve em litologias do complexo gnáissico-migmatítico com orientação NNE-SSW. Assim, a disposição do relevo, combinada com a direção dos ventos, ocasionam a ocorrência de chuvas orográficas na vertente oriental e nas regiões mais elevadas, enquanto a vertente ocidental apresenta uma pluviometria mais baixa e as condições ambientais se assemelham aos sertões do seu entorno.

Desta forma, a morfologia da vertente mais úmida está sujeita à morfogênese química e apresenta um elevado nível de dissecação com topos convexos, lombadas, presença de algumas cristas e com vales fluviais que possuem forte capacidade de entalhamento. Enquanto na vertente mais seca predominam os mecanismos de morfogênese física, as feições são mais conservadas e a incisão fluvial é menos intensa, de modo que o contato com a depressão sertaneja é realizado através de pedimentos (SOUZA, 1988).

Bétard *et al.* (2007) demonstrou uma abordagem morfopedológica, na perspectiva de análise e gestão ambiental da serra de Baturité. Como resultado, foram definidas quatro unidades morfopedológicas: a zona de cimeira com modelado multiconvexo; a zona periférica de dissecação; a baixa superfície de aplainamento com inselbergs; e os baixos platôs sedimentares pré-litorâneos.

De maneira geral, a partir das conclusões obtidas por este autor, pode ser verificado que nas áreas mais elevadas há um predomínio de Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos bem desenvolvidos, de cores amareladas a avermelhadas no horizonte B e cores mais escuras no horizonte A, devido a maior concentração da matéria orgânica, apresentando também uma textura mais friável e melhores condições de drenagem. Nos terrenos escarpados a barlavento, predominam os Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos, pouco profundos e associados à presença de cascalhos e calhaus de quartzo. Por fim, nos terrenos escarpados a sotavento, predominam os Nossolos Litólicos, muito rasos e com horizonte A sobreposto

diretamente sobre um manto com pequeno grau de intemperismo ou sobre a própria rocha.

Com relação às condições fitogeográficas da serra de Baturité, Mantovani (2007) considera que os aspectos pedológicos somados com condições climáticas mais favoráveis permitem o estabelecimento de florestas dos tipos Ombrófilas Densa Submontana e Montana, que se desenvolvem em condições de umidade constante, ou do tipo Estacional Semidecidual, onde há uma distribuição sazonal das chuvas.

Este autor enfatiza ainda que as características fisiográficas da serra de Baturité, condicionadas sobretudo pela altitude, fazem com que este maciço constitua um ambiente único no domínio da Caatinga que lhe cerca, compondo assim um complexo de diferentes tipos vegetacionais que abrigam uma biota muito rica de forma que merece atenção especial para a investigação científica e para políticas de preservação que devem ser tomadas com caráter de urgência (MANTOVANI, 2007).

Fernandes *et al.* (2011) considera que a orientação do relevo, a temperatura e a precipitação apresentam uma grande influência sobre a diversidade fitogeográfica da serra de Baturité e identifica 3 unidades florísticas que ocorrem sobre ela, são elas: o Frutíceto Estacional Caducifólio Xeromórfico (Caatinga); o Arboreto Climático Semicaducifólio Mesomórfico (Mata seca); e o Arboreto Climático Perenifólio Pluvial (Mata úmida).

Seguindo as considerações do autor, é verificado que o Frutíceto Estacional Caducifólio Xeromórfico constitui a vegetação de caatinga que se situa nas cotas de até 500 m de altitude no setor a barlavento e nas cotas com até 700 m no setor a sotavento. Este tipo de vegetação indica a ocorrência de áreas que apresentam fortes condições de semiaridez e, por isto, a vegetação presente nelas apresentam fisionomias e fisiologias xéricas que expressam condições de sobrevivência em ambientes com predomínio de déficit hídrico e um curto período de chuvas.

O Arboreto Climático Semicaducifólio Mesomórfico é conhecido como “mata seca” e se situa nas cotas altimétricas entre 500 e 600 m da vertente a barlavento e entre a cotas de 300 a 700 m na encosta a sotavento. Este tipo de vegetação apresenta um caráter subcaducifólio em grande parte grande das espécies que a compõe, de forma que se diferenciam da caatinga por apresentar melhores condições ecológicas relacionadas à mesofilia e por não apresentar espécies espinhosas, tendo sua composição florística composta por uma mata de

porte arbóreo/arbustivo que podem atingir até 15 m de altura (FERNANDES *et al.*, 2011).

Por fim, o Arboreto Climático Perenifólio Pluvial, conhecido como “mata úmida”, se situa principalmente nas cotas altimétricas superiores a 700 m e representa um enclave vegetacional úmido que ocorre em pleno domínio de clima semiárido. Sua ocorrência é associada aos resultados da disjunção da Província Atlântica e corresponde a uma formação florestal condicionada pela altitude e pelas condições de umidade a barlavento. Estas condições proporcionam a existência de uma cobertura florestal densa que é enriquecida ainda pela presença de bromeliáceas, pteridófitas e por um extrato herbáceo permanente que recobrem os relevos colinosos e os vales úmidos (FERNANDES *et al.*, 2011).

Souza (2011) realizou uma proposta de delimitação dos sistemas ambientais presentes na serra de Baturité com base na distribuição espacial de suas características geoambientais (geologia, geomorfologia, clima, solos, vegetação e ocupação humana). Este autor utilizou uma análise integrada e interdisciplinar baseada em métodos já consagrados de análise geossistêmica com o objetivo de fundamentar a determinação de políticas ambientais ou de servir como instrumento para a definição de um zoneamento ecológico econômico.

Para isto, este autor realizou uma compartimentação que reconhece a existência de sete sistemas ambientais que foram delimitados através da interpretação de imagens orbitais e trabalhos de campo rigorosos, são eles: Platô Setentrional; Platô Central; Platô Meridional; Vertente Setentrional; Vertente Meridional; Vertente Ocidental e Vertente Oriental. A partir do reconhecimento o referido autor descreve as características naturais dominantes, os problemas ambientais relacionados à ocupação humana, as potencialidades, as limitações e as sugestões para a adoção de estratégias de uso e ocupação do solo.

Posteriormente, Bastos *et al.* (2017) realizou uma proposta de compartimentação geoambiental com o objetivo de contribuir para a elaboração de estratégias de planejamento ambiental para a serra de Baturité. Para isto, o autor realizou diversos trabalhos de campo que foram fundamentados pela interpretação de mapas temáticos e produtos de sensoriamento remoto. Nesta proposta, o autor realizou ainda uma caracterização do quadro natural da área estudada e utilizou critérios como base para a definição da compartimentação.

Desta forma, a serra de Baturité foi dividida em superfícies elevadas e rebaixadas que foram subdivididas em diversas subunidades individualizadas. De acordo com o mapeamento geomorfológico realizado pelo referido autor, as superfícies rebaixadas abrangem os setores com cotas altimétricas inferiores a 250 m, enquanto as superfícies elevadas representam as áreas situadas nas cotas altimétricas superiores a 250 m e podem chegar a mais de 1100 m de altitude.

As unidades geoambientais identificadas e delimitadas pelo autor referido são: o *Piemont* subúmido, localizado no sopé da serra em sua porção oriental; o *Piemont* semiárido, que se localiza no entorno do maciço, sobretudo na porção ocidental onde pode ser observada a presença de inselbergs e as condições de semiaridez são evidentes; os Tabuleiros, que se resumem às áreas de deposição dos sedimentos da Formação Barreiras e ficam situados nas áreas mais rebaixadas da porção setentrional da serra; e as Planícies Fluviais, que são superfícies planas que margeiam os principais rios que drenam os setores mais rebaixados (BASTOS *et al.*, 2017).

Nas superfícies elevadas foram identificadas a existências das seguintes unidades geoambientais: a Vertente Dissecada Úmida, situada no setor a barlavento da serra, entre as cotas 250 e 900 m; a Vertente Dissecada Seca, situada no setor a sotavento da serra, entre as cotas 250 e 800 m de altitude; o Platô, situado ainda sobre setor a barlavento, entre as cotas de 850 a 1000 m de altitude, no qual pode ser observado a presença das Planícies Alveolares e das Cristas. O autor chama atenção ainda para a existência de Relevos Cársticos que ocorrem num esporão que recebe o topônimo de serra do Cantagalo, situado na vertente oriental úmida e que apresenta cotas máximas em torno de 500 m de altitude (BASTOS *et al.*, 2017).

Nos trabalhos citados previamente, as condições climáticas diferenciadas que a serra de Baturité apresenta são consideradas um fator essencial para a existência de um ambiente que se diferencia consideravelmente do contexto regional que está inserido. No entanto, até então, poucos trabalhos foram desenvolvidos com o objetivo de analisar detalhadamente os aspectos climáticos desta serra úmida.

Neste aspecto, se destaca o trabalho de Zanella e Sales (2011) que caracterizaram os sistemas fluviais e os aspectos climáticos da serra de Baturité usando como referência os postos pluviométricos localizados nos municípios de Palmácia, Pacoti e Guaramiranga ao longo da série histórica de 1979 a 2008.

Neste trabalho as autoras analisaram ainda os dados térmicos estimados para os postos utilizados e realizaram o balanço hídrico climatológico a partir das médias históricas do período analisado, verificando que a ocorrência de valores de evapotranspiração potencial mais baixos para os postos de Pacoti e Guaramiranga, que estão situados em cotas altimétricas mais elevadas.

A partir dos parâmetros do balanço hídrico e dos índices climáticos da classificação de Thornthwaite e Mather (1955), as referidas autoras verificaram que: Palmácia apresentou um clima do tipo B1wA'a'; Pacoti apresentou um clima do tipo B3wB'4a'; e Guaramiranga apresentou um clima do tipo B4wB'3a'. Concluindo que os municípios analisados apresentaram climas do tipo úmido, de diferentes níveis, com um pequeno déficit na primavera, sendo que Palmácia apresentou um clima megatérmico enquanto Pacoti e Guaramiranga apresentaram climas mesotérmicos de níveis variados.

Assim, a partir destes trabalhos, ficou evidenciado que o relevo, através da altitude, condiciona a ocorrência de um clima mais úmido, com temperaturas mais amenas e menores taxas de evapotranspiração que, por sua vez, possibilita o desenvolvimento de ambientes com um maior potencial pedológico e biológico, justificando a importância de melhor detalhar e analisar as características e o comportamento climático que ocorre na serra de Baturité.

3. PROCEDIMENTOS METOLÓGICOS

Este capítulo trata dos procedimentos metodológicos realizados para o cumprimento dos objetivos da pesquisa, desde a obtenção de dados até os métodos de análise adotados.

3.1 Obtenção e tratamento dos dados climáticos

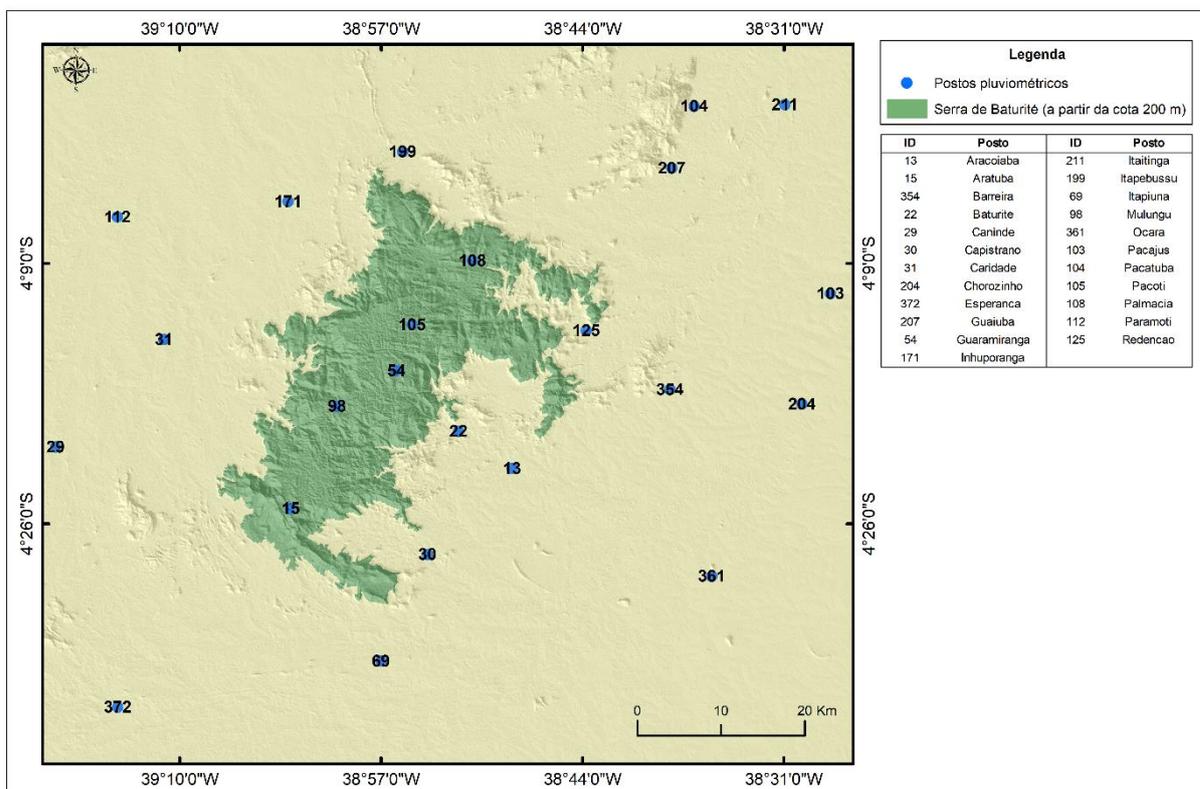
A análise hidroclimática proposto pelo método de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955) tem como base os dados de evapotranspiração potencial, déficit e excedente hídrico obtidos através do balanço hídrico climatológico. Para isto, o balanço hídrico utiliza basicamente os dados de: capacidade de armazenamento de água do solo (CAD), que define o limite de água que solo pode reservar; temperaturas médias mensais, que definem a evapotranspiração potencial mensal; e a pluviometria mensal, que representa a entrada de umidade de água no solo.

Os dados de CAD utilizados foram obtidos através do mapa de “Capacidade de Armazenamento de Água do Solo, considerando a profundidade máxima de 100 cm” elaborado pela Área de Meio Ambiente da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) publicado em 2001.

A série histórica de dados pluviométricos se estendeu de 1989 a 2018 (30 anos) e foram obtidos a partir de 23 postos pluviométricos situados sobre a serra de Baturité e em seu entorno (Figura 2), coletados, mantidos e disponibilizados no site da Funceme.

Devido à inexistência de uma rede de postos meteorológicos com registros de dados térmicos, as temperaturas foram obtidas a partir do software Celina (versão 1.0), desenvolvido por Costa (2007) para estimar as temperaturas médias mensais do estado do Ceará através de regressão linear. Assim, as coordenadas geográficas e a altitude dos postos pluviométricos da FUNCEME foram usadas como referência para as estimativas.

Figura 2 - Postos pluviométricos da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) utilizados na pesquisa.



Fonte: Funceme (2019). Elaborado pelo autor.

Os procedimentos e os tratamentos dos dados realizados ao longo da pesquisa e detalhados a seguir, foram aplicados em todos os anos das séries históricas dos 23 postos pluviométricos representados no mapa acima. No entanto, com o objetivo de evitar a repetição exagerada de informações, as discussões dos resultados sobre a análise das temperaturas, das pluviometrias e do balanço hídrico foram realizadas a partir dos dados dos postos situados em 7 localidades representativas.

A seleção destas localidades teve como base a compartimentação geoambiental realizada por Bastos *et al.* (2017) e, deste modo, foram escolhidas as seguintes: Aratuba (porção meridional do platô); Baturité (*piemont* subúmido); Caridade (*piemont* semiárido); Guaramiranga (porção mais elevada do platô setentrional); Mulungu (porção central do platô); Pacoti (porção setentrional do platô); e Palmácia (vertente dissecada úmida). Após a sua obtenção, os dados térmicos e pluviométricos foram organizados em planilhas do software Microsoft Excel 2016,

cada uma destinada a organizar os dados de cada um posto dos postos individualmente.

Os dados térmicos, por serem calculados através de estimativas, não apresentam a possibilidade da realização de uma análise do seu comportamento ao longo de uma série histórica. Com isto, foi possível verificar apenas a variação espacial e temporal em escala mensal.

Enquanto os dados pluviométricos permitiram tanto a análise da distribuição mensal e sazonal quanto da variabilidade interanual das chuvas. Estas análises foram realizadas a partir de procedimentos metodológicos específicos para cada escala temporal e que foram estabelecidos por trabalhos consagrados dentro do campo da Climatologia geográfica.

A distribuição mensal da pluviometria foi associada à dinâmica atmosférica, que foi reconhecida por meio de consultas bibliográficas em trabalhos destinados à descrição e análise sobre a influência dos sistemas atmosféricos na produção de chuvas no Ceará e no Nordeste brasileiro, dos quais se destacam os seguintes autores: Molion e Bernardo (2002); Ferreira e Mello (2005); Zanella e Sales (2011); Zanella (2014) e Soares (2015).

A atuação dos sistemas atmosféricos e os efeitos da orografia foram associados à variação sazonal da nebulosidade na serra de Baturité que foi verificada a partir da simples observação de imagens mensais do satélite Landsat 8 do ano de 2017. Estas imagens foram compostas pela simulação de cores naturais produzidas por meio de mesclagem das bandas 4 (vermelho), 3 (verde) e 2 (azul), obtidas através do site *Earth Explorer*, mantido pelo *United States Geological Survey* (USGS).

Posteriormente, a distribuição mensal das chuvas foi analisada por meio da elaboração de pluviogramas baseados nos modelos de Schröder (1956), que permitiram verificar a concentração e, conseqüentemente, o ritmo mensal das chuvas dos postos pluviométricos analisados ao longo da série histórica.

Este procedimento consistiu em calcular a concentração percentual de cada mês com base na pluviometria do respectivo ano. Em seguida, os valores obtidos foram classificados a partir das classes de concentração percentual definidas por Schröder (1956), de modo que cada classe recebeu uma simbologia distinta, conforme demonstra a Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação da concentração mensal chuvas com base na proposta de Schröder (1956).

Símbolo	Precipitação Mensal (%)
	Menor que 2%
	Entre 2% e 4%
	Entre 4% e 8,3%
	Entre 8,3% e 12,4%
	Maior que 12,4%
	Mês mais chuvoso

Fonte: Schröder (1956). Elaborado pelo autor.

Por consenso entre os autores consultados, a variabilidade interanual das chuvas que ocorre no Nordeste brasileiro foi associada aos dados históricos das Anomalias das Temperaturas de Superfície do Mar (ATSM) relacionados à ocorrência do El Niño Oscilação Sul (ENOS), que ocorre Oceano Pacífico tropical, e às ATSM que ocorrem nas regiões tropicais do Atlântico Norte (TNA) e do Atlântico Sul (TSA). Os dados referentes a estes fenômenos foram obtidos através dos sites do *Ocean Observations Panel for Climate (OOPC)* e do *Physical Sciences Laboratory (PSL)*, ambos mantidos pela *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*.

A avaliação dos efeitos destes fenômenos sobre os totais anuais da área de estudo foi realizada a partir de um Coeficiente de Variação (CV) proposto por Monteiro (1973). A obtenção dos valores dos CV's consistiu em duas etapas: primeiramente foi realizado o cálculo do desvio padrão (DP) e, após isso, a realização do cálculo dos valores do CV. As Equações 1 e 2 apresentam as fórmulas utilizadas para os cálculos do DP e do CV, respectivamente.

$$DP = x_n - X \quad (1)$$

$$CV = (DP / X) * 100 \quad (2)$$

Nas quais:

DP = desvio padrão

x_n = valor individual da precipitação anual

X = média histórica

CV = Coeficiente de Variação

Os CV's obtidos foram classificados de acordo com os intervalos propostos por Monteiro (1973), que os classificam como anos "secos", "tendentes a seco", "normais", "tendentes a chuvosos" ou "chuvosos". Contudo, ainda foram adicionados e utilizados quatro padrões que indicam intervalos de classes com maiores variações, foram eles: "muito seco", "muito chuvoso", "extremamente seco" e "extremamente chuvoso". A Tabela 2 demonstra as classes dos CV's e as respectivas classificações atribuídas a elas.

Tabela 2 – Classificação dos anos-padrões a partir do Coeficiente de Variação (CV).

Classificação	Variação	Intervalo
Extremamente Seco		$CV \leq -60\%$
Muito Seco	Muito alta (Negativa)	$-60\% < CV < -45\%$
Seco	Alta (Negativa)	$-45\% < CV < -30\%$
Tendente a Seco	Média (Negativa)	$-30\% < CV < -15\%$
Normal	Baixa	$-15\% \leq CV \leq 15\%$
Tendente a Chuvoso	Média (Positiva)	$15\% < CV < 30\%$
Chuvoso	Alta (Positiva)	$30\% < CV < 45\%$
Muito Chuvoso		$45\% < CV < 60\%$
Extremamente Chuvoso	Muito alta (Positiva)	$CV \geq 60\%$

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2 Balanço hídrico climatológico e classificação climática

O balanço hídrico climatológico foi realizado de acordo com o roteiro proposto por Thornthwaite e Mather (1955, 1957), que foi adequadamente sistematizado pelas planilhas em ambiente Excel de Rolim *et al.* (1998) e simplificado por Pereira (2005). Desta forma, foram obtidos os valores anuais e mensais de ETP, excedentes e déficits hídricos, que foram essenciais para a realização da classificação climática.

A análise do balanço hídrico foi realizada a partir dos valores apresentados pelos anos-padrão seco, normal e chuvoso selecionados a partir da configuração dos CV's das localidades de Aratuba, Baturité, Caridade, Guaramiranga, Mulungu, Pacoti e Palmácia, pois estes anos apresentaram condições pluviométricas muito representativas que foram capazes de apreender suficientemente as variações hidroclimáticas que ocorreram ao longo da série histórica, conforme sugere Monteiro (1971).

Em seguida, foi aplicado o SCC de Thornthwaite e Mather (1955) por meio de quatro símbolos definidos pelos seguintes índices climáticos: o índice de umidade efetiva (I_m) define o tipo climático principal; o índices de aridez (I_a) ou de umidade (I_u) definem o primeiro subtipo climático; o índice de eficiência térmica (ETP_a) define o segundo subtipo; e a concentração da eficiência térmica do verão (ET_v) define o terceiro subtipo climático.

No entanto, os TCA's utilizados na presente pesquisa foram compostos apenas pelo tipo principal e pelo primeiro subtipo do SCC de Thornthwaite, assim como foi utilizado por Kuinchtner e Buriol (2001), pois não foi possível analisar as variações interanuais da ETP_a e da ET_v , já que estes índices apresentaram valores fixos pois derivaram dos valores das temperaturas médias mensais estimadas pelo software Celina.

Assim, por meio de sua fórmula (Equação 3), o I_m relaciona os valores dos déficits anuais com os excedentes anuais e a ETP_a . O valor obtido foi classificado de modo a definir o tipo climático principal no qual pode predominar condições de umidade (climas úmidos) ou de aridez (climas secos).

$$I_m = ((EXC_a - DEF_a) / ETP_a) * 100 \quad (3)$$

Na qual:

EXC_a = excedente hídrico anual

DEF_a = déficit hídrico anual

ETP_a = evapotranspiração potencial anual

As classificações dos valores do I_m (Tabela 3), seguiram as modificações feitas por Silva Neto e Sales (2020) que, com base da diversificação do semiárido brasileiro, realizaram uma proposta de reorganização dos intervalos dos climas secos e uma subdivisão do clima Semiárido (D) em 3 diferentes níveis de semiaridez: Semiárido (D1), Semiárido (D2) e Semiárido (D3).

Tabela 3 – Classificação para os valores do índice de umidade efetiva (I_m).

Umidade	Símbolo	Tipo climático	Classes (%)
Climas úmidos	A	Muito úmido	$I_m \geq 100$
	B4	Úmido	$80 \leq I_m < 100$
	B3		$60 \leq I_m < 80$
	B2		$40 \leq I_m < 60$
	B1		$20 \leq I_m < 40$
	C2	Sub-úmido úmido	$0 \leq I_m < 20$
Climas secos	C1	Sub-úmido seco	$-20 \leq I_m < 0$
	D3	Semiárido	$-40 \leq I_m < -20$
	D2		$-60 \leq I_m < -40$
	D1		$-80 \leq I_m < -60$
	E	Árido	$-100 \leq I_m < -80$

Fonte: Silva Neto e Sales (2020).

O índice associado à definição do primeiro subtipo climático é condicionado pelo resultado do I_m de modo que: caso o I_m determine um clima úmido (A, B ou C2), a classificação do subtipo climático deve ser realizada por meio do I_a , calculado através da Equação 4, mas caso determine um clima seco (C1, D ou E), o subtipo climático foi definido pelo I_u , calculado através da Equação 5.

$$I_a = (DEF_a / ETP_a) * 100 \quad (4)$$

$$I_u = (EXC_a / ETP_a) * 100 \quad (5)$$

Nas quais:

EXC_a = excedente hídrico anual

DEF_a = déficit hídrico anual

ETP_a = evapotranspiração potencial anual

As classificações dos valores tanto dos valores do I_a quanto do I_u (Tabela 4), também seguiram as modificações feitas por Silva Neto e Sales (2020) que, neste caso, adicionaram subtipos climáticos referentes às variações sazonais de umidade que ocorrem no outono e na primavera, que comumente correspondem, respectivamente, às estações mais chuvosas e mais secas do Nordeste brasileiro.

Tabela 4 - Classificação dos valores dos índices de aridez (I_a) e de umidade (I_u).

Clima	Símbolo	Descrição	Classificação (%)
Climas úmidos (A, B e C2)	r	Déficit inexistente	$I_a = 0$
	r2	Pequeno déficit	$0 < I_a < 16,7$
	s	Déficit moderado no verão	$16,7 \leq I_a < 33,3$
	a	Déficit moderado no outono	
	w	Déficit moderado no inverno	
	p	Déficit moderado na primavera	
	s2	Grande déficit no verão	$I_a \geq 33,3$
	a2	Grande déficit no outono	
	w2	Grande déficit no inverno	
	p2	Grande déficit na primavera	
Climas secos (C1, D e E)	d	Excesso inexistente	$I_u = 0$
	d2	Pequeno excesso	$0 < I_u < 10,0$
	s	Excesso moderado no verão	$10 \leq I_u < 20,0$
	a	Excesso moderado no outono	
	w	Excesso moderado no inverno	
	p	Excesso moderado na primavera	
	s2	Grande excesso no verão	$I_u \geq 20,0$
	a2	Grande excesso no outono	
	w2	Grande excesso no inverno	
	p2	Grande excesso na primavera	

Fonte: Silva Neto e Sales (2020).

O segundo subtipo climático refere-se à eficiência térmica, que corresponde ao valor anual da ETP, obtida através da soma dos valores mensais que são calculados pela Equação 6, já inserida no roteiro do balanço hídrico. A partir disto, os valores anuais são classificados de acordo com a Tabela 5.

$$ETP_m = 16 * (10 * T_m / I)^a \quad (6)$$

Na qual:

ETP_m = evapotranspiração mensal

T_m = temperatura média mensal

I = índice de calor da região

a = constante de Thornthwaite

Tabela 5 - Classificação da eficiência térmica a partir dos valores anuais de evapotranspiração potencial (ETP_a).

Símbolo	Tipo Climático	Classes ETP_a (mm)
A'	Megatérmico	ETP _a ≥ 1140
B'4		1140 > ETP _a ≥ 997
B'3	Mesotérmico	997 > ETP _a ≥ 885
B'2		885 > ETP _a ≥ 712
B'1		712 > ETP _a ≥ 570
C'2	Microtérmico	570 > ETP _a ≥ 427
C'1		427 > ETP _a ≥ 285
D'	Tundra	285 > ETP _a ≥ 142
E'	Gelo	ETP _a < 142

Fonte: Thornthwaite (1948).

O terceiro subtipo climático, definido pela concentração da eficiência térmica do verão (ET_v), foram obtidos através da Equação 6 e classificados de acordo com a Tabela 6.

$$ET_v = (\sum ETP_v / ETP_a) * 100 \quad (6)$$

Na qual:

$\sum ETP_v$ = somatório dos valores de ETP no período do verão

ETP_a = evapotranspiração potencial anual

Tabela 6 - Classificação dos valores da efetividade térmica do verão (ET_v).

Símbolo	Classes de ETV (%)
a'	ET _v < 48
b'4	48 ≤ ET _v < 51,9
b'3	51,9 ≤ ET _v < 56,3
b'2	56,3 ≤ ET _v < 61,6
b'1	61,6 ≤ ET _v < 68
c'2	68 ≤ ET _v < 76,3
c'1	76,3 ≤ ET _v < 88
d'	88 ≤ ET _v

Fonte: Thornthwaite (1948).

Após a classificação climática foi seguida uma abordagem realizada por Dubreuil *et al.* (2018) que aplicou o SCC de Köppen para o território brasileiro em uma extensa série histórica. Assim, para a serra de Baturité, foram analisadas as

frequências relativas (em porcentagem) dos tipos climáticos anuais (TCA) que ocorreram ao longo da série histórica dos postos pluviométricos de cada localidade. Finalmente, foi atribuído o TCA habitual para cada localidade, sendo este o tipo climático que ocorreu de forma frequente ao longo dos anos analisados.

3.3 Elaboração dos mapas climáticos

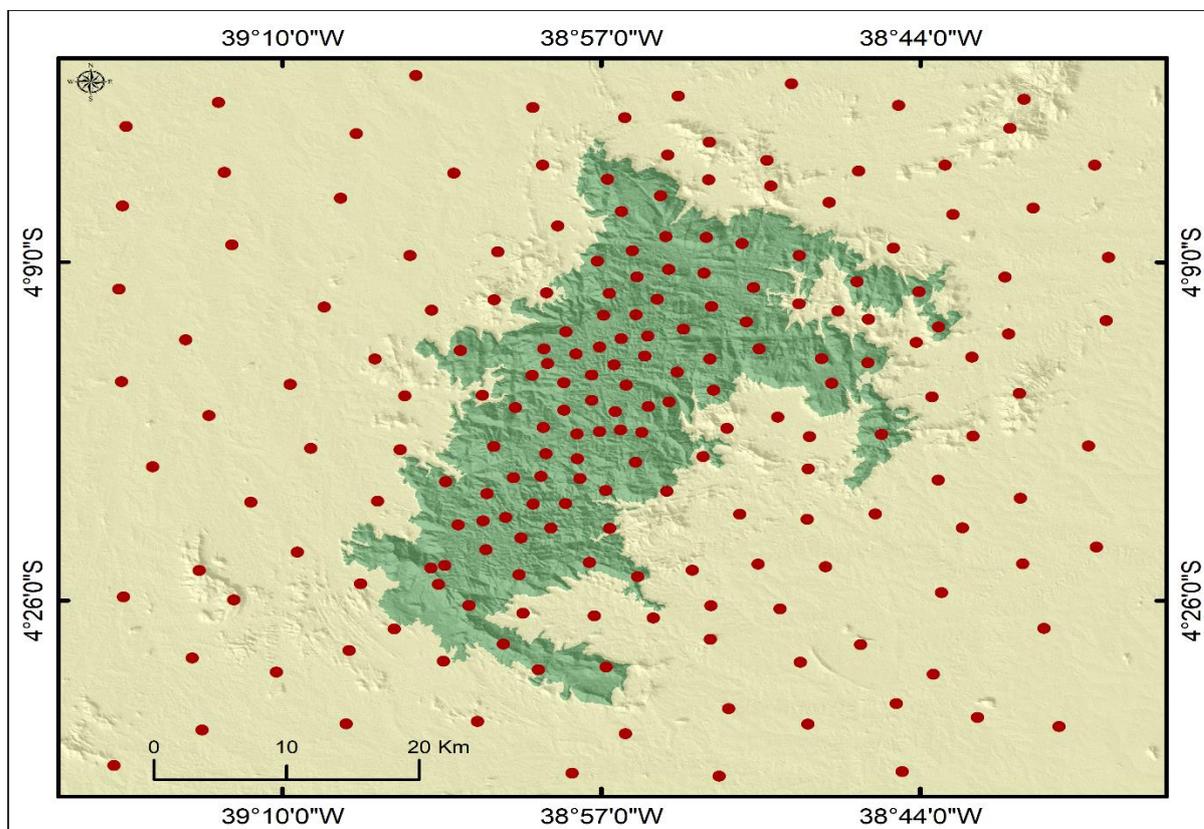
A elaboração dos mapas foram realizadas através do software *ArcMap 10.5* e foram divididos em dois procedimentos básicos: o primeiro se referiu ao processo de elaboração dos mapas das temperaturas médias mensais e da eficiência térmica anual; e o segundo se referiu ao processo de elaboração dos mapas da pluviometria média anual e da proposta de classificação climática para a área de estudo.

3.3.1 Mapeamento das temperaturas médias mensais e da eficiência térmica

A utilização de dados térmicos obtidos a partir do software *Celina* (versão 1.0), apresentaram a desvantagem de não permitir uma análise temporal dos dados térmicos. Por outro lado, a possibilidade de obter dados térmicos de qualquer ponto da área de estudo beneficiou o processo de mapeamento das temperaturas médias mensais.

Portanto, foi utilizado o método de aplicação de regressões lineares em arquivos *rasters* contendo os dados de latitude, longitude e altitude. Para isto, inicialmente foi criada uma extensa malha composta por 198 pontos espalhados pela serra de Baturité e seu entorno (Figura 3), que serviram de referência tanto para a estimativa das temperaturas quanto para o cálculo da eficiência térmica anual.

Figura 3 – Pontos utilizados nas estimativas das temperaturas médias mensais da serra de Baturité.



Fonte: Elaborado pelo autor. Legenda: Pontos em vermelho = pontos de estimativa; Área em verde = serra de Baturité.

A partir das temperaturas dos pontos de estimativas, foram elaboradas regressões lineares, através software Microsoft Excel, de forma que nelas foi considerado que a variável dependente é a temperatura média mensal ou a ETP_a , e as variáveis independentes são as coordenadas geográficas e a altitude. Portanto, foi adotado um modelo de regressão múltipla expresso pela Equação 7.

$$Y = a + (b * x) + (c * y) + (d * z) \quad (7)$$

Na qual:

Y = temperatura média mensal (°C) ou eficiência térmica anual (mm)

a = ponto de interseção

b = coeficiente referente à influência da latitude

c = coeficiente referente à influência da longitude

d = coeficiente referente à influência da altitude

x = latitude do ponto em graus decimais

y = longitude do ponto em graus decimais

z = altitude do ponto (m).

Os valores x, y e z foram obtidos através da extração das coordenadas dos pontos de estimativa, enquanto os coeficientes (a, b, c e d) foram calculados no Excel por meio da função Regressão, encontrada na aba de Análise de Dados. Esta função também forneceu o valor dos R-quadrático para cada mês do ano, possibilitando verificar o ajustamento dos valores em relação à reta de regressão.

A Tabela 7 apresenta os coeficientes calculados para cada mês do ano e para a ETP anual, assim como o R-quadrático de cada regressão. A partir da tabela é possível verificar que os R-quadráticos apresentaram valores muito elevados, indicado um alto nível de correlação entre as variáveis analisadas.

No entanto, é necessário salientar que, pela utilização de temperaturas estimadas, já eram esperadas correlações muito elevadas. Desta forma, os demais trabalhos que venham a replicar esta metodologia, mas que utilizarem valores oriundos de medições reais, devem verificar se os valores dos R-quadráticos e os valores estimados são suficientemente adequados para a sua aplicação.

Tabela 7 – Coeficientes e R-quadráticos das regressões lineares para estimativa das temperaturas médias mensais e da evapotranspiração potencial anual (ETP_a) da serra de Baturité.

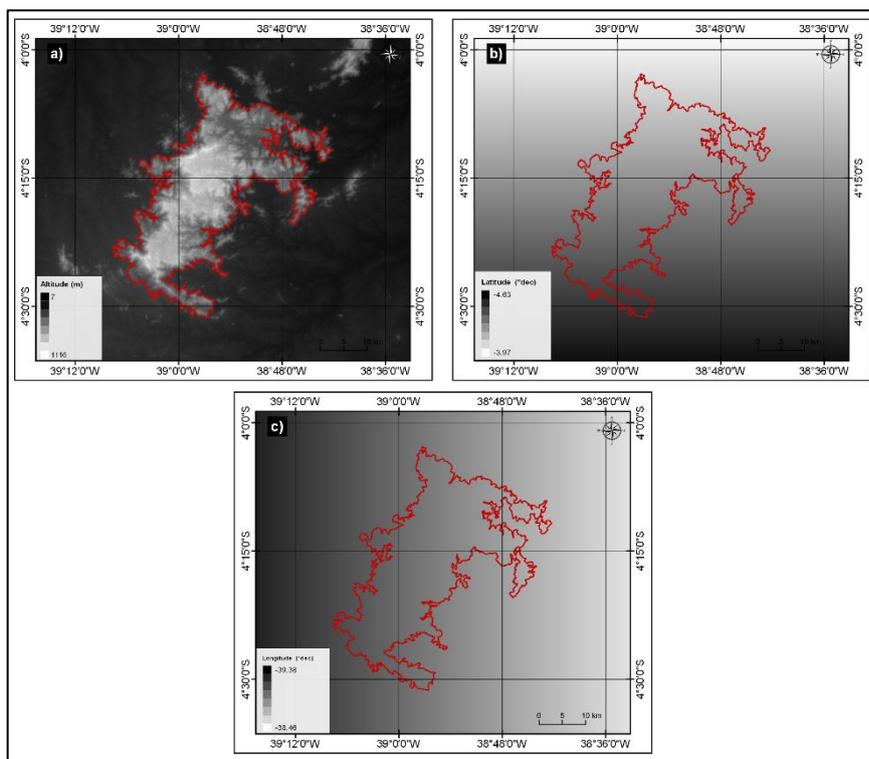
Mês	R ²	Coeficiente			
		a	b	c	d
Jan	0,9996	16,6604	-0,9246	-0,2013	-0,0079
Fev	0,9997	27,6402	-0,4257	0,0384	-0,0077
Mar	0,9994	34,9604	-0,1812	0,2160	-0,0073
Abr	0,9984	27,9638	-0,2727	0,0503	-0,0075
Mai	0,9988	22,7702	-0,3139	-0,0817	-0,0077
Jun	0,9990	15,2158	-0,2857	-0,2746	-0,0082
Jul	0,9976	6,1754	-0,6188	-0,4646	-0,0085
Ago	0,9989	-1,9002	-1,0108	-0,6492	-0,0086
Set	0,9988	-5,6447	-1,3669	-0,7158	-0,0085
Out	0,9982	-3,2218	-1,4657	-0,6453	-0,0085
Nov	0,9984	2,6475	-1,3913	-0,5078	-0,0083
Dez	0,9981	4,8854	-1,2984	-0,4632	-0,0082
ETP _a	0,9758	1281,7356	-131,4065	1,6655	-0,9922

Fonte: Elaborado pelo autor.

A etapa seguinte do procedimento proposto exigiu a utilização de três arquivos em formato *raster*: o primeiro contendo pixels com valores de altitude; o segundo contendo pixels com os valores de latitude; e o terceiro contendo os valores de longitude. O primeiro, com os valores altimétricos, é o próprio modelo digital de elevação (MDE) (Figura 4a) obtido através das cenas do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução espacial de 30 m, enquanto os outros arquivos que contêm os valores de latitude e longitude foram gerados a partir dele.

A criação dos demais arquivos foi realizada no *ArcMap*, onde o MDE foi convertido em um grid vetorial de pontos, em formato *shapefile*. Em seguida, através da *Attribute Table*, foi atribuído para cada ponto o valor de sua própria latitude e, após isso, o grid foi convertido novamente para o formato *raster*, resultando na Figura 4b. Para a elaboração do arquivo contendo os valores de longitude, foi realizado o mesmo procedimento, porém, na *Attribute Table*, foi atribuído a cada ponto o valor de sua própria longitude de modo que foi gerada a Figura 4c.

Figura 4 – Arquivos *rasters* contendo os valores de altitude, latitude e longitude da serra de Baturité.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Finalmente, as equações foram aplicadas através da *Raster Calculator* que permitiu a execução dos cálculos utilizando os coeficientes obtidos previamente e os valores dos *pixels* dos arquivos *rasters* criados. Desta forma, os *pixels* dos arquivos resultantes apresentaram os dados das temperaturas médias mensais estimadas, cada arquivo com os valores referentes ao mês da equação que foi aplicada e da eficiência térmica anual.

3.3.2 Mapeamento da pluviosidade média anual e dos índices de classificação climática

A elaboração do mapeamento da pluviosidade média anual e da classificação climática foi realizado a partir do método de interpolação conhecido como *krigagem* ordinária que, de acordo com Yamamoto e Landim (2015), é um processo geoestatístico de estimativa de valores de variáveis distribuídas no espaço ou no tempo, que se baseia em valores adjacentes quando considerados interdependentes pela análise variográfica.

Este método de interpolação pode ser comparado com os métodos tradicionais de estimativa por médias ponderadas ou por médias móveis, mas apresenta a diferença fundamental que somente a *krigagem* apresenta estimativas não tendenciosas e a mínima variância associada ao valor estimado (YAMAMOTO; LANDIM, 2015).

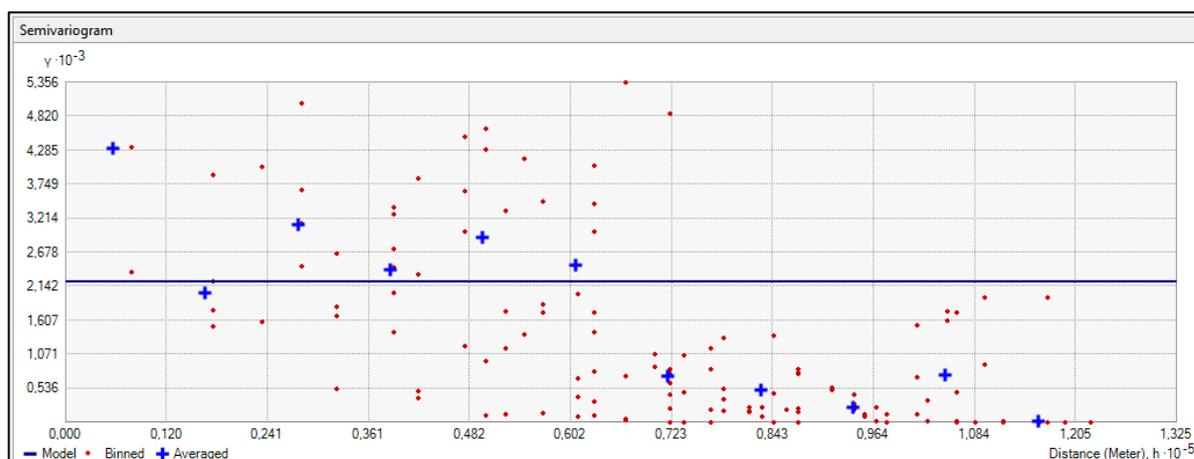
As estimativas geoestatísticas derivadas dos métodos de *krigagem* apresentam, normalmente, resultados superiores aos demais métodos de interpolação numérica, pois fazem uso da função de um semivariograma ao invés de métodos puramente geométricos. O semivariograma é um gráfico de dispersão entre a semivariância e distância dos pontos amostrados. Deste modo, o semivariograma serve para analisar a dependência espacial entre as amostras utilizadas (MARCUSO *et al.*, 2011).

Ferreira *et al.* (2013) considera que o semivariograma é a ferramenta básica para a utilização das técnicas de *krigagem*, pois ele permite modelar a dependência espacial entre as amostras. Por isto, para a realização de uma interpolação que utiliza a *krigagem*, é necessário ajustar uma função ao semivariograma experimental. Caso o modelo for ajustado de forma inapropriada, a *krigagem* conterà erros de estimativa que fornecerão informações distorcidas do fenômeno em questão. Portanto o ajuste de semivariograma é uma fase crucial na análise geoestatística e deve receber uma atenção especial (VILELA, 2004).

A partir disto, foi utilizada a *krigagem* ordinária que se trata de um método semelhante à *krigagem* simples, mas com a média local calculada pela *krigagem* da média. Este é método mais utilizado tanto pela simplicidade quanto pela qualidade dos resultados que proporciona. Assim, a *krigagem* ordinária é um método de estimativa local e, desta forma, a estimativa em um ponto não amostrado resulta da combinação linear dos valores encontrados na vizinhança próxima (YAMAMOTO; LANDIM, 2015).

A *krigagem* ordinária foi aplicada por meio do módulo *Geostatistical Analyst*, presente no *ArcMap 10.5*, e nele foi verificado que os dados dos índices de umidade efetiva (I_m) dos tipos de climas mais frequentes não apresentaram uma distribuição espacial adequada para o estabelecimento de um modelo matemático capaz de apreender a sua variação espacial, como mostra o semivariograma da Figura 5.

Figura 5 – Semivariograma gerado a partir dos índices de umidade efetiva (I_m) atribuídos aos postos pluviométricos da Funceme.



Fonte: Geostatistical Analyst / ArcMap 10.5.

Para solucionar esta limitação, foi adotada a técnica proposta por Romani *et al.* (2007), que elaborou uma rede de postos meteorológicos virtuais no território brasileiro visando amenizar os problemas relacionados à insuficiência de postos reais com registros de dados térmicos.

Este autor criou uma série de estações virtuais que corresponderam a estações fictícias que tiveram como base a rede de estações meteorológicas reais. Devido à extensão da área de estudo de sua pesquisa, este autor definiu um modelo em que cada estação virtual teve como referência uma estação real que estivesse num raio de até 100 km e que as variações altimétricas apresentadas pelas estações virtuais foram compensadas por uma redução ou acréscimo de 0,65 °C a cada 100 m com relação à estação real da qual deriva.

Devido às diferenças de escala espacial, os postos virtuais criados na área de estudo da presente pesquisa seguiram outros critérios que buscaram evitar a ocorrência de distorções na distribuição espacial dos dados.

O primeiro critério, definiu que os postos virtuais deveriam estar situados dentro dos limites municipais do seu posto pluviométrico de referência, pois a intenção deste procedimento foi simular uma rede de postos reais e, portanto, não é conveniente que um posto virtual situado em um município tenha como base os dados de um posto real situado fora dos limites municipais.

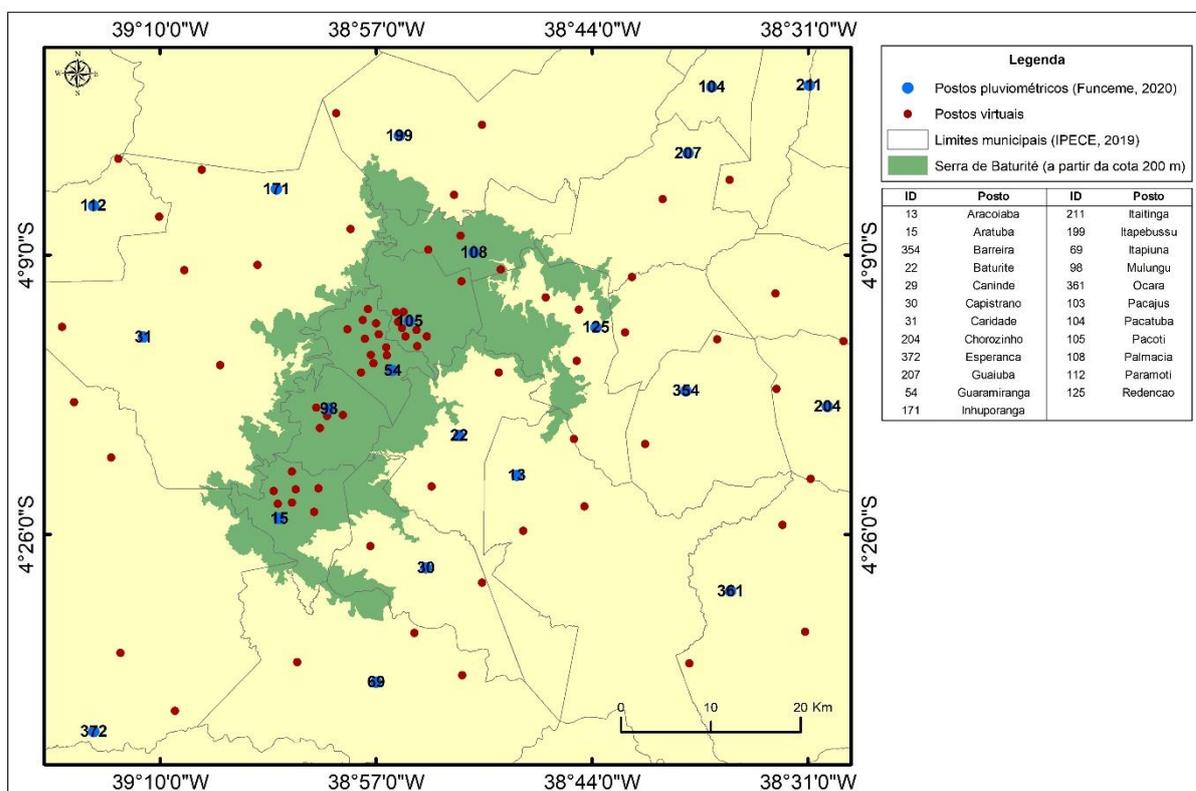
O segundo critério definiu que os postos virtuais também não poderiam exceder a distância de 10 km com relação ao posto real de referência. Este critério

buscou evitar que exista uma grande diferença nos fatores climáticos locais entre os postos.

E o terceiro critério definiu que a diferença altimétrica entre os postos virtuais e o posto de referência não poderia ser superior a 100 m, assim como não poderia existir obstáculo(s) topográfico(s) superior(es) a esta cota entre estes postos, pois deste modo seriam evitadas variações consideráveis nas temperaturas, na pressão atmosférica e na exposição aos ventos.

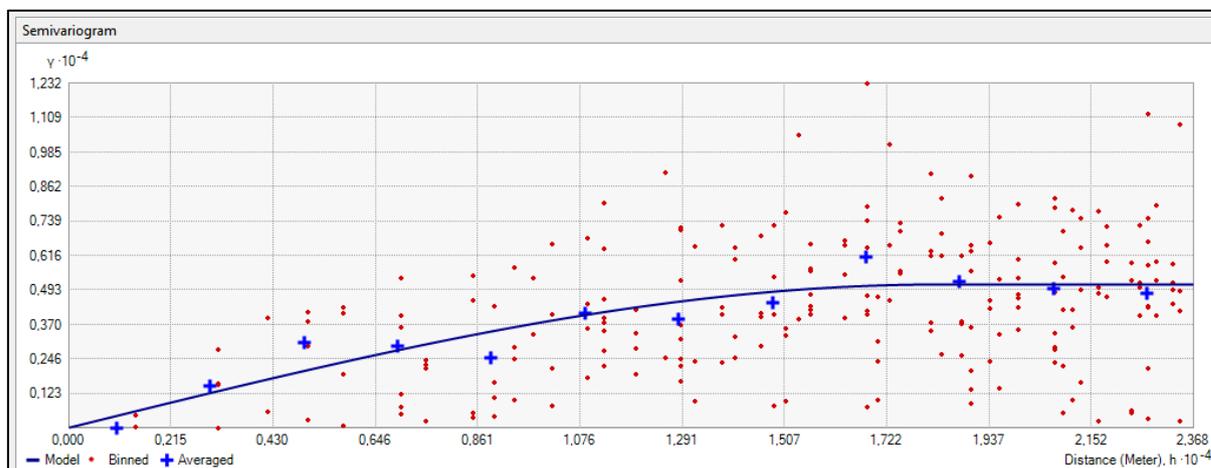
Como resultado, houve um notável aumento da densidade de postos na área de estudo, como mostra a Figura 6. E ao atender estes critérios, foi assumido que os postos virtuais apresentaram basicamente as mesmas condições ambientais dos postos reais dos quais derivaram e por isso os seus bancos de dados foram preenchidos com os mesmos dados termopluviométricos e índices climáticos dos seus postos de referência. Além disto, foi observada uma expressiva melhora na apreensão dos dados pelo modelo matemático adotado, como demonstra o semivariograma na Figura 7.

Figura 6 – Distribuição dos postos pluviométricos da Funceme e postos virtuais criados para a área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

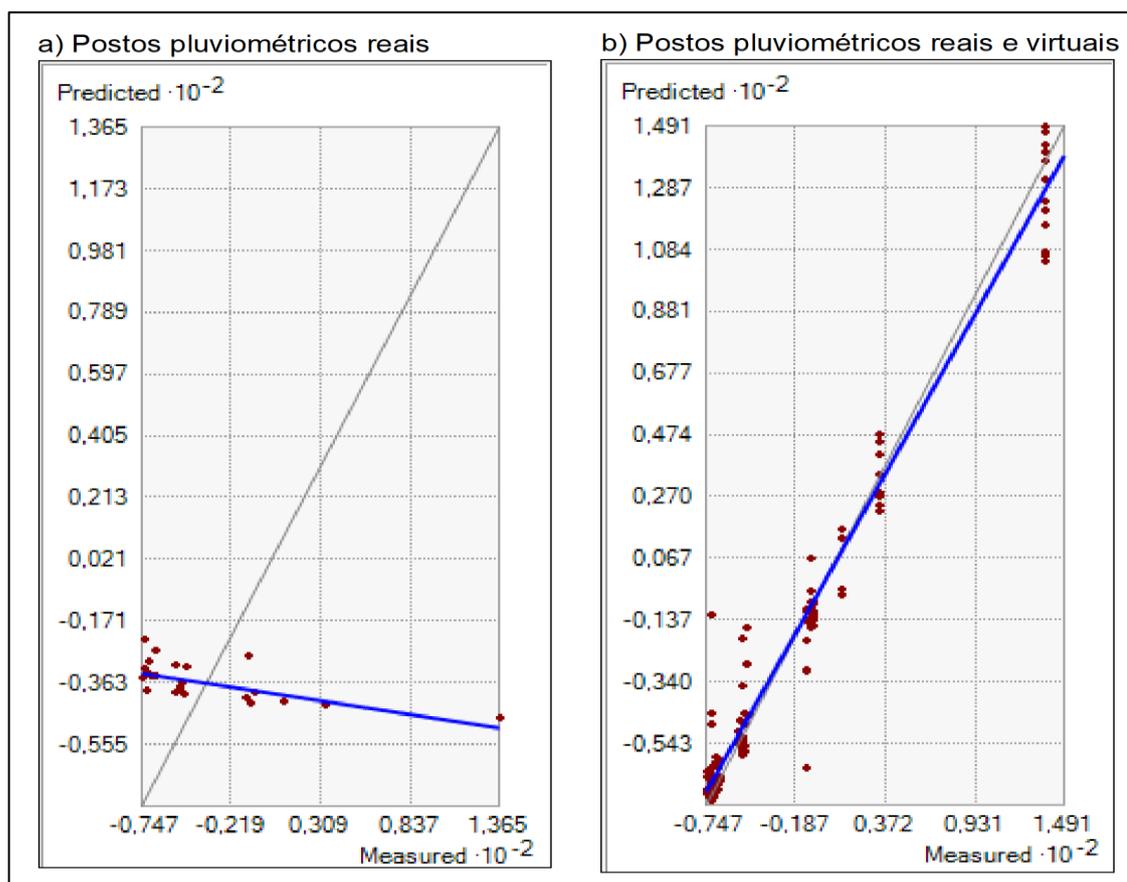
Figura 7 – Semivariograma gerado a partir dos índices de umidade efetiva (I_m) atribuídos aos postos pluviométricos da Funceme e aos postos virtuais criados na área de estudo.



Fonte: Geostatistical Analyst/ArcMap 10.5.

A Figura 8 apresenta os gráficos com a predição dos valores dos I_m a partir do modelo matemático adotado para o mapeamento, que demonstrou que adoção dos postos virtuais permitiu a realização e o aprimoramento do mapeamento deste índice, pois estabeleceu uma base de dados adequada para a realização dos procedimentos geoestatísticos e para uma boa representação cartográfica que permitiu considerar a distribuição espacial dos TCA's.

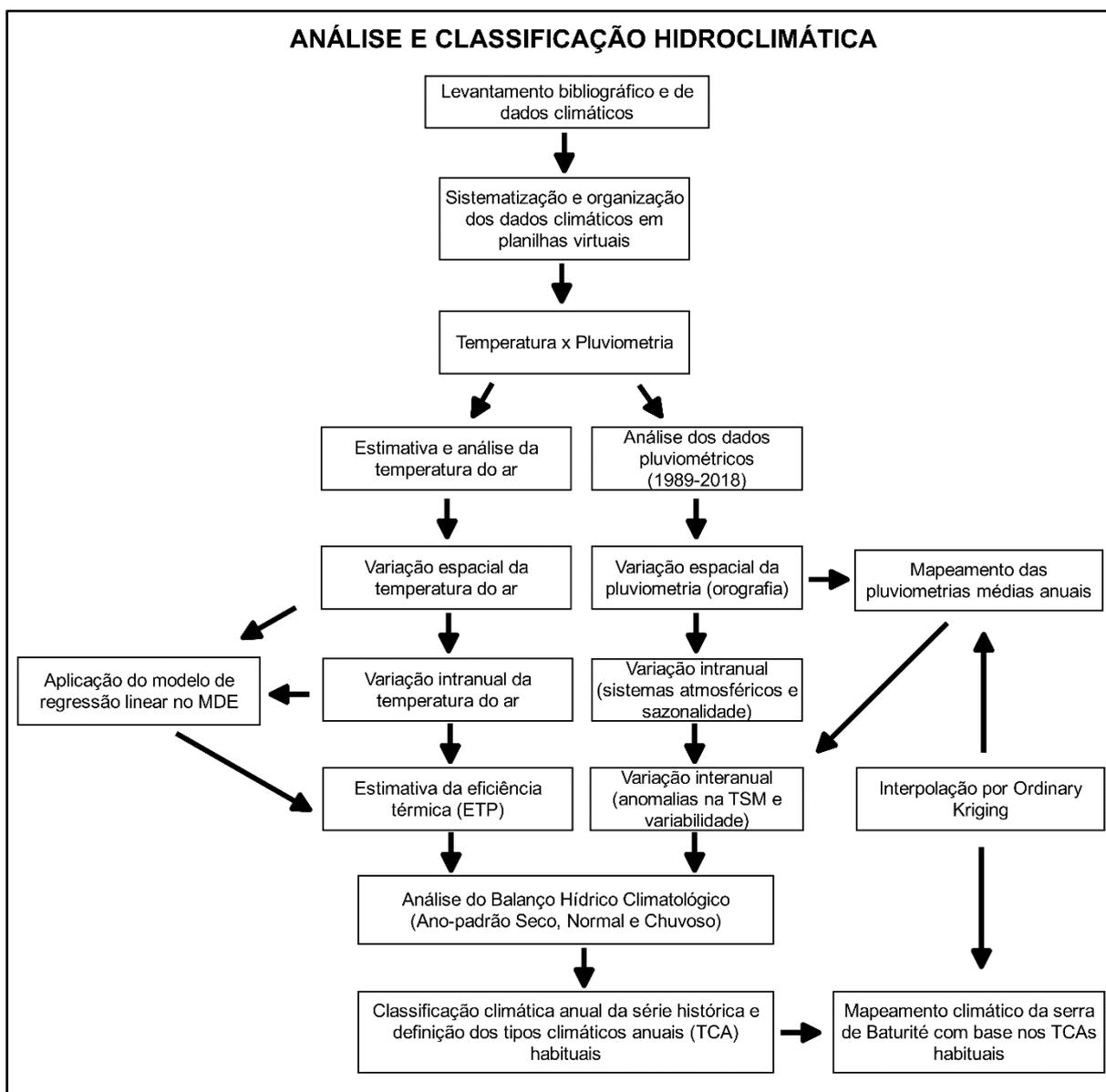
Figura 8 – Predição dos valores dos índices de umidade efetiva (I_m) pelo modelo matemático adotado para o mapeamento.



Assim, os procedimentos metodológicos adotados e executados permitiram a realização de uma análise da dinâmica hidroclimática e a identificação das variações temporais e espaciais dos TCA's que ocorreram ao longo da série histórica das localidades situadas sobre a serra de Baturité e em seu entorno.

Por fim, estes procedimentos foram sistematizados de forma simplificada a partir do fluxograma na Figura 9.

Figura 9 – Fluxograma com a sistematização e simplificação dos procedimentos metodológicos realizados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4. INFLUÊNCIA DA SERRA DE BATURITÉ NA VARIAÇÃO DAS TEMPERATURAS DO AR E DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL

Neste capítulo é realizada uma análise acerca das temperaturas médias (mensais e anuais) e das taxas de evapotranspiração potencial que ocorrem na serra de Baturité. Esta análise foi baseada em dados quantitativos a partir dos quais foram realizados mapeamentos térmicos e a classificação climática por meio da eficiência térmica anual e de sua concentração sazonal conforme o modelo de Thornthwaite (1948).

4.1 Variação espacial das temperaturas médias do ar na serra de Baturité

A temperatura do ar é considerada um elemento climático responsável por efeitos que são essenciais para a realização de processos naturais que ocorrem na Terra, tanto aqueles de ordem fisiológica, que são realizados pelos seres vivos, quanto aqueles que ocorrem no meio abiótico. O crescimento e desenvolvimento das plantas, por exemplo, possuem forte associação com este elemento, enquanto os animais também apresentam características fisiológicas que correspondem a adaptação às condições térmicas em que estão inseridos.

As variações da temperatura do ar se processam conforme o recorte espacial e temporal em que se encontram, sendo influenciada por diversos fatores que ocorrem sobre a superfície (albedo, composição do ar, maritimidade, continentalidade, etc.). Entretanto, dentre estes fatores, a latitude é o que exerce o maior controle na distribuição da temperatura da Terra, pois ela define o ângulo de incidência dos raios solares, a duração do dia e o fotoperíodo (NIMER, 1989).

Outra propriedade importante que a temperatura do ar possui, é a influência direta que ela exerce nas taxas de evapotranspiração potencial, de tal forma que a quantificação deste processo que busca estimar a quantidade de água necessária para a realização tanto do processo físico de evaporação quanto para o processo biológico de transpiração realizado pelas plantas, pode ser considerada como um índice de eficiência térmica (THORNTHWAITE, 1948).

Desta forma, a compreensão do regime térmico possibilita a realização de um controle adequado sobre o aproveitamento e uso da água seja para o abastecimento humano ou para fins econômicos, sobretudo nas regiões áridas e

semiáridas. Do ponto de vista meteorológico, os estudos sobre a temperatura do ar e da evapotranspiração potencial também possuem grande importância devido ao vapor d'água apresentar um importante papel no transporte meridional de energia, o que interfere diretamente no balanço de energia em escala planetária (VAREJÃO-SILVA, 2001).

A variação de insolação é uma função inversa da latitude. Ou seja, a temperatura local tende a diminuir a medida em que se distancia do Equador geográfico. Logo, basicamente todas as regiões próximas à linha do Equador apresentam médias térmicas anuais elevadas (NIMER, 1989).

O Nordeste do Brasil é submetido a uma forte radiação solar, justificada pelo baixo ângulo dos raios solares que incidem sobre esta região. O Ceará, assim como o Nordeste brasileiro, possui um predomínio de médias térmicas anuais elevadas, entre 26,0 e 28,0°C, que são consideravelmente amenizadas somente pelas condições climáticas referentes à influência das variações locais da altitude (NIMER, 1989; ZANELLA, 2014).

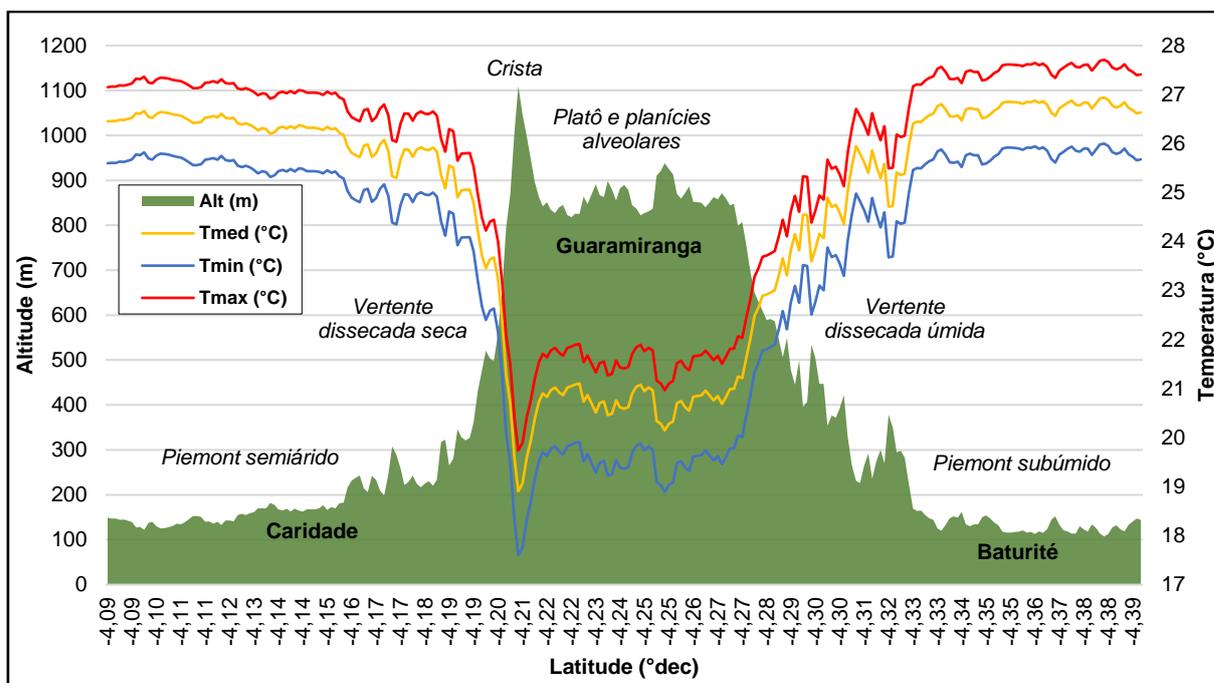
Seguindo este quadro, as áreas que compõem o *piemont* seco e o *piemont* úmido da serra de Baturité, com altitudes inferiores a 200 m, apresentaram temperaturas médias anuais entre 25,0°C e 27,0°C. As vertentes, localizadas nas cotas altimétricas entre 200 e 800 m, apresentaram médias anuais entre 23,0°C e 25,0°C. Os platôs, com cotas altimétricas entre 800 e 1000 m, apresentaram médias anuais entre 19,0°C e 21,0°C. As temperaturas médias anuais mais baixas, entre 17,0°C e 19,0°C, ocorreram apenas em uma pequena área que se resume às cristas mais elevadas que ultrapassam os 1000 m de altitude.

As temperaturas médias mínimas nos *piemontes* variaram entre 25,0°C e 26,0°C, enquanto nas vertentes variaram entre 24,0°C e 19,0°C e nos platôs variaram de 19,0°C a 17,0°C nas cristas mais elevadas. Já as temperaturas médias máximas dos *piemontes* variaram entre 26,0°C e 28,0°C, enquanto nas vertentes elas se concentraram entre 22,0°C e 25,0°C e variaram entre 19,0°C e 21,0°C nos platôs e nas cristas.

A Figura 10 apresenta um gráfico que demonstra a variação das temperaturas médias anuais, médias mínimas e médias máximas ao longo do perfil topográfico da serra de Baturité obtida a partir da aplicação das regressões lineares. Por meio das equações lineares foi verificada uma redução das temperaturas médias mínimas anuais de 0,85°C a cada ganho de 100 metros de altitude, enquanto para a

mesma variação altimétrica, as temperaturas médias anuais apresentaram um decréscimo de $0,81^{\circ}\text{C}$ e as médias máximas apresentaram uma redução de $0,80^{\circ}\text{C}$.

Figura 10 – Variação das temperaturas médias anuais, mínimas médias e máximas médias ao longo do perfil topográfico (SE-NO) da serra de Baturité.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O gráfico apresentou ainda um cenário que está de acordo com o trabalho de Zanella (2014) sobre o semiárido do nordeste brasileiro, no qual a autora considera que apenas as áreas situadas em altitude mais elevadas apresentam médias inferiores a $26,0^{\circ}\text{C}$, podendo ser inferiores a $20,0^{\circ}\text{C}$ em locais mais específicos, influenciados por altitudes superiores a 1000 m.

Esta configuração auferiu à serra de Baturité um verdadeiro aspecto de “ilha”, conforme consta nas literaturas clássicas sobre os enclaves úmidos e subúmidos do Nordeste do Brasil, na qual predominaram temperaturas médias anuais inferiores a 25°C a partir da cota de 200 m e que, ao longo do ano, chegam a atingir cerca de 17°C nas cristas mais elevadas da serra.

Desta forma, a serra de Baturité se encontrou cercada por áreas que apresentaram temperaturas médias que se concentraram predominantemente no intervalo entre 25°C e 27°C , representadas pelos *pie montes* subúmidos e semiáridos. Estes ambientes chegaram a apresentar entre 27°C e 29°C nos períodos mais

quentes, enquanto o platô, com cotas altimétricas superiores a 800 m, apresentou temperaturas consideravelmente mais amenas, com cerca de 6°C a menos.

Ao utilizar as localizações dos postos pluviométricos como referência (Tabela 8), observou-se que o posto de Baturité, situado na cota altimétrica de 129 m, apresentou as temperaturas mais elevada, com média anual de 26,7°C, média mínima de 25,8°C e média máxima de 27,4°C, seguido por Caridade, situado na cota altimétrica de 144 m, com média anual de 26,6°C, média mínima de 25,7°C e média máxima de 27,3°C.

Tabela 8 – Temperaturas médias (T_{med}), médias mínimas (T_{min}) e médias máximas (T_{max}) de Aratuba, Baturité, Caridade, Guaramiranga, Mulungu, Pacoti e Palmácia.

Localidade	Altitude (m)	T_{med} (°C)	T_{min} (°C)	T_{max} (°C)
Aratuba	824	21,2	20,0	22,1
Baturité	129	26,7	25,8	27,4
Caridade	144	26,6	25,7	27,3
Guaramiranga	876	20,7	19,4	21,5
Mulungu	785	21,5	20,3	22,3
Pacoti	791	21,3	20,1	22,1
Palmácia	422	24,2	23,2	24,9

Fonte: Celina (versão 1.0). Elaborado pelo autor.

Para Palmácia, situada próxima das cotas médias da serra de Baturité, apresentou uma temperatura média anual de 24,2°C, uma média mínima de 23,2°C e média máxima de 24,9°C. Mulungu, situado na cota altimétrica de 785 m, apresentou uma temperatura média anual de 21,5°C, média mínima de 20,3°C e média máxima de 22,3°C. De forma semelhante, Pacoti, localizada em uma altitude de 791 m, apresentou uma média anual de 21,3°C, média mínima de 20,1°C e média máxima de 22,1°C.

Assim, conforme esperado, os pontos situados nas cotas altimétricas mais elevadas apresentaram temperaturas mais amenas, como foram os casos de Aratuba e Guaramiranga. De forma que o situado em Aratuba apresentou uma temperatura média anual de 21,2°C, média mínima de 20,0°C e média máxima de 22,1°C, enquanto o de Guaramiranga apresentou uma média anual de 20,7°C, média mínima de 19,4°C e média máxima de 21,5°C.

4.2 Variação mensal das temperaturas médias mensais do ar ao longo do ano

As variações mensais e sazonais de temperatura de um determinado lugar ocorrem de acordo com o volume de insolação recebida. Nas regiões equatoriais e tropicais estas variações são muito pequenas, pois nestas áreas com baixas latitudes o Sol atinge o zênite duas vezes por ano durante os equinócios de outono e primavera, e se mantém alto durante todo o ano. Portanto, de forma geral, as temperaturas nestas regiões são sempre elevadas e apresentam um pequeno aumento no verão e são ligeiramente mais baixas durante o inverno.

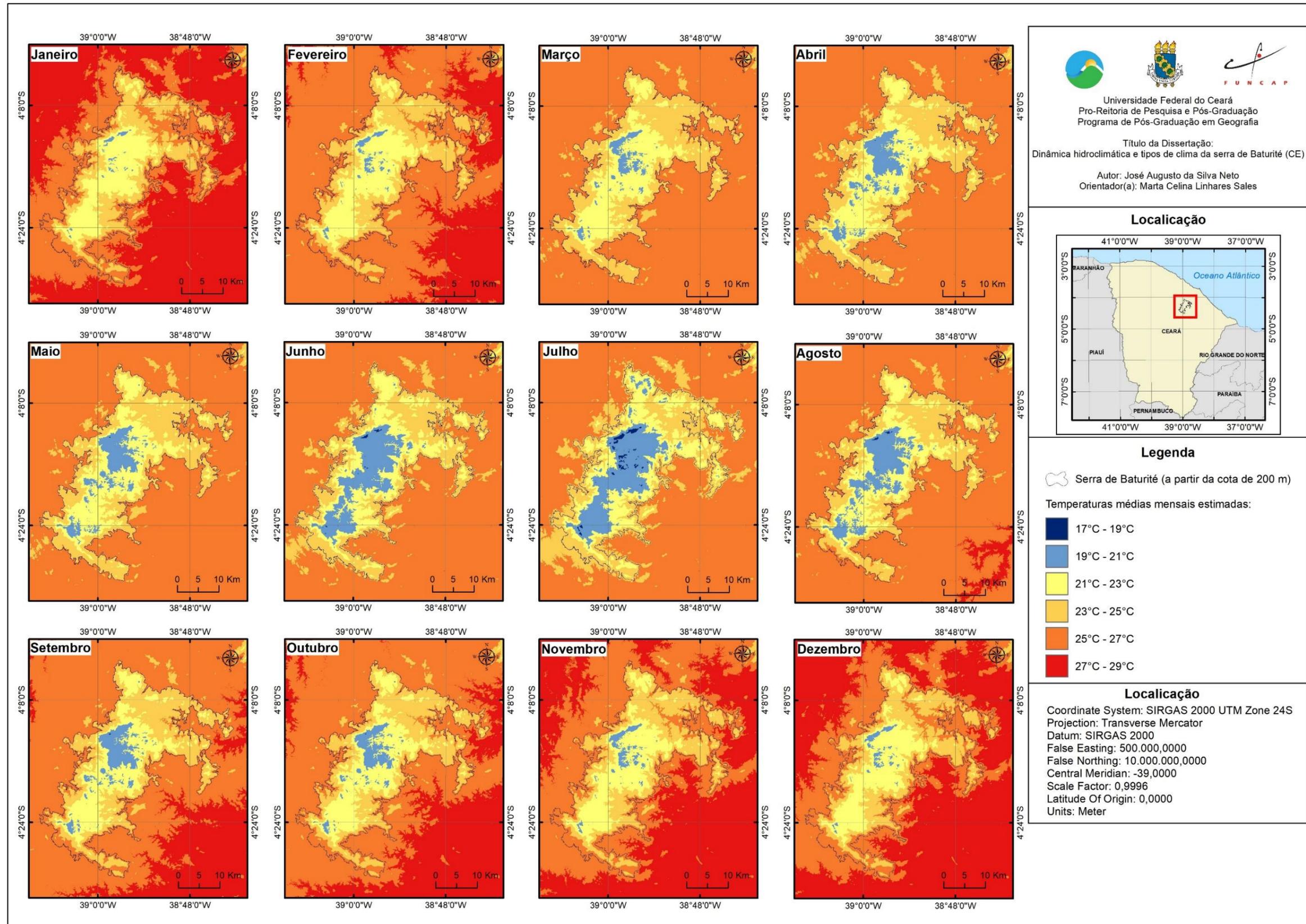
Assim, é possível notar que o ritmo e a amplitude térmica ao longo do ano observada nas latitudes médias são cada vez menos perceptíveis à medida que se aproxima dos trópicos. Em conformidade com este cenário, a amplitude das temperaturas média mensais no Nordeste brasileiro são quase insignificantes, variando de 5°C a menos de 2°C em determinados locais (NIMER, 1989).

As estimativas das temperaturas médias mensais para a serra de Baturité apontaram que as mínimas médias ocorrem no mês de julho, inverno no hemisfério Sul, e as máximas ocorrem geralmente no mês janeiro, mas também podem ocorrer mais raramente nos meses de novembro e dezembro, que correspondem aos meses do verão no hemisfério Sul.

O mapeamento das temperaturas médias mensais (Figura 11), demonstrou que de janeiro a junho, do verão ao outono no hemisfério sul, ocorreu simultaneamente um decréscimo na ocorrência de áreas que apresentaram temperaturas médias entre 27,0°C e 29,0°C, e um acréscimo daquelas que apresentaram as classes com temperaturas mais amenas. Em julho, já no inverno, a classe com temperaturas médias entre 17,0°C e 19,0°C apresentou sua maior representatividade espacial, mas ainda se resumiu apenas às cristas mais elevadas da serra de Baturité.

A partir de então, nos meses da primavera no hemisfério Sul, foi observado que as temperaturas médias entre 27,0°C e 29,0°C voltaram a ocorrer e a aumentar nos meses seguintes, enquanto as áreas com classes de temperaturas mais amenas passaram então a se retrair, indicando que as temperaturas médias voltaram a subir em toda a área analisada, de tal forma que o mês de dezembro, início do verão, se apresentou como um dos meses com as maiores médias mensais.

Figura 11 – Mapeamento das temperaturas médias mensais da serra de Baturité.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com o mapeamento realizado e com base nas temperaturas médias mensais para os pontos referentes aos postos pluviométricos das localidades analisadas (Tabela 9), foi observado que os postos de Baturité e Caridade apresentaram temperaturas médias mensais muito próximas e que ficaram em torno dos 27,0°C nos meses do verão, ultrapassando de forma discreta este valor nos meses de janeiro e dezembro. Do outono ao inverno as médias mensais ficaram em torno dos 26,0°C para ambas localidades e, após estas estações, passaram a se aproximar e a ultrapassar a marca de 27,0°C ao longo da primavera.

Tabela 9 – Temperaturas médias mensais (°C) de Aratuba, Baturité, Caridade, Guaramiranga, Mulungu, Pacoti e Palmácia.

Mês	Localidade						
	Aratuba	Baturité	Caridade	Guaramiranga	Mulungu	Pacoti	Palmácia
Jan	22,1	27,4	27,3	21,5	22,3	22,1	24,9
Fev	21,6	27,0	26,8	21,2	21,9	21,9	24,7
Mar	21,3	26,4	26,2	20,9	21,6	21,6	24,3
Abr	21,0	26,2	26,0	20,5	21,3	21,2	24,1
Mai	21,0	26,3	26,1	20,5	21,3	21,2	24,1
Jun	20,4	26,0	25,9	19,9	20,7	20,6	23,7
Jul	20,0	25,8	25,7	19,4	20,3	20,1	23,2
Ago	20,8	26,6	26,5	20,2	21,0	20,80	23,8
Set	21,3	27,0	26,9	20,6	21,5	21,2	24,2
Out	21,5	27,1	27,0	20,8	21,6	21,4	24,3
Nov	21,8	27,4	27,2	21,1	21,9	21,7	24,5
Dez	21,9	27,4	27,3	21,3	22,1	21,9	24,7

Fonte: Celina. Elaborado pelo autor.

As médias mensais mais elevadas de Palmácia ocorreram nos meses do verão, que apresentaram temperaturas que se aproximaram dos 25,0°C, como foi observado nos meses de janeiro (24,9°C), fevereiro (24,7°C) e dezembro (24,7°C). A partir de março (24,3°C), quando se inicia o outono, foi observada uma queda nos valores das médias mensais que perdurou até o mês de julho (23,2°C), que marca o início do inverno e apresentou a média mínima. No restante dos meses do inverno e ao longo de toda a primavera foi observado um aumento das temperaturas que se estendeu até o verão.

De forma semelhante, as maiores temperaturas médias mensais de Mulungu ocorreram em de janeiro (22,3°C), fevereiro (21,9°C), novembro (21,9°C) e dezembro (22,1°C), sendo todos estes meses inseridos no verão. Em março (21,6°C),

quando tem início o outono, foi observado o início de um decréscimo contínuo que se estende até julho (20,3°C). O mês de agosto (21,0°C), assim como os meses da primavera, foram marcados pela elevação das médias mensais que durou até o mês de dezembro.

Em Aratuba e Pacoti, que representam, respectivamente, os setores meridional e setentrional do platô da serra de Baturité, apresentaram temperaturas médias mensais muito próximas. Para ambas localidades as médias mensais mais elevadas ocorreram nos meses do verão e ficaram em torno dos 22,0°C, com máximas de 22,1°C em janeiro. Posteriormente, no outono, as temperaturas decresceram de cerca de 21,3°C e 21,6°C e chegaram até próximo dos 20,0°C em julho. A partir de então voltaram a subir até o mês dezembro, que apresentou uma média mensal de 21,9°C.

Conforme esperado, Guaramiranga apresentou as temperaturas médias mensais mais baixas dentre as localidades analisadas. Ao longo do ano as temperaturas médias mensais se mantiveram sempre inferiores aos 22,0°C, com a média máxima ocorrendo em janeiro (21,5°C). Em fevereiro (21,2°C), ainda no verão, é observada uma queda nas médias mensais até a média mínima, que ocorreu em julho (19,4°C). A partir de agosto (20,2°C) as médias mensais passaram a crescer até atingir a temperatura média de 21,3°C em dezembro.

4.3 Evapotranspiração potencial e eficiência térmica da serra de Baturité

O conceito de evapotranspiração está relacionado com dois processos de naturezas distintas: a evaporação e a transpiração (THORNTWAITE, 1948). Por um lado, a evaporação é um processo estritamente físico que é responsável pela transferência de água para a atmosfera em forma de vapor, podendo ser oriunda tanto do solo úmido quanto da sublimação das superfícies congeladas (VAREJÃO-SILVA, 2001). Enquanto a transpiração trata-se de um processo biológico que ocorre nas folhas por meio dos estômatos no qual a planta transfere a umidade retida do solo para a atmosfera, também em forma de vapor (MOTA, 1986).

Do ponto de vista meteorológico, os estudos sobre a temperatura do ar e a evapotranspiração potencial também possuem grande importância devido ao vapor d'água apresentar um importante papel no transporte meridional de energia, o que interfere diretamente no balanço de energia em escala planetária. Desta forma, a

compreensão do regime térmico possibilita ainda, entre outras coisas, a realização de um controle adequado sobre as perdas de água e de um melhor aproveitamento e uso da água, seja para o abastecimento humano ou para fins econômicos, sobretudo nas regiões áridas e semiáridas (VAREJÃO-SILVA, 2001).

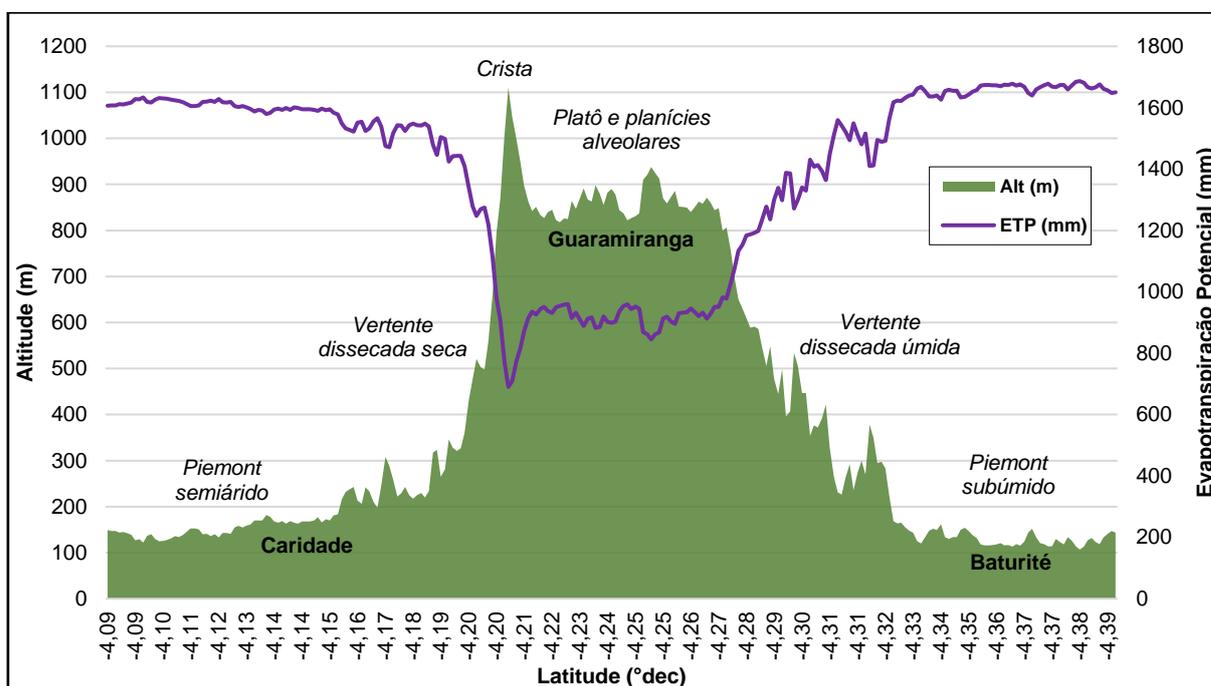
Este é o caso do Nordeste brasileiro, que se apresenta como uma das regiões semiáridas mais chuvosas do planeta, com precipitação média anual entre 400 mm nas áreas mais secas, e 750 mm na maior parte de sua extensão. Porém, devido às elevadas temperaturas que caracterizam grande parte deste domínio climático, a evapotranspiração potencial (ETP) se impõe como o principal fator limitante do ponto de vista hidroclimático, podendo chegar a 2500,0 mm ano e, assim, gera elevados déficits hídricos anuais (MONTENEGRO; MONTENEGRO, 2012).

No entanto, inserida neste contexto semiárido de temperaturas elevadas e altas taxas de ETP, a serra de Baturité, assim como os enclaves úmidos e subúmidos do Nordeste brasileiro em geral, é caracterizada pela ocorrência de balanços hídricos anuais positivos que são justificados, em parte, por um regime térmico modificado pela altitude que proporciona uma considerável diminuição nas taxas de ETP (SOUZA; OLIVEIRA, 2006).

Desta forma, as taxas anuais de ETP, assim como as temperaturas médias, apresentaram uma variação que esteve fortemente associada às variações altimétricas, como mostra o gráfico da Figura 12. Isto ocorre pois, de acordo com o método de Thornthwaite (1948), a ETP varia de forma diretamente proporcional às temperaturas, trata-se assim de um índice de eficiência térmica. Portanto, se a altitude interfere no comportamento das temperaturas, que por sua vez interferem nas taxas de ETP, logo, é facilmente compreensível que a altitude irá influenciar também nas variações da ETP.

De acordo com o gráfico, tanto o *piemont* subúmido quanto o semiárido apresentaram os maiores índices de eficiência térmica dentre os compartimentos da serra de Baturité, com uma evapotranspiração potencial anual (ETP_a) compreendida entre 1400,0 e 1700,0 mm por ano. A vertente dissecada úmida e a vertente dissecada seca apresentaram uma ETP_a entre 900,0 e 1400,0 mm anuais, enquanto o platô da serra apresentou uma ETP_a entre 900,0 e 750,0 mm anuais, podendo chegar a taxas de até 690,0 mm por ano nas cristas mais elevadas da área de estudo.

Figura 12 – Variação da evapotranspiração potencial anual (ETP_a) ao longo do perfil topográfico (SE-NO) da serra de Baturité.



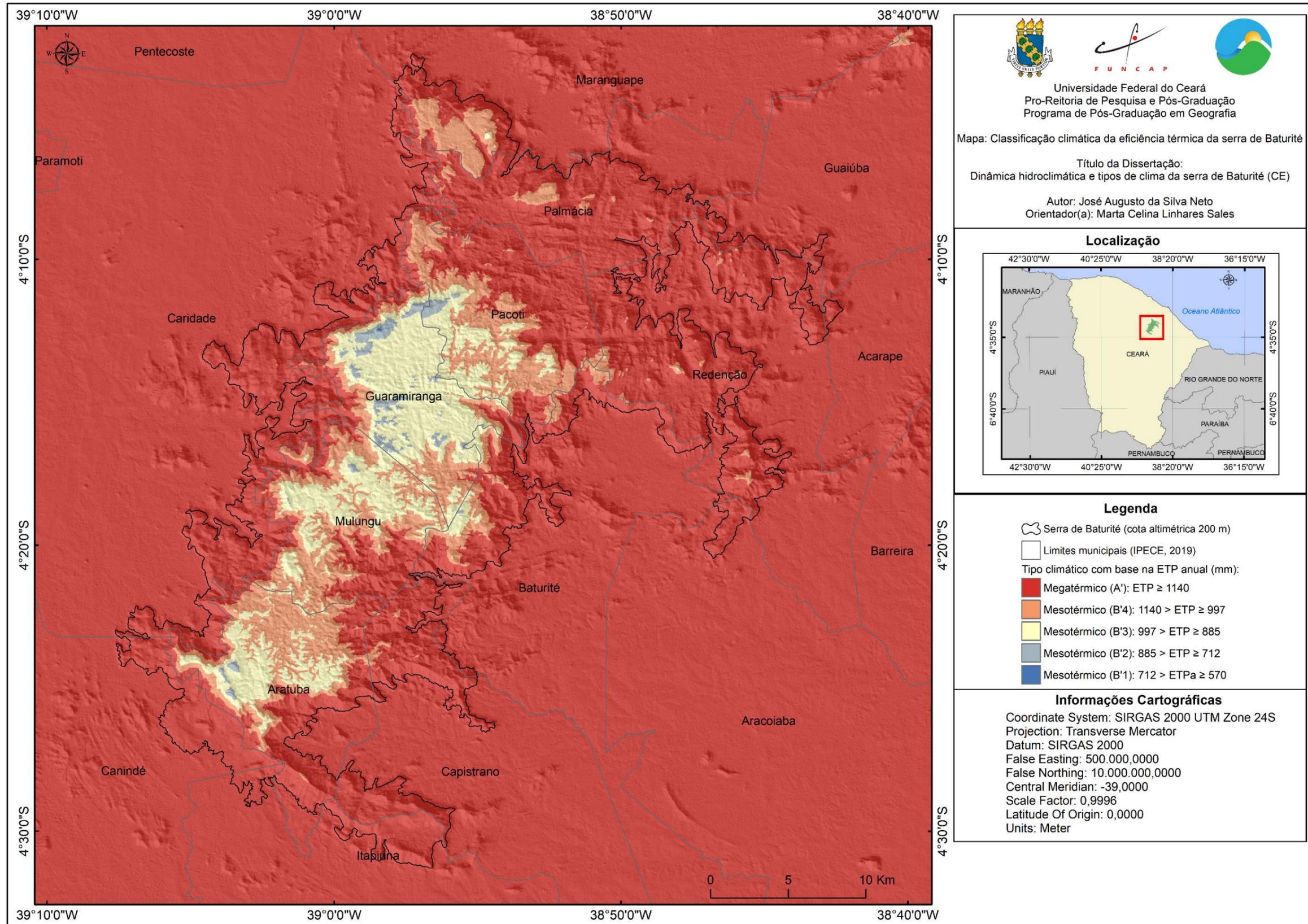
Fonte: Elaborado pelo autor.

Esta caracterização ficou bem expressa no mapeamento da ETP_a (Figura 13), no qual se pode observar que o clima Megatérmico (A'), predominante no contexto regional semiárido caracterizado pelas altas temperaturas, ocorreu em todo o entorno da serra de Baturité e ocupou toda a área do *piemont* subúmido e do *piemont* semiárido, adentrando ainda em boa parte das vertentes dissecadas, tanto na úmida quanto na seca.

A diferenciação climática ocorreu efetivamente ao longo do platô, a partir da cota altimétrica de 700 m, no qual passou a ser observada a ocorrência de climas mesotérmicos de diferentes níveis, que se distribuíram da seguinte forma: o clima Mesotérmico (B'4) predominou nas áreas do platô que são mais próximas das vertentes, com cotas altimétricas entre 700 e 800 m; o clima Mesotérmico (B'3) ocorreu nas áreas mais elevadas do platô, com altitudes entre 800 e 900 m; e o clima Mesotérmico (B'2) ocorreu apenas nas áreas com cotas altimétricas entre 900 e 1000 m, se resumindo apenas às cristas mais elevadas da serra.

No mapeamento, foi possível identificar ainda a presença do clima Mesotérmico (B'1) que ocorreu somente na crista mais elevada da serra de Baturité, conhecida como Pico Alto, que atinge a cota altimétrica de 1114 m.

Figura 13 – Mapeamento da classificação climática da serra de Baturité com base na eficiência térmica anual.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao utilizar os postos pluviométricos selecionados como referência, foi observado que a variação da ETP ao longo do ano seguiu fielmente as variações das temperaturas médias mensais do ar (Tabela 10), e assim os postos situados nas cotas mais elevadas apresentaram as menores taxas mensais e, conseqüentemente, as menores taxas anuais.

Tabela 10 – Evapotranspiração potencial mensal e anual (em mm) de Aratuba, Baturité, Caridade, Guaramiranga, Mulungu, Pacoti e Palmácia.

Mês	Localidade						
	Aratuba	Baturité	Caridade	Guaramiranga	Mulungu	Pacoti	Palmácia
Jan	93,5	160,0	157,9	89,4	94,7	93,2	119,3
Fev	79,6	135,9	132,4	77,8	81,5	82,0	104,6
Mar	84,6	137,1	133,5	82,7	86,6	87,1	109,3
Abr	78,3	127,5	124,3	75,9	80,3	79,8	102,1
Mai	80,1	132,4	129,1	77,7	82,2	81,7	104,4
Jun	71,9	121,8	120,6	69,8	73,8	73,4	95,4
Jul	70,8	122,1	120,9	68,0	72,7	71,4	92,3
Ago	78,1	137,9	136,3	74,9	79,2	77,9	100,3
Set	80,7	142,5	140,8	76,5	81,8	79,6	103,0
Out	86,1	150,5	149,0	81,6	86,3	84,9	108,9
Nov	87,0	153,7	149,6	82,3	87,1	85,7	109,1
Dez	91,5	159,9	157,7	87,4	92,6	91,1	116,5
Total	982,3	1681,9	1652,1	943,9	998,9	987,9	1265,2

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto aos totais anuais, foi verificado que os postos localizados nas cotas altimétricas mais elevadas apresentaram as menores taxas de ETP mensais e conseqüentemente também apresentaram totais anuais mais amenos. Assim, Baturité e Caridade apresentaram os maiores totais anuais, com 1681,9 mm e 1652,1, respectivamente, indicando a ocorrência de climas Megatérmicos (A') para ambas localidades. Palmácia, por sua vez, apresentou taxas de ETP_a mensais mais reduzidas se comparada com as localidades anteriores, mas o total anual foi de 1265,2 mm, e por isto também apresentou um clima Megatérmico (A').

Conforme observado previamente, nas localidades situadas sobre o platô predominaram climas mesotérmicos, sendo que Mulungu apresentou uma ETP anual de 998,0 mm e, portanto, foi classificado como um clima Mesotérmico (B'4), enquanto Aratuba (982,3 mm), Guaramiranga (943,9 mm) e Pacoti (987,9 mm) apresentaram um clima Mesotérmico (B'3).

Outra característica que se assemelhou com as temperaturas médias mensais foi a distribuição quase equitativa nas taxas mensais da ETP. Contudo, foi possível observar que ao longo da primavera e nos meses do verão ocorreram taxas um pouco mais elevadas do que nas demais estações. No início do outono as taxas de ETP apresentaram um decréscimo que perdurou até o mês de julho, sendo este o mês com as taxas mais baixas do ano. A partir de agosto a ETP mensal passou a aumentar gradualmente e se manteve crescente até o mês de dezembro.

Esta distribuição se refletiu nos percentuais da distribuição sazonal das taxas de ETP (Tabela 11), que apresentou uma configuração que ocorre tipicamente nas regiões equatoriais e tropicais, na qual cada estação concentra aproximadamente 25% do total anual. Desta forma, para todas as localidades analisadas foi observado uma pequena diferenciação dos percentuais sazonais, na qual o verão e a primavera concentraram a maior parte do total anual, com cerca de 26% a 27%, enquanto o outono e o inverno concentraram as menores taxas, com cerca de 23% a 24% da ETP anual.

Tabela 11 – Distribuição sazonal em porcentagem da evapotranspiração potencial anual de Aratuba, Baturité, Caridade, Guaramiranga, Mulungu, Pacoti e Palmácia.

Estação	Localidade						
	Aratuba	Baturité	Caridade	Guaramiranga	Mulungu	Pacoti	Palmácia
Verão	26,5	26,2	26,1	26,6	26,5	26,5	26,
Outono	23,9	23,0	22,9	24,1	24,1	24,2	24,2
Inverno	23,1	23,5	23,7	23,0	23,1	23,2	23,2
Primavera	26,6	27,3	27,3	26,2	26,3	26,1	26,1
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: Elaborado pelo autor.

5. ANÁLISE SOBRE O COMPORTAMENTO DAS CHUVAS NA SERRA DE BATURITÉ

Este capítulo buscou compreender quais influências a serra de Baturité exerce na distribuição das chuvas ao longo do espaço e do tempo.

Para a realização da análise espacial das chuvas foi estabelecido o esboço de um modelo simplificado que buscou explicar de forma esquemática a relação entre a exposição das vertentes e os totais pluviométricos, além da realização de um mapeamento das pluviometrias médias anuais.

No que tange à dinâmica das chuvas, foram utilizados métodos quantitativos para analisar o ritmo e a variabilidade das precipitações tanto na escala mensal quanto interanual.

5.1 Orografia e distribuição espacial das chuvas na serra de Baturité

Devido a vorticidade e à direção dos ventos que sopram no Ceará, é observado que os sistemas atmosféricos tendem a se deslocar e a produzir chuvas que seguem preferencialmente o sentido L-O. Desta forma, a interação desta dinâmica com o relevo da serra de Baturité ocasiona um cenário de distribuição espacial das chuvas bastante diferenciada que é responsável pela formação de dois setores principais: barlavento e sotavento.

A disposição do relevo desta serra, que segue a orientação SO-NE, é um fator essencial para a formação destes setores pois, segundo Bétard *et al.* (2007), constitui uma verdadeira barreira para os ventos alísios de SE que adentram o continente carregados de umidade oriunda do Oceano Atlântico, favorecendo a ocorrência de precipitações orográficas que são responsáveis por totais pluviométricos consideravelmente mais elevados do que aqueles que caracterizam contexto semiárido regional.

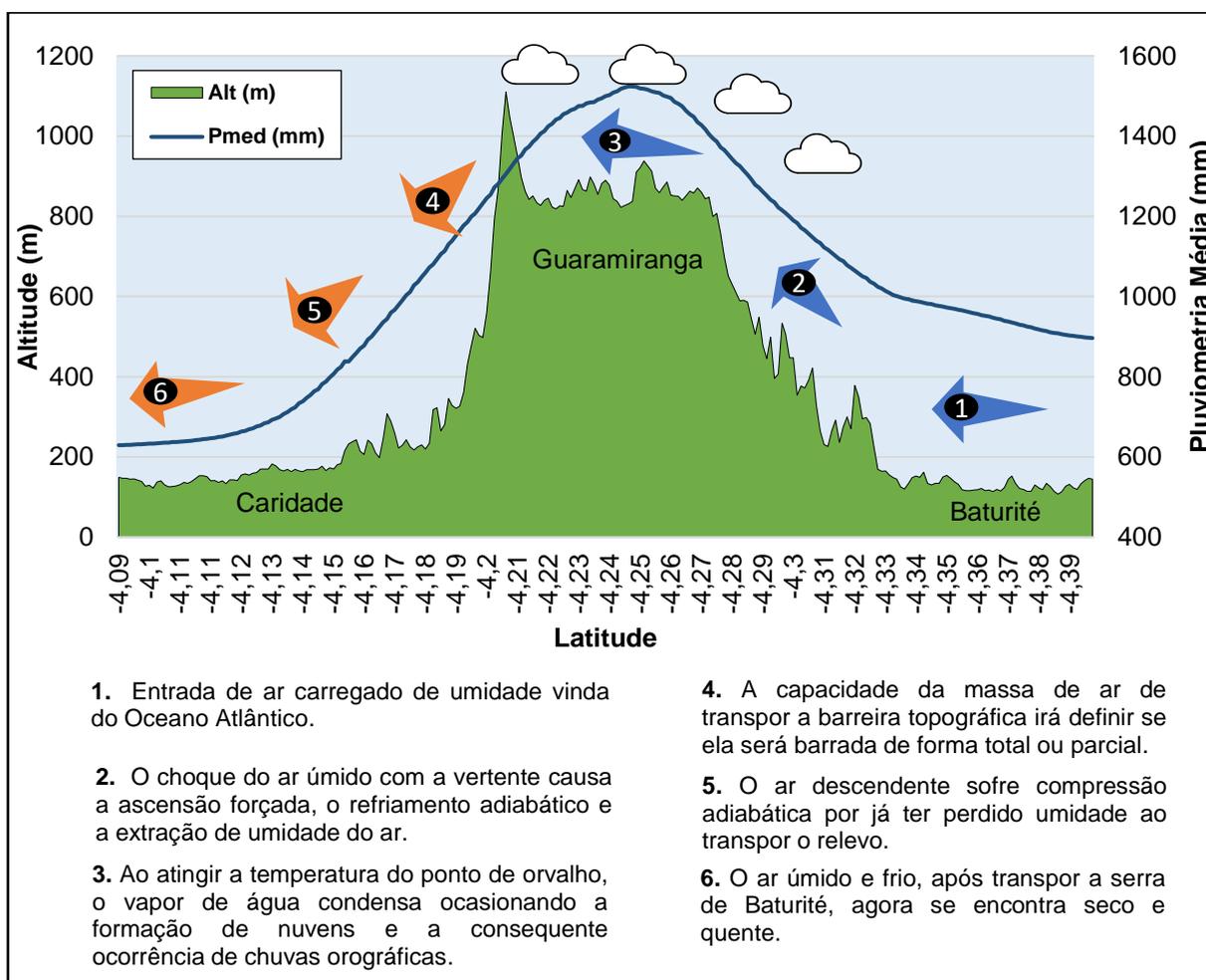
Além disto, a serra de Baturité, por estar situada próxima ao litoral, do qual dista cerca de 50 km, sofre influência da dinâmica de circulação associada às brisas marítimas e continentais. A atuação da brisa marítima chega a adentrar até 100 km do continente, enquanto a continental chega a afetar até 100 km para dentro do mar. No entanto, nem sempre são notadas ou consideradas no que se refere às condições de umidade apresentadas pelos compartimentos mais elevados do relevo que se

localizam próximos ao oceano, principalmente no Nordeste brasileiro onde os alísios de SE sopram intensamente durante todo o ano, fazendo com que as brisas contribuam apenas para variar um pouco a direção e a velocidade dos ventos (VAREJÃO-SILVA, 2001; FERREIRA; MELLO, 2005).

A formação destas brisas é associada ao resultado do aquecimento e resfriamento diferencial entre o continente e a água do mar. A brisa marítima é formada pois, durante o dia, o continente se aquece mais rapidamente que o oceano, fazendo com que a pressão sobre o continente seja mais baixa que sobre o oceano e, conseqüentemente, com que o vento sopra do oceano para o continente. Enquanto a brisa continental ocorre no período da noite, quando o continente perde calor mais rapidamente que o oceano, de forma que apresenta temperaturas mais elevadas do as apresentadas pelo continente, portanto pressão fica maior sobre o continente, fazendo com que o vento sopra do litoral para o oceano (FERREIRA; MELLO, 2005).

Com isto, considera-se que o aumento dos totais pluviométricos que ocorre na serra de Baturité (Figura 14), é o resultado do processo de autoconversão que, como explicam Milanesi e Galvani (2009), é o processo típico da ação da brisa marinha sobre o relevo da zona costeira, no qual ocorre a elevação forçada do fluxo de ar úmido pela vertente da montanha, onde as temperaturas e os ventos são constantes, ocasionando o crescimento das gotas através de colisão e coalescência, provocando chuvas com característica temporal uniforme.

Figura 14 – Modelo simplificado do comportamento da pluviosidade média (1989-2018) a partir da interação entre as massas de ar e o relevo da serra de Baturité.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O mapeamento das precipitações médias anuais (Figura 15), foi bastante útil para representar a variação espacial das chuvas que ocorre ao longo da serra de Baturité. Assim, considerando a exposição diferenciada à ação dos ventos e da influência das cotas altimétricas nos processos orográficos, foi observado que a porção setentrional foi a área mais chuvosa da serra de Baturité.

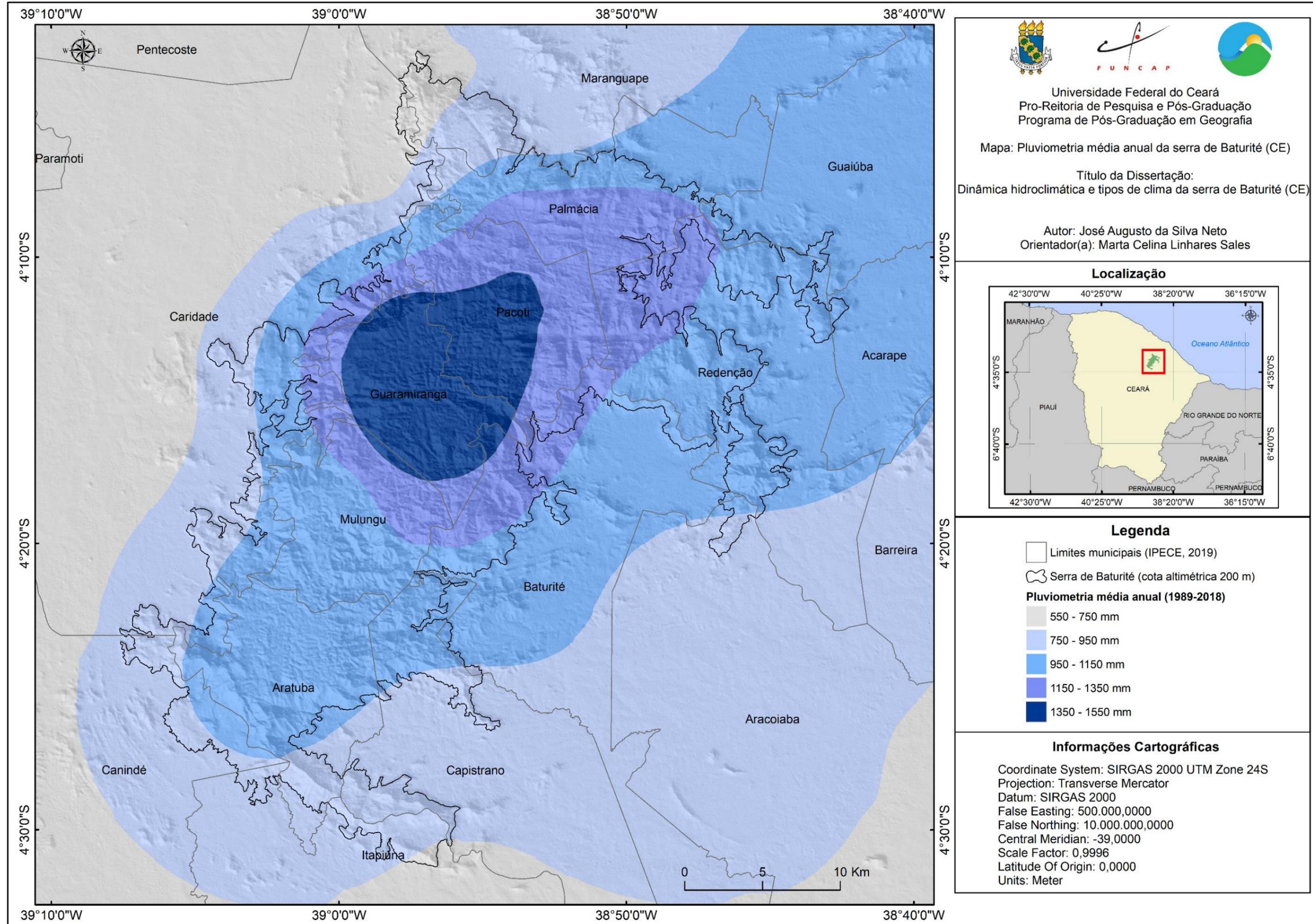
No platô setentrional, onde estão situados os postos pluviométricos de Guaramiranga e Pacoti, foram observadas a ocorrência de precipitações médias entre 1350,0 e 1550,0 mm, enquanto a porção setentrional da vertente dissecada úmida, onde está situado o posto de Palmácia, apresentou médias anuais entre 1150,0 e 1350,0 mm.

A porção central e meridional do platô, onde se localizam os postos de Mulungu e Aratuba, apresentaram pluviosidades médias entre 950,0 e 1150,0 mm,

que foram quantitativos bem semelhantes àqueles apresentados pelas áreas do *piemont* subúmido que são mais próximas da vertente úmida, onde situam-se os postos de Baturité e Redenção.

Esta similaridade entre as médias pluviométricas destas localidades constituiu uma demonstração interessante de que a exposição à umidade apresenta uma influência tão fundamental quanto a altitude, já que os postos de Aratuba e Mulungu estão situados em cotas altimétricas muito mais elevadas do que os postos de Baturité e Redenção, por exemplo, mas apresentam precipitações anuais totais e médias muito semelhantes.

Figura 15 – Mapeamento das pluviometrias médias anuais da serra de Baturité (1989-2018).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas áreas do *piemont* subúmido mais afastadas da vertente úmida, onde estão localizados os postos de Aracoíaba e Capistrando, as médias pluviométricas ficaram entre 750,0 e 950,0 mm, sendo inferiores aos demais compartimentos. No entanto, conforme esperado, os totais e médias pluviométricas mais baixos ocorreram nos postos que estão situados no *piemont* semiárido, como são os casos dos postos no município de Caridade (posto Caridade e posto Inhuporanga) e no posto de Canindé que apresentaram pluviometrias médias entre 550,0 e 750,0 mm.

Desta forma, assim como observado nas temperaturas médias no capítulo anterior, o relevo exerceu um papel decisivo no modo em que as precipitações se distribuíram ao longo da serra de Baturité, tanto pela variação altimétrica e quanto pela exposição das vertentes.

Este cenário favoreceu a ocorrência de maiores precipitações nos compartimentos localizados próximos à vertente oriental (dissecada e úmida) e, principalmente, nos compartimentos meridionais com destaque para aqueles situados em cotas mais elevadas. Enquanto aqueles situados próximos à vertente ocidental (dissecada e seca), apresentaram precipitações bastante reduzidas se comparadas aos demais compartimentos.

5.2 Dinâmica atmosférica regional e o ritmo mensal das chuvas na serra de Baturité

Além dos ventos alísios e dos sistemas de brisas, a serra de Baturité é exposta a diferentes sistemas atmosféricos que atuam ao longo do ano no contexto climático regional do Nordeste brasileiro. Estes sistemas também são responsáveis pelo transporte de umidade atmosférica oriunda do oceano e pela produção de chuvas.

A atuação dos sistemas atmosféricos responsáveis pelas precipitações que ocorrem no Nordeste brasileiro está relacionada com o processo de convecção local, sendo sua distribuição e sazonalidade associadas, principalmente, com a interação oceano-atmosférica e com as dinâmicas atmosféricas de grande escala (MOLION; BERNANDO, 2002).

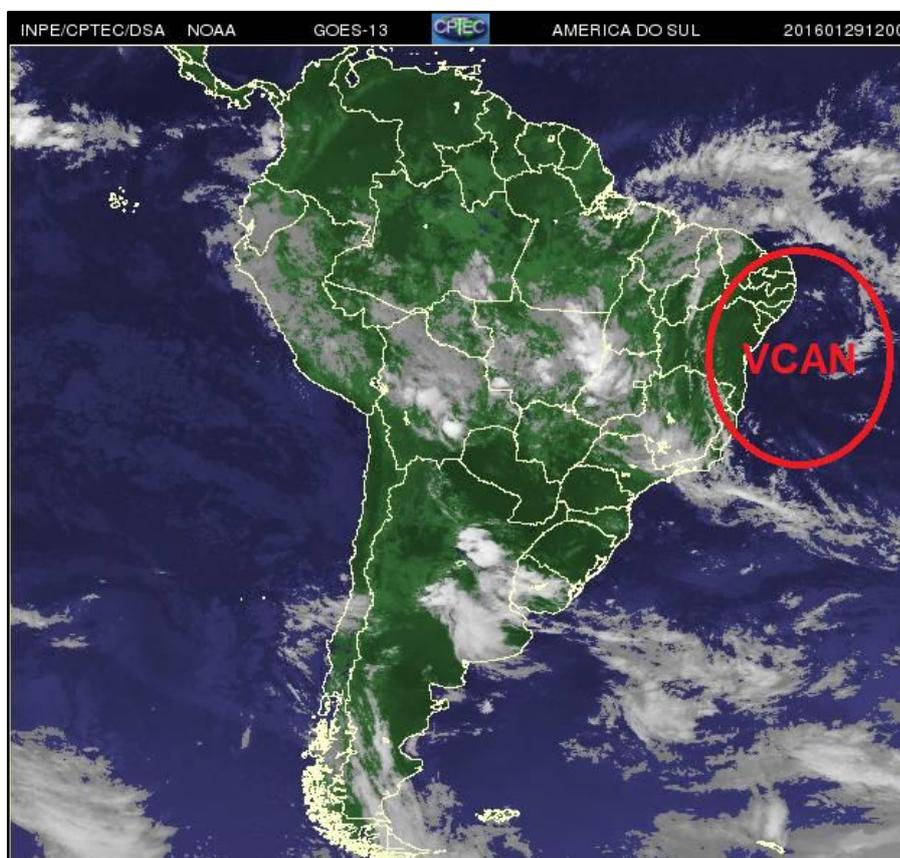
No verão, que se inicia no dia 21 de dezembro e se estende até o dia 20 de março, se inicia um período de aumento da intensidade das atividades convectivas

no Ceará, devido as condições de Temperatura de Superfície do Mar (TSM) mais elevadas devido ao “Equador térmico” (SOARES, 2015).

Neste período atuam mais intensamente os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) que são responsáveis pelo aumento da atividade convectiva e da atuação de outros sistemas atmosféricos na produção de chuvas. O período de formação dos VCAN tem início no mês de novembro e se intensifica no mês de dezembro (GAN, 1982).

Este sistema atmosférico se desloca no sentido L – O e ocorre de modo mais frequente nos meses de janeiro e fevereiro. A Figura 16 demonstra a configuração de um VCAN formado no dia 16 de janeiro de 2016, nela é possível observar um conjunto de nuvens com a forma aproximada de um círculo que gira no sentido horário, de modo que na sua periferia há a formação de nuvens causadoras de chuva e no centro há movimentos de subsidência do ar que aumentam a pressão e inibem a formação de nuvens.

Figura 16 – Identificação de um Vórtice Ciclônico de Alto Nível (VCAN) no Nordeste brasileiro formado no dia 29 de janeiro de 2016.

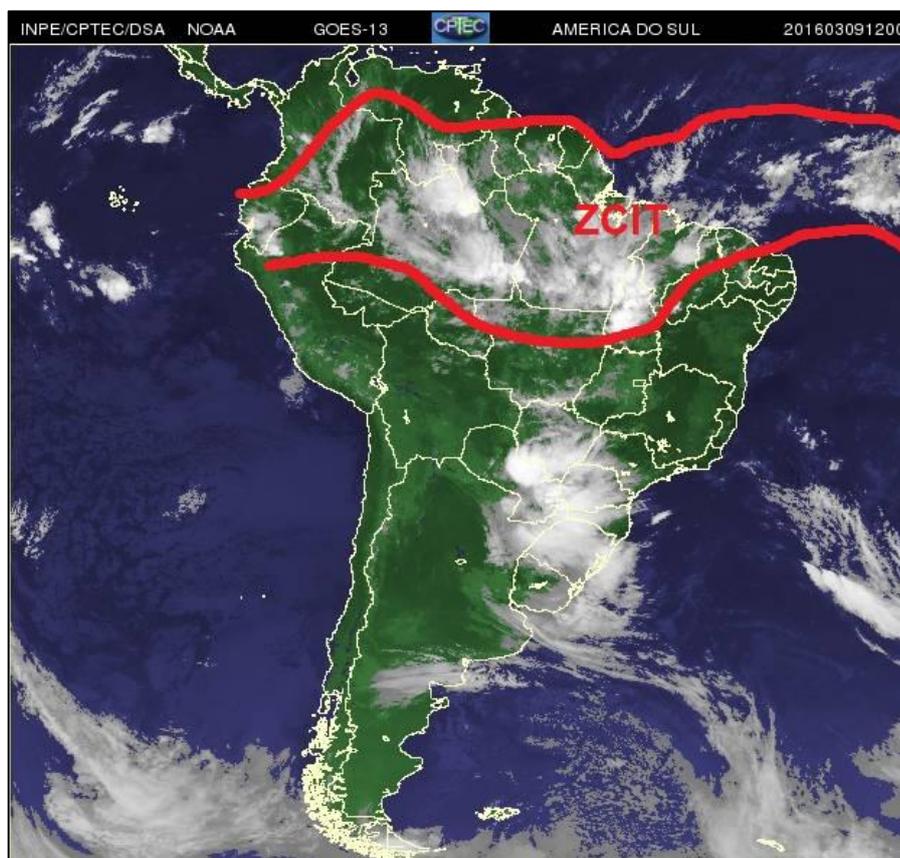


Fonte: INPE/CPTEC (2019). Modificado pelo autor.

O início do período chuvoso no Ceará conhecido como “quadra chuvosa”, composta pelo meses de fevereiro a maio, está fortemente relacionado com a aproximação e atuação da ZCIT, pois este sistema, formado pela confluência dos ventos alísios de SE e NE, é o mais importante no que se refere à produção de chuvas na porção setentrional do Nordeste brasileiro (MOLION; BERNARDO, 2002; ZANELLA; SALES, 2011).

Em sua migração sazonal, este sistema atmosférico atinge, em média, entre 2° e 5° de latitude Sul (Figura 17), entre os meses de março e abril e atua fortemente durante o outono (20 de março a 21 de junho), quando atinge sua posição mais meridional, podendo chegar até os paralelos entre 9° e 10° Sul, ocasionando chuvas até as imediações do “cotovelo” da bacia hidrográfica rio São Francisco (NIMER, 1989; ZANELLA, 2014).

Figura 17 – Identificação do posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Nordeste brasileiro no dia 9 de março de 2016.



Fonte: INPE/CPTEC (2019). Modificado pelo autor.

No final do mês de maio, com a aproximação do inverno, há naturalmente uma redução da atividade convectiva e o início da migração da ZCIT para as latitudes mais ao norte, e com isto ocorre um enfraquecimento da participação deste sistema atmosférico na produção das chuvas, dando início a um período transicional em que as atuações da Massa Equatorial Atlântica (MEA) e das Ondas de Leste (OL) passam a exercer uma maior influência sobre a dinâmica atmosférica (SOARES, 2015).

No dia 21 de junho tem início o inverno no hemisfério Sul, e com ele também tem início o período seco no Ceará. A partir do mês julho o domínio da MEA é estabelecido e a ZCIT já não atua de forma efetiva na dinâmica atmosférica do estado do Ceará. Neste período, a MEA é responsável, principalmente, pela estabilidade do tempo, podendo gerar convecção e instabilidade quando há a configuração de OL em seu raio de influência (SOARES, 2015).

Zanella e Sales (2011) explicam que a formação da MEA tem origem nos ventos oriundos das altas pressões do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul (ASAS), e é caracterizada por uma vortacidade anticiclônica e por apresentar altas temperaturas causadas pela forte radiação solar que recebe ao longo de sua trajetória. Desta forma, a MEA trata-se de uma massa de ar homogênea que é responsável pelas condições de estabilidade do tempo ao longo dos meses de inverno e principalmente da primavera.

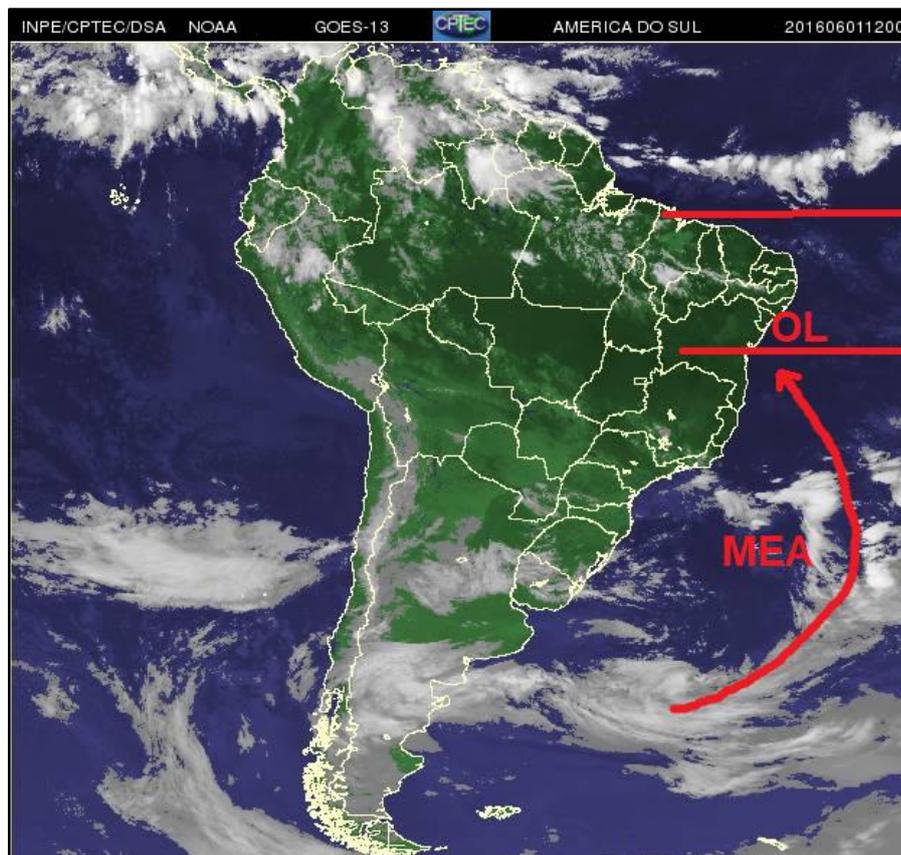
As OL que atuam no Nordeste brasileiro são definidas por Ferreira e Mello (2005) como “ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios”. O deslocamento das OL's se dá no sentido L-O e a sua atuação é responsável pelas chuvas que ocorrem nos meses de junho e julho no Ceará (ZANELLA; SALES, 2011).

A formação das OL's está intimamente associada ao campo dos ventos alísios e à atuação da MEA de modo que, a partir de uma Instabilidade Tropical (IT), provoca a convergência do ar nas proximidades da região Nordeste, ocasionando instabilidade e distúrbios nos alísios (NIMER, 1989).

A Figura 18 demonstra uma configuração atmosférica no dia 1 de junho de 2016 em que é possível observar a formação de uma nebulosidade no Nordeste brasileiro associada as OL's que se desenvolvem desde o litoral até o continente em associação com a atuação mais intensa da MEA neste período do ano. A confluência destes distúrbios ondulatórios com as brisas marinhas e continentais que ocorrem comumente no litoral nordestino pode intensificar a entrada destes sistemas no

continente e gerar pluviometrias diárias superiores a 50 mm associadas a ventos com velocidades superiores a 50 km/h (MOLION; BERNARDO, 2002).

Figura 18 – Configuração das Ondas de Leste (OL) no período de atua da Massa Equatorial Atlântica (MEA) no dia 1 de junho de 2016.



Fonte: INPE/CPTEC (2019). Modificado pelo autor.

No dia 22 de setembro tem início a primavera no hemisfério sul. Esta estação é caracterizada pela baixa atividade convectiva e elevada escassez de chuvas no Ceará. Os pequenos quantitativos que ocorrem são normalmente associados à ação das OL's e da MEA que encontram no inverno as condições oceânicas e atmosféricas mais favoráveis para sua atuação.

Desta forma, a dinâmica atmosférica regional e a influência da orografia foram os principais fatores responsáveis por reger o ritmo das chuvas que ocorrem sobre a serra de Baturité. Como reflexo disto, a distribuição das pluviometrias apresentou uma forte ligação com a atuação dos sistemas atmosféricos, o que auferiu à área de estudo um ritmo bem definido ao longo do ano, no qual as precipitações se

concentram principalmente nos meses de verão e outono, e os meses de inverno e primavera foram caracterizados por um período de estiagem.

A Tabela 12 demonstra a concentração mensal percentual do somatório das chuvas de cada posto analisado ao longo da série histórica de 1989 a 2018. Nela é possível observar que nos meses de fevereiro a maio ocorreram grande parte das chuvas registradas em cada posto. Enquanto os meses de agosto a dezembro apresentaram concentrações com percentuais quase insignificantes.

Tabela 12 – Distribuição percentual mensal da pluviometria total registrada ao longo da série histórica de 1989-2018.

Mês	Localidade						
	Aratuba	Baturité	Caridade	Guaramiranga	Mulungu	Pacoti	Palmácia
Jan	11,6	11,4	16,8	11,4	11,8	10,8	11,8
Fev	11,0	12,5	14,6	10,3	10,8	10,5	12,7
Mar	16,0	19,8	24,5	17,4	19,1	18,5	19,6
Abr	19,1	22,5	24,0	18,9	19,5	20,0	23,1
Mai	14,9	14,5	12,0	13,3	15,4	12,9	14,3
Jun	12,4	9,6	3,7	10,6	11,3	10,5	7,1
Jul	7,2	4,9	2,1	7,3	6,2	6,9	4,6
Ago	2,5	1,2	0,6	2,0	1,7	2,1	1,2
Set	0,6	0,3	0,1	1,2	0,6	1,2	0,5
Out	0,8	0,4	0,1	1,6	0,4	1,3	0,7
Nov	1,0	0,5	0,1	1,9	0,8	1,7	1,1
Dez	2,7	2,3	1,4	4,1	2,6	3,6	3,3
Total	100,0						

Fonte: Elaborado pelo autor.

No posto de Caridade, por exemplo, a pluviometria que ocorreu nos quatro meses mais chuvosos chegou a representar 75,1% de toda a chuva que ocorreu nos 30 anos da série analisada nesta localidade. Enquanto as chuvas que ocorreram no período de junho a dezembro representaram apenas 4,4% das precipitações totais nesta localidade.

Mesmo em Guaramiranga, que apresentou a melhor distribuição das chuvas dentre os postos analisados, a quadra chuvosa concentrou 59,9% do somatório das precipitações que ocorreram ao longo da série histórica, e os meses junho a dezembro somaram apenas 28,7% das chuvas totais.

Apesar das similaridades, existem diferenciações sutis, porém perceptíveis, quanto à concentração e a distribuição das chuvas ao longo dos meses nas localidades analisadas.

As diferenças apresentadas pelas localidades dizem respeito principalmente à duração dos períodos secos e dos períodos chuvosos, de modo que são minimizadas a medida em que as localidades se situam em compartimentos semelhantes e são acentuadas à medida em que estes compartimentos se diferem quanto a altitude e à exposição aos sistemas atmosféricos atuantes.

Desta forma, foi observado que as localidades situadas a barlavento e nos setores mais elevados da serra de Baturité apresentaram períodos chuvosos mais extensos e períodos secos mais breves, principalmente porque nos meses de junho e julho a intensa atuação da MEA é responsável pela formação de uma nebulosidade estratiforme, que é responsável pela ocorrência de chuvas quando associada com a interferência de efeitos orográficos.

Estas diferenciações puderam ser observadas a partir da análise dos pluviogramas do Quadro 1, elaborados com base na proposta de Schröder (1956), que apresentaram a distribuição mensal e o ritmo das chuvas ao longo dos anos que compõem a série histórica de forma mais detalhada.

Em Caridade (Quadro 1c), foi observada a existência de períodos secos que se estenderam por 7 meses consecutivos em 17 anos da série histórica. Estes períodos ocorreram por pelo menos 5 meses consecutivos, como foram os casos dos anos de 1994 e 2000, e chegaram a alcançar até 8 meses consecutivos nos anos mais secos, como os casos de 1992 e 2012.

Os períodos chuvosos de Caridade se estenderam de forma mais frequente por 4 meses consecutivos, ocorrendo com esta duração em 10 anos da série. Em Caridade, estes períodos duraram pelo menos 2 meses, como ocorreu no ano de 2001, e se estenderam por até 6 meses consecutivos nos anos de 2005 e 2013.

A Tabela 13 demonstra que os meses de fevereiro a maio em Caridade apresentaram mais frequentemente uma grande concentração das chuvas anuais, com uma participação importante do mês de janeiro em alguns anos. Enquanto os meses de julho a dezembro frequentemente fizeram parte do período seco, com destaque para o trimestre de agosto a dezembro que apresentou a classificação menos chuvosa em mais de 90% dos anos da série.

Tabela 13 – Frequência relativa mensal das classes de concentração das precipitações de Caridade (1989-2018).

Mês	Menos chuvoso		Mais chuvoso			Total
Jan	6,7	6,7	26,7	20,0	40,0	100,0
Fev	3,3	6,7	13,3	36,7	40,0	100,0
Mar	0,0	0,0	0,0	3,3	96,7	100,0
Abr	3,3	0,0	6,7	3,3	86,7	100,0
Mai	13,3	3,3	20,0	16,7	46,7	100,0
Jun	43,3	30,0	13,3	0,0	13,3	100,0
Jul	73,3	10,0	6,7	3,3	6,7	100,0
Ago	90,0	6,7	3,3	0,0	0,0	100,0
Set	96,7	3,3	0,0	0,0	0,0	100,0
Out	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Nov	96,7	3,3	0,0	0,0	0,0	100,0
Dez	83,3	3,3	6,7	3,3	3,3	100,0

Fonte: Elaborado pelo autor. Valores em porcentagem.

A partir dos pluviogramas de Baturité (Quadro 1b) e de Palmácia (Quadro 1g), foi observado que nestas localidades os períodos secos se estenderam durante

6 meses consecutivos em, respectivamente, 12 e 11 anos de suas séries históricas. Nos anos com melhor distribuição das chuvas, este período durou no mínimo 4 meses em Baturité, como foram os casos dos anos de 1993, 1994, 2000, 2015 e 2017, e por no mínimo 3 meses em Palmácia, nos anos de 1993 e 2011. Nos anos mais secos este período se estendeu em até no máximo 7 meses consecutivos, como ocorreu nos anos de 1996, 1998 e 2014 em ambas localidades.

Apesar das semelhanças no período seco, estas duas localidades diferiram quanto as características do período chuvoso. O período chuvoso de Baturité durou 4 meses consecutivos que se repetiram em 11 anos da série, com duração mínima de 2 meses consecutivos, que ocorreu no caso excepcional do ano de 1993, e duração máxima de 5 meses, que ocorreram em 8 anos, foram eles: 1989, 1994, 2000, 2007, 2009, 2011, 2013 e 2016

Enquanto Palmácia apresentou um período chuvoso que frequentemente se estendeu por 5 meses consecutivos, que ocorreram em 9 anos da série analisada. Os períodos chuvosos mais curtos duraram apenas 2 meses consecutivos nos anos de 1998 e 2010, e os mais longos se estenderam por 6 meses consecutivos nos anos de 2003, 2009 e 2016.

A partir da Tabela 14 foi observado que os períodos secos de Baturité se estenderam com maior frequência no período meses de julho a dezembro, no qual os meses de setembro, outubro e novembro apresentaram a tipologia menos chuvosa em mais de 90% dos anos analisados. O período chuvoso, por sua vez, abrangeu de forma mais frequente os meses de fevereiro a maio, mas com uma notável participação do mês de junho e, de forma menos frequente, do mês de janeiro.

Tabela 14 – Frequência relativa mensal das classes de concentração das precipitações de Baturité (1989-2018).

Mês	Menos chuvoso		➔	Mais chuvoso		Total
Jan	3,3	13,3		6,7	30,0	100,0
Fev	0,0	6,7		30,0	36,7	100,0
Mar	0,0	0,0		10,0	90,0	100,0
Abr	0,0	0,0		10,0	86,7	100,0
Mai	3,3	6,7		13,3	63,3	100,0
Jun	6,7	16,7		20,0	23,3	100,0
Jul	50,0	3,3		13,3	6,7	100,0
Ago	80,0	16,7		0,0	0,0	100,0
Set	96,7	3,3		0,0	0,0	100,0
Out	93,3	3,3		0,0	0,0	100,0
Nov	90,0	10,0		0,0	0,0	100,0
Dez	60,0	10,0		0,0	3,3	100,0

Fonte: Elaborado pelo autor. Valores em porcentagem.

Na Tabela 15 foi observado que os meses chuvosos em Palmácia se concentraram frequentemente entre janeiro e maio, mas com uma importante participação do mês de junho. Os períodos secos foram compostos com maior frequência pelos meses de julho a dezembro, mais uma vez com destaque para o trimestre de setembro a novembro, que também apresentaram a classe menos chuvosa em mais de 90% dos anos.

Contudo, foi observado que em Palmácia, os meses de julho e dezembro comumente representaram a transição entre o período chuvoso e o período seco, apresentado uma maior frequência de tipologia com melhores concentrações da precipitação se comparadas com aquelas apresentadas pelos postos de Caridade e Baturité, por exemplo. No entanto, ainda foram classificados de forma mais frequente como meses pouco chuvosos.

Tabela 15 – Frequência relativa mensal das classes de concentração das precipitações de Palmácia (1989-2018).

Mês	Menos chuvoso		Mais chuvoso			Total
Jan	3,3	6,7	30,0	30,0	30,0	100,0
Fev	0,0	3,3	26,7	23,3	46,7	100,0
Mar	0,0	0,0	0,0	13,3	86,7	100,0
Abr	0,0	0,0	0,0	3,3	96,7	100,0
Mai	0,0	3,3	20,0	26,7	50,0	100,0
Jun	6,7	16,7	33,3	40,0	3,3	100,0
Jul	36,7	23,3	20,0	13,3	6,7	100,0
Ago	76,7	16,7	6,7	0,0	0,0	100,0
Set	96,7	3,3	0,0	0,0	0,0	100,0
Out	90,0	6,7	3,3	0,0	0,0	100,0
Nov	93,3	6,7	0,0	0,0	0,0	100,0
Dez	50,0	13,3	26,7	6,7	3,3	100,0

Fonte: Elaborado pelo autor. Valores em porcentagem.

Em Aratuba (Quadro 1a) e Mulungu (Quadro 1e), foram observados a ocorrência mais frequente de períodos de estiagem mais curtos do que as localidades anteriores, que se estenderam ao longo de 5 meses consecutivos em 14 anos das séries de ambas localidades.

Os períodos mais chuvosos destas localidades se estenderam com mais frequência ao longo de 4 consecutivos, como ocorreu em 8 anos da série de Mulungu e em 9 anos da série de Aratuba. Contudo, foi verificado que Aratuba apresentou ainda períodos chuvosos com duração de 5 meses consecutivos que também ocorreram em 9 anos de sua série histórica.

Ao longo das séries históricas, os períodos secos abrangeram no mínimo 3 meses consecutivos em Aratuba, como ocorreu nos anos de 1990, 1996, 1999 e 2000, e 4 meses consecutivos em Mulungu, nos anos de 2000 e 2017. Estes períodos se prolongaram por no máximo 6 meses consecutivos em Aratuba, nos anos de 1991, 1992, 1997, 1998, 2001, 2003, 2005, 2012 e 2014, e em até no máximo em 7 meses consecutivos em Mulungu, como foi o caso excepcional do ano de 1998.

Tanto em Aratuba quanto em Mulungu os períodos chuvosos tiveram uma duração de no mínimo 3 meses, como ocorreram nos anos de 2004, 2008 e 2010 em Aratuba, e nos anos de 1998 e 2010 em Mulungu, e apresentaram uma duração

máxima de 6 meses consecutivos, como ocorreram nos casos dos anos de 1993, 1995, 2000, 2003 e 2017 em Aratuba, e nos anos de 1990, 1994, 2003, 2007, 2009, 2017 e 2018 em Mulungu.

Os períodos mais chuvosos de Mulungu se estenderam de forma mais frequente entre fevereiro a junho como mostra a Tabela 16, mas com uma notável participação do mês de janeiro. Enquanto os períodos menos chuvosos se estenderam de maneira mais marcante entre os meses de agosto e dezembro, com uma participação relativamente menos frequente do mês de julho.

Tabela 16 – Frequência relativa mensal das classes de concentração das precipitações de Mulungu (1989-2018).

Mês	Menos chuvoso →			Mais chuvoso		Total
Jan	13,3	10,0	20,0	26,7	30,0	100,0
Fev	3,3	10,0	30,0	20,0	36,7	100,0
Mar	0,0	0,0	3,3	13,3	83,3	100,0
Abr	3,3	0,0	6,7	6,7	83,3	100,0
Mai	3,3	3,3	20,0	13,3	60,0	100,0
Jun	6,7	3,3	23,3	36,7	30,0	100,0
Jul	40,0	10,0	20,0	20,0	10,0	100,0
Ago	76,7	10,0	10,0	3,3	0,0	100,0
Set	86,7	13,3	0,0	0,0	0,00	100,0
Out	90,0	10,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Nov	83,3	10,0	6,7	0,0	0,0	100,0
Dez	66,7	13,3	6,7	10,0	3,3	100,0

Fonte: Elaborado pelo autor. Valores em porcentagem.

A Tabela 17 mostra que o período chuvoso de Aratuba, assim como em Mulungu, foi composto mais frequentemente pelos meses de fevereiro a junho, com uma importante participação do mês de janeiro e, mais raramente, do mês de julho, que apresentou uma concentração das chuvas notavelmente superior se comparada às localidades situadas nos compartimentos com cotas altimétricas inferiores. Já o período seco prevaleceu entre os meses de agosto a dezembro, dos quais os meses de setembro a outubro apresentaram a classe de menor concentração de chuvas de 80 a 90% dos anos analisados.

Tabela 17 – Frequência relativa mensal das classes de concentração das precipitações de Aratuba (1989-2018).

Mês	Menos chuvoso → Mais chuvoso					Total
Jan	3,3	16,7	30,0	23,3	26,7	100,0
Fev	3,3	6,7	23,3	30,0	36,7	100,0
Mar	0,0	0,0	3,3	16,7	80,0	100,0
Abr	0,0	0,0	6,7	6,7	86,7	100,0
Mai	3,3	3,3	13,3	16,7	63,3	100,0
Jun	6,7	3,3	30,0	13,3	46,7	100,0
Jul	16,7	20,0	26,7	23,3	13,3	100,0
Ago	63,3	20,0	10,0	3,3	3,3	100,0
Set	90,0	6,7	3,3	0,0	0,0	100,0
Out	83,3	13,3	3,3	0,0	0,0	100,0
Nov	80,0	16,7	3,3	0,0	0,0	100,0
Dez	53,3	10,0	26,7	10,0	0,0	100,0

Fonte: Elaborado pelo autor. Valores em porcentagem.

Os postos de Pacoti (Quadro 1f) e Guaramiranga (Quadro 1d), assim como Aratuba e Mulungu, registraram uma maior frequência de períodos secos que com duração de 5 meses consecutivos que ocorreram, respectivamente, em 12 e 10 anos de cada série histórica. Estes períodos chegaram a se estender por até 7 meses consecutivos, como foi o excepcional caso do ano de 1998 em Pacoti, e até 6 meses consecutivos em Guaramiranga, que ocorreram nos anos de 1997 e 1998.

Em ambas localidades os períodos chuvosos se estenderam de forma mais frequente por 5 meses consecutivos que ocorreram em 7 anos da série de Pacoti e em 9 anos da série de Guaramiranga. No entanto, em Guaramiranga ocorreram uma quantidade considerável de anos que apresentaram um período chuvoso de 6 meses consecutivos, como foram os casos de 1990, 1994, 2000, 2007, 2009 e 2015, enquanto em Pacoti foram observados períodos chuvosos de até 7 meses, que ocorreram nos anos de 2013 e 2017.

Desta forma, a Tabela 18 mostra que os períodos chuvosos em Pacoti se concentraram entre os meses de fevereiro a junho, com destaque para os meses de março e abril, que apresentaram uma grande alta das chuvas em 90% dos anos analisados. O mês de janeiro apresentou ainda uma importante participação nos períodos chuvosos e o mês de julho representou o fim da estação chuvosa, de modo

que fez parte tanto dos períodos chuvosos quanto dos períodos secos quase com a mesma frequência.

Tabela 18 – Frequência relativa mensal das classes de concentração das precipitações de Pacoti (1989-2018).

Mês	Menos chuvoso			Mais chuvoso		Total
Jan	3,3	0,0	40,0	33,3	23,3	100,0
Fev	0,0	6,7	26,7	36,7	30,0	100,0
Mar	0,0	0,0	3,3	6,7	90,0	100,0
Abr	0,0	0,0	0,0	10,0	90,0	100,0
Mai	0,0	0,0	26,7	30,0	43,3	100,0
Jun	3,3	6,7	30,0	33,3	26,7	100,0
Jul	20,0	26,7	23,3	20,0	10,0	100,0
Ago	66,7	20,0	6,7	6,7	0,0	100,0
Set	76,7	13,3	10,0	0,00	0,0	100,0
Out	70,0	23,3	6,7	0,0	0,0	100,0
Nov	66,7	30,0	3,3	0,0	0,0	100,0
Dez	36,7	26,7	23,3	10,0	3,3	100,0

Fonte: Elaborado pelo autor. Valores em porcentagem.

Pacoti apresentou chuvas relativamente menos concentradas, de maneira que os meses do trimestre mais seco (setembro, outubro e novembro), foram classificados com a classe menos chuvosa em cerca de 70% dos anos da série, enquanto nas localidades anteriores, este percentual ficou em torno de 90%, conforme analisado previamente. Além disto, no mês de dezembro, foram registrados pequenos quantitativos de chuva de forma mais frequente e representaram que o fim do período de estiagem ocorreu ainda na primavera.

Conforme esperado, Guaramiranga apresentou uma configuração bastante semelhante com Pacoti (Tabela 19), na qual os períodos chuvosos se estenderam de modo mais recorrente entre os meses de fevereiro a junho, sendo o mês de abril habitualmente o mais chuvoso e com frequente participação do mês de janeiro na pré-estação chuvosa e, mais raramente, do mês de julho na pós-estação chuvosa.

Tabela 19 – Frequência relativa mensal das classes de concentração das precipitações de Guaramiranga (1989-2018).

Mês	Menos chuvoso			Mais chuvoso		Total
Jan	0,0	3,3	40,0	20,0	36,7	100,0
Fev	3,3	3,3	30,0	30,0	33,3	100,0
Mar	0,0	0,0	0,0	13,3	86,7	100,0
Abr	0,0	0,0	0,0	6,7	93,3	100,0
Mai	0,0	0,0	23,3	26,7	50,0	100,0
Jun	6,7	3,3	33,3	36,7	20,0	100,0
Jul	20,0	20,0	26,7	20,0	13,3	100,0
Ago	63,3	16,7	20,0	0,0	0,0	100,0
Set	80,0	13,3	6,7	0,0	0,0	100,0
Out	70,0	20,0	10,0	0,0	0,0	100,0
Nov	53,3	33,3	13,3	0,0	0,0	100,0
Dez	30,0	26,7	30,0	10,0	3,3	100,0

Fonte: Elaborado pelo autor. Valores em porcentagem.

Os períodos secos habitualmente abrangeram os meses de agosto a dezembro, com destaque para os meses de setembro e outubro que foram classificados com a menor concentração das chuvas em, respectivamente, 80% e 70% dos anos da série histórica.

Contudo, é interessante notar que os meses de novembro e, principalmente, os meses de dezembro apresentaram melhores percentuais de chuvas dentre todas localidades analisadas, de maneira que o mês de novembro apresentou a classe com menor concentração das chuvas em 53,3% dos anos e dezembro em apenas 30%, o que indicou a ocorrência de precipitações nestes meses na maioria dos anos analisados, ainda que tenham apresentado valores pouco representativos.

5.3 Variabilidade interanual das chuvas na serra de Baturité

Se por um lado a dinâmica sazonal das chuvas no Nordeste brasileiro apresenta um ritmo relativamente bem definido, o mesmo não ocorre com os totais pluviométricos anuais, que apresentaram uma alta variabilidade interanual. Esta alta variabilidade é associada por diversos autores à ocorrência de fenômenos oceânicos-

atmosféricos associados a anomalias das temperaturas de superfície do mar (TSM) que ocorrem nas porções tropicais do Pacífico e do Atlântico.

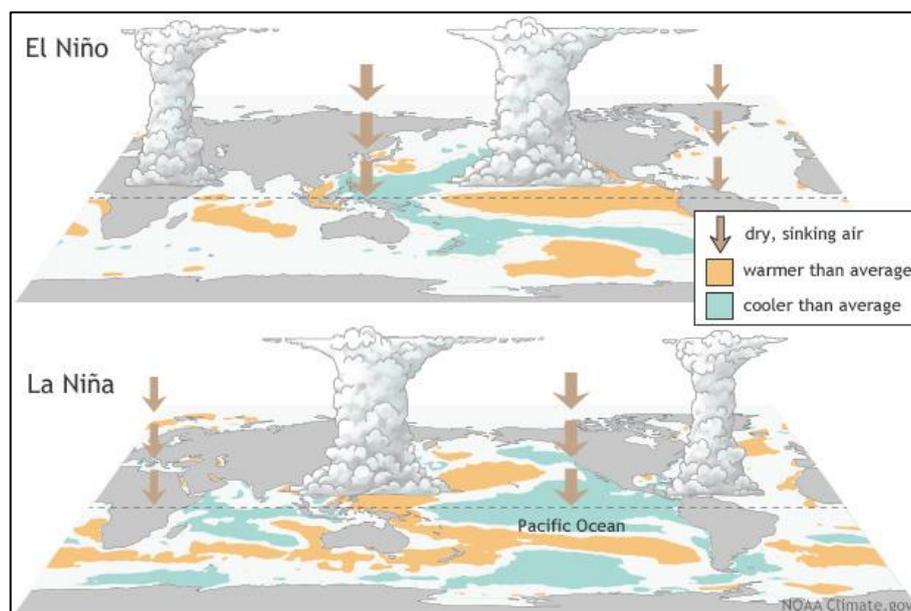
Os fenômenos relacionados às anomalias nas quais as águas do oceano Pacífico Equatorial estão mais quentes ou mais frias do que a média normal histórica são denominados de El Niño Oscilação Sul (ENOS), e os seus efeitos têm repercussões não só no Nordeste brasileiro, mas também nas condições globais de temperatura e precipitação (CPTEC, 2020).

Desta forma, o fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais no Oceano Pacífico Tropical recebe o nome de “El Niño”, e sua ocorrência é um dos fatores responsáveis pela redução das chuvas na região norte do Nordeste do Brasil. Enquanto o fenômeno oposto, ou seja, o fenômeno oceânico-atmosférico responsável por um esfriamento anormal nas águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical, recebe o nome de “La Niña” e sua ocorrência é normalmente responsável por anos considerados normais, chuvosos ou muito chuvosos na região (FERREIRA; MELLO, 2005; CPTEC, 2020).

O fenômeno El Niño desloca a convecção para leste e alterando o posicionamento da Célula de Walker, e a partir da continuidade da circulação atmosférica, o ar quente daquela região é empurrado e origina um ramo descendente sobre o oceano Atlântico, nas proximidades da região Nordeste e da Amazônia oriental (Figura 19).

Assim, de acordo com a intensidade da célula de circulação formada neste processo e do período de ocorrência, pode haver inibição da convecção e o enfraquecimento da ZCIT para as, havendo, conseqüentemente, uma diminuição das chuvas no Nordeste brasileiro (MOLION; BERNARDO, 2002).

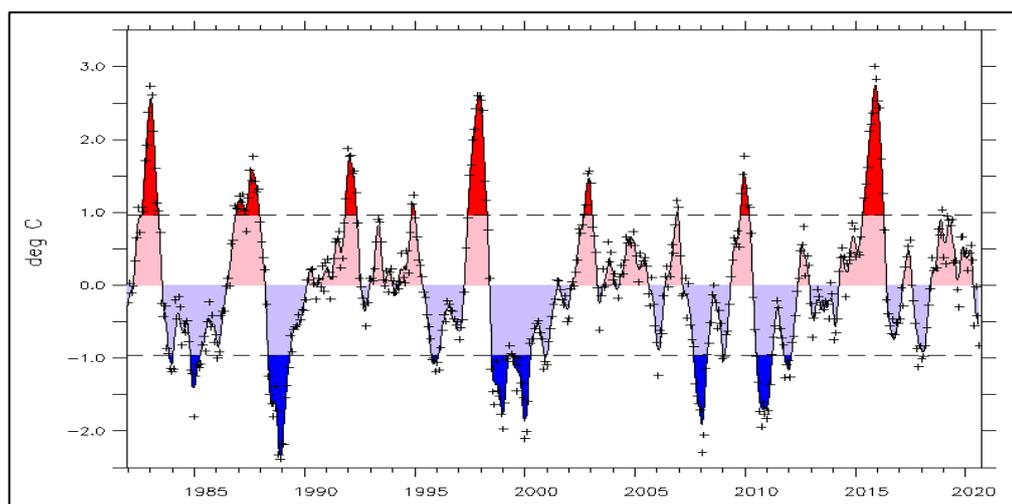
Figura 19 – Modelo representativo das consequências da formação de El Niño e La Niña no comportamento das células de ar descendentes.



Fonte: NOAA (2020).

A influência destes fenômenos sobre o clima do Nordeste brasileiro é um consenso entre os diversos autores que analisaram, principalmente, a variabilidade das chuvas e os extensos períodos de seca que ocorreram ao longo da história. A Figura 20 demonstra a variação das Anomalias das Temperaturas de Superfície do Mar (ATSM) no Pacífico Tropical e nela pode ser observado que nos anos de 1993 e 1998, conhecidos historicamente por secas severas, são caracterizados pela ocorrência de El Niño com forte intensidade, enquanto os anos de 1989, 2000, 2009 e 2011, historicamente muito chuvosos, são caracterizados pela ocorrência La Niñas muito intensas.

Figura 20 – Gráfico com as anomalias nas temperaturas de superfície do mar (TSM) no Oceano Pacífico Tropical (1986-2020).

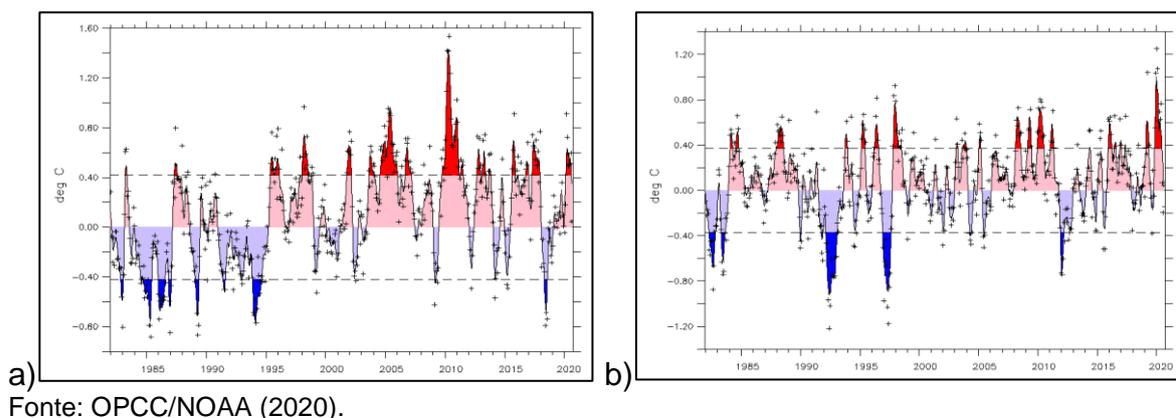


Fonte: OPCC/NOAA (2020). Legenda: Área em vermelho = El Niño; Área em azul = La Niña.

Além dos efeitos do ENOS, para Nordeste brasileiro, é necessário analisar ainda o comportamento dos índices climático-ocêânicos relacionados às anomalias da TSM no Oceano Atlântico Tropical, conhecidos como efeito Dipolo do Atlântico ou Gradiente Inter-hemisférico ou meridional da temperatura da superfície do mar (GRADM) (SOARES, 2015).

O Dipolo do Atlântico é definido por Ferreira e Mello (2005) como a “diferença entre a anomalia da TSM na Bacia do Atlântico Norte (Figura 21a) e Atlântico Sul (Figura 21b)”. Quando o dipolo é positivo a TSM do Atlântico Norte é positiva, o que desfavorece ocorrência de precipitação no Nordeste brasileiro, principalmente quando associada ao ENOS em fase positiva (El Niño). No entanto, quando o dipolo é negativo, a TSM do Atlântico Sul é positiva, favorecendo a precipitação no Nordeste do Brasil principalmente quando associada ao ENOS em fase negativa (La Niña) (FERREIRA; MELLO, 2005; SOARES, 2015).

Figura 21 – Anomalias nas temperaturas de superfície do mar no Atlântico Norte (a) e no Atlântico Sul (b) (1982-2020).



Estes fenômenos oceânicos possuem efeitos na circulação atmosférica regional e são responsáveis pela regência da atuação dos sistemas atmosféricos. Além disto, tais fenômenos têm repercussão no encadeamento de sérios problemas associados as chuvas, pois em anos com totais pluviométricos muito baixos, são registradas secas com repercussões socioeconômicas sérias para a região Nordeste do Brasil, enquanto em anos muito chuvosos são observadas inundações que acarretam diversos prejuízos, principalmente para as áreas urbanas (ZANELLA, 2014; SOARES, 2014).

Assim, devido ao contexto climático regional em que estão inseridas, as localidades da serra de Baturité apresentaram uma elevada variabilidade nas pluviometrias anuais. No entanto, os efeitos destes fenômenos apresentaram consequências variadas, de maneira que algumas localidades foram mais afetadas, apresentando uma maior variabilidade nas chuvas, enquanto outras apresentaram uma variabilidade consideravelmente menor como explicam os subtópicos a seguir a partir da análise do Coeficiente de Variação (CV).

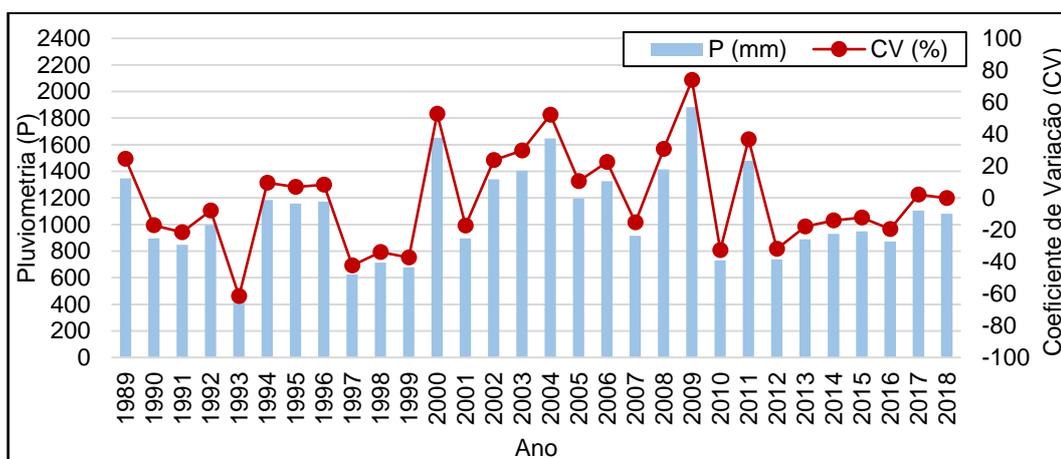
5.3.1 Aratuba

Aratuba apresentou uma média histórica de 1082,7 mm/ano. O ano com total pluviométrico de menor variação com relação a média foi 2018, quando foi registrado um total anual de 1081,2 mm, representando CV de 0,1%. O valor mínimo ocorreu no ano de 1993, quando foram registrados 416,3 mm, representando um CV

de -61,6%, e o máximo ocorreu no ano de 2009 quando foi registrada uma pluviometria anual de 1881,7 mm, que representou um CV de 73,8%.

A Figura 22 apresenta um gráfico no qual pode ser observada a variação das chuvas ao longo da série histórica do posto pluviométrico de Aratuba, assim como o respectivo CV de cada ano.

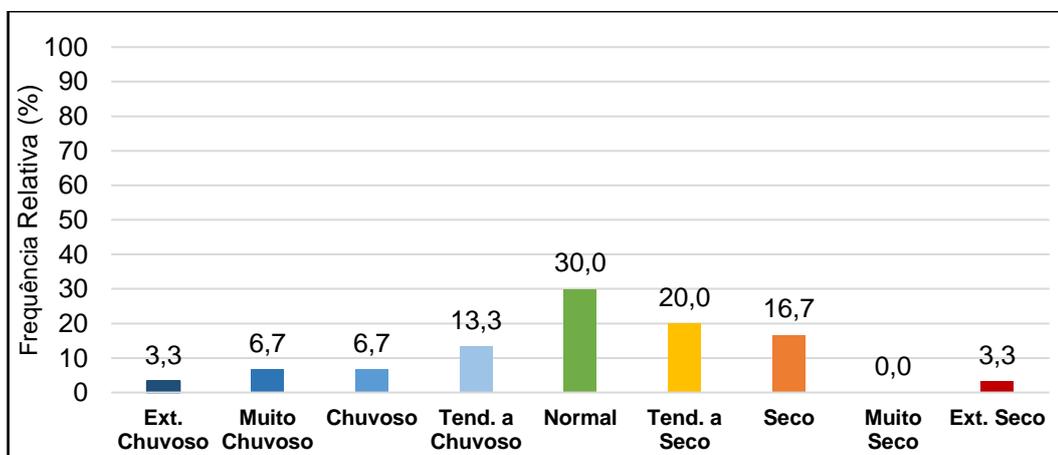
Figura 22 – Pluviometria anual (P) e Coeficiente de Variação (CV) da série histórica (1989-2018) para o posto pluviométrico de Aratuba.



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

O gráfico da Figura 23, mostra que a maior parte da série histórica de Aratuba foi composta por anos com chuvas dentro da média (normais), que totalizaram 9 anos, o que representa 30% dos anos da série.

Figura 23 – Frequência relativa das classificações pluviométricas de Aratuba.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto aos anos com chuvas abaixo da média, 6 anos foram classificados como tendentes a secos (20,0%), enquanto 5 anos foram classificados como secos (16,7%). Não foi verificada a ocorrência de anos muito secos (0%), e apenas o ano de 1993 foi classificado como extremamente seco (3,3%).

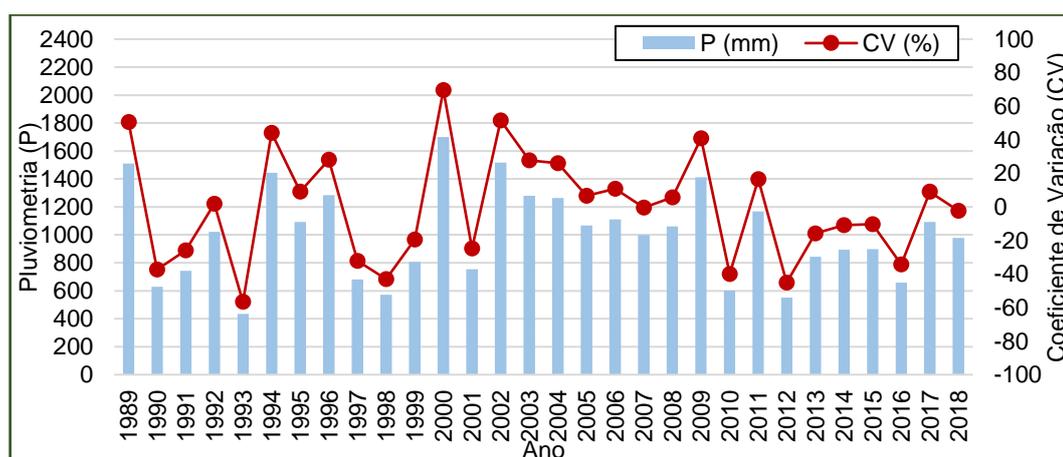
Os anos com chuvas acima da média foram compostos por 4 anos tendentes a chuvosos (13,3%), 2 anos chuvosos (6,6%), 2 anos muitos chuvosos (6,7%), e apenas o ano de 2009 foi classificado como extremamente chuvoso (3,3%).

5.3.2 Baturité

A pluviometria média histórica em Baturité foi de 1002,03 mm/ano. O ano de 2007 apresentou a menor variação com relação à média, com um total anual de 998,0 mm e CV de -0,4%. O ano com menor registro pluviométrico foi 1993 com 434,5 mm, que representou um CV de -56,6%. Enquanto o ano mais chuvoso foi o de 2000, quando foi registrado um total de 1699,5 mm que corresponde a um CV de 69,6%.

O gráfico da Figura 24 mostra os totais pluviométricos anuais observados no posto pluviométrico de Baturité, juntamente com seus respectivos coeficientes de variação.

Figura 24 – Pluviometria anual (P) e Coeficiente de Variação (CV) da série histórica (1989-2018) para o posto pluviométrico de Baturité.



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

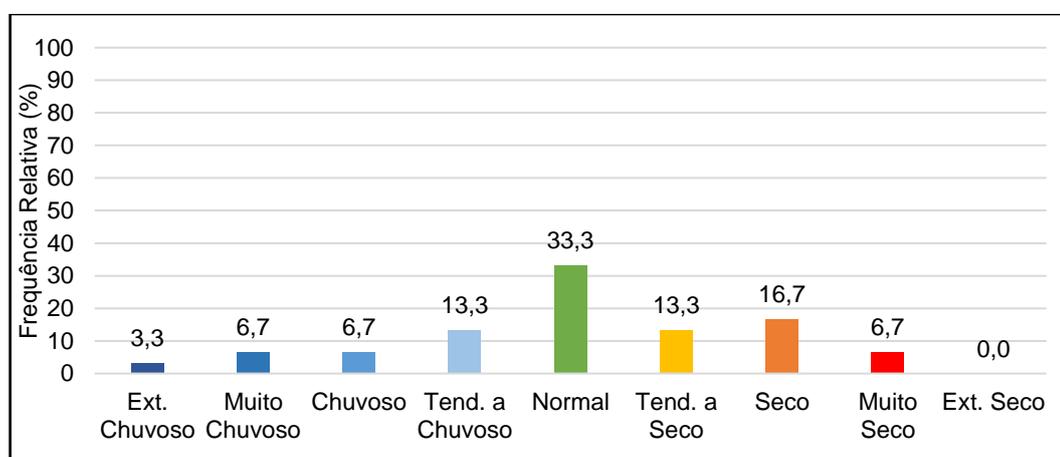
A partir do gráfico da Figura 25, foi verificado que a maior parte dos totais anuais registrados no posto de Baturité foram classificados como anos normais

(33,3%). Ao todo, foram 10 anos com totais pluviométricos com uma baixa dispersão com relação à média.

Com relação aos anos com chuvas abaixo da média, ao longo da série histórica não foram registrados anos extremamente secos (0,0%), ocorreram apenas 2 anos muito secos (6,7%), 5 anos secos (16,7%) e 4 anos tendentes a seco (13,33%).

Já os anos com chuvas acima do habitual foram compostos por: 4 anos tendentes a chuvoso (13,3%); 2 anos chuvosos (6,7%); 2 anos muito chuvosos (6,7%); e apenas o ano de 2000 foi classificado como extremamente chuvoso (3,33%).

Figura 25 – Frequência relativa da classificação pluviométrica anual de Baturité.



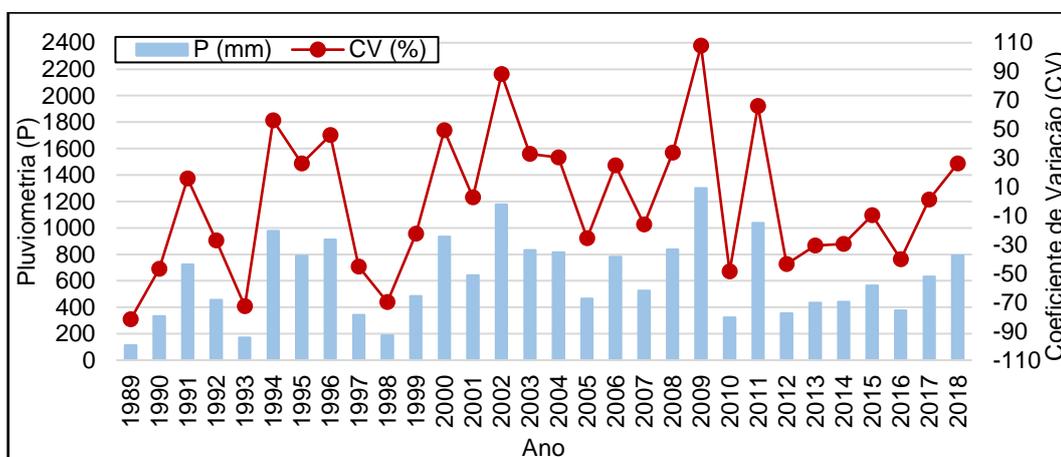
Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3.3 Caridade

Caridade apresentou os menores totais pluviométricos dentre os postos analisados e, conseqüentemente, a menor média histórica (625,7 mm). O ano de 2017 registrou 633,4 mm e apresentou a menor dispersão com um CV de 1,2%. O ano com menor pluviometria da série foi 1989 com um total anual de 114,4 mm e CV de -81,7%. O ano mais chuvoso foi 2009, com total pluviométrico de 1300,8 mm e CV de 107,9%.

A Figura 26 apresenta um gráfico que contém os totais pluviométricos de cada ano registrado pelo posto de Caridade com os seus respectivos CV's.

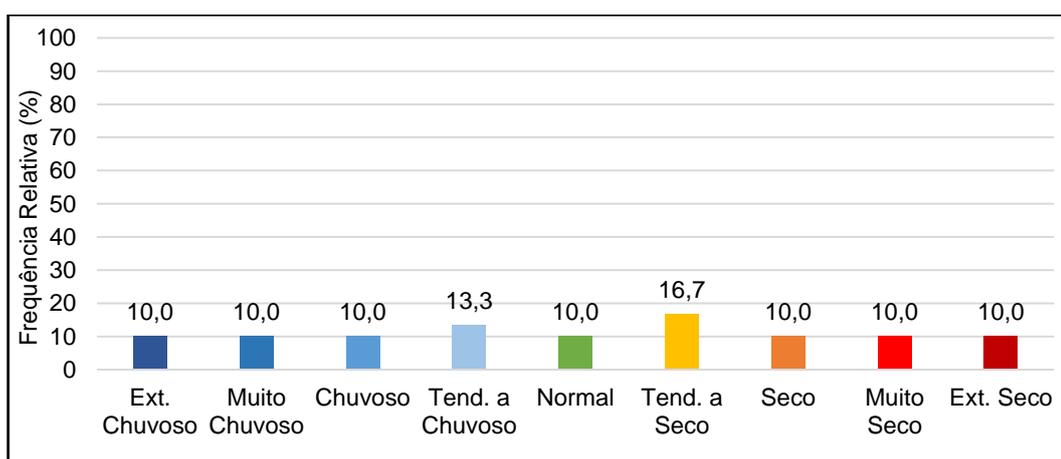
Figura 26 – Pluviometria anual (P) e Coeficiente de Variação (CV) da série histórica (1989-2018) para o posto pluviométrico de Caridade.



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

O gráfico da Figura 27 revela que Caridade apresentou uma maior variabilidade em suas precipitações com relação aos demais postos pluviométricos. Isto ficou evidente pois os anos da série histórica possuem uma distribuição quase equitativa na frequência relativa das classes anuais, o que representa uma maior variabilidade dos totais anuais com relação ao valor médio central.

Figura 27 – Frequência relativa da classificação pluviométrica anual de Caridade.



Fonte: Elaborado pelo autor.

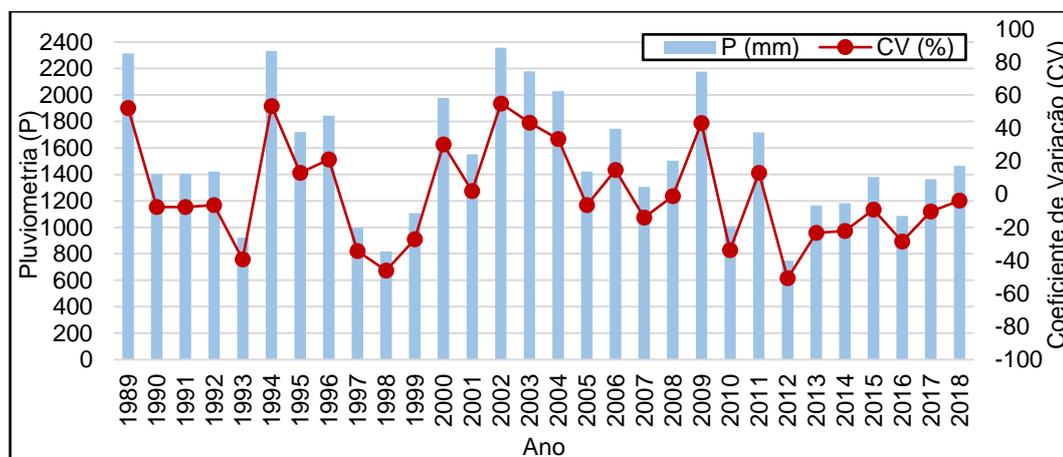
Além disto, os anos normais ocorreram em apenas 3 anos da série, representando apenas 10,0% de seu total. Os anos com chuvas abaixo da média foram compostos por: 3 anos extremamente secos (10,0%); 3 anos muito secos (10,0%); 3 anos secos (10,0%) e 5 anos tendentes a secos (16,7%).

Enquanto os anos com chuvas acima da média se dividiram em: 4 anos tendentes a seco (13,3%); 3 anos chuvosos (10,0%); 3 anos muito chuvosos (10,0%); e 3 anos extremamente chuvosos (10,0%).

5.3.4 Guaramiranga

Guaramiranga apresentou os maiores totais pluviométricos registrados (Figura 28), com uma média histórica de 1521,6 mm. O ano de 2008 apresentou a menor variação com relação à média, com um total anual de 1503,0 mm e um CV de -1,2%. O ano de 2012 foi o ano menos chuvoso, quando foram registrados 747,6 mm, o que representou um CV igual a -50,9%. O ano mais chuvoso foi 2002, que apresentou um total anual de 2357,1 mm e um CV de 54,9%.

Figura 28 – Pluviometria anual (P) e Coeficiente de Variação (CV) da série histórica (1989-2018) para o posto pluviométrico de Guaramiranga.



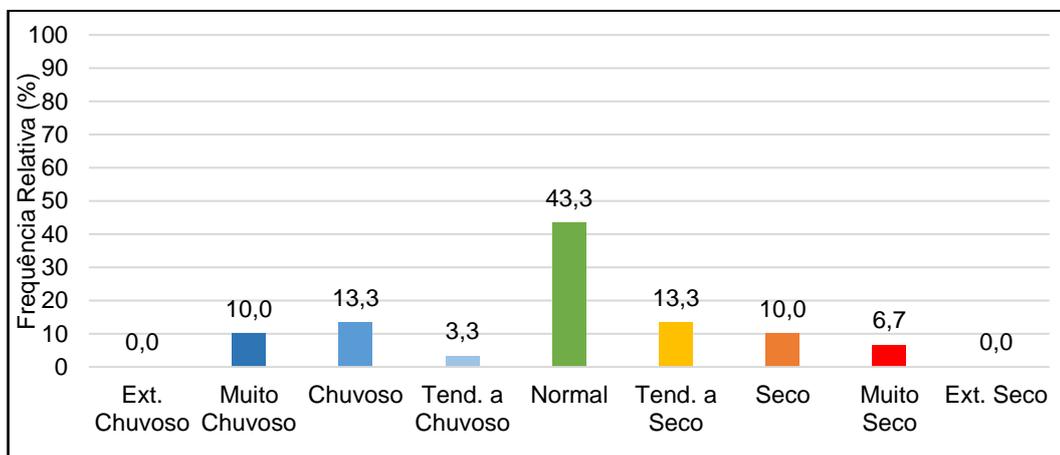
Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Guaramiranga apresentou a maior frequência relativa de anos com chuvas dentro da média dentre os postos analisados (Figura 29). Ao longo da série, foram 13 anos normais (43,3%), o que demonstra uma melhor regularidade nos totais anuais se comparado aos valores registrados pelos postos pluviométricos localizados nos demais compartimentos da serra de Baturité.

Outra observação realizada nas classes pluviométricas anuais que demonstra a existência de uma menor variabilidade das chuvas é a inexistência de valores considerados extremos, tanto pelo excesso quanto pela escassez de chuvas, pois a presença, tanto de anos extremamente chuvosos quanto de anos

extremamente secos, indica uma maior dispersão diante dos cenários que são considerados habituais ou normais.

Figura 29 – Frequência relativa da classificação pluviométrica anual de Guaramiranga.



Fonte: Elaborado pelo autor.

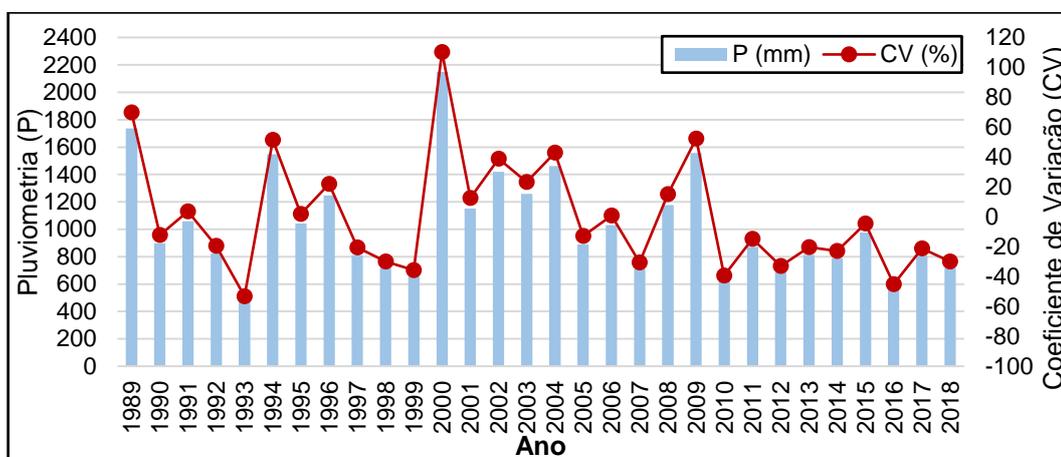
Os anos com chuvas abaixo da média são compostos por: 2 anos muito secos (6,7%); 3 anos secos (10,0%); e 4 anos tendentes a seco (13,3%). Enquanto os anos com chuvas acima da média se distribuíram da seguinte com a seguinte frequência: 3 anos muito chuvosos (10,0%); 4 anos chuvosos (13,3%); e apenas o ano de 1996 foi classificado como tendente a chuvoso (3,3%).

5.3.5 Mulungu

Os totais pluviométricos anuais de Mulungu e, conseqüentemente, a média histórica (1022,2 mm), foram bastante próximos dos valores registrados em Aratuba.

O ano com menor dispersão foi 2006, com total pluviométrico de 1031,0 mm e CV de 0,9%. O ano menos chuvoso foi 1993 com total pluviométrico de 479,1 mm e CV de -53,13%, enquanto o mais chuvoso foi 2000, quando foram registrados 2149,0 mm que representaram um CV de 110,3%, como mostra a Figura 30.

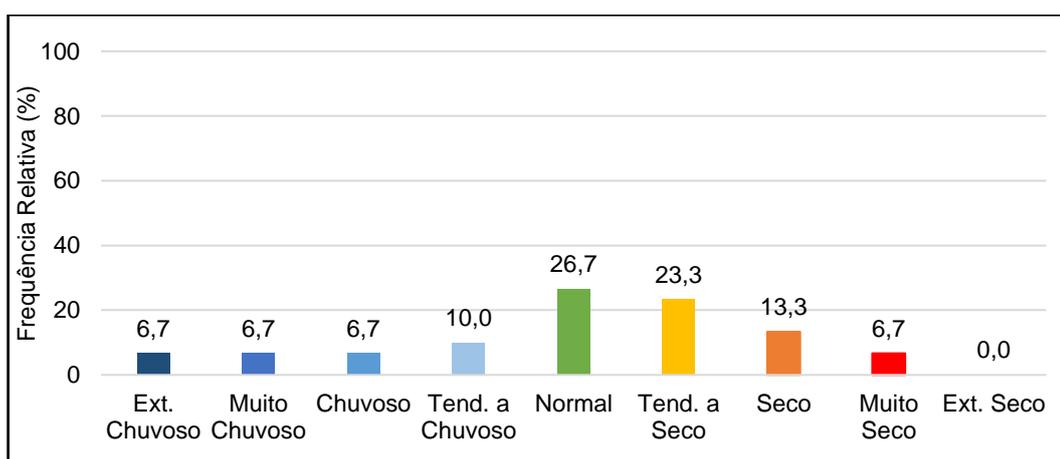
Figura 30 – Pluviometria anual (P) e Coeficiente de Variação (CV) da série histórica (1989-2018) para o posto pluviométrico de Mulungu.



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Além dos valores pluviométricos, Mulungu também se assemelhou a Aratuba na variabilidade das chuvas (Figura 31). Assim, 26,8% dos anos da série foram classificados como normais, seguidos pelos anos tendentes a seco (23,3%) e pelos anos secos (13,3%). Nos anos com chuvas abaixo da média ocorreram ainda 2 anos muito secos (6,7%), em 1993 e 2016.

Figura 31 – Frequência relativa da classificação pluviométrica anual de Mulungu.



Fonte: Elaborado pelo autor.

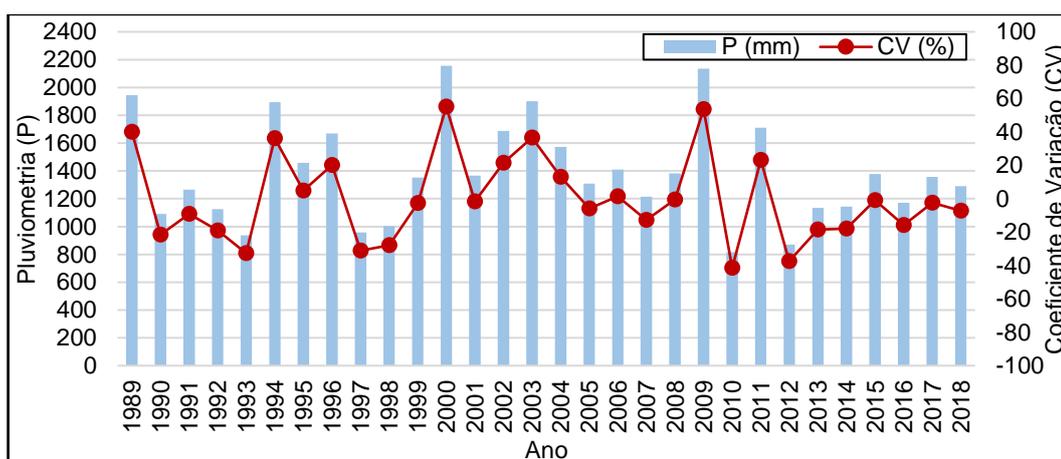
Outra similaridade entre estas localidades foi uma menor ocorrência de anos com chuvas acima da média ao longo de suas respectivas séries. Em Mulungu estes anos foram divididos em 3 anos tendentes a chuvosos (10,0%), 2 anos chuvosos

(6,7%), 2 anos muito chuvosos (6,7%) e os anos de 1989 e 2000 foram classificados como extremamente chuvosos (6,7%).

5.3.6 Pacoti

Pacoti apresentou elevados totais pluviométricos ao longo da série histórica (Figura 32), que foram responsáveis por uma média de 1389,9 mm. O ano de 2008 apresentou a menor dispersão da série com um total anual de 1382,4 mm e um CV de -0,5%. O ano mais seco foi 2010 que apresentou um total anual de 814,3 mm e um CV de -41,4%. O ano mais chuvoso foi 2000 quando foram registrados 2156,1 mm, o que representou um CV de 55,1%.

Figura 32 – Pluviometria anual (P) e Coeficiente de Variação (CV) da série histórica (1989-2018) para o posto pluviométrico de Pacoti.

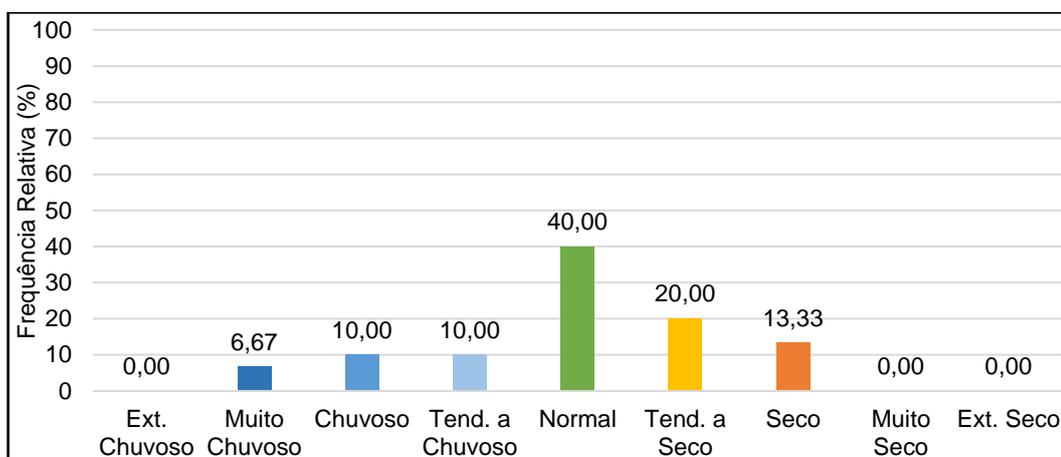


Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Conforme pode ser observado no gráfico da Figura 33, a maior parte dos anos que compõem a série histórica de Pacoti apresentaram totais pluviométricos considerados dentro da média. No total, foram 12 anos classificados como normais, o que representou 40,0% da série. Este valor se assemelha àqueles verificados em Guaramiranga, tornando possível caracterizar a porção setentrional do platô úmido como a área da serra de Baturité com melhor regularidade de chuvas.

Outra semelhança entre Pacoti e o de Guaramiranga é a ausência de anos com grandes dispersões. Isto ficou evidenciado pois, ao longo da série, não ocorreram anos extremamente secos (0,0%) e extremamente chuvosos (0,0%). Além disto, o posto de Pacoti não apresentou anos muito secos (0,0%).

Figura 33 – Frequência relativa da classificação pluviométrica anual de Pacoti.



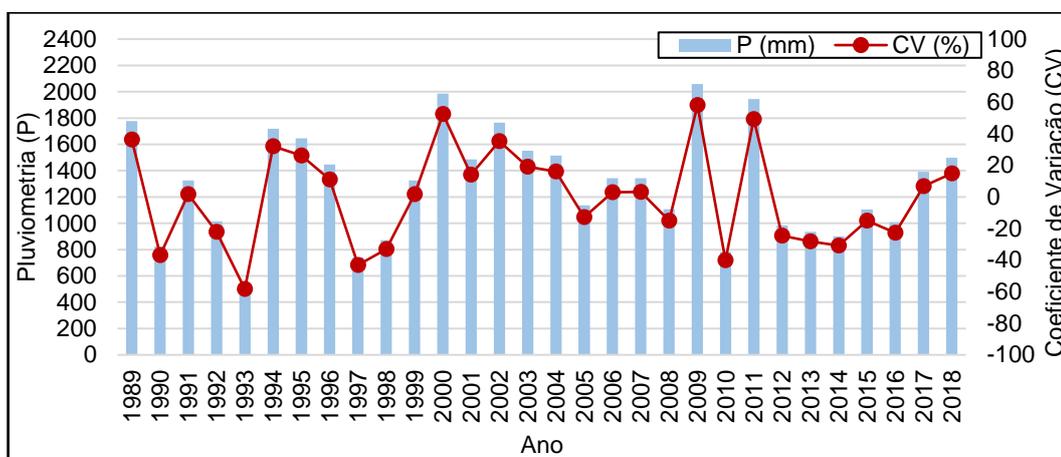
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os anos com chuvas abaixo da média foram representados por 4 anos secos (13,3%) e 6 anos tendentes a secos (20,0%). Enquanto os anos com chuvas acima da média ocorreram em 3 anos tendentes a chuvosos (10,0%), 3 anos chuvosos (10,0%) e 2 anos muito chuvosos (6,7%).

5.3.7 Palmácia

O posto pluviométrico de Palmácia apresentou uma elevada média histórica de 1302,5 mm, sendo inferior apenas às médias de Guaramiranga e de Pacoti. O ano de 1999 apresentou a menor dispersão com relação à média, com um total pluviométrico de 1325,5 mm. O ano mais seco foi o ano de 1993, que apresentou uma pluviometria de 543,9 mm e CV igual a -58,2%. O ano mais chuvoso, por sua vez, foi 2009 que apresentou um total 2059,4 mm e CV de 58,1% como mostra a Figura 34.

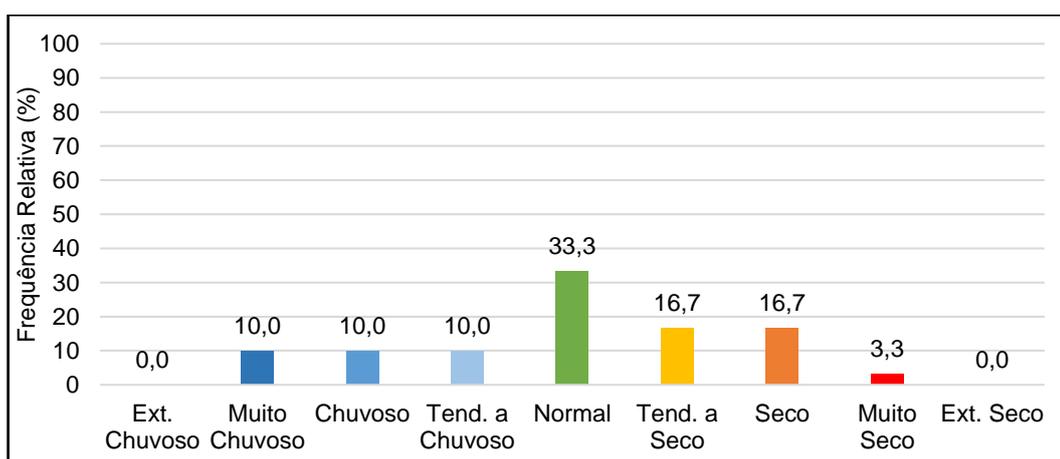
Figura 34 – Pluviometria anual (P) e Coeficiente de Variação (CV) da série histórica (1989-2018) para o posto pluviométrico de Palmácia.



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

A maior parte da série histórica de Palmácia foi composta pluviometrias anuais dentro da normalidade, que ocorreram em 10 anos e representaram 33,3% da série analisada. Em Palmácia, assim como em Guaramiranga e Pacoti, não ocorreram anos com valores considerados extremos, tanto por excesso quanto por escassez de chuvas (Figura 35).

Figura 35 – Frequência relativa da classificação pluviométrica anual de Palmácia.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os anos com chuvas abaixo da média que se distribuíram em: 5 anos tendentes a seco (16,7%); 5 anos secos (16,7%); e apenas o ano de 1993 foi classificado como muito seco (3,3%). Os anos com chuvas acima da normalidade

foram representados por 3 anos tendentes a chuvosos (10,0%), 3 anos chuvosos (10%), e 3 anos muito chuvosos (10,0%).

Deste modo, a partir da análise do CV, foi observada nas localidades situadas na serra de Baturité apresentaram uma elevada variabilidade da precipitação interanual bastante característica do contexto climático regional que é influenciado por fenômenos oceânicos-atmosféricos responsáveis pela variação pluviométrica que ocorre de um ano para outro.

Esta variabilidade se demonstrou consideravelmente mais elevada nas localidades situadas a sotavento, a exemplo do que foi observado em Caridade, e foi brevemente atenuada nas localidades situadas a barlavento, como observado em Aratuba, Baturité, Mulungu e Palmácia, enquanto as localidades situadas na porção setentrional do platô, Guaramiranga e Pacoti, apresentaram pluviometrias mais elevadas e uma variabilidade interanual notavelmente menor se comparada com as demais localidades, denotando a ocorrência de uma melhor regularidades nos totais pluviométricos anuais.

6. BALANÇO HIDRICO CLIMATOLÓGICO DA SERRA DE BATURITÉ

Este capítulo trata da análise sobre o balanço hídrico climatológico dos postos de Aratuba, Baturité, Caridade, Guaramiranga, Mulungu, Pacoti e Palmácia. O cálculo foi realizado a partir dos valores das temperaturas médias mensais e evapotranspiração potencial (ETP) estimadas e apresentadas no Capítulo 3, enquanto as precipitações mensais foram obtidas a partir dos anos-padrão selecionados e apresentados nos subcapítulos a seguir.

6.1 Seleção dos anos-padrão normal, seco e chuvoso

A partir da classificação dos Coeficientes de Variação (CV) dos postos de Aratuba, Baturité, Caridade, Guaramiranga, Mulungu, Pacoti e Palmácia (Tabela 20), ficou evidenciado que: os anos de 1991, 1992, 1995, 2001, 2005, 2006, 2007, 2008, 2015, 2017 e 2018 foram caracterizados por apresentarem chuvas dentro da médias na maioria dos postos analisados; os anos 1990, 1993, 1997, 1998, 1999, 2010, 2012, 2013, 2014 e 2016 se destacaram como anos predominantemente secos; e os anos de 1989, 1994, 1996, 2000, 2002, 2003, 2004, 2009 e 2011 se destacaram como anos predominantemente chuvosos.

A seleção dos anos-padrão para a realização do balanço hídrico climatológico priorizou a ocorrência de variações pluviométricas mais intensas, seja positivamente ou negativamente, de modo que foi dada preferência aos anos mais recentes em que grande parte ou a totalidade das localidades da serra de Baturité tenham apresentando classificações que indiquem chuvas dentro, abaixo ou acima da média.

Seguindo estes critérios, foram eleitos os seguintes anos: 1993 foi selecionado como o ano-padrão seco; 2017 foi selecionado como o ano-padrão seco; e 2009 foi selecionado como o ano-padrão chuvoso.

Tabela 20 – Classificação da pluviometria anual com base nos Coeficientes de Variação (CV) dos postos de Aratuba, Baturité, Caridade, Guaramiranga, Mulungu, Pacoti e Palmácia (1989-2018).

Ano	Localidade						
	Ara	Bat	Car	Gua	Mul	Pac	Pal
1989	TC	MC	ES	MC	EC	C	C
1990	TS	S	MS	N	N	TS	S
1991	TS	TS	TC	N	N	N	N
1992	N	N	TS	N	TS	TS	TS
1993	ES	MS	ES	S	MS	S	MS
1994	N	C	MC	MC	MC	C	C
1995	N	N	TC	N	N	N	TC
1996	N	TC	MC	TC	TC	TC	N
1997	S	S	MS	S	TS	S	S
1998	S	S	ES	MS	TS	TS	S
1999	S	TS	TS	TS	S	N	N
2000	MC	EC	MC	C	EC	MC	MC
2001	TS	TS	N	N	N	N	N
2002	TC	MC	EC	MC	C	TC	C
2003	TC	TC	C	C	TC	C	TC
2004	MC	TC	C	C	C	N	TC
2005	N	N	TS	N	N	N	N
2006	TC	N	TC	N	N	N	N
2007	TS	N	TS	N	S	N	N
2008	C	N	C	N	TC	N	N
2009	EC	C	EC	C	MC	MC	MC
2010	S	S	MS	S	S	S	S
2011	C	TC	EC	N	N	TC	MC
2012	S	MS	S	MS	S	S	TS
2013	TS	TS	S	TS	TS	TS	TS
2014	N	N	TS	TS	TS	TS	S
2015	N	N	N	N	N	N	TS
2016	TS	S	S	TS	MS	TS	TS
2017	N	N	N	N	TS	N	N
2018	N	N	TC	N	TS	N	N

Fonte: Elaborado pelo autor. Legenda: ES = Ext. Seco; MS = Muito Seco; S = Seco; TS = Tend. a Seco; N = Normal; TC = Tend. a Chuvoso; MC = Muito Chuvoso; EC = Ext. Chuvoso.

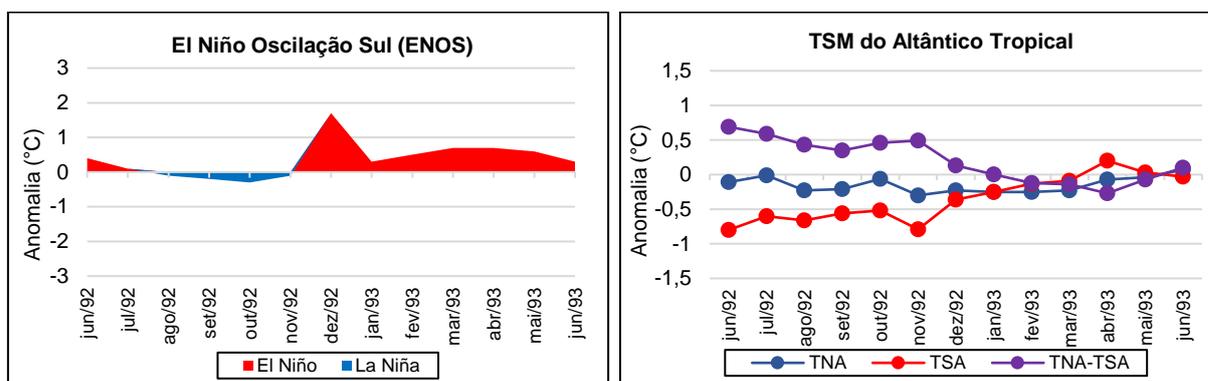
6.2 Balanço hídrico climatológico do ano-padrão seco (1993)

As condições oceânico-atmosféricas que configuraram o final do segundo semestre ano de 1992 e do primeiro semestre de 1993 foram pouco favoráveis para

a formação de precipitações no norte do Nordeste brasileiro, pois este período foi marcado pela ocorrência de El Niño com forte intensidade a partir do mês de novembro que compõe a pré-estação chuvosa e que se estendeu por todo o primeiro semestre do ano posterior (Figura 36).

Além disto, as Anomalias das Temperaturas da Superfície do Mar (ATSM) indicaram a ocorrência de temperaturas pouco elevadas na bacia do Atlântico Sul (TSA) e mais elevadas na bacia do Atlântico Norte (TNA), que dificultaram a ainda mais a migração da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) para as latitudes mais meridionais.

Figura 36 – Anomalias nas temperaturas de superfície do mar no Pacífico e no Atlântico Tropical no período de junho de 1992 a junho de 1993.



Fonte: Physical Sciences Laboratory/NOAA (2020). Elaborado pelo autor.

Esta configuração ocasionou totais pluviométricos anuais que representaram coeficientes negativos em todas localidades da serra de Baturité. Além disto, houve um predomínio de déficit hídrico já que as precipitações assumem um papel fundamental na variação de umidade em um contexto em que as temperaturas e taxas de Evapotranspiração Potencial (ETP) são elevadas e pouco variam ao longo do ano. No entanto, as localidades analisadas apresentaram outras duas características interessantes que evidenciaram a ocorrência de um ano seco.

A primeira característica é resultante dos efeitos diretos e bem conhecidos com relação à influência no curso da ZCIT, que foi a redução das chuvas que ocorrem nos meses que compõem a quadra chuvosa e que afetou principalmente as chuvas que ocorrem no mês de fevereiro em praticamente todas as localidades analisadas.

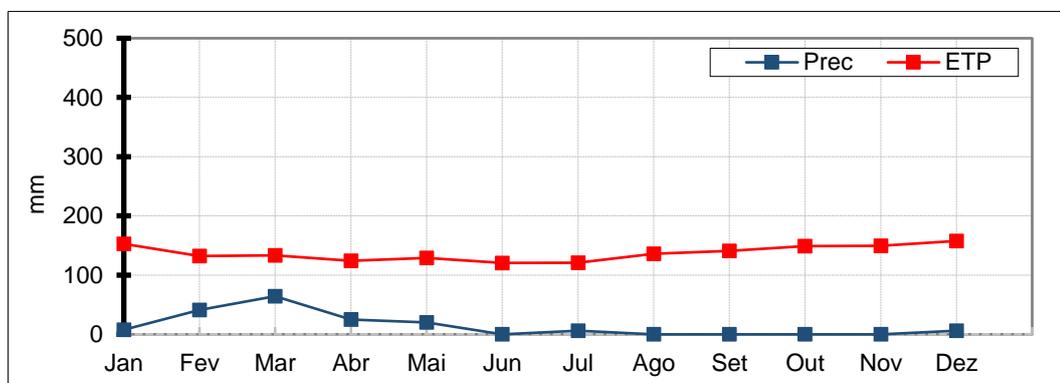
A segunda característica foi o aumento das chuvas que ocorrem nos meses de junho e julho, que se processou mediante ao posicionamento da ZCIT nas latitudes

mais ao norte. Desta forma, a ZCIT apresentou uma menor influência sobre o gradiente de pressão entre o Equador e os trópicos, o que possibilitou uma atuação mais intensa das Ondas de Leste (OL) por meio da influência da Massa Equatorial Atlântica (MEA), o que contribuiu principalmente para o aumento da relevância hidroclimática das precipitações que ocorrem no período pós quadra chuvosa das localidades situadas no setor a barlavento da serra de Baturité.

A partir deste contexto, Caridade apresentou a menor precipitação anual dentre os postos analisados com apenas 171,0 mm e o maior Coeficiente de Variação (CV) para este ano (-72,7%), que foi classificado como um ano “extremamente seco”.

O total pluviométrico desta localidade se distribuiu com grande concentração entre os meses de fevereiro (41,1 mm), março (64,4 mm), abril (25,0 mm) e maio (20,2 mm). Nos meses de janeiro (8,0 mm), julho (6,0 mm) e dezembro (6,3 mm) ocorreram pluviometrias quase insignificantes, enquanto nos meses de junho, agosto, setembro, outubro e novembro não houve registros de precipitações (Figura 37).

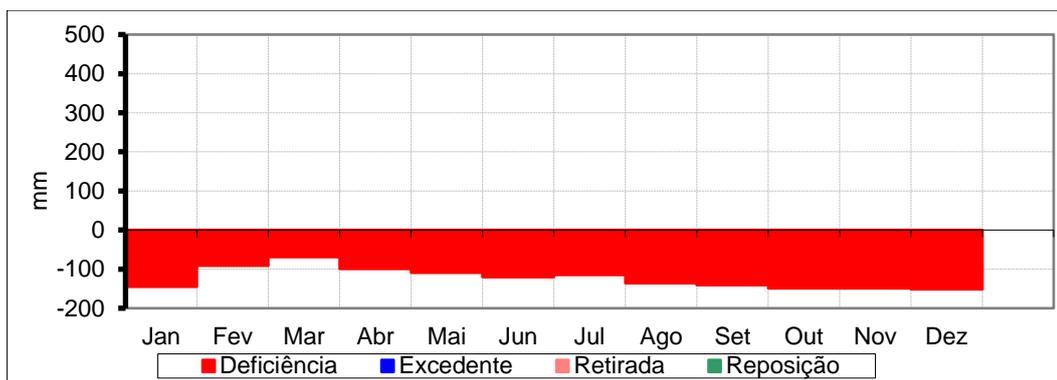
Figura 37 – Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Caridade (1993).



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

As baixas e concentradas pluviometrias, associadas às elevadas e constantes temperaturas médias mensais e taxas mensais de ETP, refletiram diretamente no balanço hídrico de Caridade (Figura 38), no qual foi observado uma elevada deficiência hídrica que totalizou um déficit anual de 1476,0 mm. O mês de março apresentou o menor déficit (69,2 mm), enquanto nos meses de setembro a dezembro estes valores superaram a marca de 140 mm, com máxima de 151,4 mm no mês de dezembro.

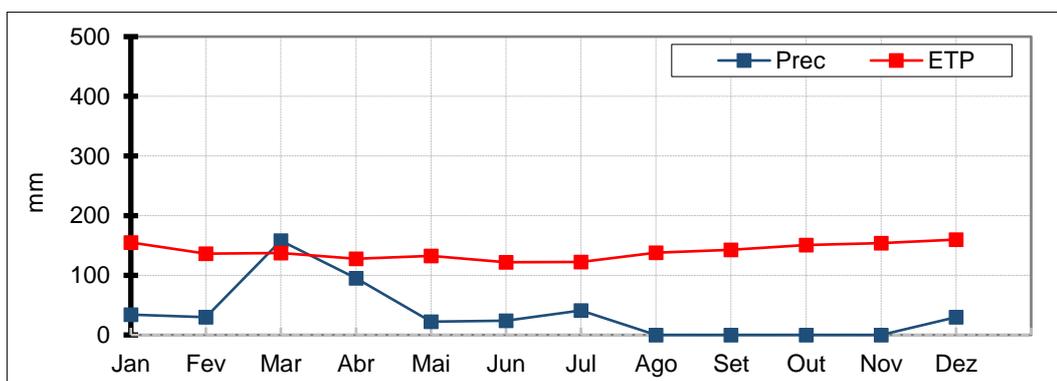
Figura 38 – Balanço hídrico climatológico de Caridade no ano-padrão seco (1993).



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Em Baturité, a precipitação total anual foi de 434,6 mm, o que representou uma variação de -56,6% de sua média histórica e a ocorrência de um ano “muito seco”. Os meses de março (158,0 mm) e abril (95,0 mm) concentraram grande parte das chuvas do ano. Nos meses de janeiro (34,0 mm), fevereiro (30,0 mm), maio (22,5 mm), junho (24,0 mm), julho (41,0 mm) e dezembro (30,0 mm) ocorreram pequenos totais pluviométricos, enquanto nos meses de agosto a novembro não houve precipitações (Figura 39).

Figura 39 – Precipitação e da evapotranspiração potencial mensal em Baturité (1993).

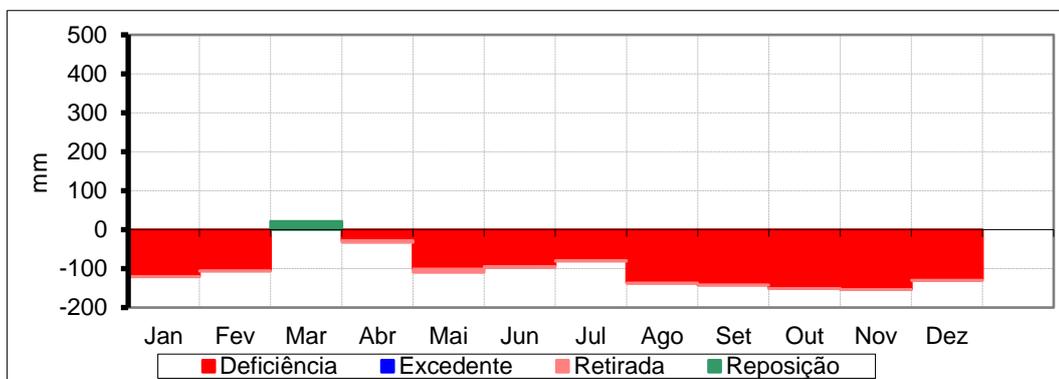


Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Assim, o balanço hídrico de Baturité (Figura 40) demonstrou que as elevadas taxas de ETP mensais associadas ao caso de um ano com poucas precipitações implicou na ocorrência de um déficit hídrico de 1242,2 mm que se distribuiu por praticamente todos os meses, do qual os meses de setembro (142,4 mm), outubro (150,8 mm) e novembro (153,7 mm) apresentaram as maiores

deficiências hídricas. A exceção foi o mês de março, que apresentou apenas uma modesta reposição hídrica de 20,8 mm.

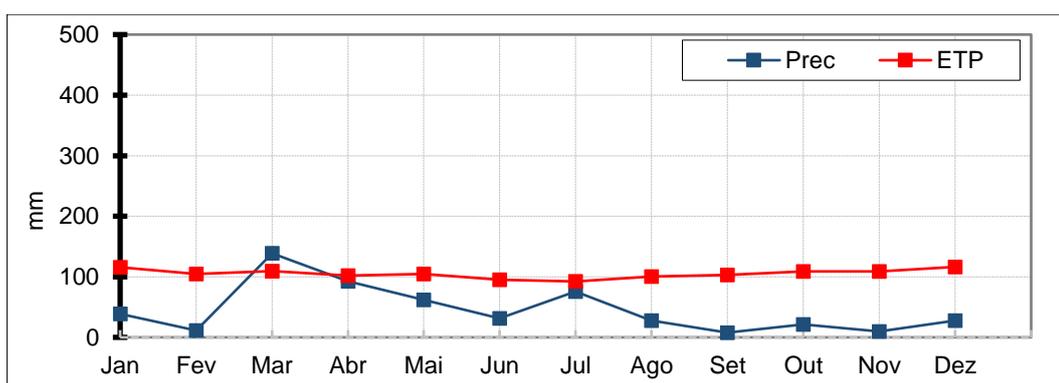
Figura 40 – Balanço hídrico climatológico de Baturité no ano-padrão seco (1993).



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Em Palmácia foi registrada uma pluviometria anual de 543,9 mm que representou uma variação de -58,2% da média histórica desta localidade. As precipitações se concentraram principalmente nos meses de março (138,7 mm), abril (92,3 mm), maio (62,1 mm) e julho (75,4 mm). Os meses de janeiro (38,8 mm), fevereiro (11,1 mm) e agosto (27,9 mm) apresentaram pequenas precipitações e os meses da primavera (setembro, outubro e novembro) (Figura 41).

Figura 41 – Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Palmácia (1993).



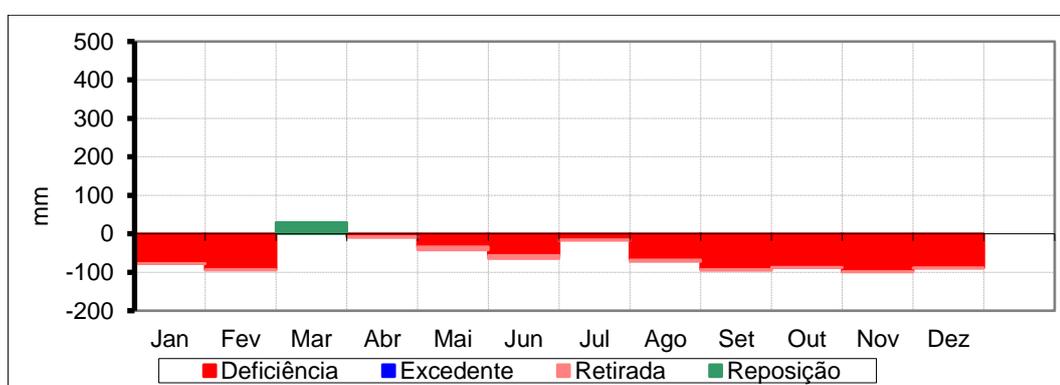
Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Apesar de Palmácia ter apresentado taxas de ETP um pouco mais amenas do que os postos de Caridade e Baturité por conta da diferença altimétrica, as taxas de ETP foram ainda muito elevadas e sempre superiores aos totais mensais de precipitação, como visto no gráfico da Figura 41.

O balanço hídrico de Palmácia (Figura 42) apresentou um cenário muito semelhante ao de Baturité, de modo que ocorreram déficits hídricos em basicamente todo os meses. Contudo, os déficits foram compostos por valores mensais consideravelmente inferiores do que os apresentados por Baturité e que totalizaram 717,0 mm.

As maiores deficiências ocorreram entre os meses de setembro (92,7 mm), outubro (86,8 mm), novembro (98,6 mm) e dezembro (88,7 mm). O mês de março mais uma vez foi o único mês que não apresentou déficit, no qual ocorreu apenas uma reposição hídrica de 29,3 mm.

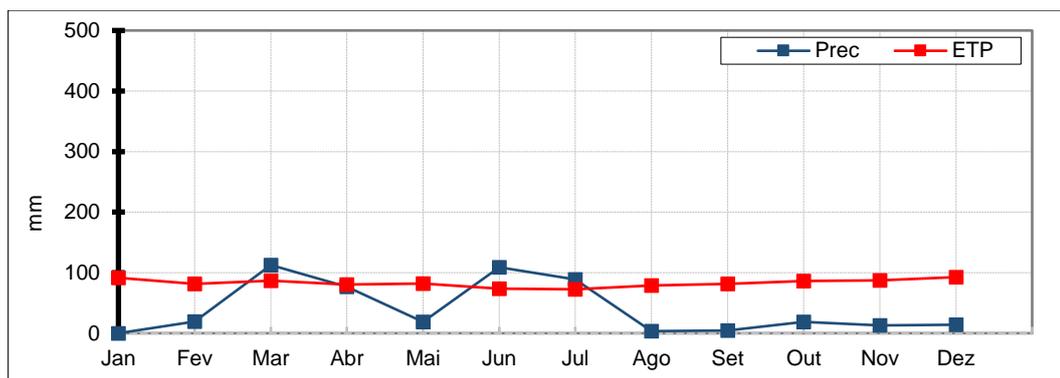
Figura 42 – Balanço hídrico climatológico de Palmácia no ano-padrão seco (1993).



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Em Mulungu foi registrado um total pluviométrico anual de 479,1 mm e uma variação de -53,1%, que auferiu a este ano uma classificação de “muito seco”. Os meses de março (112,6 mm) e abril (76,5 mm), junho (109,0 mm) e julho (89,0 mm) concentraram grande parte das chuvas do ano, enquanto os meses de fevereiro (19,5 mm), maio (19,0 mm), outubro (18,5 mm), novembro (13,0 mm) e dezembro (14,0 mm) apresentaram pequenos quantitativos de chuvas e os meses de agosto (3,5 mm) e setembro (4,5 mm) foram os menos chuvosos, como mostra a Figura 43.

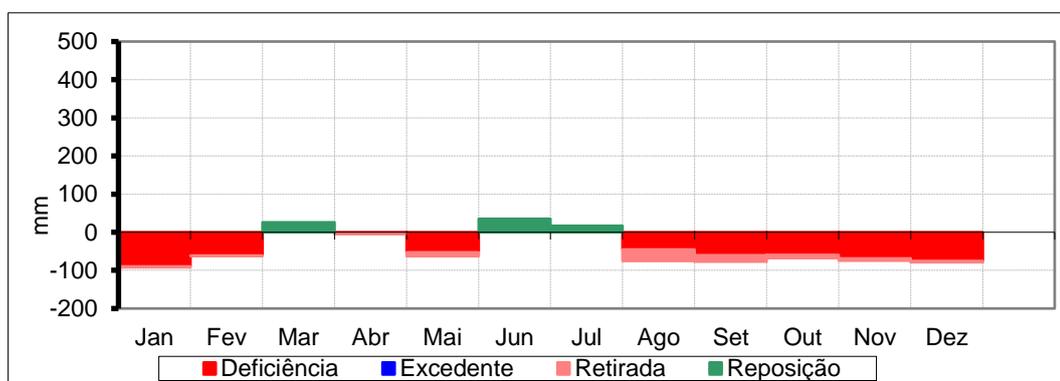
Figura 43 – Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Mulungu (1993).



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

As condições de deficiência hídrica prevaleceram em grande parte do ano (Figura 44). No entanto, as taxas de ETP relativamente mais baixas do clima Mesotérmico (B'4) de Mulungu possibilitaram a ocorrência de déficits hídricos mais amenos que totalizaram uma deficiência hídrica anual de 516,3 mm.

Figura 44 – Balanço hídrico climatológico de Mulungu no ano-padrão seco (1993).



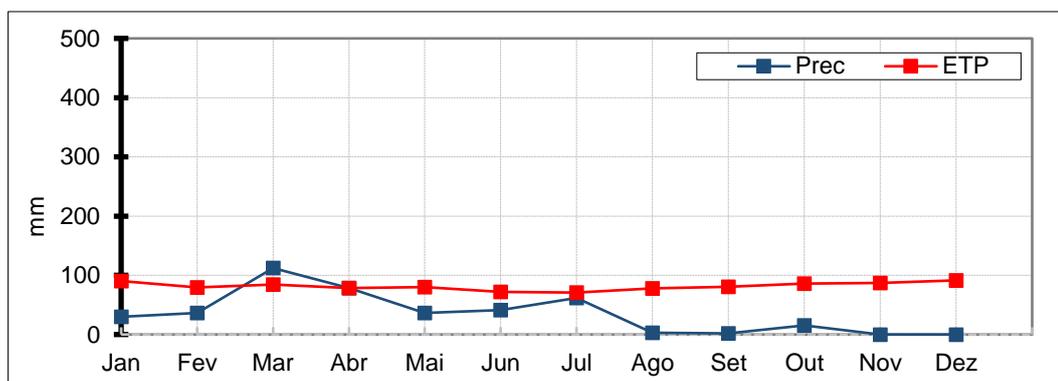
Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Os meses que apresentaram maiores taxas de deficiência hídrica foram janeiro (89,7 mm), novembro (75,7 mm) e dezembro (75,7 mm). Não houve excedentes hídricos, porém, ocorreram pequenas reposições hídricas nos meses de março (25,9 mm), junho (35,3 mm) e julho (16,4 mm).

Em Aratuba foi registrada uma precipitação anual de 416,3 mm e um Coeficiente de Variação de -61,5%, ocasionando uma classificação de ano "extremamente seco". A maior parte das precipitações ocorreram nos meses de março (112,2 mm), abril (78,6 mm) e julho (6,0 mm). Os meses de janeiro (29,7 mm), fevereiro (36,4 mm), maio (36,2 mm) e junho (41,0 mm) apresentaram precipitações

com valores bem discretos, e os meses de agosto (3,0 mm), setembro (2,0 mm), outubro (15,2 mm) apresentaram precipitações com valores quase insignificantes. Os meses de novembro e dezembro não tiveram registros de precipitação (Figura 45).

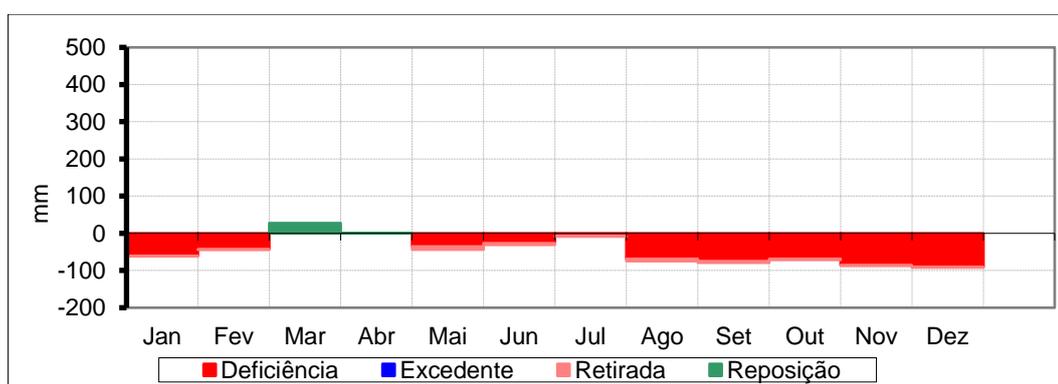
Figura 45 – Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Aratuba (1993).



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Apesar de ter apresentado um clima Mesotérmico (B'3) com taxas de ETP mais amenas do que os postos anteriores, o ano de 1993 em Aratuba foi caracterizado por uma deficiência hídrica que abrangeu 10 meses (Figura 46) e totalizaram um déficit anual de 563,0 mm. O déficit mais baixo ocorreu no mês de julho (7,77 mm) e os valores mais elevados ocorreram nos meses de setembro (75,0 mm), outubro (69,1 mm), novembro (85,8 mm) e dezembro (90,8 mm).

Figura 46 – Balanço hídrico climatológico de Aratuba no ano-padrão seco (1993).



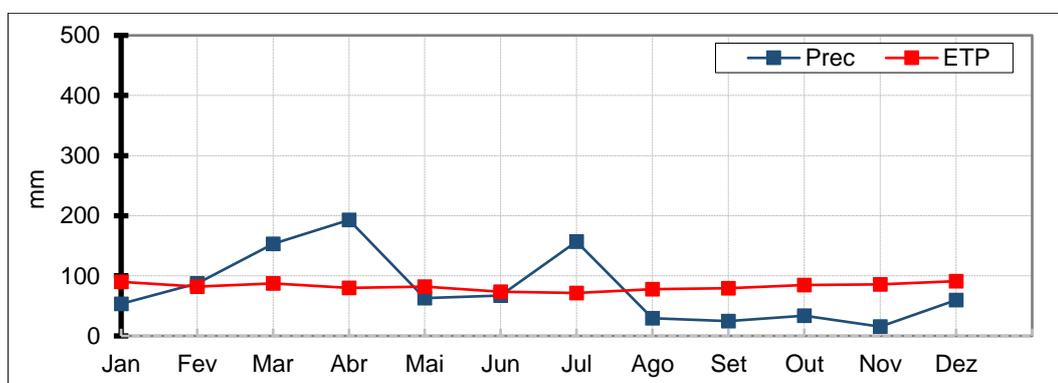
Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Não houve excedente hídrico mensal em Aratuba no ano de 1993, contudo, ocorreram pequenas reposições hídricas nos meses de março (27,6 mm) e abril (0,2

mm), que foram os únicos meses em que as pluviometrias superaram as taxas de ETP.

Em Pacoti, foi registrado um total anual de 937,0 mm, que representou uma variação de -32,6% da média histórica e fez com que este ano fosse classificado como um ano “seco”. Ainda assim, tanto a pluviometria anual quanto as mensais foram muito superiores aos postos anteriormente analisados, de maneira que apenas os meses de março (153,2 mm), abril (192,9 mm) e julho (157,0 mm) apresentaram pluviometrias que, se somadas, são muito superiores aos totais anuais registrados em Caridade, Baturité, Palmácia, Aratuba e Mulungu (Figura 47).

Figura 47 – Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Pacoti (1993).

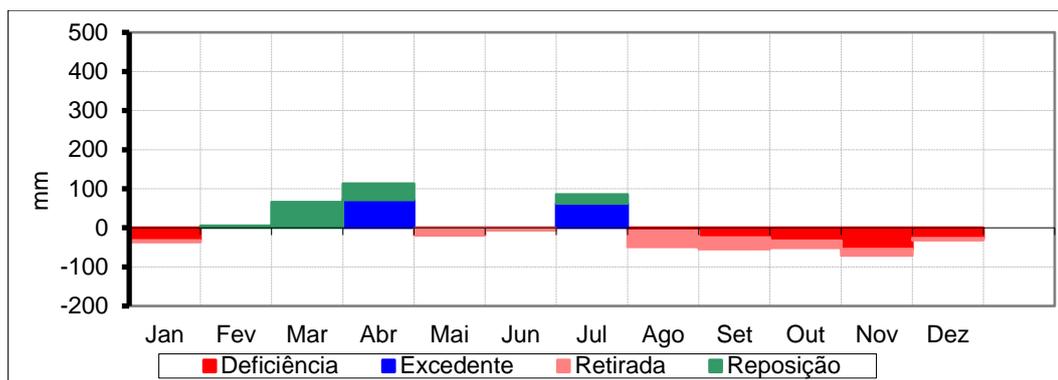


Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Contudo, ainda foram registradas pluviometrias significativas nos meses de janeiro (53,5 mm), fevereiro (87,2 mm), maio (62,8 mm), junho (67,2 mm) e dezembro (59,9 mm), e pluviometrias mais reduzidas em agosto (29,6 mm), setembro (24,8 mm), outubro (33,5 mm) e novembro (15,4 mm).

Porém, foi observado no balanço hídrico de Pacoti (Figura 48) que a maioria dos meses ainda apresentaram deficiência hídrica, mas com valores muito inferiores aos que os postos analisados previamente apresentaram. A deficiência anual foi de apenas 182,0 mm e os meses com maior déficit foram janeiro (32,6 mm), outubro (32,9 mm) e novembro (54,7 mm).

Figura 48 – Balanço hídrico climatológico de Pacoti no ano-padrão seco (1993).



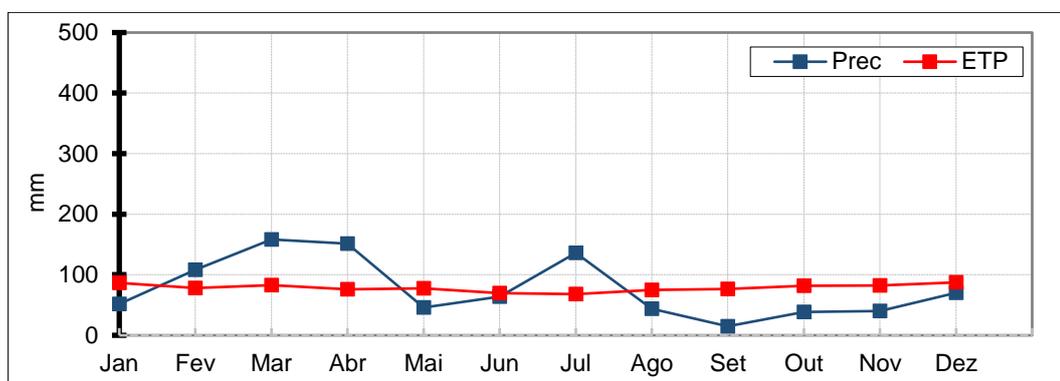
Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Outra diferença apresentada por Pacoti com relação às localidades anteriores, foi a ocorrência de excedente hídrico, ainda que com valores pouco elevados. As reposições hídricas ocorreram nos meses de fevereiro (5,2 mm), março (66,0 mm) e julho (22,8 mm), sendo observada também nestes dois últimos meses a ocorrência de excedente hídricos de 71,3 mm e 65,8 mm, respectivamente.

O ano de 1993 em Guaramiranga, de forma semelhante a Pacoti, foi um ano classificado como “seco”. Neste ano foi registrado uma pluviometria anual de 923,0 mm, que representou uma variação de -39,3% com relação à média histórica desta localidade.

As maiores precipitações ocorreram em fevereiro (108,1 mm), março (158,3 mm), abril (151,5 mm) e julho (135,9 mm). Nos outros meses, as precipitações foram distribuídas de maneira que houve registros relevantes em janeiro (51,8 mm), junho (63,9 mm) e em dezembro (70,0 mm), e registros mais discretos nos meses de maio (45,9 mm), agosto (44,0 mm), setembro (14,9 mm), outubro (38,7 mm) e novembro (40 mm) (Figura 49).

Figura 49 – Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Guaramiranga (1993).

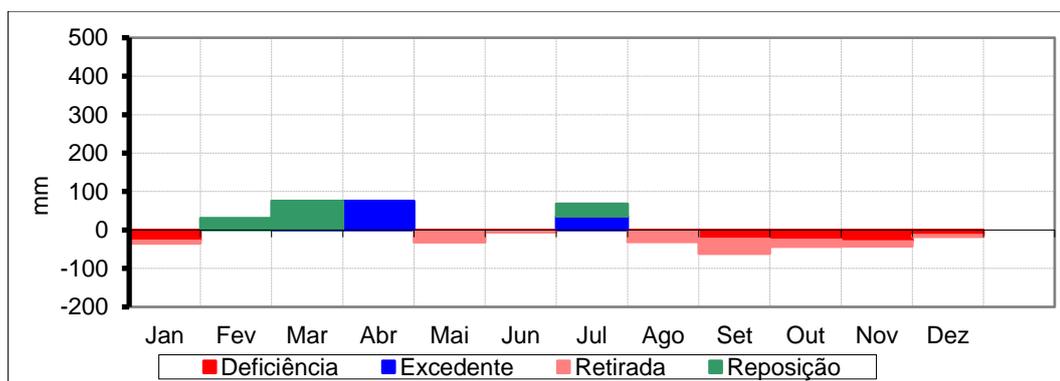


Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Apesar de ter apresentado as menores taxas de ETP e uma das maiores pluviometrias neste ano, o ano-padrão seco de Guaramiranga, assim como os demais postos, foi caracterizado pela ocorrência de déficit hídrico na maioria dos meses (Figura 50).

No entanto, foi observado que foram déficits relativamente baixos e que totalizaram apenas 129,6 mm. Os maiores valores ocorreram nos meses janeiro (28,32 mm), outubro (25,5 mm) e novembro (30,1 mm), que ficaram em torno de 30,0 mm.

Figura 50 – Balanço hídrico climatológico de Guaramiranga no ano-padrão seco (1993).



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Outra similaridade apresentada por Guaramiranga com relação a Pacoti neste ano foi a ocorrência de reposições hídricas nos meses de fevereiro (30,3 mm),

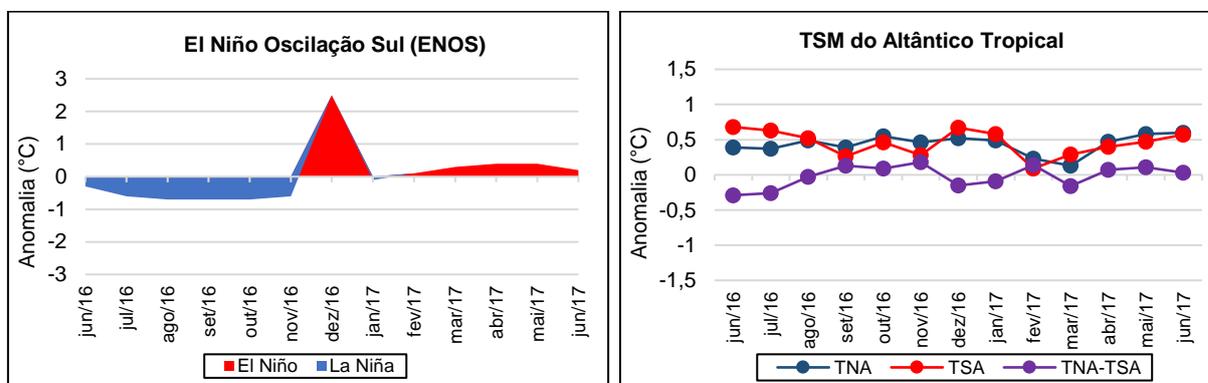
março (74,5 mm) e julho (32,6 mm), assim como de excedentes hídricos nos meses de abril (75,6 mm) e julho (35,3 mm).

6.3 Balanço hídrico climatológico do ano-padrão normal (2017)

O período entre os meses de junho a novembro de 2016 foi caracterizado pela ocorrência de La Niña com intensidade moderada, porém no mês de dezembro foi observado a ocorrência de El Niño de alta intensidade que se manteve com uma baixa intensidade de janeiro a junho.

Enquanto isto, a TSM do Atlântico Tropical apresentou um relativo equilíbrio, de modo que as bacias do Sul e do Norte tiveram temperaturas bem próximas, mas com valores ligeiramente mais elevados na porção do hemisfério Norte na maioria dos meses que antecederam e dos que fizeram parte do período chuvoso no Nordeste brasileiro (Figura 51).

Figura 51 – Anomalias nas temperaturas de superfície do mar no Pacífico e no Atlântico Tropical no período de junho de 2016 a junho de 2017.



Fonte: Physical Sciences Laboratory/NOAA (2020). Elaborado pelo autor.

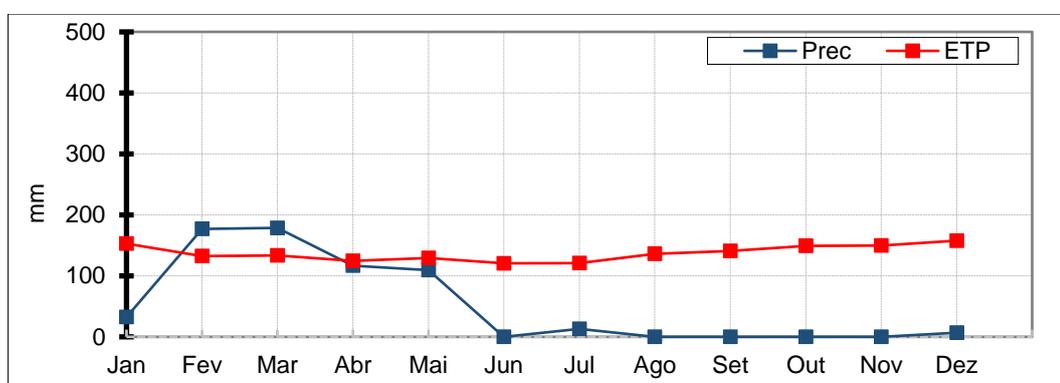
Como resultado, as localidades analisadas apresentaram precipitações bem próximas de suas respectivas médias históricas e, portanto, baixos coeficientes de variação (CV) que auferiram a este ano uma classificação de ano “normal” em praticamente todas localidades.

De modo geral, as maiores chuvas ocorreram nos meses de verão e outono, com pequenas precipitações no início do inverno que foram mais expressivas nos postos situados a barlavento. Desta forma, juntamente com um maior quantitativo

de chuvas com relação ao ano seco, ocorreram excedentes hídricos em todos os postos analisados, mas com quantitativos e durações variadas.

Em Caridade foi registrado um total pluviométrico de 633,4 mm e um CV de 1,2%. Os meses mais chuvosos foram fevereiro (177,1 mm), março (178,7 mm), abril (116,0 mm) e maio (109,2 mm), que concentraram quase todas as chuvas do ano. Ainda ocorreram pequenas precipitações nos meses de janeiro (32,2 mm), julho (13,0 mm) e dezembro (6,6 mm), enquanto nos meses de junho, agosto, setembro, outubro e novembro não apresentaram precipitações (Figura 52).

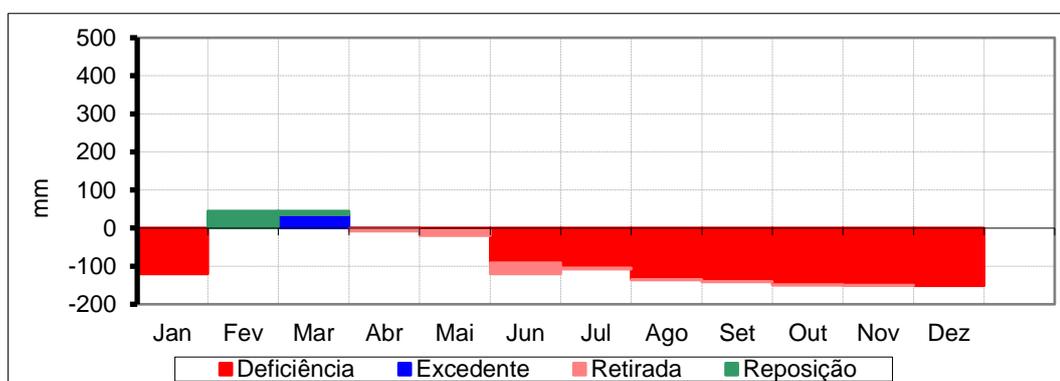
Figura 52 – Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Caridade (2017).



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Apenas fevereiro e abril apresentaram precipitações ligeiramente superiores às taxas de ETP, de modo que ocorreu nestes meses apenas uma reposição hídrica de 44,7 mm e um pequeno excedente hídrico de 34,8 mm, respectivamente (Figura 53).

Figura 53 – Balanço hídrico climatológico de Caridade no ano-padrão normal (2017).



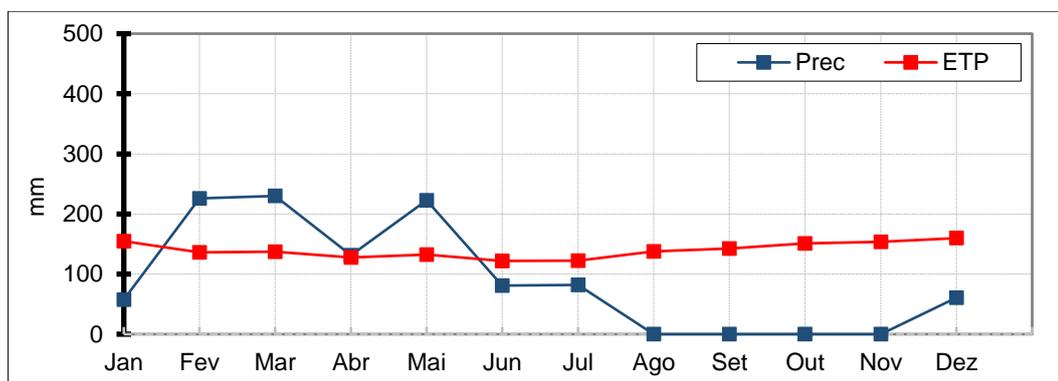
Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Os demais meses foram caracterizados por déficits hídricos que totalizaram 1048,3 mm. As deficiências hídricas foram mais amenas nos meses de abril (0,5 mm) e maio (5,4 mm), e mais elevadas nos meses de janeiro (120,6 mm), junho (91,1 mm), julho (104,7 mm), agosto (135,8 mm), setembro (140,7 mm), outubro (148,9 mm), novembro (149,6 mm) e com o valor máximo em dezembro (151,1 mm)

Em Baturité foram registrados 1091,9 mm o que representou um CV de 8,7%. O período chuvoso se estendeu pelos meses de fevereiro (225,8 mm), março (230 mm), abril (131,5 mm) e maio (222,7 mm), mas com precipitações representativas nos meses de janeiro (57,6 mm), junho (81,2 mm), julho (82,1 mm) e dezembro (60,9 mm).

O período de estiagem teve início no mês de agosto e se estendeu pelos meses de setembro, outubro e novembro, os quais não apresentaram registros de precipitações neste ano (Figura 54).

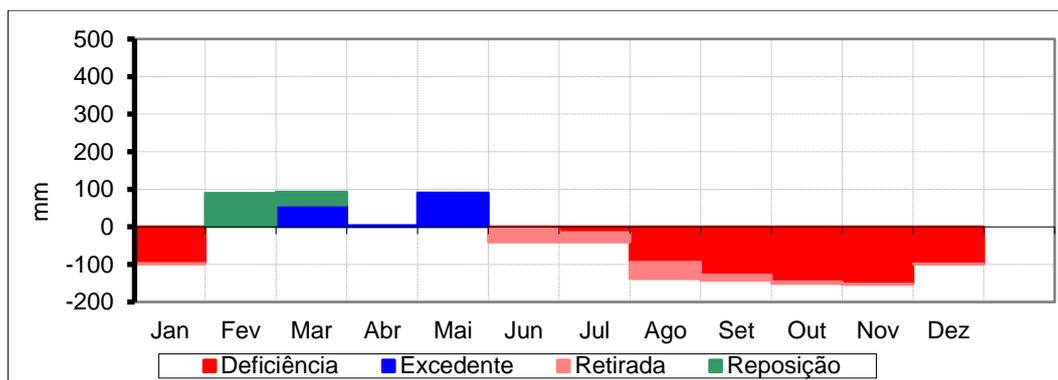
Figura 54 – Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Baturité (2017).



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

O balanço hídrico de Baturité (Figura 55), ainda apresentou um predomínio de déficit hídrico que totalizou 736,8 mm. Contudo este total foi relativamente mais baixo e, assim, apresentou condições mais favoráveis de umidade se comparado com o balanço hídrico de Caridade.

Figura 55 – Balanço hídrico climatológico de Baturité no ano-padrão normal (2017).



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

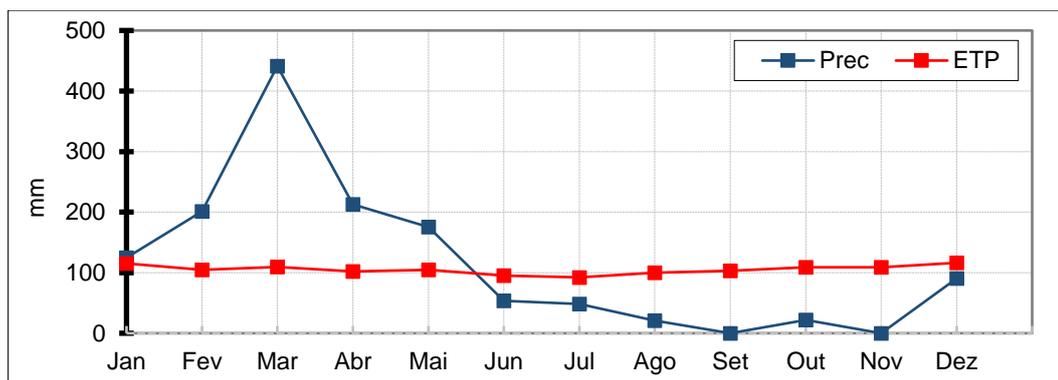
As deficiências hídricas foram mais amenas nos meses de junho (6 mm) e julho (15,3 mm), na pós-estação chuvosa, e foram mais severas no mês de janeiro (97,1 mm), na pré-estação chuvosa, e nos meses de agosto (94 mm), setembro (127,6 mm), outubro (145,9 mm), novembro (152,2 mm) e dezembro (98,6 mm), no período seco.

Nos meses com melhores condições de umidade ocorreram reposições hídricas, como foi observado em fevereiro (89,8 mm) e março (35,1 mm). Os excedentes hídricos ocorreram também em março (57,8 mm) e nos meses de abril (3,9 mm) e maio (90,2 mm) que, somados, totalizaram 151,8 mm.

Em Palmácia foi registrada uma pluviometria anual de 1391 mm que corresponde a um CV de 6,8%. O período mais chuvoso foi composto pelos meses de janeiro (125,0 mm), fevereiro (201,4 mm), março (441,2 mm), abril (213 mm) e maio (175,4 mm), e com precipitações menos representativas ocorrendo em junho (53,4 mm), julho (48,4 mm) e dezembro (90,4 mm), como mostra a Figura 56.

O período menos chuvoso se estendeu ao longo dos meses de agosto, setembro, outubro e novembro, de modo que apenas os meses de agosto e outubro apresentaram pequenas precipitações de apenas 20,8 mm e 22,0 mm, respectivamente.

Figura 56 – Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Palmácia (2017).

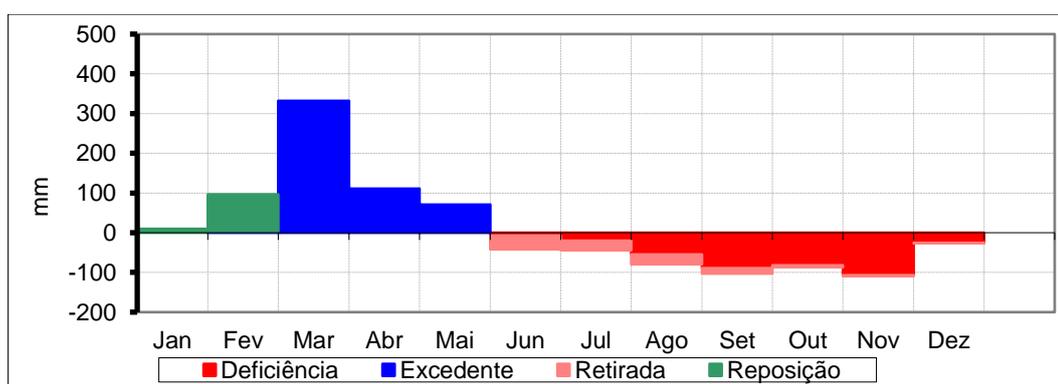


Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

O balanço hídrico de Palmácia (Figura 57) apresentou condições positivas de umidade, das quais se destacam o período de janeiro a maio. Os meses de janeiro e fevereiro apresentaram reposições hídricas de, respectivamente, 9,5 mm e 94,5 mm, enquanto os excedentes mensais iniciaram de forma discreta ainda em fevereiro (2,2 mm) e se estenderam pelos meses de março (331,8 mm), abril (110,9 mm) e maio (70,9 mm), totalizando um excedente hídrico anual de 515,7 mm.

Os meses que apresentaram deficiências hídricas totalizaram um valor anual de 386,1 mm. As deficiências mais amenas ocorreram em junho (7,4 mm), julho (19,8 mm) e dezembro (25,6 mm), e as mais acentuadas nos meses de agosto (54,8 mm), setembro (89,4 mm), outubro (82,3 mm) e novembro (106,8 mm).

Figura 57 – Balanço hídrico climatológico de Palmácia no ano-padrão normal (2017).

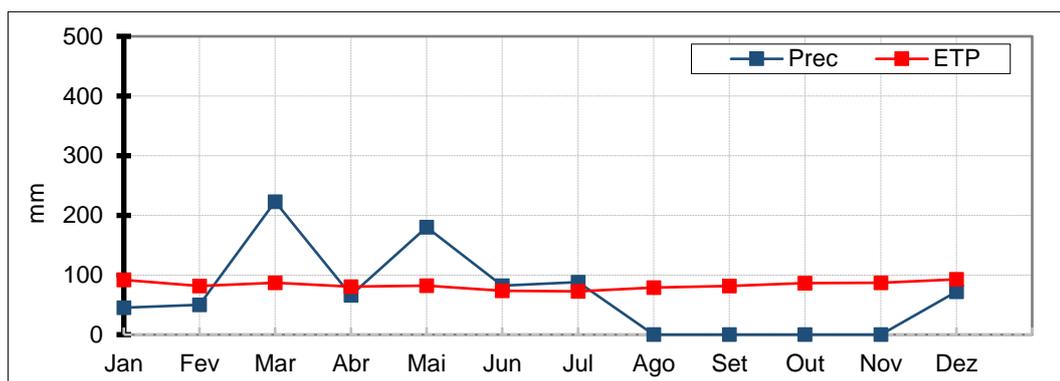


Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Em Mulungu foram registrados 806,0 mm, que representou uma variação de -21,1% com relação à média histórica e que fizeram desta localidade a única que apresentou uma classificação de ano “tendente a seco”.

Os meses mais chuvosos foram março (223,0 mm), maio (180,0 mm), junho (82,0 mm) e julho (88,0 mm), como mostra a Figura 58. Ainda foram verificadas precipitações mais tímidas nos meses de janeiro (45,0 mm), fevereiro (50,0 mm) e dezembro (72,0 mm). Nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro não ocorreram precipitações.

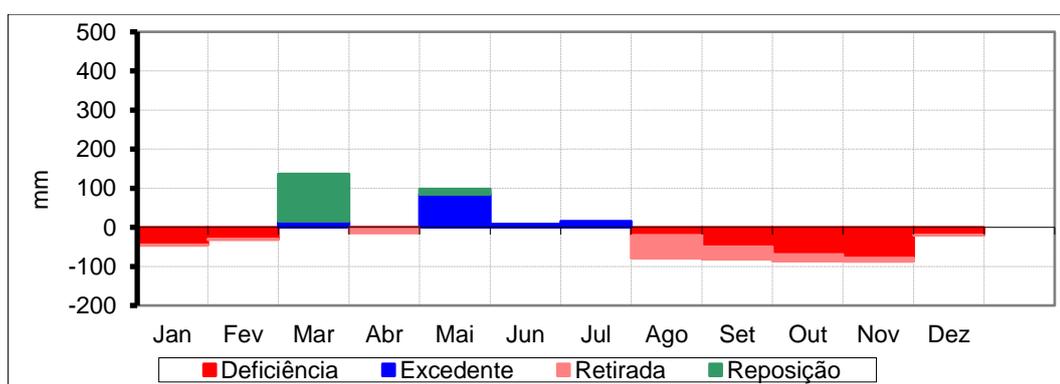
Figura 58 – Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Mulungu (2017).



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

O balanço hídrico de Mulungu (Figura 59) mostrou que os excedentes hídricos ocorreram com valores muito discretos nos meses de março (15,2 mm), maio (84,3 mm), junho (8,3 mm) e julho (15,4 mm), e que assim totalizaram um valor anual 123,2 mm.

Figura 59 – Balanço hídrico climatológico de Mulungu no ano-padrão normal (2017).



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

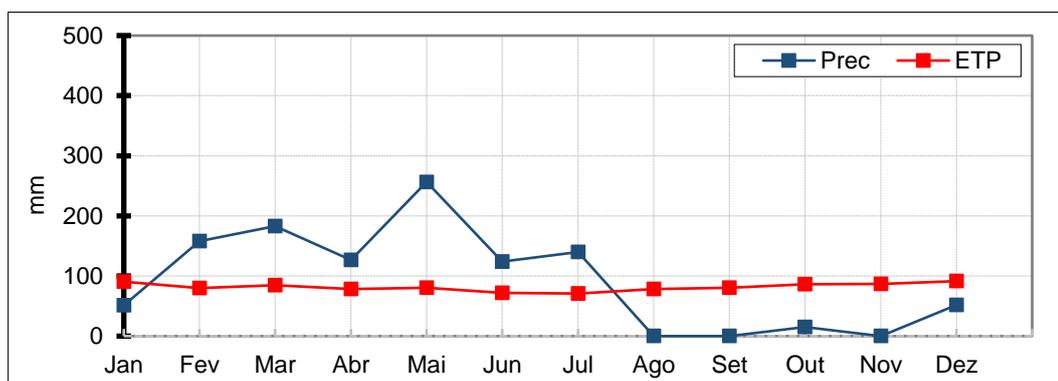
Os déficits hídricos não foram dos mais elevados e totalizaram um valor anual de 313,2 mm. Desta forma, os meses de janeiro (44,5 mm), setembro (49,9 mm), outubro (69,1 mm) e novembro (78,5 mm) apresentaram as maiores

deficiências, e os meses de fevereiro (30,5 mm), agosto (20,5 mm) e dezembro (19,4 mm) apresentaram os valores mais baixos.

Aratuba registrou uma pluviometria anual de 1105,5 mm e um CV de 2,1%. Além disto, ocorreu um longo período chuvoso que abrangeu os meses de fevereiro (158 mm), março (183 mm), abril (126,5 mm), maio (256,5 mm), junho (124,0 mm) e julho (140,0 mm).

Ainda ocorreram pluviometrias menos significativas nos meses de janeiro (51,0 mm), outubro (15,0 mm) e dezembro (51,5 mm) mas com valores mais reduzidos, enquanto nos meses de agosto, setembro e novembro não foram registradas pluviometrias nesta localidade (Figura 60).

Figura 60 – Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Aratuba (2017).

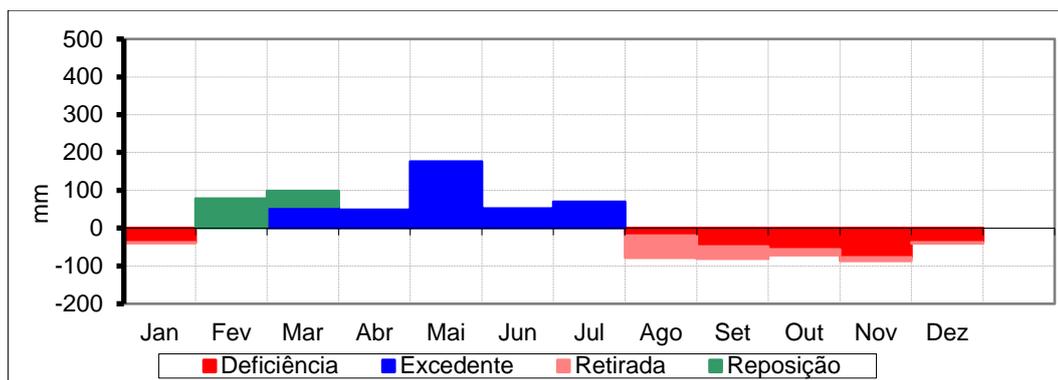


Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

O balanço hídrico de Aratuba (Figura 61) foi caracterizado pelo predomínio de excedente hídrico que apresentou um valor anual de 402,7 mm. No mês de fevereiro ocorreu apenas uma reposição hídrica de 78,4 mm e as condições de excesso hídrico ocorreram nos meses de março (57 mm), abril (48,1 mm), maio (176,3 mm), junho (52,1 mm) e julho (69,2 mm).

Os valores de deficiência hídrica totalizaram 276,5 mm neste ano. Os meses com déficit foram janeiro (37,6 mm), agosto (20 mm), setembro (48,8 mm), outubro (55,9 mm), novembro (77,0 mm) e dezembro (37,2 mm), mas que apresentaram valores mais baixos do que aqueles apresentados por Caridade, Baturité e Mulungu.

Figura 61 – Balanço hídrico climatológico de Aratuba no ano-padrão normal (2017).

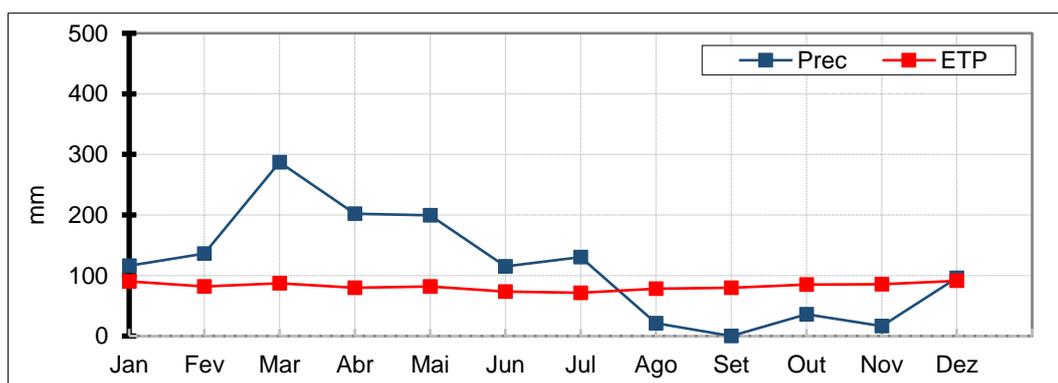


Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Em Pacoti foi registrado um total anual de 1356,0 mm, que representou um CV de 6,8% com relação à média histórica. Pacoti, assim como Aratuba, apresentou um longo período chuvoso mas que, neste caso, abrangeu os meses de janeiro (116,0 mm), fevereiro (136,0 mm), março (287,0 mm), abril (202,0 mm), maio (199,6 mm), junho (115,0 mm) e julho (130,4 mm), como mostra a Figura 62.

Ainda houve registros de precipitações menos expressivas nos meses de agosto (21,4 mm), outubro (36,1 mm), novembro (16,5 mm) e em dezembro (96 mm). Apenas no mês de setembro não houve registros de precipitações.

Figura 62 – Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Pacoti (2017).



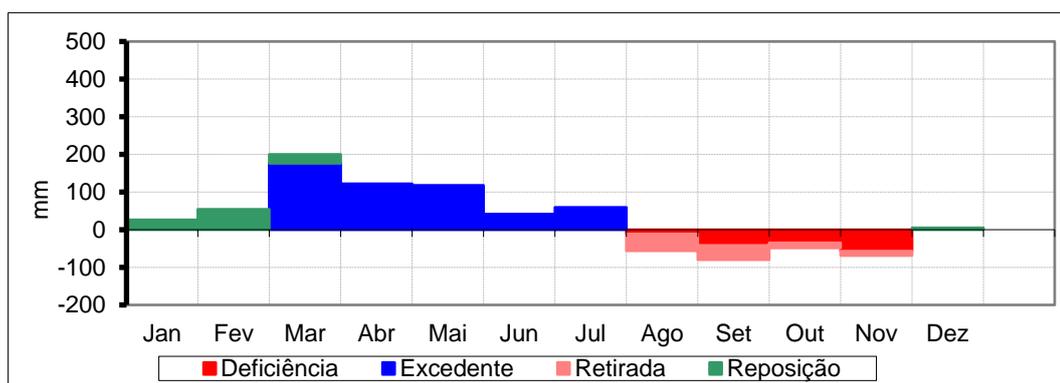
Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

De acordo com o balanço hídrico (Figura 63), Pacoti apresentou neste ano um dos maiores excedentes hídricos anuais dentre os postos analisados, que totalizou 516,0 mm. As reposições hídricas ocorreram nos meses de janeiro (25,8 mm), fevereiro (54 mm), março (23,9 mm) e dezembro (4,9 mm), e o excedente hídrico se

distribuiu por um longo período composto pelos meses de março (175,9 mm), abril (122,1 mm), maio (117,8 mm), junho (41,6 mm) e julho (59,0 mm).

A deficiência hídrica anual foi muito inferior do que as apresentadas pelos postos das localidades anteriores e totalizou apenas 145,4 mm, que ocorreram e se distribuíram em pequenos quantitativos mensais em agosto (11,0 mm), setembro (42,1 mm), outubro (35,2 mm) e novembro (57,1 mm).

Figura 63 – Balanço hídrico climatológico de Pacoti no ano-padrão normal (2017).

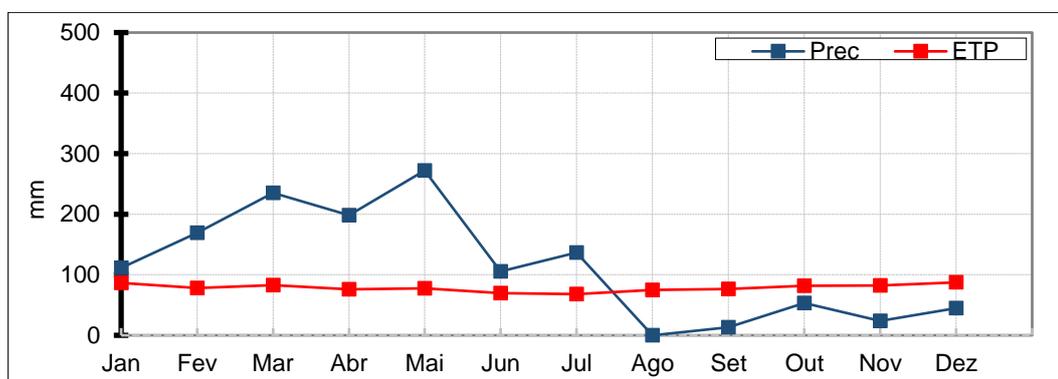


Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

A pluviometria anual de Guaramiranga foi de 1363,6 mm, que representou uma variação de -10,4% de sua média histórica. Neste ano, o período chuvoso de Guaramiranga, assim como o de Pacoti, se estendeu por grande parte do ano e compreendeu os meses de janeiro (111,3 mm), fevereiro (169,4 mm), março (235,4 mm), abril (198,2 mm), maio (272,1 mm), junho (105,4 mm) e julho (136,6 mm).

Além destes meses, também foram registradas precipitações em setembro (13,0 mm), outubro (53,5 mm), novembro (23,7 mm) e dezembro (45 mm), mas que apresentaram valores mais baixos e apenas no mês de agosto não ocorreu precipitações (Figura 64).

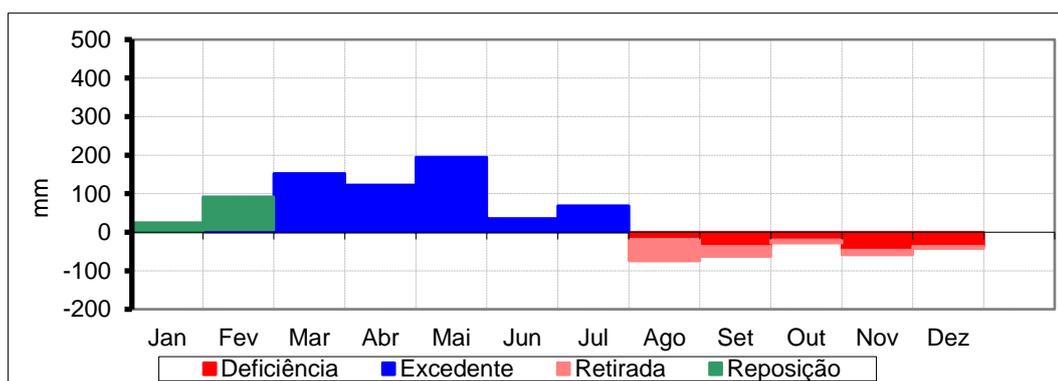
Figura 64 – Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Guaramiranga (2017).



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

A partir do balanço hídrico de Guaramiranga (Figura 65), foi observado que ocorreram reposições hídricas de 24,8 mm em janeiro e de 85,5 mm em fevereiro. Além disso, ocorreram excedentes hídricos em 6 meses do ano, foram eles: fevereiro (6,1 mm), março (152,6 mm), abril (122,3 mm), maio (194,4 mm), junho (35,6 mm) e julho (68,6 mm). E, desta forma, Guaramiranga apresentou o maior excedente hídrico dentre as localidades analisadas, com um total anual de 579,6 mm.

Figura 65 – Balanço hídrico climatológico Guaramiranga no ano-padrão normal (2017).



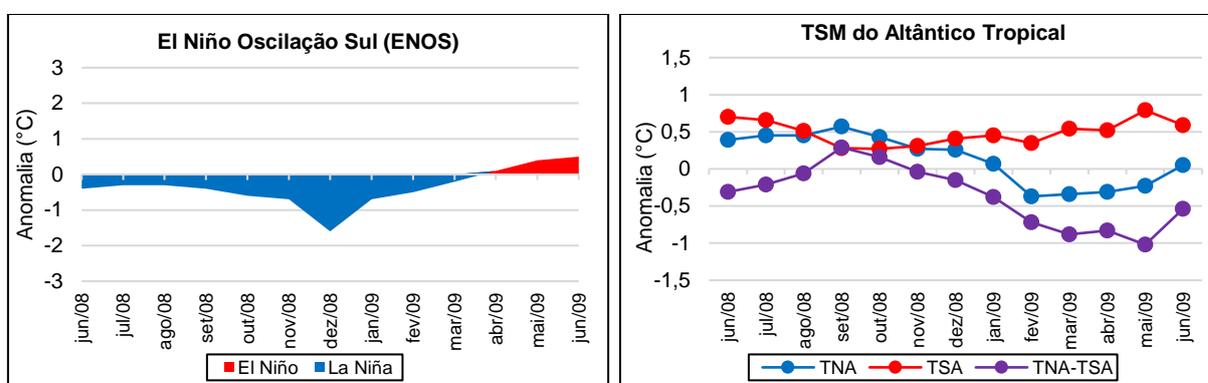
Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Os meses de déficit hídrico se concentraram em praticamente todo o segundo semestre do ano e, assim, abrangeram os meses de agosto (18,5 mm), setembro (36,1 mm), outubro (19,7 mm), novembro (46,2 mm) e dezembro (36,4 mm). Porém, com valores muito baixos, de modo que totalizaram um déficit anual de apenas 157,0 mm, valor este que foi muito inferior ao excedente anual.

6.4 Balanço hídrico climatológico do ano-padrão chuvoso (2009)

No período de junho de 2008 a julho de 2009 ocorreram condições muito favoráveis para as chuvas no Nordeste brasileiro. Neste período o oceano Pacífico Tropical apresentou o fenômeno La Niña com forte intensidade e o Atlântico Tropical apresentou um dipolo em fase negativa que se estendeu continuamente desde novembro de 2008 (Figura 66).

Figura 66 – Anomalias nas temperaturas de superfície do mar no Pacífico e no Atlântico Tropical no período de junho de 2008 a junho de 2009.



Fonte: Physical Sciences Laboratory/NOAA (2020). Elaborado pelo autor.

Como resultado, todas as localidades analisadas registraram pluviometrias muito superiores à suas respectivas médias históricas e, conseqüentemente, variações positivas muito elevadas.

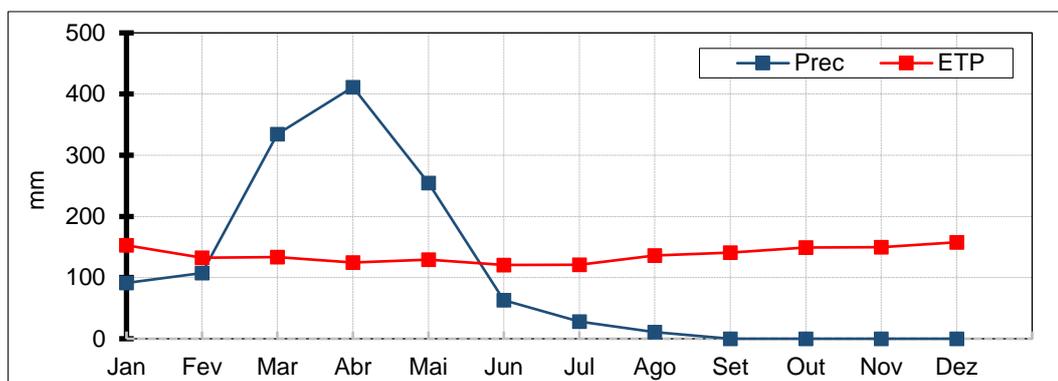
A quadra chuvosa (fevereiro a maio) apresentou as pluviometrias mais representativas. Porém, também foram observadas pluviometrias importantes, mas menos elevadas, nos meses de janeiro, junho e julho. Com isto, ocorreram excedentes hídricos consideráveis em pelo menos 3 (três) meses do ano, como foi o caso de Caridade, e que se estenderam por até 6 (seis) meses, como foram os casos de Palmácia, Pacoti e Guaramiranga.

Em Caridade, a precipitação anual registrada foi de 1300,8 mm, o que representou o ano mais chuvoso da série histórica com um CV de 107,5%. As pluviometrias mais elevadas ocorreram nos meses de janeiro (91,2 mm), fevereiro (107,2 mm), março (334,2 mm), abril (411,4 mm) e maio (254,6 mm).

Contudo, ainda foram registradas precipitações importantes no mês de junho (63,0 mm) e menos significativas nos meses de julho (28,2 mm) e agosto (11,0

mm). Enquanto os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro não apresentaram qualquer precipitação (Figura 67).

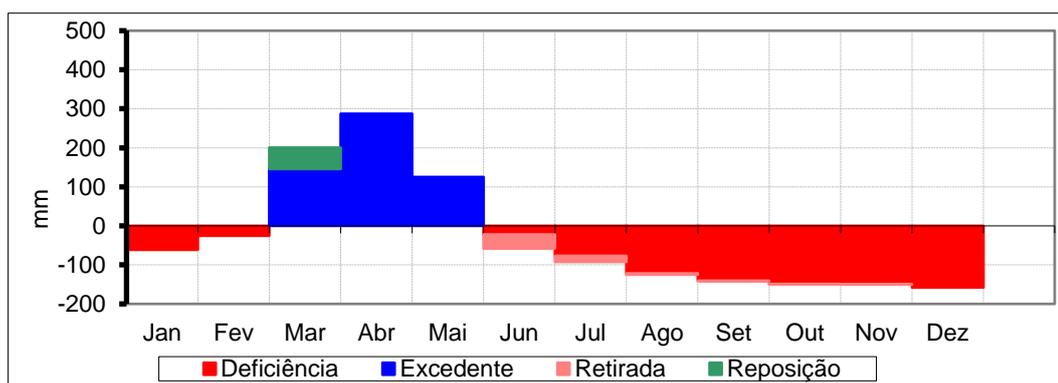
Figura 67 – Gráfico da precipitação e da evapotranspiração potencial mensal em Caridade (2009).



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Apesar das expressivas precipitações mediante ao seu contexto climático, o balanço hídrico de Caridade (Figura 68) indicou o predomínio de déficit hídrico anual que totalizou um valor de 904,2 mm, justificado pela elevada demanda térmica do clima Megatérmico (A') que ocorreu nesta localidade.

Figura 68 – Balanço hídrico climatológico Caridade no ano-padrão chuvoso (2009).



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

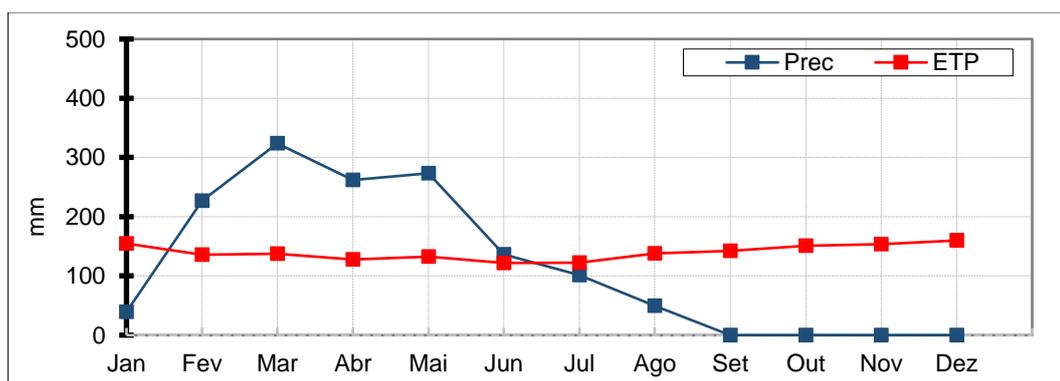
Os déficits mensais mais amenos ocorreram nos meses de janeiro (61,6 mm), fevereiro (25,2 mm), junho (21,9 mm) e julho (76,9 mm), e os mais acentuados abrangeram os meses de agosto (122,0 mm), setembro (140,4 mm), outubro (148,9 mm), novembro (149,6 mm) e dezembro (157,7 mm).

O excedente hídrico anual foi relativamente elevado, com um valor de 558,1 mm, mas se concentrou apenas nos meses de março (145,6 mm), abril (287 mm) e maio (125,4 mm) e, além disto, ainda foi muito inferior ao déficit hídrico que ocorreu em Caridade neste mesmo ano.

Em Baturité foi registrada uma precipitação anual de 1412,6 mm e foi observado um CV de 41,0%. As maiores precipitações ocorreram nos meses de fevereiro (226,9 mm), março (323,7 mm) abril (261,7 mm) e maio (273 mm), e os meses de junho (136,3 mm) e julho (101,4 mm) apresentaram pluviometrias ainda relevantes.

Por fim, ainda foram registradas pequenas pluviometrias nos meses de janeiro (39,3 mm) e agosto (49,8 mm). Nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro não houve registros de precipitações, como mostra a Figura 69.

Figura 69 – Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Baturité (2009).



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

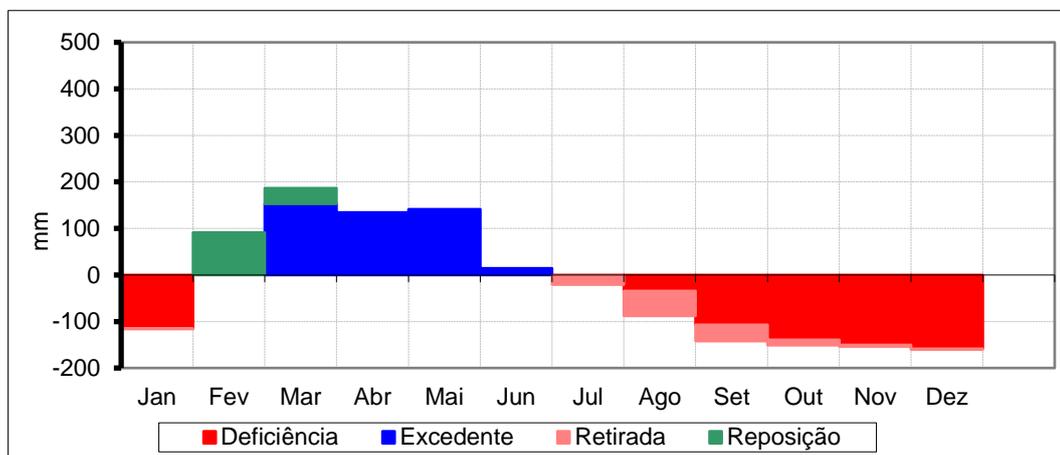
Devido a elevada eficiência térmica que ocorre em Baturité, assim como em Caridade, a deficiência hídrica prevaleceu na maioria dos meses, de modo que totalizou 706,2 mm neste ano.

Os déficits hídricos mensais mais amenos ocorreram nos meses de julho (1,6 mm) e agosto (34,5 mm), e os mais acentuados ocorreram nos meses de janeiro (115,3 mm), setembro (106,8 mm), outubro (139,8 mm), novembro (150,1 mm) e dezembro (158,8 mm) (Figura 70).

As condições de excedente hídrico em Baturité se estenderam por uma maior quantidade de meses do que em Caridade e englobaram os meses de março (152,6 mm), abril (134,1 mm), maio (141,0 mm) e junho (14,4 mm), que totalizaram 442,1 mm. No entanto, o excedente anual ficou muito abaixo da deficiência hídrica

anual apresentada por esta localidade e foi até mesmo ligeiramente inferior ao excedente anual apresentado por Caridade.

Figura 70 – Balanço hídrico climatológico Baturité no ano-padrão chuvoso (2009).



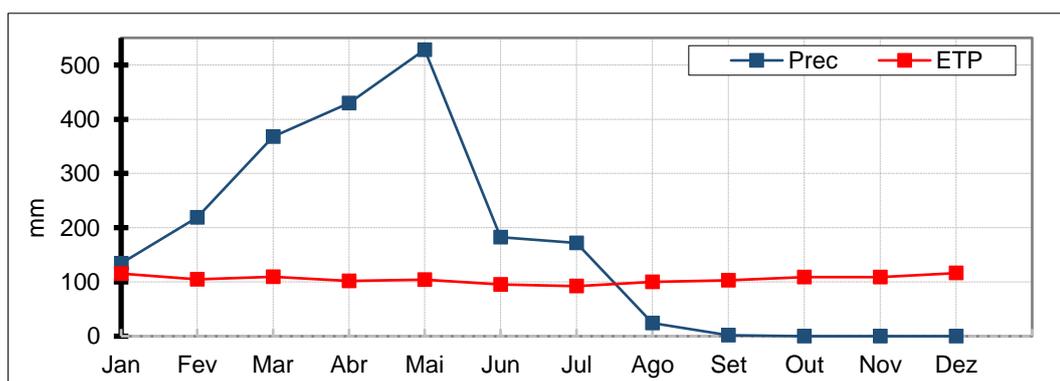
Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Em Palmácia foi registrada umas das maiores precipitações dentre os postos analisados, pois apresentou uma pluviometria anual de 2059,4 mm, o que representou um CV de 58,1%.

As pluviometrias mensais mais elevadas foram observadas nos meses de janeiro (134,4 mm), fevereiro (218,8 mm), março (367,8 mm), abril (429,6 mm), maio (528,2 mm), junho (182,4 mm) e julho (172,2 mm), o que demonstrou a ocorrência de um período chuvoso muito extenso e com pluviometrias muito elevadas.

Ainda foram registradas pequenas pluviometrias de 24,0 mm em agosto e de apenas 2,0 mm em setembro, enquanto nos meses de outubro, novembro e dezembro não houve registros de precipitações como mostra a Figura 71.

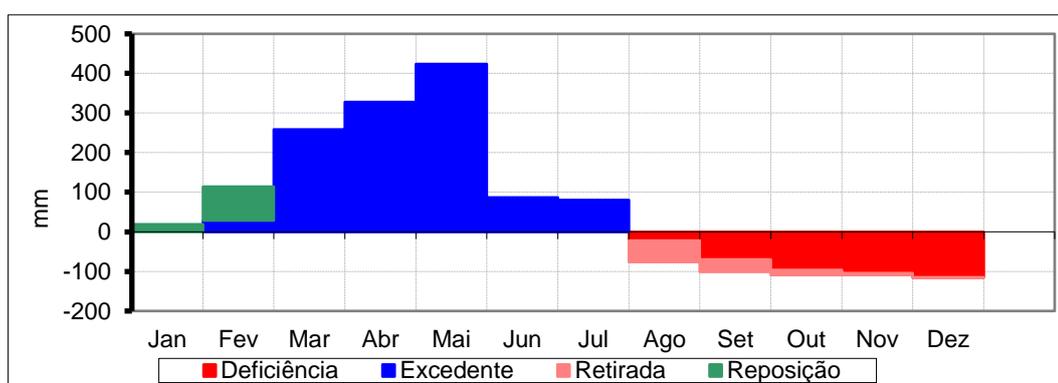
Figura 71 – Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Palmácia (2009).



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Desta forma, o quantitativo de chuvas em Palmácia neste ano foi tão elevado que, mesmo apresentando uma elevada eficiência térmica com taxas mensais sempre superiores a 100 mm, ocorreram excedentes hídricos mensais elevados em março (258,4 mm), abril (327,5 mm) e maio (423,7 mm), e excedentes relativamente mais discretos nos meses de fevereiro (28,8 mm), junho (22,0 mm) e julho (79,9 mm) (Figura 72), que totalizaram um elevado valor anual de 1205,3 mm.

Figura 72 – Balanço hídrico climatológico Palmácia no ano-padrão chuvoso (2009).



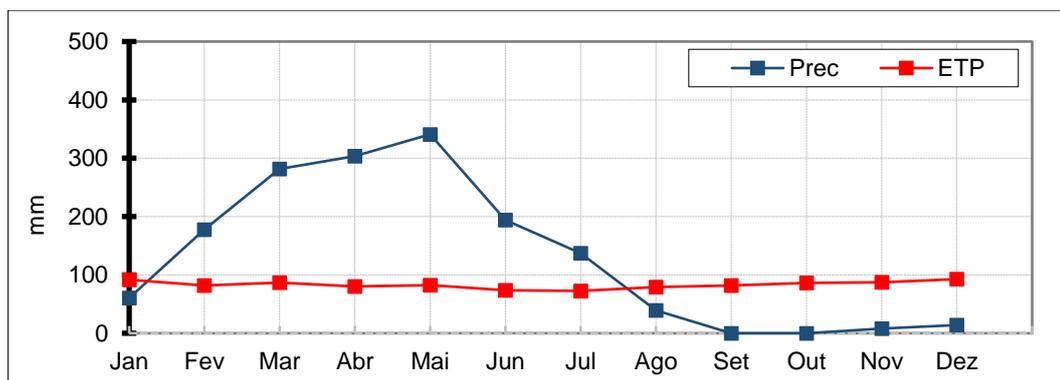
Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Os déficits hídricos, por sua vez, ocorreram com quantitativos mais discretos nos meses de agosto (22 mm) e setembro (69,6 mm), e mais acentuados nos meses de outubro (96,3 mm), novembro (104,6 mm) e dezembro (114,7 mm). Contudo, o déficit anual foi representativo, com 407,2 mm, mais muito inferior ao excedente hídrico que ocorreu neste ano.

Em Mulungu, a pluviometria anual foi de 1556 mm, que indicou uma variação de 52,2% com relação à média histórica. O período chuvoso se estendeu pelos meses de fevereiro (177,6 mm), março (281,5 mm), abril (303,6 mm), maio (341,0 mm), junho (194,0 mm) e julho (137,0 mm).

Ainda foram registradas precipitações menos expressivas nos meses de janeiro (60,0 mm), agosto (39,0 mm), novembro (8,0 mm) e dezembro (14,0 mm). Enquanto nos meses de setembro e outubro não houve registros de precipitações, como mostra a Figura 73.

Figura 73 – Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Mulungu (2009).



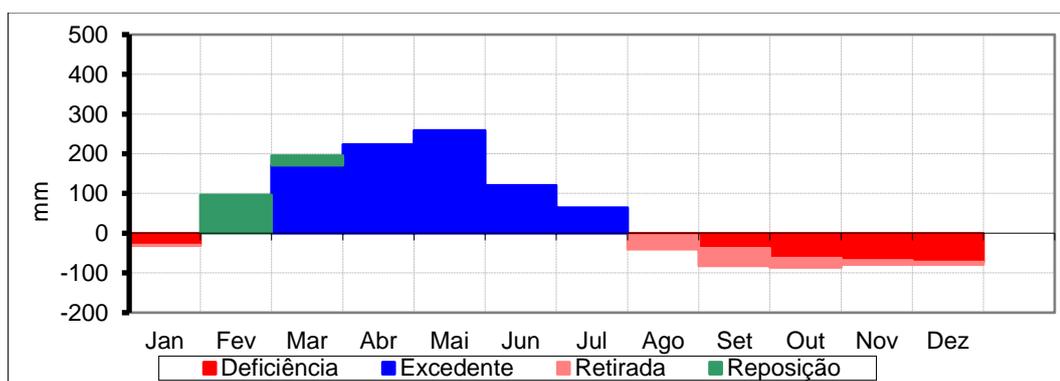
Fonte: Elaborado pelo autor.

Mulungu apresentou uma pluviometria anual bem próxima do que registrou o posto de Baturité. No entanto, de acordo com o balanço hídrico (Figura 74), esta localidade manifestou condições hidroclimáticas consideravelmente mais favoráveis do que Baturité. Este cenário foi justificado pois, em Mulungu, ocorre um clima Mesotérmico (B'4), caracterizado por taxas de evapotranspiração potencial (ETP) consideravelmente inferiores do que aquelas apresentadas pelo clima Megatérmico (A'') que ocorre em Baturité.

Desta forma, foi verificado que ocorreram excedentes nos meses de março (171,0 mm), abril (223,3 mm), maio (258,8 mm), junho (120,3 mm) e julho (64,4 mm), e que totalizaram um valor anual de 837,8 mm.

Enquanto os déficits hídricos totalizaram 277,7 mm e ocorreram com valores relativamente discretos nos meses de janeiro (30,0 mm), agosto (5,8 mm) e setembro (38,2 mm), e com valores mais elevados nos meses de outubro (62,8 mm), novembro (68,1 mm) e dezembro (72,8 mm).

Figura 74 – Balanço hídrico climatológico de Mulungu no ano-padrão chuvoso (2009).

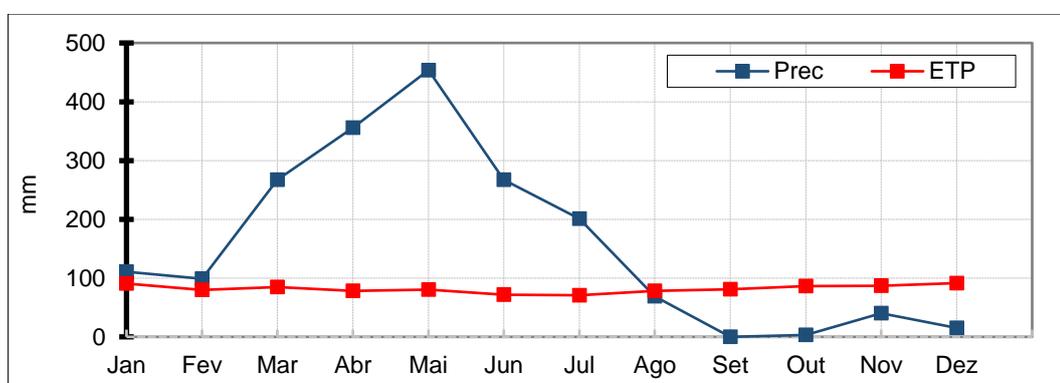


Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

A pluviometria anual em Aratuba foi de 1881,7 mm, o que representou um CV de 73,8%. O período chuvoso foi composto pelos meses de janeiro (111,0 mm), fevereiro (99,0 mm), março (267,0 mm), abril (356,0 mm), maio (453,7 mm), junho (267,0 mm) e julho (201 mm).

Ainda foram observadas pluviometrias de 69,0 mm em agosto, 3,0 mm em outubro, 40,0 mm em novembro e 14,0 mm em dezembro. Apenas o mês de setembro não apresentou precipitações como mostra a Figura 75.

Figura 75 – Precipitação e da evapotranspiração potencial mensal em Aratuba (2009).

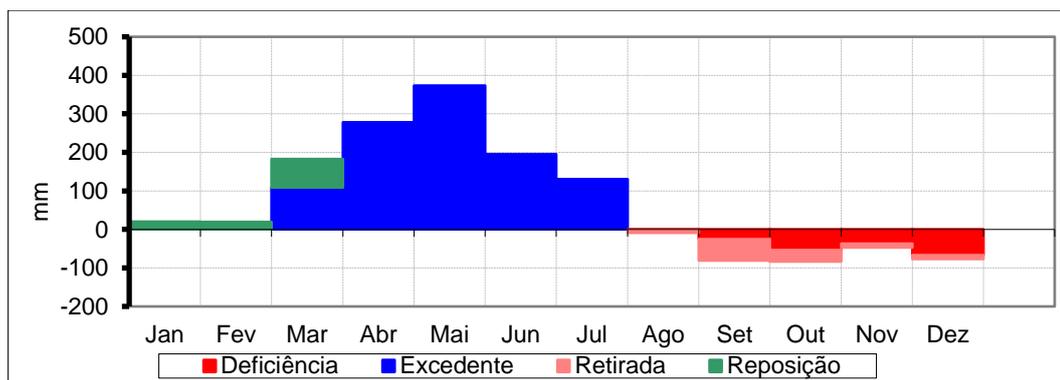


Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Ao longo do ano ocorreram reposições hídricas em janeiro (20,5 mm) e fevereiro (19,4 mm), enquanto os excedentes hídricos ocorreram em 5 meses do ano, de modo que abrangeram os meses de março (108,9 mm), abril (277,6 mm), maio (373,5 mm), junho (195,1 mm) e julho (130,2 mm), e totalizaram um elevado quantitativo anual de 1085,3 mm.

Por outro lado, o déficit hídrico anual totalizou apenas 182,9 mm, que se distribuíram pelos meses de agosto (0,3 mm), setembro (53,5 mm), outubro (37,1 mm) e em dezembro (66,6 mm), que apresentou o valor mensal mais elevado do ano (Figura 76).

Figura 76 – Balanço hídrico climatológico de Aratuba no ano-padrão chuvoso (2009).

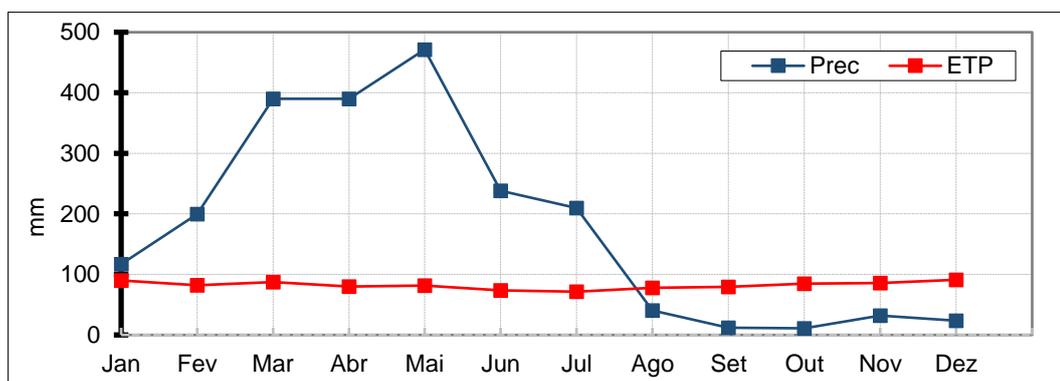


Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

A pluviometria anual registrada em Pacoti foi de 2134,9 mm e representou a ocorrência de um CV de 53,6%. Os maiores quantitativos ocorreram nos meses de janeiro (116,8 mm), fevereiro (199,7 mm), março (390,0 mm), abril (390,1 mm), maio (471,4 mm), junho (238,2 mm) e julho (209,6 mm).

Os valores menos expressivos ocorreram nos meses de agosto (40,4 mm), setembro (12,1 mm), outubro (11,0 mm), novembro (32,2 mm) e dezembro (23,4 mm), de modo que foram registradas precipitações em todos os meses do ano (Figura 77).

Figura 77 – Precipitação e evapotranspiração potencial mensal em Pacoti (2009).

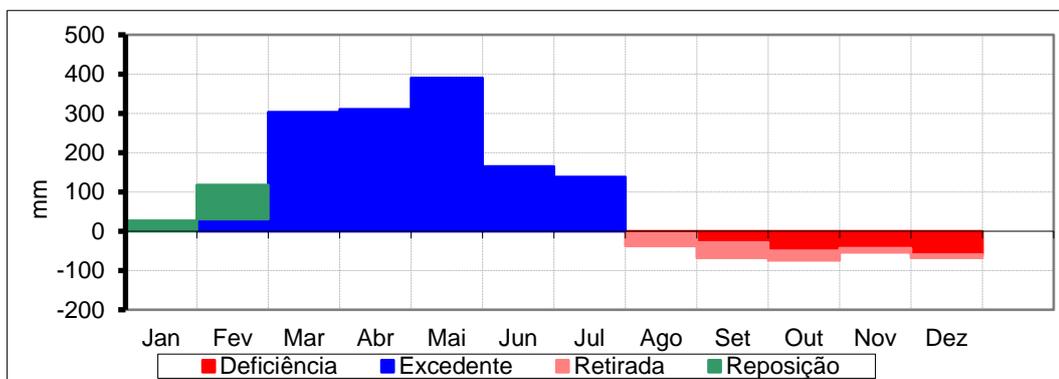


Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

O balanço hídrico de Pacoti (Figura 78) apontou a ocorrência de um pequeno excedente hídrico em fevereiro (30,7 mm), de elevados excedentes nos meses de março (302,8 mm), abril (310,2 mm) e maio (389,6 mm), e que se estendeu ainda até os meses junho (164,8 mm) e julho (138,2 mm) que apresentaram valores consideráveis. Com isto, a combinação entre uma pluviometria anual muito elevada e

taxas de ETP mais baixas do que o contexto regional, resultaram em um excedente hídrico anual de 1336,3 mm.

Figura 78 – Balanço hídrico climatológico de Pacoti no ano-padrão chuvoso (2009).



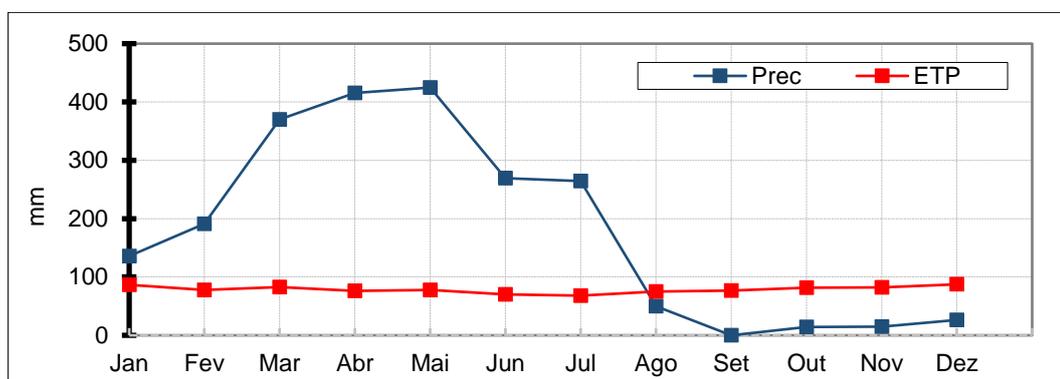
Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

A deficiência hídrica de Pacoti, assim como em Aratuba, ocorreu apenas nos meses de agosto (5,1 mm), setembro (28,8 mm), outubro (49,8 mm), novembro (43,1 mm) e dezembro (59,9 mm), mas com valores relativamente baixos e que totalizaram um quantitativo anual de apenas 186,3 mm.

Por fim, em Guaramiranga foi registrada uma pluviometria anual de 2176,0 mm, que representou um CV de 43,0%. Esta localidade apresentou o maior total pluviométrico anual, de modo que foram verificadas precipitações muito elevadas em janeiro (135,8 mm) e fevereiro (190,8 mm), mas sobretudo nos meses de março (370,2 mm), abril (415,6 mm), maio (424,7 mm).

Os meses de agosto (50,0 mm), outubro (14,0 mm), novembro (14,9 mm) e dezembro (26,2 mm) apresentaram ainda pequenas precipitações e apenas no mês de setembro não houve registros de precipitações (Figura 79).

Figura 79 – Precipitação e da evapotranspiração potencial mensal em Guaramiranga (2009).

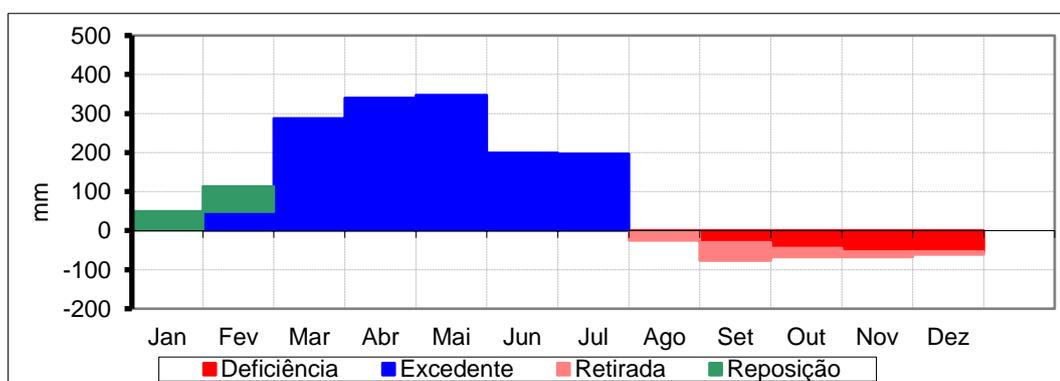


Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

Conseqüentemente, em Guaramiranga ocorreram os maiores excedentes e os menores déficits hídricos dentre as localidades analisadas, tanto mensais quanto anuais. O mês de fevereiro apresentou um pequeno excedente hídrico de 48,0 mm, enquanto os meses de março (287,4 mm), abril (339,7 mm), maio (347,0 mm), junho (199,4 mm) e julho (196,6 mm) apresentaram excedentes muito acentuados e que totalizaram 1418,9 mm anual.

As deficiências hídricas apresentaram um quantitativo e uma distribuição muito semelhante com a que ocorreu em Pacoti. Deste modo, se estenderam com pequenos valores pelos meses de agosto (2,3 mm), setembro (29,6 mm), outubro (44,3 mm), novembro (53,9 mm) e dezembro (53,9 mm) (Figura 80), e totalizaram um valor anual de apenas 183,9 mm.

Figura 80 – Balanço hídrico climatológico de Guaramiranga no ano-padrão chuvoso (2009).



Fonte: Funceme. Elaborado pelo autor.

7. OS TIPOS CLIMÁTICOS DA SERRA DE BATURITÉ

Este capítulo trata dos resultados obtidos através da aplicação da classificação climática de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955), com as modificações propostas por Silva Neto e Sales (2020), nos anos das séries históricas dos postos situados sobre os compartimentos da serra de Baturité.

7.1 Os Tipos de Clima Anuais (TCA) da serra de Baturité

As análises realizadas sobre as temperaturas médias mensais e evapotranspiração potencial (ETP) (no Capítulo 4), precipitação (no Capítulo 5) e balanço hídrico climatológico (no Capítulo 6), foram essenciais para a fundamentação e a realização desta etapa da pesquisa, pois a partir delas foram obtidos os dados fundamentais para a aplicação do Sistema de Classificação Climática (SCC) de Thornthwaite com base em seus índices climáticos, definição dos Tipos de Climas Anuais (TCA) e análise das frequências com que ocorreram em cada localidade ao longo da série histórica.

De acordo com a frequência dos tipos principais de climas (Tabela 21), definidos pelo índice de umidade efetiva (I_m), foi verificado que as localidades situadas diante da vertente ocidental (sotavento), de forma geral, foram caracterizadas pelo predomínio absoluto de climas secos.

Em sua maioria com as séries históricas neste compartimento foram compostas por climas Semiárido (D1) e Semiárido (D2). Além disso foram observados mais raramente climas Áridos (E) nos anos mais secos e Semiáridos (D3) nos anos mais chuvosos, como pode ser observado em Canindé, Caridade e Paramoti. À medida em que se desloca para nordeste, foi possível observar uma pequena participação do clima Subúmido seco (C1), observados em Inhuporanga e Itapebussu.

Enquanto isto, as localidades situadas diante da vertente oriental apresentaram uma grande participação dos climas Semiárido (D2) e Semiárido (D3). Nesse setor pode ser observado também um pequeno aumento na ocorrência de climas Subúmidos secos (C1) e, com menor frequência, climas Subúmidos úmidos (C2), como pode ser observado em Aracoiaíba, Baturité e Redenção.

No entanto, à medida em que se desloca para sudoeste, pode ser notada a ocorrência exclusiva de climas que variam entre todos os níveis de aridez, com

predomínio do clima Semiárido (D2) e com uma rara ocorrência de clima Árido (E), como foi observado em Capistrano e Itapiúna.

Tabela 21 – Frequência dos tipos climáticos principais das localidades situadas nos compartimentos da serra de Baturité.

Localidade	Tipos climáticos principais										
	A	B4	B3	B2	B1	C2	C1	D3	D2	D1	E
Aracoiaba	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	16,7	40,0	30,0	0,0
Aratuba	0,0	3,3	6,7	10,0	16,7	16,7	26,7	16,7	3,3	0,0	0,0
Barreira	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	26,7	36,7	20,0	10,0
Baturité	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	13,3	33,3	30,0	20,0	0,0
Canindé	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	26,7	50,0	20,0
Capistrano	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	46,7	20,0	3,3
Caridade	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	33,3	43,3	13,3
Esperança	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	33,3	36,7	16,7
Guaramiranga	23,3	13,3	3,3	26,7	10,0	13,3	6,7	3,3	0,0	0,0	0,0
Inhuporanga	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	13,3	26,7	43,3	13,3
Itapebussu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	13,3	43,3	33,3	3,3
Itapiúna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	40,0	36,7	3,3
Mulungu	3,3	0,0	3,3	13,3	6,7	16,7	26,7	23,3	6,7	0,0	0,0
Pacoti	6,7	10,0	10,0	10,0	30,0	20,0	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Palmácia	0,0	0,0	3,3	10,0	13,3	30,0	13,3	23,3	6,7	0,0	0,0
Redenção	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	23,3	26,7	26,7	16,7	0,0

Fonte: Elaborado pelo autor. Valores em porcentagem.

Na porção meridional da vertente dissecada úmida prevaleceu os climas Subúmidos úmidos (C2) como observado em Palmácia. Neste compartimento foram observadas importantes ocorrências de climas Subúmidos secos (C1) e Semiáridos (D3), e de climas Semiáridos (D2) e Úmidos (B1, B2 e B3) com menores frequências.

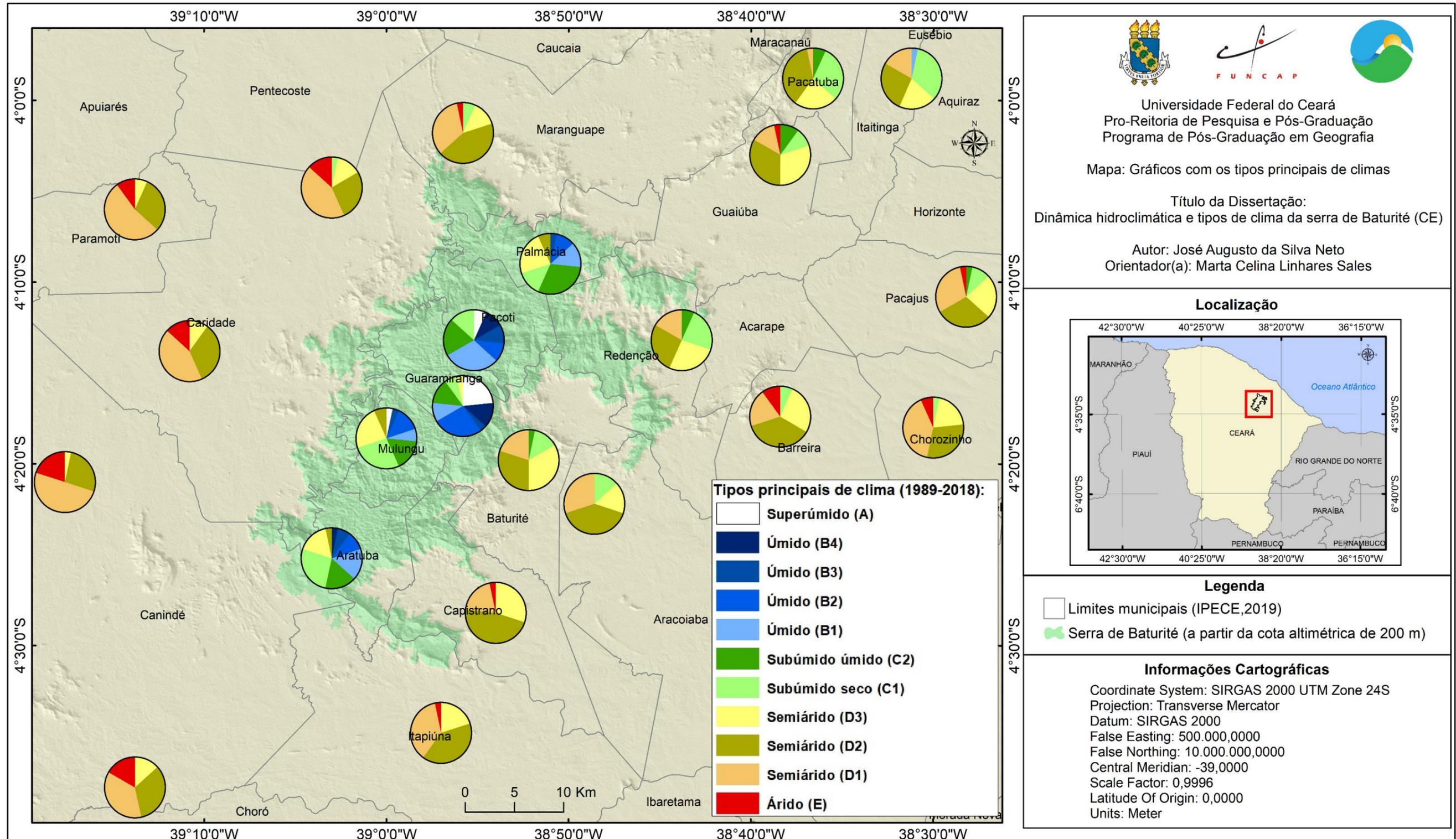
Os platôs apresentaram os climas mais úmidos da serra de Baturité, sendo o setor setentrional o que apresentou as melhores condições de umidade, como pode ser observado em Pacoti e Guaramiranga, justificadas pela melhor exposição as massas de ar úmido e pelas temperaturas mais amenas proporcionadas pela altitude. Nesse setor foi observada a ocorrência de climas Úmidos (B1, B2, B3 e B4), chegando a apresentar climas Superúmidos (A).

A porção central e meridional do platô foi caracterizada pela ocorrência tanto de climas secos quanto de climas úmidos. Com relação aos climas secos, foi observada a presença do clima Semiárido (D3) e, em menor frequência, Semiárido

(D2), enquanto o clima Subúmido seco (C1) apresentou a maior frequência nesses setores. Os climas úmidos tiveram uma pequena participação, como pode ser observado em Mulungu e Aratuba, com maior ocorrência do clima Subúmido úmido (C2), apresentando também os climas Úmidos (B1, B2 e B3).

Os gráficos presentes no mapa da Figura 81 demonstraram que os climas predominantemente secos ocorreram com maior frequência nas localidades situadas tanto no *piemont* subúmido quanto no *piemont* semiárido, e que os climas predominantemente úmidos ocorreram de forma mais frequente nas localidades situadas no platô e na porção setentrional da vertente dissecada úmida.

Figura 81 – Frequência relativa dos tipos principais de climas na serra de Baturité (1989-2018).



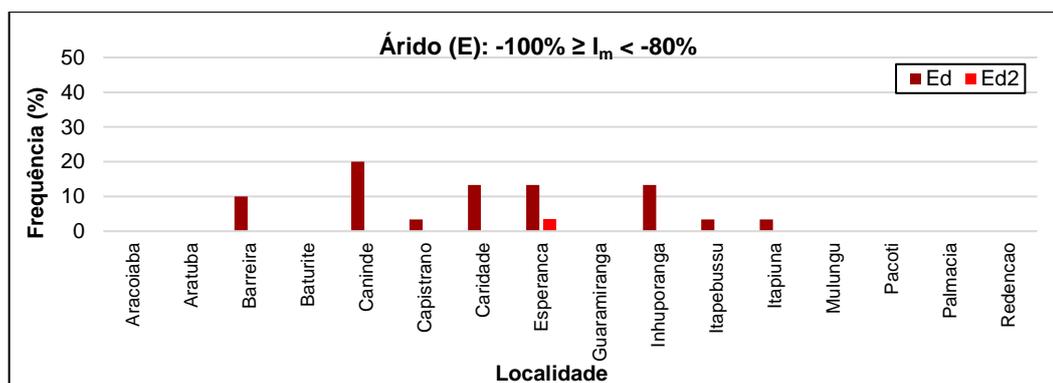
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os tópicos a seguir analisam de forma detalhada as frequências e a distribuição espacial que cada um dos TCA's apresentou ao longo das séries históricas das localidades de Aracoiaba, Aratuba, Barreira, Baturité, Canindé, Capistrano, Caridade, Esperança, Guaramiranga, Inhuporanga, Itapebussu, Itapiúna, Mulungu, Pacoti, Palmácia e Redenção, situadas nos compartimentos da serra de Baturité, considerando não apenas o I_m , mas também os subtipos climáticos definidos pelo índice de aridez (I_a) e pelo índice de umidade (I_u).

7.1.1 Árido (E)

Os climas Áridos (E) ocorreram com maior frequência nos anos secos das séries históricas de Canindé (20,0%), Esperança (16,7%), Caridade (13,3%) e Inhuporanga (13,3%), situadas no *piemont* semiárido. Este tipo climático chegou a ocorrer em Barreira (10,0%), Capistrano (3,3%) e Itapiúna (3,3%), situados no *piemont* subúmido, mas apenas em anos excepcionalmente secos e, por isto, apresentaram baixas frequências nestas localidades (Figura 82).

Figura 82 – Frequência dos climas Áridos (E) na serra de Baturité.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Devido aos elevados déficits hídricos anuais, os anos que apresentaram esta tipologia comumente foram caracterizados pela inexistência de excedente anual demonstrados pela maior frequência de climas Ed, enquanto o clima Ed2 ocorreu apenas em Esperança e somente no ano de 2012, o que representou a ocorrência de um pequeno excedente neste ano.

7.1.2 Semiárido (D1, D2 e D3)

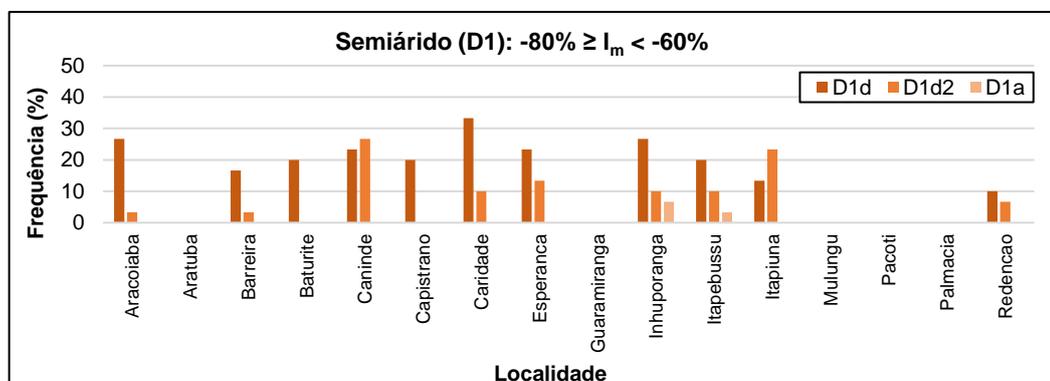
O Semiárido (D1) foi o clima mais representativo nas localidades situadas no *piemont* semiárido, de modo que ocorreu em 50% dos anos da série histórica de Canindé, em 43,3% dos anos de Caridade e de Inhuporanga. Este clima ocorreu ainda em 36,7% dos anos de Esperança e em 33,3% dos anos de Itapebussu.

Este tipo climático apresentou uma participação na série histórica das localidades situadas no *piemont* subúmido, mas com uma frequência relativamente menor. Em Aracoíaba este tipo climático ocorreu em 30% dos anos. Em Barreira, Baturité e Capistrano, ocorreu em 20,0% dos anos. Itapiúna apresentou a maior frequência dentro as localidades do setor a barlavento, de modo que este tipo climático ocorreu em 36,7% dos anos, e Redenção apresentou a menor frequência, pois o referido tipo climático ocorreu apenas em 16,7% dos anos.

Além disto, os anos classificados por esta tipologia foram comumente caracterizados pela inexistência de excedente anual, representada pelas elevadas frequências do clima D1d na maioria das localidades. Contudo, foram observadas pequenas frequências do clima D1d2, que foi superior somente em Caridade, e representou a ocorrência de pequenos excedentes anuais.

Ainda foi observada a ocorrência do clima D1a, que indica um excedente moderado no outono, mas com uma participação muito rara, de forma que ocorreu somente em 6,7% da série de Inhuporanga e 3,3% da série de Itapebussu, como mostra a Figura 83.

Figura 83 – Frequência dos climas Semiáridos (D1) na serra de Baturité.



Fonte: Elaborado pelo autor.

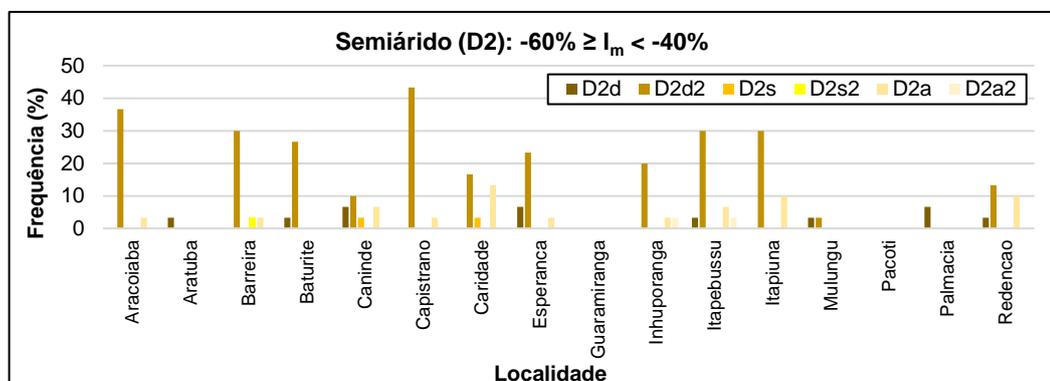
O Semiárido (D2), diferentemente do Semiárido (D1), foi o clima que apresentou as maiores frequências das séries históricas em praticamente todas localidades situadas no *piemont* subúmido. Esta tipologia ocorreu em: 40,0% dos anos de Aracoiaba e Itapiúna; 36,7% dos anos de Barreira; 30,0% dos anos de Baturité; 46,7% dos anos de Capistrano; e 26,7% dos anos de Redenção.

A sua participação ainda é representativa nas localidades situadas no *piemont* semiárido, mas relativamente inferior àquelas apresentadas no setor subúmido. Deste modo, esta tipologia abrangeu 26,7% dos anos de Canindé, 33,3% dos anos de Caridade, 33,3% dos anos de Esperança, 26,7% dos anos de Inhuporanga e 43,3% dos anos de Itapebussu.

Ainda foram observadas participações do Semiárido (D2) em Aratuba (3,3%), situada na porção meridional do platô, Mulungu (6,7%), situada na porção central do platô, e em Palmácia (6,75%), situada na porção setentrional da vertente úmida, mas que se resumiram apenas aos anos com chuvas excepcionalmente abaixo da média histórica.

A maior parte dos anos classificados com o clima Semiárido (D2) foram caracterizados pela ocorrência do tipo D2d2, que representa a existência de um pequeno excedente hídrico anual. Contudo, a Figura 84 demonstra a ocorrência pouco frequente dos tipos: D2d, que representa a inexistência de excedente anual; D2s e D2s2, que indicaram, respectivamente, excedentes moderados e acentuados no verão; e D2a e D2a2, que indicaram, respectivamente, excedentes moderados e acentuados no outono, respectivamente.

Figura 84 – Frequência dos climas Semiáridos (D2) na serra de Baturité.



Fonte: Elaborado pelo autor.

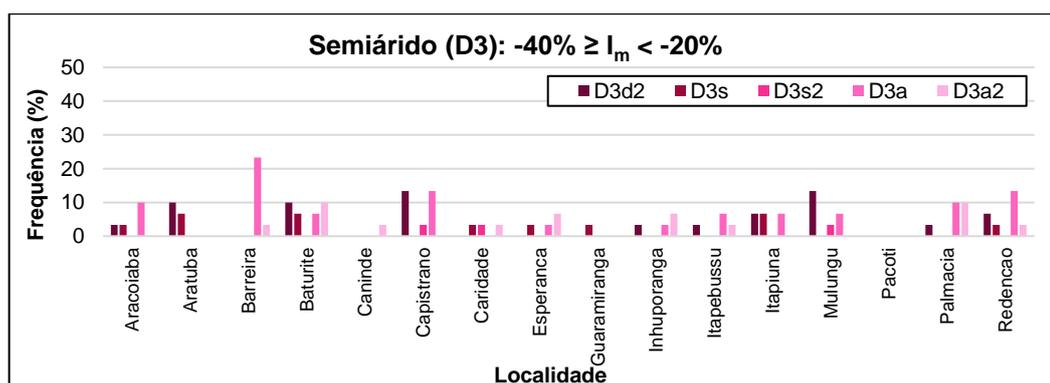
O clima Semiárido (D3) ocorreu em todos os setores da serra de Baturité, mas com frequências variadas. As suas maiores frequências foram observadas nas localidades situadas no *piemont* subúmido, de maneira que ocorreu em 16,7% dos anos de Aracoiaba, 26,7% dos anos de Barreira, 33,3% dos anos de Baturité, 30% dos anos de Capistrano, 20,0% dos anos de Itapiúna e 26,7% dos anos de Redenção.

Este clima ocorreu no *piemont* semiárido, de modo que representou os anos com precipitações muito superior às médias históricas das suas localidades. Por portanto frequências estiveram sempre inferiores a 20%, como foram os casos de Canindé (3,3%), Caridade (10,8%), Inhuporanga (13,3%) e Itapebussu (13,3%),

Nos compartimentos mais elevados, esta tipologia foi bastante representativa em Palmácia e Mulungu, de forma que ocorreu em 23,3% dos anos das séries históricas de cada uma destas localidades. Em Aratuba, ocorreu em 16,7% dos anos e apenas em 3,3% dos anos de Guaramiranga. Enquanto Pacoti foi a única localidade em que o semiárido (D3) não ocorreu.

Os anos com clima semiárido (D3) apresentaram pequenos excedentes anuais (D3d2), excedentes moderados no verão (D3s) e no outono (D3a), e excedentes acentuados no verão (D3s) e no outono (D3a), como mostra o gráfico da Figura 85.

Figura 85 – Frequência dos climas Semiáridos (D3) na serra de Baturité.



Fonte: Elaborado pelo autor.

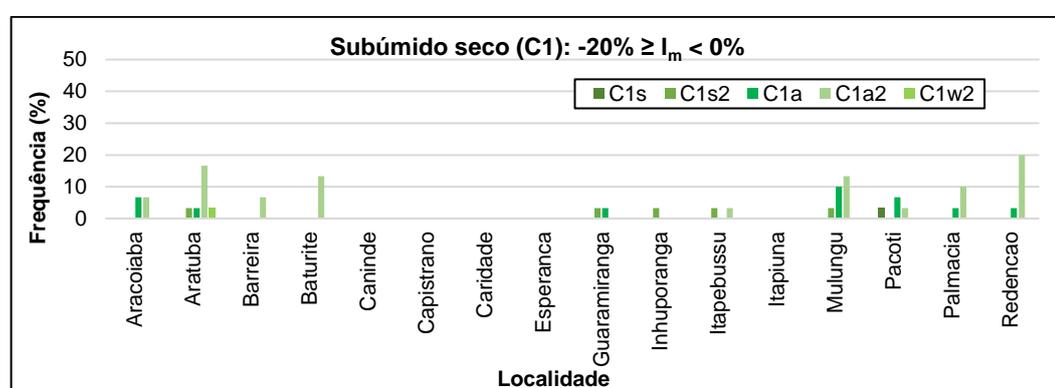
7.1.3 Subúmido seco (C1)

O Subúmido seco (C1) ficou praticamente restrito às localidades situadas nos compartimentos úmidos. As exceções ocorreram em Itapebussu e Inhuporanga, que apresentaram este clima nos anos com chuvas excepcionalmente acima de suas

médias, de modo que ocorreu apenas em 6,7% e 3,3% dos anos de suas respectivas séries históricas.

No *piemont* subúmido, foi observada a ocorrência deste clima nas localidades situadas na porção setentrional, como foram os casos de Aracoiaba (13,3%), Barreira (6,7%), Baturité (13,3%) e Redenção (23,3%), enquanto em Capistrano e Itapiúna, situados na porção meridional, não apresentaram o clima Subúmido seco (C1) ao longo de suas séries históricas (Figura 86).

Figura 86 – Frequência dos climas Subúmidos secos (C1) na serra de Baturité.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Este clima foi observado ainda em todas as localidades situadas nos compartimentos mais elevados da serra, de maneira que foi predominante em Aratuba e Mulungu, no platô meridional, onde ocorreu em 26,7% das respectivas séries. Em Pacoti e Palmácia, foi observada a sua ocorrência em 13,3% dos anos de cada uma destas localidades, enquanto ocorreu em apenas 6,7% da série de Guaramiranga.

Nos anos classificados com o clima Subúmido seco (C1), ocorreram excedentes moderados no verão (C1s) e outono (C1a), e excedentes acentuados também no verão (C1s2) e outono (C1a2). Ainda foi observado a presença de um excedente acentuado no inverno (C1w2) que ocorreu isoladamente em Aratuba no ano de 2015.

7.1.4 Subúmido úmido (C2)

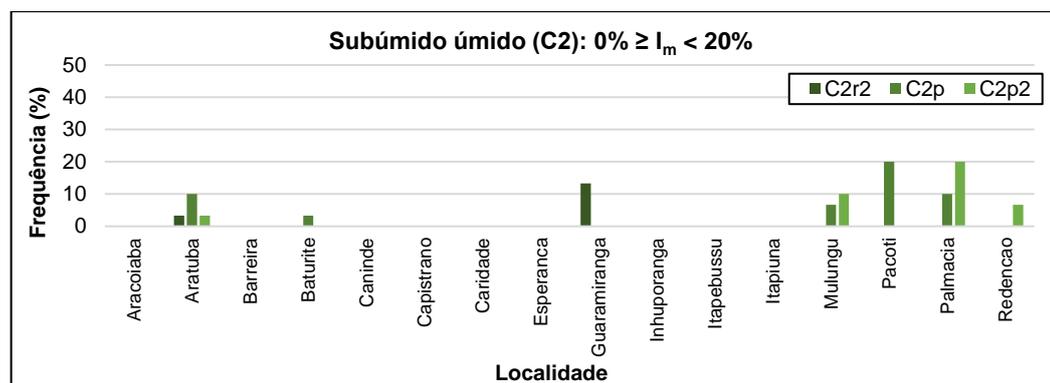
A partir do clima Subúmido úmido (C2), a ocorrência de climas úmidos começou a se restringir bruscamente a apenas às localidades situadas em compartimentos específicos, sobretudo àqueles com cotas altimétricas mais elevadas.

Desta forma, as únicas localidades situadas em cotas mais baixas que apresentaram alguma frequência deste tipo de clima ao longo dos anos foi Baturité (3,3%) e Redenção (6,7%). Contudo, as frequências foram extremamente baixas, pois este clima se resumiu aos anos excepcionalmente chuvosos.

Este clima ocorreu de forma mais habitual em Palmácia, pois 30,0% dos anos de sua série apresentaram esta classificação. Nas demais localidades a frequência do clima C2 foi relativamente mais baixa, pois ocorreu em 16,7% dos anos de Aratuba e Mulungu, enquanto em Guaramiranga e Pacoti ocorreu em apenas 13,3% e 20,0%, respectivamente.

O gráfico dos tipos climáticos (Figura 87) indicou que o Subúmido úmido (C2) foi caracterizado pela existência de um pequeno déficit hídrico anual (C2r2) ou por déficit que ocorreram na primavera de forma moderada (C2p) ou acentuada (C2p2).

Figura 87 – Frequência dos climas Subúmidos úmidos (C2) na serra de Baturité.



Fonte: Elaborado pelo autor.

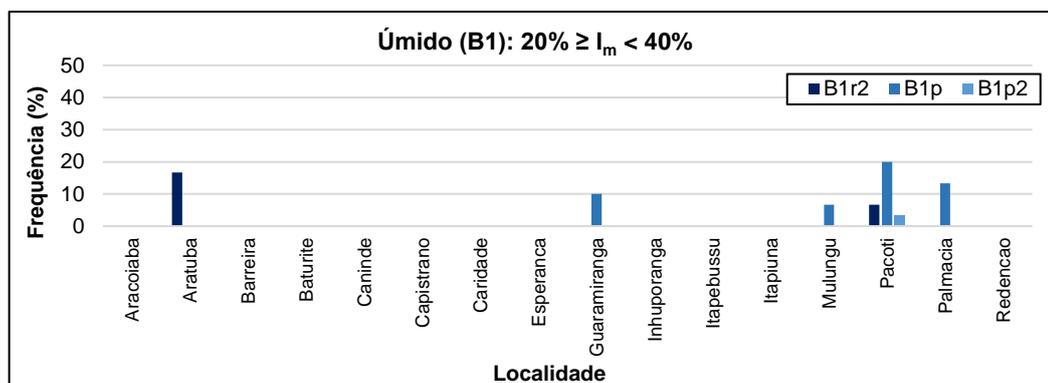
7.1.5 Úmido (B1, B2, B3 e B4)

Os climas Úmidos (B1), (B2), (B3) e (B4) ocorreram apenas nos compartimentos com cotas mais elevadas e com os totais pluviométricos mais elevados da serra de Baturité.

O clima Úmido (B1) ocorreu de forma mais frequente em Pacoti e representou 30,0% dos anos de sua série histórica. Este clima foi observado ainda em 16,7% dos anos de Aratuba, 10,0% dos anos de Guaramiranga, 6,7% dos anos de Mulungu, e em 13,3% dos anos de Palmácia

Os tipos climáticos associados ao Úmido (B1) indicaram a ocorrência de pequenos déficits anuais (B1r2), de déficits na primavera com intensidades moderadas (B1p) e acentuadas (B1p2), como mostra o gráfico da Figura 88.

Figura 88 – Frequência dos climas Úmidos (B1) na serra de Baturité.

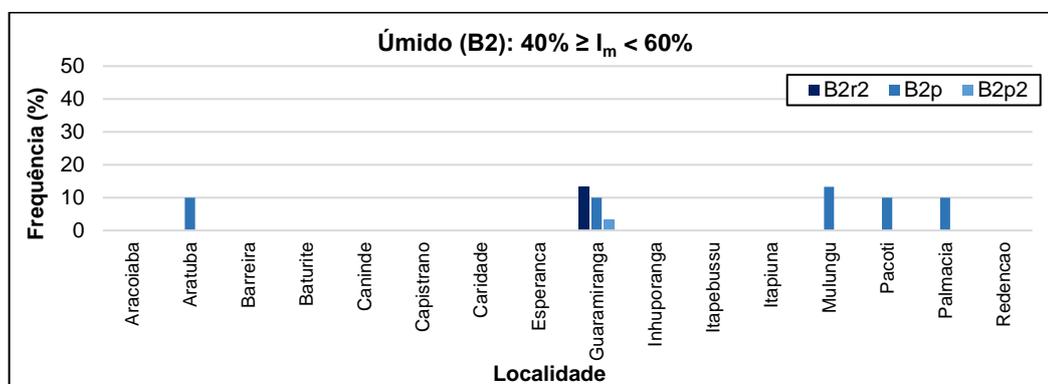


Fonte: Elaborado pelo autor.

O Úmido (B2) foi mais frequente em Guaramiranga, pois ocorreu em 26,7% de sua série histórica. Nas demais localidades, a sua frequência foi relativamente baixa de modo que ocorreu em 13,3% dos anos de Mulungu e 10,0% dos anos das séries históricas de Aratuba, Pacoti e Palmácia.

O gráfico da Figura 89 mostra que este clima foi representado pelos tipos: B2r2, que indicou a ocorrência de um pequeno déficit hídrico; B2p, que indicou um déficit hídrico moderado na primavera; e B2p2, que indicou a ocorrência de um déficit hídrico acentuado na primavera.

Figura 89 – Frequência dos climas Úmidos (B2) na serra de Baturité.

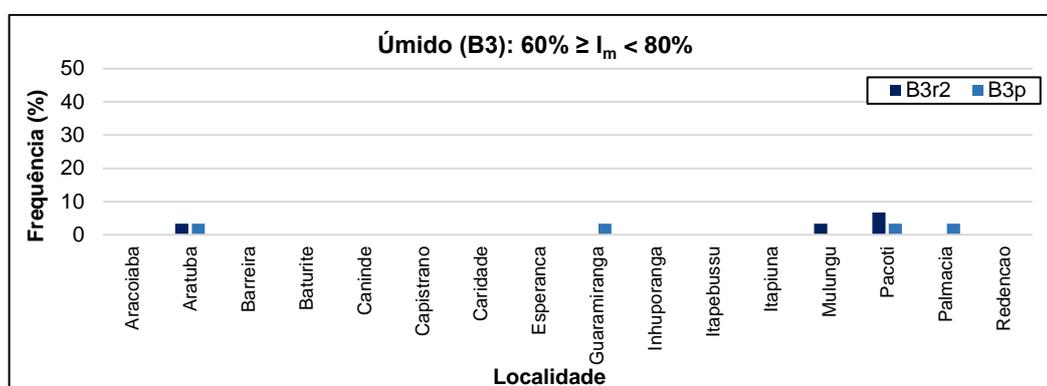


Fonte: Elaborado pelo autor.

O Úmido (B3) ocorreu com frequências muito pequenas e foi observado somente nas séries históricas das localidades de Aratuba (6,7%), Guaramiranga (3,3%), Pacoti (10,0%) e nos anos excepcionalmente chuvosos de Mulungu (3,3%) Palmácia (3,3%).

Este clima foi caracterizado pela existência de pequenos déficits hídricos anuais (Figura 90), representado pelo tipo climático B3r2, e pela ocorrência de uma deficiência hídrica moderada na primavera, representada pelo tipo climático B3p.

Figura 90 – Frequência dos climas Úmidos (B3) na serra de Baturité.

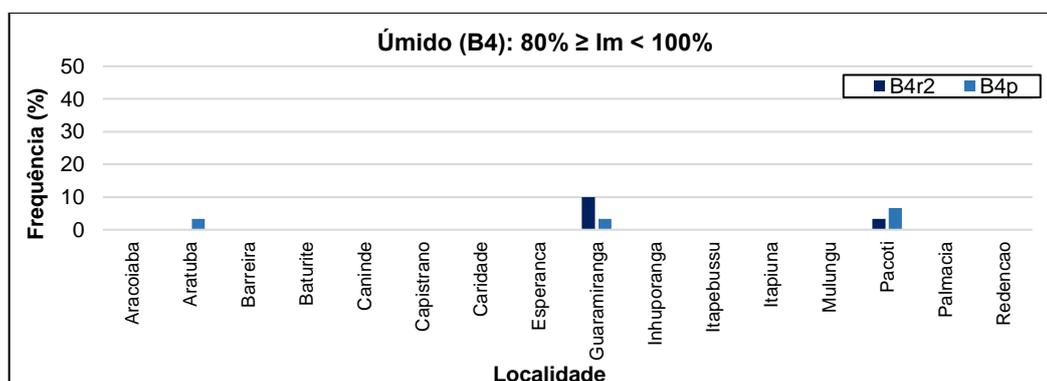


Fonte: Elaborado pelo autor.

O Úmido (B4), por sua vez, ocorreu de forma muito rara e abrangeu somente 3,3% dos anos de Aratuba, 13,3% dos anos de Guaramiranga e 10,0% dos anos de Pacoti, como mostra o gráfico da Figura 91.

Este clima se dividiu em dois tipos: o B4r2, que foi caracterizado pela ocorrência de um pequeno déficit hídrico; e o B4p, no qual foi observado uma deficiência hídrica moderada na primavera.

Figura 91 – Frequência dos climas Úmidos (B4) na serra de Baturité.



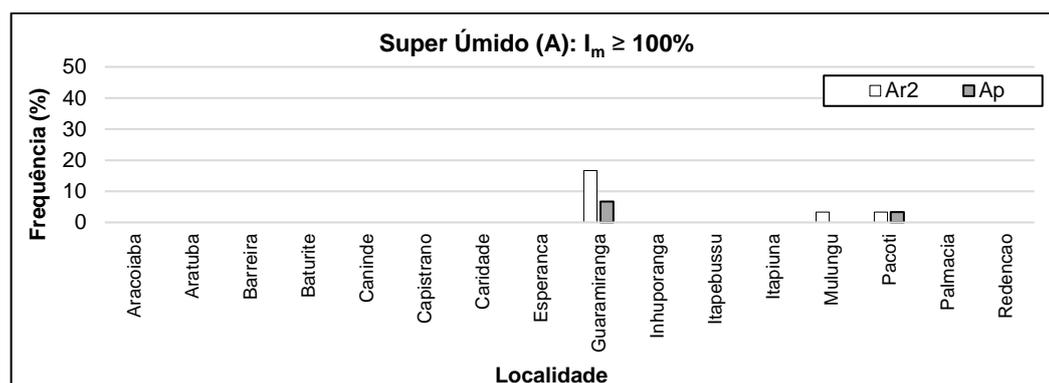
Fonte: Elaborado pelo autor.

7.1.6 Superúmido (A)

Por fim, o clima Superúmido (A) ocorreu de forma excepcional em 3,3% dos anos de Mulungu e em 6,7% dos anos de Pacoti. No entanto, este clima apresentou uma frequência considerável em Guaramiranga, de modo que ocorreu em 23,3% dos anos de sua série histórica.

Nos anos classificados com este clima foram observadas as ocorrências de pequenas deficiências hídricas anuais, representadas pelo tipo climático Ar2, e por deficiências moderadas na primavera, representadas pelo clima Ap, como mostra o gráfico da Figura 92.

Figura 92 – Frequência dos climas Superúmidos (A) na serra de Baturité.



Fonte: Elaborado pelo autor.

7.2 Proposta de classificação climática para a serra de Baturité

A partir da abordagem teórica de seu SCC, Thornthwaite acreditava que a umidade é o fator essencial para identificar a maioria de seus principais tipos climáticos, exceto para as três zonas de frio nas quais ele analisou que a temperatura era o fator realmente ativo ou crítico (NÓBREGA, 2010).

Diferentemente de Köppen, este autor não considerava a vegetação como um instrumento de integração dos elementos climáticos, mas como um meio físico pelo qual é possível transportar água do solo para a atmosfera, de tal forma que definia um tipo de clima de acordo com às necessidades hídricas da vegetação.

Contudo, a realização do levantamento bibliográfico tornou evidente que a grande maioria dos trabalhos que tiveram como objetivo a realização de uma

classificação climática para determinada área através de um SCC de caráter empírico, seja de Köppen ou de Thornthwaite, fizeram uso de valores médios históricos ou de normais climatológicas definidas pelos órgãos meteorológicos competentes.

No entanto, a ineficiência dos dados médios em representar o ritmo do clima através de suas condições habituais e excepcionais já é bem conhecida, pois estes valores são incapazes de representar o paradigma rítmico ou discernir as condições habituais das excepcionais.

Por isto, a presente proposta de classificação climática buscou atribuição os tipos climáticos para cada localidade através dos Tipos de Climas Anuais (TCA) que apresentaram as maiores frequências ao longo da série histórica. A Tabela 22 demonstra que a classificação climática a partir dos dados médios coincidiu com o TCA mais frequente apenas em Barreira, Baturité, Caridade, Esperança, Itapebussu e Itapiúna.

Tabela 22 – Frequência dos Tipos de Climas Anuais (TCA) médios e habituais nas localidades situadas nos compartimentos da serra de Baturité.

Localidade	TCA (med)	Freq. (%)	TCA (hab)	Freq. (%)
Aracoiaba	D2d	0,0	D2d2	36,7
Aratuba	C2p	10,0	C1a2	16,7
Barreira	D2d2	30,0	D2d2	30,0
Baturité	D2d2	26,7	D2d2	26,7
Canindé	D1d	23,3	D1d2	26,7
Capistrano	D2d	0,0	D2d2	43,3
Caridade	D1d	33,3	D1d	33,3
Esperança	D1d	23,3	D1d	23,3
Guaramiranga	B3r'	0,0	Ar2	16,7
Inhuporanga	D1d2	10,0	D1d	26,7
Itapebussu	D2d2	30,0	D2d2	30,0
Itapiúna	D2d2	30,0	D2d2	30,0
Mulungu	C2p	6,7	C1a2	13,3
Pacoti	B2p	10,0	B1p	20,0
Palmácia	C2p	10,0	C2p2	20,0
Redenção	D3d2	6,7	C1a2	20,0

Fonte: Elaborado pelo autor. Legenda: TCA (med) – Tipo de Clima Anual atribuído aos valores médios; TCA (hab) – Tipo de Clima Anual com maior frequência ao longo da série histórica.

Nas demais localidades, os TCA's médios e os habituais se diferiram a ponto dos climas D2d, obtido através da classificação dos valores médios de

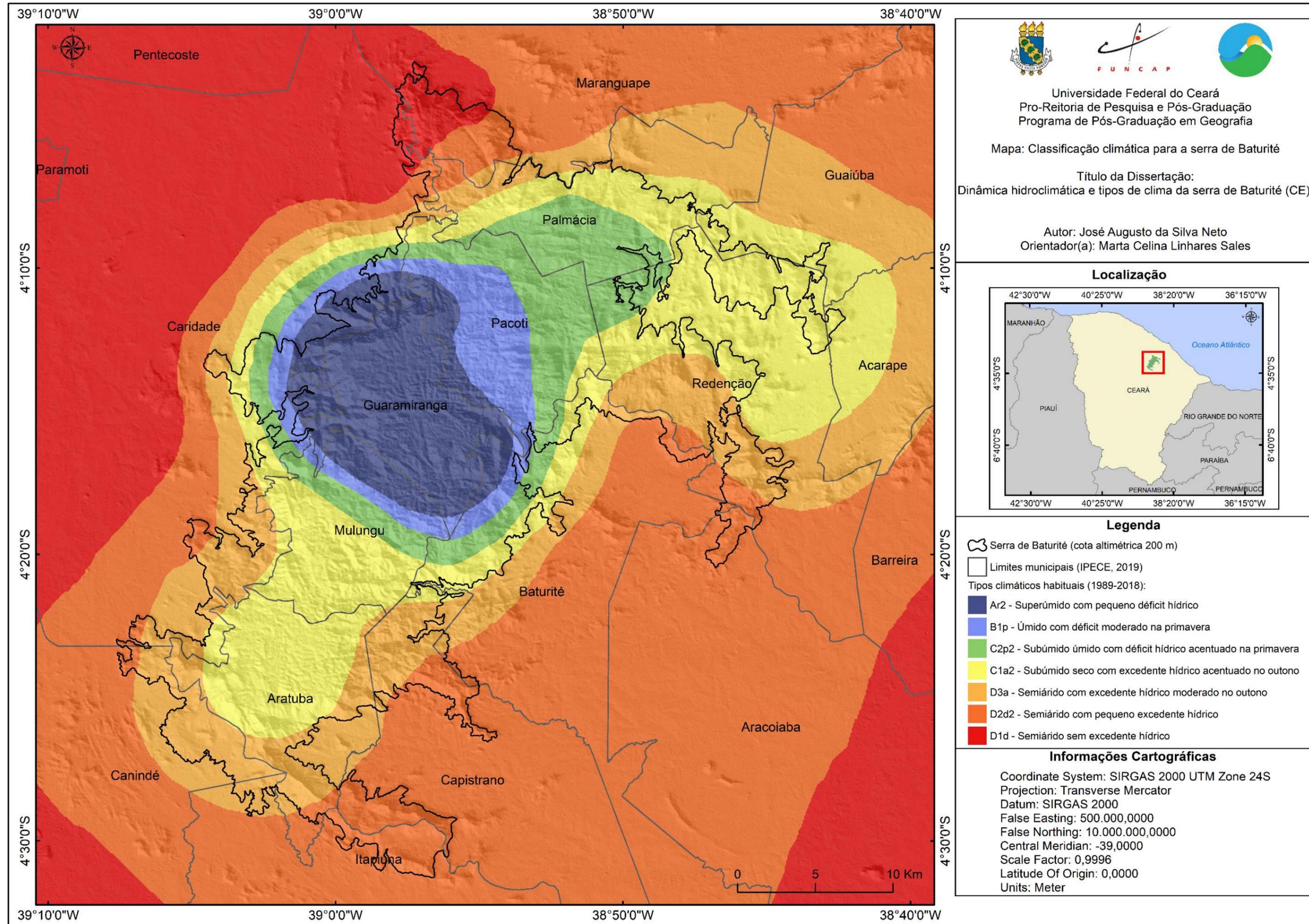
Aracoiaba e de Capistrano, e o B3r, obtido através da classificação dos valores médios de Guaramiranga, nunca terem ocorrido ao longo dos 30 anos das séries históricas de suas respectivas localidades.

A análise dos TCA's se manteve em concordância com as considerações de Matovani (2007), que observou que a serra de Baturité apresenta uma notável diversidade climática que se processa em função das variações altimétricas e da exposição do relevo, que condicionam a ocorrência de climas Superúmidos, Úmidos, Subúmidos e Semiáridos.

Cada um destes climas ocorreu com diferentes frequências abrangendo áreas da serra de Baturité com condições geoambientais específicas nos quais as suas influências ficaram expressas nas morfologias do relevo, nos tipos de solos e, principalmente, nas características fitoecológicas.

A proposta de classificação climática foi realizada a partir do mapeamento da Figura 93, no qual foi possível realizar uma divisão da serra de Baturité e seu entorno em 7 tipos climáticos específicos, são eles: Superúmido (Ar2); Úmido (B1p); Subúmido úmido (C2p2); Subúmido seco (C1a2); Semiárido (D3a); Semiárido (D2d2); e Semiárido (D1d).

Figura 93 – Proposta de classificação climática para a serra de Baturité a partir dos tipos climáticos mais frequentes (1989-2018).



Fonte: Elaborado pelo autor.

O clima Superúmido (Ar2) abrangeu a região mais úmida da serra, que está situada entre a porção central e a setentrional do platô, onde as cotas altimétricas variam entre 800 e 1000 m. De acordo com Bastos *et al.* (2017), nesta área predominam gnaisses e micaxistos da Unidade Canindé que, pelas condições de umidade, apresentam morfologias de colinas convexas intercaladas por planícies alveolares.

As reduções nas taxas de eficiência térmica pela altitude e o favorecimento nos totais pluviométricos pela elevada exposição à umidade oceânica trazida, principalmente, pelos ventos alísios ao longo de todo o ano, proporcionou condições de excedente hídrico no solo que se estenderam de janeiro a julho e déficits hídricos bastante discretos que se concentram principalmente nos meses de outubro a novembro, conforme o balanço hídrico de Guaramiranga.

A condições climáticas justificam o estabelecimento de uma mata úmida composta por uma densa cobertura florestal que recobre os relevos colinosos e os vales fluviais como mostra a Figura 94. Esta vegetação se desenvolve em Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos que predominam esta parte mais úmida do platô onde estão aliados a uma maior atividade bioclimática conforme observado por Pereira *et al.* (2011) e Fernandes *et al.* (2011).

Figura 94 – Vista do Pico Alto para a porção sententrional do platô da serra de Baturité de clima Superúmido (Ar2), situada no município de Guaramiranga.



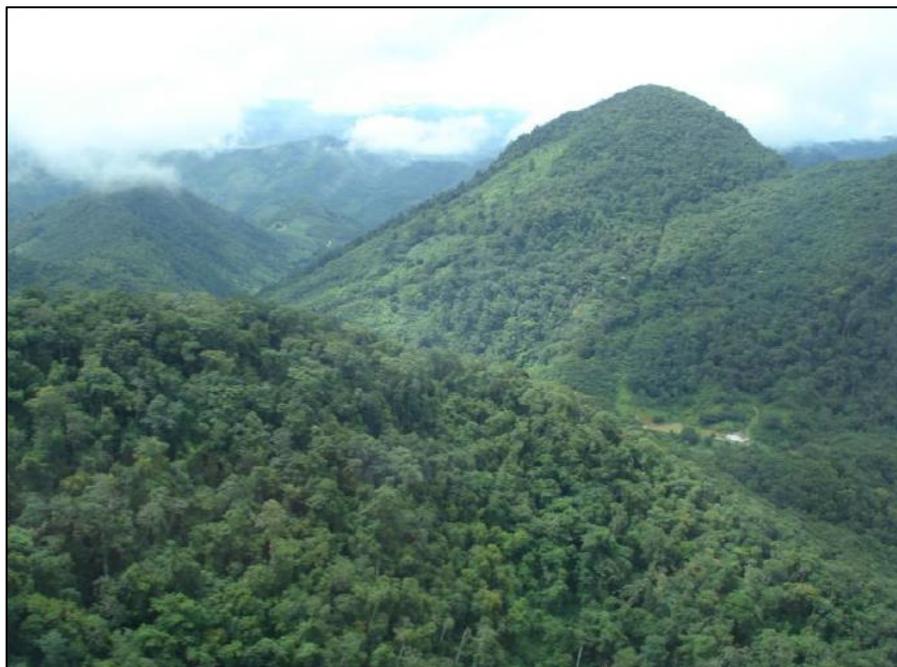
Fonte: Arquivo pessoal do autor (2019).

O clima Úmido (B1p) predominou a porção setentrional do platô com cotas altimétricas entre 600 e 800 m. Este clima se distribuiu nas áreas adjacentes ao clima Superúmido, típico de Guaramiranga, e abrangeu ambientes com condições geomorfológicas, pedológicas e fitoecológicas semelhantes a ele.

Desta forma, foram observados relevos de colinas convexas cortados por planícies fluviais, recobertos por florestas densas de matas úmidas (Figura 95), e que se desenvolvem em Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos.

Neste clima, no entanto, a sazonalidade é mais marcante, pois os excedentes hídricos se concentraram principalmente nos meses de março a julho e os déficits hídricos são mais elevados nos meses de setembro a novembro, mas com valores ainda moderados conforme observado no balanço hídrico de Pacoti.

Figura 95 – Relevo com formas convexas recobertos por cobertura florestal de mata úmida de clima Úmido (B1p) em Pacoti.

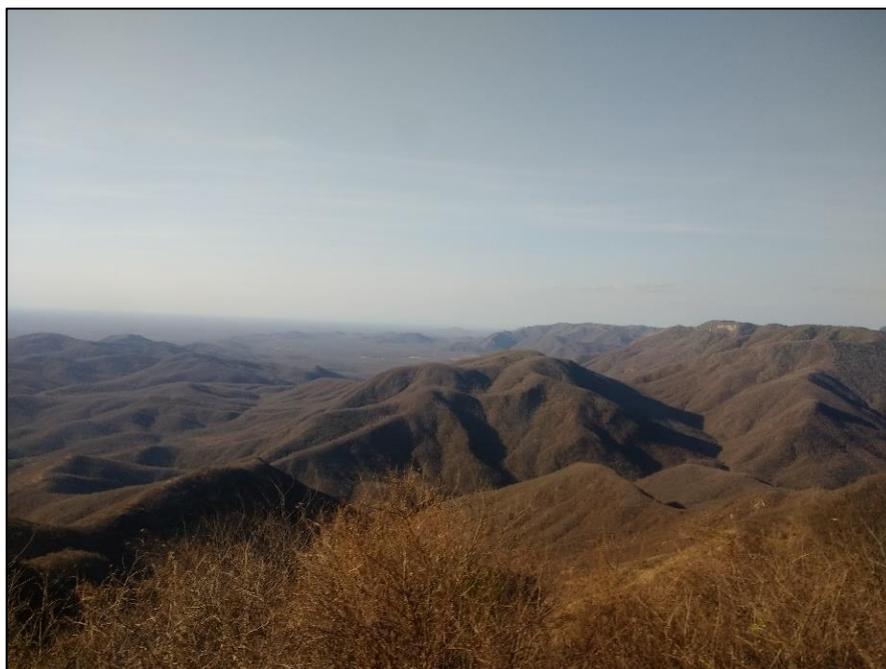


Fonte: Extraído de Bastos (2012).

O clima Subúmido úmido (C2p2) compreendeu a porção setentrional da vertente dissecada úmida com altitudes que variaram entre 400 e 600 m. Este clima caracterizou as áreas de um dos setores topograficamente mais acidentados da serra de Baturité no qual a rede de drenagem se organiza em vales muito encaixados (Figura 96). A elevada umidade climática permite ainda o desenvolvimento de

profundos mantos de intemperismo que apresentam Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos.

Figura 96 – Relevo acidentado com vales bem encaixados e recobertos pela mata seca de clima Subúmido úmido (C2p2), situados no território do município de Palmácia.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2020).

Além disto, a partir do balanço hídrico de Palmácia, foi observada uma forte sazonalidade na qual houve excedentes hídricos no solo de março a junho e déficits hídricos acentuados nos meses de primavera. Estas condições hidroclimáticas são verificadas a partir da presença da mata seca, de porte arbóreo/arbustivo, que apresentam um caráter subcaducifólio, de modo que as espécies ali presentes perdem as suas folhas nos meses de primavera e voltam a desenvolvê-las juntamente com um extrato herbáceo no período chuvoso.

O clima Subúmido seco (C1a2) predominou em uma grande variedade de compartimentos, pois se distribuiu desde as porções centrais e meridionais do platô com cotas altimétricas entre 800 e 100 m, até as áreas mais rebaixadas da vertente dissecada úmida (Figura 97), com cotas altimétricas entre 200 e 400 m.

As temperaturas e as taxas de eficiência térmicas dos platôs centrais e meridionais são consideravelmente reduzidas pela altitude de maneira, porém estes compartimentos não apresentam uma exposição tão intensa à umidade trazida pelos

ventos vindos do Atlântico quanto os compartimentos situados nas porções setentrionais da serra de Baturité.

Figura 97 – Vista para a vertente dissecada úmida de clima Subúmido seco (C1a2) a partir da Sede municipal de Redenção.



Fonte: Extraído de Bastos (2012).

Por outro lado, o setor setentrional da vertente dissecada úmida apresentou pluviometrias muito elevadas, mas que foram compensados por uma eficiência térmica também elevada. Estes aspectos praticamente equipararam os índices climáticos destes compartimentos, contudo os climas Subúmidos secos (C1a2) que ocorreram no platô apresentaram déficits anuais consideravelmente inferiores, conforme observado nos balanços hídricos de Aratuba e Mulungu.

O clima Semiárido (D3a) se comportou basicamente como uma faixa de transição entre o Subúmido seco (C1a2) e os climas semiáridos mais intensos, e se distribuiu nas áreas de contato entre as vertentes e os *piemontes*. Neste clima ainda é possível notar uma sazonalidade mais marcante da umidade do solo, que ocorre de forma moderada no outono, do que nos demais climas semiáridos.

O clima Semiárido (D2d2) caracterizou o *piemont* subúmido (barlavento) em com cotas altimétricas inferiores a 200 m. Neste compartimento, as elevadas taxas de eficiência térmica, que ficaram em torno de 1600 mm anuais, superam as precipitações que foram relativamente elevadas quando comparadas com o contexto

regional. O pequeno excedente hídrico ocorreu somente nos meses de março a maio, enquanto o déficit hídrico é acentuado no restante dos meses.

As condições de semiaridez representadas pelo Semiárido (D2d2) ficaram evidenciadas pela presença de vegetação de caatinga arbustiva juntamente com resquícios da mata seca, bastante descaracterizada pela ação humana (Figura 98). De acordo com Pereira *et al.* (2011), esta vegetação se desenvolve em superfícies de erosão suavemente onduladas embasadas por rochas metamórficas da Unidade Canindé recobertas por um manto de intemperismo composto pela associação de Luvissolos Crômicos, Neossolos Litólicos eutróficos e Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos.

Figura 98 – Vista para o piemont subúmido de clima Semiárido (D2d2) a partir da vertente dissecada úmida.



Fonte: Extraído de Bastos *et al.* (2017).

O Semiárido (D1d), por sua vez, caracterizou o *piemont* semiárido (sotavento) nas áreas com cotas altimétricas inferiores a 200 m. Neste clima as condições de semiaridez são severas de modo que não foram observados excedentes hídricos ao longo dos anos classificados com esta tipologia.

A área de abrangência deste tipo climático é caracterizada por relevos ondulados com solos rasos, pedregosos e recobertos pela vegetação de caatinga

arbustiva que apresentam fisionomias xéricas e diversos ajustamentos adaptativos e ecológicos para sobreviver às condições de semiaridez, como mostra a Figura 99.

Figura 99 – Vista do piemont semiárido de clima Semiárido (D1d) em Caridade para a vertente dissecada seca.



Fonte: Extraído de Bastos *et al.* (2017).

Desta forma, foi possível verificar que a diferenciação dos níveis de semiaridez proposta Silva Neto e Sales (2020) foi muito importante para a identificação de ambientes com características climáticas e ambientais distintas, mas que seriam apreendidas pela mesma tipologia caso o SCC de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Matter (1955) tivessem sido aplicados em suas formas originais.

Além disto, os efeitos da dinâmica atmosférica regional ficaram evidenciados nos TCA's atribuídos para cada localidade, mesmo que não tenham sido propriamente considerados nos cálculos que levaram a esta classificação climática.

A influência dos sistemas atmosféricos na notória sazonalidade das chuvas que ocorre no norte do Nordeste brasileiro fez com que os climas secos apresentassem a ocorrência de excedentes moderados ou acentuados no outono, na maioria dos casos, ou no verão, em casos mais raros, que denotaram claramente o período de maior atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

Por outro lado, os climas úmidos frequentemente indicaram a existência de déficits hídricos moderados ou acentuados na primavera, resultantes da escassez de

chuvas que ocorreu principalmente nos meses de setembro, outubro e novembro, nos quais predominam as condições de estabilidade no tempo causadas, principalmente pela redução da convecção e pela ação da Massa Equatorial Atlântica (MEA).

Neste aspecto, a utilização das modificações propostas pelos mencionados autores foram essenciais para que a classificação climática a partir dos índices de Thornthwaite pudesse contemplar as variações de umidade nestas estações, pois o modelo original considerava somente as variações que ocorriam no verão e no inverno que são as estações que apresentam, respectivamente, os maiores déficits e os maiores excedentes hídricos nas regiões temperadas que estão situadas em latitudes médias.

8. CONCLUSÕES

A partir dos métodos adotados e das análises dos resultados obtidos, ficou compreendido que o presente trabalho conseguiu atingir os objetivos almejados, tanto o principal quanto os específicos, de modo que conseguiu apreender adequadamente a dinâmica hidroclimática da serra de Baturité.

A análise dos dados térmicos demonstrou que a posição tropical em que a área de estudo se encontra justificou a ocorrência de pequenas amplitudes (cerca de 2°C) nas temperaturas médias mensais. As grandes variações térmicas ficaram por conta da variação altimétrica que evidenciou que os *piemonts*, situados no entorno da serra, apresentaram temperaturas médias estimadas entre 26°C e 28°C, enquanto o platô, que representa o compartimento mais elevado da serra, apresentou temperaturas médias que ficaram entre 17°C e 19°C.

Esta variação nas temperaturas foi sensivelmente apreendida pelas variações da evapotranspiração potencial, já que esta taxa é considerada um índice de eficiência térmica. Desta forma, foi observado que o entorno da serra apresentou um clima Megatérmico (A') com taxas de ETP anuais entre 1600 mm e 1800 mm, a exemplo do que foi observado em Baturité e Caridade. Ao mesmo tempo que os compartimentos mais elevados apresentaram os climas: Mesotérmico (B4), a partir da cota de 700 m; Mesotérmico (B'3), a partir da cota de 800 m; Mesotérmico (B'2), a partir da cota de 900 m; e o Mesotérmico (B'1), que ocorreu apenas no ponto mais elevado da serra, com uma eficiência térmica de 690 mm.

Na análise da dinâmica das chuvas foi seguido os preceitos da climatologia rítmica, de modo que os valores médios foram utilizados somente para compreender, de forma geral, a relação da orografia e da formação dos setores de barlavento e sotavento na distribuição espacial das pluviometrias médias anuais da serra de Baturité.

Neste aspecto, o mapeamento das pluviometrias médias apresentou resultados satisfatórios nos quais foi verificado um importante aumento das pluviometrias médias do *piemont* subúmido, situado na porção oriental da serra de Baturité e que compõem o setor a barlavento, ao mesmo tempo que foi observado uma drástica diminuição deste valores no *piemont* semiárido, situado na porção ocidental e que compõe o setor a sotavento.

As pluviometrias médias anuais mais elevadas se concentraram nos platôs, de modo que a porção sententrional se diferenciou das demais por apresentar os maiores quantitativos pluviométricos da área de estudo.

O ritmo mensal das chuvas apresentou forte relação com a atuação dos sistemas atmosféricos, sobretudo da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que, conforme explicado pelos trabalhos consultados, é o principal sistema produtor de chuvas no Nordeste brasileiro e ocasiona uma forte concentração destas chuvas no final do verão e ao longo de todo outono. Por outro lado, a redução da atividade convectiva e a atuação da Massa Equatorial Atlântica (MEA) justificaram o período de estabilidade de tempo e de estiagem que predominou principalmente nos meses de inverno e primavera no segundo semestre do ano.

A elaboração e análise dos pluviogramas com os dados pluviométricos mensais das localidades previamente selecionadas demonstrou que a concentração das chuvas foi minimamente amenizada e os períodos chuvosos e de estiagem apresentaram durações variáveis de acordo com o compartimento da serra de Baturité em que estão situadas.

Assim, ao longo da série histórica, foi observado que: Caridade apresentou de forma mais frequente 4 meses chuvosos (fevereiro a maio) e 7 meses secos (junho a dezembro); Baturité apresentou frequentemente períodos chuvosos de 4 meses (fevereiro a maio) e períodos de estiagem de 6 meses (julho a dezembro); Palmácia apresentou períodos chuvosos de 5 meses e períodos de estiagem de 6 meses (julho a dezembro); Aratuba e Mulungu apresentaram habitualmente 4 meses chuvosos (fevereiro a maio) e 5 meses de estiagem (agosto a dezembro); e Guaramiranga e Pacoti apresentaram, na maior parte dos anos, 5 meses chuvosos (fevereiro a junho) e 5 meses de estiagem (agosto a dezembro).

A elevada variabilidade pluviométrica interanual, que caracteriza o contexto climático regional em que área de estudo está inserida, foi justificada pela influência dos fenômenos oceânico-atmosféricos nas chuvas do semiárido do Nordeste brasileiro. Destes fenômenos, se destacam o El Niño Oscilação Sul (ENOS), que é caracterizado pelo aquecimento (El Niño) ou resfriamento (La Niña) anômalo as águas do Oceano Pacífico Tropical, e o Dípolo do Atlântico, que está relacionado às anomalias das temperaturas de superfície das bacias do Atlântico Tropical Sul (TSA) e do Atlântico Tropical Sul (TSA).

A partir da utilização do coeficiente de variação, foi observado que os totais anuais que ocorrem em Caridade, situada a sotavento, foram mais sensíveis à influência destes fenômenos pois apresentaram a maior variabilidade dentre os postos analisados. Em Aratuba, Baturité e Mulungu, situadas no setor a barlavento, esta variabilidade pluviométrica foi relativamente menor, mas ainda bastante expressiva. Já em Guaramiranga e Pacoti, nas cotas mais elevadas do setor a barlavento, foi observado uma considerável melhoria na regularidade das chuvas de modo que a maioria dos anos foram classificados como dentro da normalidade e não foram observados valores de variações consideradas como extremas.

O balanço hídrico climatológico, analisado a partir dos anos-padrão seco, normal e chuvoso, demonstrou que as variações de umidade dentro de cada ano se deram basicamente pela variação mensal das chuvas apresentadas por cada localidade, já que as temperaturas médias mensais, e consequentemente as taxas de ETP mensais, praticamente não variam ao longo do ano. Portanto, os excedentes hídricos se concentraram nos meses de verão e outono e os meses de inverno e, principalmente, de primavera concentraram os meses de deficiência hídrica.

Caridade apresentou déficits hídricos anuais em todos os anos-padrões, pois as baixas pluviometrias ficaram muito distantes de suprir as elevadas eficiências térmicas que ocorrem sobre esta localidade. Mesmo em Baturité, onde as chuvas foram mais elevadas do que em Caridade, ocorreram deficiências anuais até mesmo no ano-padrão chuvoso devido às elevadas taxas de ETP.

Já em Palmácia, mesmo apresentando uma eficiência térmica relativamente alta, só foi observada o predomínio de déficits anuais no ano-padrão seco, enquanto no ano normal e chuvoso foram caracterizados por excedentes hídricos anuais elevados.

Mulungu apresentou déficits hídricos anuais no ano-padrão seco e chuvoso, contudo estas deficiências hídricas foram consideravelmente inferiores àquelas apresentadas por Baturité e Caridade, por exemplo, pelas taxas de ETP foram muito amenizadas devido à altitude. No ano-padrão chuvoso, contudo, foram observados excedentes hídricos expressivos.

Aratuba, Guaramiranga e Pacoti apresentaram condições hidroclimáticas duplamente beneficiadas, pois estas localidades apresentaram tanto taxas de ETP mais baixas quanto precipitações consideravelmente elevadas. Desta forma, estas localidades só apresentaram déficits hídricos anuais no ano-padrão seco, mas que

ainda assim foram muito baixos. No ano-padrão chuvoso, os excedentes foram muito expressivos chegando a superar a marca de 1000 mm.

No que se refere à proposta de classificação, a utilização do conceito de Tipos de Climas Anuais (TCA) ao longo da série histórica com base nos índices do Sistema de Classificação Climática (SCC) de Thornthwaite e Mather (1955), demonstrou a interessante diversidade climática que a serra de Baturité proporciona diante da variação de altitude e de exposição do seu relevo.

Deste modo, foi observado que a serra de Baturité é cercada por localidades que apresentaram grandes frequências de climas semiáridos que se diferenciam quanto ao nível de aridez. No *piemont* semiárido foi observada a ocorrência mais frequente do clima Semiárido (D1d) e no *piemont* subúmido o clima Semiárido (D2d2) ocorreu de modo mais frequente.

O Subúmido seco (C1a2) foi o clima mais recorrente na porção meridional e central do platô, assim como nas áreas com cotas mais modestas da vertente dissecada úmida. As regiões com maior ocorrência de climas úmidos foram aquelas situadas nas porções setentrionais da vertente dissecada úmida, onde predominou o clima Subúmido úmido (C2p2), e do platô, onde foram verificadas maiores ocorrências do clima Úmido (B1p) e do clima Superúmido (Ar2) na porção mais elevada.

A adoção das modificações no referido SCC realizadas por Silva Neto e Sales (2020) foram muito valiosas pois os efeitos da dinâmica atmosférica regional ficaram adequadamente evidenciados nos TCA's atribuídos para cada localidade. Os climas secos apresentaram variações de umidade que indicaram a existência de excedentes no outono, devido principalmente à atuação da ZCIT, enquanto os climas úmidos foram habitualmente acompanhados por déficits na primavera, justificados pela baixa atividade convectiva e pela intensa atuação da MEA nesta estação.

Desta forma, os TCA's permitiram a realização de uma análise notavelmente mais rica do que a mera aplicação do SCC em valores médios e renovaram o método em questão, considerando explicitamente a variabilidade interanual do clima e as variações sazonais de umidade, permitindo, assim, verificar as configurações climáticas habituais e excepcionais.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, Aziz Nacib. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos do Brasil. **Geomorfologia**, São Paulo, v. 20, 1969.
- AB'SABER, Aziz Nacib. O domínio morfoclimático semi-árido das caatingas brasileiras. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 43, p. 1-39, 1974.
- APARECIDO, Lucas Eduardo de Oliveira *et al.* Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, [s. l.], v. 40, n. 4, p. 405-417, ago. 2016.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- BARROS, J. R.; ZAVATTINI, J. A. Bases conceituais em Climatologia Geográfica. **Mercator: Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza, v. 8, n. 16, p. 255-261, 2009.
- BASTOS, Frederico de Holanda. **Movimentos de massa no Maciço de Baturité (CE) e contribuições para estratégias de planejamento ambiental**. 2012. 258 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza,, 2012.
- BASTOS, Frederico de Holanda *et al.* Aspectos geoambientais e contribuições para estratégias de planejamento ambiental da serra de Baturité/CE. **Revista da Anpege**, [s. l.], v. 13, n. 21, p. 164-198, ago. 2017.
- BÉTARD, François *et al.* Caracterização morfopedológica de uma serra úmida no semi-árido do Nordeste brasileiro: o caso do maciço de Baturité-CE. **Mercator: Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza, v. 6, n. 12, p. 107-126, 2007.
- CÂNDIDO, Daniel Henrique; NUNES, Lucí Hidalgo. Influência da orografia na precipitação da área entre o vale do rio Tietê e a serra da Mantiqueira. **Geosp: Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 24, p. 8-27, 2008.
- CHEN, Deliang; CHEN, Hans Weiteng. Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: an example for 1901-2010. **Environmental Development**, [s. l.], v. 6, p. 69-79, abr. 2013.
- CONTI, José Bueno. A Intensidade do Efeito Orográfico sobre as Precipitações na Região do Puy-de- Dome (França). **Boletim Paulista de Geografia**, [s. l.], n. 44, p. 15-38, 1967.
- CONTI, José Bueno. **Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região lesnordeste Paulista**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1975. (Série teses e monografias, n. 18).
- CONTI, José Bueno. A questão climática do Nordeste brasileiro e os processos de desertificação. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 7-14, dez. 2005.

COSTA, Gessivaldo. **CELINA - Estimativa de Temperaturas Para o Estado do Ceará**. Versão 1.0, Fortaleza, UFC, 2007.

DANTAS, Marcelo Eduardo *et al.* Origem das Paisagens. *In*: BRANDÃO, Ricardo de Lima; FREITAS, Luís Carlos Bastos de (org.). **Geodiversidade do estado do Ceará**. Fortaleza: Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2014. p. 35-60.

DUBREUIL, Vincent *et al.* Os Tipos de Climas Anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins**: revista franco-brasileira de Geografia, [s. l.], v. 37, n. 37, 2018.

DUBREUIL, Vincent *et al.* Climate change evidence in Brazil from Köppen's climate annual types frequency. **International Journal of Climatology**, [s. l.], v. 39, n. 3, p. 1446-1456, 2019.

ELY, Deise Fabiana. **Teoria e método da climatologia geográfica brasileira**: uma abordagem sobre seus discursos e práticas. 2006. 208 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006.

EVENO, Maëlle *et al.* Variabilité et changement climatique en France de 1951 à 2010: analyse au moyen de la classification de Köppen et des « Types de Climats Annuels ». **Climatologie**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 47-70, jan. 2016.

FERNANDES, Afrânio Gomes *et al.* Fitogeografia do Maciço de Baturité: uma Visão Sistêmica e Ecológica. *In*: BASTOS, Frederico de Holanda. **Serra de Baturité**: uma visão integrada das questões ambientais. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011. p. 85-97.

FERNANDES, Afrânio Gomes. **Fitogeografia brasileira**. Fortaleza: Multigraf, 1998.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], v. 1, n. 1, dez. 2005.

FERREIRA, Ítalo Oliveira *et al.* Estudo sobre a utilização adequada da krigagem na representação computacional de superfícies batimétricas. **Revista Brasileira de Cartografia**, [s. l.], v. 65, n. 5, p. 831-842, 2013.

FRANCISCO, Paulo Roberto Megna. Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8, n. 4, p. 1006-1016, 2015.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). **Base de dados pluviométricos**. 2019. Disponível em: <http://www.funceme.br>. Acesso em: 25 jun. 2019.

GAN, M. A.. **Um estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera, nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e leste do Brasil**. 1982. 65 f.

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1982.

HANN, Julius von. **Handbuch der klimatologie**. Publisher: Stuttgart, J. Engelhorn. University of Michigan, 1908. Disponível em: <https://archive.org/details/handbuchderklim06hanngoog>. Acesso em: 18 jan. 2020.

HOUZE JUNIOR, Robert A.. Orographic effects on precipitating clouds. **Reviews Of Geophysics**, [s. l.], v. 1, n. 50, p. 1-47, 2012.

HUMBOLDT, Alexander von. Cosmos: ensayo de una descripción física del mundo. **E. Perié University of Toronto**, [s. l.], v. 1-2, 1875. Disponível em: <https://archive.org/details/cosmosensayodeun01humbuft>. Acesso em: 20 jan. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). **Limites Municipais**. 2019. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/limites-municipais/>. Acesso em: 15 set. 2020.

KÖPPEN, W. Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf (Classification of climates according to temperature, precipitation and seasonal cycle). **Petermanns Geogr. Mitt.**, [s. l.], v. 243-248, n. 193-203, 1918.

KUINCHTNER, Angélica; BURIOL, Galileo Adeli. Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 171-182, 2001.

MANTOVANI, Waldir. Conservação de Biodiversidade: importância das serras úmidas no nordeste semiárido brasileiro. In: OLIVEIRA, Teógenes Senna de; ARAÚJO, Francisca Soares de (org.). **Diversidade e conservação da biota na serra de Baturité, Ceará**. Fortaleza: Edições UFC/COELCE, 2007. p. 2-15.

MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha *et al.* Métodos de interpolação matemática no mapeamento de chuvas do estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], n. 4, p. 793-804, 2011.

MENDONÇA, Francisco. **Geografia Física: ciência humana?** São Paulo: Editora Contexto, 2001.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MILANESI, M.A.. **Avaliação do efeito orográfico na pluviometria de vertentes opostas da Ilha de São Sebastião (Ilhabela - SP)**. 2007. 150 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MOLION, L. C. B.; BERNADO, S. O. Uma revisão dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática. **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 57, p. 29-44, 1962.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática. **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 61, p. 59-69, jul./dez. 1964.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **A frente polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil**. São Paulo: USP/IG, 1969.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Análise rítmica em climatologia. **Climatologia**, USP/IG, São Paulo, n. 1, p. 1–21, 1971.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo**. São Paulo: USP/IG, 1973.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Clima e excepcionalismo**: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: Ed. UFSC, 1991.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. *In*: GHEYI, Hans Raj; PAZ, Vital Pedro da Silva; MEDEIROS, Salomão de Sousa; GALVÃO, Carlos de Oliveira (ed.). **Recursos hídricos em regiões semiáridas**. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. p. 2-27.

MORAES, Antonio Carlos Robert. Geografia: **Pequena História Crítica**. São Paulo: Hucitec, 1994.

MOTA, Fernando Silveira da. **Meteorologia agrícola**. 7. ed. São Paulo: Nobel, 1986.

NASCIMENTO, Flávio Rodrigues do *et al.* Diagnóstico socioeconômico da área de proteção ambiental da serra de Baturité – Ceará. **RA´E GA**, Curitiba, n. 20, p. 19-33, 2010.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). **Ocean Observations Panel for Climate (OOPC)**: state of the ocean climate, 2020. Disponível em: <https://stateoftheocean.osmc.noaa.gov/>. Acesso em: 25 jan. 2020.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). **Physical Sciences Laboratory (PSL)**. Climate Indices: Monthly Atmospheric and Ocean Time-Series, 2020. Disponível em: <https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list/>. Acesso em: 25 jan. 2020.

NIMER, Edmon. Descrição, análise e interpretação conceitual do sistema de classificação de climas de C. W. Thornthwaite. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 39, p. 87-109, jan./mar. 1977.

NIMER, Edmon; BRANDÃO, Ana Maria P. M. Balanço hídrico anual a partir de valores normais e tipologia climática. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 373-416, jul. 1985.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NÓBREGA, Ranyére Silva. Um pensamento crítico sobre classificações climáticas: de Köppen até Strahler. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, n. 3, p. 18-22, 2010.

OLIVEIRA, Maria Rita Pelegrin de; GALVANI, Emerson. Avaliação do efeito orográfico na variação das precipitações no perfil longitudinal Paraty (RJ) e Campos do Jordão (SP). **Entre-lugar**, [s. l.], v. 6, n. 11, p. 133-151, 2015.

PÉDELABORDE, P. **Introduction à l'étude scientifique du climat**. Paris: SEDES, 1970.

PEREIRA, Antonio Roberto. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Matter. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005.

PEREIRA, Raimundo Castelo de Melo; SILVA, Edson Vicente da; RABELO, Francisco Davy Braz. Aspectos Pedológicos e suas Relações com Processos Morfodinâmicos na Serra de Baturité. In: BASTOS, Frederico de Holanda. **Serra de Baturité: uma visão integrada das questões ambientais**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011. p. 77-84.

PLANCHON, Olivier; ROSIER, Karine. Variabilité des régimes pluviométriques dans le Nord-Ouest de l'Argentine: problèmes posés et analyse durant la deuxième moitié du vingtième siècle. **Annales de L'Association Internationale de Climatologie**, [s. l.], v. 2, p. 55-76, jan. 2005.

QUÉNOL, Hervé *et al.* MéTHODES D'IDENTIFICATION DES CLIMATS VITICOLES. **Bulletin de La Société Géographique de Liège**, [s. l.], n. 51, p. 127-137, 2008.

REDDY, S. Jeevananda. Climatic classification: the semi-arid tropics and its environment - A review. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 8, n. 18, p.823-847, ago. 1983.

RIBEIRO, Antonio Jacomini. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teorética**, [s. l.], n. 23, p. 288-294, 1993.

ROMANI, Luciana A. S. *et al.* Modelo de estações virtuais com estimativa de precipitação e temperatura para aprimoramento dos mapas no AgriTempo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Artigos [...]** Aracaju: editora, 2007.

ROLIM, G. S. *et al.* **Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos**: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, p. 133-137, 1998.

ROLIM, G. S. *et al.* Climatic classification of Köppen and Thornthwaite systems and their applicability in the determination of agroclimatic zoning for the state of São Paulo, Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 66, p. 711-720, 2007.

SANT'ANNA NETO, João Lima. **História da Climatologia no Brasil: gênese, paradigmas e a construção de uma Geografia do Clima**. 2001. 52 f. Tese (Livro-Docência em Climatologia) – Faculdade de Ciências da Terra, Universidade Estadual de São Paulo, Presidente Prudente, 2001.

SANTA'ANNA NETO, João Lima. História da Climatologia no Brasil: gênese e paradigmas do clima como fenômeno geográfico. **Cadernos Geográficos**, v. 1, n. 7, 2004.

SANTA'ANNA NETO, João Lima. Da Climatologia Geográfica à Geografia do Clima – gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. **ANPEGE**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 134-153, 2008.

SANDU, Irina *et al.* Impacts of orography on large-scale atmospheric circulation. **Nature Partner Journals: Climate and Atmospheric Science**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 1-8, maio 2019.

SALES, Marta Celina Linhares *et al.* Classificação climática de Thornthwaite e Matter aplicada ao Estado do Ceará: 1ª aproximação segundo o índice efetivo de umidade. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA*, 9., 2010, Fortaleza. **Artigos [...]** Fortaleza: editora, 2010.

SCHÖDER, Rudolf. Distribuição e curso anual das precipitações no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 15, n. 18, p. 193-250, ago. 1956.

SILVA NETO, José Augusto da; SALES, Marta Celina Linhares. Considerações sobre a aplicabilidade da classificação climática de Thornthwaite no contexto semiárido do Nordeste brasileiro: estudo de caso da serra de Baturité e seu entorno. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 833-853, jan./jun. 2020.

SOARES, Lucas Pereira. **Caracterização climática do estado do Ceará com base nos agentes da circulação regional produtores dos tipos de tempo**. 2015. 241 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

SORRE, Maximilien. **Les fondements de la Géographie Humaine**. Paris: Armand Colin, 1951.

SOUZA, M. J. N. de; LIMA, F. A. M.; PAIVA, J. B. Compartimentação topográfica do estado do Ceará. **Ciência agrônômica**, Fortaleza, v. 9, n. 1-2, p. 77-86, 1979.

SOUZA, Marcos José Nogueira de. Contribuição ao estudo das unidades morfoestruturais do Estado do Ceará. **Revista de Geologia**: Edições Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, n. 1, p. 73-91, 1988.

SOUZA, Marcos José Nogueira de; OLIVEIRA, Vlândia Pinto Vidal de. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semiárido do Nordeste brasileiro. **Mercator**: revista de Geografia da UFC, Fortaleza, ano 5, n. 9, p. 85-101, 2006.

SOUZA, Marcos José Nogueira de. O ambiente serrano. *In*: BASTOS, Frederico de Holanda (org.). **Serra de Baturité**: uma visão integrada das questões ambientais. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011. p. 19-33.

THORNTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**, [s. l.], n. 38, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W. & MATHER. J. R. The Water Balance. **Publications in Climatology**, New Jersey, v. 1, n. 4, 1955.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER. J. R. Instructions and Tables for computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance. **Publications in Climatology**, New Jersey, v. 3, n. 10, 1957.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Brasília: INMET, 2001.

VILELA, L. C. **Comparação entre as redes neurais artificiais e o método de interpolação krigagem aplicados à pesquisa agrônômica**. 2004. 124 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2004.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística**: conceitos e aplicações. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

ZANELLA, Maria Elisa; SALES, Marta Celina Linhares. Considerações sobre o Clima e a Hidrografia do Maciço de Baturité. *In*: BASTOS, Frederico de Holanda (org.). **Serra de Baturité**: uma visão integrada das questões ambientais. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011. p. 61-75.

ZANELLA, Maria Elisa. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, Volume Especial, n. 36, p. 126-142, 2014.

ZAVATTINI, João Afonso. A Razão da Influência: uma teoria do clima. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], v. 1, n. 1, 2005.

ZAVATTINI, João Afonso. **As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul**: estudos geográficos com vista à regionalização climática. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

ZAVATTINI, João Afonso. **O paradigma do ritmo na Climatologia Geográfica Brasileira**: teses e dissertações dos programas paulistas de pós-graduação – 1971-2000. 2001. 430 p. Tese (Livre-docência em Climatologia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 2001.

ZAVATTINI, João Afonso. A produção brasileira em climatologia: gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. **Terra Livre**: o tempo e o espaço nos estudos do ritmo climático, São Paulo, v. 1, n. 20, p. 65-100, jan. 2003.

ZAVATTINI, João Afonso; BOIN, Marcos Noberto. **Climatologia Geográfica: teoria e prática de pesquisa**. Campinas: Alínea, 2013.

**APÊNDICE A – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
ARACOIABA (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE
ARACOIABA (1989-2018)**

Tabela 23 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Aracoiaba (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	-18,2	-	19,9	1707,8	26,3	C1aA'a'
1990	-64,6	-	0,0	1707,8	26,3	D1dA'a'
1991	-55,3	-	2,2	1707,8	26,3	D2d2A'a'
1992	-57,3	-	3,2	1707,8	26,3	D2d2A'a'
1993	-73,3	-	0,0	1707,8	26,3	D1dA'a'
1994	-5,1	-	26,6	1707,8	26,3	C1a2A'a'
1995	-30,0	-	17,4	1707,8	26,3	D3aA'a'
1996	-33,5	-	13,1	1707,8	26,3	D3aA'a'
1997	-63,6	-	0,0	1707,8	26,3	D1dA'a'
1998	-64,8	-	0,0	1707,8	26,3	D1dA'a'
1999	-51,8	-	3,5	1707,8	26,3	D2d2A'a'
2000	-15,5	-	13,5	1707,8	26,3	C1aA'a'
2001	-53,1	-	4,4	1707,8	26,3	D2d2A'a'
2002	-19,0	-	23,3	1707,8	26,3	C1a2A'a'
2003	-42,4	-	8,1	1707,8	26,3	D2d2A'a'
2004	-34,0	-	14,2	1707,8	26,3	D3sA'a'
2005	-54,3	-	3,0	1707,8	26,3	D2d2A'a'
2006	-48,7	-	4,6	1707,8	26,3	D2d2A'a'
2007	-55,0	-	0,5	1707,8	26,3	D2d2A'a'
2008	-50,8	-	7,4	1707,8	26,3	D2d2A'a'
2009	-27,4	-	13,1	1707,8	26,3	D3aA'a'
2010	-64,7	-	0,3	1707,8	26,3	D1d2A'a'
2011	-34,0	-	6,6	1707,8	26,3	D3d2A'a'
2012	-68,4	-	0,0	1707,8	26,3	D1dA'a'
2013	-61,9	-	0,0	1707,8	26,3	D1dA'a'
2014	-63,0	-	0,0	1707,8	26,3	D1dA'a'
2015	-53,0	-	0,0	1707,8	26,3	D2d2A'a'
2016	-62,0	-	0,0	1707,8	26,3	D1dA'a'
2017	-43,5	-	5,7	1707,8	26,3	D2d2A'a'
2018	-41,1	-	10,9	1707,8	26,3	D2aA'a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE B – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
ARATUBA (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE ARATUBA
(1989-2018)**

Tabela 24 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Aratuba (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	37,3	23,7	-	982,3	26,5	B1pB'3a'
1990	-8,7	-	14,9	982,3	26,5	C1aB'3a'
1991	-13,6	-	25,5	982,3	26,5	C1a2B'3a'
1992	1,4	38,2	-	982,3	26,5	C2p2B'3a'
1993	-57,5	-	0,0	982,3	26,5	D2dB'3a'
1994	20,6	22,2	-	982,3	26,5	B1pB'3a'
1995	17,8	29,1	-	982,3	26,5	C2pB'3a'
1996	19,3	13,1	-	982,3	26,5	C2r2B'3a'
1997	-36,4	-	6,8	982,3	26,5	D3d2B'3a'
1998	-27,3	-	13,3	982,3	26,5	D3sB'3a'
1999	-31,0	-	4,1	982,3	26,5	D3d2B'3a'
2000	68,3	13,0	-	982,3	26,5	B3r2B'3a'
2001	-8,9	-	29,7	982,3	26,5	C1a2B'3a'
2002	36,3	30,8	-	982,3	26,5	B1pB'3a'
2003	42,9	26,8	-	982,3	26,5	B2pB'3a'
2004	67,7	26,5	-	982,3	26,5	B3pB'3a'
2005	21,8	44,2	-	982,3	26,5	B1p2B'3a'
2006	35,0	28,4	-	982,3	26,5	B1pB'3a'
2007	-6,8	-	26,5	982,3	26,5	C1a2B'3a'
2008	44,0	22,8	-	982,3	26,5	B2pB'3a'
2009	91,6	18,6	-	982,3	26,5	B4pB'3a'
2010	-25,8	-	9,5	982,3	26,5	D3d2B'3a'
2011	50,6	21,9	-	982,3	26,5	B2pB'3a'
2012	-25,0	-	13,8	982,3	26,5	D3sB'3a'
2013	-9,5	-	23,7	982,3	26,5	C1a2B'3a'
2014	-5,3	-	23,4	982,3	26,5	C1a2B'3a'
2015	-3,4	-	29,3	982,3	26,5	C1w2B'3a'
2016	-11,3	-	22,2	982,3	26,5	C1s2B'3a'
2017	12,5	28,5	-	982,3	26,5	C2pB'3a'
2018	10,1	29,0	-	982,3	26,5	C2pB'3a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE C – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
BARREIRA (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE
BARREIRA (1989-2018)**

Tabela 25 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Barreira (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	-26,5	-	18,0	1660,6	26,5	D3aA'a'
1990	-74,1	-	0,0	1660,6	26,5	D1dA'a'
1991	-63,0	-	0,3	1660,6	26,5	D1d2A'a'
1992	-55,7	-	9,5	1660,6	26,5	D2d2A'a'
1993	-93,3	-	0,0	1660,6	26,5	EdA'a'
1994	-6,6	-	37,5	1660,6	26,5	C1a2A'a'
1995	-34,6	-	15,2	1660,6	26,5	D3aA'a'
1996	-32,0	-	14,6	1660,6	26,5	D3aA'a'
1997	-68,7	-	0,0	1660,6	26,5	D1dA'a'
1998	-69,9	-	0,0	1660,6	26,5	D1dA'a'
1999	-64,5	-	0,0	1660,6	26,5	D1dA'a'
2000	-35,9	-	18,6	1660,6	26,5	D3aA'a'
2001	-54,6	-	7,8	1660,6	26,5	D2d2A'a'
2002	-28,5	-	21,7	1660,6	26,5	D3a2A'a'
2003	-37,3	-	12,2	1660,6	26,5	D3aA'a'
2004	-41,6	-	21,2	1660,6	26,5	D2s2A'a'
2005	-44,5	-	13,1	1660,6	26,5	D2aA'a'
2006	-49,7	-	7,5	1660,6	26,5	D2d2A'a'
2007	-57,8	-	5,8	1660,6	26,5	D2d2A'a'
2008	-56,8	-	6,1	1660,6	26,5	D2d2A'a'
2009	-8,9	-	34,1	1660,6	26,5	C1a2A'a'
2010	-82,6	-	0,0	1660,6	26,5	EdA'a'
2011	-33,3	-	11,9	1660,6	26,5	D3aA'a'
2012	-75,1	-	0,0	1660,6	26,5	D1dA'a'
2013	-55,2	-	0,0	1660,6	26,5	D2d2A'a'
2014	-57,1	-	8,0	1660,6	26,5	D2d2A'a'
2015	-54,7	-	0,6	1660,6	26,5	D2d2A'a'
2016	-83,4	-	0,0	1660,6	26,5	EdA'a'
2017	-38,4	-	11,0	1660,6	26,5	D3aA'a'
2018	-50,4	-	4,2	1660,6	26,5	D2d2A'a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE D – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
BATURITÉ (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE
BATURITÉ (1989-2018)**

Tabela 26 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Baturité (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	-10,3	-	30,9	1681,9	26,2	C1a2A'a'
1990	-62,7	-	0,0	1681,9	26,2	D1dA'a'
1991	-55,9	-	3,0	1681,9	26,2	D2d2A'a'
1992	-39,3	-	16,3	1681,9	26,2	D3sA'a'
1993	-74,2	-	0,0	1681,9	26,2	D1dA'a'
1994	-14,1	-	23,9	1681,9	26,2	C1a2A'a'
1995	-35,0	-	9,1	1681,9	26,2	D3d2A'a'
1996	-23,6	-	20,4	1681,9	26,2	D3a2A'a'
1997	-59,5	-	0,2	1681,9	26,2	D2d2A'a'
1998	-66,1	-	0,0	1681,9	26,2	D1dA'a'
1999	-52,0	-	1,6	1681,9	26,2	D2d2A'a'
2000	1,0	25,2	-	1681,9	26,2	C2pA'a'
2001	-55,2	-	6,4	1681,9	26,2	D2d2A'a'
2002	-9,7	-	33,8	1681,9	26,2	C1a2A'a'
2003	-23,9	-	21,9	1681,9	26,2	D3a2A'a'
2004	-24,9	-	16,7	1681,9	26,2	D3sA'a'
2005	-36,5	-	17,5	1681,9	26,2	D3a2A'a'
2006	-34,0	-	17,9	1681,9	26,2	D3aA'a'
2007	-40,7	-	10,0	1681,9	26,2	D2d2A'a'
2008	-37,0	-	14,5	1681,9	26,2	D3aA'a'
2009	-16,0	-	26,3	1681,9	26,2	C1a2A'a'
2010	-64,3	-	0,0	1681,9	26,2	D1dA'a'
2011	-30,6	-	4,4	1681,9	26,2	D3d2A'a'
2012	-67,3	-	0,0	1681,9	26,2	D1dA'a'
2013	-49,8	-	2,0	1681,9	26,2	D2d2A'a'
2014	-46,9	-	6,3	1681,9	26,2	D2d2A'a'
2015	-46,5	-	0,0	1681,9	26,2	D2dA'a'
2016	-60,8	-	0,0	1681,9	26,2	D1d2A'a'
2017	-35,1	-	9,0	1681,9	26,2	D3d2A'a'
2018	-41,8	-	8,6	1681,9	26,2	D2d2A'a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE E – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
CANINDÉ (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE CANINDÉ
(1989-2018)**

Tabela 27 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Canindé (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	-41,1	-	9,4	1677,9	25,9	D2d2A'a'
1990	-86,8	-	0,0	1677,9	25,9	EdA'a'
1991	-69,7	-	0,0	1677,9	25,9	D1dA'a'
1992	-77,0	-	0,0	1677,9	25,9	D1dA'a'
1993	-88,6	-	0,0	1677,9	25,9	EdA'a'
1994	-50,7	-	0,0	1677,9	25,9	D2dA'a'
1995	-61,2	-	6,4	1677,9	25,9	D1d2A'a'
1996	-40,7	-	22,4	1677,9	25,9	D2d2A'a'
1997	-80,0	-	0,0	1677,9	25,9	EdA'a'
1998	-85,9	-	0,0	1677,9	25,9	EdA'a'
1999	-77,9	-	0,0	1677,9	25,9	D1dA'a'
2000	-56,5	-	0,0	1677,9	25,9	D2dA'a'
2001	-78,0	-	2,5	1677,9	25,9	D1d2A'a'
2002	-64,9	-	0,5	1677,9	25,9	D1d2A'a'
2003	-61,2	-	5,7	1677,9	25,9	D1d2A'a'
2004	-54,8	-	10,7	1677,9	25,9	D2sA'a'
2005	-76,2	-	0,0	1677,9	25,9	D1dA'a'
2006	-50,1	-	11,6	1677,9	25,9	D2aA'a'
2007	-75,5	-	0,3	1677,9	25,9	D1d2A'a'
2008	-64,1	-	5,2	1677,9	25,9	D1d2A'a'
2009	-29,6	-	30,5	1677,9	25,9	D3a2A'a'
2010	-79,8	-	0,0	1677,9	25,9	D1dA'a'
2011	-42,2	-	9,9	1677,9	25,9	D2d2A'a'
2012	-85,2	-	0,0	1677,9	25,9	EdA'a'
2013	-73,4	-	0,0	1677,9	25,9	D1dA'a'
2014	-75,2	-	1,0	1677,9	25,9	D1d2A'a'
2015	-82,8	-	0,0	1677,9	25,9	EdA'a'
2016	-75,7	-	0,0	1677,9	25,9	D1dA'a'
2017	-51,7	-	11,6	1677,9	25,9	D2aA'a'
2018	-61,9	-	2,4	1677,9	25,9	D1d2A'a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE F – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
CAPISTRANO (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE
CAPISTRANO (1989-2018)**

Tabela 28 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Capistrano (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	-36,8	-	10,0	1647,3	26,2	D3d2A'a'
1990	-65,5	-	0,0	1647,3	26,2	D1dA'a'
1991	-58,3	-	0,5	1647,3	26,2	D2d2A'a'
1992	-56,0	-	6,5	1647,3	26,2	D2d2A'a'
1993	-77,4	-	0,0	1647,3	26,2	D1dA'a'
1994	-27,9	-	11,3	1647,3	26,2	D3aA'a'
1995	-39,7	-	9,9	1647,3	26,2	D3d2A'a'
1996	-41,8	-	8,5	1647,3	26,2	D2d2A'a'
1997	-69,5	-	0,0	1647,3	26,2	D1dA'a'
1998	-76,1	-	0,0	1647,3	26,2	D1dA'a'
1999	-53,1	-	2,9	1647,3	26,2	D2d2A'a'
2000	-33,8	-	2,9	1647,3	26,2	D3d2A'a'
2001	-59,9	-	0,4	1647,3	26,2	D2d2A'a'
2002	-34,8	-	9,8	1647,3	26,2	D3d2A'a'
2003	-32,0	-	17,3	1647,3	26,2	D3aA'a'
2004	-25,5	-	20,5	1647,3	26,2	D3s2A'a'
2005	-52,5	-	6,4	1647,3	26,2	D2d2A'a'
2006	-38,3	-	17,5	1647,3	26,2	D3aA'a'
2007	-58,7	-	3,4	1647,3	26,2	D2d2A'a'
2008	-42,1	-	14,4	1647,3	26,2	D2aA'a'
2009	-32,1	-	11,7	1647,3	26,2	D3aA'a'
2010	-66,9	-	0,0	1647,3	26,2	D1dA'a'
2011	-41,6	-	3,1	1647,3	26,2	D2d2A'a'
2012	-81,7	-	0,0	1647,3	26,2	EdA'a'
2013	-54,8	-	2,8	1647,3	26,2	D2d2A'a'
2014	-56,7	-	0,1	1647,3	26,2	D2d2A'a'
2015	-58,6	-	0,0	1647,3	26,2	D2dA'a'
2016	-68,9	-	0,0	1647,3	26,2	D1dA'a'
2017	-41,9	-	8,1	1647,3	26,2	D2d2A'a'
2018	-50,8	-	6,5	1647,3	26,2	D2d2A'a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE G – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
CARIDADE (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE
CARIDADE (1989-2018)**

Tabela 29 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Caridade (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	-93,1	-	0,0	1652,1	26,1	EdA'a'
1990	-79,8	-	0,0	1652,1	26,1	D1dA'a'
1991	-56,1	-	10,2	1652,1	26,1	D2aA'a'
1992	-72,3	-	0,0	1652,1	26,1	D1dA'a'
1993	-89,6	-	0,0	1652,1	26,1	EdA'a'
1994	-40,9	-	7,6	1652,1	26,1	D2d2A'a'
1995	-52,2	-	9,2	1652,1	26,1	D2d2A'a'
1996	-44,7	-	14,7	1652,1	26,1	D2aA'a'
1997	-79,2	-	0,0	1652,1	26,1	D1dA'a'
1998	-88,6	-	0,0	1652,1	26,1	EdA'a'
1999	-70,6	-	0,0	1652,1	26,1	D1dA'a'
2000	-43,5	-	6,9	1652,1	26,1	D2d2A'a'
2001	-61,1	-	13,0	1652,1	26,1	D1dA'a'
2002	-28,7	-	30,5	1652,1	26,1	D3s2A'a'
2003	-49,7	-	8,3	1652,1	26,1	D2d2A'a'
2004	-50,6	-	13,0	1652,1	26,1	D2sA'a'
2005	-65,7	-	0,0	1652,1	26,1	D1dA'a'
2006	-52,7	-	11,7	1652,1	26,1	D2aA'a'
2007	-68,2	-	0,0	1652,1	26,1	D1dA'a'
2008	-49,3	-	11,6	1652,1	26,1	D2aA'a'
2009	-21,3	-	33,8	1652,1	26,1	D3a2A'a'
2010	-80,5	-	0,0	1652,1	26,1	EdA'a'
2011	-37,1	-	12,4	1652,1	26,1	D3sA'a'
2012	-78,6	-	2,4	1652,1	26,1	D1d2A'a'
2013	-73,7	-	0,0	1652,1	26,1	D1dA'a'
2014	-73,3	-	0,0	1652,1	26,1	D1dA'a'
2015	-65,7	-	3,6	1652,1	26,1	D1d2A'a'
2016	-77,3	-	0,0	1652,1	26,1	D1dA'a'
2017	-61,7	-	2,1	1652,1	26,1	D1d2A'a'
2018	-52,1	-	2,6	1652,1	26,1	D2d2A'a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE H – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
CHOROZINHO (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE
CHOROZINHO (1989-2018)**

Tabela 30 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Caridade (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	-30,7	-	17,4	1797,9	26,6	D3aA'a'
1990	-72,4	-	0,0	1797,9	26,6	D1dA'a'
1991	-63,8	-	4,9	1797,9	26,6	D1d2A'a'
1992	-70,9	-	0,0	1797,9	26,6	D1dA'a'
1993	-84,9	-	0,0	1797,9	26,6	EdA'a'
1994	-24,4	-	21,8	1797,9	26,6	D3a2A'a'
1995	-31,5	-	18,3	1797,9	26,6	D3aA'a'
1996	-33,6	-	19,5	1797,9	26,6	D3aA'a'
1997	-66,9	-	1,2	1797,9	26,6	D1d2A'a'
1998	-83,0	-	0,0	1797,9	26,6	EdA'a'
1999	-74,7	-	0,0	1797,9	26,6	D1dA'a'
2000	-40,7	-	11,1	1797,9	26,6	D2aA'a'
2001	-67,6	-	5,5	1797,9	26,6	D1d2A'a'
2002	-39,3	-	15,5	1797,9	26,6	D3aA'a'
2003	-48,5	-	8,2	1797,9	26,6	D2d2A'a'
2004	-41,3	-	16,6	1797,9	26,6	D2sA'a'
2005	-55,6	-	5,6	1797,9	26,6	D2d2A'a'
2006	-47,9	-	12,0	1797,9	26,6	D2aA'a'
2007	-61,8	-	0,0	1797,9	26,6	D1d2A'a'
2008	-58,2	-	5,0	1797,9	26,6	D2d2A'a'
2009	-14,4	-	31,2	1797,9	26,6	C1a2A'a'
2010	-75,1	-	0,0	1797,9	26,6	D1dA'a'
2011	-71,1	-	0,0	1797,9	26,6	D1dA'a'
2012	-37,6	-	18,7	1797,9	26,6	D3sA'a'
2013	-58,9	-	0,0	1797,9	26,6	D2dA'a'
2014	-79,1	-	0,0	1797,9	26,6	D1dA'a'
2015	-64,3	-	1,3	1797,9	26,6	D1d2A'a'
2016	-73,0	-	0,0	1797,9	26,6	D1dA'a'
2017	-48,3	-	9,6	1797,9	26,6	D2d2A'a'
2018	-40,8	-	13,6	1797,9	26,6	D2aA'a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE I – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
ESPERANÇA - CANINDÉ (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE
ESPERANÇA - CANINDÉ (1989-2018)**

Tabela 31 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Esperança - Canindé (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	-37,7	-	11,5	1585,9	25,9	D3aA'a'
1990	-86,0	-	0,0	1585,9	25,9	EdA'a'
1991	-67,9	-	0,0	1585,9	25,9	D1dA'a'
1992	-75,7	-	0,0	1585,9	25,9	D1dA'a'
1993	-88,0	-	0,0	1585,9	25,9	EdA'a'
1994	-47,9	-	0,0	1585,9	25,9	D2d2A'a'
1995	-59,0	-	7,8	1585,9	25,9	D2d2A'a'
1996	-37,3	-	24,8	1585,9	25,9	D3a2A'a'
1997	-78,9	-	0,0	1585,9	25,9	D1dA'a'
1998	-85,1	-	0,0	1585,9	25,9	EdA'a'
1999	-76,7	-	0,0	1585,9	25,9	D1dA'a'
2000	-53,9	-	0,0	1585,9	25,9	D2dA'a'
2001	-81,0	-	0,0	1585,9	25,9	EdA'a'
2002	-54,2	-	6,3	1585,9	25,9	D2d2A'a'
2003	-55,0	-	3,4	1585,9	25,9	D2d2A'a'
2004	-29,0	-	19,9	1585,9	25,9	D3sA'a'
2005	-57,5	-	5,7	1585,9	25,9	D2d2A'a'
2006	-48,5	-	8,2	1585,9	25,9	D2d2A'a'
2007	-68,6	-	0,1	1585,9	25,9	D1d2A'a'
2008	-60,7	-	6,8	1585,9	25,9	D1d2A'a'
2009	-22,6	-	24,4	1585,9	25,9	D3a2A'a'
2010	-78,6	-	0,0	1585,9	25,9	D1dA'a'
2011	-55,4	-	0,0	1585,9	25,9	D2dA'a'
2012	-83,1	-	0,1	1585,9	25,9	Ed2A'a'
2013	-71,8	-	0,0	1585,9	25,9	D1dA'a'
2014	-69,5	-	1,2	1585,9	25,9	D1d2A'a'
2015	-73,3	-	0,0	1585,9	25,9	D1dA'a'
2016	-61,4	-	1,0	1585,9	25,9	D1d2A'a'
2017	-48,9	-	13,3	1585,9	25,9	D2aA'a'
2018	-59,7	-	3,0	1585,9	25,9	D2d2A'a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE J – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
GUAÍÚBA (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE GUAÍÚBA
(1989-2018)**

Tabela 32 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Guaiúba (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	-52,6	-	2,5	1689,8	26,6	D2d2A'a'
1990	-70,1	-	0,0	1689,8	26,6	D1dA'a'
1991	-58,8	-	18,4	1689,8	26,6	D2sA'a'
1992	-55,3	-	7,7	1689,8	26,6	D2d2A'a'
1993	-83,8	-	0,0	1689,8	26,6	EdA'a'
1994	0,1	42,4	-	1689,8	26,6	C2p2A'a'
1995	-13,8	-	35,7	1689,8	26,6	C1a2A'a'
1996	-24,3	-	25,1	1689,8	26,6	D3s2A'a'
1997	-52,6	-	9,1	1689,8	26,6	D2d2A'a'
1998	-63,3	-	0,0	1689,8	26,6	D1dA'a'
1999	-48,7	-	11,9	1689,8	26,6	D2aA'a'
2000	-1,5	-	26,2	1689,8	26,6	C1a2A'a'
2001	-36,8	-	19,4	1689,8	26,6	D3aA'a'
2002	0,6	44,9	-	1689,8	26,6	C2p2A'a'
2003	-22,8	-	26,8	1689,8	26,6	D3a2A'a'
2004	-24,8	-	22,3	1689,8	26,6	D3s2A'a'
2005	-58,5	-	1,4	1689,8	26,6	D2d2A'a'
2006	-24,6	-	29,1	1689,8	26,6	D3a2A'a'
2007	-50,6	-	13,6	1689,8	26,6	D2aA'a'
2008	-38,2	-	19,9	1689,8	26,6	D3aA'a'
2009	10,3	40,1	-	1689,8	26,6	C2p2A'a'
2010	-77,6	-	0,0	1689,8	26,6	D1dA'a'
2011	-9,6	-	31,9	1689,8	26,6	C1s2A'a'
2012	-70,5	-	0,0	1689,8	26,6	D1dA'a'
2013	-57,9	-	1,2	1689,8	26,6	D2d2A'a'
2014	-46,5	-	11,3	1689,8	26,6	D2aA'a'
2015	-25,9	-	23,4	1689,8	26,6	D3a2A'a'
2016	-50,9	-	2,7	1689,8	26,6	D2d2A'a'
2017	-25,1	-	22,7	1689,8	26,6	D3a2A'a'
2018	-37,1	-	15,0	1689,8	26,6	D3aA'a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE K – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
GUARAMIRANGA (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE
GUARAMIRANGA (1989-2018)**

Tabela 33 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Guaramiranga (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	145,1	5,7	-	943,9	26,6	Ar2B'3a'
1990	48,7	7,1	-	943,9	26,6	B2r2B'3a'
1991	48,8	22,2	-	943,9	26,6	B2pB'3a'
1992	50,5	17,3	-	943,9	26,6	B2pB'3a'
1993	-2,2	-	11,3	943,9	26,6	C1aB'3a'
1994	147,1	12,0	-	943,9	26,6	Ar2B'3a'
1995	82,2	15,7	-	943,9	26,6	B4r2B'3a'
1996	95,2	6,4	-	943,9	26,6	B4r2B'3a'
1997	5,7	32,9	-	943,9	26,6	C2pB'3a'
1998	-13,2	-	23,8	943,9	26,6	C1s2B'3a'
1999	17,3	28,7	-	943,9	26,6	C2pB'3a'
2000	109,7	7,3	-	943,9	26,6	Ar2B'3a'
2001	64,3	18,6	-	943,9	26,6	B3pB'3a'
2002	149,7	12,6	-	943,9	26,6	Ar2B'3a'
2003	130,8	8,9	-	943,9	26,6	Ar2B'3a'
2004	115,0	20,2	-	943,9	26,6	ApB'3a'
2005	50,6	34,2	-	943,9	26,6	B2p2B'3a'
2006	84,8	10,5	-	943,9	26,6	B4r2B'3a'
2007	38,4	21,9	-	943,9	26,6	B1pB'3a'
2008	59,2	14,6	-	943,9	26,6	B2r2B'3a'
2009	130,5	19,5	-	943,9	26,6	ApB'3a'
2010	6,8	26,0	-	943,9	26,6	C2pB'3a'
2011	82,1	18,1	-	943,9	26,6	B4pB'3a'
2012	-20,8	-	15,9	943,9	26,6	D3sB'3a'
2013	23,5	23,1	-	943,9	26,6	B1pB'3a'
2014	25,3	19,6	-	943,9	26,6	B1pB'3a'
2015	46,2	22,0	-	943,9	26,6	B2pB'3a'
2016	15,0	21,9	-	943,9	26,6	C2pB'3a'
2017	44,5	16,7	-	943,9	26,6	B2r2B'3a'
2018	55,1	14,2	-	943,9	26,6	B2r2B'3a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE L – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
INHUPORANGA – CARIDADE (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE
INHUPORANGA – CARIDADE (1989-2018)**

Tabela 34 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Inhuporanga – Caridade (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	-55,0	-	9,9	1618,4	26,2	D2d2A'a'
1990	-75,6	-	2,0	1618,4	26,2	D1d2A'a'
1991	-60,4	-	11,6	1618,4	26,2	D1aA'a'
1992	-62,6	-	5,6	1618,4	26,2	D1d2A'a'
1993	-91,3	-	0,0	1618,4	26,2	EdA'a'
1994	-46,0	-	4,5	1618,4	26,2	D2d2A'a'
1995	-47,5	-	9,0	1618,4	26,2	D2d2A'a'
1996	-42,7	-	23,9	1618,4	26,2	D2a2A'a'
1997	-75,1	-	0,0	1618,4	26,2	D1dA'a'
1998	-70,9	-	0,0	1618,4	26,2	D1dA'a'
1999	-52,6	-	7,0	1618,4	26,2	D2d2A'a'
2000	-37,2	-	12,2	1618,4	26,2	D3aA'a'
2001	-64,8	-	9,9	1618,4	26,2	D1d2A'a'
2002	-44,1	-	15,6	1618,4	26,2	D2aA'a'
2003	-25,8	-	21,7	1618,4	26,2	D3a2A'a'
2004	-10,6	-	42,2	1618,4	26,2	C1s2A'a'
2005	-58,2	-	5,8	1618,4	26,2	D2d2A'a'
2006	-80,4	-	0,0	1618,4	26,2	EdA'a'
2007	-68,0	-	0,0	1618,4	26,2	D1dA'a'
2008	-61,4	-	13,2	1618,4	26,2	D1aA'a'
2009	-32,6	-	22,6	1618,4	26,2	D3a2A'a'
2010	-90,7	-	0,0	1618,4	26,2	EdA'a'
2011	-38,7	-	9,8	1618,4	26,2	D3d2A'a'
2012	-74,7	-	0,0	1618,4	26,2	D1dA'a'
2013	-85,4	-	0,0	1618,4	26,2	EdA'a'
2014	-73,6	-	0,0	1618,4	26,2	D1dA'a'
2015	-71,8	-	0,0	1618,4	26,2	D1dA'a'
2016	-76,1	-	0,0	1618,4	26,2	D1dA'a'
2017	-68,1	-	0,0	1618,4	26,2	D1dA'a'
2018	-59,5	-	0,8	1618,4	26,2	D2d2A'a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE M – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
ITAITINGA (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE ITAITINGA
(1989-2018)**

Tabela 35 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Itaitinga (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	-4,1	-	26,8	1687,5	26,8	C1a2A'a'
1990	-72,9	-	0,0	1687,5	26,8	D1dA'a'
1991	-44,6	-	11,8	1687,5	26,8	D2aA'a'
1992	-62,0	-	0,0	1687,5	26,8	D1dA'a'
1993	-75,8	-	0,0	1687,5	26,8	D1dA'a'
1994	-15,9	-	31,2	1687,5	26,8	C1a2A'a'
1995	-8,5	-	41,2	1687,5	26,8	C1a2A'a'
1996	-30,4	-	17,9	1687,5	26,8	D3aA'a'
1997	-56,1	-	7,5	1687,5	26,8	D2d2A'a'
1998	-51,9	-	0,4	1687,5	26,8	D2d2A'a'
1999	-42,6	-	10,3	1687,5	26,8	D2aA'a'
2000	-10,2	-	13,1	1687,5	26,8	C1aA'a'
2001	-32,8	-	23,0	1687,5	26,8	D3a2A'a'
2002	-10,9	-	27,4	1687,5	26,8	C1a2A'a'
2003	-15,7	-	26,8	1687,5	26,8	C1a2A'a'
2004	-15,8	-	25,9	1687,5	26,8	C1s2A'a'
2005	-48,9	-	7,3	1687,5	26,8	D2d2A'a'
2006	-27,6	-	26,3	1687,5	26,8	D3a2A'a'
2007	-37,6	-	9,9	1687,5	26,8	D3d2A'a'
2008	-33,8	-	17,0	1687,5	26,8	D3aA'a'
2009	31,3	33,0	-	1687,5	26,8	B1pA'a'
2010	-62,0	-	0,0	1687,5	26,8	D1dA'a'
2011	-11,9	-	24,8	1687,5	26,8	C1s2A'a'
2012	-58,0	-	3,2	1687,5	26,8	D2d2A'a'
2013	-65,0	-	0,0	1687,5	26,8	D1dA'a'
2014	-45,7	-	7,3	1687,5	26,8	D2d2A'a'
2015	-16,9	-	27,3	1687,5	26,8	C1a2A'a'
2016	-50,2	-	3,6	1687,5	26,8	D2d2A'a'
2017	-18,9	-	19,9	1687,5	26,8	C1aA'a'
2018	-31,1	-	8,2	1687,5	26,8	D3d2A'a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE N – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
ITAPIÚNA (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE ITAPIÚNA
(1989-2018)**

Tabela 36 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Itapiúna (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	-40,0	-	8,9	1637,9	26,2	D3d2A'a'
1990	-61,9	-	3,9	1637,9	26,2	D1d2A'a'
1991	-59,7	-	9,1	1637,9	26,2	D2d2A'a'
1992	-66,2	-	2,1	1637,9	26,2	D1d2A'a'
1993	-82,6	-	0,0	1637,9	26,2	EdA'a'
1994	-39,0	-	10,5	1637,9	26,2	D3aA'a'
1995	-45,2	-	14,2	1637,9	26,2	D2aA'a'
1996	-44,8	-	16,7	1637,9	26,2	D2aA'a'
1997	-73,3	-	0,0	1637,9	26,2	D1d2A'a'
1998	-70,3	-	0,0	1637,9	26,2	D1dA'a'
1999	-62,1	-	0,0	1637,9	26,2	D1d2A'a'
2000	-36,6	-	8,2	1637,9	26,2	D3d2A'a'
2001	-60,9	-	3,3	1637,9	26,2	D1d2A'a'
2002	-35,5	-	19,7	1637,9	26,2	D3sA'a'
2003	-45,9	-	8,8	1637,9	26,2	D2d2A'a'
2004	-37,3	-	18,3	1637,9	26,2	D3sA'a'
2005	-64,3	-	0,9	1637,9	26,2	D1d2A'a'
2006	-46,4	-	9,7	1637,9	26,2	D2d2A'a'
2007	-52,0	-	9,4	1637,9	26,2	D2d2A'a'
2008	-50,5	-	10,9	1637,9	26,2	D2aA'a'
2009	-38,4	-	13,9	1637,9	26,2	D3aA'a'
2010	-74,4	-	1,8	1637,9	26,2	D1d2A'a'
2011	-55,1	-	3,1	1637,9	26,2	D2d2A'a'
2012	-76,1	-	0,0	1637,9	26,2	D1dA'a'
2013	-60,0	-	0,4	1637,9	26,2	D2d2A'a'
2014	-69,5	-	0,0	1637,9	26,2	D1dA'a'
2015	-56,9	-	1,0	1637,9	26,2	D2d2A'a'
2016	-73,1	-	0,0	1637,9	26,2	D1dA'a'
2017	-46,2	-	8,1	1637,9	26,2	D2d2A'a'
2018	-53,2	-	7,4	1637,9	26,2	D2d2A'a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE O – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
MULUNGU (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE
MULUNGU (1989-2018)**

Tabela 37 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Mulungu (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	73,8	15,8	-	998,9	26,5	B3r2B'4a'
1990	-10,1	-	26,1	998,9	26,5	C1a2B'4a'
1991	5,9	44,2	-	998,9	26,5	C2p2B'4a'
1992	-17,6	-	29,5	998,9	26,5	C1a2B'4a'
1993	-52,0	-	0,0	998,9	26,5	D2dB'4a'
1994	55,0	26,2	-	998,9	26,5	B2pB'4a'
1995	4,4	33,4	-	998,9	26,5	C2p2B'4a'
1996	24,8	23,8	-	998,9	26,5	B1pB'4a'
1997	-18,8	-	12,1	998,9	26,5	C1aB'4a'
1998	-28,2	-	23,8	998,9	26,5	D3s2B'4a'
1999	-34,1	-	6,2	998,9	26,5	D3d2B'4a'
2000	115,2	11,3	-	998,9	26,5	Ar2B'4a'
2001	15,3	25,6	-	998,9	26,5	C2pB'4a'
2002	42,0	33,6	-	998,9	26,5	B2p2B'4a'
2003	26,1	31,6	-	998,9	26,5	B1pB'4a'
2004	46,4	27,5	-	998,9	26,5	B2pB'4a'
2005	-10,9	-	41,5	998,9	26,5	C1a2B'4a'
2006	3,2	36,4	-	998,9	26,5	C2p2B'4a'
2007	-28,9	-	12,3	998,9	26,5	D3aB'4a'
2008	17,9	30,1	-	998,9	26,5	C2pB'4a'
2009	55,8	28,1	-	998,9	26,5	B2pB'4a'
2010	-37,9	-	4,0	998,9	26,5	D3d2B'4a'
2011	-12,8	-	21,2	998,9	26,5	C1s2B'4a'
2012	-33,7	-	3,7	998,9	26,5	D3d2B'4a'
2013	-18,5	-	13,6	998,9	26,5	C1aB'4a'
2014	-21,1	-	11,1	998,9	26,5	D3aB'4a'
2015	-2,2	-	33,8	998,9	26,5	C1a2B'4a'
2016	-43,8	-	1,0	998,9	26,5	D2d2B'4a'
2017	-19,3	-	12,2	998,9	26,5	C1aB'4a'
2018	-28,2	-	6,1	998,9	26,5	D3d2B'4a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE P – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
OCARA (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE OCARA
(1989-2018)**

Tabela 38 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Ocara (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	-40,6	-	7,3	1693,6	26,5	D2d2A'a'
1990	-70,5	-	0,0	1693,6	26,5	D1dA'a'
1991	-60,2	-	0,0	1693,6	26,5	D1dA'a'
1992	-64,1	-	0,5	1693,6	26,5	D1d2A'a'
1993	-85,6	-	0,0	1693,6	26,5	EdA'a'
1994	-37,3	-	6,1	1693,6	26,5	D3d2A'a'
1995	-47,3	-	4,8	1693,6	26,5	D2d2A'a'
1996	-32,9	-	19,4	1693,6	26,5	D3aA'a'
1997	-68,4	-	0,6	1693,6	26,5	D1d2A'a'
1998	-86,9	-	0,0	1693,6	26,5	EdA'a'
1999	-70,4	-	0,0	1693,6	26,5	D1dA'a'
2000	-36,9	-	5,6	1693,6	26,5	D3d2A'a'
2001	-86,4	-	0,0	1693,6	26,5	EdA'a'
2002	-47,8	-	3,3	1693,6	26,5	D2d2A'a'
2003	-61,1	-	0,0	1693,6	26,5	D1dA'a'
2004	-46,8	-	12,1	1693,6	26,5	D2sA'a'
2005	-62,0	-	1,8	1693,6	26,5	D1d2A'a'
2006	-55,7	-	1,5	1693,6	26,5	D2d2A'a'
2007	-67,6	-	0,0	1693,6	26,5	D1dA'a'
2008	-54,7	-	6,3	1693,6	26,5	D2d2A'a'
2009	-9,1	-	37,9	1693,6	26,5	C1a2A'a'
2010	-66,2	-	0,0	1693,6	26,5	D1dA'a'
2011	-26,2	-	19,2	1693,6	26,5	D3aA'a'
2012	-77,4	-	0,0	1693,6	26,5	D1dA'a'
2013	-68,1	-	0,0	1693,6	26,5	D1dA'a'
2014	-59,5	-	0,0	1693,6	26,5	D2dA'a'
2015	-60,1	-	0,0	1693,6	26,5	D1dA'a'
2016	-62,4	-	0,0	1693,6	26,5	D1dA'a'
2017	-47,7	-	7,8	1693,6	26,5	D2d2A'a'
2018	-45,1	-	9,9	1693,6	26,5	D2d2A'a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE Q – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
PACAJUS (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE PACAJUS
(1989-2018)**

Tabela 39 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Pacajus (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	-5,0	-	27,7	1703,9	26,6	C1a2A'a'
1990	-56,0	-	0,0	1703,9	26,6	D2dA'a'
1991	-30,6	-	23,8	1703,9	26,6	D3a2A'a'
1992	-43,9	-	9,6	1703,9	26,6	D2d2A'a'
1993	-61,3	-	0,0	1703,9	26,6	D1dA'a'
1994	15,1	35,2	-	1703,9	26,6	C2p2A'a'
1995	-3,9	-	41,9	1703,9	26,6	C1a2A'a'
1996	-5,8	-	40,3	1703,9	26,6	C1a2A'a'
1997	-52,8	-	3,9	1703,9	26,6	D2d2A'a'
1998	-52,5	-	3,1	1703,9	26,6	D2d2A'a'
1999	-44,7	-	8,1	1703,9	26,6	D2d2A'a'
2000	-0,8	-	21,3	1703,9	26,6	C1a2A'a'
2001	-31,9	-	19,7	1703,9	26,6	D3aA'a'
2002	-4,2	-	37,9	1703,9	26,6	C1a2A'a'
2003	-13,9	-	30,7	1703,9	26,6	C1a2A'a'
2004	-14,0	-	30,6	1703,9	26,6	C1s2A'a'
2005	-54,1	-	3,6	1703,9	26,6	D2d2A'a'
2006	-28,5	-	22,2	1703,9	26,6	D3a2A'a'
2007	-36,7	-	15,4	1703,9	26,6	D3a2A'a'
2008	-37,4	-	16,1	1703,9	26,6	D3aA'a'
2009	0,3	44,8	-	1703,9	26,6	C2p2A'a'
2010	-57,7	-	0,0	1703,9	26,6	D2dA'a'
2011	-2,4	-	28,5	1703,9	26,6	C1a2A'a'
2012	-45,1	-	10,4	1703,9	26,6	D2aA'a'
2013	-42,5	-	4,2	1703,9	26,6	D2d2A'a'
2014	-45,1	-	5,8	1703,9	26,6	D2d2A'a'
2015	-9,4	-	33,0	1703,9	26,6	C1a2A'a'
2016	-53,9	-	1,0	1703,9	26,6	D2d2A'a'
2017	-28,6	-	20,8	1703,9	26,6	D3a2A'a'
2018	-37,5	-	10,6	1703,9	26,6	D3aA'a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE R – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
PACATUBA (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE
PACATUBA (1989-2018)**

Tabela 40 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Pacatuba (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	-5,0	-	27,7	1703,9	26,6	C1a2A'a'
1990	-56,0	-	0,0	1703,9	26,6	D2dA'a'
1991	-30,6	-	23,8	1703,9	26,6	D3a2A'a'
1992	-43,9	-	9,6	1703,9	26,6	D2d2A'a'
1993	-61,3	-	0,0	1703,9	26,6	D1dA'a'
1994	15,1	35,2	-	1703,9	26,6	C2p2A'a'
1995	-3,9	-	41,9	1703,9	26,6	C1a2A'a'
1996	-5,8	-	40,3	1703,9	26,6	C1a2A'a'
1997	-52,8	-	3,9	1703,9	26,6	D2d2A'a'
1998	-52,5	-	3,1	1703,9	26,6	D2d2A'a'
1999	-44,7	-	8,1	1703,9	26,6	D2d2A'a'
2000	-0,8	-	21,3	1703,9	26,6	C1a2A'a'
2001	-31,9	-	19,7	1703,9	26,6	D3aA'a'
2002	-4,2	-	37,9	1703,9	26,6	C1a2A'a'
2003	-13,9	-	30,7	1703,9	26,6	C1a2A'a'
2004	-14,0	-	30,6	1703,9	26,6	C1s2A'a'
2005	-54,1	-	3,6	1703,9	26,6	D2d2A'a'
2006	-28,5	-	22,2	1703,9	26,6	D3a2A'a'
2007	-36,7	-	15,4	1703,9	26,6	D3a2A'a'
2008	-37,4	-	16,1	1703,9	26,6	D3aA'a'
2009	0,3	44,8	-	1703,9	26,6	C2p2A'a'
2010	-57,7	-	0,0	1703,9	26,6	D2dA'a'
2011	-2,4	-	28,5	1703,9	26,6	C1a2A'a'
2012	-45,1	-	10,4	1703,9	26,6	D2aA'a'
2013	-42,5	-	4,2	1703,9	26,6	D2d2A'a'
2014	-45,1	-	5,8	1703,9	26,6	D2d2A'a'
2015	-9,4	-	33,0	1703,9	26,6	C1a2A'a'
2016	-53,9	-	1,0	1703,9	26,6	D2d2A'a'
2017	-28,6	-	20,8	1703,9	26,6	D3a2A'a'
2018	-37,5	-	10,6	1703,9	26,6	D3aA'a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE S – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
PACOTI (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE PACOTI
(1989-2018)**

Tabela 41 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Pacoti (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	96,9	15,3	-	987,9	26,7	B4r2B'3a'
1990	10,3	21,7	-	987,9	26,7	C2pB'3a'
1991	28,0	20,5	-	987,9	26,7	B1pB'3a'
1992	14,0	32,2	-	987,9	26,7	C2pB'3a'
1993	-5,2	-	13,3	987,9	26,7	C1aB'3a'
1994	91,7	30,2	-	987,9	26,7	B4pB'3a'
1995	47,6	26,9	-	987,9	26,7	B2pB'3a'
1996	69,0	11,7	-	987,9	26,7	B3r2B'3a'
1997	-3,0	-	27,5	987,9	26,7	C1a2B'3a'
1998	1,6	24,2	-	987,9	26,7	C2pB'3a'
1999	37,0	19,0	-	987,9	26,7	B1pB'3a'
2000	118,2	11,2	-	987,9	26,7	Ar2B'3a'
2001	38,3	15,4	-	987,9	26,7	B1r2B'3a'
2002	70,9	20,0	-	987,9	26,7	B3pB'3a'
2003	92,3	18,9	-	987,9	26,7	B4pB'3a'
2004	59,1	28,6	-	987,9	26,7	B2pB'3a'
2005	32,4	40,0	-	987,9	26,7	B1p2B'3a'
2006	42,7	19,1	-	987,9	26,7	B2pB'3a'
2007	22,8	25,1	-	987,9	26,7	B1pB'3a'
2008	39,9	21,2	-	987,9	26,7	B1pB'3a'
2009	116,1	18,9	-	987,9	26,7	ApB'3a'
2010	-17,6	-	14,8	987,9	26,7	C1aB'3a'
2011	73,2	10,8	-	987,9	26,7	B3r2B'3a'
2012	-12,0	-	17,5	987,9	26,7	C1sB'3a'
2013	14,8	20,4	-	987,9	26,7	C2pB'3a'
2014	15,6	26,2	-	987,9	26,7	C2pB'3a'
2015	39,5	22,0	-	987,9	26,7	B1pB'3a'
2016	18,6	21,8	-	987,9	26,7	C2pB'3a'
2017	37,3	14,7	-	987,9	26,7	B1r2B'3a'
2018	30,6	20,2	-	987,9	26,7	B1pB'3a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE T – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
PALMÁCIA (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE
PALMÁCIA (1989-2018)**

Tabela 42 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Palmácia (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	40,4	20,0	-	1265,2	26,5	B2pA'a'
1990	-34,9	-	6,8	1265,2	26,5	D3d2A'a'
1991	4,9	39,1	-	1265,2	26,5	C2p2A'a'
1992	-19,8	-	18,2	1265,2	26,5	C1aA'a'
1993	-57,0	-	0,0	1265,2	26,5	D2dA'a'
1994	35,9	25,5	-	1265,2	26,5	B1pA'a'
1995	30,0	31,6	-	1265,2	26,5	B1pA'a'
1996	14,3	40,5	-	1265,2	26,5	C2p2A'a'
1997	-41,5	-	6,8	1265,2	26,5	D2d2A'a'
1998	-31,1	-	11,8	1265,2	26,5	D3aA'a'
1999	4,8	34,2	-	1265,2	26,5	C2p2A'a'
2000	57,0	20,4	-	1265,2	26,5	B2pA'a'
2001	17,5	39,3	-	1265,2	26,5	C2p2A'a'
2002	39,4	28,6	-	1265,2	26,5	B1pA'a'
2003	22,7	31,3	-	1265,2	26,5	B1pA'a'
2004	19,6	32,8	-	1265,2	26,5	C2pA'a'
2005	-10,1	-	35,8	1265,2	26,5	C1a2A'a'
2006	6,0	40,8	-	1265,2	26,5	C2p2A'a'
2007	6,2	34,2	-	1265,2	26,5	C2p2A'a'
2008	-12,4	-	23,4	1265,2	26,5	C1a2A'a'
2009	62,8	32,2	-	1265,2	26,5	B3pA'a'
2010	-38,3	-	5,1	1265,2	26,5	D3d2A'a'
2011	53,8	18,4	-	1265,2	26,5	B2pA'a'
2012	-22,2	-	27,5	1265,2	26,5	D3a2A'a'
2013	-26,0	-	11,1	1265,2	26,5	D3aA'a'
2014	-28,8	-	20,3	1265,2	26,5	D3a2A'a'
2015	-12,6	-	20,2	1265,2	26,5	C1a2A'a'
2016	-20,4	-	13,6	1265,2	26,5	D3aA'a'
2017	9,9	30,5	-	1265,2	26,5	C2pA'a'
2018	18,4	27,8	-	1265,2	26,5	C2pA'a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE U – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
PARAMOTI (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE
PARAMOTI (1989-2018)**

Tabela 43 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Paramoti (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	-39,0	-	14,8	1725,9	26,0	D3aA'a'
1990	-71,0	-	0,0	1725,9	26,0	D1dA'a'
1991	-73,9	-	0,7	1725,9	26,0	D1d2A'a'
1992	-65,0	-	4,6	1725,9	26,0	D1d2A'a'
1993	-91,8	-	0,0	1725,9	26,0	EdA'a'
1994	-49,4	-	3,6	1725,9	26,0	D2d2A'a'
1995	-50,8	-	8,0	1725,9	26,0	D2d2A'a'
1996	-46,3	-	21,9	1725,9	26,0	D2a2A'a'
1997	-76,7	-	0,0	1725,9	26,0	D1dA'a'
1998	-86,8	-	0,0	1725,9	26,0	EdA'a'
1999	-69,1	-	4,7	1725,9	26,0	D1d2A'a'
2000	-65,7	-	4,1	1725,9	26,0	D1d2A'a'
2001	-74,6	-	3,3	1725,9	26,0	D1d2A'a'
2002	-57,3	-	2,0	1725,9	26,0	D2d2A'a'
2003	-47,2	-	14,0	1725,9	26,0	D2aA'a'
2004	-50,7	-	10,4	1725,9	26,0	D2sA'a'
2005	-70,9	-	0,0	1725,9	26,0	D1dA'a'
2006	-61,6	-	11,5	1725,9	26,0	D1aA'a'
2007	-79,6	-	0,0	1725,9	26,0	D1dA'a'
2008	-44,7	-	19,8	1725,9	26,0	D2aA'a'
2009	-33,5	-	15,3	1725,9	26,0	D3aA'a'
2010	-74,5	-	2,5	1725,9	26,0	D1d2A'a'
2011	-44,7	-	6,8	1725,9	26,0	D2d2A'a'
2012	-89,9	-	0,0	1725,9	26,0	EdA'a'
2013	-73,9	-	1,5	1725,9	26,0	D1d2A'a'
2014	-71,9	-	1,6	1725,9	26,0	D1d2A'a'
2015	-56,0	-	10,0	1725,9	26,0	D2aA'a'
2016	-74,9	-	0,0	1725,9	26,0	D1dA'a'
2017	-65,9	-	0,0	1725,9	26,0	D1dA'a'
2018	-71,0	-	0,0	1725,9	26,0	D1dA'a'

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE V – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA ANUAL PARA O POSTO DE
REDENÇÃO (1989-2018)**

**TABELA COM OS TIPOS CLIMÁTICOS ANUAIS (TCA) DO POSTO DE
REDENÇÃO (1989-2018)**

Tabela 44 - Tipos Climáticos Anuais (TCA) do posto de Redenção (1989-2018) com bases nos índices de umidade efetiva (I_m), aridez (I_a), umidade (I_u), eficiência térmica (ETP_a) e concentração da eficiência térmica no verão (ET_v).

Ano	Índices					TCA
	I_m (%)	I_a (%)	I_u (%)	ETP_a (mm)	ET_v (%)	
1989	-9,9	-	20,4	1712,4	26,5	C1a2A'a'
1990	-61,0	-	0,0	1712,4	26,5	D1dA'a'
1991	-39,6	-	13,4	1712,4	26,5	D3aA'a'
1992	-45,5	-	11,4	1712,4	26,5	D2aA'a'
1993	-79,9	-	0,0	1712,4	26,5	D1dA'a'
1994	2,1	36,8	-	1712,4	26,5	C2p2A'a'
1995	-16,9	-	25,3	1712,4	26,5	C1a2A'a'
1996	-26,7	-	22,3	1712,4	26,5	D3a2A'a'
1997	-65,2	-	0,0	1712,4	26,5	D1dA'a'
1998	-56,7	-	0,0	1712,4	26,5	D2dA'a'
1999	-38,1	-	7,0	1712,4	26,5	D3d2A'a'
2000	-5,0	-	25,6	1712,4	26,5	C1a2A'a'
2001	-36,2	-	14,1	1712,4	26,5	D3aA'a'
2002	-10,1	-	28,9	1712,4	26,5	C1a2A'a'
2003	-16,3	-	24,5	1712,4	26,5	C1a2A'a'
2004	-23,9	-	19,2	1712,4	26,5	D3sA'a'
2005	-44,7	-	11,5	1712,4	26,5	D2aA'a'
2006	-40,2	-	13,3	1712,4	26,5	D2aA'a'
2007	-43,7	-	8,3	1712,4	26,5	D2d2A'a'
2008	-38,6	-	16,9	1712,4	26,5	D3aA'a'
2009	10,7	39,7	-	1712,4	26,5	C2p2A'a'
2010	-66,0	-	0,7	1712,4	26,5	D1d2A'a'
2011	-16,9	-	18,9	1712,4	26,5	C1aA'a'
2012	-60,1	-	2,9	1712,4	26,5	D1d2A'a'
2013	-44,7	-	0,9	1712,4	26,5	D2d2A'a'
2014	-45,0	-	9,8	1712,4	26,5	D2d2A'a'
2015	-38,1	-	9,0	1712,4	26,5	D3d2A'a'
2016	-52,2	-	0,0	1712,4	26,5	D2d2A'a'
2017	-18,6	-	24,4	1712,4	26,5	C1a2A'a'
2018	-29,4	-	15,5	1712,4	26,5	D3aA'a'

Fonte: Elaborado pelo autor.